

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

ارزیابی تاثیرات پارامترهای هیدرولیکی بر فرسایش آبی با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM)

مجتبی شیرازی^۱، عطاله خادم الرسول^{۲*}، سید محمد صفی الدین اردبیلی^۳^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز^{۲*} استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز^۳ استادیار گروه مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

فرسایش خاک یکی از بارزترین فرایندهای تخریب خاک است که سالانه حجم قابل توجهی از خاک را جابجا می نماید. به منظور کنترل فرسایش خاک ضرورت دارد برآوردهای صحیحی از چگونگی وقوع آن متاثر از پارامترهای تاثیرگذار در حوضه ها صورت پذیرد، لذا این پژوهش با هدف ارزیابی و شبیه سازی تاثیرات پارامترهای هیدرولیکی موجود در معادله واگنوختن بر روی مقادیر فرسایش آبی توسط روش سطح پاسخ (RSM) و نرم افزار Design Expert در حوزه آبخیز امامزاده عبدالله باغملک انجام پذیرفت. در این پژوهش رابطه بین پارامترهای هیدرولیکی خاک بعنوان متغیرهای مستقل مشتمل بر n ، K_s ، α ، θ_s ، θ_r و مقدار فرسایش خاک (تن بر هکتار) بعنوان متغیر وابسته با استفاده از طرح‌های موجود در روش سطح پاسخ (RSM) ارزیابی گردید. نتایج نشان داد ($P\text{-value} < 0.0014$ ، $R^2: 0.95$) که طرح Box-Behnken بعنوان بهترین روش جهت ارزیابی و بهینه سازی تاثیرات پارامترهای هیدرولیکی بر روی فرسایش خاک می باشد و ضمن ساده سازی فرایندهای شبیه سازی می توان جهت مدیریت بهینه فرسایش خاک در حوضه ها از این طرح استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: فرسایش آبی، پارامترهای هیدرولیکی، روش سطح پاسخ (RSM)، طرح Box-Behnken.

مقدمه

خاک یکی از مهمترین منابع طبیعی است که با توجه به دخالت‌های انسان در قالب عوامل آنتروپوژنیک که خود دارای زوایای مختلفی می باشد، ضرورت دارد در بهره برداری از این منبع حیاتی اصول و مبانی مدیریتی به طرز صحیحی بکار گرفته شود. همچنین نیاز است به ظرفیت‌ها و تناسب خاک منطقه به منظور حفظ خاک در برابر عوامل مخرب همانند فرسایش، فشردگی و نشست توجه ویژه ای مبذول گردد (Ghosh و همکاران، ۲۰۱۶). فرسایش خاک یکی از بارزترین شاخص های تخریب خاک و محیط زیست محسوب می شود (Wang و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین فرسایش خاک بعنوان یک منبع آلاینده غیرنقطه‌ای دارای دو دسته از تاثیرات شامل درون حوضه‌ای و برون حوضه‌ای می باشد که نیاز است به نحو مطلوبی مدیریت شود (خادم‌الرسول، ۱۳۸۵، Louago، ۲۰۰۵). مدیریت مطلوب در حوضه‌های آبریز یک مدیریت چند جانبه است که ابعاد و زوایای مختلف مدیریت شامل مدیریت پایدار، مدیریت سازگار، مدیریت جامع و مدیریت یکپارچه در آن در نظر گرفته می شود، بنابراین، توسعه و ارزیابی مدیریت یکپارچه حوضه‌های آبریز، مستلزم ادغام مجموعه گسترده‌ای از اطلاعات مکانی و زمانی است (Bakker و همکاران، ۲۰۱۲). با توجه به اهمیت بسیار بالای وقوع فرسایش خاک در عرصه‌های طبیعی و زیست محیطی و پیچیدگی مکانیزم‌های رخداد آن، ضروری است از تکنیک‌ها و روش‌های متنوع و جدید جهت شبیه‌سازی فرایندهای فرسایشی و بهینه‌سازی آن‌ها، استفاده گردد (Box و همکاران، ۲۰۰۷). در راستای اجرای شیوه های مدیریتی پایدار در حوضه های آبریز و کاهش فرسایش خاک و تولید رسوبات لذا از نرم افزارها و تکنیک های پیشرفته با قابلیت پایش فرایندهای پیچیده استفاده می شود که از آن جمله روش سطح پاسخ^۱ می باشد که در حقیقت تکنیکی است که بر اساس ورودی‌هایی که دریافت می نماید با ارائه سطوح پاسخ همراه با آماره‌های مناسب امکان انتخاب بهترین پاسخ را بر اساس اهداف یک پژوهش فراهم می سازد (Sanchez و همکاران، ۲۰۱۴).

پارامترهای n ، K_s ، α ، θ_s ، θ_r که در معادله وان گنوختن است، مربوط به مباحث حرکت آب در خاک می باشد، جزء پارامترهای هیدرولیکی خاک محسوب می شود و از اهمیت بالایی در نفوذپذیری، انتقال املاح، هدایت هیدرولیکی، قابلیت نگهداشت آب در خاک و تهویه برخوردار است. در این مدل پارامترهای n و α ضرایب شکل هستند، پارامتر θ_r بعنوان رطوبت باقی مانده که به تخلخل کل خاک وابسته است و θ_s رطوبت اشباع می باشد که به خلل و فرج درشت خاک بستگی دارد. همچنین K_s یا هدایت هیدرولیکی خاک در حالت اشباع است که متاثر

^۱ Response surface methodology (RSM)

از بافت می باشد و می تواند شاخصی از قابلیت هدایت آب توسط یک خاک و لذا پتانسیل تولید رواناب های سطحی باشد (Assouline و همکاران، ۲۰۱۷). با توجه به مقدمه فوق الذکر هدف این پژوهش تسهیل در فرایندهای شبیه سازی فرسایش خاک توسط مدل های فرسایشی با بهره گیری از روش های بهینه سازی و نیز ارزیابی تاثیرگذاری پارامترهای هیدرولیکی بر روی فرسایش پذیری خاک ها می باشد.

مواد و روش ها منطقه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز امامزاده عبدالله با وسعت حدودا ۱۰۴ کیلومترمربع و مشتمل بر ۶ پارسل مطالعاتی در شمال شرقی شهرستان باغملک واقع شده است. محدوده تقریبی جغرافیایی حوزه مورد مطالعه بین ۳۱°۱۸' تا ۳۱°۳۳' شمالی و نیز ۵۰°۵' تا ۵۰°۱۳' شرقی می باشد. این حوزه دارای رژیم رطوبتی یوستیک و رژیم حرارتی ترمیک است و بر اساس مطالعات موجود در حوزه مورد مطالعه، کاربری های مختلف شامل کشاورزی (کشت آبی و دیم)، مرتع و جنگل مشاهده می گردد.

شبیه سازی و تکنیک RSM

این پژوهش شامل دو بخش اصلی شبیه سازی و بهینه سازی می باشد که فرایند شبیه سازی را با استفاده از مدل شبیه ساز فرسایشی WEPP^۲ که در سال ۱۹۸۵ بوسیله دپارتمان کشاورزی آمریکا توسعه و به منظور بهبود فناوری حفاظت آب و خاک و همچنین ارزیابی و طراحی حوزه های آبخیز و هیل اسلپ ها مورد استفاده قرار گرفته، انجام شد و بخش دوم که مربوط به ارزیابی و بهینه سازی پارامترهای هیدرولیکی موثر بر فرسایش خاک می باشد که با استفاده از روش RSM و توسط نرم افزار Design Expert v10 انجام پذیرفت. این نرم افزار یک ابزار توانمند جهت طراحی و بهینه سازی می باشد و با ایجاد اشکال دو بعدی و سه بعدی امکان بررسی عوامل را به صورت تک عاملی و یا اثرات متقابل فراهم می سازد. با استفاده از این تکنیک می توان به ساده سازی مسائل پیچیده، بررسی متغیرهای پیوسته و تعیین میزان حساسیت پاسخ در برابر هر فاکتور، پرداخت (Oehlert, ۲۰۰۰). پارامترهای هیدرولیکی موجود در معادله وان گنوختن شامل α , θ_s , θ_r و K_s بعنوان متغیر مستقل و مقدار فرسایش خاک منطقه مطالعاتی که خروجی مدل شبیه ساز فرسایشی WEPP می باشد، بعنوان متغیر وابسته یا پاسخ، توسط نرم افزار Design Expert تعریف شده اند. همچنین متغیرهای مستقل در سطوح حداقل و حداکثر که در نرم افزار بصورت بازه +۱ تا -۱ تعریف شده است، برای طرح مورد استفاده در نرم افزار، تعریف گردید. نحوه عملکرد نرم افزار اینگونه می باشد که بین متغیرهای مستقل و وابسته یکسری روابط ریاضی برقرار می نماید که این روابط را در پایان بصورت گراف های دو بعدی و سه بعدی، کانتوری، تک پارامتر، اثر متقابل و یک بخش مختص به آنالیز واریانس در اختیار کاربر قرار می دهد. نرم افزار Design Expert دارای طرح های آزمایشی متنوعی می باشد که از این طرح های آزمایشی می توان در طراحی فرایندها، پیش بینی ویژگی های رفتاری پارامترهای ورودی و همچنین برای درک صحیح تری از یک فرایند، استفاده نمود و این بعنوان یک نقطه قوت برای نرم افزار محسوب می شود. نرم افزار Design Expert در نهایت در بین طرح های موجود، با آزمایش و گرفتن خروجی از تمامی طرح های موجود در نرم افزار، طرح Box-Behnken بهترین نتایج را با توجه به متغیر وابسته تعریف شده، در اختیار ما قرار داد. طرح Box-Behnken (BBD^۳)، یک طرح درجه دو براساس طراحی های فاکتوریل سه سطحی می باشد که این روش می تواند مقدار پارامترها را در یک مدل درجه دو تخمین زده و مقدار پارامترهایی که تطابق ندارند را محاسبه می کند. بین طرح های موجود در نرم افزار Design Expert، طرح BBD نسبت به سایر طرح ها کامل تر و نتیج بهتری را می دهد. این طرح مکعبی توسط مجموعه ای از نقاط فرضی، در نقطه میانی هر ضلع مکعب و نقطه مرکزی توصیف می شود که از ترکیب عامل های اضافه دوری می کند. این ویژگی از احتمال از دست رفتن داده ها جلوگیری می کند. این طرح اجازه می دهد که پاسخ ها توسط برازش یک چند جمله ای مرتبط مدلسازی شوند که می تواند بصورت زیر بیان شود (Ferreira و همکاران، ۲۰۰۷):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{33} x_3^2$$

در این فرمول x_1 و x_2 و x_3 متغیرهای مستقل، β_0 بعنوان عرض از مبدأ، β_1 تا β_{33} ثابت های برازش و Y پاسخ می باشند.

² Water erosion prediction project

³ Box Behnken Design

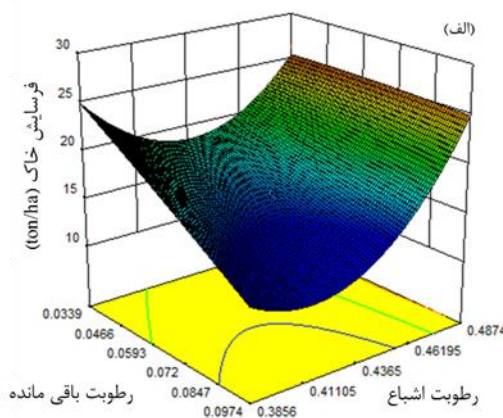
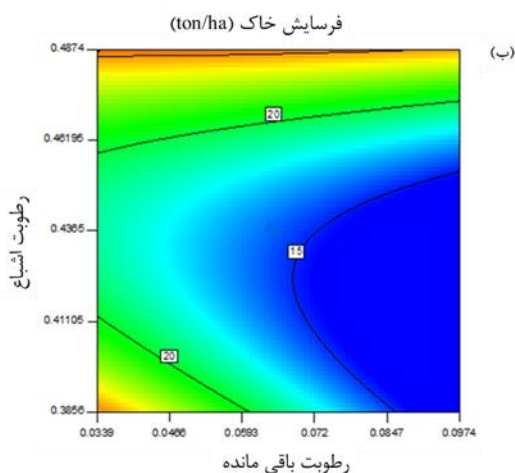
نتایج و بحث

پس از بررسی روابط هر پنج عامل هیدرولیکی خاک با متغیر وابسته یعنی فرسایش خاک، نتایج نشان داد که روابط معنی داری بین پارامترها با فرسایش خاک وجود دارد. پارامترهای Alpha و n به علت کوچک بودن بازه تغییرات آنها، در قسمت نتایج و بحث لزومی به آوردن گرافهای مربوط به آنها وجود ندارد و فقط سه پارامتر θ_r ، θ_s و K_s مورد بررسی قرار می‌گیرد. این بدین معنی نیست که فرسایش خاک صرفاً متأثر از این سه پارامتر هیدرولیکی خاک می‌باشد. شایان ذکر است که نتایج آماره‌های موجود در روش سطح پاسخ نشان داد که طرح Box-Behnken دارای بهترین نتایج بهینه‌سازی می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۱. نتایج آنالیز واریانس طرح Box Behnken در روش سطح پاسخ

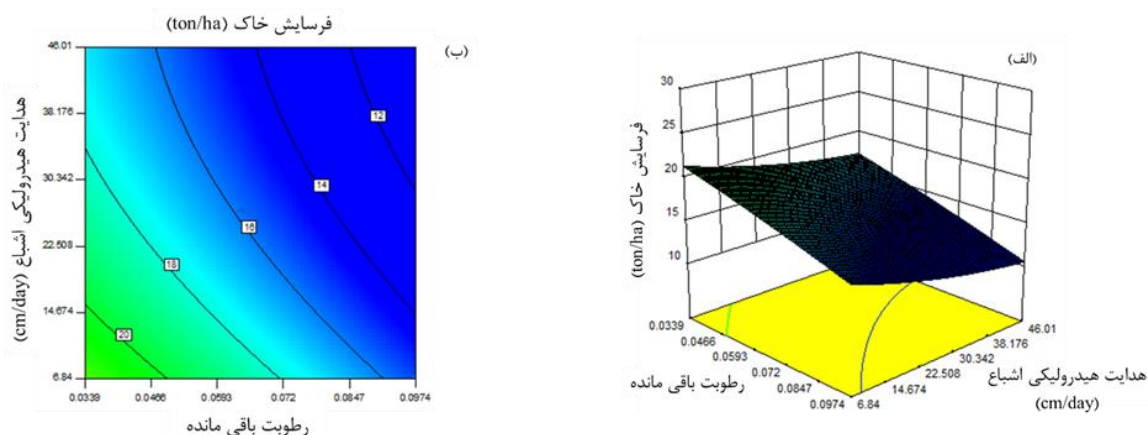
R^2	C.V. (%)	Std. Dev.	P-value
۰/۹۵	۹/۵۹	۱/۹	<۰/۰۰۱۴

همانگونه که شکل ۱ (الف و ب) نشان می‌دهد، کمترین مقدار فرسایش زمانی است که پارامترهای θ_r و θ_s دارای بیشترین مقدار ممکنه یعنی بترتیب 0.068 و 0.43 می‌باشند. در این حالت θ_s اثر غالب را داراست و از نظر کلاس بافت خاک با توجه به مقدار θ_s در محدوده‌ی کلاس بافتی سبک قرار می‌گیرد. خاک با بافت سبک از لحاظ خصوصیات فیزیکی مانند ظرفیت نگهداشت، تهویه، نفوذپذیری، هدایت هیدرولیکی و ضریب زبری در شرایط مطلوبی قرار دارد و همین امر سبب می‌گردد تا از میزان پتانسیل ایجاد رواناب کاسته شود که در نهایت مقدار فرسایش خاک در کمترین حالت ممکن قرار می‌گیرد. اما در مورد بیشترین مقدار فرسایش، این مقدار را زمانی خواهد بود که مقدار پارامتر θ_r کاهش (0.0339) و θ_s افزایش (0.43) پیدا کند و متأثر از خصوصیات θ_r می‌باشد، بدین صورت که این مقدار از θ_r در محدوده کلاس بافتی سیلت قرار می‌گیرد و به دلیل اینکه سیلت خصوصیات بینابین شن و رس را داراست از میزان فرسایش پذیری بیشتری برخوردار است (Ratten Lal, ۱۳۹۴).



شکل ۱- روند تغییرات رطوبت باقی مانده و رطوبت اشباع، سه بعدی (الف) و دو بعدی (ب)

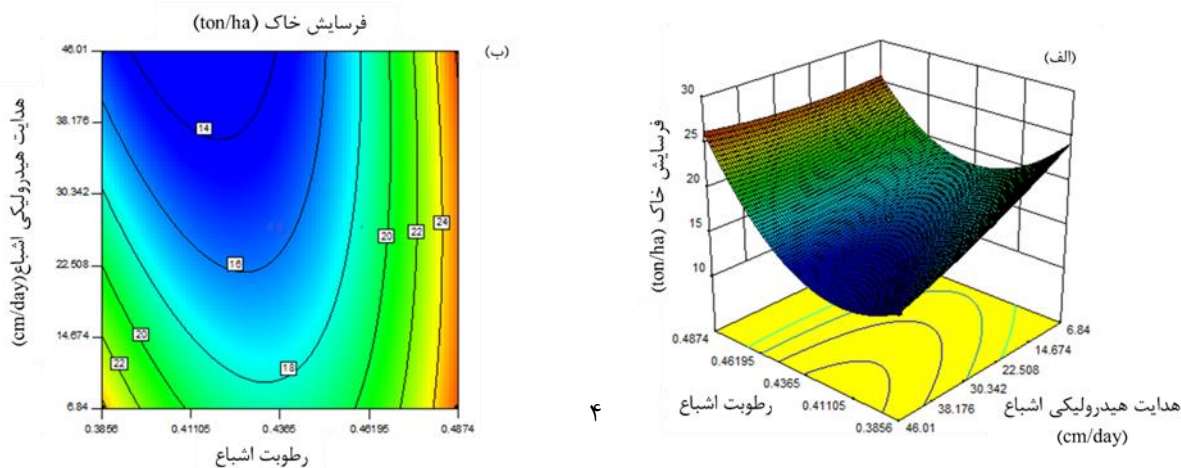
شکل ۲ (الف و ب) رابطه θ_r و K_s را بر فرسایش خاک نشان می‌دهد. همانگونه که نشان می‌دهد این دو پارامتر با یکدیگر همراستا بوده و با افزایش در مقدار هردو کمترین میزان فرسایش خاک را خواهیم داشت. هدایت هیدرولیکی اشباع شاخصی از بافت خاک است و هرگونه تغییری در مقدار این پارامتر متاثر از بافت خاک می‌باشد. همچنین هردو پارامتر می‌توانند شاخصی از تخلخل خاک باشند. همانگونه که شکل ۲ نشان می‌دهد، کمترین مقدار فرسایش زمانی رخ خواهد که K_s در بیشترین مقدار خود (0.1 - 0.09) قرار گرفته باشد و براساس طبقه‌بندی کلاس بافتی خاک، در محدوده Sandy Clay قرار می‌گیرد (عباسی، ۱۳۹۶).



شکل ۲- روند تغییرات رطوبت باقی مانده و هدایت هیدرولیکی اشباع، سه بعدی (الف) و دو بعدی (ب)

بافت خاک Sandy Clay از درصد شن بالایی برخوردار می‌باشد و همین سبب می‌شود تا مقدار خلل و فرج درشت آن که خود عامل موثری در افزایش نفوذپذیری، هدایت هیدرولیکی می‌باشد، بالا باشد و از طرفی هم جزء Clay موجود، باعث می‌شود تا مقدار تخلخل کل افزایش پیدا کند و بالا بودن مقدار θ_r که متاثر از تخلخل کل خاک است، آن را اثبات می‌کند. تمامی توضیحات داده شده نشان از اهمیت تخلخل خاک و توزیع اندازه خلل و فرج است که به خصوصیات فیزیکی و ساختمانی خاک برمی‌گردد و تا چه میزان می‌توانند بر روی کاهش پتانسیل فرسایش پذیری خاک‌ها موثر باشند.

پارامترهای هیدرولیکی θ_s و K_s دارای رابطه مستقیم و همراستا در جهت پاسخ می‌باشند، بدین معنی که با افزایش در مقدار هر دو پارامتر هیدرولیکی خاک، حداقل فرسایش را خواهیم داشت و بالعکس (شکل ۳ الف و ب).



شکل ۳- روند تغییرات رطوبت اشباع و هدایت هیدرولیکی اشباع، سه بعدی (الف) و دو بعدی (ب)



به دلیل اینکه K_s شاخصی از بافت خاک می‌باشد، وقتی مقدارش بالا باشد نشانگر این است که نفوذپذیری، تخلخل، تهویه، خلل و فرج، هدایت هیدرولیکی در وضعیت خوبی قرار دارند و همین امر سبب می‌گردد تا مقدار پتانسیل تولید رواناب رو به کاهش باشد و به دنبال آن فرسایش خاک هم کاهش پیدا می‌کند. از طرفی هم با توجه به بالا بودن مقدار θ_s (0.41 – 0.42)، بطور تقریبی در محدوده کلاس بافت شنی قرار می‌گیرد که خود از توزیع خلل و فرج بالایی برخوردار است و سبب می‌شود تا پتانسیل فرسایش پذیری و هدررفت خاک در حداقل مقدار خود قرار بگیرد (Blanco و همکاران، ۲۰۰۲).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش، نشان داد که تغییرات پارامترهای هیدرولیکی خاک تاثیر کاملا معنی دار و موثری بر روی فرسایش خاک دارد و با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM) به دلیل امکان استفاده از طرح‌های آزمایشی متنوع و ساده سازی روندهای پیچیده، امکان پیش‌بینی روند تغییرات پارامترهای هیدرولیکی و به حداقل رساندن مقدار فرسایش جهت ارزیابی و مدیریت یکپارچه حوزه‌های آبریز را فراهم نموده است و طرح Box Behnken در بین تمامی طرح‌ها به دلیل نتایج آماری بهتر، برای محقق کردن اهداف این پژوهش مناسب تر از بقیه خواهد بود.

منابع

- خادم الرسول، ع. و م. چرم. ۱۳۸۵. استفاده از مدل ریاضی WEPP به عنوان ابزاری جهت اتخاذ بهترین شیوه های مدیریت پایدار خاک. همایش خاک، محیط زیست و توسعه پایدار، کرج.
- عباسی، ف. ۱۳۹۶. فیزیک خاک پیشرفته. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- لال، راتان. ۱۹۴۴. اصول مدیریت و حفاظت خاک، ترجمه علی سلاجقه و محمدحسین سیدعلیپور و محسن حسینعلی‌زاده. (۱۳۹۳). تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- Assouline, S., & Selker, J. (2017). Introduction and evaluation of a Weibull hydraulic conductivity-p ressure head relationship for unsaturated soils. *Water Resources Research*, 53(6), 4956-4964.
- Bakker, K. (2012). Water Security: Research Challenges and Opportunities. *Science*, 337(6097), 914–915.
- Blanco-Canqui H, Gantzer CJ, Anderson SH et al. (2002) Saturated hydraulic conductivity and its impact on simulated runoff for claypan soils. *Soil Sci Soc Am J* 66:1596–1602.
- Boix-Fayos, C., Martínez-Mena, M., Calvo-Cases, A., Arnau-Rosalén, E., Albaladejo, J., & Castillo, V. (2006). Causes and underlying processes of measurement variability in field erosion plots in Mediterranean conditions. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32(1), 85–101.
- Ferreira S.L.C., Bruns R.E., Ferreira H.S., Matos G.D., David J.M., Brandão G.C., Da Silva E.G.P., Portugal L.A., Dos Reis P.S., Souza A.S., Dos Santos W.N.L. (2007). Box-Behnken Design: An Alternative for the Optimization of Analytica Methods, *Analytica Chimica Acta*, 597: 179-186.
- Ghosh, B. N., Meena, V. S., Alam, N. M., Dogra, P., Bhattacharyya, R., Sharma, N. K., & Mishra, P. K. (2016). Impact of conservation practices on soil aggregation and the carbon management index after seven years of maize–wheat cropping system in the Indian Himalayas. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 216, 247–257.
- Loague, K., & Corwin, D. L. (1998). Regional-scale assessment of non-point source groundwater contamination. *Hydrological Processes*, 12(6), 957–965.
- Oehlert, W. Gary. (2000). Design and analysis of experiments: Response surface design, New York: W.H. Freeman and Company.
- Raymond H,Myers., Douglas C, Montgomery and Chri*stine M, Anderson-cook. (2009). Response Surface Methodology. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey Published simultaneously in Canada, 705.
- Sanchez, G. M., Nejadhashemi, A. P., Zhang, Z., Woznicki, S. A., Habron, G., Marquart-Pyatt, S., & Shortridge, A. (2014). Development of a socio-ecological environmental justice model for watershed-based management. *Journal of Hydrology*, 518, 162–177.
- Wang, L., Wang, Y., Saskia, K., Artemi, C., Ma, B., & Wu, F. (2018). Effect of soil management on soil erosion on sloping farmland during crop growth stages under a large-scale rainfall simulation experiment. *Journal of Arid Land*.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Water Erosion, Flood , Soil and Water Conservation

Evaluation of hydraulic parameters on water erosion using response surface methodology (RSM)

Shirazi, M¹, Ataallah Khadealrasoul^{2*}, Saffieddin Ardabili, S.M.

¹ M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

^{2*}Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran-
corresponding author

³ Assistant Prof., Bio System Engineering Department, Faculty of Agriculture University of Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

Abstract

Soil erosion is one of the most important forms of soil degradation that is able to dislodge considerable volumes of soil each year. In order to control soil erosion it is necessary to focus on different effective parameters on erosion. Therefore, this study aimed to evaluate and simulate the effects of hydraulic parameters of Van Genuchten equation on the amount of water erosion using response surface methodology (RSM) with design expert software in Imamzadeh Abdullah watershed of Baghmalek. In this study, the relations between hydraulic parameters of soil as independent variables including Theta r, Theta s, Alpha, n and Ks with soil erosion (ton/ha) as dependent variable investigated using available designs in response surface methodology (RSM). Our results showed (P-value: <0.0014, R²: 0.95) that Box Behnken Design is the best method for evaluation and optimization the effects of hydraulic parameters on soil erosion. Moreover, there is a possibility to apply this design in order to optimize management scenarios in the watershed and minimize soil erosion.

Keywords: Soil erosion, Hydraulic parameters, Response Surface Methodology (RSM), Box Behnken Design.

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

تعیین شاخص بهبود مدیریت آبخیز (WMII) مبتنی بر تناسب اراضی در کنترل فرسایش خاک توسط مدل WEPP

عطاله خادم الرسول^{۱*}؛ هادی عامری خواه^۲^{۱*} استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز^۲ مربی گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

امروزه توجه به جنبه‌های مدیریتی و زیست محیطی در عرصه‌های منابع طبیعی و حوزه‌های آبخیز در راستای کاهش هدر رفت منابع طبیعی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. در این پژوهش با توجه به اهمیت و جایگاه خاص مدیریت منابع طبیعی در کنوانسیون‌های مختلف زیست محیطی، تعیین شاخص بهبود مدیریت آبخیز مبتنی بر تناسب اراضی در مقوله مدیریت فرسایش و رسوب با بهره‌گیری از مدل WEPP و نقشه‌های GIS صورت پذیرفت. پس از انتخاب حوضه، تعریف لایه‌های اطلاعاتی شامل اقلیم، خاک، توپوگرافی و مدیریت در قالب هیل اسلپ ها و واترشد توسط مدل WEPP انجام شد. نتایج نشان داد بیشترین ضرایب بهبود، در واحدهایی به دست آمده که یکی از روش‌های مدیریتی قرق همراه با جنگلکاری و یا اصلاح پوشش گیاهی بکار گرفته شده است که تأکیدی بر عدم استفاده از اراضی برای کشت دیم و آبی می باشد. در مجموع در این پژوهش هر چه ضرایب بهبود بالاتری در نواحی مطالعاتی حاصل شده است نشان دهنده انطباق هر چه بیشتر شیوه‌های مدیریتی اعمال شده با شرایط منطقه است که این شیوه به عنوان بهترین شیوه مدیریتی (Best Management Practice) جهت کنترل فرسایش خاک و رسوب آن ناحیه توصیه می گردد. بر اساس نتایج حاصله، عملیات اصلاحی مبتنی بر کاربری‌های فعلی و تناسب موجود از نوع مرتع و جنگل می باشد. بیشترین میزان عملیات اصلاحی پیشنهاد شده برای واحدهای مطالعاتی، عملیات پیوسته حفاظت خاک، قرق و اصلاح پوشش گیاهی است و نتایج بدست آمده از اجرای مدل مبتنی بر دوره شبیه سازی ۵ ساله نشان دهنده این مسئله است که بیش از ۸۰ درصد واحدهای مطالعاتی در صورت اعمال مدیریت‌های پیشنهادی دارای ضریب بهبود بالای ۱۰۰ می باشد.

واژه‌های کلیدی: بهترین شیوه‌های مدیریتی (BMPs)، تناسب اراضی، شاخص بهبود حوزه آبخیز، مدل WEPP.

مقدمه

توزیع نامناسب زمانی و مکانی بارش در کشور از یک سو موجب بروز سیلاب‌های نابودکننده و از سوی دیگر سبب تخریب پوشش گیاهی شده است. ضمناً فعالیت‌های مخرب انسانی (عوامل آنتروپوژنیک) منجر به نابودی جنگل‌ها و مراتع و تشدید فرسایش خاک شده است. همواره با تغییر در الگوهای مدیریتی می توان تأثیرات قابل توجهی بر روی مقادیر فرسایش و بار رسوب در حوزه‌های آبخیز بر جای گذاشت تا جایی که در این راستا مفاهیمی همچون توسعه و مدیریت پایدار و نیز بهترین شیوه‌های مدیریتی^۱ مطرح شده است. لذا به دلیل اهمیت این موضوع در این پژوهش سعی بر تعیین شاخص بهبود مدیریت آبخیز با استفاده از مدل کامپیوتری WEPP شده است. مدل WEPP در سال ۱۹۸۵ توسط سازمان کشاورزی آمریکا توسعه و به منظور افزایش تکنولوژی حفاظت آب و خاک مورد استفاده قرار گرفت. این مدل بر مبنای هیدرولوژی جریان سطحی و فرآیندهای فرسایش آبی استوار است (جفرسون، ۲۰۰۳). همچنین مقوله تلفیق تناسب اراضی و وضعیت فرسایش و رسوب در حوزه‌های آبخیز از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می باشد. به نحوی که بررسی وضعیت تناسب و کاربری اراضی در مطالعات برآورد فرسایش و بار رسوب مورد توجه قرار می گیرد. بهبود اراضی^۲ عبارت از مجموعه فعالیتهایی بر روی اراضی است که سبب تغییرات سودمند در کیفیت آن اراضی می شود. بهبود اراضی را می توان به دو دسته اساسی و جزئی طبقه بندی نمود. بهبود اساسی، بهبود دائمی در کیفیت اراضی است، در حالیکه بهبود جزئی، دارای تأثیرات کوچک یا غیر دائمی است و در حد ظرفیت یک کشاورز یا دیگر کاربران جزئی اراضی می باشد (اوتور، ۱۹۷۷). یک پروژه بهبود آبخیز می بایست شامل اطلاع رسانی عمومی و یا

^۱ Best management practices (BMPs)^۲ Land Improvement

اجزاء آموزشی باشد. در این زمینه انجمن های آبخیز و آبخیزداری از اهمیت بالایی برخوردارند و انجمن های آبخیزداری به عنوان سازمان هایی موثر برای توسعه و اجرای طرح ها جهت بهبود حوزه آبخیز شناسایی می شوند (زانگ و همکاران، ۲۰۰۵). وانگ (۲۰۰۷) به بررسی مدیریت اراضی و آبخیزها مبتنی بر ارزیابی تناسب اراضی در شمال چین پرداخت و نتایج نشان داد که توجه به وضعیت توپوگرافی و کاربری اراضی دو اصل مهم مدیریتی جهت کاهش خطرات فرسایش خاک می باشد. فتاحی (۲۰۰۶) در یک پژوهش توان منطقه را برای کاربریهای مختلف ارزیابی نمود و نتایج نشان داد که تعیین وضعیت کاربری و تناسب اراضی اهمیت بالایی در مقادیر فرسایش و رسوب تولیدی دارد. مداحی (۲۰۰۸) به ارزیابی کیفی تناسب اراضی پرداخت و نتایج نشان داد که اقلیم منطقه برای محصولات زراعی نسبتاً مناسب است و با توجه به محدودیتهای موجود، لزوم رعایت اصول تناسب اراضی جهت کاهش تخریب منابع طبیعی و بهبود وضعیت اراضی نمایان می گردد. زانگ و همکاران (۲۰۰۱) با استفاده از مدل WEPP به بررسی خصوصیات پوشش گیاهی در قالب عامل مدیریتی بر روی مقادیر فرسایش و رسوب پرداخت و نتایج نشان داد که نوع پوشش گیاهی و مدیریت بر روی مقادیر فرسایش حوزه آبخیز موثر است. خادم الرسول (۲۰۰۶) طی یک پژوهش و با بهره گیری از مدل WEPP در شمال شرقی استان خوزستان قابلیت این مدل در شبیه سازی و برآورد فرسایش و رسوب در حوزه مورد مطالعه را تأیید نموده و حساسیت سنجی ها نشان داد عامل مدیریت بالاخص در بخش پوشش گیاهی مهمترین عامل در تغییر مقادیر فرسایش و رسوب حاصله می باشد.

مواد و روش ها

موقعیت منطقه و شبیه سازی

منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز امامزاده عبدالله با وسعت حدوداً ۱۰۴ کیلومترمربع و مشتمل بر ۶ پارسل مطالعاتی در شمال شرقی شهرستان باغملک واقع شده است. محدوده تقریبی جغرافیایی حوزه مورد مطالعه بین $31^{\circ}18'$ تا $31^{\circ}33'$ شمالی و نیز $50^{\circ}5'$ تا $50^{\circ}13'$ شرقی می باشد. کاربری های حوزه مطالعاتی مشتمل بر کشاورزی (کشت آبی و دیم)، مرتع و جنگل می باشند. در بخش شبیه سازی پس از ایجاد فایل اقلیم با طراحی مدیریت های مختلف و تعریف فایل های خاک و خصوصیات توپوگرافیک و هیدرولوژیک، مدل اجرا گردیده که این اجرا شدن مدل یکبار با شرایط طبیعی منطقه و بار دیگر مبتنی بر اعمال مدیریت هایی بوده است که شرح آنها در قسمت های بعد آورده خواهد شد. با توجه به ضرورت ایجاد شبکه کانالی جهت اجرای مدل، بررسی مقادیر فرسایش و رسوب با تعریف خصوصیات هر جز اراضی در پارسلهای ۶ گانه صورت پذیرفت. مقادیر بکار رفته کاهش رسوب بر اساس شبیه سازی جریان رسوب در آبراهه های فرعی هر یک از واحد های مطالعاتی جداگانه که بر پایه زیرگروه خاک، فیزیوگرافی، گروه هیدرولوژیک و شیب به صورت واحد های مستقل (M)، واحدهای کمپلکس (C) و واحد های انسان ساخت (A) مورد مطالعه قرار گرفت که توصیفات این واحد ها در جدول ۲ آورده شده است. جهت ایجاد ضریب بهبود، روابط میان اجزای فرسایش زمان حال، فرسایش شبیه سازی شده برای منطقه، نوع عملیات مدیریتی، پوشش آسمانه شبیه سازی شده، وضعیت بیوماس در منطقه و دیگر مولفه های موثر در سازوکار ایجاد رسوب مانند خاک و توسط نرم افزار آماری SPSS مورد بررسی قرار گرفت روابط قوی خطی و قابل قبول میان درصد تغییرات پوشش آسمانه و درصد کاهش رسوب تولیدی هر یک از واحدهای مطالعاتی و از سوی دیگر اثرات هر دو این موارد بر پایداری اکوسیستم هر یک از واحدهای مطالعاتی شبیه سازی شده در دوره های ۵ ساله توسط مدل WEPP سبب انتخاب جمع جبری مقادیر کاهش یا افزایشی این دو شاخص به عنوان ضریب بهبود^۳ هر یک از واحد های مطالعاتی بوده است. تناسب اراضی با روش تعداد و شدت محدودیت ها مبتنی بر روش فائو تعیین گردیده است. لازم به ذکر است که با بهره گیری از اندازه گیری ها انجام شده در حوضه آبریز فرایند کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل انجام شد.

³ Improvement Coefficient

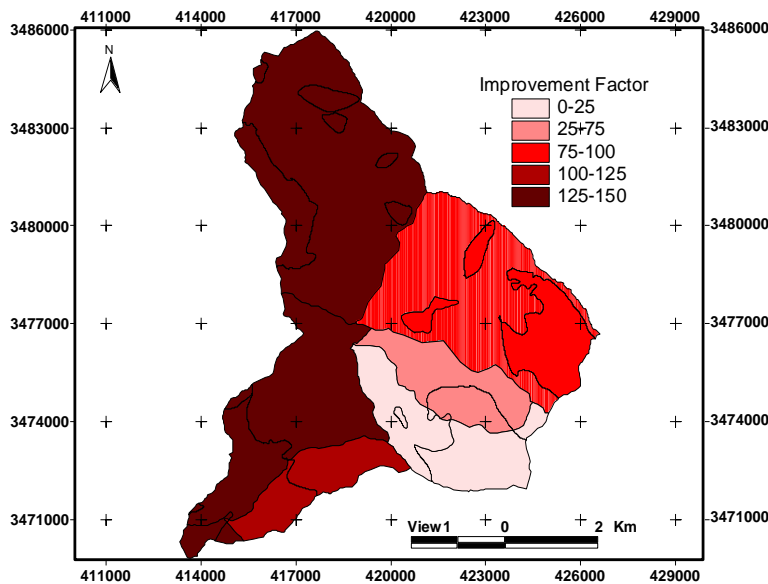
نتایج و بحث

عمده خاکهای منطقه از نوع Typic Calcixerpts بوده که بر روی واحدهای فیزیوگرافی کوه، تپه، فلاتها و تراسهای فوقانی و واحدهای کمپلکس دیده می شود. زیر گروه Typic Xerofluvents با ۳/۵ درصد کمترین میزان پراکنش را در منطقه داراست و در واریزه‌های بادبزی شکل منطقه یافت می شود. مبتنی بر نوع خاک، شکل و اوضاع منطقه عمده حوزه مورد مطالعه دارای کاربری فعلی ترکیبی مرتع و جنگل به صورت فقیر می باشد. اراضی تحت کشت آبی تنها یک درصد اراضی منطقه را شامل شده و کشت دیم بر روی واحدهای با کاربری جنگل یا مرتع حدود ۱۵ درصد اراضی منطقه را در بر می گیرد. ۲/۶۱ درصد اراضی منطقه برای کشت دیم دارای تناسب بحرانی بوده و مابقی دارای محدودیت های شدید غیر قابل اصلاح برای کشت دیم می باشد که با واقعیت کاربری فعلی تفاوت چشم گیری دارد. از سوی دیگر بررسی وضعیت تناسب کشت آبی (برنج) در منطقه نمایش داده شده در نقشه شماره ۵ موبد این مسئله است که هیچ جزئی از منطقه دارای تناسب برای این نوع کشت نیست و تنها حدود ۲/۵ درصد اراضی منطقه دارای محدودیت های شدید قابل رفع برای کشت آبی می باشد. با بررسی شکل ۳ مشاهده می گردد عمده اراضی منطقه (۸۷/۸۶ درصد) دارای تناسب بحرانی برای مرتع می باشند. ۲/۶۱ درصد اراضی منطقه برای کاربری مرتع مناسب می باشند. عمده اراضی نامناسب برای اجرای کاربری مرتع، دارای محدودیت های خیلی شدید قابل اصلاح هستند. در مقایسه با درجات تناسب سایر کاربری ها، مرتع بیشترین میزان مساحت متناسب را از خود نشان می دهد. پس از کاربری مرتع، اراضی دارای درجه تناسب بحرانی برای جنگل با ۴۶/۵ درصد قرار گرفته اند که در شکل شماره ۴ مشاهده می گردد. تقریباً ۴۰ درصد اراضی منطقه دارای درجه تناسب S_2 برای جنگل می باشند با توجه به اینکه بهترین درجه تناسب در منطقه برای جنگل بدست آمده است بخش زیادی از عملیات مدیریتی مبتنی بر حفظ و بهبود اراضی جنگلی جهت رسیدن به بیشترین پوشش آسمانه می باشد. عملیات حفاظت خاک - اصلاح پوشش گیاهی با مقدار متوسط ضریب بهبود ۱۴۰ موفق ترین نوع عملیات پیشنهادی جهت کنترل فرسایش و رسوب در منطقه می باشد. ازسوی دیگر مدیریت مبتنی بر حفاظت خاک - قرق و اصلاح پوشش گیاهی که در مناطق با پیچیدگی و حساسیت بیشتر اجرا گردیده است با مساحت حدود ۷۰ درصد و با ضریب بهبود متوسط ۱۱۰ تاثیر بسزایی بر روی کنترل فرسایش منطقه خواهد داشت. مدیریت های کنترل سیلاب به کمک ایجاد ابنیه به واسطه هزینه‌های بالاتر تنها جهت حفاظت مناطق مسکونی و ساختمانها می گردد که این اراضی حدود ۰/۷۵ درصد منطقه را به خوداختصاص داده که اجرای این نوع عملیات سبب بهبود وضعیت اراضی تقریباً معادل عملیات مبتنی بر حفاظت خاک - قرق و پوشش گیاهی برای اراضی جنگلی و مرتعی است. عملیات جمع آوری سنگ بنا بر ضرایب بهبود محاسبه شده تنها در ۱ درصد اراضی منطقه توصیه گردیده و قابلیت اجرا را خواهد داشت. حدود ۸۰ درصد اراضی منطقه دارای کاربری فعلی مرتع بوده که عملیات حفاظت - قرق و اصلاح پوشش گیاهی اکثراً در این مناطق توصیه گردیده است. با بررسی اطلاعات مندرج در نقشه شماره ۴ درمی یابیم که حدود ۸۶ درصد اراضی منطقه دارای محدودیت های متوسط و شدید برای جنگل داری بوده و حدود ۱۳ درصد اراضی منطقه از این لحاظ بطور کلی فاقد هر گونه تناسب هستند. جنگلداری در ۴۶/۵ درصد اراضی منطقه که دارای تناسب بحرانی هستند بایستی با اعمال مدیریت خاص و دقیق صورت پذیرد به نحوی که سبب افزایش فرسایش در کوتاه مدت و بلند مدت نشده اصلاح اراضی را به دنبال داشته باشد. بطور کلی منطقه فاقد هر گونه شرایط مناسب برای اجرای کشت های آبی بوده که تنها در ۲/۶ درصد اراضی منطقه این محدودیت های قابل اصلاح هستند. با توجه به شرایط حاکم بر هر ناحیه از حوضه آبریز در راستای حفظ منابع آب و خاک در قالب BMP یکسری شیوه‌های مدیریتی شامل قرق (Ex)، حفاظت خاک (SC)، جنگلکاری (F)، کنترل سیل (FC)، اصلاح پوشش گیاهی (RC) و نیز جمع آوری سنگ (SP) توصیه می گردد و نتایج نشان می دهد که بیشترین ضرایب بهبود که نقشه پراکنش آنها در شکل ۱ ارائه گردیده است، در واحدهایی به دست آمده است که یکی از روش های قرق همراه با جنگلکاری و یا اصلاح پوشش گیاهی بکار گرفته شده است. در این بررسی مفروض است که تغییرات ایجاد شده در وضعیت هیدرولوژی مناطق تحت تاثیر ساخت و ساز و فعالیت های انسانی بر روی وضعیت رسوب و امکان بهینه سازی این واحدها تاثیر خواهد گذاشت. مقادیر کلی تغییرات فرسایش پارسل های ۶ گانه در جدول شماره ۱ آورده شده است. بررسی وضعیت بهبود اراضی پس از اعمال مدیریت نامبرده در جدول ۲ آورده شده است. همانگونه که از این جدول بر می آید در تمامی واحدهای مطالعاتی اجرای طرح های مدیریتی منتخب به کاهش

مقدار رسوب و افزایش پوشش آسمانه و در کل به افزایش ضریب بهبود واحد ۵ سال پس از اجرای طرح ها انجامیده است. کمترین ضریب بهبود در واحد مطالعاتی M₁₈ بدست آمده که ماحصل اجرای طرح های جمع آوری سنگ و حفاظت خاک می باشد، در روی همین واحد اراضی واحد های مطالعاتی که شیب کمتر و درجه فرسایش حال حاضر آنها E₀ است این روش حفاظتی به خوبی موجبات افزایش ضریب بهبود را حاصل خواهد کرد. بیشترین ضرایب بهبود در واحد های بدست آمده است که یکی از روشهای قرق به همراه جنگل کاری و یا اصلاح پوشش گیاهی بکار گرفته شده است. مدیریت ها شامل : SC: حفاظت خاک، EX: قرق، F: جنگل کاری، FC: کنترل سیل، SP: جمع آوری سنگ RC: اصلاح پوشش گیاهی می باشند.

جدول ۱- مقادیر فرسایش موجود و برآوردی پس از اعمال طرح های مدیریت WEPP

زیرحوزه	مساحت (Km ²)	فرسایش کنونی (t/ha)	فرسایش -مدیریت (t/ha)	کاهش فرسایش (t)
۱	۶/۸۰	۱۴/۸۳	۱/۲۰	۹۲۸۳
۲	۱۱/۳۸	۱۶/۳۱	۰/۲۲	۱۸۳۰۹
۳	۸/۱۹	۱۵/۴۰	۰/۳۶	۱۲۳۳۳
۴	۲۶/۷۰	۲۵/۲۶	۰/۱۶	۶۶۹۹۴
۵	۳۲/۱۰	۲۶/۵۳	۵/۴۸	۶۴۳۵۳
۶	۱۹/۳۹	۲۶/۰۴	۲/۸۹	۴۴۸۸۴
میانگین		۲۳/۰۶	۲/۳۹	۲۱۶۱۵۶



شکل ۱- نقشه پراکنش جغرافیایی شاخص بهبود اراضی حوضه امامزاده عبدالله باغملک

جدول ۲- ضرایب بهبود و ویژگیهای واحدهای مطالعاتی حوزه امامزاده عبدالله

واحد مطالعه	واحد اراضی	گروه هیدرولوژیک	شیب	فرسایش کنونی	عملیات حفاظتی	ضریب بهبود
M1	1-1	D	H, F	E ₂	SC-EX-F	147.2
M2	1-2	C	E	E ₂	SC-EX-F	148.7
M3	1-2	C	H	E ₂	SC-EX-F	134.2
M4	1-2	C	F	E ₂	SC-EX-F	119.3
M5	1-2	D	E	E ₂	SC-EX-F	133.2
M6	1-2	D	H	E ₂	SC-EX-F	61.7
M7	1-2	D	F	E ₂	SC-EX-F	25.6
M8	1-3	C	E	E ₂	SC-EX-F	148.3
M9	1-3	C	H	E ₂	SC-EX-F	136.1
M10	1-3	C	F	E ₂	SC-EX-F	25.6
M11	1-3	C	E	E ₂	FC-RC	112.3
M12	2-1	C	D	E ₂	SC-EX-F	145.4
M13	2-1	C	E	E ₂	SC-EX-F	90.0
M14	2-2	D	D	E ₃	SC-RC	145.9
M15	2-2	D	E	E ₃	SC-RC	134.2
M16	4-1	B	A	E ₀	SP-SC	148.9
M17	4-1	B	B	E ₀	SP-SC	130.2
M18	4-1	B	B	E ₁	SP-SC	23.5
M19	8-1	B	C	E ₁ *E ₂	FC-RC	116.3
M20	8-1	B	D	E ₂	FC-RC	144.6
A1	Rw*Rb	A	A,B,C	-	FC	113.3
C1	8-1 و 1-3	C	D	E ₂	FC-RC	59.0
C2	8-1 و 1-3	B	D	E ₂	FC-RC	118.3

SC: حفاظت خاک، EX: قرق، F: جنگل کاری، FC: کنترل سیل، SP: جمع آوری سنگ RC: اصلاح پوشش گیاهی Rw*Rb منطقه مسکونی و ساخت و سازها

پایین ترین ضریب بهبود مربوط به اراضی با شیب ملایم است که در آنها فقط عملیات حفاظت خاک صورت گرفته است. پس از اراضی با شیب ملایم، واحد اراضی ۱-۳ با کلاس شیب F و گروه هیدرولوژیک C دارای ضریب بهبود پایینی است که پایین بودن ضریب بهبود عمدتاً ناشی از کاهش پوشش آسمانه در اثر تبدیل اراضی مرتعی به جنگل می باشد که این وضعیت در اراضی ۱-۲ هم قابل مشاهده است. این امر تأثیرات کاربری اراضی را به خوبی بر روی وضعیت فرسایش پذیری نشان می دهد. ارزیابی های انجام شده نشان داد که واحدهای اراضی در منطقه مطالعاتی مشتمل بر ۱-۱، ۱-۲، ۱-۳، ۲-۱، ۲-۲، ۲-۳، ۳-۱ و ۴-۱ می باشند که در دو رده خاک انتی سول و اینسپتی سول قرار دارند. بر مبنای نتایج فوق عمده عملیات های اصلاحی مبتنی بر کاربری های فعلی و تناسب موجود از نوع مرتع و جنگل می باشند. بیشترین میزان عملیات اصلاحی پیشنهاد شده برای واحدهای مطالعاتی، عملیات پیوسته حفاظت خاک، قرق و اصلاح پوشش گیاهی است و نتایج بدست آمده از اجرای مدل مبتنی بر دوره شبیه سازی ۵ ساله نشان دهنده این مسئله است که بیش از ۸۰ درصد واحدهای مطالعاتی در صورت اعمال مدیریت های پیشنهادی دارای ضریب بهبود بالای ۱۰۰ می باشد. نتایج شبیه سازی در برخی موارد سیر کاهشی را در پوشش آسمانه نشان می دهد که سبب کاهش ضریب بهبود می گردد.



نتیجه گیری

در تمامی واحد های مطالعاتی اجرای طرح های مدیریتی انتخاب شده منجر به کاهش مقدار رسوب و افزایش پوشش آسمانه و در مجموع افزایش ضریب بهبود واحد، در مدت زمان ۵ سال پس از اجرای طرح های حفاظتی و کنترلی شده است. کمترین ضریب بهبود در واحد مطالعاتی M_{18} بدست آمده که ماحصل اجرای طرح های جمع آوری سنگ (SP) و حفاظت خاک (SC) می باشد، در روی همین واحد اراضی واحد های مطالعاتی که شیب کمتر و درجه فرسایش حال حاضر آنها E_0 است، این روش حفاظتی به خوبی موجبات افزایش ضریب بهبود را حاصل نموده است. بیشترین ضرایب بهبود در واحد هایی بدست آمده است که یکی از روشهای قرق به همراه جنگل کاری و یا اصلاح پوشش گیاهی بکار گرفته شده است. بر اساس نتایج حاصله که مبتنی بر خصوصیات خاک، توپوگرافی و نیز تناسب و کاربری اراضی می باشد، انتخاب و بکارگیری شیوه های حفاظتی از اهمیت شایانی برخوردار است و چنانچه این مهم به درستی انجام نشود نه تنها تاثیرات مثبتی ندارد، بلکه دارای فیدبک های منفی نیز می باشد. استفاده از این ضرایب بهبود در مدیریت حوزه ها به عنوان ابزار و یا تکنیکی است که به کارشناسان در انتخاب بهترین شیوه های مدیریتی یاری می رساند. به بیان بهتر هر چه مقادیر عددی ضریب بهبود بالاتری در نواحی مطالعاتی حاصل گشته است نشان دهنده انطباق هر چه بیشتر شیوه های مدیریتی اعمال شده با شرایط منطقه بوده است بدین معنی که استراتژی مدیریتی بکارگرفته شده دارای فیدبک های مثبتی بوده است، لذا آن شیوه مدیریتی به عنوان BMP (Best management practice) یا بهترین شیوه مدیریتی برای آن ناحیه خاص پیشنهاد می گردد.

منابع

- Author Team,. 1977. A framework for Land Evaluation, Published by Arrangement with the food and Agriculture Organization of the United Nations. International institutes for land Reclamation and Improvement/ ILRI P.O. Box 45 wageningen the Netherlands, pp136.
- Khademalrasoul, A. 2006. Evaluation and comparison of WEPP model (Water erosion prediction project) with PSIAC in Emamzadeh Abdullah s Baghmalek watershed. MSc. Thesis. Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University. 146 p.
- Jefferson, A. 2003. Assessing the Transferability of a Water Erosion Model. Soil Conservation District Dear creek watershed Association, pp4.
- Maddahi, Z. 2008. Qualitative evaluation of land suitability and determination of culturing pattern for Dashte Sepidan. MSc. Thesis. Azad University of Ahvaz.
- Wang, xiuhong. 2007. Implication for development of grain-for-green policy based on cropland suitability evaluation in desertification- affected north china, Journal of land use policy, Vol 24, p 417-424.
- Zhang, X.C., and W.Z. Liu .2005. Simulating potential response of hydrology, soil erosion, and crop productivity to climate change in Changwu tableland region on the Loess Plateau of China. Agricultural and Forest Meteorology from sciencedirect.com.
- Zhang, X.C., M.A. Nearing, and L.D. Norton .2001. How WEPP model Response to Different Cropping and Management Systems. Selected paper from the 10th International Soil Conservation Organization Meeting held May 24-29, 1999 at Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Determination of Watershed Management Improvement Index using WEPP model based land suitability for soil erosion control

Ataallah Khademalrasoul^{1*}, Hadi Amerikhah²

1- Assistant professor of soil science department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz- Iran.
Corresponding author

2- Scientific member of soil science department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz

Abstract

Nowadays attention to different aspects of watershed and environment management in order to mitigate soil loss and enhance conservation of water resources is important. In this regards different tools, methods and models have been designed. According to importance of natural resources therefore, determination of watershed management improvement index (WMII) based on land suitability for soil erosion and sedimentation control was performed using WEPP model and GIS software. Data layers including climate, soil, topography and management was defined for each hillslope in the watershed. Results showed that units with applied management including exclusion (EX), forest and crop revising have the highest WMII. The highest WMII emphasize on avoiding from dry and irrigated farming in the lands. Generally the higher WMII illustrated the higher compability of management practices with region's condition and that practice, suggest as BMP for controlling soil loss and sedimentation for that area. The results indicated on forest and rangeland strategies as suitable land use. In addition, application of suitable managements in more than 80% of study areas based on 5 year simulation introduce to grasp improvement coefficient higher than 100.

Keywords: Best management practices (BMPs), Land suitability, Watershed management improvement index, WEPP Model.

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

برآورد ارتفاع رواناب با استفاده از روش شماره منحنی در محیط سامانه های اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی حوضه آبخیز دریاچه زریبار)

حمید محمودزاده^۱، حمیدرضا متین فر^{۲*}، شلیز اسکندری^۳^۱ دانشجوی دکترای تخصصی گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان^۲ دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان^۳ دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان

چکیده

روش های مرسوم اندازه گیری رواناب در ایران به خاطر دسترس نبودن اطلاعات هیدرولوژی اکثر حوزه های آبخیز، یک امر پرهزینه، وقت گیر و مشکل است. استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور به منظور تخمین رواناب حوضه آبریز در سالهای اخیر افزایش یافته است. نقشه شماره منحنی رواناب با استفاده از ابزار Arc-CN Runoff در محیط GIS تهیه می شود. شماره منحنی رواناب بر اساس فاکتورهای مانند گروه هیدرولوژی خاک، کاربری اراضی، پوشش زمین و شرایط هیدرولوژیکی تعیین می شود. بیشترین کاربرد روش شماره منحنی تبدیل بارش به رواناب است، زیرا که شماره های منحنی هر حوزه نمایانگر شرایط فیزیکی و بیولوژیکی حوزه می باشد. نتایج نشان داد روش استفاده شده در این تحقیق هیچ کاستی نسبت به روش های دستی و سنتی نداشته بلکه سرعت عمل و دقت محاسبات در این روش به مراتب بهتر می شود و فقط لازم است اطلاعات نقشه ها از حالت گرافیکی به حالت رقمی قابل استفاده در محیط GIS در آید. با افزایش مقدار بارندگی فصل زمستان به ۴۷/۷۰۱ میلیون متر مکعب، حجم جریان خروجی نیز به ۲۱/۰۱۶ میلیون مترمکعب افزایش یافته به نحوی که این حجم رواناب بالغ بر ۴۳ درصد حجم کل رواناب را شامل می گردد. بیشترین مقدار CN در کاربری زراعت و محیط مسکونی بدست آمده است و متوسط مقدار CN منطقه مورد مطالعه ۷۲/۰۹ بوده است. در قسمت هایی که شماره منحنی بزرگتری نسبت به سایر بخش ها دارند، مستعد رواناب های سیل آسا می باشد بیشترین مقدار CN و رواناب در کاربری-هایی مشاهده شده است که عملیات تغییر کاربری اراضی و ساخت و ساز صورت گرفته است.

واژگان کلیدی: شماره منحنی، گروه های هیدرولوژی، رواناب Arc GIS، Arc CN-Runoff.

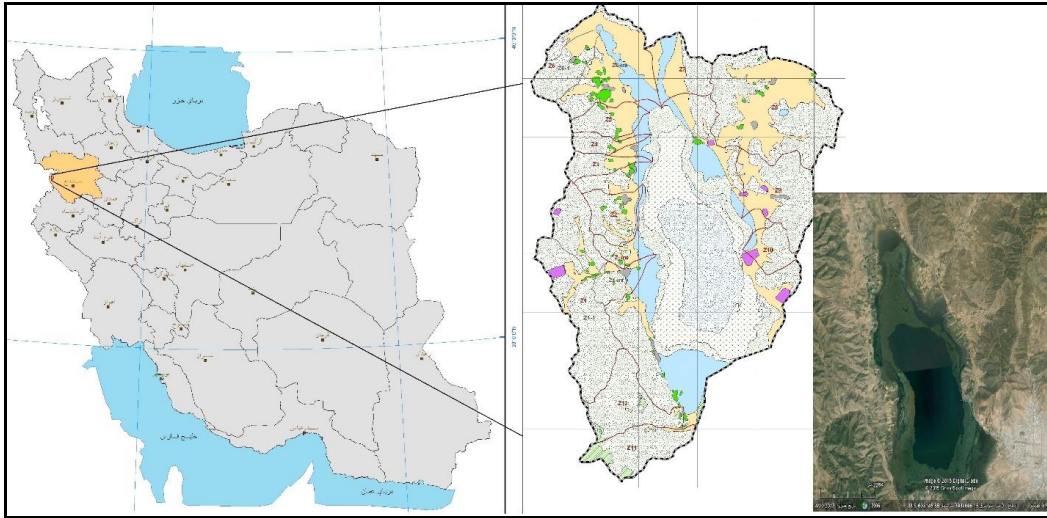
مقدمه

برآورد رواناب از طریق تلفیق اطلاعات خاک و پوشش گیاهی و تحصیل مقادیر شماره منحنی (CN) هر منطقه که بیانگر توان تولید رواناب در آنها می باشد، میسر خواهد بود. رواناب حاصل از بارش می تواند در جهت رفع مشکل کمبود آب مصارف شرب، کشاورزی و صنعتی بخصوص در شرایط خشکسالی فعلی، بسیار کارآمد باشد (یعقوب زاده و همکاران، ۱۳۸۹). وجود ایستگاه های هیدرومتری و استفاده از داده های مشاهداتی آنها نقش مهمی در تحلیل مناسب رفتار حوزه های آبخیز ایفا خواهد نمود، در مناطق فاقد ایستگاه هیدرومتری، از روابط تجربی میزان رواناب محاسبه می گردد. یکی از روش های تجربی که به صورت گسترده و جهانی مورد استفاده هیدرولوژیست ها و طراحان پروژه های منابع آب و آبخیزداری قرار گرفته است روش شماره منحنی (CN) می باشد که توسط سرویس حفاظت منابع طبیعی دیپارتمان کشاورزی ایالات متحده آمریکا پیشنهاد شده است (کادام و همکاران، ۲۰۱۲). در هیدرولوژی، شماره منحنی (CN) روشی برای تعیین مقدار نفوذ بارش به خاک و یا سفره آب زیر زمینی و مقدار جاری شده باران بصورت رواناب است. تکنیک های بروز و پیشرفته مانند سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) بصورت یکپارچه، ذخیره سازی و تجزیه و تحلیل داده ها را با توجه به توزیع مکانی و زمانی انجام می دهند (ویجی و همکاران، ۲۰۱۵). ابزار نرم افزار ArcGIS، به نام ArcCN-Runoff، برای تسهیل کار مدل سازی حوضه توسعه یافته که برای هر شکل چند ضلعی به منظور حفظ مرزهای نامنظم طراحی شده است (ژان و هوانگ، ۲۰۰۴). این ابزار می تواند برای طراحی و مدیریت سازه های هیدرولیکی و پروژه ها، به منظور برآورد تخلیه آینده و برای پیش بینی پاسخ حوضه در ارتباط با تغییرات توپوگرافی، خاک، کاربری اراضی، پوشش زمین (به عنوان مثال شهرنشینی) بکار رود (ژان و هوانگ، ۲۰۰۴). در ایران هم محققان زیادی از روش و ابزار SCS برای برآورد رواناب استفاده کرده اند. ثروتی و همکاران (۱۳۹۰)، همدی و همکاران (۱۳۹۱)، حسین زاده و همکاران (۱۳۹۱)، حسین زاده و

طیولا (۱۳۹۶) و شجاعی و مزبانی (۱۳۹۴) در حوزه آبخیز جداگانه به برآورد ضریب رواناب و حداکثر دبی سیل و کلیه عوامل دخیل در سیل خیزی و طبقه بندی مناطق با پتانسیل سیل خیزی با استفاده از روش منحنی CN توسط GIS پرداختند. در بیشتر حوزه‌های آبخیز ایران، ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش یا رواناب وجود ندارد و یا داده‌های موجود ناقص می‌باشند. سرعت و دقت برآورد حجم رواناب در محاسبات با به کارگیری تکنیک‌های جدید، به منظور طراحی صحیح سازه آبی و کاهش هزینه‌های اجرائی بسیار ضروری است (یعقوب زاده و همکاران، ۱۳۸۹). در این مطالعه سعی شده است تا از تکنیک GIS، جهت تهیه اطلاعات لازم و اساسی در بدست آوردن رواناب مستقیم با استفاده از روش شماره منحنی (NRCS-CN) استفاده گردد. هدف از این مطالعه ارزیابی روش شماره منحنی برای برآورد رواناب با استفاده از GIS برای حوزه‌های فاقد ایستگاه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه به مساحت ۱۰۷۱۸/۸ هکتار در مجاورت شهرستان مریوان در استان کردستان واقع گردیده است (شکل ۱). مرز حوزه در بخش جنوب غرب، غرب و شمال غرب منطبق بر خط الراس توپوگرافی ارتفاعات جنگلی است که در بخش‌های شمالی گاهی بر مناطق دشتی و مسطح شامل اراضی زراعی منطبق گشته و مجدداً بر روی ارتفاعات جنگلی قرار می‌گیرد.



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

نقشه کاربری اراضی حوزه با استفاده از اطلاعات مطالعات تفصیلی و اجرایی آبخیزداری حوزه آبخیز زریوار مریوان تهیه شد. کاربری‌های منطقه شامل جنگل، مرتع، باغ، زراعت دیم و آبی، باتلاق، نیزار، مناطق مسکونی و تأسیسات و دریاچه تالاب بین المللی زریوار می‌باشد (جدول ۳). خصوصیات خاک عامل موثری در جاری شدن رواناب است. برای بیان این عامل هیدرولوژیکی، نوع سطح و افق‌های خاک نیز در نظر گرفته می‌شوند (مهدوی، ۱۳۸۴)؛ با تکیه بر بافت و عمق خاک، نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک حوزه تهیه شد (مهدوی، ۲۰۰۲).

یکی از ابزارهای مهم در سامانه اطلاعات جغرافیایی ArcCN-Runoff است که توسط ژان و هوانگ (۲۰۰۴) جهت تعیین ارتفاع و حجم رواناب بر اساس روش SCS ارائه شده است. از ویژگی‌های این ابزار محاسبه شماره منحنی و رواناب برای هر پلیگون بصورت جداگانه است. برای تهیه نقشه شماره منحنی حوزه، در محیط نرم افزار Arc-GIS انجام گرفت.

شماره منحنی برای هر پلیگون با استفاده از اطلاعات خاک و کاربری اراضی تعیین شد. همه ورودی و خروجی در لایه جدیدی بعد از تلفیق (intersection) ذخیره می‌شود. یک گام مهم مطابقت نام پوشش کاربری اراضی به کاربری اراضی جدول شاخص در پایگاه داده شماره منحنی است. برای استفاده درست و واقعی، پایگاه داده شماره منحنی باید در صورت امکان بر اساس داده‌های محلی توسعه یابد (ژان و هوانگ، ۲۰۰۴).

جدول شماره ۱: جدول شاخص برای گروه‌های هیدرولوژیک حوزه مورد مطالعه

گروه‌های هیدرولوژیک				کاربری اراضی
D	C	B	A	
۸۲	۷۷	۶۵	۴۶	مسکونی و تأسیسات
۸۶	۸۲	۷۴	۵۹	تأسیسات
۸۰	۷۴	۶۱	۳۹	مرتع
۹۴	۹۱	۸۶	۷۷	زراعت دیم
۹۴	۹۱	۸۶	۷۷	زراعت آبی
۸۳	۷۷	۶۶	۴۵	باغ
۷۹	۷۳	۶۰	۳۶	جنگل
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	دریاچه
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	نیزار
۷۷	۷۰	۵۵	۳۰	اراضی مرطوب (باتلاقی)

رواناب بر اساس روش شماره منحنی رواناب SCS محاسبه می‌شود. در این روش فرض می‌شود که برای یک رویداد بارش، نسبت نگهداشت واقعی خاک پس از شروع رواناب به حداکثر پتانسیل نگهداشت خاک برابر است با نسبت رواناب مستقیم به بارش (ژان و هوانگ، ۲۰۰۴). نتایج این فرض ساده شده (پونس و هاوکین، ۱۹۹۶) در معادله رواناب زیر که در آن شماره منحنی ($0 < CN < 100$) نشان دهنده یک نماینده مناسب از پتانسیل حداکثر نگهداشت خاک است.

$$Runoff = \frac{(Rainfall - 0.2S)^2}{(Rainfall + 0.8S)}$$

اگر بارندگی بیش از $0.2S$ باشد مقدار رواناب از رابطه زیر بدست می‌آید.

اگر بارندگی کوچکتر و مساوی $0.2S$ باشد مقدار رواناب برابر صفر است.

که $S = (1000/CN) - 10$ بر حسب اینچ و $S = (25400/CN) - 254$ بر حسب میلی‌متر

مقدار بارش بر اساس داده‌های هیدرومتری بارش روزانه ۲ ایستگاه مجاور با دوره بازگشت ۲ ساله و ۳۰ ساله را با واحد اینچ و مساحت بر اساس متر مربع در نرم افزار وارید کرده و مقدار CN، ارتفاع و حجم رواناب با استفاده از نرم افزار ArcCN-Runoff بدست آمد. متوسط بارندگی سالانه برای مریوان $۳۵/۴$ اینچ (۹۰۰ میلی‌متر) بوده است. بارش استفاده شده برای این مطالعه $۲/۹۵$ اینچ (برابر با $۳۵/۴$ تقسیم بر ۱۲ ماه) است. می‌توان آن را به عنوان مقدار متوسط ماهانه و یا یک واقعه بارندگی، تنها با فرض وجود حدود ۱۲ بارش بزرگ نسبی سالانه، تفسیر کرد. به طور خلاصه، آن را یک رویداد بارش فرضی برای این مطالعه در نظر می‌گیریم. ظاهراً، رواناب روزانه و یا بر اساس رویداد می‌تواند مشابه این روش محاسبه شود (ژان و هوانگ، ۲۰۰۴).

نتایج و بحث

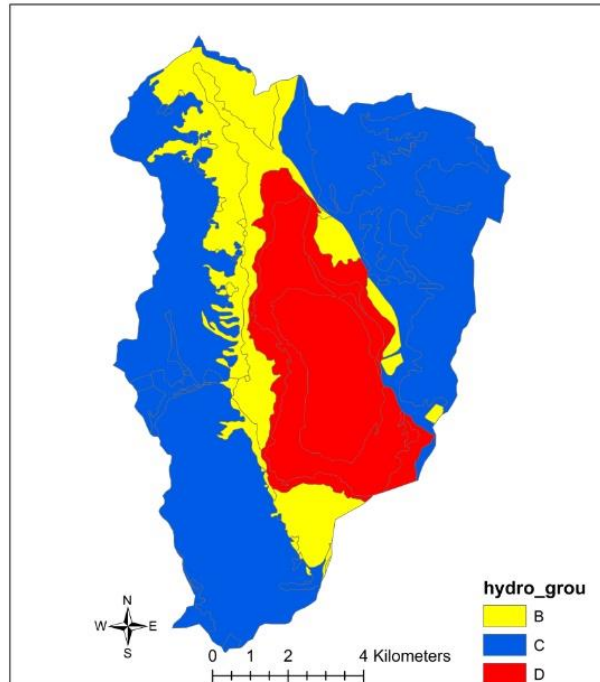
جدول شماره ۳ پراکنش کاربری‌ها را در حوزه آبخیز مورد مطالعه نشان می‌دهد. نتایج نشان داده است که بیشترین سطح مربوط به کاربری

جنگل و زراعت دیم است (اداره کل منابع طبیعی کردستان، ۱۳۸۵).

جدول شماره ۳: پراکنش کاربری های اراضی در حوزه مورد مطالعه

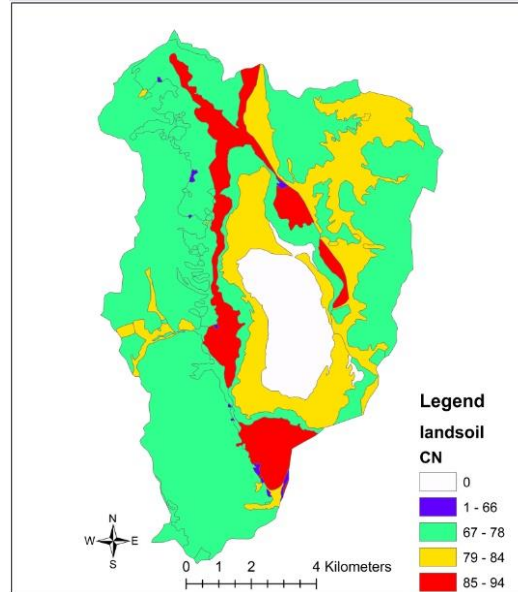
کاربری	سطح (هکتار)	درصد
جنگل	۴۷۹۳/۷	۴۴/۷
باغ	۱۱۸/۹	۱/۱
زراعت دیم	۲۱۰۶/۱	۱۹/۶
زراعت آبی	۱۰۳۹/۵	۹/۷
دریاچه	۹۱۰/۰	۸/۵
نیزار	۹۴۱/۹	۸/۸
مرتع	۹۳/۳	۰/۹
تأسیسات	۷۰/۹	۰/۷
مناطق مسکونی	۵۸/۹	۰/۵
مناطق مرطوب حاشیه دریاچه (باتلاق)	۵۸۴/۵	۵/۵
جمع کل	۱۰۷۱۸/۸	۱۰۰

گروه هیدرولوژیکی A (پتانسیل تولید رواناب ضعیف)، گروه هیدرولوژیکی B (پتانسیل تولید رواناب متوسط)، این گروه هیدرولوژیکی در منطقه مورد مطالعه بیشتر در بخش های با کاربری زراعت و مسکونی مشاهده می شود و دارای مساحت ۲۱۳۰/۹ هکتار (۱۹/۸۸ درصد کل سطح حوزه آبخیز) می باشد. گروه هیدرولوژیکی C (پتانسیل تولید رواناب نسبتاً زیاد)، ۶۱۵۴/۳۱ هکتار (۵۷/۴۱ درصد) از سطح حوضه آبخیز دارای این گروه هیدرولوژیکی است که رواناب نسبتاً بالای تولید شده در این منطقه بیشتر مربوط به اراضی با این نوع گروه هیدرولوژیکی می باشد. گروه هیدرولوژیکی D (پتانسیل تولید رواناب زیاد) دارای ۲۴۳۳/۶ هکتار (۲۷/۷ درصد) از سطح اراضی منطقه مورد مطالعه است که با توجه به پتانسیل زیاد این خاکها، تأثیر بسزایی در تولید رواناب خواهد داشت (شکل ۲). مناطق دارای پتانسیل تولید رواناب بالا تا متوسط برای انتخاب سازه جمع آوری رواناب مناسب است (کادام و همکاران، ۲۰۱۲).



شکل ۲: نقشه گروه های هیدرولوژیکی اراضی منطقه مورد مطالعه

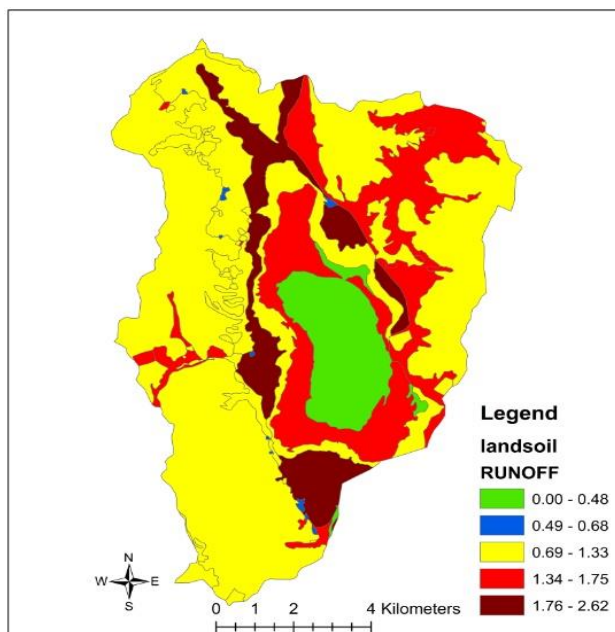
نتایج نشان داده است در قسمت‌هایی که شماره منحنی بزرگتری نسبت به سایر بخش‌ها دارند (شکل ۳)، مستعد رواناب‌های سیل آسا بوده و همچنین به سبب قدرت تلفیق لایه‌های خاک و کاربری اراضی در محیط GIS، که از ورودی‌های روش شماره منحنی می‌باشند، باعث بالا رفتن دقت مدل در برآورد رواناب می‌شود (جوادی و همکاران، ۱۳۹۰).



شکل ۳: نقشه شماره منحنی منطقه مورد مطالعه

براساس نتایج بدست آمده از مطالعه ملائی (۲۰۰۲)، حداکثر شماره منحنی مربوط به مناطق مسکونی و حداقل آن مربوط به اراضی با پوشش خوب درختچه می‌باشد. با توجه به این که در نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی بیشترین درصد حوزه به گروه‌های با خصوصیات نفوذپذیری کم (گروه هیدرولوژی C) تعلق داشت، و در نقشه کاربری، اراضی با نفوذ کم و یا غیرقابل نفوذ بیشترین مساحت را در حوزه به خود اختصاص می‌داد. متوسط مقدار CN منطقه مورد مطالعه ۷۲/۰۹ می‌باشد. کمترین مقدار CN بدست آمده (۴۰) در جنگل‌های انبوه و بالاترین مقدار CN (۸۵) در زمین‌هایی که ساخت و ساز در آنها شده است، بدست آمده است (ویجی و همکاران، ۲۰۱۵).

شکل شماره ۴ نقشه رواناب منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بیشترین ارتفاع رواناب (۱/۸-۲/۶ سانتیمتر) در کاربری‌هایی اتفاق افتاده است که دارای کاربری زراعی و مسکونی بوده و دارای شماره منحنی بالا می‌باشند؛ این نتیجه مشابه یافته‌های حجازی و مزبانی (۱۳۹۴) می‌باشد. با وجود اینکه بیشترین مساحت منطقه بصورت جنگلی است، اما این نوع کاربری بعلت دارا بودن پوشش مناسب سطحی رواناب زیادی تولید نمی‌کند. همانطور که از شکل ۴ و ۳ نمایان است بیشترین مقدار رواناب در گروه هیدرولوژی D مشاهده شده است و در کاربری باغ و جنگل بعلت پوشش گیاهی مناسب، کمترین مقدار رواناب ایجاد شده است که مربوط به گروه هیدرولوژی C می‌باشد، کادام و همکاران (۲۰۱۲) و حجازی و مزبانی (۱۳۹۴) و حسین زاده و نوروزی طیولا (۱۳۹۶) هم نتایج مشابهی گرفتند، در مطالعه آنها مشخص گردید که کاربری جنگل کمترین مقدار رواناب را دارد و مربوط به گروه هیدرولوژی B بوده است.



شکل ۴: نقشه رواناب منطقه مورد مطالعه

مقایسه نقشه رواناب برآورد شده با ابزار ARC-CN Runoff با جدول ارتفاع رواناب بدست آمده از روابط تجربی ایستگاه‌های مجاور حوضه آبخیز، نشان از ارتباط نزدیک آن با روانابهای با دور بازگشت ۲ تا ۵ ساله دارد (جدول شماره ۳).

جدول شماره ۳: مقادیر ارتفاع رواناب با دور بازگشت های گوناگون (cm)

دور بازگشت	۲	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰
ارتفاع رواناب (سانتیمتر)	۱/۳۸	۲/۴۲	۲/۹۹	۳/۶	۴/۰۶	۴/۴۴

بررسی مقادیر رواناب خروجی از حوضه آبخیز نشان می دهد که متناسب با افزایش میزان بارندگی در فصل زمستان، حجم جریان خروجی نیز افزایش می یابد، بطوری که بالغ بر ۴۳ درصد حجم رواناب را شامل می گردد (جدول شماره ۴). مقایسه مقادیر بارش و رواناب طی فصول مختلف حاکی از این است که نفوذ و تبخیر و تعرق بخش مهمی از کل بارش سالیانه را شامل می گردد. بررسی داده‌های موجود نشان می دهد، ذوب ناگهانی برفها در ماه های گرم سال سبب اشباع شدن خاک ها و افزایش ضریب رواناب متوسط در فصل یاد شده گردیده است (اداره کل منابع طبیعی کردستان، ۱۳۸۵). بررسی بیلان آبی حوضه آبخیز زیوار نشان می دهد که از ۱۰۹/۶۳ میلیون متر مکعب حجم بارش ورودی به سیستم حوضه آبخیز، رقمی در حدود ۴۴ درصد (معادل ۴۸/۳۰ میلیون متر مکعب) در قالب متوسط سالانه از حوضه آبخیز یاد شده تخلیه می گردد. خروج کلیه رواناب ناشی از بارش به صورت رواناب سطحی از حوضه پتانسیل قابل توجه حوضه آبخیز را در ضرورت بکارگیری روشهای مدیریتی و استفاده مطلوب از رواناب ها بیش از پیش آشکار می سازد. با مقایسه حجم ورودی به سیستم و حجم جریان خروجی از آن، مجموع مقادیر تبخیر از سطح خاک، تبخیر و تعرق، مقدار نفوذ و همچنین آب مصرفی در منطقه (شرب، کشاورزی و صنعت) که از مقدار قابل توجهی برخوردار است، به عنوان کل تلفات محسوب می گردد (جدول شماره ۵).

جدول شماره ۴: حجم رواناب و بارندگی سالانه حوضه آبخیز مورد مطالعه در فصول مختلف سال

حجم (میلیون متر مکعب در سال)	پاییز	زمستان	بهار	تابستان
رواناب	۱۴/۰۲۷	۲۱/۰۱۶	۱۳/۱۷۷	۰/۰۷۹
بارندگی	۱۳/۸۳۷	۴۷/۷۰۱	۲۹/۹۰۹	۰/۱۷۹



جدول شماره ۵: مقادیر بارش، رواناب و تلفات حوضه مورد مطالعه

متوسط بارش سالانه (cm)	حجم بارش سالانه (میلیون متر مکعب)	حجم رواناب سالانه (میلیون متر مکعب)	تلفات (میلیون متر مکعب)
۱۰۲/۲۸	۱۰۹/۶۳	۴۸/۳۰	۶۱/۳۳

نتیجه گیری

بررسی داده های بارندگی در طول دوره آماری نشان می دهد که در بیشتر سال ها (در طول دوره آماری) ماههای فصل تابستان و پس از آن بهار از کمترین مقدار برخوردار است. در مقابل فصل زمستان و پائیز دارای بیشترین مقدار بارندگی می باشد. بررسی های انجام شده نشان می دهد که بارش های با شدت بالا عمدتاً در ماههای بهمن و اسفند واقع می شود که این موضوع منطبق با سیلابهای ثبت شده در حوزه آبخیز یاد شده بوده و اطلاعات مفیدی را در برنامه ریزی ها به منظور استفاده مطلوب از روانابها در اختیار مدیران و تصمیم گیران حوزه آبخیز قرار می دهد. بیشترین کاربرد روش شماره منحنی تبدیل بارش به رواناب است، زیرا که شماره های منحنی هر حوزه نمایانگر شرایط فیزیکی و بیولوژیکی حوزه می باشد. می توان گفت، روش استفاده شده در این تحقیق هیچ کاستی نسبت به روش های دستی و سنتی نداشته بلکه سرعت عمل و دقت محاسبات در این روش به مراتب بهتر می شود و فقط لازم است اطلاعات نقشه ها از حالت گرافیکی به حالت رقمی قابل استفاده در محیط GIS در آید. بیشترین مقدار CN و رواناب در کاربری هایی مشاهده شده است عملیات تغییر کاربری اراضی و ساخت و ساز صورت گرفته است.

منابع:

- اداره کل منابع طبیعی کردستان (۱۳۸۵) "مطالعات تفصیلی- اجرای آبخیزداری حوزه آبخیز زریوار میوان".
 جوادی، م.ج.، میرداد هریجانی، ف.، چترسیماب، ز. ۱۳۹۰. برآورد ارتفاع رواناب با استفاده از روش شماره منحنی در محیط نرم افزاری ARC GIS با ابزار Arc CN-Runoff (مطالعه موردی: حوزه آبخیز آزاد رود). مجله کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه ریزی، سال دوم، شماره ۳.
 حجازی، اسدالله؛ مزبانی، مهدی، ۱۳۹۴. برآورد مقادیر ارتفاع و دبی حداکثر رواناب با استفاده از روش شماره های منحنی (CN) (مطالعه موردی: حوزه آبریز سراب دره شهر). هیدروژئومورفولوژی، شماره ۵، صص ۸۱-۶۳.
 حسین زاده، محمد مهدی؛ نوروزی طیولا، رعنا، ۱۳۹۶. برآورد ارتفاع رواناب با استفاده از روش شماره های منحنی و ابزار Arc CN-Runoff (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کشاور، تهران). جغرافیا، سال پانزدهم، شماره ۵۳.
 Abdulla, F.A., Al-Shareef, A.W, 2009. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. Desalination 243:195-207.
 Aladenola, O.O., Adeboye, O.B, 2010. Assessing the potential of rainwater harvesting. Water Resour Manage 24:2129-2137.
 Dodds, W.K., 1997. Distribution of runoff and rivers related to vegetative characteristics, latitude, and slope: a global perspective. J. North Am. Benthol. Soc. 16, 162-168.
 El-Hassanin, A.S., Labib, T.M., Gaber, E.I., 1993. Effect of vegetation cover and land slope on runoff and soil losses from the watersheds of Burundi. Agric. Ecosyst. Environ. 43, 301-308.
 Harbor, M.J, 1994. A practical method for estimating the impact of land-use change on surface runoff, Ground water recharge and Wetland Hydrology. J Am Plan Assoc 60(1):95-108.
 Ibrahim, M.B, 2009. Rainwater harvesting for urban areas: a success story from Gadarif city in central Sudan. Water Res Manage 23:2727-2736.
 Kadam, A.K., Kale, S.S., Pande, N.N., Pawar, N.J., Sankhua, R.N, 2012. Identifying Potential Rainwater Harvesting Sites of a Semi-arid, Basaltic Region of Western India, Using SCS-CN Method. Water Resour Manage, 26:2537-2554.
 Lal, M., Mishra, S.K., Pandey, A. 2015. Physical verification of the effect of land features and antecedent moisture on runoff curve number. Catena, 133: 318-327.
 Mahdavi, M. 2002. Applied hydrology. Vol. 2. 5th publication. Tehran University. 441 p.
 Mollayi, A. 2001. Assessment of curve number for estimation of runoff volume using GIS. Proceeding of 6th international conference on river engineering. Second volume. Shahid Chamran University. p. 1144-1139.
 Mondal, M.S., Pandey, A.C., Garg, R.D, 2009. Groundwater prospects evaluation based on hydrogeomorphological mapping using high resolution satellite images: a case study in Uttarakhand. J Indian Soc Remote Sens 36:69-76.



- Moon, S.H., Lee, J.Y., Lee, B.J., Park, K.H., Jo, Y.J., 2012. Quality of harvested rainwater in artificial recharge site on Jeju volcanic island, Korea. *J Hydrol* 414–415:268–277.
- Nayak. R. T. AND Jaiswal. R. K. 2003, Rainfall-Runoff modeling using satellite data and GIS for Bebas River in Madhta Pradesh. *Journal-CV*, pp: 47-50.
- Ponce, V.M., Hawkins, R.H., 1996. Runoff curve number: has it reached maturity? *Journal of Hydrologic Engineering* 1 (1), 11–19.
- Ramakrishnan, D., Bandyopadhyay, A., Kusuma, K.N, 2009. SCS-CN and GIS-based approach for identifying potential water harvesting sites in the Kali Watershed, Mahi River Basin. *India J Earth Syst Sci* 118 (4):355–368.
- Todd, D.K., Mays, L.W, 2005. *Groundwater hydrology*, 3rd edn. Wiley, New York.
- USDA, 1972. *National engineering handbook*, Section 4, Hydrology. USDA, Soil conservation service, US government printing office, Washington, DC.
- Viji, R; Rajesh Prasanna, P; Ilangovan, R. 2015. Modified SCS-CN and Green-Ampt Methods in Surface Runoff Modelling for the Kundahpallam Watershed, Nilgiris, Western Ghats, India. *Aquatic Procedia* 4: 677 – 684.
- Vohland, K., Barry, B, 2009. A review of in situ rainwater harvesting (RWH) practices modifying landscape functions in African drylands. *Agric Ecosyst Environ* 131:119–127.
- Zhan, X. and Huang, M. 2004. Arc CN-runoff: An ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps, *Environ, Modell, Softw*, 19: 875–879.

تأثیر شیب بر ظهور آبکندها در کشتزارهای دیم شمال غرب ایران

علی رضا واعظی^{۱*}، اولدوز بخشی راد^۲، یاسین صالحی^۲^۱استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان^۲دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

چکیده

فرسایش آبکندی یکی از مهم‌ترین انواع فرسایش آبی است که به دلیل هدررفت خاک و تولید رسوب اهمیت زیادی به‌ویژه در عرصه‌های کشاورزی دارد. این پژوهش با هدف بررسی اثر عامل شیب بر فرسایش آبکندی در حوزه آبخیز قرانقوچای واقع در جنوب استان آذربایجان شرقی انجام گرفت. برای انجام این پژوهش منطقه کشاورزی دیم که تحت تأثیر فرسایش آبکندی بود، انتخاب گردید و در ۳۶ نقطه هر کدام به مساحت یک کیلومتر مربع، حجم آبکند بر اساس اندازه‌گیری‌های صحرایی تعیین شد. همچنین درجه و طول شیب دامنه و نیز عامل درجه شیب و طول شیب بر اساس معادله عمومی هدررفت خاک (USLE) محاسبه گردید. نتایج نشان داد که حجم آبکندها در منطقه بین ۱۴۹/۵۸ و ۳۵۰۸۸/۳۶ مترمکعب متغیر است. حجم آبکند با عامل طول دامنه و عامل طول شیب رابطه مثبت معنی‌دار و با درجه شیب دامنه و عامل درجه شیب رابطه منفی معنی‌دار دارد که نشان می‌دهد در مناطق با طول دامنه بیشتر و شیب ملایم‌تر گسترش فرسایش آبکندی بیشتر است. طول دامنه مهم‌ترین عامل مؤثر بر حجم آبکند در کشتزارهای منطقه است. بر اساس نتایج، اجرای عملیات حفاظت خاک برای مهار گسترش آبکندها به‌ویژه در دامنه‌های طولانی ضروری است.

کلمات کلیدی: طول شیب، حجم آبکند، درجه شیب، فاکتور شیب، معادله عمومی هدررفت خاک

مقدمه

آبکند عبارتست از آبراهه‌هایی با عمق بیش از ۳۰ سانتی‌متر و سطح مقطع بیش از ۱ فوت مربع (۹۲۵ سانتی‌مترمربع) که با عملیات کشاورزی از بین نمی‌روند (Poesen و همکاران، ۱۹۹۶). فرسایش آبکندی از فرآیندهای مهم تخریب خاک است که در اقلیم‌های مختلفی سبب هدررفت قابل ملاحظه خاک و تولید مقادیر فراوان رسوب می‌شود (Poesen و همکاران، ۲۰۰۳). بر اساس تحقیقات انجام شده سهم تولید رسوب حاصل از فرسایش آبکندی چند صد برابر فرسایش پاشمانی و سطحی است (Soufi and Esaei, 2010). فرسایش آبکندی در کنار انتقال مقادیر زیادی از رواناب و رسوب، عاملی مهم در تفکیک اراضی و برهم خوردن یکپارچگی زمین است. اهمیت این موضوع در کشتزارهای دیم دوچندان است. در این مناطق، تشکیل و گسترش آبکندها ضمن کاستن از باروری خاک، مدیریت زمین‌های کشاورزی را دچار مشکل می‌کند. در ایران نیز این نوع فرسایش باعث تخریب اراضی بسیاری گردیده و با جاری شدن رواناب و سیل، حجم قابل توجهی از رسوبات را به‌دنبال دارد که این امر باعث غیرقابل استفاده شدن اراضی می‌شود (Soleimanpour, 2015).

تشکیل آبکند تحت تأثیر عوامل مختلفی است که برای ظهور و گسترش آن، بایستی این عوامل از یک حد آستانه بالاتر برود. فرسایش آبکندی تنها ناشی از عملکرد تمرکز خطی رواناب‌های سطحی نیست، بلکه جریان‌های زیرسطحی که عامل فرسایشی سایر انواع فرسایش به حساب نمی‌آیند به دلیل ایجاد فرسایش تونلی باعث تشکیل نوعی آبکند می‌شوند. به‌طور کلی تشکیل آبکند تابعی از میزان شستشوی سطحی در سرآبکند، فرسایش داخل آبکند، میزان ذوب و یخبندان متناوب در دیواره‌ها و فروریزش آنها، جنس سازند و ویژگی‌های خاک، اقلیم و شیب است (Feiznia و همکاران، ۲۰۰۷). یکی از عوامل مهمی که در تشکیل و گسترش آبکندها نقش دارد، عامل شیب است. به‌طور کلی با افزایش درجه و طول شیب دامنه، تولید جریان سطحی و تنش برشی آن افزایش پیدا می‌کند.

بررسی‌های پیشین نشان می‌دهد که تشکیل و گسترش آبکندها در مناطق کم شیب و هموار بیشتر از اراضی نسبتاً شیب‌دار است که این میزان در فصول پرباران افزایش چشم‌گیری دارد که علت آن تجمع رواناب ناشی از بارندگی و ذوب برف است (Feiznia و همکاران، ۲۰۰۷). کشتزارهای دیم از جمله عرصه‌های حساس به فرسایش آبکندی هستند. از یک سو گیاه زراعی، پوشش کافی روی سطح خاک ایجاد نمی‌کند و

* ایمیل نویسنده مسئول: vaezi.alireza@znu.ac.ir

عاملی در بازدارندگی جریان‌های سطحی نیست و از سوی دیگر، زمین کشاورزی در فاصله بین دو کشت متوالی بدون بقایای گیاهی کافی است. رهاسازی زمین‌های دیم در سال‌های کم‌باران نیز عامل مهمی است که تأثیر آن بر تشدید رواناب و فرسایش در دامنه‌های کوهستانی مناطق نیمه‌خشک گزارش شده است (Cerdà و همکاران ۲۰۱۸). Poesen و همکاران (۱۹۹۶) با بررسی تأثیر مساحت منطقه روی عامل شیب مطالعه‌ای در زمین‌های کشاورزی رها شده جنوب‌شرقی اسپانیا نشان دادند که عامل شیب با مساحت منطقه رابطه مثبت معنی‌دار دارد. (Gayen و همکاران ۲۰۱۹) نیز در مطالعه‌ای نشان داد عامل شیب نقش مؤثری در تشدید فرسایش آبکندی دارد. اطلاعات اندکی در مورد تأثیر شیب دامنه (درجه و طول) بر گسترش فرسایش آبکندی در مناطق تحت کشاورزی دیم به‌ویژه در کشتزارهای دیم شمال غرب ایران وجود دارد. این پژوهش به منظور بررسی ارتباط بین عامل شیب و حجم آبکند به‌عنوان معرف گسترش فرسایش آبکندی در منطقه کشاورزی دیم انجام گرفت تا ضمن شناخت دقیق تأثیر عامل شیب بتوان راه‌کارهای مناسب برای کاهش گسترش فرسایش آبکندی در منطقه ارائه داد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در منطقه‌ای کشاورزی به مساحت ۹۰۰ کیلومتر مربع در شهرستان هشتگرد واقع در $37^{\circ} 35' 0.107''$ تا $37^{\circ} 18' 46''$ عرض شمالی و $46^{\circ} 46' 4$ تا $47^{\circ} 6' 5$ طول شرقی در جنوب استان آذربایجان شرقی انجام گرفت. این منطقه بر اساس طبقه بندی دومارتن دارای آب و هوای نیمه خشک سرد با میانگین بارندگی سالانه ۳۴۰ میلی‌متر است. از نظر ویژگی‌های نیم‌رخ خاک منطقه عمیق تا بسیار عمیق با بافت لوم رسی و نفوذپذیری متوسط است. خاک‌ها اغلب زیر کشت دیم گندم قرار دارند. فرسایش آبکندی در کنار فرسایش شیاری از اشکال مهم فرسایش آبراهه‌ای در کشتزارهای منطقه است. حذف پوشش‌های مرتعی و تغییر کاربری آنها به زراعت دیم از یک سو و انجام عملیات کشاورزی نادرست مانند شخم موازی شیب در عرصه‌های تحت گسترش آبکندها به چشم می‌خورد. در سطح منطقه مطالعاتی، محدوده‌ای مربعی شکل با ابعاد 30×30 کیلومتر مربع انتخاب شده و به ۳۶ شبکه با ابعاد 5×5 کیلومتر تقسیم شد. برای شناسایی آبکندها از عکس‌های هوایی $1:40000$ و تصاویر ماهواره‌ای $1:250000$ برای تعیین موقعیت دقیق آبکندها از سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) استفاده شد و طی بازدیدهای میدانی از منطقه موقعیت دقیق آبکندها و مشخصات آنها (طول، عرض و عمق) بررسی و ثبت گردید. فرسایش آبکندی با بررسی عمق و مساحت مقطع با توجه به این‌که عمق کانال فرسایشی حداقل 0.5 متر و مساحت مقطع آن بزرگتر از 925 مترمربع باشد، تعیین شد:

$$V = A \times R \quad (1)$$

که در آن: A مساحت مقطع آبکند بر حسب مترمربع، R طول آبکند بر حسب متر و V بر حسب مترمکعب است. در هر آبکند با اندازه‌گیری طول آبکند (R) و اختلاف ارتفاع دوسر آبکند (H) طول افقی دامنه (λ) و درجه شیب (s) تعیین گردید (رابطه ۲ و ۳):

$$\lambda^2 = R^2 - H^2 \quad (2)$$

$$s = (H / \lambda) \times 100 \quad (3)$$

عامل طول شیب (S)، درجه شیب (L) و عامل شیب (LS) در معادله عمومی هدررفت خاک (Universal Soil Loss Equation, USLE) از روابط زیر به دست آمدند:

$$L = (\lambda/22.1)^m \quad (4)$$

$$S = 0.065 + 0.045 s + 0.0065 s^2 \quad (5)$$

که در آن m توان فرمول است که طبق قرارداد برای شیب‌های ۳ تا ۵ درصد برابر 0.4 و برای شیب‌های ۵ درصد و بالاتر برابر 0.5 در نظر گرفته شد.

به‌منظور بررسی روابط بین حجم آبکند، درجه شیب، طول شیب، عامل طول و درجه شیب از روش ماتریس همبستگی پیرسون (r) و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد.

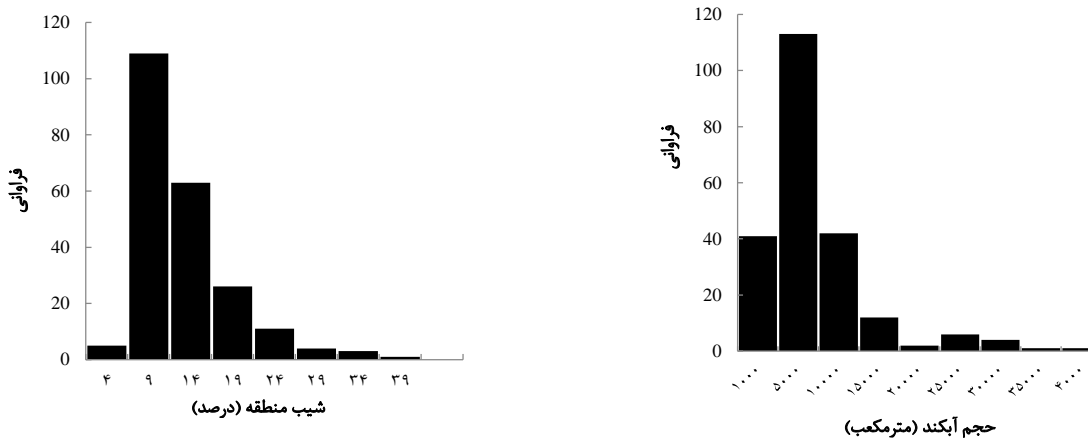
نتایج و بحث

ویژگی‌های آبکندها

نتایج نشان داد حجم آبکند ها بین ۱۴۹/۵۸ و ۳۵۰۸۸/۳۶ و به طور میانگین ۵۰۳۲/۰۸ مترمکعب است. شکل ۱(الف) توزیع فراوانی حجم آبکندها را نشان می‌دهد. حجم آبکندهای منطقه غالباً در دامنه ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ مترمکعب قرار دارد. گسترش آبکندها در منطقه نشان از هدررفت حجم زیادی خاک و در نتیجه تخریب خاک‌های کشاورزی است.

ویژگی‌های شیب

کشتزارهای منطقه غالباً در شیب بین ۴ تا ۳۷ درصد قرار دارند و تندی شیب آنها به طور میانگین ۱۰/۶۳ درصد است. شکل ۱(ب) توزیع فراوانی شیب منطقه را نشان می‌دهد. بیشتر آبکندهای منطقه در شیب ۹ درصد قرار دارند.



شکل ۱- هیستوگرام فراوانی حجم آبکند (الف)، هیستوگرام فراوانی شیب منطقه (ب)

ویژگی‌های خاک

نتایج تجزیه ویژگی‌های خاک نشان داد که خاک آبکندها از نظر ویژگی‌های نیمرخ عمیق تا بسیار عمیق با بافت لوم رسی (۳۶/۷ درصد شن، ۳۱/۶ درصد سیلت و حدود ۳۲ درصد رس) با ماده آلی کم (۱/۱ درصد)، سنگریزه متوسط (۹/۹ درصد) و آهکی (۱۲/۷ درصد) است. میانگین نفوذپذیری خاک‌ها در منطقه مورد مطالعه ۳/۵۲ سانتی‌متر در ساعت بود. واکنش خاک بین ۷ تا ۸ و درجه شوری آن حدود ۱ دسی زیمنس بر متر است.

تأثیر شیب بر تشکیل آبکندها

جدول ۱ نتایج ماتریس همبستگی بین حجم آبکند و متغیر شیب را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، حجم آبکند همبستگی منفی معنی‌دار با درجه شیب ($r = -0.26$ و $p < 0.01$) یا S یا $USLE$ ($r = -0.22$ و $p < 0.01$) دارد. این نتیجه نشان از گسترش آبکندها در دامنه‌های با شیب اندک در منطقه است. در پژوهش‌های پیشین نتایج متناقضی از تأثیر درجه شیب دامنه بر گسترش فرسایش آبکندی گزارش شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که هرچه شیب دامنه‌ها کمتر باشد، امکان افزایش عمق آبکندها در نتیجه انتقال رسوبات بیشتر می‌شود (Oparaku و همکاران ۲۰۱۸). به‌عنوان مثال یافته‌های Feiznia و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان می‌دهد در اراضی با شیب کم، شدت فرسایش آبکندی بیشتر از اراضی با شیب زیاد است. با این وجود Martinez – Casosnovas و همکاران (۲۰۰۴) فرآیند ریزش دیواره آبکندها را در اسپانیا بررسی کردند و دریافتند که درجه شیب دیواره آبکند متغیر اصلی تعیین کننده ریزش دیواره آبکندها بوده است. به‌طوری‌که هرچه درجه شیب بیشتر باشد، ریزش دیواره آبکندها بیشتر و در نتیجه حجم آبکندها بیشتر می‌شود. در پژوهش حاضر وجود رابطه عکس بین گسترش آبکند و درجه شیب دامنه نشان از حساسیت بالای شیب‌های ملایم به وقوع فرسایش آبکندی است. اراضی با شیب ملایم معمولاً از خاک عمیق‌تر با ذرات ریز (مانند رس) بیشتری برخوردارند. این شرایط زمینه را بر نگهداشت آب در خاک و وقوع فرسایش آبکندی فراهم می‌کند. گزارش‌ها نشان می‌دهد که با افزایش شیب ضخامت سازندهای سطحی سست کم می‌شود و به دنبال آن افزایش تعداد و حجم

آبکندها کاهش می‌یابد (Farid & Ghazavi, 2018). نتایج ماتریس همبستگی نشان داد حجم آبکند همبستگی مثبت معنی‌دار با طول دامنه ($r=0/78$ و $p<0/01$) و عامل طول شیب یا L ($r=0/66$ و $p<0/01$) دارد، به طوری که در دامنه‌های طولانی، توسعه طولی و گسترش حجمی آبکند زیاد بوده، شدت فرسایش آبکندی بیشتر است. با توجه به نتایج ماتریس همبستگی می‌توان گفت که طول دامنه مهم‌ترین عامل تعیین کننده گسترش آبکندها در کشتزارهای منطقه است.

جدول ۱- همبستگی بین عامل شیب و گسترش فرسایش آبکندی

	درجه شیب	طول دامنه	عامل طول		عامل شیب (LS)	حجم آبکند
			شیب (L)	شیب (S)		
درجه شیب دامنه	۱					
طول شیب دامنه	-۰/۲۹**	۱				
عامل درجه شیب (S)	۰/۹۷**	-۰/۲۳*	۱			
عامل طول شیب (L)	-۰/۱۸**	۰/۹۰**	-۰/۱۶*	۱		
عامل شیب (LS)	۰/۹۲**	-۰/۰۳	۰/۹۵**	۰/۰۷	۱	
حجم آبکند	۰/۲۶**	۰/۷۸**	-۰/۲۲**	۰/۶۶**	-۰/۰۸	۱

** معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹/۹ درصد و * معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد

نتیجه‌گیری

بررسی رابطه میان حجم آبکند و شیب دامنه (درجه و طول) در کشتزارهای دیم نشان داد که حجم آبکند رابطه مثبت معنی‌دار با طول دامنه و عامل طول شیب دارد. با این وجود حجم آبکند رابطه منفی معنی‌دار با درجه شیب و عامل درجه شیب دارد. در دامنه‌های طولانی و شیب‌های ملایم، گسترش فرسایش آبکندی بیشتر است که این موضوع به دلیل ماندگاری بیشتر آب روی زمین و نگهداشت بیشتر آب در خاک‌های ریزبافت است. تحت این شرایط خاک ناپایدار شده، شرایط برای انتقال ذرات و وقوع فرسایش آبکندی فراهم می‌شود. به طور کلی طول دامنه مهم‌ترین عامل مؤثر بر گسترش آبکندها در کشتزارهای دیم منطقه است. به منظور کاهش اثر منفی این عامل در فرسایش آبکندی استفاده از روش‌های خاکورزی حفاظتی مانند شخم حداقل و روی خطوط تراز در جهت افزایش نفوذدهی آب و کاهش تخریب خاک پیشنهاد می‌شود.

منابع

- فرید گیگلو، ب. و قضاوی، ر. ۱۳۹۷. بررسی نقش ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک آبکند و عوامل زمین محیطی حوضه بالادست آن بر گسترش فرسایش آبکندی. نشریه علوم آب و خاک. ۲۲(۳). ۲۷۳-۲۸۵.
- فیض نیا، س.، حشمتی، م.، احمدی، ح. و قدوسی، ج. ۱۳۸۶. بررسی فرسایش آبکندی سازند مارنی آغاچاری در منطقه قصرشیرین. مجله پژوهش و سازندگی. ۷۴، ۳۲-۴۰.
- سلیمان‌پور، س.م.، هدایتی، ب.، صوفی، م. و احمدی، ح. ۱۳۹۴. تعیین آستانه عوامل مؤثر بر گسترش طولی آبکندها با استفاده از تکنیک‌های داده کاوی در منطقه ماهور میلانی استان فارس. نشریه علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. ۹(۲۹). ۴۷-۵۶.
- صوفی، م. و عیسائی، ح. ۱۳۸۹. برآورد حجم فرسایش آبکندی با استفاده از ویژگی‌های مورفومتریکی و خاک در آبکندهای استان گلستان. مجله مهندسی و مدیریت آبخیز. ۲(۲). ۷۳-۸۹.
- Artemi, C., Rodrigo-Comino, J., Novara, A., Charles Brevik, E., Vaezi, A.R., Pulido, M., Giménez-Morera, A. and Deborah Keesstra, S. "Long-term impact of rainfed agricultural land abandonment on soil erosion in the Western Mediterranean basin." *Progress in Physical Geography: Earth and Environment* 42, no. 2 (2018): 202-219.
- Gayen, A., Pourghasemi, H.R., Saha, S., Keesstra, S and Bai, S. 2019. Gully erosion susceptibility assessment and management of hazard-prone areas in India using different machine learning algorithms. *Science of the total environment*. (668): 124-138
- Martinez-Casasnovas, J.A., Ramos, M.C. and Poesen, J. (2004) Assessment of sidewall erosion in large gully using multi-temporal DEMs and logistic regression analysis, *Journal of Geomorphology*, 58:305-321.



- Oparaku, L. A. and TerungwaIwar, R. (2018). Relationships between average gully depths and widths on geological sediments underlying the Idah-Ankpa Plateau of the North Central Nigeria. *International Soil and Water Conservation Research*. 6(1): 43-50.
- Poesen, J., Vandaele, K., van Wesemael, B., (1996). Contribution of gully erosion to sediment production in cultivated lands and rangelands. *IAHS Publications*. 236: 251– 266.
- Poesen, J., Nachtergale, J., Vertstraeten, G., Valentin, C. (2003). Gully erosion and environmental change. Importance and research needs. *Catena*. 50 (2–4): 91– 134.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation

Effect of slope on gully development in agricultural rainfed lands in northwest of Iran

Vaezi^{*1}, A.R., Bakhshi Rad, O.² Salehi, Y.²

¹ Full Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

² Ph.D. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

Abstract

Gully erosion is one of the most important types of water erosion which strongly affects soil loss and sediment production, especially in agricultural areas. This study was carried out to investigate the effect of slope factor on gully erosion in the Qarangochay watershed located in south of East Azarbaijan province. An agricultural rainfed area affected by gully erosion was selected and thirty six sites with an area of 1 km² considered to determination of gully volume and slope variables. Slope variables were consisted of slope degree and length, the slope steepness factor (S) and length factor (L) and slope factor (LS) described in the Universal Soil Loss Equation (USLE). Results revealed that gully volume varies between 149.58 to 35088.36 m³. Gully volume is directly affected by slope length and the length factor (L), whereas slope steepness and steepness factor (S) affect negatively on the gully volume. The longer rainfed lands with gentle steepness appear also higher gully development. The length of rainfed land is an important factor affecting gully development in the area. The use of conservation practices is a substantial strategy to prevent gully development particularly in longer rainfed lands in the area.

Keywords: Slope length, Slope degree, Slope factor, Gully volume, Universal Soil Loss Equation

* Corresponding author, Email: vaezi.alireza@znu.ac.ir

تغییرات فرسایش پذیری خاک تحت تأثیر درجه شیب در طول دامنه

محمدجواد پژند^{۱*}، حجت امامی^۲^۱ کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد^۲ دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

موقعیت شیب در یک زمین‌نما از جمله ویژگی‌های مهم و اثرگذار بر تشکیل خاک و فرسایش پذیری آن است. آگاهی از چگونگی تغییرات ویژگی‌های خاک در قسمت‌های مختلف شیب ما را در استفاده بهینه از زمین‌های شیب‌دار یاری می‌دهد. بر این اساس، این پژوهش با هدف بررسی چگونگی تغییرات نمایه فرسایش‌پذیری خاک (K)، کربن آلی، کربنات کلسیم و درصد رس خاک در طول یک شیب (در جهت جنوبی) با کاربری مرتع، در تابستان ۱۳۹۲ طرح‌ریزی و اجرا شد. بر این اساس ابتدا پس از شناسایی یک سطح شیب‌دار با مواد مادری و پوشش گیاهی یکنواخت، از درجه‌های مختلف شیب شامل کمتر از ۵ درصد، ۵ تا ۱۵ درصد، ۱۵ تا ۳۰ درصد، ۳۰ تا ۵۰ درصد و بیشتر از ۵۰ درصد نمونه‌برداری شد. از هر قسمت ۳ نمونه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر تهیه و جهت انجام آزمایشات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل گردید. بر اساس نتایج این پژوهش کمترین مقدار K در شیب کمتر از ۵ درصد (۰/۴۲ ton.ha/MJ.mm) و بیشترین مقدار آن در شیب بیشتر از ۵۰ درصد مشاهده شد (۰/۵۸ ton.ha/MJ.mm). دلیل این پدیده را می‌توان به کاهش درصد رس و کربن آلی نسبت داد. زیرا تغییرات کربن آلی در طول شیب به شکلی بود که با کاهش درصد شیب، مقدار آن افزایش یافت. به طوری که بیشترین مقدار آن در شیب کمتر از ۵ درصد (۱/۳۴٪) و کمترین مقدار آن در شیب بیشتر از ۵۰ درصد (۰/۱۲٪) مشاهده شد که علت آن می‌تواند از بین رفتن قسمت رویین خاک و کاهش مقدار کربن آلی خاک باشد.

کلمات کلیدی: درصد رس، درصد کربن آلی، درصد کربنات کلسیم، زمین‌های شیب‌دار

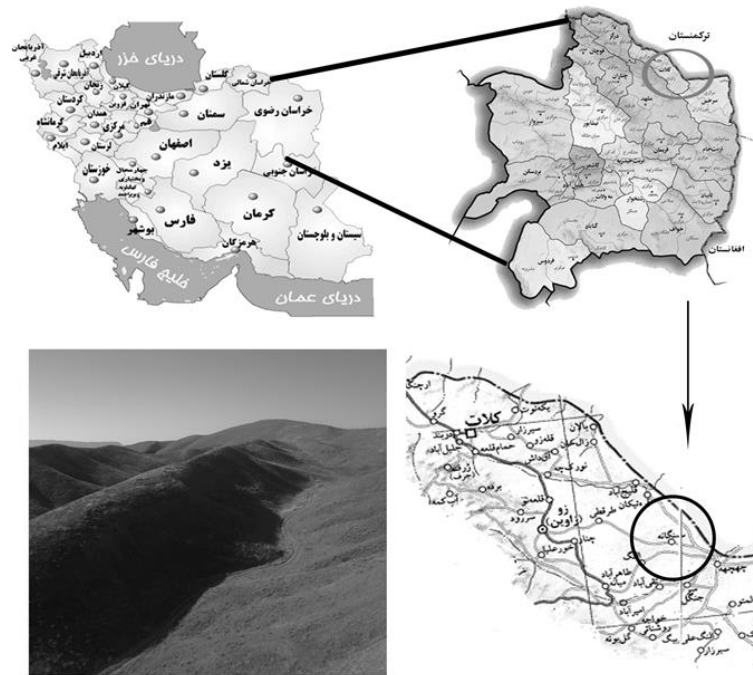
مقدمه

فرسایش‌پذیری خاک نشان‌دهنده مقاومت خاک در برابر جداشدن و انتقال ذرات است (رفاهی، ۱۳۹۳) که در پژوهش‌های مختلف اثر عواملی چون درصد رس خاک، درجه و جهت شیب، بر این ویژگی نشان داده شده است (Fox et al 2008 ; Veihe 2002). دلیل اینکه ذرات رس باوجود اندازه کوچک نسبت به فرسایش مقاوم هستند به خاصیت چسبندگی آنها مربوط می‌شود به طوری که عواملی مثل کمبود ماده آلی که موجب کاهش چسبندگی می‌شوند، مقاومت ذرات رس در برابر فرسایش را کاهش می‌دهند (رفاهی، ۱۳۹۳). برای برآورد فرسایش-پذیری خاک از روش‌ها و ویژگی‌های مختلفی استفاده شده است که یکی از این روش‌ها مربوط به نتایج پژوهش‌های ویشمایر و همکاران (۱۹۷۱) است که ۵ عامل درصد سیلت + شن خیلی ریز، درصد شن، درصد مواد آلی و وضعیت ساختمان و نفوذپذیری خاک را به عنوان عواملی با بیشترین اثرگذاری بر فرسایش‌پذیری خاک معرفی کردند و برای ارتباط این عوامل با فرسایش‌پذیری خاک فرمولی ارائه کردند که به کمک آن می‌توان مقدار فرسایش‌پذیری خاک را اندازه‌گیری کرد (رفاهی، ۱۳۹۳). موقعیت شیب در یک زمین‌نما نیز از جمله ویژگی‌هایی است که می‌تواند به شکل مستقیم یا غیر مستقیم بر فرسایش‌پذیری خاک اثرگذار باشد. بسیاری از پژوهشگران در نتایج پژوهش‌های خود، اثر درجه شیب بر ویژگی‌های فیزیکی مختلف خاک از جمله درصد رس خاک که نقش مهمی در فرسایش‌پذیری خاک دارد، را نشان داده‌اند (یانگ جونگ و منیگان، ۲۰۰۸؛ سیدیا و همکاران، ۲۰۰۹؛ جزینی، ۲۰۰۷). همچنین درجه شیب با اثر بر روی حرکت رواناب، زهکشی و نگهداری آب در خاک، بسیاری از ویژگی‌های خاک در زمین‌های شیب‌دار را تغییر می‌دهد. یکی دیگر از عوامل اثرگذار بر فرسایش و هدررفت خاک، کربن آلی است. پژوهش‌های انجام شده در زمینه اثر ماده آلی بر مقدار فرسایش‌پذیری خاک، نشان داد ماده آلی با افزایش نفوذپذیری و ظرفیت نگه‌داری آب، حجم رواناب و در پی آن مقدار فرسایش را کاهش می‌دهد (سیگریست و همکاران، ۱۹۹۸). مولینا و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان دادند درصد ماده آلی همبستگی معنی‌داری با ضریب رواناب دارد. همچنین ویشمایر و همکاران (۱۹۷۱) نشان دادند که مواد آلی در دامنه بین صفر تا ۴ درصد اثر چشمگیری بر فرسایش‌پذیری خاک دارند. به همین دلیل در مناطق خشک و نیمه خشک که از نظر کربن آلی فقیر

هستند، خاک‌ها دارای خاک‌دانه‌های به نسبت ضعیف‌تر و ناپایداری هستند و خاک فرسایش‌پذیری بیشتری دارد (خزایی و همکاران، ۱۳۸۷). این پدیده به‌ویژه در مراتع و زمین‌های کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک اثر بسیار زیادی در از بین رفتن این زمین‌ها و ایجاد بیابان دارند. بنا به آنچه گفته شد و با توجه به اهمیت و نقش درجه شیب در فرسایش‌پذیری خاک، این پژوهش با هدف درک نوع اثر درجه شیب بر فرسایش‌پذیری خاک و بررسی چگونگی تغییرات فرسایش‌پذیری (K)، کربن آلی، درصد رس و کربنات کلسیم خاک در طول یک شیب با کاربری مرتع و در جهت جنوبی، طرح ریزی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در پایگاه پژوهشی حفاظت خاک سنگانه در ۱۲۰ کیلومتری شمال شرقی مشهد، در تابستان ۱۳۹۲ انجام شد. این منطقه در ارتفاع ۷۰۰ متری از سطح دریا واقع شده است و دارای طول جغرافیایی ۳۰" و ۱۵' و ۶۰° و عرض جغرافیایی ۱" و ۴۱' و ۳۶° می‌باشد. میانگین دمای سالانه منطقه ۱۵ درجه سانتی‌گراد بوده و متوسط بارندگی آن ۲۵۷ میلی‌متر در سال است. پوشش گیاهی غالب در آن «درمنه» (*Artemisia sieberi*) و کاربری غالب آن مرتع است. اقلیم منطقه نیمه خشک و خاک منطقه در رده انتی‌سول و اریدی‌سول قرار دارد (صادقی و همکاران، ۱۳۸۷). برای انجام نمونه‌برداری یک توپوسکوئیس با طول شیب، ماده مادری و پوشش گیاهی یکنواخت انتخاب گردید.



شکل ۱- سیمای محل انجام پژوهش

سپس از درجه‌های مختلف شیب شامل کمتر از ۵ درصد، ۵ تا ۱۵ درصد، ۱۵ تا ۳۰ درصد، ۳۰ تا ۵۰ درصد و بیشتر از ۵۰ درصد نمونه‌برداری شد. از هر قسمت ۳ نمونه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر و در مجموع ۱۵ نمونه تهیه و جهت انجام آزمایشات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه پس از هوا خشک شدن خاک‌ها و عبور از الک ۲ میلی‌متری، بافت خاک به روش هیدومتری (بویوکس، ۱۹۶۲) و درصد کربن آلی (%OC) نمونه‌های خاک با روش هضم تر اندازه‌گیری شد (والکلی و بلک، ۱۹۳۴). درصد کربنات کلسیم معادل نیز به روش خنثی سازی با اسید اندازه‌گیری و به کمک رابطه‌ی زیر درصد آن محاسبه شد (پیچ و همکاران، ۱۹۸۲).

نمایه فرسایش‌پذیری خاک (K) با استفاده از رابطه ویشمایر و همکاران (۱۹۷۱) اندازه‌گیری شد:

$$100K = 2.1M^{1.14} \times 10^{-4} \times (12 - \%OM) + 3.25(S - 2) + 2.5(P - 3)$$

در این رابطه M حاصل ضرب (درصد رس (ذرات کوچکتر از 0.002 میلیمتر) - 100) در (درصد سیلت ($0.05 - 0.002$ میلیمتر) + درصد شن ریز ($0.1 - 0.05$ میلیمتر)، M درصد ماده آلی (درصد کربن آلی $\times 1.72 =$ درصد ماده آلی)، S کلاس ساختمانی خاک دانه‌ها و P کلاس نفوذپذیری خاک می‌باشد. همه این عوامل در لایه سطحی خاک ($20 - 15$ سانتیمتر) اندازه گیری شد ولی در اندازه گیری کلاس نفوذپذیری خاک تمام پروفیل خاک در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که این رابطه فقط تا مقدار 70 درصد سیلت قابل استفاده است و برای مقادیر بیشتر قابل استفاده نیست.

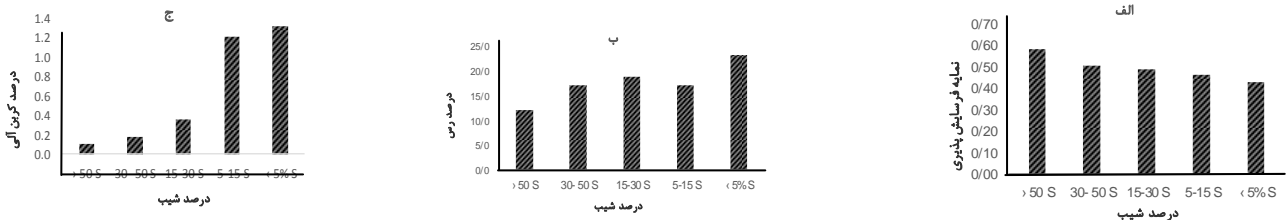
نتایج و بحث

بر اساس نتایج بدست آمده، کمترین مقدار K در شیب کمتر از 5 درصد (0.42 ton.ha/MJ.mm) و بیشترین مقدار آن در شیب بیشتر از 50 درصد (0.58 ton.ha/MJ.mm) مشاهده شد. دلیل این پدیده را می‌توان به کاهش درصد رس و کربن آلی به عنوان عوامل مهم و اثرگذار در فرسایش پذیری خاک نسبت داد. چرا که با افزایش شیب شدت عوامل فرسایش دهنده بیشتر می‌شود و در پی آن درصد رس و کربن آلی که نقش مهمی در پایداری خاکدانه‌ها و فرسایش پذیری خاک دارند، کاهش می‌یابند. در تشکیل خاکدانه‌های پایدار رس و مواد آلی به عنوان مواد سیمانی و پایدارکننده، نقش مهمی ایفا می‌کنند. این نتایج مشابه نتایج عجمی و همکاران (1391) است. از طرفی کاهش این عوامل موجب کاهش ظرفیت جذب آب در خاک می‌شود که در نهایت موجب افزایش حجم رواناب و تشدید فرسایش می‌گردد. بنابراین کنترل این دو ویژگی با حفظ و تقویت پوشش گیاهی می‌تواند اثر مطلوبی بر کاهش فرسایش پذیری خاک داشته باشد.

جدول ۱- حداقل، حداکثر و میانگین ویژگی‌های اندازه گیری شده

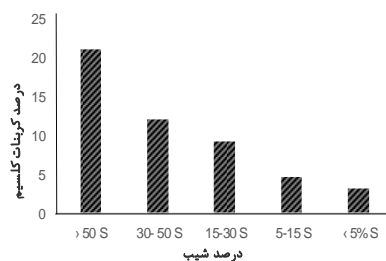
عنوان	واحد	میانگین	حداقل	حداکثر	ضریب تغییرات
K	(ton.ha/MJ.mm)	۰/۵	۰/۴۲	۰/۵۸	۹/۱۷
Clay	%	۱۷/۷	۱۲/۲	۲۳/۳	۱۶/۹۸
CaCO ₃	%	۱۰/۴۰	۳/۲۵	۲۱/۲۵	۵۳/۹۴
OC	%	۰/۶۳	۰/۱۲	۱/۳۴	۶۹/۷۸

بررسی دقیق‌تر عوامل اثرگذار بر فرسایش پذیری خاک، نیز نشان داد که با افزایش درصد شیب، درصد رس کاهش یافت. به طوری که کمترین مقدار آن در شیب بیشتر از 50 درصد ($12/2$ درصد) و بیشترین مقدار آن در شیب کمتر از 5 درصد ($23/3$ درصد) مشاهده شد. حضور مقدار بیشتر رس در قسمت‌های پایین شیب نسبت به قسمت‌های بالایی شیب، از یک سو به دلیل انتقال ذرات ریزتر از قسمت‌های بالاتر به بخش‌های پایینی شیب و از سوی دیگر به دلیل کاهش سرعت رواناب در قسمت‌های پایینی نسبت به قسمت‌های بالایی شیب و کاهش انتقال ذرات در این قسمت است. بنابراین با افزایش شیب و کاهش مقدار رس خاک انتظار می‌رود فرسایش پذیری خاک افزایش یابد. روند تغییرات کربن آلی در طول شیب نیز مشابه درصد رس بود و کمترین و بیشترین مقدار آن به ترتیب در شیب بیشتر از 50 درصد (0.12 درصد) و شیب کمتر از 5 درصد (1.34 درصد) مشاهده شد. این نتایج با نتایج پژوهش‌های تامسون و کولا (2005) مشابه است. نحوه تغییرات کربن آلی از دو جهت قابل توجیه است. یکی اینکه بخشی از کربن آلی با انتقال لایه سطحی خاک از بخش‌های بالایی شیب به قسمت‌های پایینی منتقل می‌شود و دیگر آنکه فرسایش پذیر بودن خاک در قسمت‌های بالایی شیب موجب از بین رفتن بیشتر خاک در این قسمت و در پی آن کاهش پوشش گیاهی در این ناحیه می‌گردد که در نهایت موجب کاهش ماده آلی در این قسمت شده است. البته تابش بیشتر نور خورشید به دامنه‌های جنوبی و تبخیر بیشتر رطوبت خاک در دامنه جنوبی شیب هم در کاهش پوشش گیاهی و ماده آلی اثرگذار است.



شکل ۱. تغییرات نمایه فرسایش پذیری (الف)، درصد رس (ب) و درصد کربن آلی (ج) در طول شیب

تغییرات کربنات کلسیم نیز در طول شیب برآورد شد که بر اساس نتایج با کاهش درصد شیب مقدار کربنات کلسیم کاهش یافت. به طوری که کمترین مقدار آن در شیب کمتر از ۵ درصد و بیشترین مقدار آن در شیب بیشتر از ۵۰ درصد مشاهده شد. این نتایج نیز بیانگر وجود فرسایش بیشتر در قسمت‌های بالایی شیب نسبت به قسمت‌های پایین شیب است که باعث ظاهر شدن خاک زیرین در سطح شده است که با توجه به آهکی بودن ماده مادری، موجب افزایش مقدار کربنات کلسیم در قسمت‌های بالایی شیب که فرسایش‌پذیری بیشتری نسبت به قسمت‌های پایینی دارند، شده است. از طرفی آبشویی کربنات‌ها در قسمت‌های پایین شیب به دلیل نفوذ بیشتر رواناب در این قسمت، بر بیشتر شدن اختلاف مقدار کربنات‌ها بین قسمت‌های بالا و پایین شیب، کمک می‌کند. (هانا و همکاران، ۱۹۸۲؛ رضایی و ارزانی، ۲۰۰۶).



شکل ۲. تغییرات مقدار کربنات کلسیم در طول شیب

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های این پژوهش، در طول یک شیب تغییرات پستی و بلندی اثرات زیادی بر ویژگی‌های مختلف خاک دارد که بیشتر این ویژگی‌ها مستقیم یا غیرمستقیم بر فرسایش‌پذیری خاک اثرگذار هستند. فرسایش خاک که در زمین‌های شیب‌دار شدت بیشتری پیدا می‌کند، با از بین بردن خاک رویین اثر چشمگیری بر ویژگی‌های مطلوب فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله کربن آلی و پوشش گیاهی می‌گذارد که در دراز مدت باعث افزایش بیابان‌زایی و از بین رفتن مراتع و زمین‌های کشاورزی می‌شود. به‌ویژه در منطقه مورد مطالعه که به دلیل کمبود بارندگی دارای پوشش گیاهی ضعیفی است. با توجه به نقش کربن آلی در فرسایش‌پذیری خاک و اثرپذیری آن از عوامل فرسایش‌دهنده، مدیریت کربن آلی خاک برای کاهش فرسایش‌پذیری و حفظ کیفیت خاک از اهمیت زیادی برخوردار است. همچنین با توجه به استفاده نامناسب از بیشتر مراتع کشور و تخریب سالانه‌ی بخش زیادی از مراتع به دلایلی چون چرای بیش از حد، توجه به حفظ پوشش گیاهی مناسب و همچنین توجه به ظرفیت مراتع برای استفاده بهینه از آنها برای حفظ سطح مطلوب کربن آلی خاک، امری ضروری به نظر می‌رسد و باید در برنامه‌های مدیریتی جایگاه ویژه‌ای داشته باشد. روشن است که حفظ کربن آلی و به طور کلی مواد آلی خاک در زمین‌های کشاورزی نیز در کاهش فرسایش‌پذیری و حفظ باروری آنها نقش مهمی داشته و باید در برنامه‌های مدیریتی جایگاهی ویژه داشته باشد.

منابع

- خرزایی ع، مصدقی، م. ر. و محبوبی، ع. ا. ۱۳۸۷. تاثیر شرایط آزمایش، مقدار ماده آلی، رس و کربنات کلسیم خاک بر میانگین وزنی قطر و مقاومت کششی خاکدانه‌ها در برخی از خاک‌های استان همدان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲ (۴۴): ۱۳۴-۱۲۳.
- رفاهی ح. ۱۳۹۳. فرسایش آبی و کنترل آن. چاپ هفتم انتشارات دانشگاه تهران، تهران. ۶۷۱
- صادقی ح، بشری سه‌قلعه م. و رنگ‌آور ع. ۱۳۸۷. مقایسه تغییرات رسوب با جهت دامنه و طول کرت در برآورد فرسایش خاک ناشی از رگبارها. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۲(۲): ۲۳۰-۲۳۹.
- عجمی م، خرماالی ف، ایوبی ش. ۱۳۹۱. نقش تخریب جنگل‌ها و تغییر کاربری اراضی بر فرسایش‌پذیری خاک‌های لسی شرق استان گلستان. مجله پژوهش‌های آبخیزداری، ۳۶: ۹۴-۴۴.

Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. Agron. J., 54:464-465.



- Ceddia, M.B., Vieira, S.R., Villela, L.O., Mota, L.S., Anjos, H.C., and Carvalho, F.D. 2009. Topography and spatial variability of soil physical properties. *Scientia Agricola*, 66:338-352.
- Fox, D. M.; Maselli, F.; & P. Carrega, 2008. Using SPOT images and field sampling to map burn severity and vegetation factors affecting post forest fire erosion risk, *Catena*, 75, 326–335.
- Hanna, A.Y., Harlan, P.W., and Lewis, D.T. 1982. Soil available water as influenced by landscape position and aspect. *Agron J.*, 74: 999-1004.
- Jazini, F. 2007. The role of topography on soil almond vegetative, quantitative and qualitative Characteristics in Saman region, Shahrekord. MSc thesis, Shahrekord University, Iran. (in Persian with English abstract).
- Molina A., Govers G., Vanacker V., Poesen J., Zeelmaekers E. and Cisneros F. 2007. Runoff generation in a degraded Andean ecosystem: Interaction of vegetation cover and land use. *Catena*, 71: 357-370.
- Page, A. L., Miller, R. H. and Keeney, D. R. 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI. pp: 643-698
- Rezaei, S. A., Arzani, H. and Tongway, D. J. 2006. Assessing rangeland capability in Iran using landscape function indices based on soil surface attributes. *J. of Arid Environments*, 65: 460-473.
- Seibert, J., Stendahl, J., and Sorensen, R. 2007. Topographical influences on soil properties in boreal forests. *Geoderma*. 141: 139-148.
- Siegrist, S., Schaub, D., Pfiffner, L. and Mader, P. 1998. Does organic agriculture reduce soil erodibility? The results of a long-term field study on loess in Switzerland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 69: 253-264.
- Thompson, J. A. and Kolka, R. K. 2005. Soil Carbon storage estimation in a forested watershed using quantitative soil- landscape modeling, *Soil Sci. Soc.Am. J.*, 69: 1086-1093.
- Veihe, A., 2002. The spatial variability of erodibility and its relation to soil types: a study from northern Ghana, *Geoderma*, 106, 101-120.
- Walkley, A. and Black, I. A. 1934. An examination method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37: 29–38.
- Wischmeier, W. H., Johnson, C. B. and Cross, B. V. 1971. Soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *journal Soil and Water Conservation Society*, 26(5): 189-193.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Water Erosion, Flood , Soil and Water Conservation

Investigate the alteration of soil erodibility, organic carbon, calcium carbonate and clay percentage along a hillslope

M., Pazhand^{*1}, H., Emami²

¹ M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Iran

² Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Abstract

Topography is one the important and effective properties in soil formation and its erosion. Knowledge of soil properties alteration across a slope helps us to use hillslope more efficiently. So, this research was performed to investigate the alteration of soil erodibility index (K), organic carbon, calcium carbonate and clay percentage in a toposequence of a grassland (south aspect) during summer 1392. For this purpose, a toposequence with similar slope length, parent material and covered crop was selected and soil samples were collected from slope of <5, 5-15, 15-30, 30-50 and >50%. 3 samples at each slope from the depth of 0 to 30 cm were collected and transferred to the laboratory for further physical and chemical experiments. Results showed that lowest and highest amount of K was at slope of <5% (0.42 ton.ha/MJ.mm) and >50% (0.58 ton.ha/MJ.mm), respectively. This could be due to the reduction of clay percentage and organic carbon. Since the alteration of organic carbon across a slope was in a way that this parameter increased by decreasing slope, the highest amount of organic carbon was at slope <5% (1.34%) but the lowest amount of calcium carbonate was at slope >50% (0.12%). this could be due to the erosion of upper layer of soil in sloping grounds and decreasing of organic carbon.

Keywords: Clay percentage, Organic carbon percentage, Calcium carbonate percentage, toposequene

* Corresponding author, Email: m.j.pazhand@gmail.com

بررسی عوامل مؤثر بر شدت نفوذ آب به خاک در برخی از اراضی کشاورزی حوضه آبریز سد کارون ۳ در استان خوزستان

علیرضا جعفرنژادی^{۱*}، فاطمه مسکینی ویشکایی^۲، ناصر دواتگر^۳

^۱ دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
^۲ استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
^۳ استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

نفوذ آب به خاک یکی از ویژگی‌های مهم خاک است که نقش مهمی در ایجاد رواناب و فرسایش خاک ایفا می‌کند. شرایط مختلف خاک بر شدت نفوذ آب در خاک مؤثر است. با توجه به اهمیت فرآیند نفوذ آب به خاک در کنترل فرسایش، تخریب حاصلخیزی و کیفیت خاک، این پژوهش با هدف بررسی مقدار شدت نفوذ آب در خاک و عوامل مؤثر بر آن در برخی از اراضی کشاورزی حوضه آبریز سد کارون ۳ در استان خوزستان انجام شد. تعداد ۱۵ نمونه خاک مرکب به صورت تصادفی برداشت شد. بافت خاک، هدایت الکتریکی، واکنش خاک، کربن آلی و نسبت جذب سدیم (SAR) در تمام نمونه‌های خاک مورد مطالعه تعیین گردید. نتایج نشان داد که به‌طور کلی نمونه‌های مورد مطالعه در دو گروه خاک‌های غیر شور (۵۳ درصد) و خاک‌های شور و سدیمی (۴۷ درصد) قرار گرفتند. کمترین و بیشترین شدت نفوذ آب در خاک‌های با بافت رسی به ترتیب در نمونه خاک شور و سدیمی (0.24 cm min^{-1}) و خاک غیرشور (15 cm min^{-1}) مشاهده شد. تنها در گروه خاک‌های غیر شور، بین شدت نفوذ و مقدار رس ($r = 0.701$) و شوری خاک ($r = 0.878$) همبستگی مثبت معنی‌دار مشاهده شد. نتایج این پژوهش مؤید تنوع گسترده خاک‌ها از نظر بافت، شوری و SAR در اراضی کشاورزی حوضه آبریز مورد مطالعه بود که نشان‌دهنده لزوم مطالعه و شناخت ویژگی‌های هیدرولیکی خاک به‌منظور مدیریت مناسب آبیاری و کنترل فرسایش و تخریب اراضی است.

کلمات کلیدی: خاک شور و سدیمی، شوری، نسبت جذب سدیم.

مقدمه

فرسایش خاک و هدررفت منابع آب و خاک از مهم‌ترین معضلات زیست محیطی هستند به طوری که تأثیر تخریبی آن بر اکوسیستم‌های مختلف منجر به کاهش توان حاصلخیزی و تولیدی آن‌ها می‌گردد (صادقی و همکاران، ۱۳۸۷). نفوذ آب به خاک یکی از ویژگی‌های مهم خاک است که نقش مهمی در ایجاد رواناب و فرسایش خاک ایفا می‌کند. اگر شدت نفوذ در یک خاک معین کمتر از شدت بارندگی باشد یا موجب تجمع آب در سطح خاک و یا ایجاد رواناب می‌گردد. شرایط مختلف خاک بر شدت نفوذ آب در خاک مؤثر است. در واقع نفوذ به ورود آب به خاک از طریق سطح خاک گفته می‌شود (Osuji و همکاران، ۱۹۸۴). آب در اثر نیروی ثقل و نیروهای موئینه به داخل خاک متخلخل وارد می‌شود. پس از خیس شدن ذرات خاک، آب اضافه در اثر نیروی ثقل به سمت پایین حرکت می‌کند. شدت نفوذ در واقع شدت جذب آب توسط یک خاک معین در یک زمان معین است (Dagadu و Nimbalkar، ۲۰۱۲). Saxton و همکاران (۱۹۸۶) گزارش نمود که ویژگی‌های اصلی آب و خاک مؤثر بر شدت نفوذ عبارت از مقدار رطوبت اولیه خاک، شرایط سطح خاک، هدایت هیدرولیکی پروفیل خاک، بافت، تخلخل، درجه انبساط کلئوئیدهای خاک، ماده آلی، پوشش گیاهی سطح خاک، مدت زمان آبیاری یا بارندگی و گرانروی آب می‌باشند. ساختمان خاک نیز بر شدت حرکت آب در داخل خاک اثر می‌گذارد. خاک‌هایی با ساختمان خوب در شرایط رطوبتی مختلف خاک دارای شدت نفوذ مطلوبی نیز هستند. همچنین نتایج مطالعات مختلف نشان داده است که خاک‌های متراکم در نتیجه‌ی حرکت ماشین آلات کشاورزی دارای شدت نفوذ کمتری بوده و مستعد فرسایش و ایجاد رواناب هستند (Chancellor و همکاران، ۱۹۷۷).

Osuji و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر عملیات زراعی مختلف (کاربری‌های مختلف) را بر نفوذ پذیری خاک در کشور نیجریه بررسی نمودند و روابط بین شدت نفوذ و برخی از ویژگی‌های خاک را ارزیابی نمودند. Dagadu و Nimbalkar (۲۰۱۲) نیز مقادیر شدت نفوذ آب در خاک را در شرایط مختلف

خاک در ایالت مازندران هند تعیین نمودند و مقادیر اندازه‌گیری شده را با مقادیر برآورد شده توسط مدل‌های کوستیاکف، کوستیاکف اصلاح شده، هورتون و گرین - امپت مقایسه نمودند.

حوضه آبریز کارون بزرگ دارای مساحتی برابر با ۶۷۲۵۷ کیلومتر مربع می‌باشد که از این مقدار، ۲/۳ میلیون هکتار آن زمین‌های مستعد و خوب برای کشاورزی است که در دشت خوزستان واقع شده است. این حوضه دارای حدود ۶۵۰ هزار هکتار اراضی تحت کشت آبی و بیش از ۵۰ هزار هکتار اراضی یکپارچه و مجهز تحت کشت و صنعت می‌باشد که به‌طور متوسط ۵۰ درصد از این سطوح به کشت غلات (گندم، جو و ذرت دانه‌ای) اختصاص دارد. این حوضه به واسطه تأمین ۷۸ درصد انرژی برق آبی و ۱۳ درصد تولیدات کشاورزی کشور، نقش انکارناپذیری در تأمین غذا و انرژی کشور دارد (ارشدی و باقری، ۱۳۹۲). بنابراین با توجه به اهمیت فرآیند نفوذ آب در خاک در کنترل فرسایش و تخریب خاک، این پژوهش با هدف بررسی مقدار شدت نفوذ آب در خاک و عوامل مؤثر بر آن در قسمتی از حوضه آبریز کارون بزرگ در محل سد کارون ۳ انجام شد.

مواد و روش‌ها

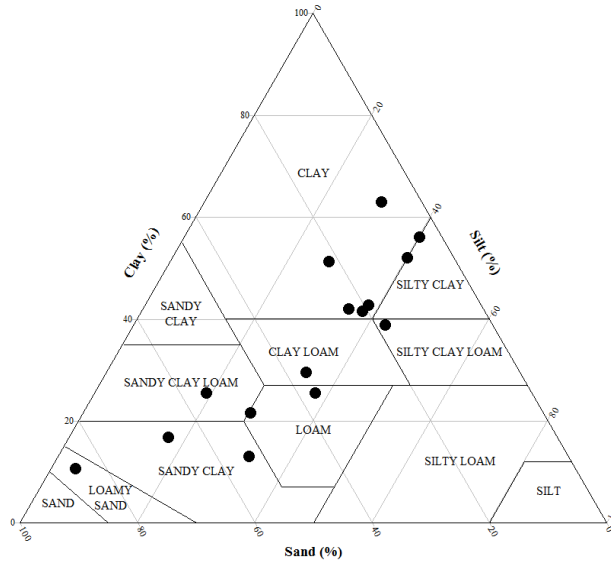
محل اجرای این پژوهش در حوضه آبریز سد کارون ۳ با وسعت ۲۴۰۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. حوضه آبریز کارون بزرگ در طول جغرافیایی ۳۰ تا ۳۴ درجه شمالی و در عرض جغرافیایی ۴۸ تا ۵۲ درجه شرقی واقع شده است. این رودخانه از رشته کوه‌های زاگرس سرچشمه گرفته و در منطقه گتوند وارد دشت خوزستان می‌شود. متوسط آبدهی درازمدت سالیانه رودخانه کارون در محل احداث سد کارون ۳ حدود ۳۰۰ مترمکعب در ثانیه و حجم آورد سالیانه آن بیش از ۱۰ میلیارد مترمکعب می‌باشد. ساختگاه سد و نیروگاه کارون ۳ در ۲۸ کیلومتری شرق شهرستان ایذه و در فاصله ۶۱۰ کیلومتری مصب رودخانه کارون در شمال شرقی استان خوزستان واقع شده است. اراضی کشاورزی این منطقه، شامل باغات و اراضی زراعی است. در این پژوهش با هدف بررسی اجمالی عوامل مؤثر بر شدت نفوذ آب به خاک، تعداد ۱۵ نمونه خاک مرکب به‌صورت تصادفی از برخی از اراضی زراعی حوضه آبریز کارون ۳ برداشت شد. بافت خاک به روش هیدرومتر (Or و Gee، ۲۰۰۲)، هدایت الکتریکی (EC) و واکنش خاک (pH) به‌ترتیب با استفاده از دستگاه EC متر و pH متر اندازه‌گیری شد. کربن آلی خاک به روش اکسیداسیون تر (Black و Walkley، ۱۹۳۴) و رطوبت اشباع خاک با استفاده از روش وزنی و تهیه گل اشباع تعیین گردید. کاتیون‌های محلول شامل کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون و سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شدند. نسبت جذب سدیم (SAR) با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد:

$$SAR = \frac{Na^+}{\left[\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2} \right]^{0.5}} \quad (1)$$

مقدار نفوذ تجمعی و شدت نفوذ با استفاده از روش استوانه‌های مضاعف در خاک مزرعه اندازه‌گیری شد (Haise, 1956). قطر استوانه داخلی و بیرونی به‌ترتیب برابر با ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر بود و اندازه‌گیری در فواصل زمانی مختلف تا رسیدن به سرعت نفوذ ثابت انجام شد. شدت نفوذ آب به خاک در فصل بهار قبل از برداشت محصول گندم و کلزا از برخی از اراضی زراعی حوضه آبریز سد کارون ۳ اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

توزیع بافت خاک نمونه‌های مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد که نمونه‌های خاک مورد مطالعه از نظر تنوع بافت خاک دارای توزیع گسترده و مناسبی بودند. بافت نمونه‌های خاک شامل رسی، رس سیلتی، لوم رسی سیلتی، لوم رسی، لوم، لوم رسی شنی، رس شنی و شن لومی بود.



شکل ۱. توزیع بافت خاک در نمونه‌های مورد مطالعه در حوضه آبریز کارون ۳ استان خوزستان

آماره‌های توصیفی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده خاک در جدول ۱ ارائه شده است. دامنه تغییرات محتوای رس خاک از ۱۱ تا ۶۳ درصد متغیر بود. خاک‌های مورد مطالعه دارای سطوح متفاوتی از شوری بودند. نتایج نشان داد که با فرض هدایت الکتریکی برابر با 4 dS m^{-1} به‌عنوان حد آستانه شوری خاک (Richards, ۱۹۸۴)، حدود ۵۰ درصد از نمونه خاک‌های مورد مطالعه شور بودند. مقدار کربن آلی در خاک‌های مورد مطالعه بسیار کم و به‌طور میانگین در حد ۰/۳ درصد مشاهده شد. از نمونه خاک‌های مورد مطالعه ۵۳ درصد در گروه خاک‌های غیر شور ($EC < 4 \text{ dS m}^{-1}$, $SAR < 13$) و ۴۷ درصد در گروه خاک‌های شور و سدیمی ($EC > 4 \text{ dS m}^{-1}$, $SAR > 13$) قرار گرفت.

جدول ۱. آماره‌های توصیفی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در نمونه‌های خاک مورد مطالعه در سه گروه خاک‌های غیر شور ($EC < 2 \text{ dS m}^{-1}$, $SAR < 13$)، خاک‌های شور ($EC > 2 \text{ dS m}^{-1}$, $SAR < 13$) و خاک‌های شور و سدیمی ($EC > 2 \text{ dS m}^{-1}$, $SAR > 13$) در حوضه آبریز کارون ۳ در استان خوزستان

گروه بندی خاک	شن	رس	EC	pH	کربن آلی	رطوبت اشباع	SAR	نفوذ تجمعی	شدت نهایی نفوذ
	(%)	(%)	(dS m^{-1})	(-)	(%)	(%)		(cm)	(cm min^{-1})
خاک‌های غیر شور	۱۸	۱۰	۰/۵۷	۷/۷	۰/۲۴	۴۸/۶	۴/۳	۵/۷	۱/۴
	۸۵	۴۳	۳/۹۵	۸/۵۲	۰/۴۶	۳۵	۱۱/۹۴	۶۳/۹	۱۵
	۴۲/۶	۲۹/۷	۲/۱۷	۷/۹	۰/۳۴	۴۰/۷	۷/۱	۲۶/۵	۵/۶
خاک‌های شور و سدیمی	۴	۱۷	۴	۷/۷	۰/۲۴	۳۴/۲	۱۸/۳	۱/۲۵	۰/۲۴
	۶۶	۶۳	۱۰۴/۵	۸/۶	۰/۵۷	۷۶/۵	۵۸/۲	۱۰/۳	۲/۸
	۲۴	۴۴/۴	۲۹/۴	۸	۰/۳۵	۵۷/۷	۳۳/۵	۶/۶	۱/۷۲
کل خاک‌ها	۴	۱۰	۰/۵۷	۷/۷	۰/۲۴	۳۴/۲	۴/۳	۱/۲۵	۰/۲۴
	۸۵	۶۳	۱۰۴/۵	۸/۶	۰/۵۷	۷۶/۵	۵۸/۲	۶۳/۹	۱۵
	۳۳/۸	۳۵/۳	۱۴/۹	۸	۰/۳۴	۴۶/۶	۱۸/۴	۱۷/۲	۳/۸

نمونه خاک‌های مورد مطالعه‌ای که شور نبودند دارای بافت خاک درشت‌تری نسبت به نمونه خاک‌های شور و سدیمی بودند. میانگین درصد ذرات شن و رس در جدول ۱ تاییدی بر این مدعا است. کمترین مقدار نفوذ تجمعی (۱/۲۵ cm) و شدت نفوذ نهایی آب در خاک ($۰/۲۴ \text{ cm min}^{-1}$) در نمونه خاک شور و سدیمی با بافت رسی مشاهده شد. در حالی که بیشترین مقدار نفوذ تجمعی (۶۳/۹ cm) و شدت نفوذ نهایی (۱۵ cm min^{-1}) در خاک غیر شور دارای بافت رسی و با EC و SAR به ترتیب برابر با $۳/۹۵$ و $۴/۹۵ \text{ dS m}^{-1}$ مشاهده شد. علاوه بر این، نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که تمامی آماره‌های توصیفی مربوط به نفوذ تجمعی و شدت نفوذ در خاک‌های شور و سدیمی بسیار کمتر از خاک‌های غیر شور بود. افزایش املاح سدیم، سبب افزایش سدیم تبادلی خاک شده و تأثیر نامطلوبی بر ساختمان خاک گذاشته و در نتیجه تهویه ضعیف خاک را منجر می‌شود. تحقیقات مختلف نشان داده است که با افزایش درصد سدیم تبادلی، اتصال ذرات خاک کاهش یافته و ذرات رس در فضای خلل و فرج خاک قرار گرفته و نفوذپذیری را به شدت کاهش می‌دهد (ورواوی پور و همکاران، ۱۳۸۷). در یک مقدار SAR معین، اثرات مضر سدیم بر ویژگی‌های فیزیکی خاک با افزایش شوری خاک کاهش می‌یابد (Suarez و همکاران، ۲۰۰۶).

جدول ۲. ضرایب همبستگی خطی بین شدت نفوذ و ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در نمونه‌های خاک مورد مطالعه در حوضه آبریز کارون ۳

SAR	رطوبت اشباع	EC	pH	کربن آلی	رس	شن	
۰/۰۴۹	۰/۵۴۹	۰/۸۷۸**	۰/۳۷۶	۰/۵۶۷	۰/۷۰۱*	-۰/۶۸۵	شدت نفوذ در نمونه خاک‌های غیر شور
-۰/۱۲۲	-۰/۴۴۶	۰/۰۸۵	-۰/۳۹۳	-۰/۰۴۳	-۰/۵۵۲	۰/۵۵۴	شدت نفوذ در نمونه خاک‌های شور و سدیمی
-۰/۳۹۸	-۰/۲۷۱	-۰/۲۴۶	۰/۱۱۱	۰/۲۱۰	-۰/۰۳۴	-۰/۱۱۷	شدت نفوذ در کل نمونه ها

نتایج آنالیز همبستگی خطی حاکی از عدم وجود همبستگی معنی‌دار بین شدت نفوذ آب در خاک و سایر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در کل نمونه‌های خاک و در گروه نمونه خاک‌های شور و سدیمی بود (جدول ۲). اما، در نمونه خاک‌های غیر شور، بین شدت نفوذ آب در خاک با رس ($r = 0.701$) و هدایت الکتریکی خاک ($r = 0.878$) همبستگی مثبت معنی‌دار مشاهده شد. نمونه خاک‌های مورد مطالعه در گروه خاک‌های غیر شور با بافت متوسط رو به سنگین و دارای مقادیر بسیار کم کربن آلی خاک بودند، از این رو احتمالاً افزایش مقدار رس و شوری خاک موجب بهبود ساختمان خاک و در نتیجه افزایش شدت نفوذ آب در خاک شده است. Saxton و همکاران (۱۹۸۶) نیز در مطالعه‌ای، مهمترین عامل مؤثر بر شدت نفوذ آب در خاک را بافت خاک معرفی نمودند.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد تقریباً ۵۰ درصد نمونه خاک‌های مورد مطالعه در گروه خاک‌های غیر شور و ۵۰ درصد در گروه خاک‌های شور و سدیمی واقع شدند. نتایج نشان‌دهنده رفتار هیدرولیکی متفاوت نمونه خاک‌های مورد مطالعه در هر گروه بود. به‌طور کلی مقدار نفوذ تجمعی و شدت نفوذ در نمونه خاک‌های شور و سدیمی کمتر از خاک‌های غیر شور مشاهده شد که مؤید اثرات منفی یون سدیم بر پایداری ساختمان خاک بود. علاوه بر این نتایج حاکی از تأثیر مثبت افزایش شوری خاک بر نفوذپذیری خاک در خاک‌های غیر شور بود ($EC < 4 \text{ dS m}^{-1}$). نتایج این پژوهش مؤید تنوع گسترده خاک‌ها از نظر بافت، شوری و SAR در اراضی کشاورزی حوضه آبریز مورد مطالعه بود که نشان‌دهنده لزوم مطالعه و شناخت ویژگی‌های هیدرولیکی خاک به‌منظور مدیریت مناسب آبیاری و کنترل فرسایش و تخریب اراضی است.

منابع:

- ارشدی، م. و باقری، ع. ۱۳۹۲. تحلیل سیستم منابع آب حوضه کارون از منظر پایداری با رویکرد پویایی سیستم‌ها. تحقیقات منابع آب ایران، ۹ (۳)، ۱۳-۱۰.
- صادقی، ح. ر.، هدایتی زاده، ر.، تادری، ح. و حسینعلی زاده، م. ۱۳۸۷. مقایسه تولید روان آب و رسوب در سازندهای مختلف کواترن در مراتع سرچاه‌سازی بیرجند. مجله علمی پژوهشی مرتع، ۴، ۴۶۳-۴۴۹.
- وراوی پور، م.، مشعل، م. و دانشور، م. ۱۳۸۷. تعیین رابطه بهینه تخمین درصد سدیم تبادلی (ESP) در خاک‌های شور و سدیمی. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب.
- Chancellor, W. J., 1977. Compaction of soils by agricultural equipment. Division of Agric. Sciences, University of California, Bulletin, 881.
- Dagadu, J. S. and Nimbalkar, P. T. 2012. Infiltration studies of different soils under different soil conditions and comparison of infiltration models with field data. International Journal of Advanced Engineering Technology, 3 (2), 154-157.
- Haise, R. T. 1956. High rate artificial ground water recharge at Peoria, Illinois, U.S.A., AIHS, Rome.
- Osuji, G. E. 1984. Water storage, water use and maize yield for tillage systems on a tropical Alfisol in Nigeria. Soil and Tillage Research, 4, 339-348.
- Osuji, G. E., Okon, M. A., Chukwuma, M. C. and Nwarie, I. I. 2010. Infiltration characteristics of soils under selected land use practices in Owerri, southeastern Nigeria. World Journal of Agricultural Sciences, 6 (3), 322-326.
- Richards, L. A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Sodic Soils. USDA Agric. Handb. 60. USDA, Washington, DC.
- Saxton, K. E., Rawls, W. L., Rosenberger, J. S. and Papendick, R. I. 1986. Estimating generalized soil water characteristics from texture. Soil Science Society of America Journal, 50, 1031-1036



Suarez, D. L., Wood, J. D. and Lesch, S. M. 2006. Effect of SAR on water infiltration under a sequential rain-irrigation management system. *Agricultural Water Management*, 86, 150-164.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation

Investigating the factors affecting soil infiltration rate in some agricultural fields of the Karoon 3 dam catchment in Khuzestan province

Jafarnejadi, A. L.^{*1}, Meskini-Vishkaee, F.², Davatgar, N.³

¹ Associate Prof., Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran

² Assistant Prof., Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran

³ Assistant Prof., Soil and Water Research institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Abstract

Infiltration is an important soil property, which plays an important role in runoff and soil erosion. Different soil conditions affect the infiltration rate. Considering the importance of infiltration process in erosion control, fertility and soil quality degradation, this research was carried out with the aim of investigating soil infiltration and its effective factors in some agricultural fields of the Karun 3 dam catchment in Khuzestan province. A total of 15 soil samples were collected randomly. Soil texture, electrical conductivity, soil reaction, organic carbon and sodium adsorption ratio (SAR) were determined in all studied soil samples. The results showed that in general, the samples were placed in two groups including non-saline soils (53%) and saline and sodic soils (47%). The lowest and the highest values of soil infiltration rate were observed in the clay textural soils that were a saline and sodic soil sample (0.24 cm min^{-1}) and a non-saline soil sample (15 cm min^{-1}), respectively. Only in non-saline soils, there were significant correlations between infiltration rate and clay content ($r = 0.701$) and soil salinity ($r = 0.878$). The results of this study confirmed the wide diversity of soils in terms of texture, salinity and SAR in agricultural lands of studied catchment which indicates the necessity of studying and determining the soil hydraulic properties in order to manage irrigation properly and control erosion and land degradation.

Keywords: Saline and Sodic Soil, Salinity, Sodium Adsorption Ratio.

* Corresponding author, Email: arjafarnejady@gmail.com

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

تأثیر درجه شیب بر تولید جریان و فرسایش شیاری در خاک‌های مختلف منطقه نیمه‌خشک

الهام محمدی^{۱*}، علی‌رضا واعظی^۲^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان^۲ استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

چکیده

تولید روان‌آب و فرسایش شیاری تحت تأثیر نوع خاک و شیب سطح می‌تواند قرار گیرد. این پژوهش با هدف بررسی وابستگی فرسایش شیاری و روان‌آب به بافت خاک و شیب سطح انجام گرفت. بدین منظور مطالعه‌ای آزمایشگاهی در سه کلاس بافتی خاک (لوم، لوم رسی و لوم رس شنی) و چهار شیب (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد) به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. آزمایش در فلومی به ابعاد ۴ متر × ۰/۳۲ متر و عمق ۰/۳ متر با استفاده از جریان شبیه‌سازی شده با دبی ثابت ۰/۵ لیتر بر دقیقه انجام گرفت. تولید روان‌آب و فرسایش شیاری در بازه‌های زمانی ۱ دقیقه، به مدت ۳۰ دقیقه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تولید روان‌آب و فرسایش شیاری، تحت تأثیر بافت خاک و شیب سطح قرار دارند. وابستگی فرسایش شیاری به شیب سطح بیش‌تر از تولید روان‌آب بود و با افزایش آن، فرسایش شیاری افزایش یافت. بافت لوم رسی حساس‌ترین خاک به شیب از نظر فرسایش شیاری و خاک لوم رس شنی کم‌ترین تغییرات را به فرسایش شیاری با افزایش شیب نشان داد. با توجه به نتایج پژوهش با آگاهی از شیب و بافت خاک دامنه‌ها می‌توان به قابلیت هدررفت خاک در شیاریها پی‌برد.

واژه‌های کلیدی: انتقال ذرات، روان‌آب، غلظت رسوب، هدررفت خاک

مقدمه

فرسایش شیاری در اثر تولید جریان متمرکز در دامنه‌ها آغاز می‌شود و پس از سال‌ها، آبراه‌های کم‌عمق (کم‌تر از ۳۰ سانتی‌متر) در امتداد شیب به وجود می‌آید. در تعریفی دقیق‌تر، فرسایش شیاری عبارت از جدا شدن و انتقال رسوب به وسیله جریان متمرکز آب در کانالی باریک و فرسایش‌پذیر است (Chen و همکاران، ۲۰۱۷). معمولاً فرسایش در شیب‌های تند و محل‌هایی که طول شیب زیاد است، افزایش پیدا می‌کند، دلیل این موضوع افزایش مقدار و سرعت جریان آب است (Kothyari و همکاران، ۲۰۰۲). بافت خاک نیز به علل مختلف همچون تأثیر آن بر مقاومت، تشکیل سله، ظرفیت نفوذ و محتوای آب خاک، اثرات پیچیده‌ای بر فرسایش شیاری دارد (Wang و Shangguan، ۲۰۱۲). تاکنون مطالعات زیادی در مورد علل و عوامل مؤثر بر فرسایش شیاری در سراسر جهان انجام گرفته است؛ برای مثال می‌توان به مطالعات Shen و همکاران (۲۰۱۶) اشاره کرد. این محققین نشان دادند که اثرات شدت باران بر روی فرسایش شیاری بسیار بیش‌تر از اثرات درجه شیب بوده و فرسایش شیاری ۷۴ درصد از هدررفت خاک از دامنه را شامل می‌شود. مطالعات نشان داده است که وابستگی و قابلیت خاک در تولید روان‌آب و رسوب ثابت نیست بلکه با تغییرات ویژگی‌های خاک و باران تغییر می‌یابد (Rosenau و Kemper، ۲۰۰۶). منظور از وابستگی فرسایش شیاری و روان‌آب، تغییرات شدت هدررفت خاک از شیاریها تحت شیب‌ها و بافت‌های مختلف است. در این راستا واعظی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی نقش شیب و ویژگی‌های خاک در ایجاد فرسایش شیاری در دامنه‌ها پرداختند. نتایج نشان داد که غیر از طول شیار، سایر ویژگی‌های شیار تفاوت معنی‌دار بین دامنه‌ها داشتند. هم‌چنین تفاوتی معنی‌دار بین خاک شیاریها از نظر شن، سیلت، رس، هدایت هیدرولیکی اشباع و درصد سدیم تبادلی وجود داشت. در مناطق نیمه‌خشک، ضعف پوشش گیاهی و ناپایداری ساختمان خاک از جمله عوامل مهم مؤثر بر تولید روان‌آب و هدررفت خاک طی رگبارهای متوالی هستند. آگاهی از وابستگی فرسایش شیاری و دبی جریان به شیب سطح و بافت خاک بسیار حائز اهمیت است. از این رو پژوهش حاضر با هدف بررسی وابستگی فرسایش شیاری و دبی جریان و رابطه آن با شیب‌های مختلف در خاک‌های منطقه نیمه‌خشک انجام گرفت.

*ایمیل نویسنده مسئول: elham.mhm@znu.ac.ir

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سه کلاس بافتی خاک (لوم، لوم رسی، و لوم رس شنی) و چهار سطح شیب (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد) در سه تکرار به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سال ۹۷-۱۳۹۶ به اجرا در آمد. اقلیم منطقه از نوع نیمه‌خشک با میانگین بارندگی حدود ۳۰۹ میلی‌متر (در دوره آماری ۳۳ ساله ۱۳۵۲ تا ۱۳۸۵) و میانگین درجه حرارت سالانه ۲۳/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. برای این منظور نمونه‌هایی از خاک در دامنه‌های تحت فرسایش شیبی در استان زنجان تهیه شد. توزیع اندازه ذرات خاک‌ها به روش هیدرومتری تعیین و کلاس بافتی خاک نیز با استفاده از مثلث بافت مشخص شد. اندازه خاکدانه‌ها در نمونه‌های خاک به روش الک خشک و پایداری خاکدانه به روش الک تر مورد استفاده قرار گرفت. هدایت هیدرولیکی اشباع خاک به روش بار ثابت و درصد سنگریزه به روش وزنی تعیین شد. همچنین مقدار ماده آلی به روش اکسیداسیون تر اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری مقدار دبی جریان و فرسایش شیبی، نمونه‌های خاک در فلوومی به ابعاد $۴ \times ۰/۳۲ \times ۰/۳۰$ متر ریخته شد.

برای بررسی فرسایش شیبی، از جریان شبیه‌سازی شده با دبی ثابت ۰/۵ لیتر بر دقیقه استفاده شد. ظروف مدرجی در انتهای فلووم برای اندازه‌گیری نمونه‌های جریان و رسوب خروجی قرار داده شد. برای انجام مقایسه میانگین و بررسی اثرات متقابل بین بافت خاک و شیب سطح از آزمون دانکن در سطح پنج درصد در محیط نرم‌افزار SPSS 24 استفاده شده است. همچنین برای تعیین روابط بین فرسایش شیبی و دبی جریان در شیب‌ها و خاک‌های مورد بررسی از توابع ریاضی مانند رابطه خطی استفاده شد. برای رسم نمودارها نیز از نرم افزار Excel 2010 استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. خاک‌های منطقه از نظر ماده آلی بسیار فقیر هستند. بررسی ویژگی‌های ساختمانی خاک شامل متوسط اندازه خاکدانه‌ها (۱/۰۷ تا ۲/۴۳ میلی‌متر) و پایداری خاکدانه‌ها در برابر آب (کم‌تر از ۱ میلی‌متر) نشان داد که خاک‌های منطقه از درجه خاکدانه‌سازی و پایداری پایینی برخوردار هستند. با توجه به پایداری پایین ساختمان خاک، انتظار می‌رود خاک مقاومت کمی در برابر نیروهای فرساینده مانند جریان آب داشته باشد. مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع در خاک‌ها بسیار متغیر بود و کم‌ترین مقدار (۲/۸۲ سانتی‌متر بر ساعت) در خاک لوم و بیش‌ترین آن (۸/۲۲ سانتی‌متر بر ساعت) در خاک لوم رسی شنی است. این ویژگی خاک به شدت تحت تأثیر فراوانی ذرات اولیه، ساختمان و چگالی ظاهری قرار دارد و معمولاً در خاک‌های درشت بافت و حاوی سنگریزه زیاد مانند لوم‌رس شنی بیش‌تر است. وجود هدایت هیدرولیکی اشباع زیاد امکان زهکشی سریع آب از خاک را در بارندگی‌های شدید یا وقوع جریان‌های سطحی زیاد روی خاک فراهم می‌آورد.

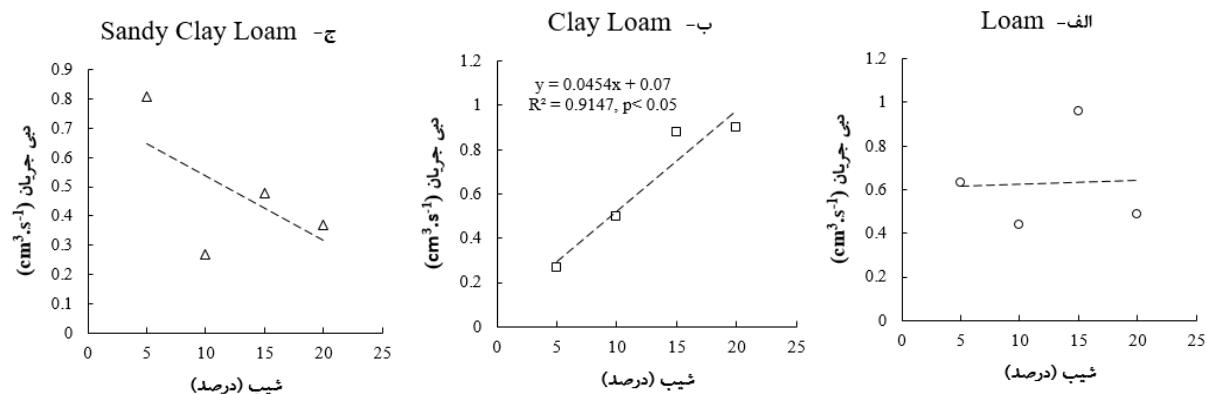
جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

ویژگی‌های خاک	لوم رسی	لوم رس شنی	لوم
Sand (%)	۲۶/۹۰	۵۵/۰۰	۴۵/۷۳
Silt (%)	۳۵/۶۰	۲۲/۵۰	۳۶/۷۷
Clay (%)	۳۷/۵۰	۲۲/۵۰	۱۷/۵۰
Gravel (%)	۸/۷۰	۱۸/۲۰	۱۵/۶۰
MWDdry (mm)	۱/۰۷	۲/۴۳	۲/۲۲
MWDwet (mm)	۰/۵۲	۰/۹۷	۰/۹۷
Ks (cm.h ⁻¹)	۵/۳۴	۸/۲۲	۲/۸۲
OM (%)	۰/۴۴	۰/۳۴	۰/۵۸

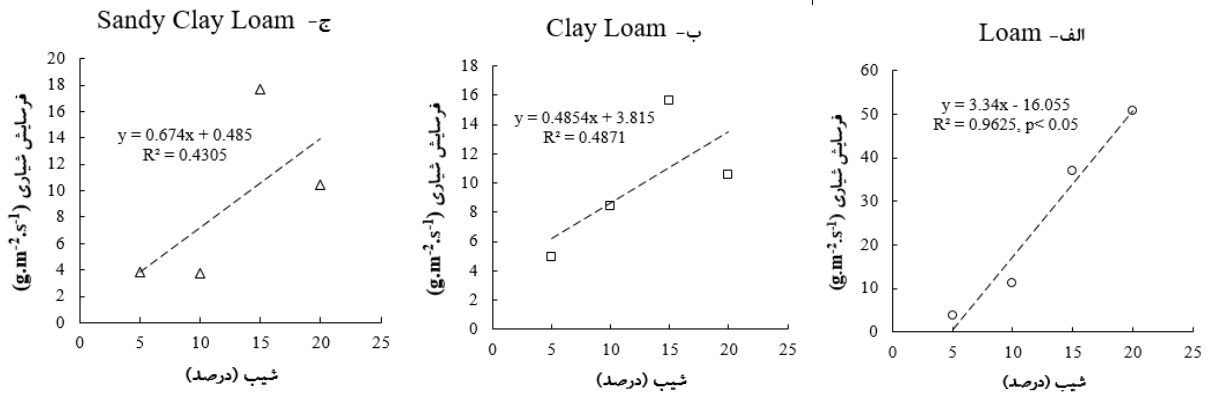
نتایج نشان داد که دبی جریان آب (شکل ۲) و فرسایش شیبی (شکل ۳) هر دو تحت تأثیر شیب سطح و بافت خاک قرار دارند. به جز در خاک لوم رس شنی در دو خاک دیگر با افزایش شیب سطح، دبی جریان در شیارها افزایش یافت و تنها در خاک لوم رسی تأثیر شیب سطح بر دبی جریان معنی‌دار بود ($R^2=۰/۹۲$, $P<۰/۰۵$). خاک لوم رسی حساس‌ترین و خاک لوم مقاوم‌ترین خاک به تولید جریان با تغییر شیب بود (شکل ۲). در هر سه خاک با افزایش شیب سطح، فرسایش شیبی در شیارها بیش‌تر شد و تنها در خاک لوم رابطه قوی معنی‌داری بین فرسایش شیبی و شیب مشاهده

شد. در واقع خاک لوم حساس‌ترین خاک به شیب از نظر فرسایش شیاری در بین خاک‌های مورد بررسی و خاک لوم رسی مقاوم‌ترین خاک به فرسایش شیاری با تغییر شیب است. این نتایج نشان می‌دهد که حساسیت خاک‌های مورد بررسی به تولید جریان در اثر تغییر شیب با حساسیت آنها به فرسایش شیاری متفاوت است. این موضوع نشان می‌دهد که حساسیت خاک‌ها به فرسایش شیاری در اثر تغییر شیب، به واسطه قابلیت تولید بیش‌تر جریان در شیارها نیست. در واقع حساسیت ذاتی ذرات خاک به انتقال عامل مهم تعیین‌کننده فرسایش شیاری است و افزایش تولید جریان در شیارها و در نتیجه افزایش تنش برشی جریان دلیلی بر انتقال بیشتر ذرات نمی‌تواند باشد.

خاک لوم رسی دارای هدایت هیدرولیکی اشباع بالا ($8/22 \text{ cm.h}^{-1}$) و نیز درصد سنگریزه بیش‌تری (۱۸/۲۰ درصد) نسبت به دو خاک دیگر بود و در نتیجه دبی جریان در این خاک کم‌ترین است (جدول ۱، شکل ۳). با بررسی همزمان نمودارهای شکل ۲ و ۳ می‌توان استنباط کرد که تنها در خاک لوم رسی وابستگی فرسایش شیاری به تولید جریان بیش‌تر از دو خاک دیگر است. در حالی که در خاک لوم رسی این وابستگی ناچیز است. حساسیت خاک‌ها به فرسایش شیاری تحت تأثیر ویژگی‌های مختلف خاک از جمله توزیع اندازه ذرات، ساختمان و قابلیت نفوذ خاک است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که خاک‌های دارای سرعت نفوذ آب بیش‌تر، روان‌آب کم‌تر (Santos و همکاران، ۲۰۰۳) و در نتیجه فرسایش کم‌تری دارند. خاک لوم رسی نسبت به لوم دارای فرسایش بیش‌تری بود که این نتایج با یافته‌های واعظی و وطنی (۱۳۹۳) مطابقت داشت. تنها در خاک لوم رسی با افزایش شیب، میزان دبی جریان و فرسایش شیاری افزایش یافت. در بسیاری از پژوهش‌ها اثر شیب زمین بر تولید روان‌آب و فرسایش شیاری به اثبات رسیده است (Fang و همکاران، ۲۰۱۴ و Kiani-Harchegani و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین نتایج نشان داده است که بافت خاک نیز عامل مهم مؤثر بر مقدار جریان و فرسایش شیاری است (Romero و همکاران، ۲۰۰۷). بررسی برهمکنش بافت خاک و شیب از نظر تولید جریان و فرسایش شیاری نشان داد که تأثیر شیب بر فرسایش شیاری با تغییر بافت خاک به شدت دچار تغییر می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که وابستگی فرسایش شیاری به شیب بیش‌تر از تولید روان‌آب بود و با افزایش شیب، الگوی افزایشی در فرسایش شیاری در خاک‌ها مشاهده شد. از بین خاک‌ها، خاک لوم رسی حساس‌ترین خاک‌ها به فرسایش شیاری می‌باشد به طوری که در هر چهار شیب از نظر مقدار، بیش‌تر از لوم و لوم رسی شنی می‌باشد. Xiao و همکاران (۳۳) بیان کردند که با افزایش شیب میزان جدا شدن و انتقال ذرات رسوب توسط جریان آب افزایش می‌یابد.



شکل ۲- تغییرات دبی جریان و شیب در خاک‌های با بافت الف- لوم، ب- لوم رسی و ج- لوم رسی شنی در منطقه نیمه‌خشک



شکل ۳- تغییرات فرسایش شیاری و شیب در خاک‌های با بافت الف- لوم، ب- لوم رسی و ج- لوم رس شنی در منطقه نیمه‌خشک

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که بافت خاک و شیب خاک از عوامل بسیار مهم در تولید روان‌آب و فرسایش شیاری هستند به جز در خاک لوم رس شنی در دو خاک دیگر با افزایش شیب سطح، دبی جریان در شیارها افزایش یافت. با این وجود تنها در خاک لوم رسی تأثیر شیب سطح بر دبی جریان معنی‌دار بود ($R^2 = 0.9625$, $P < 0.05$). خاک لوم رسی حساس‌ترین و خاک لوم مقاوم‌ترین خاک به تولید جریان با تغییر شیب بود. در هر سه خاک با افزایش شیب سطح، فرسایش شیاری بیشتر شد و تنها در خاک لوم رابطه قوی معنی‌داری بین فرسایش شیاری و شیب مشاهده شد. خاک لوم حساس‌ترین و خاک لوم رسی مقاوم‌ترین خاک به شیب از نظر فرسایش شیاری بودند. حساسیت خاک‌های مورد بررسی به تولید جریان در اثر تغییر شیب با حساسیت آنها به فرسایش شیاری متفاوت است. در واقع حساسیت ذاتی ذرات خاک به انتقال عامل مهم تعیین‌کننده فرسایش شیاری است و افزایش تولید جریان در شیارها و در نتیجه افزایش تنش برشی جریان دلیلی بر انتقال بیشتر ذرات نمی‌تواند باشد. وابستگی فرسایش شیاری به شیب بیشتر از تولید روان‌آب بود. در خاک لوم رسی وابستگی فرسایش شیاری به تولید جریان بیشتر از دو خاک دیگر است در حالی که در خاک لوم رس شنی این وابستگی ناچیز است. بر اساس نتایج این پژوهش، برای پیش‌بینی فرسایش شیاری در خاک‌های منطقه نیمه‌خشک، آگاهی از شیب سطح و بافت خاک حائز اهمیت است. این اطلاعات می‌تواند در برنامه‌ریزی مهار فرسایش شیاری در دامنه‌ها مؤثر باشد.

منابع

- واعظی، ع.، قره داغلی، ح. و مرزوان، س. ۱۳۹۴. بررسی نقش شیب و ویژگی‌های خاک در ایجاد فرسایش شیاری در دامنه‌ها (مطالعه موردی: حوزه آبخیز تهم چای، شمال غرب زنجان). نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک ۲۳ (۴): ۸۳-۱۰۰.
- واعظی، ع.ر. و وطنی، ا. ۱۳۹۳. تعیین فرسایش پذیری شیاری در برخی خاک‌های استان زنجان تحت باران شبیه‌سازی شده. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۱۹ (۷۱): ۵۹-۶۷.
- Chen X. Y., Huang Y. H., Zhao Y., Mo B., Mi H. X., and Huang C. H. 2017. Analytical method for determining rill detachment rate of purple soil as compared with that of loess soil. *Journal of hydrology*, 549, 236-243.
- Fang, H., Sun, L., and Tang, Z. 2014. Effects of rainfall and slope on runoff, soil erosion and rill development: an experimental study using two loess soils. *Hydrological processes*, 29(11), 2649-2658.
- Kemper, W. D. and Rosenau, K. 2006. Size distribution of aggregates. Pp: 425-442. *Methods of Soil Analysis, Part 1*.
- Kiani-Harchegani, M., Sadeghi, S. H., Singh, V. P., Asadi, H., & Abedi, M. (2019). Effect of rainfall intensity and slope on sediment particle size distribution during erosion using partial eta squared. *Catena*, 176, 65-72.
- Kothyari, U. C., Jain, M. K., and Ranga Raju, K. G. 2002. Estimation of temporal variation of sediment yield using GIS/Estimation of la variation temporelle de l'exportation sédimentaire grâce à un SIG. *Hydrological Sciences Journal*, 47(5), 693-706.
- Romero, C. C., Stroosnijder, L., and Baigorria, G. A. 2007. Interrill and rill erodibility in the northern Andean Highlands. *Catena*, 70(2), 105-113.



- Santos, F. L., Reis, J. L., Martins, O. C., Castanheira, N. L., and Serralheiro, R. P. 2003. Comparative assessment of infiltration, runoff and erosion of sprinkler irrigated soils. *Biosystems Engineering*, 86(3), 355-364.
- Shen, H., Zheng, F., Wen, L., Han, Y., and Hu, W. 2016. Impacts of rainfall intensity and slope gradient on rill erosion processes at loessial hillslope. *Soil and Tillage Research*, 155, 429-436.
- Wang, K. and Shangguan, Z. 2012. Simulating the vegetation-producing process in small watersheds in the Loess Plateau of China. *Journal of Arid Land*, 4(3), 300-309.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation
Effect of slope gradient on flow production and rill erosion in semi-arid soil textures
Mohammadi^{*1}, E., Vaezi², A.R.

¹ M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

² Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

Abstract

The runoff production and rill erosion can be influenced by soil type and surface slope. This research was conducted to study the dependency of flow production and rill erosion on slope gradient and soil texture in semi-arid soils. For this purpose, a laboratory study was carried out in three soil texture class (loam, clay loam and sandy clay loam) and four different slopes (5, 10, 15 and 20%) using a completely randomized design with three replications. The experiment was conducted in a flume with dimensions of 4 m × 0.32 m and a depth of 0.3 m using simulated constant flow with 0.5 l/min in discharge. Runoff and rill erosion was measured for 1 to 30 minutes at 1 minute intervals. The results showed that runoff production and rill erosion were affected by soil texture and surface gradient and the interaction between them ($p < 0.001$). The dependency of rill erosion on slope gradient was greater than soil texture, so that rill erosion increased strongly with an increase in slope gradient. Clay loam was the most susceptible soil texture to rill erosion with the change of slope gradient, whereas sandy clay loam showed the lowest variation to rill erosion with increasing slope gradient. As a consequence, information about slope gradient and soil texture is essential to predict the rate of soil loss in the rills.

Keywords: Particle transport, Runoff, Sediment concentration, Soil loss

* Corresponding author, Email: elham.mhm@znu.ac.ir



محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

مقایسه پایداری خاکدانه در دو اقلیم خیلی مرطوب و نیمه خشک (مطالعه موردی: حوزه‌های آبخیز کسلیان و سعیدآبادچای)

عادل‌علی جانپور شلمانی^{۱*}، علی‌رضا واعظی^۲، محمودرضا طباطبایی^۳^۱ دانشجوی دکتری، گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران^۲ استاد، گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران^۳ استادیار پژوهشی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

چکیده

پایداری خاکدانه یکی از عوامل مؤثر بر حساسیت خاک به فرسایش خاک و تولید روان آب است. در این پژوهش، بررسی اثر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکها بر میزان پایداری خاکدانه و مقایسه آن در حوزه‌های آبخیز کسلیان با اقلیم خیلی مرطوب و سعیدآباد چای با اقلیم نیمه-خشک انجام شد. نمونه برداری خاک به روش شبکه بندی در مناطق مختلف حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه انجام شد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله پایداری خاکدانه، توزیع اندازه ذرات خاک، جرم مخصوص ظاهری خاک، واکنش خاک، هدایت الکتریکی خاک، ماده آلی و کربنات کلسیم معادل اندازه گیری شدند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که ماده آلی خاک در مقایسه با سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه گیری شده، نقش مؤثرتری در میزان پایداری خاکدانه در هر دو اقلیم خیلی مرطوب و نیمه خشک دارد. همچنین حوزه آبخیز کسلیان به دلیل خاکدانه‌های پایدار در آب (میانگین ۲/۹۶ میلی متر) و مقدار ماده آلی زیاد (۳/۸۱ درصد) در مقایسه با حوزه آبخیز سعیدآباد چای با مقدار خاکدانه‌های پایدار در آب (میانگین ۱/۲۳ میلی متر) و مقدار ماده آلی کم (۰/۷۸ درصد)، دارای مقدار مقاومت خاک بیشتری در مقابل فرسایش آبی و روان آب است.

کلمات کلیدی: روان آب، خصوصیات شیمیایی خاک، خصوصیات فیزیکی خاک، فرسایش خاک

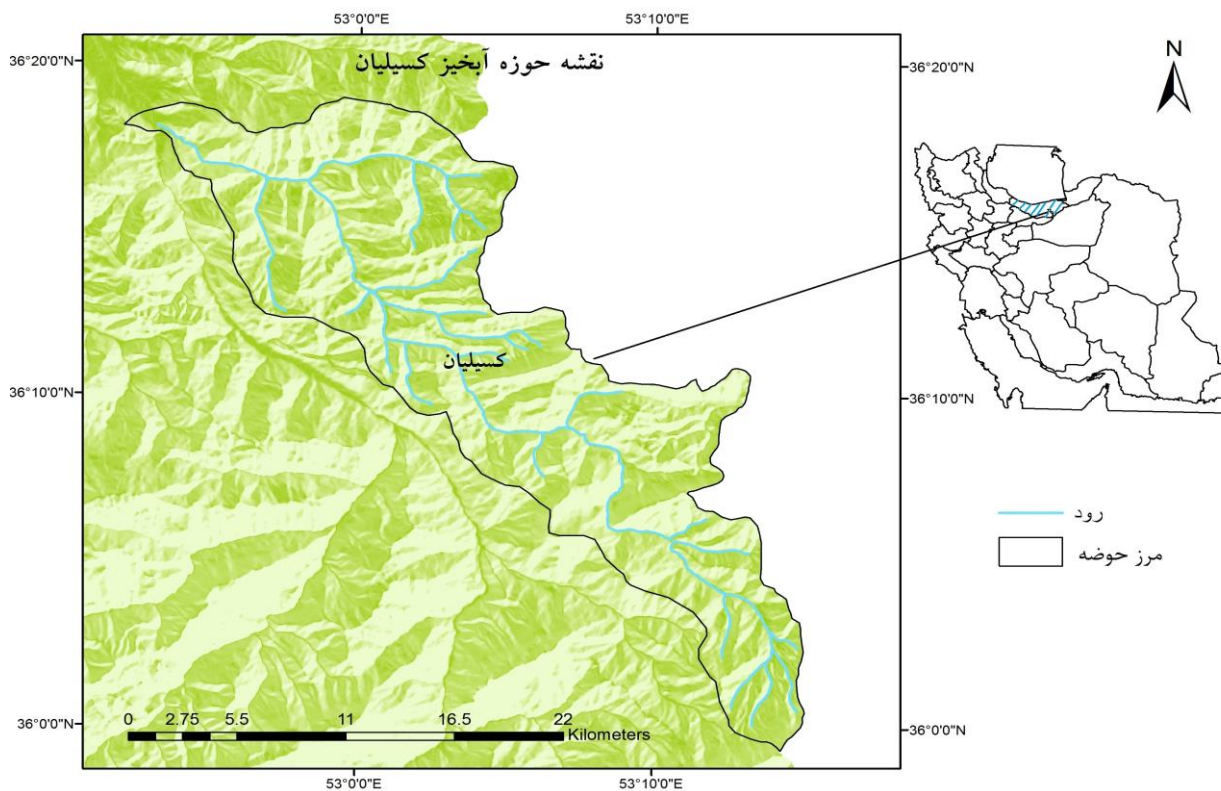
مقدمه

پایداری خاکدانه به عنوان یکی از شاخص‌های فیزیکی ارزیابی ساختمان خاک است که نقش مهمی در فرسایش خاک و تولید روان آب در حوزه‌های آبخیز و در اقلیم‌های متفاوت دارد. به طوری که با افزایش مقدار پایداری خاکدانه، میزان فرسایش پذیری خاک و تولید روان آب کاهش می یابد (Haydu-Houdeshell و همکاران، ۲۰۱۸). پایداری خاکدانه به میزان مقاومت خاک در مقابل نیروهایی که به آن وارد می شود می گویند. این نیروها شامل ضربه قطرات باران، نیروی روان آب، خیس شدن ناگهانی و یا کشت و کار است (Bissonnais و همکاران، ۲۰۱۸). واعظی و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی نشان دادند که خاکدانه‌های پایدار در آب در مقابل فرسایش خاک از خود مقاومت نشان داده و خاکهایی با ساختمان خوب از فرسایش-پذیری پایینی برخوردار است. پایداری خاکدانه متأثر از ویژگی‌های خاک از جمله توزیع اندازه ذرات خاک، جرم مخصوص ظاهری خاک، ماده آلی، کربنات کلسیم معادل و سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک است (Bissonnais و همکاران، ۲۰۱۸). یکی از مهم ترین عوامل مؤثر در پایداری خاکدانه، میزان ماده آلی موجود در خاک است. ماده آلی با هم آوری ذرات خاک و تشکیل خاکدانه‌های پایدار، باعث استحکام خاک و مقاومت خاک در مقابل فرسایش خاک خواهد شد (Sarker و همکاران، ۲۰۱۸). در خاک‌های آهکی، کلسیم یک عامل مهم در پایداری خاکدانه است که سرعت نفوذ آب در خاک را افزایش داده و به طور قابل توجهی بر فرسایش پذیری خاک تأثیرگذار است (Vaezi و همکاران، ۲۰۰۸). کربنات کلسیم می تواند مانند ملاتی در بین ذرات خاک رسوب کرده و سبب اتصال ذرات خاک شود (Vargas و همکاران، ۲۰۱۹). از آن جا که اصولاً خاک‌های مناطق با اقلیم‌های متفاوت دارای مقدار فرسایش پذیری متفاوت هستند، هدف از این پژوهش، مقایسه و بررسی میزان پایداری خاکدانه در دو اقلیم خیلی مرطوب و نیمه-خشک و تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در مقدار پایداری خاکدانه است.

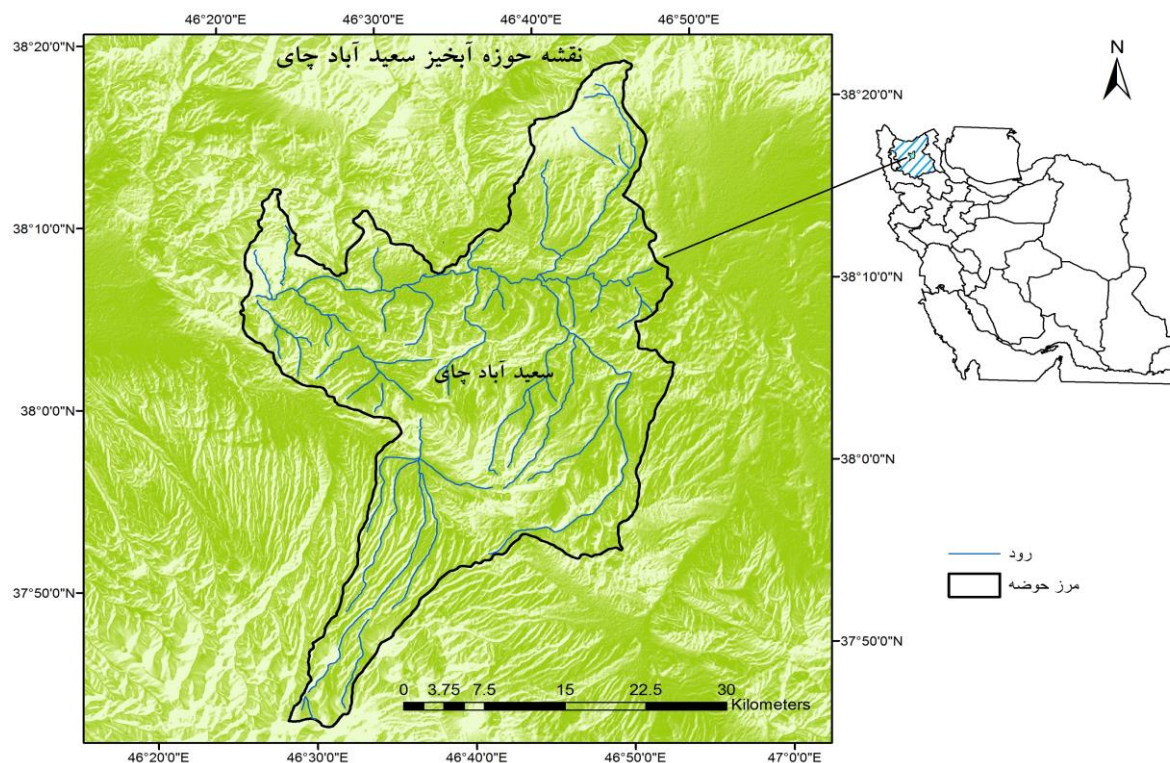
مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر مقایسه پایداری خاکدانه با استفاده از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکها در دو حوزه آبخیز کسلیان و سعید آباد چای انجام شد. حوزه آبخیز کسلیان، دومین حوضه معرفی است که توسط وزارت نیرو در ایران تأسیس شده است. این حوضه معرف بخش کوچکی از قسمت‌های کوهستانی و جنگلی شمالی البرز محسوب می شود که در استان مازندران بین عرض‌های جغرافیایی شمالی ۵۸° ۳۵' تا ۱۹° ۳۶' و طول‌های جغرافیایی شرقی ۵۳° ۵۲' تا ۱۵° ۵۳' واقع شده است (شکل ۱). اقلیم منطقه اقلیم منطقه براساس روش دومارتن از نوع خیلی مرطوب است. متوسط

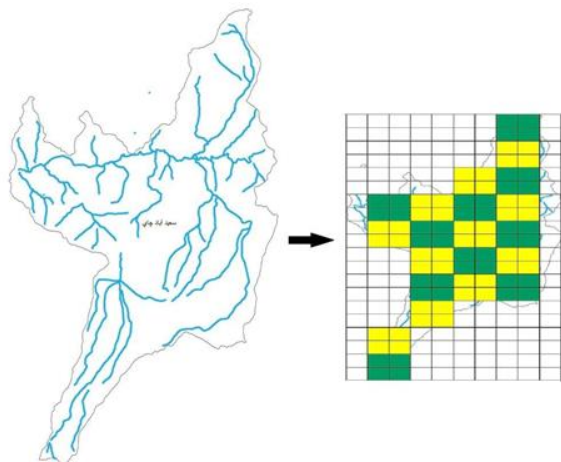
بارندگی سالیانه حوزه آبخیز کسلیان ۸۵۴/۸ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه، ۱۴/۷ درجه سانتی‌گراد است (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۶). حوزه آبخیز سعیدآباد چای یکی از حوضه‌های دامنه‌ی شمالی توده‌ی کوهستانی سهند است که در منطقه‌ی شمال غرب کشور در استان آذربایجان شرقی قرار دارد. این حوضه بین عرض‌های جغرافیایی شرقی ۲۸° ۴۶' تا ۴۰° ۴۶' و عرض‌های شمالی ۴۷° ۳۷' تا ۱° ۳۸' واقع شده است (شکل ۲). اقلیم منطقه براساس روش دومارتن از نوع نیمه‌خشک است. متوسط بارندگی سالیانه حوضه ۲۸۱/۸ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه، ۱۳/۶ درجه سانتی‌گراد است (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۶). در این پژوهش برای انجام مطالعات خاک، نمونه‌برداری خاک به روش شبکه‌بندی در مناطق مختلف حوزه‌های آبخیز کسلیان و سعیدآباد چای انجام شد. تعداد ۲۰ تا ۲۵ شبکه مطالعاتی برای هر حوضه در نظر گرفته شد. انتخاب شبکه‌ها به گونه‌ای است که از پراکندگی جغرافیایی خوبی برخوردار باشند (شکل‌های ۳ تا ۴). از هر شبکه سه نقطه از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر مورد نمونه‌برداری خاک قرار گرفت. نمونه‌های خاک به دو صورت (دست خورده و دست‌نخورده) تهیه شد. در نمونه‌های دست خورده، پس از هوا خشک شدن، خاک از الک دو میلی‌متری عبور داده می‌شود و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شامل آن در آزمایشگاه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در نمونه‌های خاک، پایداری خاک‌دانه‌های خاک با روش‌های الک خشک و الک تر (واعظی و همکاران، ۱۳۹۳)، توزیع اندازه ذرات خاک به روش هیدرومتری (Gee and Bauder, 1986)، جرم مخصوص ظاهری خاک با روش سیندر فلزی (Culley, 1993)، واکنش خاک در گل اشباع با استفاده از pH متر، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع با استفاده از EC متر، ماده آلی به روش سوزاندن مرطوب (Nelson and Sommers, 1982) و کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی (Jakson, 1967) اندازه‌گیری شدند. رسم نمودارها با نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۷ و تجزیه آماری با نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.



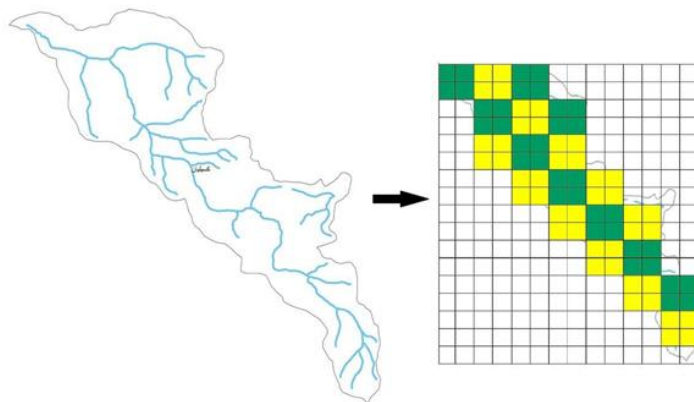
شکل ۱. نقشه حوزه آبخیز کسلیان



شکل ۲. نقشه حوزه آبخیز سعیدآباد چای



شکل ۴. نقاط نمونه‌برداری انتخابی در حوزه آبخیز سعید آباد چای



شکل ۳. نقاط نمونه‌برداری انتخابی در حوزه آبخیز کسلیان

نتایج و بحث

در جدول ۱ مشخصات آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در حوزه آبخیز کسلیان آورده شده است. بر اساس میانگین درصد ذرات معدنی خاک‌های مورد بررسی، بافت خاک غالب منطقه لوم و لوم رسی است. خاک‌های مورد مطالعه دارای واکنش اسیدی (به‌طور میانگین ۶/۵۷) و شوری کم (به‌طور میانگین ۰/۶۰ دی‌زیمنس بر متر) است. همچنین به دلیل بالا بودن مقدار ماده آلی (به‌طور میانگین ۳/۸۱ درصد)، پایداری خاک‌دانه‌ها به روش الک تر (به‌طور میانگین ۲/۹۶ میلی‌متر) و روش الک خشک (به‌طور میانگین ۷/۰۸ میلی‌متر) زیاد است. واعظی و همکاران (۱۳۸۹) ماده آلی، ذرات معدنی و کربنات کلسیم معادل را از عوامل مؤثر بر پایداری خاک‌دانه و نفوذپذیری آب در خاک دانسته‌اند.

جدول ۱. مشخصات آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در حوزه آبخیز کسلیان

ویژگی	کمینه	بیشینه	میانگین	ضریب تغییرات
شن (%)	۱۶/۱۴	۴۰/۰۷	۲۸/۶۷	۰/۲۷
سیلت (%)	۳۶/۱۰	۵۹/۷۱	۴۴/۰۵	۰/۱۳
رس (%)	۲۱/۸۳	۳۵/۴۵	۲۷/۲۹	۰/۱۵
پایداری خاکدانه به روش الک تر (mm)	۲/۱۴	۳/۸۱	۲/۹۶	۰/۱۸
پایداری خاکدانه به روش الک خشک (mm)	۵/۳۵	۸/۳۴	۷/۰۸	۰/۱۴
جرم مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	۱/۱۵	۱/۲۳	۱/۱۹	۰/۰۲
واکنش خاک	۵/۵۰	۷/۴۰	۶/۵۷	۰/۰۹
هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	۰/۳۴	۰/۹۸	۰/۶۰	۰/۳۰
ماده آلی (%)	۲/۵۶	۵/۳۱	۳/۸۱	۰/۲۳
کربنات کلسیم معادل (%)	۴/۶۱	۲۰/۲۱	۸/۷۶	۰/۴۲

جدول ۲ مشخصات آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در حوزه آبخیز سعیدآباد چای را نشان می‌دهد. فراوانی ذرات معدنی خاک‌های مورد مطالعه به‌طور میانگین شامل ۴۳/۰۲ درصد شن، ۲۷/۹۸ درصد سیلت و ۲۹/۰۰ درصد رس است. براساس میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها به روش الک تر (به‌طور میانگین ۱/۲۳ میلی‌متر) و روش الک خشک (به‌طور میانگین ۲/۴۲ میلی‌متر)، خاک‌های منطقه دارای پایداری کم هستند. همچنین مقدار ماده آلی خاک‌ها کم (۰/۷۸ درصد) است. Nzeyimana و همکاران (۲۰۱۷) ماده آلی خاک را از مهم‌ترین عوامل در پایداری خاکدانه و کاهش فرسایش‌پذیری خاک دانستند. از آن‌جا که در مناطق نیمه‌خشک ایران پوشش سطحی ناچیز و مقدار ماده آلی خاک کم است، فرسایش سطحی ناشی از قطرات باران و روان‌آب بسیار شایع است (سکوئی اسکویی، ۱۳۸۶). در این مناطق پوشش کم ماده آلی به‌دلیل تابش خورشیدی، رطوبت کم خاک و بهره‌برداری نامناسب از خاک است. بنابراین خاک‌های مناطق نیمه‌خشک به‌دلیل فقر ماده آلی فاقد ساختمان خوب و پایدار هستند و به‌خصوص در مناطقی با شیب زیاد فرسایش آبی و تولید روان‌آب زیاد است (Zethof و همکاران، ۲۰۱۹). خاک‌های مورد بررسی دارای واکنش قلیایی (به‌طور میانگین ۷/۷۶) و میانگین شوری ۱/۵۶ دسی‌زیمنس بر متر است. همچنین میانگین کربنات کلسیم معادل خاک‌های منطقه زیاد (۱۵/۶۴ درصد) است. با وجود مقدار زیاد کربنات کلسیم خاک‌های منطقه، مقدار پایداری خاکدانه‌ها کم است. بنابراین در این پژوهش نتیجه می‌شود که در خاک‌های مناطق نیمه‌خشک کمبود ماده آلی نقش مهم‌تر و مؤثرتری در میزان پایداری خاکدانه در مقایسه با مقدار کربنات کلسیم معادل خاک و سایر خصوصیات اندازه‌گیری شده دارد. نیک‌پور و همکاران (۱۳۹۰)، ملائی رنانی و همکاران (۱۳۹۳) نیز در تحقیقات خود به نتیجه مشابهی دست یافتند.

جدول ۲. مشخصات آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در حوزه آبخیز سعیدآباد چای

ویژگی	کمینه	بیشینه	میانگین	ضریب تغییرات
شن (%)	۱۳/۰۵	۶۸/۲۳	۴۳/۰۲	۰/۳۵
سیلت (%)	۱۷/۶۷	۵۱/۳۹	۲۷/۹۸	۰/۳۳
رس (%)	۱۴/۱۰	۴۰/۰۷	۲۹/۰۰	۰/۲۶
پایداری خاکدانه به روش الک تر (mm)	۰/۸۹	۲/۱۶	۱/۲۳	۰/۲۶
پایداری خاکدانه به روش الک خشک (mm)	۱/۷۸	۳/۶۷	۲/۴۲	۰/۲۳
جرم مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	۱/۱۵	۱/۳۴	۱/۲۳	۰/۰۵
واکنش خاک	۷/۴۰	۸/۲۰	۷/۷۶	۰/۰۳
هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	۰/۶۸	۴/۵۲	۱/۵۶	۰/۷۶
ماده آلی (%)	۰/۱۷	۱/۷۰	۰/۷۸	۰/۵۶
کربنات کلسیم معادل (%)	۷/۰۱	۱۸/۶۷	۱۵/۶۴	۰/۱۹

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که ماده آلی خاک در مقایسه با سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شده، نقش مؤثرتری در میزان پایداری خاکدانه در هر دو اقلیم خیلی مرطوب و نیمه‌خشک دارد. در حوزه آبخیز کسلیان با اقلیم خیلی مرطوب به‌دلیل خاکدانه‌های پایدار، مقدار



ماده آلی زیاد و پوشش گیاهی مطلوب موجود در منطقه، مقدار مقاومت خاک در برابر فرسایش آبی و روان آب زیاد است. در صورتی که در حوزه آبخیز سعیدآباد چای با اقلیم نیمه خشک، به دلیل پایداری کم خاک‌دانه‌ها، وجود مقدار ماده آلی کم خاک و بارش به صوت رگبار در فصولی که پوشش گیاهی مناسب بر روی سطح زمین وجود ندارد، نفوذپذیری آب در خاک کاهش یافته و به دنبال آن روان آب و فرسایش آبی افزایش می‌یابد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که برای افزایش مقدار پایداری خاک‌دانه و کاهش مقدار روان آب و فرسایش آبی در مناطق نیمه خشک اقدامات حفاظتی خاک از جمله استفاده صحیح از اراضی، شخم مناسب در زمین‌های شیب‌دار و افزایش ماده آلی خاک با پوشش‌هایی مانند کاه و کلش انجام گیرد.

منابع

- سازمان هواشناسی کشور. ۱۳۹۶. سال‌نامه آماری برای حوزه‌های آبخیز ایران.
- سکوتی اسکویی، ر. ۱۳۸۶. ارزیابی مدیریت پایدار اراضی بر اساس شاخص‌های خاک و کاربری اراضی با استفاده از فناوری‌های سنجش از راه دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۸، ۱۰۹-۱۱۸.
- ملائی زنانی، م.، بشری، ح.، بصیری، م. و مصدقی، م. ر. ۱۳۹۳. ارزیابی پایداری ساختمان خاک به روش الکترون در برخی از مکان‌های مرتعی استان اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (علوم آب و خاک)، ۱۸ (۷۰)، ۱۲۱-۱۳۲.
- نیک‌پور، م.، محبوبی، ع. ا.، مصدقی، م. ر. و صفادوست، آ. ۱۳۹۰. بررسی اثر ویژگی‌های ذاتی خاک بر پایداری ساختمان خاک. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (علوم آب و خاک)، ۱۵ (۵۸)، ۸۵-۹۶.
- واعظی، ع. ر.، اکبری، س. و محمدی، م. ح. ۱۳۹۳. بررسی فرآیندهای فرسایش بارانی در خاک‌دانه‌ها تحت شرایط آزمایشگاهی در خاک‌های آهکی شمال غرب زنجان. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۵ (۱)، ۸۷-۹۴.
- واعظی، ع. ر.، بهرامی، ح. ع.، صادقی، ح. ر. و مهدیان، م. ح. ۱۳۸۹. برآورد عامل فرسایش‌پذیری (K) با استفاده از مدل RUSLE در بخشی از خاک‌های ناحیه نیمه خشک در شمال غربی ایران. مجله پژوهشی حفاظت آب و خاک، ۷ (۳)، ۱۰۵-۱۲۴.
- Bissonnais, Y. L., Prieto I., Roumet C., Nespoulous, J., Metayer, J., Huon, S., Villatoro, M. and Stokes, A. 2018. Soil aggregate stability in Mediterranean and tropical agro-ecosystems: effect of plant roots and soil characteristics. *Plant and Soil*, 424 (1-2), 303-317.
- Culley, J. L. B. 1993. Density and compressibility. *Soil sampling and methods of analysis*. pp: 529-539.
- Gee, G. W. and Bauder, J. W. 1986. Particle-size analysis. *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods*, 5 (1), 383-411.
- Haydu-Houdeshell, C. A., Graham, R. C., Hendrix, P.F., Peterson, A. C. 2018. Soil aggregate stability under chaparral species in southern California. *Geoderma*. 310: 201-208.
- Jackson, M. L. 1967. *Soil chemical analysis*, Prentice-Hall of India, Private Limited, New Delhi.
- Nelson, D. W. and Sommers, L. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methodsofsoilan2)*. pp: 539-579.
- Nzeyimana, I., Hartemink, A. E., Ritsema, C., Stroosnijder, L., Lwanga, E. H. and Geissen, V. 2017. Mulching as a strategy to improve soil properties and reduce soil erodibility in coffee farming systems of Rwanda. *Catena*, 149, 43-51.
- Sarkera, T. C., Incerti, G., Spaccini, R., Piccolo, A., Mazzoleni, S. and Bonanomi, G. 2018. Linking organic matter chemistry with soil aggregate stability: Insight from ¹³C NMR spectroscopy. *Soil Biology and Biochemistry*. 117, 175-184.
- Vaezi, A. R., Sadeghi, S. H. R., Bahrami, H. A. and Mahdian, M. H. 2008. Modeling the USLE K-factor for calcareous soils in northwestern Iran. *Geomorphology*, 97, 414-423.
- Vargas, G., Verdejo, J., Rivera, A., Suárez, D., Youlton, C., Celis-Diez, J. L., Bissonnais, Y. L., Dovletyarova, E. A. and Neaman, A. 2019. The effect of four calcium-based amendments on soil aggregate stability of two sandy topsoils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 182 (2), 159-166.
- Zethof, J. H. T., Cammeraat, E. L. H. and Nadal-Romero, E. The enhancing effect of afforestation over secondary succession on soil quality under semiarid climate conditions. *Science of The Total Environment*. 652, 1090-1101.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation
Comparison of soil aggregate stability in two very humid and semi-arid regions (Case Study: Kasilian and Said Abad Chai watersheds)

Adele Alijanpour Shalmani^{1*}, Ali Reza Vaezi², MahmoudReza Tabatabaei³

¹Ph.D. Student, Soil Science. Department, University of Zanjan, Zanjan, Iran

² Full Professor, Soil Science. Department, University of Zanjan, Zanjan, Iran

³ Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Abstract

Soil aggregate stability is one of the factors affecting soil sensitivity to soil erosion and runoff production. In this research, the effect of physical and chemical properties of soil aggregate stability and its comparison in the watershed of Kasilian watershed with a very humid climate and Said Abad Chai watershed with semi-arid climate was done. Soil sampling was done by gridding method in different areas of watersheds. Physical and chemical properties of soil such as soil aggregate stability, distribution of soil particle size, bulk density, soil reaction, soil electrical conductivity, organic matter and calcium carbonate equivalent were measured. The results of this study showed that the soil organic matter compared to other physical and chemical properties of soil has a more effective role in the soil aggregate stability in both two very humid and semi-arid regions. Also, Kasilian watershed due to stable aggregates in water (average 2.96 mm) and high amount of organic matter (3.81 %) compared to Said Abad Chai watershed with the amount of stable aggregates in water (mean 1.32 mm) and low amount of organic matter content (0.78%) has higher soil resistance to soil erosion and runoff.

Keywords: Runoff, soil chemical properties, soil erosion, soil physical properties

* Corresponding author: adele.alijanpour@gmail.com

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

بررسی و طبقه‌بندی آبکندهای شرق استان قزوین (مطالعه موردی فتح‌آباد-بویین‌زهرا)

رضا بیات^۱، افسانه عالی نژادپایان بیدآبادی^{۲*}، مجید صوفی^۳، عباس ملکی^۴ و امید علی اکبرپور^۵
^۱دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک و حفاظت خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان
^۲استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان
^۳دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش منابع طبیعی و کشاورزی استان فارس
^۴استادیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان
^۵استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان

چکیده

فرسایش خاک به‌عنوان یکی از عوامل مهم تخریب اراضی بوده و یکی از انواع مهم آن، فرسایش آبکندی است. بنابراین این تحقیق با هدف شناسایی و طبقه‌بندی مورفومتریکی آبکندهای منطقه در مساحتی حدود ۱۵۰ هکتار در روستای فتح‌آباد واقع در ۱۴ کیلومتری شرق شهر بویین‌زهرا صورت پذیرفت. تعداد ۲۰ آبکند بررسی و پس از تعیین محل بالاکنند و ثبت آن با سیستم موقعیت یاب جهانی، طول، عرض و عمق آن‌ها اندازه‌گیری شد. نمونه خاک از خاک سطحی بالاکنند برداشته‌شده و نوع بافت، شوری، پ‌هاش، ماده‌ی آلی و برخی آنیون‌ها و کاتیون‌ها تعیین شدند. درنهایت بر اساس منابع موجود و برحسب نتایج، آبکندهای منطقه طبقه‌بندی شدند. بافت خاک، لوم تا رسی لومی تعیین شد. متوسط EC نمونه‌ها (۲۱ دسی زیمنس بر متر) بیان‌کننده این بود که خاک منطقه از نظر شوری در طبقه خاک‌های شور است و pH متوسط نمونه‌ها (۸/۴) نشان از قلیائیت خاک منطقه داشت. این آبکندها عموماً در مسیر آبراهه‌های طبیعی تشکیل شده، بالاکنند آن‌ها عموماً عمودی و به‌ندرت غار مانند بوده، دارای مقطع عرضی دوزنقه‌ای شکل هستند و پلان عمومی آن‌ها از نوع خطی است. از نظر عمق و طول و بر اساس روش فائو و احمدی آبکندها به ترتیب در طبقه کم‌عمق و کوچک قرار دارند. ضریب عرض بالا به عمق معادل ۲/۸ و نسبت قابل‌توجهی است که نشان از هدر رفت خاک سطحی با ارزش دارد، بنابراین اجرای اقدامات مناسب برای حفاظت خاک ضروری است.

کلمات کلیدی: خاک، تخریب، فرسایش، بالاکنند

مقدمه

هرچند فرایند خاک‌سازی در زمان طولانی انجام می‌شود، اما هدر رفت^۱ آن به‌سرعت اتفاق می‌افتد. پسرقت خاک^۲ در ایران به دلیل این‌که در کمربند خشک و نیمه‌خشک کره زمین قرار گرفته و میزان خاک‌سازی (حد مجاز فرسایش) کم است، اهمیت دوچندان دارد. فرسایش، آلودگی، کاهش توان تولید، افزایش شوری، کاهش تنوع زیستی و افزایش گردوغبار ازجمله نشانه‌های پسرقت خاک هستند که در بسیاری از نقاط کشور پیامدهای ناگواری را به دنبال داشته‌اند. فرسایش خاک به‌عنوان مهم‌ترین عامل تخریب خاک در سراسر دنیا تشخیص داده شده است (Valentin و همکاران، ۲۰۰۵). یکی از انواع مهم فرسایش آبی، فرسایش آبکندی یا خندقی^۳ است. در دهه‌های گذشته اولویت به تحقیقات در مقیاس پلات داده می‌شد، بنابراین تمرکز روی موضوعات فرسایش شیاری و بین‌شیاری بود، ولی در دهه‌های اخیر فرسایش آبکندی توجه بیشتری را به خود جلب کرده است - به طوری که کنفرانس‌های بین‌المللی (Gimenez و Casali، ۲۰۰۷) اقدام به انتشار نتایج تحقیقات انجام‌شده در زمینه‌ی فرسایش آبکندی در کشورهای مختلف دنیا کرده‌اند. تحقیقات انجام‌شده بیانگر این واقعیت است که فرسایش آبکندی چندین برابر فرسایش سطحی تولید رسوب دارد که برای مخازن سدهای احداث‌شده، هدر رفت خاک حاصلخیز تولیدشده و رسوب‌گذاری رودخانه‌ها بسیار مهم است (Morgan، ۱۹۹۵ و Poesen و همکاران، ۲۰۰۳). آبکندها موجب بروز مشکلات و خسارات زیادی در محل وقوع و خارج از محل وقوع خود می‌گردند. کاهش امکان تردد وسایط نقلیه و ماشین‌آلات کشاورزی (صوفی و همکاران ۱۳۹۴)، کاهش تولید محصولات کشاورزی و تولید علوفه مراتع و علاوه بر آن به دلیل تخلیه رطوبت خاک در اطراف آبکندها (Avni، ۲۰۰۵ و Nyssen و همکاران ۲۰۰۴) و تخریب اراضی زراعی و مرتعی و مسکونی روستاها و مهاجرت روستاها نظیر روستای ایده‌لو در

^۱ Lost

^۲ Soil Degradation

^۳ Gully Erosion

* ایمیل نویسنده مسئول: alinejadian@yahoo.com

استان زنجان و روستاهای تابعه از شهرستان لامرد در استان فارس (صوفی ۱۳۸۳ و صوفی و همکاران ۱۳۹۴)، کاهش عمر مفید سازه‌های آبی، کاهش ظرفیت انتقال آبراه‌ها و رسوب‌گذاری ذرات ریزدانه بر روی اراضی پائین‌دست آبکندها از دیگر تأثیرات منفی آبکندها، تولید رسوب برای مناطق پایین-دست است. مطالعات اخیر (Wasson و همکاران ۲۰۰۲) نشان داده که فرسایش آبکندها اغلب مهم‌ترین منبع تولید رسوب است. نقش فرسایش آبکندها در تولید رسوب آبخیزهای مختلف دنیا، بین ۱۰ تا ۹۷ درصد کل رسوب گزارش شده است (Poesen و همکاران ۲۰۰۳). در ناحیه گرمسیری شمال غرب استرالیا در حدود ۹۶٪ از نهشته‌ها در دریاچه آرژیل^۱ از وسعتی کمتر از ۱۰٪ آبخیز (خاک‌های فرسایش‌پذیر حاصل از سنگ‌های دوره کامبرین) منشأ می‌گیرند. بررسی‌های انجام شده در این منطقه نشان داده است که در حدود ۸۰٪ از نهشته‌های رسوبی موجود در این دریاچه توسط فرسایش آبکندها و کانالی تولید شده است (Wasson و همکاران ۲۰۰۲). با توجه به ابعاد پژوهش‌ها در دنیا از قبیل توجه به فرسایش خاک بر روی فرسایش‌های پاشمانی (بارانی) و سطحی و کمبود تحقیق و متخصص در زمینه فرسایش آبکندها، در پی آن در ایران نیز کمتر به فرسایش آبکندها توجه شده است. گرچه تعداد معدودی تحقیق در زمینه فرسایش آبکندها انجام شده، این مشکل در سطح دنیا نیز وجود دارد به طوری که Poesen و همکاران (۲۰۰۳) نیز بر این نکته تأکید نموده‌اند که باوجود تحقیقات انجام شده در کشورهای مختلف نمی‌توان یک بانک اطلاعاتی درباره آبکندهای دنیا پیدا نمود تا بر اساس آن بتوان گفت آبکندهای دنیا در چه دامنه ارتفاعی از سطح دریا، در چه بافت (های) خاک، در چه کاربری‌هایی، با چه عمق، عرض، طول و در چه دامنه بارش سالانه ایجاد شده‌اند تا برای طبقه‌بندی آبکندها از ویژگی‌های آن‌ها استفاده نمود. طبقه‌بندی آبکندها توسط محققین مختلف معرفی شده است و طبقه‌بندی FAO (۱۹۸۲) بر اساس عمق و مساحت به شرح جدول ۱ است.

جدول ۱ - طبقه‌بندی آبکند (FAO, ۱۹۸۲)

نوع آبکند	عمق (m)	مساحت منطقه آبکندی (ha)
کوچک	کمتر از ۱	کمتر از ۲
متوسط	۱ تا ۵	۲ تا ۲۰
بزرگ	بیش از ۵	بیشتر از ۲۰

رفاهی (۱۳۸۵) آبکندها را بر اساس عمق به دسته‌های آبکند تا ۲ متر، کوچک - آبکند متوسط، ۲ تا ۵ متر - آبکند بزرگ، ۵ تا ۱۰ متر و آبکند خیلی بزرگ (بزرگ‌تر از ۱۰ متر) تقسیم کرده است. همچنین بر اساس طول آبکند به آبکند کوچک با طول کمتر از ۱۲۰، متوسط با طول بین ۱۲۰ تا ۲۴۰ متر و آبکند بزرگ که دارای طول بیش از ۲۴۰ متر است طبقه‌بندی می‌شوند (احمدی، ۱۳۷۸). از نظر شکل شناسی و بر اساس پلان عمومی و پیشانی آبکند احمدی (۱۳۷۸) طبقه‌بندی زیر را ارائه داده‌اند.

(۱) آبکند خطی^۲: گسترش آن‌ها به صورت طولی است.

(۲) آبکندهای پنجه انگشتی یا پنجه‌ای^۳: شکل عمومی آن‌ها به صورت شاخه‌ای است.

(۳) آبکندهای جبهه‌ای^۴: در محل تلاقی انشعابات رودخانه‌ها گسترش می‌یابند.

بنابراین این تحقیق باهدف شناسایی و طبقه‌بندی مورفومتریک آبکندهای منطقه به منظور تعیین وضعیت آن‌ها و فراهم شدن امکان پیش‌بینی اقدامات و روش‌های حفاظت خاک انجام شد تا دستاوردهای علمی آن در اختیار مسئولان و بهره‌برداران ذی‌ربط قرار گیرد و زمینه‌ای برای به‌کارگیری روش‌های صحیح در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و برای حفظ این منبع ارزشمند باشد.

¹ Argyl

² Axial

³ Digitated

⁴ Frontal

مواد و روش‌ها

این منطقه آبکندی در مختصات 428467 تا 430345 طول شرقی و 3958787 تا 3959820 عرض شمالی سیستم مختصات UTM و در فاصله حدود دو کیلومتری از شمال روستای فتح‌آباد واقع است که حدود ۱۴ کیلومتر با شهر بویین‌زهرا فاصله دارد و در مساحتی حدود ۱۵۰ هکتار مورد بررسی قرار گرفت. از نظر منابع اراضی عموماً ۲ تیپ اراضی دشت دامنه‌ای و تپه در آن دیده می‌شود. تیپ دشت دامنه‌ای با واحد اراضی ۲.۴ با شیب ملایم و پستی‌وبلندی کم که دارای خاک عمیق تا بسیار عمیق با بافت متوسط تا سنگین و شوری نسبتاً زیاد تا زیاد است. قسمت‌هایی از این واحد اراضی زیر کشت باغ پسته بوده و در بعضی قسمت‌ها که با پستی‌وبلندی و شوری، قلیائیت خاک و نیز محدودیت زهکشی همراه است به‌صورت بایر است. تیپ تپه با واحد اراضی ۹.۲ شامل تپه‌های با شیب متوسط با خاک عمیق و در بعضی مناطق به دلیل وجود رگه‌های نمک با شوری زیاد همراه است و اغلب با پوشش گیاهی کم است.

از نظر زمین‌شناسی منطقه مذکور روی واحد Qft1 (رسوبات بادبزی شکل کوهپایه‌ای) با حساسیت زیاد (درجه ۷ از ۱۰) به فرسایش قرار دارد. متوسط ارتفاع، بارش و دمای منطقه به ترتیب ۱۱۶۵ متر، ۱۹۵ میلی‌متر و ۱۳ درجه سانتی‌گراد است و برحسب همین متوسط درازمدت و در اقلیم نمای دمارتن، اقلیم منطقه خشک تعیین‌شده و در زیرحوضه ۴۱۱۸ کد ۴ تماب از حوضه مرکزی قرار دارد.

پس از بررسی و تعیین محدود و موقعیت آبکنند در این منطقه، تعداد ۲۰ آبکنند بررسی و پس از تعیین محل بالاکند^۱ و ثبت آن با GPS^۲، اندازه‌گیری‌های مورفومتری شامل طول، عرض و عمق در مقاطعی که کانال آبکنند تغییر شکل می‌داد، انجام شد. نمونه خاک از خاک سطحی بالاکند برداشته شده و بافت، EC (شوری)، pH (اسیدیته)، ماده آلی و برخی آنیون‌ها و کاتیون‌ها اندازه‌گیری شدند. درنهایت بر اساس منابع موجود و برحسب نتایج، آبکنندهای منطقه طبقه‌بندی شدند.

نتایج و بحث

نتایج آزمایش‌ها نمونه‌های خاک در جدول ۲ ارائه شده و نشان می‌دهد که بافت خاک نمونه‌ها از لوم تا رسی لومی بوده است که در تحقیق زنجان‌ی جم و همکاران (۱۳۹۲) نیز آبکنندهای استان زنجان دارای بافت عمدتاً لوم رسی، رسی تا رس سیلتی بودند. پهاش متوسط نمونه‌ها با مقدار ۸/۴ نشان از قلیائیت خاک منطقه دارد. هرچند درصد ماده آلی (۰/۲ درصد) شرایط ناپایداری را از دید این شاخص ارائه می‌دهد. متوسط شوری نمونه‌ها (۲۱ دسی‌زیمنس بر متر) نیز بیان می‌کند خاک منطقه از نظر شوری در طبقه خاک‌های شور است (Murphy و Hazelton, ۲۰۰۷) و نشان از بالا بودن میزان املاح در خاک دارد که شوری و کم‌بودن ماده آلی خاک سطحی باعث فرسایش‌پذیری بیشتر خاک شده است. زنجان‌ی جم و همکاران (۱۳۹۲) نیز در بررسی آبکنندهای استان زنجان فرسایش‌پذیری خاک، تخریب پوشش گیاهی و تغییر کاربری را به عنوان علل عمده ایجاد آبکنندها اشاره کرده‌اند.

1 Head cut

2 Global Positioning System

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

جدول ۲- نتایج آزمایش‌ها نمونه‌های خاک (متوسط نمونه‌ها)

مقدار	ویژگی	مقدار	ویژگی
۰/۱	(meq/l) CO ₃ ⁻	۲۶	رس (%)
۲/۶	(meq/l) HCO ₃ ⁻	۴۳	سیلت (%)
۲۲۸	(meq/l) Cl ⁻	۳۱	شن (%)
۸۰	(meq/l) Ca ⁺⁺	۱/۴	جرم مخصوص ظاهری (gcm ⁻³)
۴۳	(meq/l) Mg ⁺⁺	۲۱	EC (ms/cm)
۱۵۲	(meq/l) Na ⁺	۸/۴	pH
۱/۷	(meq/l) K ⁺	۰/۲	ماده آلی (%)

مشخصات شکل شناسی آبکندهای منطقه فتح‌آباد بویین‌زهره در جدول ۳ قابل‌مشاهده است. حداقل و حداکثر طول کل آبکندهای مورد بررسی در این پژوهش ۵/۳ و ۴۱ متر و متوسط عرض و عمق بالاکند ۷۶ و ۴۱ سانتی‌متر است. همچنین حداکثر نسبت عرض بالا به عمق در ۵۰ درصد طول به میزان ۳/۶ است که عدد قابل توجهی است. بررسی مساحت آبکندهای مورد مطالعه نیز نشان داد که حداقل، حداکثر و متوسط مساحت به ترتیب ۹۴۵، ۲۹۷۰۰ و ۷۴۵۰ متر مربع است. آبکندهای مورد بررسی عموماً در مسیر آبراهه‌های طبیعی تشکیل شده، بالاکند آن‌ها عموماً عمودی و به‌ندرت غار مانند بوده، دارای مقطع عرضی دوزنقه شکل هستند و پلان عمومی آن‌ها از نوع خطی هستند (شکل ۱). عمق و طول متوسط آبکندها در این مطالعه به ترتیب ۱۸۹۱ و ۶۴ سانتی‌متر است که بر اساس روش طبقه‌بندی، آبکندها به ترتیب در طبقه کم‌عمق و کوچک قرار دارند. زنجان‌ی جم و همکاران (۱۳۹۲) نیز از روش مشابه برای طبقه‌بندی آبکندهای در استان زنجان استفاده کرده است. خلیلی (۱۳۷۶) نیز با طبقه‌بندی آبکندها بیان کرد، آبکندهای دوزنقه‌ای دارای گسترش جانبی زیاد و کم عمق هستند که با یافته‌های این پژوهش مبنی بر کم عمق بودن آبکندها با مقطع عرضی دوزنقه‌ای همخوانی دارد. همچنین فیض نیا و همکاران (۱۳۸۶) و صوفی (۱۳۸۳) نیز برای طبقه‌بندی آبکندها از پلان عمومی، شکل بالاکند، شکل نیمرخ عرضی، شکل طولی رأس و نحوه‌ی گسترش آنها استفاده کردند.

جدول ۳- مشخصات آماری برخی ویژگی‌های آبکندها

متوسط	بیشینه	کمینه	ویژگی
۱۸۹۱	۴۱۰۰	۵۳۰	طول کل (سانتی‌متر)
۷۶	۲۹۰	۳۰	عرض بالاکند (سانتی‌متر)
۴۱	۱۱۰	۱۸	عمق بالاکند (سانتی‌متر)
۲۳۳	۷۸۰	۶۵	عرض بالا در ۵۰٪ طول (سانتی‌متر)
۸۳	۷۲۰	۱۸	عمق در ۵۰٪ طول (سانتی‌متر)
۲۹۳	۷۳۰	۷۰	عرض خروجی (سانتی‌متر)
۶۹	۱۶۵	۱۵	عمق خروجی (سانتی‌متر)
۶۴	۳۳۱	۱۷	عمق متوسط کل (سانتی‌متر)
۲۰۱	۶۰۰	۵۵	عرض متوسط کل (سانتی‌متر)
۲/۸	۱/۱	۳/۶	نسبت عرض بالا به عمق در ۵۰٪ طول
۷۴۵۰	۲۹۷۰۰	۹۴۵	مساحت (مترمربع)



شکل ۱- نما کلی (راست) و بالاکند (چپ) یکی از آبکندهای منطقه فتح‌آباد

نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف بررسی و طبقه‌بندی آبکندهای شرق استان قزوین انجام شد که نتایج ویژگی‌های خاک سطحی نشان داد بافت خاک از لوم تا رسی لومی پراکندگی داشته‌اند. متوسط EC نمونه خاک‌ها با مقدار ۲۱ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر نشان از شوری خاک است و همچنین کم بودن مقدار ماده آلی خاک‌ها (۰/۲ درصد) باعث فرسایش‌پذیری بیشتر خاک‌ها شده است. نتایج مشخصات شکل شناسی آبکندهای منطقه فتح‌آباد نشان داد که حداقل، حداکثر و متوسط مساحت آبکندها به ترتیب ۹۴۵، ۲۹۷۰۰ و ۷۴۵۰ متر مربع است. آبکندهای مورد بررسی عموماً در مسیر آبراهه‌های طبیعی تشکیل شده، بالاکند آن‌ها عموماً عمودی و به‌ندرت غار مانند بوده، دارای مقطع عرضی دوزنقه شکل هستند و پلان عمومی آن‌ها از نوع خطی هستند (شکل ۱). عمق و طول متوسط آبکندها در این مطالعه به ترتیب ۱۸۹۱ و ۶۴ سانتی‌متر است که بر اساس روش طبقه‌بندی، آبکندها به ترتیب در طبقه کم‌عمق و کوچک قرار دارند. نسبت عرض بالا به عمق برای آبکندهای منطقه به طور متوسط ۲/۸ است که عدد قابل توجهی است و برای اراضی کشاورزی که استعداد پسته‌کاری دارند مهم است و نشان می‌دهد خاک سطحی و بارزش منطقه را از بین می‌برد و می‌تواند تهدید برای شرایط اقتصادی- اجتماعی منطقه و امنیت غذایی باشد، بنابراین توصیه برای پژوهش بیشتر روی آبکندها، پایش توسعه آن‌ها و تهیه نقشه خطر آبکندها ضروری است. بررسی‌های انجام‌شده و نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که بایستی مدیریت آبکندها در دو سطح، یکی از دید عوامل موثر بر ایجاد و گسترش آبکندها و دیگری از نظر نوع اقدام و مرحله مداخله است. نتایج نشان می‌دهد که تخریب و نبود مدیریت منابع، توسعه طرح‌های عمرانی نظیر احداث مناطق مسکونی و راه‌ها سبب افزایش سطح نفوذناپذیر گردیده و در نتیجه بر میزان حجم رواناب سطحی و تشدید عامل تخریب و گسترش آبکندها افزوده است.

منابع:

- احمدی، ح. ۱۳۷۸. ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۱ (فرسایش آبی). انتشارات دانشگاه تهران. ۶۸۸ ص.
- خلیلی، ن. ۱۳۷۶. بررسی خصوصیات مورفومتری آبکندها در سازندهای مختلف زمین‌شناسی (مطالعه موردی: سمل). پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۱۴ ص.
- رفاهی، ح. ۱۳۸۵. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۵۱ ص.
- زنجان‌ی جم مو، صوفی م، بیات ر. و رسولی ۱۳۹۲. بررسی خصوصیات شکل- اقلیم شناسی خندق‌ها به منظور طبقه‌بندی مناطق خندقی شده در استان زنجان. پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، شماره ۹۹، صص ۱-۱۰.
- صوفی، م. ۱۳۸۳. فرآیند ایجاد خندق و نرخ رشد آن در لامرد و علامرودشت. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۹۹ ص.
- صوفی م، بیات ر، پیامنی ک، طلایی ر. و زنجان‌ی جم م. ۱۳۹۴. بررسی و طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک آبکندهای ایران (فاز ۳: استان‌های لرستان، اردبیل و قزوین). گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۷۶ ص.



فیض‌نیا، س.، حشمتی، م.، احمدی، ح. و قدوسی، ج. ۱۳۸۶. بررسی فرسایش آبکندی سازند مارنی آغاچاری در منطقه قصر شیرین. مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۳۲:۷۴-۴۰.

Avni, Y. 2005. Gully incision as a key factor in desertification in an arid environment, the Negev highlands, Israel, *Catena* 63:185-220.

Casali, J. and Gimenez, R. (Eds). 2007. Progress in Gully Erosion Research, IV international Symposium on Gully Erosion, Sep 17-19, Publish university of Navarra, ISBN:978-84-9769-198-7, Pamplona, Spain, 137 pp.

FAO. 1982. Gully erosion control, Rome, 62 pages.

Hazelton, P and Murphy, B. 2007. Interpreting soil test results: what do all the numbers mean?. CSIRO publishing, Australia, 152 p.

Morgan, R.P.C., 1995. Soil Erosion and conservation, second edition, Longman, 198 pp.

Nyssen, J., Poesen, J., Moeyersons, J., Deckers, J., Mitiku, H., Lang, A., 2004. Human impact on the environment in the Ethiopian and Eritrean highlands- a state of the art. *Earth Science Reviews* 64(3-4), 273-320.

Posesen. J, J. Nachtorgale, J, and G. Verstrac. 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs, *Catena*, 50, 91-133.

Valentin, C., Poesen, J., Li, Y. (2005), Gully erosion: Impacts, factors and control, *Catena* 63, 132-153.

Wasson, R.J., Caitcheon, G., Murray, A.S., McCulloch, M., Quade, J. 2002. Sourcing sediment using multiple tracers in the catchment of Lake Argyle, Northwestern Australia. *Environmental Management*. 29 (5), 634-646.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Water erosion, flood and soil and water conservation

Investigation and Classification of Gullies in the East of Qazvin Province (Fath Abad Case Study - Buein Zahra)

Bayat, R.¹, Alinejadian Bidabadi A.^{2*}, Soufi, M.³, Maleki A.⁴ and Akbarpour O.A.⁵

¹ PhD. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran

² Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran

³ Associate Prof., Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Iran

⁴ Assistant Prof., Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran

⁵ Assistant Prof., Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran

Abstract

Soil erosion is one of the important factors in land degradation and one of its important types is gully erosion. Therefore, this research has been carried out with the aim of gullies identifying and categorizing based on morphometric characteristics. An area of about 150 ha was surveyed in Fathabad village, 14 km east of Buein Zahra. A total of 20 gullies were investigated and after determining the location of the head cut and recording it with GPS, morphometric measurements including length, width and depth were performed. The soil samples were taken from the topsoil and Analyzed according to the instructions of the soil and water institute for determining texture, EC, pH, anions, cations and organic matter. Finally, according to the available references, the gullies were categorized according to the results. Soil texture was defined as clay loam to Loam. The average EC samples indicate that the soil is saline one and the average pH of the samples indicates the alkalinity soil in the region. These gullies are generally formed on natural waterways, they are generally vertical and rarely cavernous head cut, with a trapezium cross-section and their general plan is linear. In terms of depth and length, according to the FAO and Ahmadi method, the gullies are located on shallow and small gully class, respectively.

Keywords: Soil, Degradation, Erosion, Head cut

محور مقاله: فرسایش خاک و رسوب در سازندهای مارنی زنجان

بررسی وضعیت فرسایش خاک در استان زنجان با توجه به منابع اراضی و سازندهای زمین‌شناسی

رضا بیات^{۱*}، حمیدرضا پیروان^۲، علی‌اکبر نوروزی^۳^۱ استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران^۲ و ^۳ دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

چکیده

به‌منظور بررسی وضعیت فرسایش خاک در استان زنجان و برای اولویت‌بندی مناطق و انجام اقدامات صحیح حفاظتی، نقشه فرسایش ویژه (Wsp) با مدل EPM تهیه شد. حساس‌ترین واحدهای اراضی به فرسایش در سطح استان زنجان شامل واحدهای تپه‌ماهوری، تراس، مخروط‌افکنه و کوه‌های مرتفع تا نیمه مرتفع با واحدهای سنگی خردشده و چین‌خورده است. واحد تپه‌ماهوری دربرگیرنده تپه‌های کم ارتفاع بریده‌بریده، گسسته و فرسایش‌یافته (مخروطه) و بریدگی‌های زیاد است که به‌خوبی از لیتولوژی منطقه تبعیت می‌کند. عمده این تپه‌ماهورها در واحدهای مارنی نئوژن حساس به فرسایش آبی و نهشته‌های کرتاسه خردشده در تپه‌های سعیدآباد-کرسف دیده می‌شود. اراضی حساس به فرسایش در واحدهای اراضی پادگانه‌های آبرفتی و دشتی عمدتاً به آبرفت‌های مارنی منطقه متعلق است. به‌طور کلی سازندهای مارنی نئوژن (Mur, Mm, s, l, Murm) مارنی سازند قم (OMml) و واحدهای سنگی خردشده و چین‌خورده کرتاسه (Knl, K₁₋₂lm)، واحدهای آبرفتی کواترنر متأثر از اراضی مارنی (Plc, PIQc)، آمفی‌بولیت و سنگ‌های دگرگونی پالئوزوئیک (Pz₂mt₂) و نهشته‌های کنگلومرایی قرمز رنگ میوسن در قاعده مارن‌های نئوژن (Ng1C) بر اساس برآوردهای مدل تجربی EPM بالاترین درجه تولید رسوب در سطح استان زنجان را به خود اختصاص داده‌اند. همخوانی بسیار تنگاتنگ بین نوع واحد زمین‌شناسی حساس به فرسایش و نوع واحد اراضی به‌خوبی نمایان است. به‌بیان‌دیگر تنوع واحدهای اراضی و وضعیت فرسایش خاک به لیتولوژی به‌عنوان مواد مادری خاک و به میزان حساسیت به فرسایش و درجه خاک‌زایی آن بستگی دارد.

کلمات کلیدی: منابع خاک، اراضی حساس، رسوب، مدل EPM

مقدمه

مطالعه پیرامون خاک، به‌عنوان بستر زیستی بشر، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر برای رسیدن به توسعه پایدار منابع زیستی و محیطی است و تخریب حوزه‌های آبخیز به جهت فرسایش خاک و تولید رسوب یکی از مهم‌ترین مسائل محیطی در ایران است که به‌منظور مدیریت، برنامه‌ریزی و حفاظت از خاک، آب و سایر منابع طبیعی در یک استان یا حوزه آبخیز، به اطلاعات به‌روز و موضوعی مربوطه نیاز اساسی وجود دارد. بدیهی است که نقش فرسایش در کاهش حاصلخیزی و هدر رفت خاک، پر شدن مخازن سدها، گرفتگی و انسداد مجاری آبیاری، آبراهه‌ها و رودخانه‌ها، گل‌آلود کردن آب رودخانه‌ها و کاهش کیفیت آب و آلودگی آب‌های مناطق پایین‌دست از دیرباز شناسایی شده است. لازمه برنامه‌ریزی و اتخاذ تصمیم برای مهار فرسایش و رسوب، آگاهی از میزان فرسایش و تولید رسوب و شناسایی مناطق بحرانی و اولویت‌بندی آن‌ها برای اجرای برنامه‌ها و اقدامات آبخیزداری (مدیریت جامع آبخیز) برای کاهش فرسایش خاک و مهار تولید و حمل رسوب است. رفاهی (۱۳۸۵)، بیات (۱۳۸۰) و بسیاری از محققین دیگر به این نتیجه رسیده‌اند که نوع کاربری، پوشش گیاهی و حساسیت خاک که بالطبع ناشی از خصوصیات ذاتی مواد مادری است، از جمله مهم‌ترین عوامل مؤثر بر فرسایش و تولید رسوب هستند. عبدی (۱۳۸۲) طی تحقیقی نشان داد که می‌توان با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و یک روش ساده، با ترکیب سه عامل شیب، خاک و کاربری نسبت به اولویت‌بندی حساسیت یا شدت فرسایش در یک منطقه اقدام نمود و از این طریق اولویت اجرای طرح‌های حفاظتی را برای کنترل فرسایش در مناطق مختلف مشخص کرد. یکی از عوامل مؤثر در فرسایش خاک، شاخص فرسایش‌پذیری سازندهای حوضه است که در این راستا نتایج پژوهش فیض‌نیا (۱۷) بر روی شاخص فرسایش‌پذیری سازندهای حوضه، نشان داد که علاوه بر عوامل ذاتی سازندها، عوامل محیطی از جمله اقلیم و پوشش گیاهی نیز بر آن مؤثر است. البته عوامل محیطی و ثانویه مانند اقلیم پیش از آنکه نقش کلیدی

* ایمیل نویسنده مسئول: bayat@scwmri.ac.ir

¹Integrated Watershed Management²Geographical Information Systems (GIS)

در تولید رسوب داشته باشند در تعیین نوع ویژگی‌های رسوبات ناشی از هوازدهی و فرسایش مؤثرند. تغییر عوامل محیطی مانند اقلیم، لرزه‌خیزی و پوشش گیاهی در مقیاس حوزه‌های آبخیز کوچک عموماً کم و ثابت است و این در صورتی است که خصوصیات سنگ‌شناسی ذاتی مواد، می‌تواند حتی در حوضه‌های کوچک نیز متغیر باشد و لذا این ویژگی، کارایی طبقه‌بندی مبتنی بر ویژگی‌های ذاتی را افزایش می‌دهد. ارزیابی شدت فرسایش واحدهای ماری استان زنجان با استفاده از مدل EPM³ و GIS توسط عبدی نژاد و همکاران (۱۳۹۰) انجام شد. نتایج نشان داده که اراضی ماری استان دارای ضریب شدت فرسایشی خیلی شدید هستند که این موضوع تأثیر بسیار بالایی این اراضی در تولید رسوب از یک طرف و تخریب اراضی مستعد کشاورزی، پر شدن سدهای مخزنی و تخریب سامانه‌ها و تأسیسات آبیاری مدرن در پائین‌دست را نشان می‌دهد. واعظی و قره داغلی (۱۳۹۲) وضعیت فرسایش شیاری در خاک‌های ماری حوزه آبخیز زنجان رود را بررسی و نشان دادن که عمق، بالاترین رابطه را با تندی شیب و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک دارد و میزان فرسایش شیاری برخلاف مشخصه‌های شیب دامنه، با مقدار رس خاک مرتبط بود. واعظی و وطنی (۱۳۹۴) برای تعیین فرسایش‌پذیری شیاری در برخی خاک‌های استان زنجان از شبیه‌سازی باران استفاده و بیان کردند که فرسایش‌پذیری شیاری خاک‌ها همبستگی معنی‌داری با درصد بخش معدنی (شن، رس و سنگریزه) و درصد سدیم تبادلی داشت. همچنین عبدی نژاد و همکاران (۱۳۹۷) در تحقیقی با کمک باران ساز نشان دادند که واحدهای ماری مختلف استان زنجان دارای رسوب‌دهی‌های متفاوتی هستند که علاوه بر مشخصات ذاتی آن‌ها به دیگر شرایط نیز بستگی دارد. واعظی و همکاران (۱۳۹۷) با بررسی شاخصه‌های فرسایش سطحی خاک، اعلام نمودند که نسبت میانگین وزنی قطر ذرات خاک، شاخص مناسی برای ارزیابی فرسایش سطحی در کاربری مرتع دامنه‌های منطقه نیمه‌خشک زنجان است.

از میان روش‌های مختلف برآورد فرسایش در حوضه‌های بدون آمار، مدل EPM یک مدل تجربی است که پس از تقریباً ۴۰ سال تحقیق و اندازه‌گیری فرسایش و رسوب در کشور یوگسلاوی در سال ۱۹۸۸ توسط گاوریلوویچ ارائه گردیده است. این مدل اساساً برای کاربرد در حوضه‌های سیل خیز جنوب و جنوب شرقی یوگسلاوی توسعه یافته، اما در چندین کشور دیگر با شرایط آب و هوایی مختلف به کار گرفته شده است. در کشور ما از میان مدل‌ها، مدل‌های تجربی برآورد فرسایش و تولید رسوب، مدل EPM به دلیل سادگی و سهل‌الوصول بودن عوامل آن و نیز نتایج نسبتاً مناسب مورد توجه محققین و ارگان‌های ذی‌ربط بوده است (پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۳۸۶).

مواد مادری (زمین‌شناسی) و موقعیت تشکیل خاک (منابع اراضی)، دو مؤلفه مهمی هستند که در تحقیقات مختلف بر اهمیت آن‌ها در فرآیندهای خاک‌زایی و آمایش سرزمین تأکید شده و شناخت وضعیت فرسایش در آن‌ها برای مدیریت جامع منابع آب‌و خاک ضروری است. تأثیر مواد مادری (زمین‌شناسی) و همچنین محل ایجاد خاک (توپوسکانس) بر کیفیت و میزان خاک‌زایی در تحقیقات مختلفی بررسی شده، ولی اثر آن بر میزان فرسایش آبی و نحوه توزیع فرسایش در واحدهای مختلف این دو عامل بررسی نشده است و این پژوهش باهدف تعیین توزیع فرسایش در طبقات مختلف سازندهای زمین‌شناسی و واحدهای اراضی استان زنجان انجام شد تا با توجه اهمیت منابع اراضی و سازندهای زمین‌شناسی (بخصوص سازندهای حساس) بررسی وضعیت فرسایش خاک آن‌ها برای اولویت‌بندی اقدامات حفاظت خاک انجام شود.

مواد و روش‌ها

استان زنجان با مساحتی حدود ۲۲۱۶۴ کیلومترمربع، بین ۱۵' ۳۵° تا ۳۵' ۳۷° عرض شمالی و ۱۰' ۴۷° تا ۲۱' ۴۹° طول شرقی و از شمال با استان اردبیل و استان گیلان، از شمال شرقی و مشرق با استان قزوین، از جنوب با استان همدان، از جنوب غربی با استان کردستان و از مغرب با استان آذربایجان غربی و از شمال غرب با استان آذربایجان شرقی همسایه است. مساحت وسیعی از این استان کوهستانی و بلندترین نقطه ارتفاع آن برابر ۳۳۳۰ متر از سطح دریا در ارتفاعات انگوران (کوه بلقیس) و حداقل آن برابر ۳۰۰ متر در پایاب رودخانه قزل‌اوزن در منطقه طارم واقع شده است. با توجه به این تغییرات ارتفاعی، اقلیم مختلفی در استان وجود دارد که در ارتفاعات دارای آب‌وهوای سرد کوهستانی، زمستان‌های پربرف و سرد و در تابستان معتدل و خشک و در دره‌های قزل‌اوزن دارای آب‌وهوای معتدل‌تر بوده و دارای زمستان‌های معتدل و تابستان‌های نسبتاً گرم است. کاربری دیم و سپس مرتع بیشترین سطح را در استان به خود اختصاص داده‌اند. ناحیه مورد مطالعه در بخش غربی سلسله جبال البرز که خود قسمتی از چین‌خوردگی آلپ-همالیاست، واقع شده است. این ناحیه از نظر توپوگرافی به ۷ بخش مشابه و یکسان با روند عمومی شمال غرب - جنوب شرق تقسیم‌بندی می‌شود و از شمال شرق به سمت جنوب غرب استان زنجان به‌قرار زیر است (پیروان و همکاران، ۱۳۹۰):

۱- رشته‌کوه‌های طالش در مرحله تکاملی از نظر فرسایش، هوازدهی و آب‌بریدگی، ۲- دره رودخانه قزل‌اوزن، ۳- رشته‌کوه‌های طارم در مرحله تکاملی از نظر فرسایش، هوازدهی و آب‌بریدگی، ۴- دشت ابهر - زنجان، ۵- رشته‌کوه‌های سلطانیه، ۶- دشت کاوند-دوتپه و ۷- تپه‌های سعیدآباد-کرسف

رودخانه قزل اوزن در دره واقع بین رشته‌کوه‌های طارم و تالش جریان دارد و رودخانه زنجان رود در دشت ابهر-زنجان یکی از شاخه‌های اصلی آن است. رشته‌کوه‌های تالش دارای واحدهای سنگی عمدتاً قدیمی دوران اول و دوم و نیز دگرگونی‌های قدیم‌تر از دوران اول است. در دره قزل‌اوزن نهشته‌های مارنی نئوژن به‌صورت تپه‌ماهوری و چهار تراس رودخانه‌ای مشاهده می‌شود. بخشی از مسیر رودخانه قزل‌اوزن از واحدهای توفی و آتشفشانی ائوسن کوه‌های طارم عبور می‌کند. عمده سازندهای قدیمی پرکامبرین و دگرگون‌شده در رشته‌کوه‌های سلطانیه برونزد دارند. نهشته‌های کرتاسه و مارن‌های نئوژن بخش عمده تپه‌های سعیدآباد-کرسف را در گوشه جنوب غربی استان در مرز با کردستان پوشش می‌دهد. این تپه‌های متشکل از سازندهای آهکی کرتاسه عمدتاً چین‌خورده و به‌شدت تحت تأثیر فرایندهای تکتونیکی خردشده‌اند.

با جمع‌آوری منابع علمی، بررسی آن‌ها و جمع‌آوری نقشه‌ها، تصاویر ماهواره‌ای و سایر داده‌های موردنیاز، به‌منظور بررسی فرسایش در استان، مدل EPM انتخاب شد. برای تهیه نقشه حساسیت خاک و سنگ به فرسایش (Y) با بهره‌گیری از نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی و بازمینی و انجام اصلاحات، نقشه حساسیت سازندها و نهشته‌های غیر متراکم با روش پیروان و شریعت جعفری (۱۳۹۱)، تولید شد. به‌منظور اجرای مدل، ابتدا با استفاده از فناوری‌های سنجش‌ازدور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، لایه‌های واحدهای اراضی، حساسیت زمین‌شناسی و کاربری اراضی ترکیب و واحدهای کاری موردنیاز به‌صورت رقومی تهیه شد. سپس به کمک بازبیدیهای صحرائی از واحدهای کاری نمونه (۲۰٪ کل واحدها و ۷۰ نقطه)، خصوصیات ازجمله نوع کاربری و ضریب استفاده از زمین، شدت و اشکال فرسایش برای هر واحد تعیین و به واحدهای مشابه تعمیم داده شد. برای عامل بارندگی و دما هم از نقشه درازمدت خطوط هم بارش و هم‌دمای سالیانه کشور استفاده شد. بر اساس روش مدل مذکور نقشه ضریب فرسایش (Z) و سپس فرسایش ویژه (Wsp) تهیه گردید (رفاهی ۱۳۸۵ و بیات و همکاران ۱۳۹۱). نقشه‌های واحدهای اراضی و زمین‌شناسی به‌عنوان نقشه‌های پایه مورد استفاده و بر اساس آن‌ها میزان فرسایش از نتیجه مدل استخراج، بر اساس جدول طبقات فرسایش رفاهی (۱۳۸۵) طبقه‌بندی و تحلیل شد.

نتایج و بحث

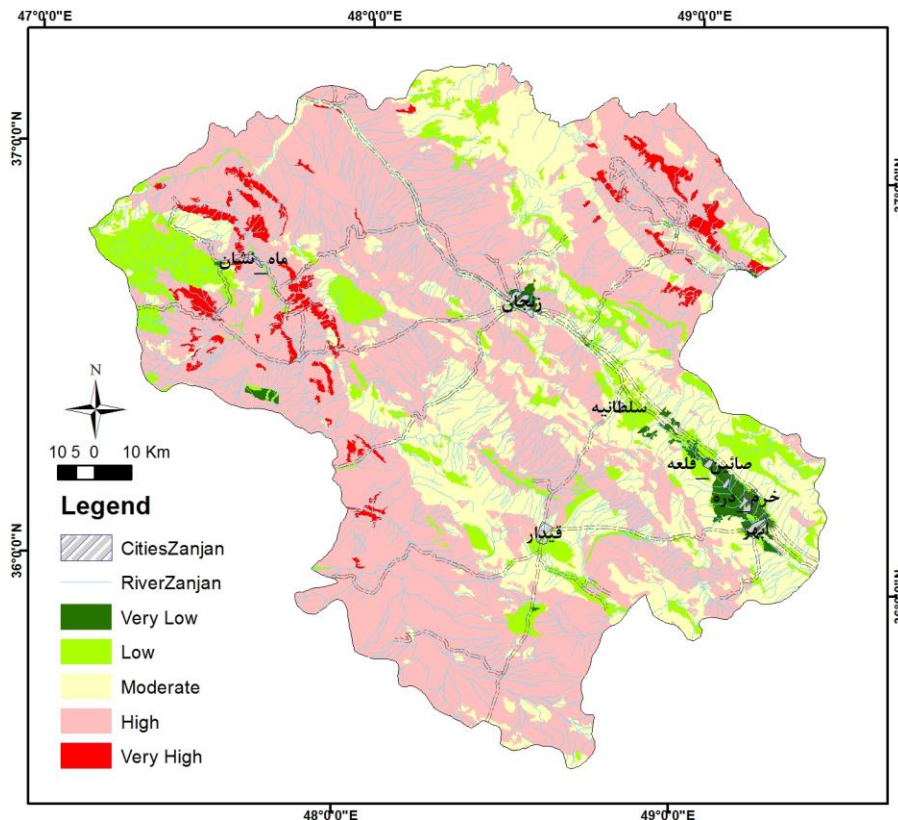
نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد از آنجایی که نزدیک به ۶۰ درصد مساحت استان زنجان در طبقه فرسایشی با شدت زیاد قرار دارد (شکل ۲)، میانگین وضعیت شدت فرسایش کل استان نیز با فرسایش حدود ۹ تن در هکتار در سال در طبقه با شدت زیاد ارزیابی می‌شود (جدول ۱). در استان لرستان که شباهت‌هایی طبیعی با زنجان دارد (بیات و همکاران ۱۳۹۰) نیز شرایط نسبتاً مشابهی مشاهده شد. از نظر لیتولوژی این بخش از استان شامل آبرفت‌های مارنی دره قزل‌اوزن در طارم علیا، آبرفت‌ها و آبرفت‌های مارنی منطقه ماهنشان و دشت کاوند دوتپه است. اراضی با فرسایش خیلی کم بیشتر در اطراف شهرها واقع شده‌اند و نیز شامل مناطق صنعتی می‌شوند. طبقه با فرسایش زیاد در دره قزل‌اوزن در طارم علیا شامل تپه‌ماهورهای مارنی نئوژن و نیز مارن‌های منطقه دشت ماهنشان و دشت کاوند-دوتپه و تپه‌های خردشده واحدهای سنگی کرتاسه در تپه‌های سعیدآباد-کرسف است (شکل ۱). نتایج بدست‌آمده از تحقیق حاضر در زمینه معرفی سازندهای زمین‌شناسی حساس استان زنجان با بررسی‌های انجام‌شده توسط عبدی (۱۳۸۲) به کمک شبیه‌ساز باران همخوانی خوبی نشان می‌دهد. سازندهای مارنی ائوسن، مارن الیگوسن (سازند قم)، مارن میوسن (سازند قرمز بالایی) و مارن‌های پلیوسن در تحقیق عبدی‌نژاد (۱۳۸۲) در رده سازندهای خیلی حساس به فرسایش طبقه‌بندی شده‌اند.

جدول ۱. مشخصات وضعیت فرسایش در استان زنجان

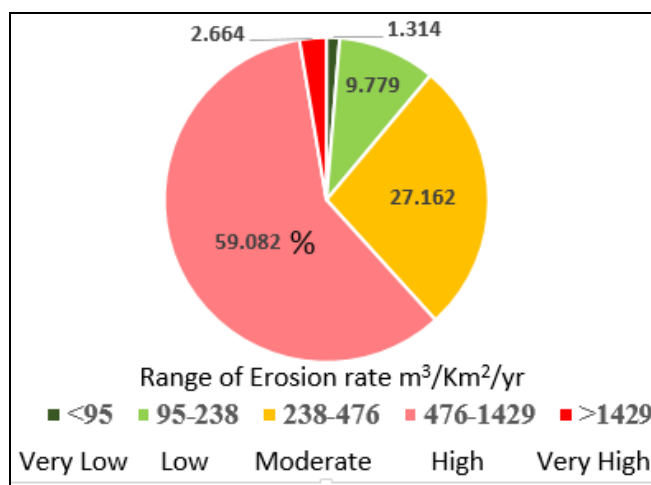
نوع لایه	حداقل	حداکثر	میانگین	دامنه تغییرات
شدت فرسایش ($m^3/km^2/y$)	۰	۳۷۷۸	۶۷۴	۴۱۴
ضریب فرسایش (Z)	۰	۱/۹۸	۰/۶۷	۰/۲۷

همچنین ده اولویت اول لایه‌های منابع اراضی (واحد اراضی) که از نظر شدت فرسایش در بالاترین مقدار قرار دارند در جدول ۲ معرفی شده‌اند و در مجموع بالغ بر ۳۲ درصد مساحت استان را شامل می‌شوند. جدول ۳ نیز اولویت‌های ده‌گانه سازندهای زمین‌شناسی از نظر شدت فرسایش را نشان می‌دهد که سطحی معادل ۱۴ درصد استان را دربر می‌گیرد که در صورت تجمیع تا اولویت بیستم به ۴۴ درصد هم می‌رسد. فتحی زاد و همکاران

(۱۳۹۵) نیز نشان دادند که حساسیت واحدهای زمین‌شناسی به فرسایش نقش به‌سزایی در تولید رسوب دارد، علاوه بر این با توجه به عدم مدیریت برخی عوامل، تکیه بر عوامل مستقل و ویژگی‌های ذاتی منطقه، گزینه مطمئن‌تری برای تعیین اولویت‌ها است. واعظی و قره داغلی (۱۳۹۲) نیز بیان کردند که در واحدهای ماری که داری رس و نمک بالایی هستند، پتانسیل تولید رسوب بیشتر است.



شکل ۱- توزیع طبقات شدت فرسایش در سطح استان زنجان



شکل ۲- فراوانی طبقات شدت فرسایش در استان زنجان

جدول ۲- اولویت‌های ده‌گانه لایه‌های منابع اراضی از نظر شدت فرسایش

اولویت	کد واحد	توصیف تیپ اراضی	شدت فرسایش $m^3/km^2/y$
1	2.9	تپه‌های کم ارتفاع بریده‌بریده، گسسته و فرسایش یافته (مخروبه) و بریدگی‌های زیاد	1340
2	1.2	کوه‌های بسیار مرتفع با قله تیز و کشیده اکثر بدون پوشش خاکی و یا با خاک‌های بسیار کم‌عمق همراه با بیرون‌زدگی‌های سنگی زیاد	1043
3	3.2	تراس‌های فوقانی با پستی‌وبلندی متوسط تا زیاد، متشکل از واریزه‌ها و آبرفت‌های بادبزنی شکل سنگریزه دار همراه با فرسایش آبی و خاک کم‌عمق تا نیمه عمیق سنگریزه دار با بافت سبک تا متوسط است.	1001
4	2.1	تپه‌های نیمه مرتفع تا مرتفع با قله تیز و سنگی و گاهی مدور، اغلب فاقد خاک یا با خاک‌های خیلی کم‌عمق غیریکنواخت و سنگریزه دار با بافت سبک تا نسبتاً سنگین	929.7
5	1.8	شامل کوه‌های کم ارتفاع تا نسبتاً مرتفع فرسایش یافته، بریده‌بریده و متشکل از مواد مارنی، گچی، آهکی، ماسه‌سنگی، نمکی و رسی، دارای رخنمون‌های سنگی پراکنده و آبراهه‌های فرسایشی متعدد است. خاک کم‌عمق تا متوسط و بافت متوسط و در برخی دره‌های این مناطق خاک‌های شور وجود دارد.	890.9
6	2.1	دربرگیرنده تپه‌های نیمه مرتفع تا مرتفع با قله تیز و سنگی و گاهی مدور	884.9
7	2.2	شامل تپه‌های کم ارتفاع تا نسبتاً مرتفع با قله مدور متشکل از سنگ‌های آهکی و شیل و دارای خاک‌های کم‌عمق سنگریزه دار با بافت متوسط تا سنگین	738.8
8	3.6	تراس‌های بالایی و فلات‌های با پستی‌وبلندی متشکل از تشکیلات مواد آهکی و لسی است. دارای پوشش خاکی عمیق با بافت سنگین و تجمع مواد آهکی است.	704.9
9	2.7	تپه‌های نسبتاً کم ارتفاع و یا نسبتاً مرتفع، فرسایش یافته و اکثراً متشکل از تشکیلات مارنهای گچی، آهکی و یا نمکی، خاک کم‌عمق و با بافت سبک تا نسبتاً سنگین	687.8
10	3.3	تراس‌های فوقانی با پستی‌وبلندی متوسط تا زیاد بر روی واریزه‌ها و آبرفت‌های بادبزنی شکل سنگریزه‌دار همراه با فرسایش آبی، خاک کم‌عمق تا نیمه عمیق با بافت متوسط تا نسبتاً سنگین، همراه با لایه آهکی و در بعضی قسمت‌ها کریستال‌های گچ و یا مواد گچی و یا مارهای گچ دار در افق‌های تحتانی خاک‌ها دیده می‌شود.	686.4

جدول ۳- اولویت‌های ده‌گانه زمین‌شناسی از نظر شدت فرسایش

اولویت	کد واحد	شرح واحد لیتولوژی	امتیاز فرسایش‌پذیری سازند	شدت فرسایش $m^3/km^2/y$
1	K1-2lm	مارن قرمزرنج، تناوب مارن گچی و آهک کرتاسه	VII	2235
2	Kn1	آهک خاکستری تا سیاه‌رنگ توده‌ای کرتاسه	III	1525
3	PIQc	کنگلومرای چند منشائی با ساخت سست تا حدودی منسجم پلیوسن	VI	1432
4	Plc	کنگلومرای ماسه‌سنگ و گل‌سنگ با انسجام کم تا متوسط پلیوسن	VI	1398
5	Pz2mt2	آمفی‌بولیت و سنگ‌های دگرگونی پالئوزوئیک	V	1304
6	Ng ₁ C	نهشته‌های کنگلومرایی قرمزرنج میوسن در قاعده مارن‌های نئوژن	V	1267
7	Mm,s,l	مارن و ماسه‌سنگ میوسن	VI	1221
8	Mur	مارن‌های قرمز بالایی میوسن	VI	1131
9	OMml	مارن و آهک سازند قم دوره الیگومیوسن	VI	1118
10	Murm	مارن‌های قرمز بالایی میوسن	VI	1066

نتیجه‌گیری

در این تحقیق مناطق پرخطر استان از منظر میزان فرسایش و تولید رسوب بر اساس دو عامل لیتولوژی و واحد اراضی مشخص شد. حساس‌ترین واحدهای اراضی به فرسایش در سطح استان زنجان شامل واحدهای تپه‌ماهوری، واحد اراضی تراس و مخروط افکنه‌ای و کوه‌های مرتفع تا نیمه مرتفع با واحدهای سنگی خردشده و چین‌خورده است. واحد تپه‌ماهوری دربرگیرنده تپه‌های کم ارتفاع بریده‌بریده، گسسته و فرسایش یافته (مخروبه) و بریدگی‌های زیاد است که به‌خوبی از لیتولوژی منطقه تبعیت می‌کند. عمده این تپه‌ماهورها در واحدهای مارنی نئوژن حساس به فرسایش آبی و نهشته‌های کرتاسه خردشده در تپه‌های سعیدآباد-کرسف دیده می‌شود. اراضی حساس به فرسایش در واحدهای اراضی پادگانه‌های آبرفتی و دشتی عمدتاً به آبرفت‌های مارنی منطقه متعلق است. به‌طورکلی سازندهای مارنی نئوژن (Mur، Mm,s,l، Murm) مارنی سازند قم (OMml) و واحدهای سنگی خردشده و چین‌خورده کرتاسه (Kn1، K1-2lm)، واحدهای آبرفتی کواترن متاثر از اراضی مارنی (Plc، PIQc)، آمفی‌بولیت و سنگ‌های دگرگونی پالئوزوئیک (Pz2mt₂) و نهشته‌های کنگلومرایی قرمزرنج میوسن در قاعده مارن‌های نئوژن (Ng₁C) بر اساس برآوردهای مدل تجربی EPM بالاترین درجه تولید

رسوب در سطح استان زنجان را به خود اختصاص داده‌اند. بر اساس بررسی‌های انجام‌شده، همخوانی بسیار تنگاتنگ بین نوع واحد زمین‌شناسی حساس به فرسایش و نوع واحد اراضی نمایان است. به‌بیان‌دیگر میزان فرسایش به واحدهای اراضی و به لیتولوژی به‌عنوان مواد مادری خاک و به میزان حساسیت به فرسایش و درجه خاک‌زایی بستگی دارد. به دلیل فرسایش‌پذیری زیاد این واحدهای سنگی حساس و غلبه فرسایش آبی به اشکال مختلف در آن‌ها، تیپ اراضی این‌گونه پهنه‌ها عمدتاً به‌صورت تپه‌ماهورهای یا تراس‌های کم ارتفاع و فرسوده دیده می‌شوند. در مقابل عوامل فرساینده که قابلیت کنترل و مدیریت کمتری دارند، نقش مواد مادری و خاک روی آن و موقعیت قرار گرفتن آن‌ها در مورفولوژی‌های مختلف بسیار مهم است. با توجه به ویژگی‌های واحدهای اراضی که مورفولوژی و شیب و مواد مادری در تفکیک آن‌ها نقشه داشته، می‌توان انتظار داشت که این اولویت‌بندی برای مدیریت فرسایش خاک در استان مفید باشد.

منابع:

- بیات ر.، جعفری اردکانی ع. و شاه کرمی ع. ۱۳۹۰. بررسی وضعیت فرسایش در استان لرستان به کمک RS و GIS. فصلنامه علمی پژوهشی اکوسیستم‌های طبیعی ایران. سال ۲ شماره ۲. صص ۳۷-۴۴.
- بیات، ر.، ۱۳۷۸. بررسی کارایی مدل‌های MPSIAC و EPM در برآورد فرسایش و رسوب حوزه آبخیز طالقان به کمک GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، ۱۲۸ صفحه.
- بیات، ر.، ا. سررشته‌داری، ع. جعفری اردکانی و ر. سکوتی اسکویی. ۱۳۹۱. شبیه‌سازی تأثیر مدیریت کاربری اراضی بر فرسایش خاک حوزه آبخیز دریاچه ارومیه. نشریه مهندسی و مدیریت آبخیز، ۴ (۳): ۱۱۸-۱۲۷.
- پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور. ۱۳۸۶. گزارش بررسی فرسایش حوزه آبخیز سفیدرود، پروژه سیمای حوزه‌های آبخیز کشور.
- پیروان، ح. ر. و شریعت جعفری، م. ۱۳۹۲. ارائه روشی جامع برای تعیین فرسایش‌پذیری واحدهای سنگی با نگرشی بر زمین‌شناسی ایران، فصلنامه علمی - پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۵، شماره ۳، صفحات ۱۹۹-۲۱۳.
- پیروان، ح. ر.، جعفری اردکانی، ع.، شریعت جعفری، م. و ج. قدوسی. ۱۳۹۰. بررسی عوامل زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی موثر بر پدیده پیچانوردی رودخانه قزل‌اوزن، گزارش طرح پژوهشی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- رفاهی، ح. ۱۳۸۵. فرسایش آبی و کنترل آن. دانشگاه تهران، ۵۵۰ صفحه.
- عبدی نژاد پ.، فیض نیا س. و پیروان ح. ر. ۱۳۹۰. ارزیابی شدت فرسایش واحدهای ماری استان زنجان با استفاده از مدل EPM و GIS هفتمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط‌زیست ایران دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود.
- عبدی نژاد پ.، فیض نیا س. و پیروان ح. ر. ۱۳۹۷. تأثیر توپوگرافی، شیب و اقلیم بر میزان تولید رواناب در اراضی ماری استان زنجان با استفاده از شبیه‌ساز باران. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۹ (۱۷)، صص ۱۹۳-۲۰۵.
- عبدی نژاد، پ. ۱۳۸۲. پهنه بندی اولویت و پتانسیل شدت فرسایش در اراضی حوزه آبخیز زنجانرود با استفاده از GIS. مجموعه مقالات همایش ژئوماتیک. سازمان نقشه‌برداری کشور. ۱۷۸ صفحه.
- فتحی‌زاد ح.، ح. کریمی و توکلی م. ۱۳۹۵. نقش حساسیت به فرسایش سازندهای زمین‌شناسی در فرسایش و تولید رسوب (مطالعه موردی: زیر حوزه‌های رودخانه دویرج استان ایلام). پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز سال هفتم / شماره ۱۳.
- فیض نیا، سادات. ۱۳۷۴. مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش در اقالیم مختلف ایران. مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۴۷، صفحه ۹۵ تا ۱۱۶.
- واعظی ع. و وطنی ا. ۱۳۹۴. تعیین فرسایش‌پذیری شیاری در برخی خاک‌های استان زنجان تحت باران شبیه‌سازی‌شده. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک / سال نوزدهم / شماره هفتادویکم. صص ۵۹-۶۷.
- واعظی ع.، بیات ز. و فرومدی م. ۱۳۹۷. بررسی شاخصه‌های فرسایش سطحی خاک و ارتباط آن‌ها با خصوصیات دامنه در مراتع منطقه نیمه‌خشک. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال هفتم، شماره چهارم. صص ۲۵-۳۷.
- واعظی، ع. ر. و قره داغلی، ح. ۱۳۹۲. کمی‌سازی گسترش فرسایش شیاری در خاک‌های ماری در حوزه آبخیز زنجانرود در شمال غرب زنجان. نشریه آب و خاک، ۲۷: ۸۸۱-۸۷۲.



16th Iranian Soil Science Congress



University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil and sediment erosion in marl formations of Zanjan
Study of soil erosion in Zanjan province with regard to land resources and geological formations

Bayat^{*1} R., Peyrowan², H.R., Noroozi, A.A.³

- ¹ Assistant Prof. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Extension and Education Organization, Iran
- ² Associate Prof. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Extension and Education Organization, Iran
- ³ Associate Prof. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Extension and Education Organization, Iran

Abstract

A special erosion rate map (WSP) was prepared for Zanjan province using EPM model. The most sensitive land units to erosion include the hill slop, terraces and flood plains and high elevation mountains with crushed and folded rock in Zanjan province. The hill slops contains hollows, low cut, discrete and eroded (drooping) hills and large cuts that follow the lithology of the area. Most of this hill is seen in Neogene marl units susceptible to erosion and Cretaceous deposits crushed in Said Abad-Karsaf hills. Susceptible land to erosion in the land units of alluvial and fluvial plain mainly belong to the alluvials marl of the region. In general, Marengi Neogene formations (Murm, Murm, Mm, S, L) marl of Qom Formation (OMml) and Cretaceous crushed and crowned rock units (K1-2lm, Knl), quaternary alluvial units affected by marl lands (PIQc, Plc), amphibolite and Paleozoic metamorphic rocks (Pz₂mt₂) and Miocene basal conglomerate (Ng₁C), based on experimental model EPM estimates, have the highest degree of sediment production in Zanjan province. There was a very close relation between the type of geological unit sensitive to erosion and the type of land unit. In other words, the state of erosion rate is depend on diversity of land units and lithology as soil parent material.

Keywords: Soil Resource, Susceptible Land, Sediment, EPM Model

* Corresponding author, Email: bayat@scwmri.ac.ir

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

تعیین عوامل مؤثر بر تولید رواناب و رسوب در نوارهای کشت گندم در کشتزارهای دیم

جلال حیدری^۱، علی‌رضا واعظی^۲، محمد امیر دلاور^۳^۱ دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان^۲ استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان^۳ دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

چکیده

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک متغیرهای مهمی در فرآیند تولید رواناب و رسوب هستند. این پژوهش با هدف شناسایی مهمترین ویژگی‌های خاک مؤثر بر تولید رواناب و رسوب در اراضی کشاورزی دیم در جویچه‌های تحت شرایط آیش انجام گرفت. برای این منظور سه کشتزار دیم تحت آیش انتخاب شد و در هر زمین شیارهایی به طول ۵ متر به وسیله تراکتور و دستگاه شخم ایجاد شد. بررسی تولید رواناب و رسوب با استفاده از دبی جریان برابر ۱/۵ لیتر بر دقیقه به مدت ۶۰ دقیقه در سه تکرار انجام گرفت و نمونه‌های مربوط به رواناب در ظرفی جداگانه تهیه و مقدار رواناب و رسوب اندازه‌گیری شد. در نهایت با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی چندگانه به کمک نرم‌افزار SPSS ارتباط این عوامل با تولید رواناب و رسوب مورد بررسی قرار گرفت و مدل‌های نهایی برآورد رواناب و رسوب ارائه شد. نتایج نشان داد که تولید رواناب و رسوب همبستگی منفی و معنی‌دار با متغیرهای شن، رس، ماده آلی و نسبت رس به سیلت با تولید رواناب و رسوب دارند ($p < 0.01$) و در مقابل همبستگی مثبت و معنی‌دار با سیلت ($p < 0.01$) و جرم مخصوص ظاهری خاک ($p < 0.05$) دارد. نتایج تجزیه رگرسیون خطی چندگانه نشان داد که با بهره‌گیری از متغیرهای ماده آلی خاک و درصد سیلت می‌توان میزان تولید رواناب و رسوب را به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۹۷۴ و ۰/۹۱۳ برآورد نمود.

کلمات کلیدی: ویژگی‌های خاک، رواناب، رسوب، رگرسیون خطی چندگانه

مقدمه

فرسایش خاک و پیامدهای ناشی از آن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست محیطی، تهدید کننده جدی منابع آب و خاک به‌شمار می‌رود (Ekwue و همکاران، ۲۰۰۹). بر اساس تحقیقات انجام گرفته، سالیانه چند میلیون هکتار از اراضی کشاورزی بر اثر فرسایش نابود می‌شود که در نهایت منجر به فقیر شدن خاک و متروک شدن مزارع می‌شود. در این راستا، فرسایش شیاری به عنوان یکی از اجزاء مهم فرسایش خاک، به ویژه در دامنه‌های تحت کشت است. این فرسایش در نتیجه تمرکز رواناب روی دامنه به وجود می‌آید (Li و همکاران، ۲۰۱۰). شیارها جوی‌های کوچکی هستند که در دامنه‌های حساس به فرسایش به عنوان منبع تولید و انتقال رسوب عمل می‌کنند. وجود سازندهای حساس به فرسایش و در نتیجه فرسایش‌پذیری خاک بالا و پوشش گیاهی ضعیف شرایط را برای وقوع جریان‌های متمرکز روی دامنه‌ها به ویژه به هنگام بارندگی‌های شدید فراهم می‌آورد (Vaezi and Gharehdaghlil, 2013). به‌طور کلی فرسایش شیاری متمرکز تحت تأثیر وضعیت توپوگرافی (تندی، طول و جهت)، الگوهای گیاهی، میکروتوپوگرافی طبیعی، خصوصیات هیدرولیکی جریان و ویژگی‌های خاک قرار می‌گیرد (Emmett, 1987). شیارهایی که طی عملیات خاکورزی در اراضی شیب‌دار به موازات شیب ایجاد می‌شوند، به عنوان آبراه‌های مصنوعی هستند که رواناب در آن‌ها تمرکز یافته، منجر به فرسایش خاک و تشکیل فرسایش شیاری می‌شود. فرسایش شیاری در اراضی کشاورزی خود را به صورت فرسایش جویچه‌ای نشان می‌دهد که در جویچه‌های حاصل از شخم در اثر آبیاری سطحی و یا رواناب حاصل از بارندگی ایجاد می‌شود. بنابراین پیش‌بینی فرسایش خاک در دامنه‌ها نیازمند آن است که درک درستی از فرسایش شیاری و عوامل مؤثر بر آن به دست آید. در زیر برخی از پژوهش‌های صورت گرفته در داخل و خارج از کشور در ارتباط با ویژگی‌های خاک مؤثر بر رواناب و رسوب ارائه شده است.

بررسی‌های مختلفی در مورد عوامل مؤثر بر فرسایش شیاری در سراسر دنیا انجام گرفته است. نتایج بررسی‌های Casermeiro و همکاران (۲۰۰۴) نشان داد که بیشتر متغیرهای اندازه‌گیری شده در خاک، همبستگی ضعیفی را با میزان فرسایش نشان داده، در مقابل نوع پوشش گیاهی و درصد ماده آلی خاک را به عنوان عامل‌های اصلی کنترل‌کننده فرسایش بیان کردند. Vahabi و Nikkami (۲۰۰۸) به بررسی اثر بافت خاک، رطوبت اولیه خاک، شیب و پوشش گیاهی در میزان رسوب تولیدی در حوضه آبخیز طالقان پرداختند. نتایج بیانگر آن بود که رسوب تولیدی همبستگی منفی را پوشش گیاهی داشته است. همچنین درصد رس، سیلت و رطوبت اولیه خاک دارای همبستگی مثبت و رصد ذرات شن نیز همبستگی منفی با میزان

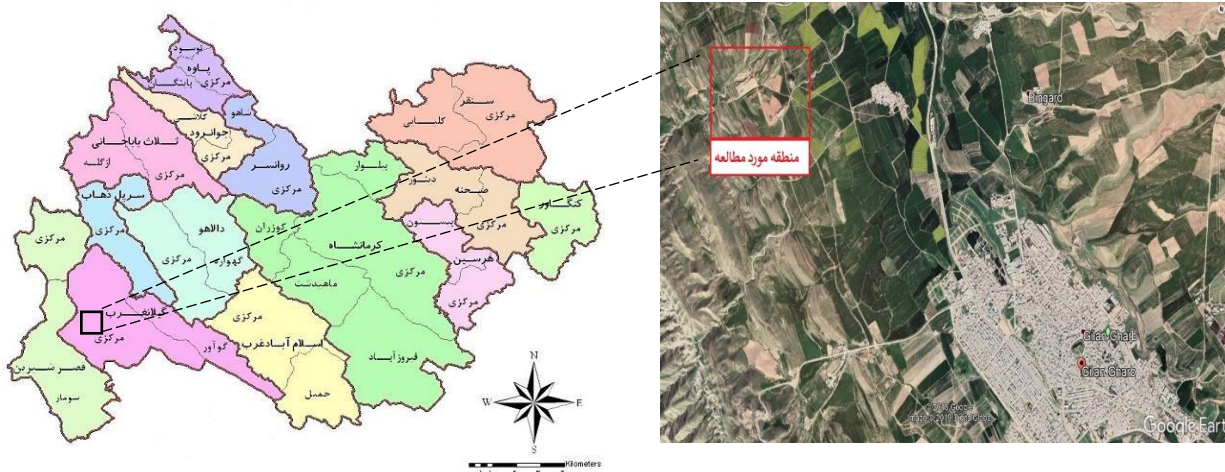
رسوب تولیدی نشان داده است. در مطالعه‌های واعظی و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی نقش شیب و ویژگی‌های خاک در ایجاد فرسایش شیاری در دامنه‌ها مشاهده کردند که غیر از طول شیار، سایر ویژگی‌های شیار تفاوت معنی‌دار بین دامنه‌ها داشتند. همچنین تفاوتی معنی‌دار بین خاک شیارها از نظر شن، سیلت، رس، هدایت هیدرولیکی اشباع و درصد سدیم تبدلی وجود داشت. مساحت مقطع عرضی شیار هم بستگی معنی‌دار با تندی شیب، سیلت، رس و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک داشت. مقدار مساحت مقطع عرضی شیار در دامنه‌هایی که دارای تندی شیب بالاتری بوده یا در دامنه‌هایی که دارای خاکی با ذرات سیلت و رس بیش‌تری بودند، بالاتر بود. تندی شیب مهم‌ترین خصوصیت توپوگرافی بود که حدود ۲۰ درصد از تغییرات فرسایش شیاری در دامنه‌ها را تحت تأثیر قرار داد. افزایش چگالی ظاهری خاک اثر زیادی در کاهش نفوذپذیری خاک و در نتیجه افزایش رواناب دارد (Adekalu و همکاران، ۲۰۰۶). یافته‌ها در زمینه ارتباط بین ماده آلی خاک و مقدار رواناب مشخص کرد که افزایش ماده آلی موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب و نفوذپذیری خاک و در نتیجه کاهش حجم رواناب (Siegrist و همکاران، ۱۹۹۸) و نیز مانع فروپاشی خاکدانه (Emadi و همکاران، ۲۰۰۹)، بهبود ساختمان خاک (Troeh و همکاران، ۱۹۹۹) و در نهایت، کاهش فرسایش می‌شود. Chen و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که EC تأثیری بر مقدار رواناب و رسوب ندارد در حالی که pH خاک تأثیر معنی‌داری بر مقدار رواناب و رسوب دارد و با افزایش آن، مقدار رواناب کاهش می‌یابد.

آگاهی از مقدار رواناب و همچنین جلوگیری از فرسایش خاک هدف مهمی در مدیریت و حفاظت از منابع طبیعی به‌شمار می‌رود. از این‌رو بررسی رواناب و عوامل تأثیرگذار بر آن، به عنوان یکی از فرایندهای اصلی فرسایش خاک، ضرورت دارد. یکی از متغیرهای مهم و شایان توجه در رخداد رواناب و فرسایش خاک، ویژگی‌های خاک است. علیرغم این که در دهه‌های گذشته تلاش‌های زیادی در زمینه کمی کردن فرسایش شیاری در اراضی کشاورزی انجام شده است، لیکن این پدیده به علت پیچیدگی زیاد همچنان ناشناخته باقی مانده است. در ایران نیز تاکنون پژوهش‌های اندکی در ارتباط با فرسایش شیاری و فرایندهای تولید رواناب و رسوب صورت گرفته است. بنابراین ضرورت کسب اطلاعات بیشتر و کامل‌تر درباره فرسایش شیاری به عنوان آغازین مرحله فرسایش‌های درون آبراه‌های جهت مدیریت و به حداقل رساندن هدر رفت خاک ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا، شناخت و عملکرد فرسایش شیاری و مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر رواناب و رسوب ناشی از آن در اراضی کشاورزی، جهت مدیریت و به حداقل رساندن هدر رفت خاک، ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در ۱۰ کیلومتری شهرستان گیلانغرب، در جنوب غربی استان کرمانشاه با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۷ دقیقه واقع است (شکل ۱). آزمایش در سه کشتزار دیم تحت آبیاری انجام شد. در هر زمین در هر منطقه شیارهایی (طول ۵ متر، عرض ۳۰ سانتیمتر و عمق ۳۰ سانتیمتر) به وسیله تراکتور و دستگاه شخم ایجاد شد. برای بررسی تولید رواناب و رسوب از دبی جریان برابر ۱/۵ لیتر بر دقیقه با توجه به حداکثر شدت باران منطقه طی دوره ۳۰ ساله و طول مدت آن استفاده شد. در بازه زمانی ۶۰ دقیقه نمونه‌های مربوط به رواناب در ظرفی جداگانه تهیه و مقدار رواناب و رسوب اندازه‌گیری شد (شکل ۲). آزمایش در سه تکرار برای هر شیار انجام گرفت. از آن‌جا که مشخصات هیدرولیکی جریان و حتی جدا شدن ذرات بسیار حساس به رطوبت اولیه خاک می‌باشند، برای این منظور قبل از شروع آزمایش، شیارها اشباع شده و ۲۴ ساعت بعد که خاک به ظرفیت مزرعه رسید، آزمایش شروع شد.

نمونه‌های خاک پس از برداشت خشک و پس از عبور دادن از الک ۲ میلیمتری به آزمایشگاه منتقل شد. با انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه، تجزیه‌های مختلف بر روی آن‌ها صورت گرفت. بافت خاک، چگالی ظاهری خاک، هدایت الکتریکی، اسیدیته خاک، ماده آلی خاک و درصد کربنات کلسیم معادل با روش‌های رایج آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد.



شکل ۱. موقعیت محدوده مورد مطالعه واقع در استان کرمانشاه، شهرستان گیلانغرب

پس از جمع‌آوری و ثبت داده‌ها در محیط نرم‌افزاری Excel برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SPSS 16 استفاده شد. در نخستین مرحله نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک در SPSS انجام شد. سپس از روش همبستگی خطی پیرسون میزان تأثیر و معنی‌داری هر یک از متغیرهای فیزیکی و شیمیایی خاک بر میزان رواناب و رسوب تولیدی مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت با بهره‌گیری از متغیرهای مؤثر بر رواناب و رسوب اقدام به گسترش مدل‌های چند متغیره خطی برای برآورد رواناب و رسوب شد.



شکل ۲. نمایی از آزمایش تولید رواناب و رسوب در شیارهای ایجاد شده

نتایج و بحث

نتایج تجزیه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک زمین‌های مورد بررسی در جدول (۱) ارائه شده است. خاک‌های مورد آزمایش در منطقه مورد مطالعه در کلاس بافتی لوم سیلنتی (Silt Loam) قرار می‌گیرند. توزیع اندازه ذرات خاک نشان دهنده مقادیر بالای سیلت (میانگین ۵۴/۸ درصد) نسبت به شن و رس (به ترتیب میانگین ۲۹/۸ و ۱۵/۴ درصد) در اراضی کشاورزی دیم منطقه مورد مطالعه بود. با توجه به حساسیت بالای ذره سیلت به فرسایش می‌توان گفت منطقه مورد مطالعه مستعد فرسایش آبی است. از دیگر سو مقدار ماده آلی خاک کمتر از ۱ درصد می‌باشد (میانگین ۰/۷۷ درصد) که به علت نقشی که ماده آلی در نفوذپذیری خاک و خاکدانه‌سازی دارد می‌توان گفت که میزان نفوذپذیری خاک کم می‌باشد و در نهایت می‌تواند شرایط را برای تولید رواناب و فرسایش خاک فراهم کند. در این زمینه Siegrist و همکاران (۱۹۹۸) بیان کردند که وجود ماده آلی در خاک موجب افزایش تخلخل و ظرفیت نگهداری آب و افزایش نفوذپذیری خاک و در نتیجه کاهش رواناب را به دنبال خواهد داشت. کربنات کلسیم معادل نیز

از مقادیر بالایی برخوردار است (میانگین ۳۷/۷ درصد) و خاک کشتزارها جزء خاک‌های آهکی به شمار می‌رود که این عامل می‌تواند سبب ایجاد سله سطحی شده و رواناب و رسوب خاک را افزایش دهد. Giménez و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که خاک‌های آهکی با میزان آهک عمدتاً در اندازه رس و سیلت فرسایش‌پذیری بیشتری دارند. این موضوع به حضور آهک در اندازه سیلت و عدم پایداری خاکدانه‌های بزرگ که منجر به تشکیل سله سطحی و پر شدن منافذ خاک می‌شود، ارتباط داده شده است. با توجه به میزان هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده در خاک‌های مورد بررسی (0.589 dS.m^{-1}) می‌توان گفت که این خاک‌ها غیر شور می‌باشند ($EC < 4 \text{ dS.m}^{-1}$). ضریب تغییرات متغیرهای اندازه‌گیری شده (ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک) بین ۱/۱۵ تا ۲۵/۰۶ درصد برای اسیدیته خاک (pH) و هدایت الکتریکی (EC) متغیر است. ضریب تغییرات بسیاری از ویژگی‌های خاک به استثنای ماده آلی کم است که نشان از همگن بودن خاک‌های مورد مطالعه دارد. نتایج مربوط به مقادیر اندازه‌گیری شده رواناب و رسوب در منطقه مورد مطالعه در جدول (۲) ارائه شده است. میانگین رواناب و رسوب به ترتیب ۷۵/۲۵ لیتر و ۲۷۲/۹ گرم بود. حجم رواناب بین ۲۲/۰۱ تا ۷۵/۲۵ لیتر و تولید رسوب بین ۲۲ تا ۵۶۵ گرم متغیر بود.

جدول ۱. مشخصه‌های آماری متغیرهای خاک در منطقه مورد مطالعه

متغیر	کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات (%)
شن (%)	۲۶	۳۰	۲۹/۸	۲/۸۲	۹/۴۶
سیلت (%)	۴۹	۵۹	۵۴/۸	۳/۹۷	۷/۲۴
رس (%)	۱۴	۱۸	۱۵/۴	۱/۷۲	۱۱/۲۳
نسبت رس به سیلت	۰/۲۲	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۰۴	۱۵/۶۴
اسیدیته (pH)	۷/۲۷	۷/۵۵	۷/۴۱	۰/۰۸	۱/۱۵
هدایت الکتریکی (dS.m^{-1})	۰/۴۶۵	۰/۹۳۵	۰/۵۸۹	۰/۱۵	۲۵/۰۶
چگالی ظاهری (g.cm^{-3})	۱/۴۰	۱/۵۱	۱/۴۴	۰/۰۴	۲/۵۱
ماده آلی (%)	۰/۳۴	۱/۴۳	۰/۷۷	۰/۳۲	۴۲/۱۹
کربنات کلسیم معادل (%)	۲۶/۳	۵۹/۷	۳۷/۷	۱۲/۰۷	۳۲/۰۱
سدیم تبادل (meq.lit^{-1})	۰/۴۹	۰/۹۳	۰/۶۸	۰/۱۲	۱۷/۶۶

جدول ۲. مشخصه‌های آماری رواناب و رسوب در منطقه مورد مطالعه

متغیر	کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات (%)
حجم رواناب (lit)	۲۲/۰۱	۷۵/۲۵	۵۵/۲۳	۲۱/۴۶	۳۸/۸۶
رسوب (gT)	۲۲	۵۶۵	۲۷۲/۹	۲۴۱/۷	۸۸/۵۶

به منظور شناخت ارتباط بین متغیرهای کمی اندازه‌گیری شده در خاک با میزان تولید رواناب و رسوب، ماتریس همبستگی بین متغیرها بررسی شد (جدول ۳). با توجه به نتایج همبستگی متغیرهای رس، شن، ماده آلی و نسبت رس به سیلت همبستگی منفی و معنی‌دار با میزان رواناب و رسوب دارند ($p < 0.01$). همچنین متغیرهای سیلت ($p < 0.01$) و چگالی ظاهری خاک ($p < 0.05$) همبستگی مثبت و معنی‌دار با میزان رواناب و رسوب دارند. بافت خاک یکی از مهم‌ترین خصوصیات فیزیکی مؤثر در فرایند فرسایش خاک محسوب می‌شود. با توجه به همبستگی منفی شن با رواناب، با افزایش درصد شن، نفوذپذیری خاک افزایش می‌یابد و از این رو رواناب کمتری تولید می‌شود. از طرفی دیگر، ذرات شن به رغم چسبندگی کم و جدا شدن آسان به علت وزن بیشتر نسبت به سایر ذرات خاک در برابر انتقال توسط رواناب مقاومت می‌کنند و در نتیجه رسوب کمتری تولید می‌شود. تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که خاک‌های دارای درصد بالای شن به دلیل داشتن سرعت نفوذ آب بیشتر، رواناب کمتر و در نهایت رسوب کمتری تولید می‌کنند (Santos و همکاران، ۲۰۰۳).

بخش سیلت خاک از نظر جدا شدن و انتقال توسط رواناب در حد واسط شن و رس قرار می‌گیرد و با توجه به همبستگی مثبت ذرات سیلت با رواناب و رسوب می‌توان بیان کرد که با افزایش درصد سیلت هم میزان فرسایش افزایش می‌یابد و هم بعلا سله سطحی میزان رواناب و در نهایت میزان رسوب بیشتر می‌شود. این نتایج با یافته‌های شریدان و همکاران (۲۰۰۰) مطابقت دارد. یکی دیگر از عوامل مؤثر در تولید رواناب و رسوب ماده

آلی خاک است که بعلت مقادیر کم ماده آلی در خاک‌های مورد بررسی، میزان نفوذ آب به خاک کم بوده و در نتیجه رواناب افزایش می‌یابد. همبستگی مثبت ماده آلی خاک در میزان نفوذ و کاهش رواناب نیز دریافته‌های Bhupinderpal-Singh و همکاران (۲۰۰۴) و Arnau-Rosalen و همکاران (۲۰۰۸) نشان داده شده است. ضریب همبستگی بین چگالی ظاهری خاک و رواناب نشان داد که با افزایش چگالی ظاهری خاک، میزان رواناب افزایش خواهد یافت. در واقع افزایش فشردگی سطح خاک موجب کاهش نفوذپذیری خاک شده و در نتیجه موجب می‌شود که حجم بیشتری از رواناب جاری شود. کاویان و همکاران (۱۳۸۹)، Masri و Ryan (۲۰۰۶) و Adekalu و همکاران (۲۰۰۷) از جمله محققانی بودند که در بررسی‌های خود به ارتباط مثبت چگالی ظاهری خاک با میزان رواناب و رسوب اشاره کردند. نسبت رس به سیلت را می‌توان به عنوان شاخص مقاوت خاک در برابر فرسایش شیاری دانست؛ به این گونه که ذره رس مقاوم در برابر فرسایش و در مقابل ذره سیلت حساس به فرسایش است. همانگونه که در جدول (۳) مشاهده می‌شود نسبت رس به سیلت با رواناب و رسوب همبستگی منفی و معنی دار دارد ($p < 0.01$) به این معنی که با کاهش این نسبت مقاوت خاک در برابر فرسایش کاهش یافته و در نتیجه میزان رواناب و رسوب تولیدی بیشتر می‌شود.

جدول ۳. ضریب همبستگی بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و رواناب و رسوب در منطقه مورد مطالعه

Sediment	Runoff	Na	CaCO ₃	OM	Ec	pH	BD	Clay/Silt	Clay	Silt	Sand
											۱
										۱	۰/۹۲**
									۱	۰/۷۸**	۰/۴۹
								۱	۰/۹۱**	۰/۸۷**	۰/۸۷**
							۱	۰/۶۹*	۰/۷۲**	۰/۶۶*	۰/۴۸
						۱	۰/۴۲	۰/۰۲	۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۰۳
					۱	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۵
				۱	۰/۱۹	۰/۱۵	۰/۶۷*	۰/۸۸**	۰/۸۶**	۰/۷۶*	۰/۵۵
			۱	۰/۰۶	۰/۴۹	۰/۳۷	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۱۲
		۱	۰/۵۳	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۷۷**	۰/۵۵	۰/۳۳	۰/۳۵	۰/۱۹	۰/۰۶
	۱	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۹۵**	۰/۰۰	۰/۲۳	۰/۶۷*	۰/۹۰**	۰/۹۱**	۰/۸۸**	۰/۶۶*
۱	۰/۸۷**	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۸۱**	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۵۹*	۰/۸۷**	۰/۷۷**	۰/۹۱**	۰/۸۱**

* معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد، Sand شن، Silt سیلت، Clay رس، Clay/Silt نسبت رس به سیلت، BD چگالی ظاهری، pH اسیدیته، Ec هدایت الکتریکی، OM ماده آلی خاک، CaCO₃ کربنات کلسیم، Na سدیم تبادل، Sediment رواناب، Runoff رواناب، رسوب

در تحلیل رگرسیون، میزان رواناب و رسوب به عنوان متغیرهای وابسته و متغیرهای رس، سیلت، شن، نسبت رس به سیلت، ماده آلی، چگالی ظاهری، اسیدیته، هدایت الکتریکی، کربنات کلسیم و سدیم تبادل خاک به عنوان متغیرهای مستقل بر پایه بررسی همبستگی خطی در نظر گرفته شد (جدول ۴). تحلیل داده‌ها بر اساس روش رگرسیون خطی چندگانه به روش گام به گام نشان داد که ضرایب رگرسیون برای پارامترهای مدل رواناب شامل مقدار ثابت (عرض از مبدا) و ماده آلی و سیلت به ترتیب $-۸/۲۰۵$ ، $-۴۶/۰۶۳$ و $۱/۸۰۱$ است. همچنین ضرایب رگرسیون برای پارامترهای مدل رسوب شامل مقدار ثابت (عرض از مبدا) و سیلت به ترتیب $۲/۷۷۲$ و $۰/۰۵۶$ می‌باشد. با توجه به معادلات بدست آمده (جدول ۵) اهمیت ماده آلی و بخش سیلت خاک در برآورد رواناب و رسوب تولیدی در منطقه مورد مطالعه بارز است. در معادله برآورد رواناب درصد ماده آلی خاک و سیلت بیشترین نقش را دارند و با توجه به ضریب همبستگی منفی ماده آلی و ضریب همبستگی مثبت سیلت با رواناب می‌توان گفت این عوامل به ترتیب نقش کاهنده و افزایش‌دهی در رواناب تولیدی دارند. همچنین ذرات سیلت خاک بیشترین تأثیر را در معادله برآورد رسوب دارند و با توجه به ضریب همبستگی مثبت سیلت با رسوب می‌توان گفت این عامل نقش افزایش‌دهی در رسوب تولیدی دارد.

جدول ۴. ضرایب رگرسیونی اثر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر رواناب و رسوب

متغیر	مدل	ضرایب استاندارد نشده B	انحراف معیار	ضرایب استاندارد شده Beta	t	معنی‌داری
رواناب	مقدار ثابت	-۸/۲۰۵	۳۹/۸۷۵		-۰/۲۰۶	۰/۸۴۲
	ماده آلی	-۴۶/۰۶۳	۷/۸۴۹	-۰/۶۹۴	-۵/۸۶۹	۰/۰۰۸
	سیلت	۱/۸۰۱	۰/۶۳۹	۰/۳۳۳	۲/۸۱۸	۰/۰۴۳
رسوب	مقدار ثابت	-۲/۷۷۲	۰/۴۳۲		-۶/۴۲۱	۰/۰۰۰
	سیلت	۰/۰۵۶	۰/۰۰۸	۰/۹۱۳	۷/۰۷۰	۰/۰۰۰

جدول ۵. مدل‌های نهایی برآورد رواناب و رسوب در منطقه مورد مطالعه

مدل	خطای نسبی	ضریب تبیین	ضریب کارایی
رواناب	$R = - ۸/۲۰۵ - ۴۶/۰۶۳ (OM) + ۱/۸۰۱ (Silt)$	۵/۳۹۸	۰/۹۷۴
رسوب	$S = - ۲/۷۷۲ + ۰/۰۵۶ (Silt)$	۰/۱۰۳	۰/۹۱۳

R رواناب (lit)، S رسوب (gr)، OM ماده آلی خاک (٪)، Silt هدایت اکثریتی (٪)

نتایج تجزیه رگرسیون خطی چندگانه (جدول ۵) نشان می‌دهد که با بهره‌گیری از متغیرهای ماده آلی خاک و درصد سیلت می‌توان میزان تولید رواناب و رسوب را به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۹۷۴ و ۰/۹۱۳ برآورد نمود، بنابراین با توجه به مقادیر ضرایب تبیین مدل‌های رواناب و رسوب می‌توان بیان کرد که مقادیر برآورد شده برای رواناب و رسوب توسط این مدل‌ها به مقادیر اندازه‌گیری شده بسیار نزدیک است. بنابراین می‌توان با بهره‌گیری از این دو مدل و با اندازه‌گیری دو متغیر ماده آلی و سیلت، میزان رواناب را با ضریب احتمال حدود ۹۷ درصد و میزان رسوب را با ضریب احتمال حدود ۹۲ درصد در سایر نقاط منطقه مورد مطالعه برآورد کرد.

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر با هدف شناسایی مهمترین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مؤثر بر تولید رواناب و رسوب در شیپارهای ایجاد شده در اراضی کشاورزی دیم انجام گرفت. نتایج حاکی از آن است که ماده آلی خاک و توزیع اندازه ذرات (رس، سیلت و شن) مهمترین عوامل در کنترل فرسایش شیپاری و تولید رواناب و رسوب هستند. با تبدیل واحد میانگین رسوب، میزان تولید رسوب در یک شیپار به ابعاد طول ۵ متر و عرض ۳۰ سانتی متر برابر ۰/۳۶۸ تن در هکتار است. در پژوهش حاضر، متغیرهای رس، شن، ماده آلی و نسبت رس به سیلت همبستگی منفی و معنی‌دار با میزان رواناب و رسوب دارند، همچنین متغیرهای سیلت و چگالی ظاهری خاک همبستگی مثبت و معنی‌دار با میزان رواناب و رسوب دارند. از بین متغیرهای فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده دو متغیر سیلت و ماده آلی خاک مقدار رواناب و رسوب را در منطقه مورد مطالعه تایین می‌کنند، بنابراین حساسیت خاک‌های منطقه مورد مطالعه به رواناب و رسوب از جویچه‌های کشت به این دو متغیر وابسته خواهد بود. نتایج تجزیه رگرسیون خطی چندگانه نشان داد که با بهره‌گیری از متغیرهای ماده آلی خاک و درصد سیلت می‌توان میزان تولید رواناب و رسوب را به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۹۷۴ و ۰/۹۱۳ برآورد نمود.

منابع

- کاوایان، ع.، آزموده، ع.، سلیمانی، ک. و وهاب زاده، ق. ۱۳۸۹. تأثیر ویژگی‌های خاک بر روان‌آب و فرسایش خاک در اراضی جنگلی. نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، ۲۴ (۳)، ۱ - ۱۳.
- واعظی، ع.، قره داغلی، ح. و مرزوان، س.، ۱۳۹۵. بررسی نقش شیب و ویژگی‌های خاک در ایجاد فرسایش شیپاری در دامنه‌ها. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۳ (۴)، ۸۳ تا ۱۰۰.



- Adekalu, K. O., Olorunfemi, I. A. and Osunbitan, J. A. 2007. Grass mulching effect on infiltration, surface runoff and soil loss of three agricultural soils in Nigeria. *Bioresource Technology* 98, 912-917.
- Adekalu, K. O., Okunade, D. A., and Osunbitan, J. A. 2006. Compaction and mulching effects on soil loss and runoff from two southwestern Nigeria agricultural soils. *Geoderma*, 137, 26–230.
- Arnau-Rosalen, E., Calvo-Cases, A., Biox-Fayos, C. and Sarah, P. 2008. Analysis of soil surface component patterns affecting runoff generation. An example of methods applied to Mediterranean hill slopes in Alicante (Spain), *Geomorphology*, 101, 595-606
- Bhupinderpal-Singh Hedley, M. J., Saggar, S. and Francis, G. S. 2004. Chemical fractionation to characterize changes in sulphur and carbon in soil caused by management. *Eur. Journal of Soil Science*, 55, 79-90.
- Casermeyro, M. A., Molina, J. A., Caravaca, M. T. D. L., Costa, J. H., Massanet, M. I. H. and Moreno, P. S. 2004. Influence of scrubs on runoff and sediment loss in soils of Mediterranean Climate. *Catena*, 57, 91-107.
- Chen, Z., Xia, Q. and Shi, D. 2011. Soil surface crust characteristic and response feature. *Journal of Soil and Water Conservation*, 25(4), 6–11.
- Ekwe, E. I., Bharat, C. and Samaroo, K. 2009. Effect of soil type, peat and farmyard manure addition, slope and their interactions on wash erosion by overland flow of some Trinidadian soils. *Bio systems Engineering*, 102, 236-243.
- Emadi, M., Baghernejad, M. and Memarian, H. M. 2009. Effect of land-use change on soil fertility characteristics within water-stable aggregates of two cultivated soils in northern Iran. *Land Use Policy*, 26, 452–457.
- Emmett, W.W. 1978. Overland flow. In: Kirkby M J (ed.). *Hillslope Hydrology*. New York: John-Wiely and Sons, 145–176.
- Foltz, R. B., Copeland, N. S. and Elliot, W. J. 2009. Reopening abandoned forest roads in northern Idaho, USA: Quantification of runoff, sediment concentration, infiltration, and interrill erosion parameters. *Journal of Environmental Management*, 90, 2542-2550.
- Giménez, R., Casali, J., Grande, I., Díez, J., Campo, M. A., Álvarez-Mozos, J. and Goni, M. 2012. Factors controlling sediment export in a small agricultural watershed in Navarre, Spain. *Agricultural Water Management*, 110, 1-8.
- Li, J., Cai, Q. and Sun, L. 2010. Reviewing on factors and threshold conditions of rill erosion. *Progress in Geography*, 29(11), 1319–1325.
- Masri, Z. and Ryan, J. 2006. Soil organic matter and related physical properties in a Mediterranean wheat-based rotation trial. *Soil and Tillage Research*, 87, 146-154.
- Santos, F. L., Reis, J. L., Martins, O. C., Castanheria, N. L. and Serralherio, R. P. 2003. Comparative assessment of infiltration, runoff and erosion of sprinkler irrigation soils. *Biosystems Engineering*, 86, 355-364.
- Siegrist, S., Schaub, D., Pfiffner, L. and Mader, P. 1998. Does organic agriculture reduce soil erodibility? The results of a long-term field study on loess in Switzerland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 69, 253–264.
- Troeh, F. R., Hobbs, J. A. and Donhue, R. L. 1999. *Soil and water conservation- Productivity and environmental protection*, Prentice Hall, New Jersey, 610 p.
- Vaezi, A.R., and Gharehdaghlili, H. 2013. Quantification of rill erosion development in marl soils of Zanjan Roud watershed in north west of Zanjan. Iran. *J. Water Soil*, 27, 872-881.
- Vahabi, J. and Nikkami, D. 2008. Assessing dominant factors affecting soil erosion using a portable rainfall simulator. *International Journal of Sediment Research*, 23, 375-385.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation
Determination of factors affecting runoff and soil loss in wheat furrows in rainfed lands

Heidary¹, J., Vaezi², A.R., Delavar, M.A.³

¹ PhD. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran

² Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran

³ Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran

Abstract

Soil physical and chemical properties are important variables in runoff production and soil loss. This research was conducted to find the most important soil properties affecting runoff and soil loss in wheat furrows under fallow condition in rainfed lands. To this end, three rainfed lands were selected and in each land, grooves with 5 m in length were created using sowing set. Runoff and sediment samples were measured using a flow discharge of 1.5 lit.min⁻¹ for 60 minutes in three replications. Using Pearson Correlation Coefficient and multiple linear regression, the relationship between soil physical and chemical properties and runoff and soil loss was analyzed. The results showed that clay, sand, organic matter and clay-silt ratio are negatively correlated with runoff and soil loss ($p < 0.01$), while positive correlation were found between them and silt ($p < 0.01$) and bulk density ($p < 0.05$) have a positive and significant correlation with runoff and sediment. The results of multiple linear regression analysis showed that using the soil organic matter and silt, the amount of runoff and sediment production can be estimated with a coefficient of determination by 0.974 and 0.913, respectively.

Keywords: Soil properties, Runoff, Sediment, Multivariate regression

* Corresponding author, Email: heidary.jalal@gmail.com



محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب تأثیر شیب سطح بر فرسایش پاشمانی در خاک‌های مختلف

مجید فرومدی^{۱*}، علی‌رضا واعظی^۲

^۱ دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

^۲ استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

چکیده

فرسایش پاشمانی نخستین نوع فرسایش آبی است که توسط ضربه قطرات باران بر سطح خاک ایجاد می‌شود. قطرات باران می‌توانند ذرات خاک را از جا کنده و جابه‌جا کنند. انتقال ذرات در اثر پاشمان قطرات به عوامل متعددی از جمله نوع خاک و شرایط شیب بستگی دارد. این پژوهش به منظور بررسی تغییرات فرسایش پاشمانی در خاک‌های مختلف تحت تأثیر شیب سطح انجام گرفت. برای این منظور آزمایش در سه خاک با بافت مختلف (لوم، لومرسی و لومرسی‌شنی) در چهار شیب (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) تحت باران با شدت ثابت ۳۰ میلی‌متر بر ساعت در سه تکرار در مجموع با ۳۶ واحد آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. بر اساس نتایج بیش‌ترین مقدار فرسایش پاشمانی در خاک لومرسی (۱۰۵/۰۷ گرم بر متر مربع در دقیقه) و کم‌ترین مقدار در خاک لومرسی‌شنی (۸۰/۲۸ گرم بر متر مربع در دقیقه) بود. با افزایش شیب، شدت فرسایش پاشمانی افزایش یافت.

کلمات کلیدی: تخریب خاکدانه، توزیع اندازه ذرات، شبیه‌ساز باران، ضربه قطرات باران

مقدمه

یکی از مهم‌ترین اثرات برخورد قطرات باران بر سطح خاک، تخریب خاکدانه‌ها می‌باشد. پایداری خاکدانه که مقاومت ذرات خاک را در برابر جدا شدن نشان می‌دهد، در شدت تخریب خاکدانه در اثر ضربه قطرات باران نقش مهمی دارد (رفاهی، ۱۳۸۵). پایداری اندک خاکدانه‌ها منجر به تخریب آسان آن‌ها، تراکم خاک، ایجاد سله، کاهش نفوذپذیری آب به خاک، افزایش رواناب و فرسایش خاک می‌شود (Steiner و Williams، ۱۹۹۶). پاشمان ذرات (Particles splash) به عنوان پیامد دیگر برخورد قطرات باران بر سطح خاک است. هنگامی که قطره باران به سطح خاک برخورد می‌کند، اولین مرحله فرسایش یعنی جداسازی ذرات خاک شروع می‌شود. در ادامه به دلیل خیس شدن ذرات و کاهش چسبندگی آن‌ها، جدا شدن ذرات به وسیله قطرات باران آسان می‌شود (بافکار و مجردی، ۱۳۸۵). فرآیند پرتاب ذرات خاک به پیرامون، بر اثر برخورد قطرات باران به سطح خاک، پاشمان ذرات خاک نامیده می‌شود که منجر به تراکم و کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود.

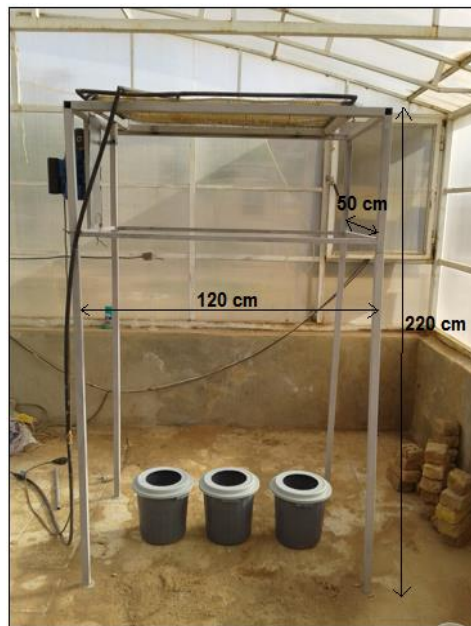
فرسایش پاشمانی و تخریب ناشی از آن تحت تأثیر عوامل مختلفی از قبیل فرساینده‌گی باران، شیب سطح، شرایط سطح خاک و خصوصیات ذاتی خاک (توزیع اندازه ذرات، پایداری خاکدانه‌ها و مواد آلی) می‌باشد (Kinzel، ۲۰۰۵). بلیانی و واعظی (۱۳۹۶) در پژوهشی به بررسی فرسایش پاشمانی در ارتباط با شدت باران و محتوای رطوبت پیشین خاک در بافت‌های مختلف خاک با استفاده از باران شبیه‌سازی شده پرداختند. نتایج نشان داد تفاوت‌های معنی‌دار بین بافت‌های خاک، سطوح محتوای رطوبت پیشین و شدت باران ($P < 0.01$) وجود دارد. قزل سفلو و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی به بررسی اثر پلی‌اکریل‌آمید در کنترل فرسایش پاشمانی در زمان‌های مختلف بارش پرداختند. نتایج نشان داد که بین مقادیر مختلف پلی‌اکریل‌آمید در زمان‌های مختلف بارندگی از لحاظ کاهش میزان پاشمان اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد. هنربخش و حیاوی (۱۳۹۶) در پژوهشی به مطالعه آزمایشگاهی فرسایش پاشمانی در بافت‌های مختلف خاک با استفاده از شبیه‌ساز باران پرداختند. نتایج نشان داد که بین شدت پاشمان در کلاس‌های بافتی در شدت‌های ۶۵ و ۱۲۰ میلی‌متر بر ساعت تفاوت معنی‌دار وجود داشت. غلامی و کریمی (۱۳۹۷) در پژوهشی به بررسی اثر مدت بارندگی و رطوبت خاک بر تغییرات پاشمان خاک پرداختند. نتایج نشان داد که متغیرهای مدت بارندگی و رطوبت پیشین خاک بر مقادیر پاشمان کل و خالص معنی‌دار بود ($P < 0.01$).

* ایمیل نویسنده مسئول: majid.foroumadi@znu.ac.ir

فرسایش ناشی از قطرات باران از شکل‌های مهم فرسایش خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. از این رو در این پژوهش نقش شیب سطح بر میزان فرسایش پاشمانی در سه بافت منطقه نیمه‌خشک در شمال غرب کشور مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سه خاک با بافت مختلف (لوم، لومرسی و لومرس‌شنی) در چهار سطح شیب (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) تحت باران با شدت ثابت ۳۰ میلی‌متر بر ساعت در سه تکرار در مجموع با ۳۶ واحد آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد (شکل ۱). نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری برداشت و با الک ۸ میلی‌متری غربال شدند (فرومدی و واعظی، ۱۳۹۶). ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل توزیع اندازه ذرات (PSD) به روش هیدرومتری تعیین شد (Bouyoucos, ۱۹۶۲). فراوانی ذرات بر اساس روش دانه‌بندی آمریکایی تعیین شد. چگالی ظاهری در نمونه خاک برداشت شده به وسیله سیلندر فلزی با قطر داخلی ۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۴/۹ سانتی‌متر تعیین شد (Hartge و Blake, ۱۹۸۶). داده‌ها قبل از انجام آنالیزهای مربوط به آزمایش، از نظر نرمال بودن با استفاده از تحلیل هیستوگرام و بررسی چولگی و کشیدگی مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه واریانس داده‌های مربوط به مقدار پاشمان در خاک‌های مختلف و در سطوح مختلف شیب با کمک آزمون دانکن انجام گرفت. در تمام این بررسی‌ها، برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۰) و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel (نسخه ۲۰۱۳) استفاده شد.



شکل ۱. نمایی از دستگاه شبیه‌ساز باران مورد استفاده در پژوهش



شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸



ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است. پایداری خاکدانه‌ها در آب برای مدت ۱ دقیقه بسیار پایین (۰/۵۲ تا ۰/۹۷ میلی‌متر) است و نشان از حساسیت بالای خاک به تخریب ساختمان در اثر بارندگی دارد (Mamedov و همکاران، ۲۰۰۱).

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

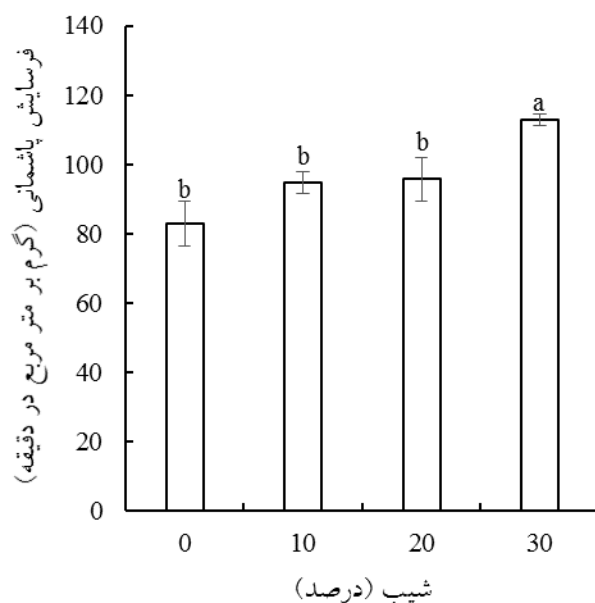
ویژگی‌های خاک	بافت خاک		
	لوم	لومرسی	لومرس‌سنی
شن (درصد)	۴۵/۸۰	۲۶/۴۲	۵۵/۵۰
سیلت (درصد)	۳۶/۶۵	۳۶/۰۶	۲۲/۲۵
رس (درصد)	۱۷/۵۵	۳۷/۵۲	۲۲/۲۵
سنگریزه (درصد)	۱۵/۶۰	۸/۷۰	۱۸/۲۰
چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۱/۲۰	۱/۱۷	۱/۲۹
پایداری خاکدانه (میلی‌متر)	۰/۹۷	۰/۵۲	۰/۹۶

فرسایش پاشمانی در خاک‌ها در شیب‌های مختلف

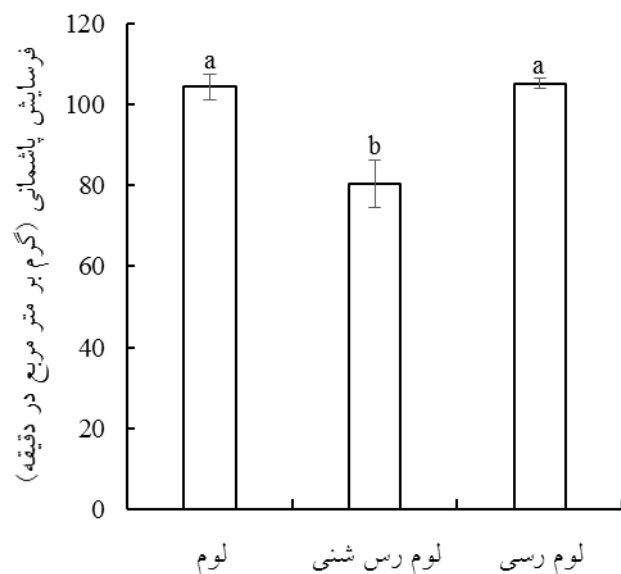
نتایج تجزیه واریانس اثر بافت خاک و شیب سطح بر مقدار فرسایش پاشمانی نشان داد که فرسایش پاشمانی تحت تأثیر بافت خاک ($P < 0.000$)، شیب سطح ($P < 0.001$) و برهم‌کنش آن دو ($P < 0.05$) قرار دارد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر بافت خاک در شکل ۲ الف نشان داده شده است. میانگین فرسایش پاشمانی در بافت‌های مختلف نشان داد که مقدار پاشمان در خاک لومرسی، لوم و لومرس‌سنی به ترتیب برابر با ۱۰۵/۰۷، ۱۰۴/۳۱ و ۸۰/۲۸ گرم بر متر مربع در دقیقه بود. پژوهش‌های پیشین نیز نشان می‌دهد که مقاومت ذرات سیلت در برابر فرسایش پاشمانی به دلیل جرم مخصوص نسبتاً پایین، فقدان قابلیت چسبندگی و تشکیل واحدهای ساختمانی ضعیف، پایین است و ذرات درشت‌تر و ریزتر از آن در برابر فرسایش پاشمانی مقاوم‌تر هستند (Zhao و همکاران، ۲۰۱۴) و همین امر موجب بالاتر بودن مقدار فرسایش پاشمانی در خاک لومرسی شد. هم‌چنین میانگین فرسایش پاشمانی در سطوح مختلف شیب نشان داد که با افزایش درصد شیب مقدار فرسایش پاشمانی افزایش یافت اما این افزایش در سه سطح شیب صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد معنی‌دار نبود (شکل ۴ ب). این نتایج با یافته‌های Kamalu (۱۹۹۴) و Vilayvong و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت داشت. آن‌ها گزارش دادند که با افزایش شیب سطح علاوه بر تأثیر قطرات باران بر جداسازی ذرات خاک جریان‌های ناشی از قطرات باران نیز بر جداسازی ذرات اثر می‌گذارند.

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر بافت خاک، شیب سطح و برهم کنش آن دو بر فرسایش پاشمانی

منبع	درجه آزادی	میانگین مربعات	سطح معنی داری
بافت خاک	۲	۱۷۹/۸۹	۰/۰۰۰
شیب سطح	۳	۱۰۲/۹۹	۰/۰۰۱
بافت × شیب سطح	۶	۵۶/۸۴	۰/۰۵



(ب)



(الف)

شکل ۲. مقایسه میانگین فرسایش پاشمانی در بافت‌های مختلف (الف) و سطوح مختلف شیب (ب)

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که فرسایش پاشمانی به شدت تحت تأثیر بافت خاک، شیب سطح و برهم‌کنش بین آن دو قرار دارد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار فرسایش پاشمانی به ترتیب در خاک لوم‌رسی و لوم‌رسی شنی مشاهده شد. به طور کلی مقدار فرسایش پاشمانی در سطح بدون شیب به دلیل اصابت تعداد کم‌تر بر سطح خاک کم‌ترین مقدار بود. در شیب ۳۰ درصد به دلیل افزایش زاویه شیب و به دنبال آن کاهش ضریب اصطکاک ذرات از پیش جدا شده با سطح خاک، فرسایش پاشمانی بیش‌ترین مقدار بود. به طور کلی این پژوهش نشان می‌دهد که خاک‌هایی که دارای مقادیر بیش‌تری از ذرات سیلت و رس می‌باشند حساسیت بیش‌تری نسبت به فرسایش پاشمانی و ضربه قطرات باران در آغاز بارندگی داشته و زمینه را برای وقوع سیلاب‌های ویرانگر در مناطق خشک و نیمه‌خشک فراهم می‌کنند.

منابع:



شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸



- بافکار، ع. و مجردی، ح. ۱۳۸۵. حفاظت آب و خاک. انتشارات دانشگاه رازی. صفحه ۳۵-۱۱.
- بلیانی، ع. و واعظی، ع.ر. ۱۳۹۶. حساسیت خاک‌ها با بافت متفاوت به فرسایش پاشمانی تحت تأثیر شدت باران و محتوای رطوبتی پیشین. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۴(۲)، ۸۴-۶۷.
- رفاهی، ح. ۱۳۸۵. فرسایش آبی و کنترل آن. چاپ پنجم. انتشارات دانشگاه تهران. صفحه ۱۳۲-۲۷.
- غلامی، ل. و کریمی، ن. ۱۳۹۷. اثر مدت بارندگی و رطوبت خاک بر تغییرات پاشمان خاک. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۱۲(۴۲): ۹۱-۱۰۱.
- فرومدی، م. و واعظی، ع.ر. ۱۳۹۶. تخریب فیزیکی و ظرفیت جدا شدن ذره از شیار تحت تأثیر شدت و ضربه قطرات باران در خاک مارنی. نشریه علوم آب و خاک، ۲۱(۲)، ۲۷۷-۲۶۳.
- قزل سفلو، ن.، بروغنی، م. و سلطانی گرد فرامرزی، س. ۱۳۹۶. اثر پلی اکریل آمید در کنترل فرسایش پاشمانی در زمان‌های مختلف بارش. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱۱(۵)، ۷۷۱-۷۶۳.
- هنریخش، الف. و حیایوی، ف. ۱۳۹۶. مطالعه آزمایشگاهی فرسایش پاشمانی در بافت‌های مختلف خاک با استفاده از شبیه‌ساز باران. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۶(۳)، ۱۶۲-۱۵۱.
- Blake, G.R. and Hartge. K.H. 1986. Bulk Density 1. Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods. (methodsofsoilan1), 363-375.
- Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils 1. Agronomy journal, 54(5), 464-465.
- Kamalu, C. 1994. The effect of slope length and inclination on the separate and combined actions of rainsplash and runoff. In Conserving soil resources: European perspectives. Selected papers from the First International Congress of the European Society for Soil Conservation. CAB INTERNATIONAL, 143-149.
- Kinnell, P.I.A. 2005. Raindrop-impact-induced erosion processes and prediction: a review. Hydrological Processes: An International Journal, 19(14), 2815-2844.
- Mamedov, A.I., Levy, G.I., Shainberg, I. and Letey, J. 2001. Wetting rate, sodicity, and soil texture effects on infiltration rate and runoff. Soil Research, 39(6), 1293-1305.
- Steiner, K.G. and Williams, R. 1996. Causes of soil degradation and development approaches to sustainable soil management. Weikersheim, Germany: Margraf Verlag, 93
- Vilayvong, K., Yasufuku, N. and Ishikura, R. 2016. Rainfall-induced soil erosion and sediment sizes of a residual soil under 1D and 2D rainfall experiments. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 218, 171-180.
- Zhao, L., Liang, X. and Wu, F. 2014. Soil surface roughness change and its effect on runoff and erosion on the Loess Plateau of China. Journal of Arid Land, 6(4), 400-409.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation Effect of surface slope on splash erosion in different soils

Foroumadi^{*1}, M., Vaezi², A.R

¹ Ph.D. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

² Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

Abstract

Splash erosion is the first type of water erosion caused by the impact of rain drops on the soil surface. Rain drops can disperse and move soil particles. Particles which transfer is effected by raindrop splash depends on several factors, including soil type and slope conditions. This study was conducted to investigate the effects of splash erosion in different soils under the influence of slope. For this purpose, experiments were carried out in three different soils (Loam, Clay loam, Sandy clay loam) on four slopes (0, 10, 20 and 30%) under a constant intensity of 30 mm.h⁻¹ in three replications, with a total of 36 units in the form of a completely randomized design was done. According to the results, the highest and lowest amount of splash erosion in the soil were Clay loam (105.07 g.m⁻².min⁻¹) and Sandy clay loam (80.28 g.m⁻².min⁻¹), respectively. With increasing gradients, the intensity of splash erosion increased.

Keywords: Aggregate breakdown, Particle soil distribution, Rainfall simulator, Impact of raindrop

* Corresponding author, Email: majid.foroumadi@znu.ac.ir

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب
تهیه نقشه عامل فرسایشی باران در حوضه آبخیز سد گاوشان

سیده پریا نقشبندی^{۱*}، محمدعلی محمودی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان

^۲ استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان

چکیده

فرسایش خاک تهدید مهمی برای محیط زیست و کشاورزی پایدار به حساب می‌آید. مدل‌های فرسایش خاک ابزار مناسبی برای شبیه‌سازی فرسایش خاک، شناسایی نواحی مستعد فرسایش و نیز ارزیابی برنامه‌های عملیات حفاظت خاک می‌باشند. یکی از مدل‌های تجربی پرکاربرد برای تخمین هدررفت خاک معادله جهانی فرسایش خاک است. از جمله مهمترین ورودی‌های این مدل عامل بارندگی (R) می‌باشد. هدف از انجام این پژوهش برآورد و تهیه نقشه R در حوضه آبخیز سد گاوشان در غرب ایران بود. مقدار عامل فرسایشی سالیانه باران با استفاده از داده‌های بارش ماهانه ۱۱ ساله (۲۰۰۵-۲۰۱۵) در ۷ ایستگاه در اطراف حوضه محاسبه شد. سپس تغییرات مکانی آن با استفاده از کریجینگ معمولی برآورد شد. نتایج بدست آمده نشان داد که با حرکت از شرق به غرب در حوضه مقدار بارندگی سالیانه و به تبع آن مقدار شاخص فرسایشی باران افزایش می‌یابد. مقدار P بین ۳۳۳ تا ۴۶۸ میلی‌متر و مقدار R بین ۵۶۴ تا $(1 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ y}^{-1})$ ۱۳۱۱ متغیر است. همچنین میانگین بارندگی سالیانه در این حوضه ۳۸۹ میلی‌متر و میانگین عامل بارندگی سالیانه $(1 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ y}^{-1})$ ۸۶۲ می‌باشد.

کلمات کلیدی: تغییرات مکانی، کریجینگ معمولی، معادله جهانی فرسایش خاک

مقدمه

فرسایش خاک یکی از مهمترین تهدیدات برای محیط زیست می‌باشد. مدل‌های فرسایش خاک ابزار مناسبی برای شبیه‌سازی فرسایش خاک، شناسایی نواحی مستعد فرسایش و نیز ارزیابی برنامه‌های عملیات حفاظت خاک می‌باشند. یکی از مدل‌های تجربی که کاربرد بسیار زیادی در تخمین فرسایش ورقه‌ای و شیاری دارد معادله جهانی فرسایش خاک موسوم به مدل USLE^۱ می‌باشد که توسط ویشمایر و اسمیت در سال ۱۶۶۵ ارائه شد (Ganaseri and Ramesh, 2016). نسخه‌های بازنگری شده (RUSLE) و اصلاح شده (MUSLE) این مدل در مطالعات زیادی جهت تخمین فرسایش خاک استفاده شده‌اند. مدل RUSLE توسعه یافته مدل USLE است که در آن عوامل کنترل کننده فرسایش بهبود یافته‌اند (Renard and Freimund, 1994, Wischmeier and Smith, 1978). این مدل یک معادله خطی است که در آن عوامل مختلف کنترل کننده فرسایش شامل بارندگی، فرسایش پذیری خاک، شیب، پوشش گیاهی و اقدامات حفاظتی در هم ضرب می‌شوند. برای اجرا کردن مدل RUSLE در مقیاس‌های بزرگ اطلاعات دقیقی از پارامترهای مدل مورد نیاز است. لذا هدف از این مطالعه تهیه نقشه عامل فرسایشی باران در حوضه آبخیز سد گاوشان در غرب ایران است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه حوضه آبخیز سد گاوشان در غرب ایران با مساحتی در حدود ۲۰۶ هزار هکتار است، که در محدوده جغرافیایی ۴۶/۹۷ تا ۴۷/۹۸ درجه طول شرقی و ۳۴/۷۴ تا ۳۵/۰۹ درجه عرض شمالی واقع شده است. عامل بارندگی (R) شاخصی از قدرت فرسایشی باران است که اثرات شدت و مدت بارندگی را در ایجاد فرسایش خاک نشان می‌دهد. برای محاسبه شاخص R اطلاعات دقیق و پیوسته‌ای از هر رخداد مورد نیاز است که از ارقام ثبت شده توسط باران‌سنج‌ها بدست می‌آید. در مواردی که این اطلاعات در دسترس نباشد می‌توان از روابط تجربی که برای محاسبه R از روی میانگین جمع‌بارندگی ماهانه و سالانه ارائه شده‌اند، استفاده کرد. در جدول (۱) برخی از معروفترین این روابط، که در مناطق مختلف دنیا بدست آمده و استفاده شده‌اند، آورده شده‌اند. در این فرمول‌ها MFI شاخص اصلاح شده فورنیه است که مقدار آن به صورت زیر محاسبه می‌شود (Arnoldus, 1977):

* ایمیل نویسنده مسئول: p.naghshbandi.91@gmail.com

$$MFI = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{P} \quad (1)$$

که در آن P_i میانگین بارندگی تجمعی ماهانه و P میانگین بارندگی تجمعی سالانه می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از هر کدام از فرمول‌های مذکور مقدار R برای هفت ایستگاه مختلف، شامل ایستگاه‌های روانسر، سنقر، قروه، سنندج، کرمانشاه، کنگاور و کامیاران، در داخل و مجاورت حوضه محاسبه شد. آمار این ایستگاه‌ها از سازمان هواشناسی کشور تهیه شدند. دوره آماری این داده‌ها ۱۱ ساله بوده و مربوط به سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۱۵ می‌باشد. در نهایت پس از مطابقت مقادیر R بدست آمده از هر فرمول با واقعیت‌های عینی حوضه و نظرات کارشناسی بهترین رابطه انتخاب شد. با در دست داشتن مقادیر R برای ایستگاه‌های مختلف با استفاده از کریجینگ معمولی نقشه R برای تمام منطقه مورد مطالعه بدست آمد.

جدول ۱. برخی از معادلات ارائه شده برای محاسبه عامل بارندگی سالیانه

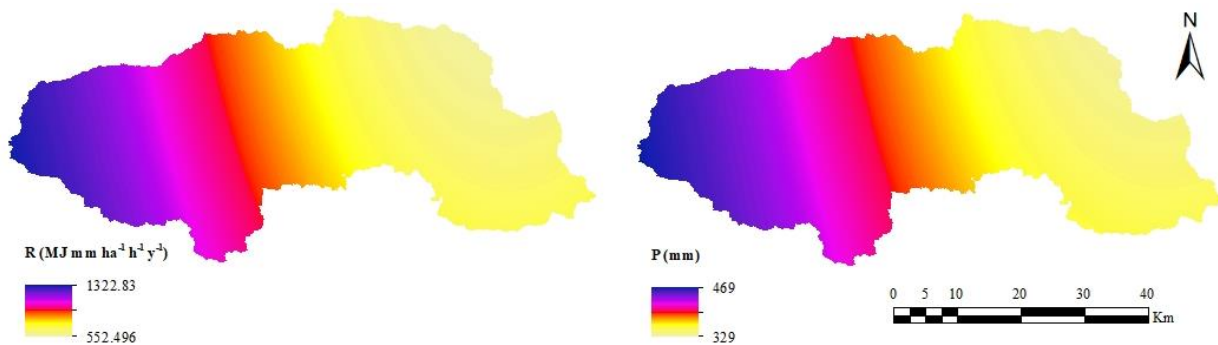
شماره	معادله	نویسنده (گان)	محل تکوین
۱	$R = \sum_{i=1}^{12} 1.735 \times 10^{(1.5 \log_{10}(P_i^2 / P) - 0.08188)}$	Ganasri and Ramesh (2016)	آمریکا
۲	$R = 0.562P - 8.12$	Hurni (1985)	اتیوپی
۳	$R = 81.5 + 0.375P \quad 340 \leq P \leq 3500$	Ram et al. (2004)	هند
۴	$R = \begin{cases} 0.07397MFI^{1.847} & MFI < 55mm \\ 95.77 - 6.081MFI + 0.4770MFI^2 & MFI > 55mm \end{cases}$	Renard and Freimund (1994)	غرب آمریکا
۵	$R = \sum_{i=1}^{12} -1.15527 + 1.792P_i$	Zhou et al. (1995)	جنوب چین
۶	$R = -823.8 + 5.213P$	Fernandez et al. (2003)	آمریکا
۷	$R = 0.1215MFI^{2.2421}$	Irvem et al. (2007)	ترکیه

نتایج و بحث

در جدول (۲) مقادیر ضریب R ، که با استفاده از روابط مختلف ارائه شده در جدول (۱) برای ایستگاه‌های مختلف بدست آمده‌اند، آورده شده‌اند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که مقادیر R بدست آمده برای هر ایستگاه توسط فرمول‌های ارائه شده اختلاف نسبتاً زیادی با هم دارند. این موضوع ناشی از شرایط اقلیمی متفاوتی است که هر کدام از روابط فوق در آنجا تکوین یافته‌اند. این مسأله ضرورت ایجاد روابط مشابهی را برای شرایط اقلیمی کشور روشن می‌سازد. در این پژوهش با توجه به ویژگی‌های اقلیمی و واقعیت‌های عینی موجود در حوضه و نیز تشابه اقلیمی نسبی حوضه مورد مطالعه با کشور ترکیه از فرمول ارائه شده توسط Irvem و همکاران (۱۱) برای محاسبه R استفاده شد. در شکل (۱) نقشه‌های تغییرات مکانی میانگین بارندگی تجمعی سالیانه (P) و نیز عامل بارندگی (R) سالیانه در حوضه مورد مطالعه نشان داده شده است. بر اساس نقشه‌های بدست آمده با حرکت از شرق به غرب در حوضه مقدار بارندگی سالیانه و به تبع آن مقدار شاخص فرسایش باران افزایش می‌یابد. مقدار P بین ۳۳۳ تا ۴۶۸ میلی‌متر و مقدار R بین ۵۶۴ تا ۱۳۱۱ ($MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ y}^{-1}$) متغیر است. همچنین میانگین بارندگی سالیانه در این حوضه ۳۸۹ میلی‌متر و میانگین عامل بارندگی سالیانه ($MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ y}^{-1}$) ۸۶۲ می‌باشد.

جدول ۲. مقادیر میانگین سالیانه بارندگی و عامل بارندگی محاسبه شده بر اساس روابط ارائه شده در جدول (۱) برای ایستگاه‌های مختلف

CV (%)	R (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ y ⁻¹)							P (mm)	ایستگاه
	معادله (۷)	معادله (۶)	معادله (۵)	معادله (۴)	معادله (۳)	معادله (۲)	معادله (۱)		
۵۵	۵۰۸	۷۸۷	۵۴۰	۶۵۵	۱۹۷	۱۶۶	۱۵۴	۳۰۹	قروه
۶۸	۱۴۳۹	۱۷۹۳	۸۸۶	۱۷۴۸	۲۷۰	۲۷۴	۲۸۹	/۹ ۵۰۱	کامیاران
۶۳	۹۳۲	۱۲۶۲	۷۰۳	۱۱۶۰	۲۳۲	۲۱۷	۲۲۴	/۲ ۴۰۰	کنگاور
۶۶	۱۳۰۶	۱۵۷۷	۸۱۱	۱۵۹۵	۲۵۴	۲۵۱	۲۸۴	/۶ ۴۶۰	کرمانشاه
۶۵	۱۱۶۶	۱۴۶۷	۷۷۴	۱۴۳۴	۲۴۶	۲۳۹	۲۶۸	/۵ ۴۳۹	روانسر
۶۶	۱۲۴۰	۱۵۸۶	۸۱۵	۱۵۲۰	۲۵۵	۲۵۲	۲۶۸	/۳ ۴۶۲	سندج
۵۹	۶۷۸	۱۰۰۸	۶۱۶	۸۵۹	۲۱۳	۱۸۹	۱۸۵	/۵ ۳۵۱	سنقر



شکل ۳. نقشه‌های میانگین سالیانه مقدار و عامل بارندگی در منطقه مورد مطالعه

نتیجه‌گیری

در این پژوهش مقدار عامل فرسایش باران در حوضه آبخیز سد گاوشان بر اساس فرمول‌های تجربی مختلف از روی میانگین تجمعی بارندگی ماهانه و سالانه محاسبه شد. نتایج بدست آمده نشان داد که مقادیر بدست آمده برای R توسط فرمول‌های ارائه شده اختلاف نسبتاً زیادی با هم دارند. با اینحال مقادیر R بدست آمده توسط فرمول ارائه شده در کشور ترکیه بیش از همه با ویژگی‌های اقلیمی و واقعیت‌های عینی موجود در حوضه همخوانی داشت. نقشه‌های بدست آمده نشان می‌دهند که با حرکت از شرق به غرب در حوضه مقدار بارندگی سالیانه و به تبع آن مقدار شاخص فرسایش باران افزایش می‌یابد.

منابع

- Arnoldus, H. M.J. 1977. Methodology Used to Determine the Maximum Potential Average Annual Soil Loss due to Sheet and Rill Erosion in Morocco. *FAO Soils Bulletin*, 34, 39-51.
- Fernandez, C., Wu J., McCool, D., and Stoockle, C. 2003. Estimating water erosion and sediment yield with GIS, RUSLE, and SEDD. *Journal of Soil and Water Conservation*, 58, 128-136.
- Ganasri, B. P., and Ramesh, H. 2016. Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS - A case study of Nethravathi Basin. *Geoscience Frontiers*, 7, 953-961.
- Hurni, H. 1985. *Soil Conservation Manual for Ethiopia: A Field Manual for Conservation Implementation*. Soil Conservation Research Project, Addis Ababa.



- Irvem, A., Topaloglu, F., and Uygur, V. 2007. Estimating spatial distribution of soil loss over Seyhan river basin in Turkey. *Journal of Hydrology*, 336(1), 30–37.
- Ram, B., Dhyani, B.L., and Kumar, N. 2004. Assessment of erodibility status and refined iso-erodent map of India. *Indian Journal of Soil Conservation*, 32(2), 171–177.
- Renard, K. G., and Freimund, J. R. 1994. Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Journal of Hydrology*, 157, 287-306.
- Wischmeier, W. H., and Smith, D. D. 1978. *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*. Science and Education Administration, USDA.
- Zhou, F. J., Chen, M. H., Lin, F. X., Huang, Y. H., and Lu, C. L. 1995. The rainfall erosivity index in Fujian Province. *Journal of Soil and Water Conservation*, 9(1), 13–18.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Water Erosion, Flood , Soil and Water Conservation Mapping of rainfall erosivity factor in Gawshan dam watershed

*Naghshbandi^{*1}, S.P., Mahmoodi², M.A.*

¹ M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Iran

² Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Iran

Abstract

Soil erosion is a serious threat for environment and sustainable agriculture. Soil erosion models are suitable tools for simulation of soil erosion, identification of erosion prone areas and evaluation of soil erosion management scenarios. One of the most applicable soil erosion models is universal soil loss equation. The most important input parameter of this model is rainfall erosivity factor (R). The objective of this study was to estimate and map R in Gawshan dam watershed in west of Iran. The R was determined from monthly rainfall data of 11 years (2005-2015) for 7 rain gauge stations in the around of the study area. Spatial distribution of R was then estimated using ordinary kriging method of interpolation. Results showed that annual rainfall (P) and functionally R increase from east to west in the watershed. The estimated annual P and R range from 333 to 468 mm and 564 to 1311 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ y⁻¹, respectively. Furthermore, the mean annual P and R of the watershed was 389 mm and 862 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ y⁻¹, respectively.

Keywords: spatial variability, ordinary kriging, universal soil loss equation

* Corresponding author, Email: p.naghshbandi.91@gmail.com



محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

تهیه نقشه عامل پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های سنجش از دور در حوضه آبخیز سد گاوشان

سیده پریا نقشبندی^{۱*}، محمدعلی محمودی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان

^۲ استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان

چکیده

فرسایش آبی یک تهدید جهانی برای محیط زیست به شمار می‌رود. مدل‌های فرسایش خاک ابزار مناسبی برای شبیه‌سازی فرسایش خاک، شناسایی نواحی مستعد فرسایش و نیز ارزیابی برنامه‌های عملیات حفاظت خاک می‌باشند. یکی از مدل‌های تجربی پرکاربرد برای تخمین فرسایش خاک معادله جهانی فرسایش خاک است. از جمله مهمترین ورودی‌های این مدل عامل پوشش گیاهی (C) می‌باشد. هدف از انجام این پژوهش تهیه نقشه عامل C در حوضه آبخیز سد گاوشان در غرب ایران با استفاده از داده‌های سنجش از دور بود. مقدار عامل C با استفاده از شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) بدست آمد که خود به کمک تصاویر ماهواره لندست ۸ محاسبه شد. نتایج بدست آمده نشان داد که در داخل حوضه با حرکت از شرق به غرب مقدار شاخص NDVI افزایش و به تبع آن مقدار عامل پوشش گیاهی کاهش می‌یابد. همچنین یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهند که داده‌های سنجش از دور به همراه سامانه اطلاعات جغرافیایی امکان خوبی برای برآورد عامل پوشش گیاهی در معادله جهانی فرسایش خاک فراهم می‌کنند.

کلمات کلیدی: تصاویر ماهواره لندست، شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده، معادله جهانی فرسایش خاک

مقدمه

خاک یکی از مهمترین ارکان تولید است. فرسایش خاک عاملی است که در جهت از بین بردن خاک عمل می‌کند. اطلاعات زمانی و مکانی از فرسایش خاک در اقدامات مدیریتی و کنترل فرسایش و مدیریت حوضه‌های آبخیز نقش موثری دارد. مدل‌های فرسایش خاک می‌توانند اطلاعات مناسبی از وضعیت فرسایش فعلی و نیز امکان تجزیه و تحلیل سناریوهای مختلف مدیریتی و حفاظتی را فراهم آورند. در چند دهه گذشته مدل‌های مختلفی برای برآورد میزان فرسایش خاک ارائه شده‌اند که می‌توان به پروژه پیش‌بینی فرسایش خاک (WEPP) (Nearing و همکاران ۱۹۸۹)، ابزار ارزیابی خاک و آب (SWAT) (Neitsch و همکاران ۲۰۱۱) و EROSION 3D (Schmidt, 1990) اشاره کرد. یکی از مدل‌های تجربی که کاربرد بسیار زیادی در تخمین فرسایش ورقه‌ای و شیاری دارد معادله جهانی فرسایش خاک موسوم به مدل USLE می‌باشد که توسط ویشمایر و اسمیت در سال ۱۹۶۵ ارائه شد (Ganaseri and Ramesh, 2016). مدل USLE در اصل برای تخمین فرسایش خاک در اراضی کشاورزی یا با شیب کم ارائه گردید. این مدل پس از حدود ۳۰ سال مطالعه در مورد فرسایش آبی در ۴۶ ایستگاه تحقیقاتی در ۲۶ ایالت مختلف آمریکا با شرایط مختلف جغرافیایی و آب و هوایی و با در نظر گرفتن نتایج بررسی‌های دیگران بدست آمده است (رفاهی، ۱۳۹۴). نسخه‌های بازنگری شده (RUSLE) و اصلاح شده (MUSLE) این مدل در مطالعات زیادی جهت تخمین فرسایش خاک استفاده شده‌اند. مدل RUSLE توسعه یافته مدل USLE است که در آن عوامل کنترل کننده فرسایش بهبود یافته‌اند (Renard and Freimund, 1994; Wischmeier and Smith, 1978). این مدل یک معادله خطی است که در آن عوامل مختلف کنترل کننده فرسایش شامل بارندگی، فرسایش‌پذیری خاک، شیب، پوشش گیاهی و اقدامات حفاظتی در هم ضرب می‌شوند. برای اجرا کردن مدل RUSLE در مقیاس‌های بزرگ اطلاعات دقیقی از پارامترهای مدل مورد نیاز است. یکی از مهمترین ورودی‌های این مدل عامل پوشش گیاهی (C) می‌باشد که اثرات پوشش گیاهی و بقایای پوشش گیاهی سطح خاک را بر میزان فرسایش خاک نشان می‌دهد. لذا هدف از این مطالعه تهیه نقشه عامل پوشش گیاهی در حوضه آبخیز سد گاوشان در غرب ایران بوده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه حوضه آبخیز سد گاوشان در غرب ایران با مساحتی در حدود ۲۰۶ هزار هکتار است، که در محدوده جغرافیایی ۴۶/۹۷ تا ۴۷/۹۸ درجه طول شرقی و ۳۴/۷۴ تا ۳۵/۰۹ درجه عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). عامل پوشش گیاهی (C) اثرات پوشش گیاهی و بقایای

* ایمیل نویسنده مسئول: p.naghshbandi.91@gmail.com

پوشش گیاهی سطح خاک را بر میزان فرسایش خاک نشان می‌دهد. مقدار عامل پوشش گیاهی از رابطه زیر محاسبه شد (van der Knijff و همکاران ۲۰۰۰):

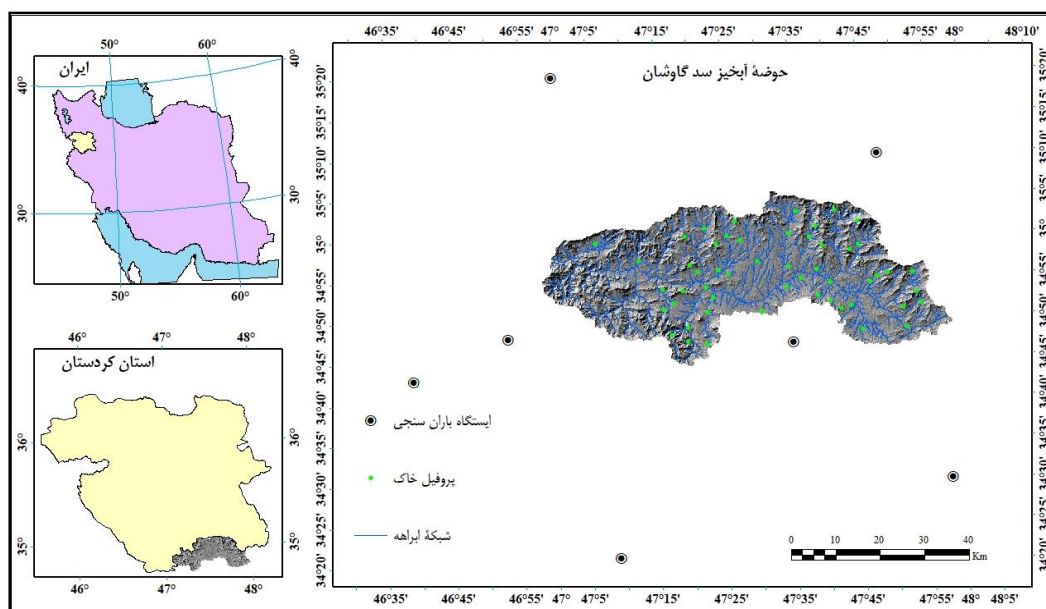
$$C = \exp\left(-\alpha \frac{NDVI}{\beta - NDVI}\right) \quad (1)$$

که در آن NDVI شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده و $\alpha=2$ و $\beta=1$ پارامترهایی هستند که شکل رابطه منحنی بین NDVI و C را مشخص می‌کنند. شاخص NDVI شاخصی از سبزیگی گیاهی و فعالیت فتوسنتزی است و یکی از پرکاربردترین شاخص‌های پوشش گیاهی است که به صورت زیر تعریف می‌شود (Anderson و همکاران ۱۹۹۳):

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \quad (2)$$

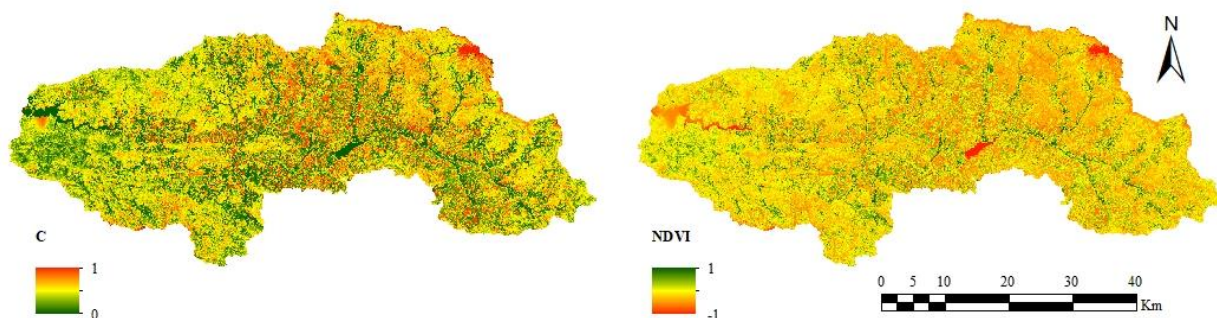
که در آن NIR مقدار باند مادون قرمز نزدیک و Red مقدار باند قرمز در تصاویر ماهواره‌ای است. از نظر بیوفیزیکی NDVI بخشی از انرژی تابشی است که می‌تواند صرف فعالیت‌های فتوسنتزی گردد. مقدار NDVI می‌تواند بین -۱ تا +۱ تغییر کند. مقادیر منفی آن عموماً مفهوم آکولوژیکی خاصی ندارد. مقادیر بزرگتر آن با پوشش گیاهی فعال از نظر فتوسنتزی همبستگی دارد (Anderson و همکاران ۱۹۹۳).

در این پژوهش برای محاسبه شاخص NDVI از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ استفاده شد. این تصاویر از سایت سازمان نقشه‌برداری جغرافیایی ایالات متحده آمریکا (<https://earthexplorer.usgs.gov>) در سطح تصحیحات LIT دریافت شدند که در آنها تصحیحات هندسی ضمن رفع اثر جابجایی ناشی از پستی و بلندی‌ها (تصحیحات ارتو) انجام شده است. علاوه به منظور اطمینان از هندسه تصویر از نقشه‌های جاده‌ها و آبراهه‌ها با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ استفاده شد و تطابق دقیق این تصاویر مورد تأیید قرار گرفت. قبل از استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لازم است تصحیحات دیگری نیز بر روی آنها انجام شود. یکی از این موارد تصحیحات اتمسفری می‌باشد. تصحیحات اتمسفری برای کاهش و یا حذف خطای اتمسفری است. برای انجام تصحیح اتمسفری از نرم‌افزار ENVI 5.3 و روش FLAASH استفاده شد. از آنجایی که مقادیر عامل NDVI در فصول مختلف سال تغییر می‌کند، لذا مقادیر آن در فصول مختلف سال محاسبه شد و میانگین آن بعنوان NDVI سالانه در نظر گرفته شد که برای محاسبه C سالانه با استفاده از رابطه (۱) مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

در شکل (۲) نقشه‌های شاخص پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) و عامل پوشش گیاهی (C) سالیانه در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. نقشه عامل پوشش گیاهی (C) سالیانه از نقشه NDVI با استفاده از معادله (۱) بدست آمده است. لازم به ذکر است که در محاسبه عامل C در حوضه در مناطقی که از آبهای روباز پوشیده شده است مقدار این عامل، بدون در نظر گرفتن معادله (۱)، صفر در نظر گرفته شده است. بطوریکه ملاحظه می‌شود مقدار NDVI در اراضی اطراف رودخانه‌های حوضه بیشتر از سایر بخش‌های حوضه است که خود بیانگر وجود پوشش گیاهی بیشتر (درختان کنار رودخانه‌ای) در این قسمت‌هاست. از طرف دیگر به دلیل تراکم بیشتر پوشش گیاهی کمترین مقدار C مربوط به اراضی اطراف رودخانه‌ها است. با گذر از این تراس‌های کنار رودخانه‌ای به دشت‌های دامنه‌ای و مناطق بالاتر مقدار عامل C به دلیل کاهش پوشش گیاهی افزایش می‌یابد. بعلاوه در قسمت‌های شرقی حوضه مقدار این شاخص کمتر از قسمت‌های غربی است که خود بیانگر وجود پوشش گیاهی بیشتر در قسمت‌های غربی است. این موضوع می‌تواند به دلیل وجود اراضی با کشت آبی در این مناطق باشد که عملکرد بیشتر و در نتیجه تولید بیوماس بیشتری را به همراه دارد. همچنین میانگین مقدار C در سطح حوضه برابر ۰/۳۹ می‌باشد.



شکل ۲. نقشه‌های شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) و عامل پوشش گیاهی (C) سالیانه منطقه مورد مطالعه

نتیجه‌گیری

در این پژوهش نقشه عامل پوشش گیاهی در معادله جهانی فرسایش خاک در حوضه آبخیز سد گاوشان با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ بدست آمد. نتایج بدست آمده نشان داد که در داخل حوضه با حرکت از شرق به غرب مقدار شاخص NDVI افزایش و به تبع آن مقدار عامل پوشش گیاهی کاهش می‌یابد. نواحی با پوشش گیاهی بالا عمدتاً بر روی تراس‌های کنار رودخانه‌ای واقع شده‌اند. با گذر از این تراس‌ها به دشت‌های دامنه‌ای و مناطق بالاتر مقدار عامل C به دلیل کاهش پوشش گیاهی افزایش می‌یابد. همچنین یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهند که داده‌های سنجش از دور به همراه سامانه اطلاعات جغرافیایی امکان خوبی برای برآورد عامل پوشش گیاهی در معادله جهانی فرسایش خاک فراهم می‌کنند.

منابع

- رفاهی، ح. ۱۳۹۴. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران.
- Anderson G.L., Hanson J.D., and Hass R.H. 1993. Evaluating Landsat thematic mapper derived vegetation indices for estimating above-ground biomass on semiarid rangelands. *Remote Sensing of the Environment*, 45(2):165-175.
- Ganasri, B. P., and Ramesh, H. 2016. Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS - A case study of Nethravathi Basin. *Geoscience Frontiers*, 7, 953-961.
- Nearing M.A., Foster G.R., and Lane L.J. 1989. A process-based soil erosion model for USDA water erosion prediction project technology. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 32(5):1587-1593.
- Neitsch S.L., Arnold J.G., Kiniry J.R., and Williams J.R. 2011. Soil and Water Assessment Tool, Theoretical Documentation, Version 2009. Texas Water Resources Institute.
- Renard, K. G., and Freimund, J. R. 1994. Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Journal of Hydrology*, 157, 287-306.
- Schmidt J. 1990. A mathematical model to simulate rainfall erosion. *Catena Supplement*, 19:101-109.
- van der Knijff J.M., Jones R.J.A., and Montanarella L. 2000. Soil Erosion Risk Assessment in Europe. European Soil Bureau.



شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸



Wischmeier, W. H., and Smith, D. D. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. Science and Education Administration, USDA.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Water Erosion, Flood , Soil and Water Conservation

Mapping of crop cover management factor using remote sensing data in Gawshan dam watershed

*Naghshbandi^{*1}, S.P., Mahmoodi², M.A.*

¹ M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Iran

² Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Iran

Abstract

Soil erosion by water is a worldwide threat for environment. Soil erosion models are suitable tools for simulation of soil erosion, identification of erosion prone areas and evaluation of soil erosion management scenarios. One of the most applicable soil erosion models is universal soil loss equation. The most important input parameter of this model is crop cover management (C) factor. The objective of this study was to estimate and map C factor using remote sensing (RS) in Gawshan dam watershed in west of Iran. The annual C factor was calculated from normalized difference vegetation index (NDVI) derived from Landsat ETM imagery. Results showed that NDVI increase and functionally annual C factor decrease from east to west in the watershed. The estimated mean annual C factor was 0.39 in the watershed. Furthermore, results of this study demonstrated that RS data along with geographical information system (GIS) provide good possibility for estimating C factor.

Keywords: Landsat ETM imagery, normalized difference vegetation index, universal soil loss equation

* Corresponding author, Email: p.naghshbandi.91@gmail.com

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

برآورد شدت رسوب دهی در قسمتی از حوزه آبخیز شمال کارون با مدل‌های PSIAC و MPSIAC

الهام شهرباینی^{۱*}، علی‌اکبر اصیلان^۲، بهزاد سبحانی^۳، پدیده جوادی^۳، سولماز شکوری اصل^۳^۱ دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک، شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس^۲ مدیر گروه خاکشناسی، شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس^۳ کارشناس ارشد علوم خاک، شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس

چکیده

یکی از معضلاتی که امروزه بشر با آن مواجه است مشکل فرسایش خاک می‌باشد که منجر به خسارات زیادی مانند از بین رفتن خاک حاصلخیز، آلودگی آب‌ها، پر شدن مخازن سدها و... می‌شود. به منظور جلوگیری از چنین روند تخریبی نیاز به تعیین دقیق میزان فرسایش و رسوب برای برنامه‌های حفاظت خاک می‌باشد. در این مطالعه که در سال ۱۳۹۷ انجام شد از مدل‌های PSIAC و MPSIAC برای تخمین رسوب تولید شده و تهیه نقشه فرسایش در قسمت‌هایی از حوزه آبریز شمال خوزستان استفاده شد. روش‌های PSIAC و MPSIAC با نه فاکتور محیطی مرتبط است که به تولید رسوبات حوزه آبریز کمک می‌کند. این فاکتورها شامل زمین شناسی سطحی، خاک، اقلیم، رواناب، پستی و بلندی، پوشش زمین، استفاده از زمین، فرسایش فعلی و کنار رودخانه‌ای می‌باشد از نرم افزار Arc GIS 10.2 برای تهیه نقشه فرسایش خاک استفاده شد. مدل MPSIAC فرسایش ویژه را متوسط برآورد نموده و مقدار آن در واحدهای لالی، قلعه خواجه، مسجد سلیمان و هفتگل به ترتیب ۶/۴۵، ۷/۷۷، ۶/۸۰ و ۸/۳۵ تن بر هکتار در سال حاصل شد. با توجه به جنس سنگ‌ها، واحدهای فیزیوگرافی، شیب و مشاهدات صحرائی بنظر می‌رسد این مدل برآورد بهتری از فرسایش نسبت به مدل PSIAC دارد و در کلاس III رسوبدهی و فرسایش قرار گرفت.

کلمات کلیدی: فرسایش، رسوب، روش‌های تجربی، GIS

مقدمه

فرسایش و رسوب زایی یکی از مشکلات مهم در مدیریت حوزه های آبخیز کشور می باشد. فرسایش و پیامدهای ناشی از آن، با تشدید بهره‌برداری انسان از طبیعت از اوائل قرن بیستم، آثار منفی خود را بر اکوسیستم حیاتی وارد ساخته است (Lu و همکاران ۲۰۰۱). خاک یکی از مهمترین منابع طبیعی هر کشور است و در قرن حاضر فرسایش خاک یکی از عوامل اصلی تخریب محیط زیست است. رسوب حاصل از فرسایش خاک باعث آلوده شدن آبها، پر شدن مخازن سدها و کاهش پتانسیل های محیطی و حاصلخیزی خاک می‌شود. بنابراین، شناخت وضعیت فرسایش و تولید کل رسوب سالانه در حوزه های آبخیز، مطالعات و تحقیقات بیشتری نیاز دارد و شناخت عوامل موثر در این فرآیند پیچیده ضروری است (Zakeri و همکاران ۲۰۱۵). یکی از مشکلات اساسی در برآورد میزان فرسایش و رسوب برای برنامه ریزی استفاده از منابع آب و خاک، عدم وجود آمار (به ویژه در حوضه‌های کوچک) است که سبب مشکلات برای کارشناسان و کاربران در مدیریت حوضه ها و در توسعه از برنامه های حفاظتی می‌شود. روابط تجربی برای تخمین مقدار فرسایش و رسوب در حوضه هایی که اطلاعات لازم ندارند توسعه داده شده است (Nearing و همکاران ۲۰۱۵؛ Naqvi و همکاران ۲۰۱۵). از میان روش‌های تجربی می‌توان به روشهای کیفی EPM، BLM، FAO، و روش کمی MPSIAC که درصد اعتبار بیشتری دارد اشاره کرد. مدل MPSIAC یکی از این روشهای تجربی می‌باشد که در اکثر حوضه‌های آبخیز کشور کارایی دارد. ارزیابی مقدار رسوب به روش MPSIAC نسبت به مقدار محاسبه شده رسوب در ایستگاه‌های رسوب‌سنجی دارای شباهت و همبستگی بالایی است (خیام و همکاران، ۱۳۹۲). فرسایش خاک و تولید رسوب حوزه آبخیز سد ایلام برآورد شده و از نظر کلاس های فرسایشی و شدت رسوبدهی با استفاده از مدل MPSIAC حوضه مطالعه شده را به سه کلاس کم، متوسط و زیاد تفکیک کرده اند (Rastgoo, 2010). در برآورد فرسایش رسوب به کمک داده‌های ماهواره‌ای و سامانه جغرافیایی اطلاعات حوزه‌ی آبخیز زیارت با استفاده از مدل MPSIAC نشان دادند که بخش اعظم حوضه بر اساس طبقه بندی کیفی مدل MPSIAC در کلاس متوسط قرار دارد (تاجگردان و همکاران، ۱۳۸۷). برای برآورد میزان فرسایش و نرخ تولید رسوب با استفاده از روش MPSIAC در حوزه ی آبخیز سد شورجه

نتیجه گرفتند که در هر سال حدود ۶۴/۳۷ مترمکعب رسوب در هر کیلومتر مربع تولید می‌شود (دهقان و همکاران، ۱۳۸۸). شهبازی (۱۳۸۴) در مقایسه دوروش EPM و MPSIAC در برآورد فرسایش ورسوب در زیرحوضه بجوشین چای حوضه ارس در استان آذربایجان شرقی به این نتیجه دست یافت که آنالیزهای آماری دلالت بر نزدیکی بیشتر مقادیر تخمینی مدل MPSIAC با مشاهدات رسوب دارد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه قسمت‌هایی از حوزه آبریز شمال کارون با مساحتی در حدود ۸۶۵۲۰ هکتار، در استان خوزستان، در قسمت‌هایی از شهرستان‌های لالی، قلعه خواجه، مسجد سلیمان و هفتگل واقع در فاصله‌ی طول جغرافیایی شرقی ۴۸ درجه و ۵۹ دقیقه و ۲۷ ثانیه تا ۴۹ درجه و ۳۲ دقیقه و ۲۳ ثانیه و عرض جغرافیایی شمالی ۳۱ درجه و ۴۳ دقیقه و ۴ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۱۷ دقیقه و ۲۷ ثانیه انتخاب شد. پس از شناسایی منطقه و گردآوری داده‌ها و نقشه‌های موجود، مشاهدات میدانی و تفسیر عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای، موقعیت منطقه روی نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ مشخص شد. از نقشه زمین‌شناسی و نقشه کاربری اراضی منطقه با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ استفاده شد. از گزارش هواشناسی عناصر اقلیمی ایستگاه‌های مورد مطالعه در طی یک دوره آماری ۵۸ ساله (۱۳۳۷-۱۳۹۵) جمع‌آوری گردید. یکی از دقیق‌ترین روش‌های برآورد میزان رسوب تولیدی حوزه‌های آبخیز استفاده از آماراندازه‌گیری شده ایستگاه‌های هیدرومتری و برآورد منحنی سنج رسوب و در نهایت تولید رسوب می‌باشد. در نقاطی که این ایستگاه‌ها به تعداد کافی وجود داشته باشند میزان رسوب قابل اندازه‌گیری می‌باشد. از آنجا که در این حوزه آبریز هیچ گونه تجهیزات اندازه‌گیری رسوب وجود ندارد لذا استفاده از روش‌های آماری جهت برآورد مقدار فرسایش و رسوب حوضه امکان پذیر نمی‌باشد و به ناچار از روش‌های تجربی PSIAC و MPSIAC به منظور برآورد میزان فرسایش و رسوب در داخل قسمت‌هایی از حوزه آبریز شمال کارون استفاده گردید. بطوری که پس از مشخص شدن نقشه واحد کاری امتیازات مربوط به عوامل هر مدل در هر واحد کاری برآورد سپس با میانگین وزنی از واحدهای کاری مقدار رسوب محاسبه شد و در نهایت با محاسبه SDR مقدار فرسایش محاسبه شد همچنین در این تحقیق جهت تهیه نقشه از نرم افزار Arc GIS استفاده شد. در روش PSIAC تأثیر و نقش ۹ عامل مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در حوزه آبخیز ارزیابی می‌گردد که عبارت از زمین‌شناسی، خاک، آب و هوا، رواناب، پستی و بلندی، پوشش سطحی زمین، استفاده از زمین، وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوزه آبخیز و فرسایش رودخانه‌ای می‌باشد. (Johnson & Gebhardt 1982) اصلاحاتی در این مدل به وجود آوردند و آن را فرمول اصلاح شده پسیاک (MPSIAC) نامیدند و مدل را از حالت کیفی به صورت کمی تبدیل کردند. عوامل مؤثر در ارزیابی فرسایش خاک و تولید رسوب در روش‌های PSIAC و MPSIAC در جدول ۱ مشاهده می‌شود در این روش بسته به شدت وضعیت هر عامل عددی به آن نسبت داده می‌شود. همچنین مدل BLM که توسط اداره عمران آمریکا ارائه شده نقش ویژه‌ای در ارزیابی وضعیت فعلی فرسایش و فرسایش رودخانه‌ای مدل PSIAC و MPSIAC دارد و بر اساس جمع نمرات عوامل هفتگانه حرکت توده خاک (توسط آب، باد، نیروی ثقل و ...)، وجود لاشیرگ در سطح خاک، وضعیت سنگها (عمدتاً از نظر توزیع در سطح)، قطعات سنگی تحکیم یافته، وجود فرسایش شیاری، فرم آبراه‌ها و وجود فرسایش خندقی منطبق با مشاهدات میدانی و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای این دو عامل را بررسی می‌نماید. امتیازدهی عوامل مؤثر بر فرسایش خاک از طریق بازدیدهای میدانی، بررسی نوع فرسایش در منطقه و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفت. در پایان ارائه مدل برآورد فرسایش و رسوب، محاسبه‌های عددی و تهیه نقشه در محیط Arc GIS انجام شد.

پس از تعیین عوامل و به دست آوردن مجموع نمرات آنها به منظور دقت بیشتر از معادلات (۱) و (۲) بین درجه رسوب دهی و میزان تولید رسوب و معادلات نسبت تحویل رسوب (۳) و (۴) در روش‌های PSIAC و MPSIAC استفاده می‌شود

$$\text{معادله (۱)} \quad QS = 38.77e^{0.0353R} \quad \text{میزان رسوب دهی بر حسب متر مکعب در کیلومتر مربع در سال} = QS$$

R = درجه رسوب دهی یعنی مجموع نمرات عوامل مختلف در نظر گرفته شده

$$\text{معادله (۲)} \quad e = \text{لگاریتم نپیرین در حدود } 2/718 \text{ می‌باشد بر این اساس جانسون و گمبهارت ضرایب این رابطه را اصلاح کرده و معادله (۲) را ارائه دادند} \\ QS = 0.253e^{0.036R}$$

QS = میزان تولید رسوب بر حسب تن در هکتار، سایر پارامترها مانند معادله (۱) می‌باشد.

اما با توجه به اینکه در روش MPSIAC به طور مستقیم نمی‌توان اقدام به تعیین مقدار فرسایش ویژه و کل نمود لذا با تعیین SDR یا نسبت تحویل رسوب از معادلات (۳) و (۴) می‌توان فرسایش ویژه را حساب کرد..

$$\text{Log} (SDR) = 1.7935 - 0.4191(\text{Log}A) \quad \text{معادله (۳)}$$

A: مساحت حوزه آبخیز برحسب مایل مربع

$$SDR = \frac{\text{رسوب ویژه}}{\text{فرسایش ویژه}} \quad \text{معادله (۴)}$$

جدول ۱. عوامل موثر در ارزیابی فرسایش خاک و تولید رسوب در روش‌های PSIAC و MPSIAC

شرح و تغییر	معادلات MPSIAC	نمرات (PSIAC)	عوامل موثر در فرسایش خاک
در این عامل تغییری داده نشده است	$Y1=X1$	۰-۱۰	زمین شناسی سطحی
k عامل فرسایش پذیری خاک در فرمول جهانی فرسایش می‌باشد	$X2=16.67 k$	۰-۱۰	خاک
P2 بارندگی ۶ ساعته با دوره برگشت دو ساله	$X3=0.2 P2$	۰-۱۰	آب و هوا
R عامل رواناب و QP دبی پیک سالانه برحسب مترمکعب بر ثانیه	$X4=0.006R+10QP$	۰-۱۰	رواناب
S شیب متوسط حوضه به درصد	$X5=0.33 S$	۰-۲۰	پستی و بلندی
Pb درصد اراضی سخت و فاقد پوشش حوضه	$X6=0.2 Pb$	-۱۰ تا +۱۰	پوشش زمین
PC درصد تاج پوشش	$X7=20-0.2Pc$	-۱۰ تا +۱۰	استفاده از زمین
S.S.F وضعیت سطح خاک و فرسایش	$X8=0.25 S.S.F$	۰-۲۵	وضعیت فعلی فرسایش در
S.S.F.g فرسایش خندقی در حوضه	$X9=1.67 S.S.F.g$	۰-۲۵	فرسایش رودخانه‌ای و حمل

نتایج و بحث

جدول شماره ۲ برآورد میزان رسوب و فرسایش به روش PSIAC را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۲. برآورد میزان رسوب و فرسایش به روش PSIAC

واحد	R (درجه رسوب دهی)	تولید رسوب سالیانه مترمکعب در کیلومتر مربع	شدت رسوبدهی	کلاس رسوبدهی و فرسایش	رسوب ویژه (ton/ha.y)
لالی	۵۳/۷۰	۲۵۶/۶	متوسط	III	۱/۷۴
قلعه خواجه	۵۳/۶۰	۲۵۵/۷	متوسط	III	۱/۷۳
مسجد سلیمان	۵۲	۲۴۱/۷	متوسط	III	۱/۶۴
هفتگل	۴۷/۷۰	۲۰۷/۷	کم	II	۱/۴۰

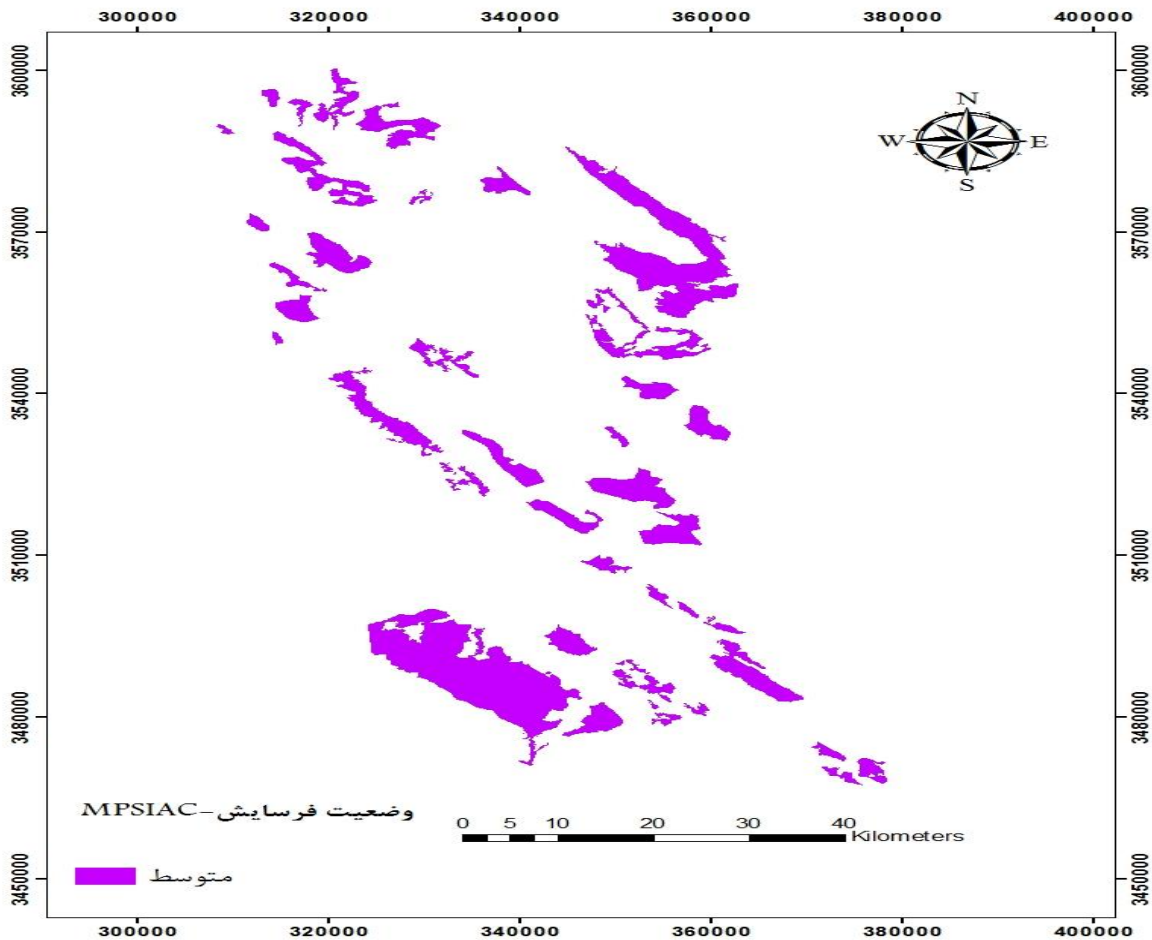
نتایج نشان می‌دهد اراضی لالی، قلعه خواجه و مسجد سلیمان از نظر رسوبدهی و فرسایش در کلاس III قرار می‌گیرند که نشان دهنده فرسایش متوسط است. جدا شدن و جابه‌جایی ذرات خاک به میزانی است که اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و آب ضرورت و اولویت داشته و استفاده از

اراضی محدودیت زیاد دارد. همچنین در این روش اراضی هفتگل از نظر رسوبدهی و فرسایش در کلاس II قرار می‌گیرند که نشان دهنده فرسایش کم است. جدول شماره ۳ برآورد میزان رسوب و فرسایش به روش MPSIAC را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۳. برآورد میزان رسوب و فرسایش به روش MPSIAC

واحد	مساحت (هکتار)	R (درجه رسوب دهی)	کلاس رسوبدهی و فرسایش	رسوب ویژه (ton/ha.y)	فرسایش ویژه (ton/ha.y)	SDR (%)
لالی	۱۰۲۷۳	۵۸/۶۷	III	۲/۰۸	۶/۴۵	۳۲/۲
قلعه	۱۸۱۳۱	۶۱/۶۰	III	۲/۳۱	۷/۷۷	۲۹/۷
مسجد	۲۳۵۶۰	۵۶/۸۵	III	۱/۹۵	۶/۸۰	۲۸/۶
هفتگل	۳۴۵۵۶	۶۱/۰۶	III	۲/۲۶	۸/۳۵	۲۷/۱

در روش MPSIAC کلیه اراضی از نظر رسوبدهی و فرسایش در کلاس III قرار می‌گیرند که نشان دهنده فرسایش متوسط است. همچنین نقشه برآورد فرسایش خاک به روش MPSIAC در شکل ۱ مشاهده می‌شود.



شکل شماره ۱- وضعیت فرسایش با مدل MPSIAC در اراضی مسجد سلیمان، لالی، هفتگل و قلعه خواجه

نتیجه‌گیری

یکی از دقیق ترین روش های برآورد میزان رسوب تولیدی حوزه های آبخیز استفاده از آمار اندازه گیری شده ایستگاه های هیدرومتری و برآورد منحنی سنج رسوب و در نهایت تولید رسوب برای اعتبار سنجی مدل های فرسایشی می باشد، از آنجا که در این محدوده مطالعاتی این آمار وجود ندارد لذا امکان اعتبار سنجی برای مدل مقدر نمی باشد ولی با توجه به اینکه جنس سنگ های منطقه عمدتاً از نوع مارنی، گچی، آهکی و شیل می باشد و اراضی عمدتاً در واحدهای فیزیوگرافی کوه ها و تپه ها، فلات ها و تراس های فوقانی و واریزه ها قرار دارند همچنین در قسمت هایی از اراضی فرسایش شیاری و خندقی مشاهده می شود، همچنین فرسایش آبی با از بین رفتن پوشش گیاهی به دلیل چرای مفرط در این نواحی شدت یافته و وجود سازندهای مارن حساس به فرسایش آن را تقویت می کند. تمامی عوامل نشان دهنده فرسایش قابل توجه در منطقه می باشد لذا برآورد مدل MPSIAC مناسب تر می باشد.

منابع

- خیام، م؛ غنمی جابر، م. و صمد زاده، ر. ۱۳۹۲. مقایسه کارایی مدل های EPM و MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب زایی حوضه آبخیز سقزچی چای نمین، دو فصلنامه ی ژئومورفولوژی کاربردی ایران سال اول، شماره اول، صفحات ۱-۱۳
- تاجگردان، تکتک؛ شمس الله ایوبی؛ شعبان جویباری (۱۳۸۷). برآورد فرسایش و رسوب به کمک داده های ماهواره ای و سامانه اطلاعات جغرافیایی با استفاده از مدل MPSIAC (مطالعه موردی: حوزه آبخیز زیارت)، مجله پژوهش و سازندگی شماره ۷۹. صفحات ۳۸-۴۵
- دهقان، جعفر؛ تکتک تاجگردان؛ شعبان جویباری (۱۳۸۸). برآورد فرسایش و رسوب به کمک داده های ماهواره ای و با استفاده از مدل MPSIAC، نشریه پژوهش و سازندگی، شماره ۷۹. صفحات ۳۴-۴۵
- شهبازی کیا، سعید و صادقی تالارپشتی، رستم. (1821). مقایسه دو روش EPM, MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب در استان آذربایجان شرقی (مطالعه موردی: زیرحوضه بجوشین چای حوزه ارس). سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.
- Johnson, C. W., Gebhardt, K. A., 1982- Predicting sediment yields from sage brush rangeland in, Proceedings of the workshop on estimating erosion and sediment yield on rangeland. Tucson Aritong, March 1982.V.5. Department of agriculture ARM-W-26.P. 145-156.
- Lu, H., J. Geollant Prosser, L., Moran and G. Priestly (2001). Prediction of sheet and rill erosion over the Australian continent: Incorporating monthly soil loss distribution, National Land & Water Resource. Technical Report No.31:127 Australia
- Zakeri, H.F., Khalil, R., & ShafaiBajestan, M. (2015). Soil erosion and Sediment yield risk Assessment using an empirical Model of MPSIAC for upstream Watershed of Abbaspour and masjed-soleiman dams, SW-Iran. *Bullten of Environment Pharmacology Life Science*, 5, 73-82.
- Naqvi, H.R., Athick, A.M.A., Ganaie, H.A., & Siddiqui, M.A.(2015). Soil erosion planning using sediment yield index method in the Nun Nadi watershed, India. *International Soilless and Water Conservation Research*, 3, 86-96.
- Nearing, M.A., Unkrich, C.L., Goodrich, D.C., Nichols, M.H., & Keefer, T.O. (2015). Temporal and elevation trends in rainfall erosivity on a 149 km² watershed in a semi-arid region of the American Southwest. *International Soilless and Water Conservation Research*, 3, 77-85.
- Rastgoo, S., B. Ghahraman, H. Sanaiinejad, K. Davari and S.R. Khodashenas (2006). Estimation of erosion and sediment in Tang Kenshat watershed using MPSIAC & EPM models and GIS, *Jour. of Agri. & Natural Resources Science and Techniques* 1: 91-104.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Estimation Of Sediment Intensity In Part of Karun North Watershed With PSIAC And MPSIAC Models

Shahrayini^{*1}, E., Asillian², A.A., Sobhani, B³, Javadi, P³, Shakouri, S³.

¹ Soil Physic And Conservation Ph.D Student, Mahab Ghodss Consulting Engineer

² Soil science supervisor, Mahab Ghodss Consulting Engineer

³ Soil Science Senior Expert, Mahab Ghodss Consulting Engineer

Abstract

Today one of the big issues human societies are faced with is the problem of soil erosion which causes a lot of damage such as loss of fertile soil, polluting of water, filling dam reservoirs and etc. In order to prevent such a degradation process, exact determination of erosion and sediment levels is necessary for soil conservation programs. This study was conducted in 1397, the "PSIAC and MPSIAC models" were used to estimate sediment yield and provide erosion map in parts of north Karun watershed. The PSIAC and MPSIAC method incorporate nine environmental factors that contribute to sediment yield of the watershed. These factors are: surface geology, soil, climate, runoff, topography, ground cover, land use, present erosion and stream bank erosion. ArcGIS 10.2 software was used to prepare the erosion map. The MPSIAC model has estimated the special erosion as moderate with the value of 6.45, 7.77, 6.80 and 8.35 ton/ha.year for Lali, Ghale khajeh, Masjed Soleyman and Haftgel respectively. According to stone material, physiographic units, slope and field visits, It seems this model estimated erosion better than PSIAC and It located in class of sedimentation and erosion of III.

Keywords: Erosion, Sediment, Empirical models, GIS

* Corresponding author, Email: e.shahrayini@yahoo.com

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

شبیه‌سازی پروفیل دمایی آب مخزن سد علویان به منظور حفاظت کیفی و کمی آب مخزن

قربان مهتابی^۱، فرشید تاران^۲، الهه حجتی^{۳*}^۱ استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان^۲ دکتری مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

چکیده

مسأله کمبود آب و مدیریت بهینه منابع آبی یکی از مهم‌ترین چالش‌های دنیا به‌ویژه در کشورهای خشک و نیمه خشک است. تبخیر از سطوح آزاد آب یکی از پدیده‌های مؤثر بر مدیریت منابع آب مانند دریاچه‌ها و مخازن سدها است که خود متأثر از عوامل مختلفی مانند دمای آب مخزن است. از آنجا که اندازه‌گیری میدانی پروفیل دمایی مخزن سد پرهزینه و زمان‌بر است، می‌توان آن را شبیه‌سازی نمود. در این مطالعه، پروفیل دمایی مخزن سد علویان مراغه با استفاده از مدل CE-QUAL-W2 شبیه‌سازی شد. برای این کار از داده‌های هواشناسی و هیدرومتری، داده‌های اندازه‌گیری شده دمای آب در عمق مخزن، داده‌های هیدرولیکی و اطلاعات هندسه مخزن سد استفاده شد. دوره زمانی ۱۳۹۲/۰۲/۱۷ تا ۱۳۹۴/۰۶/۳۱ برای واسنجی و دوره یک‌ساله ۱۳۹۴/۰۷/۱ تا ۱۳۹۵/۰۶/۳۱ برای صحت‌سنجی به کار رفت. نتایج نشان داد که مدل CE-QUAL-W2 می‌تواند پروفیل عمقی دمای آب را با دقت بالا (میانگین مطلق خطا MBE برابر با ۱/۴ درجه سانتی‌گراد) شبیه‌سازی کند. نتایج نشانگر تغییرات محسوس دمای عمقی آب مخزن در طول سال بود و لایه‌بندی مثبت و منفی و دوره اختلاط کامل مشاهده گردید.

کلمات کلیدی: لایه بندی دمایی، مدل سازی، دمای سطح آب، CE-QUAL-W2

مقدمه

یکی از منابع آبی مهم تامین‌کننده نیاز آبی شرب، کشاورزی و صنعت، به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک، آب ذخیره شده در دریاچه سدهای احداث شده بر روی رودخانه‌ها است. از جمله علل هدر رفت آب در دریاچه‌های آب شیرین و مخازن سدها، تبخیر از سطح آن‌ها بوده و این مسئله به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در مدیریت منابع آبی ایفا کند (زمانی و رحیم‌زادگان، ۱۳۹۵). از این رو ضرورت دارد در جهت مدیریت تلفات آب، میزان دقیق تلفات تبخیر اندازه‌گیری و روش‌های کاهش آن نیز بررسی شود. تبخیر از سطوح آزاد آب پدیده‌ای است که تحت تأثیر عوامل متعددی مانند میزان تشعشع خورشیدی، عرض جغرافیایی، دمای هوا، کمبود فشار بخار هوا، سرعت باد، فشار اتمسفر، مساحت سطح آب، عمق آب، کیفیت آب و دمای سطح آب قرار دارد (پروتسارت، ۱۹۸۲).

یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر میزان تبخیر از سطح آزاد آب، دمای عمقی یا پروفیل دمایی مخزن آب است. در یک دریاچه عمیق نظیر مخزن سد، لایه‌بندی دمای قابل ملاحظه‌ای به وجود می‌آید که تبخیر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در واقع، لایه‌هایی از جرم‌های سیال به دلیل اختلاف در چگالی یا درجه دما و مومنوم از لایه سطحی آب و نیروی جاذبه تشکیل می‌شود. لایه‌بندی دمای در مخازن به چگونگی تغییرات چگالی آب با دما بستگی دارد. در آب، برخلاف سایر مایعات، چگالی بین دماهای صفر تا چهار درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد و بین دماهای چهار تا صد درجه سانتی‌گراد به صورت غیرخطی کاهش می‌یابد. این مشخصه آب موجب می‌شود که با تغییر دمای محیط در فصول مختلف و در نتیجه، تغییر دمای لایه‌های مختلف آب مخزن، یک نوع لایه‌بندی با چگالی‌های مختلف ایجاد شود. نحوه شکل‌گیری این لایه‌بندی به این شکل است که در تابستان، گرمای وارد شده از سطح آب در فاصله محدودی از عمق آب مخلوط می‌شود. در نتیجه، منطقه‌ای از آب گرم در لایه سطحی آب با درجه دما یکنواخت و گرم‌تر از بقیه عمق آب، در مخزن تشکیل شده و به این ترتیب، لایه‌بندی تابستانی (لایه‌بندی مثبت) ایجاد می‌گردد. در زمستان، با توجه به این که کاهش دمای آب از چهار درجه تا صفر درجه با افزایش حجم و در نتیجه، کاهش چگالی همراه است، لذا آب‌های سنگین با دمای چهار درجه، در نزدیکی کف مخزن و آب‌های سبک تقریباً یخ‌زده، در سطح قرار می‌گیرند. در نتیجه لایه-بندی زمستانی یا لایه‌بندی معکوس شکل می‌گیرد. به تدریج با گرم شدن هوا، دمای سطح آب افزایش می‌یابد و اختلاف دما و اختلاف چگالی

* ایمیل نویسنده مسئول: elah.hojjati@gmail.com

در لایه‌های مختلف نیز کاهش می‌یابد. در این شرایط (فصول بهار و پاییز) در اثر یک نیروی خارجی کوچک، مخزن به حالت اختلاط کامل می‌رسد. در مجموع، در تابستان درجه دما آب کمتر از درجه دما هوا و در زمستان درجه دما هوا کمتر از درجه دما آب است. به دست آوردن دمای دقیق آب در اعماق مختلف مخزن، امری بسیار زمان‌بر و پرهزینه و نیازمند تجهیزات پیشرفته‌ای است که در تمام طول سال آبی باید در دیواره مخزن و دیگر نقاط مختلف پیکره آبی مورد نظر به کار گرفته شوند. به همین دلایل، این اندازه‌گیری در حال حاضر در بسیاری از مخازن به‌ویژه در ایران میسر نیست. از طرفی، جهت مطالعه و مدیریت مصرف منابع آبی، برآورد تبخیر از سطوح آزاد، به‌ویژه آب مخازن سدها ضروری است. برای این برآورد، روش‌های مختلفی مانند بیان انرژی وجود دارد که به نوبه خود نیازمند داده‌های مربوط به پروفیل دمایی آب مخزن است. برای حل این مشکل، می‌توان از مدل‌های شبیه‌سازی پروفیل دمایی آب استفاده نمود. یکی از دقیق‌ترین مدل‌های کامپیوتری برای این منظور، مدل CE-QUAL-W2 است. این مدل می‌تواند شبیه‌سازی دمای عمقی آب مخازن را به صورت دوبعدی (افقی و عمودی) انجام دهد. در زمینه استفاده از CE-QUAL-W2 و ارزیابی آن، مطالعات مختلفی انجام گرفته است. در ایران، خواجه‌پور و همکاران (۱۳۹۳)، جلالی جوشقانی و همکاران (۱۳۹۴)، شبان و همکاران (۱۳۹۶)، رضایی برندق و همکاران (۱۳۹۶)، فیروزی و همکاران (۱۳۹۷)، جمشیدی و نودهی (۱۳۹۷) با استفاده از مدل CE-QUAL-W2 به ترتیب پروفیل دمایی مخازن سدهای پانزده خرداد، کارون ۴، سیمره، تهم، لتیان و طرق را با دقت خوب شبیه‌سازی نمودند. گلدا و همکاران (۱۹۹۸) طی تحقیقی جهت شبیه‌سازی حرارتی مخزن سد کانوسویل در ایالات متحده از مدل CE-QUAL-W2 استفاده نمودند. مطابق نتایج شبیه‌سازی حرارت (بر مبنای داده‌های اندازه‌گیری شده هفتگی)، خطای ریشه میانگین مربعات برابر $RMSE = 1/17$ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. کیم و کیم (۲۰۰۶) در تحقیقی با استفاده از مدل دوبعدی CE-QUAL-W2 به شبیه‌سازی پروفیل حرارتی در مخزن سد سویانگ کره جنوبی پرداختند. نتایج حاصل بیانگر لایه‌بندی تابستانی می‌باشد. میزان ریشه میانگین مربعات خطا برای کلیه روزهای نمونه‌برداری $RMSE = 1/44$ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. نورتون و بردفرد (۲۰۰۹) طی تحقیقی به مقایسه دو مدل SNTMP و CE-QUAL-W2 در شبیه‌سازی حرارت رودخانه اسپید پرداختند. میزان میانگین خطا در نقاط مختلف برای مدل SNTMP بین ۰/۲ تا ۱/۸ درجه سانتی‌گراد و برای مدل CE-QUAL-W2 بین ۰/۵ تا ۱/۴ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. حسن اوغلو و گونسو (۲۰۱۸) طی تحقیقی یک حوضچه کوچک در غرب ترکیه را توسط مدل دوبعدی CE-QUAL-W2 مورد بررسی قرار داد. مطابق نتایج، متوسط خطای شبیه‌سازی دما ۰/۷۷ درجه سانتی‌گراد برآورد شد. با توجه به مرور منابع می‌توان گفت، به علت عدم دسترسی به تجهیزات اندازه‌گیری دمای آب در اعماق مختلف مخزن در بسیاری از سدهای ایران، تعداد چنین مطالعاتی در کشورمان اندک است. لذا هدف تحقیق حاضر، شبیه‌سازی پروفیل دمایی مخزن سد علویان مراغه با استفاده از مدل CE-QUAL-W2 و بررسی تغییرات دمای آب مخزن در طول یک سال آبی بود.

مواد و روش‌ها

معرفی سد مورد مطالعه

سد علویان در استان آذربایجان شرقی در ۳/۵ کیلومتری شمال غربی شهر مراغه به طول شرقی ۱۵' ۴۶° و عرض شمالی ۲۵' ۳۷° بر روی رودخانه صوفی‌چای احداث شده است. صوفی‌چای در حوضه آبریز دریاچه ارومیه قرار دارد. جمع‌آوری و کنترل جریان‌های سطحی صوفی‌چای جهت تأمین آب آشامیدنی شهر مراغه، جبران قسمتی از کمبود نیازهای کشاورزی دشت مراغه و بناب و نواحی صنعتی و همچنین تولید انرژی برقابی از اهداف اصلی احداث سد علویان است.

داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده شامل داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شهر مراغه، داده‌های هیدرومتری ایستگاه تازه‌کند واقع در بالادست سد علویان، داده‌های اندازه‌گیری شده دمای عمقی آب مخزن (در بازه زمانی مشترک از مهر ماه سال ۱۳۹۲ تا مهر ماه سال ۱۳۹۵) و همچنین اطلاعات هیدرولیکی و هندسه مخزن سد است.

مدل CE-QUAL-W2

مدل CE-QUAL-W2 که نخستین بار توسط ادینگر و بوچاک در سال ۱۹۷۵ عرضه شد، به طور گسترده‌ای در شبیه‌

سازی دما، هیدرودینامیک و کیفیت آب در مخازن عمیق و دریاچه‌ها به کار رفته است. این مدل بر اساس حل معادلات دوبعدی غیردائمی هیدرودینامیک و پخش-انتقال عمل می‌کند. در واقع، به روش تفاضل محدود، معادلات متوسط‌گیری شده در عرض شامل معادله سطح آزاد آب (رابطه ۱)، مومنتم در جهت Z (رابطه ۲)، مومنتم در جهت X (رابطه ۳)، پیوستگی (رابطه ۴)، انتقال اجزا (رابطه ۵) و معادله حالت (رابطه ۶)، که ارتباط بین چگالی، دمای آب و غلظت مواد جامد محلول و معلق را ایجاد می‌کند، حل شده و تراز سطح آزاد، فشار چگالی، سرعت قائم و افقی و غلظت اجزا تعیین می‌شود.

$$\frac{\partial B_{\eta\eta}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \int_{\eta}^n UB dz - \int_{\eta}^n qB dz \quad (1)$$

$$\frac{\partial P}{\partial z} = \rho g \cos \alpha \quad (2)$$

$$\frac{\partial UB}{\partial t} + \frac{\partial UUB}{\partial x} + \frac{\partial WUB}{\partial z} = gB \sin \alpha + g \cos \alpha B \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{g \cos \alpha B}{\rho} \int_{\eta}^z \frac{\partial \rho}{\partial x} dz + \frac{1}{\rho} \frac{\partial B\tau_{xx}}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial B\tau_{xz}}{\partial z} + qBU_x \quad (3)$$

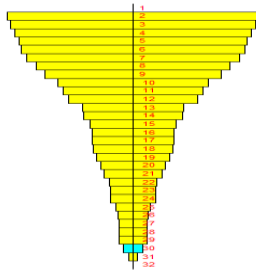
$$\frac{\partial UB}{\partial x} + \frac{\partial WB}{\partial z} = qb \quad (4)$$

$$\frac{\partial B\phi}{\partial t} + \frac{\partial UB\phi}{\partial x} + \frac{\partial WB\phi}{\partial z} - \frac{\partial (B D_x \frac{\partial \phi}{\partial x})}{\partial x} - \frac{\partial (B D_z \frac{\partial \phi}{\partial z})}{\partial z} = q_{\phi} B + S_{\phi} B \quad (5)$$

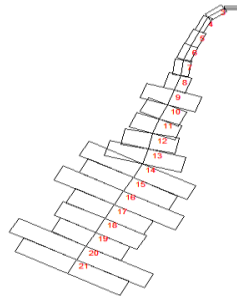
$$\partial = f(T_w, \phi_{TDS}, \phi_{SS}) \quad (6)$$

که در آنها، x و z مختصات افقی و قائم، B عرض پیکره آبی، U و W سرعت افقی و قائم میانگین عرضی، ρ چگالی آب، t زمان، P فشار، g شتاب ثقل، q دبی ورودی و خروجی، α شیب کف پیکره آبی، Φ غلظت اجزای متوسط‌گیری شده در جهت عرضی، D_x و D_z ضرایب پخش دما و اجزا در جهات x و z، τ_{xx} و τ_{xz} تنش برشی آشفته در جهات x و z، q_{ϕ} غلظت اجزای ورودی و خروجی، S_{ϕ} ترم مربوط به منبع تولید یا هدررفت اجزای کیفی، β_{η} عرض سطح آب (متغیر با زمان و مکان)، η تراز سطح آزاد آب و h عمق آب است. چگالی تابعی از دمای آب T_w ، غلظت مواد جامد محلول Φ_{TDS} و غلظت مواد جامد معلق Φ_{SS} است. اما مشکل‌ترین بخش کار با این مدل، جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز برای انجام عمل شبیه‌سازی است. به طور کلی داده‌های ورودی مورد نیاز برای مدل‌سازی توسط این نرم - افزار عبارتند از: داده‌های هندسه مخزن، داده‌های هواشناسی، سایه روی مخزن و ضریب پوشش باد، شرایط مرزی (دبی ورودی، دبی خروجی، دمای آب ورودی)، و پروفیل عمقی دمای آب برای واسنجی مدل می‌باشد.

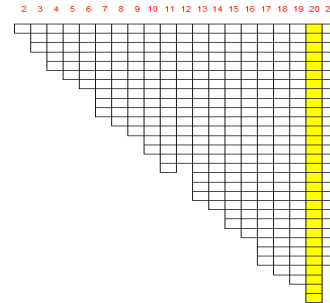
هندسه مخزن: اولین فایل ورودی به مدل، اطلاعات هندسه و ژرفاشناسی مخزن است که عمده این اطلاعات از نقشه‌های توپوگرافی مخزن سد علویان استخراج گردید. این فایل ورودی شامل اطلاعات مربوط به طول قطعه‌ها (طول پیکره آبی به قطعات کوچکتر تقسیم‌بندی می‌شود که این تقسیم‌بندی در محل تغییر در عرض یا مسیر جریان رودخانه انجام می‌گیرد. در این مطالعه، هندسه مخزن به صورت یک پیکره آبی شامل یک شاخه ورودی به طول تقریبی ۳/۵ کیلومتر است که به صورت ۲۲ قطعه با فاصله بین قطعات ۲۰۰ متر تقسیم‌بندی شد)، ارتفاع سطح آب (در اولین روز شبیه‌سازی، بر اساس داده‌های مشاهداتی، تراز سطح آب برابر با ۱۵۶۱/۵۴ متر وارد شد)، زاویه امتداد قطعه‌ها با شمال واقعی یا یک راستای مرجع، اصطکاک کف یا ضریب شزی (در مرحله واسنجی کنترل گردید و عدد ۷۰ بهترین گزینه به دست آمد) و ضخامت لایه‌ها یا طول قائم از مخزن برای یک لایه (عمق مخزن به ۳۲ لایه ۲ متری تقسیم‌بندی شد) است. در شکل ۱، هندسه مخزن سد علویان همراه با قطعه‌بندی و لایه‌بندی مورد نظر به ترتیب در جهت عمقی، پلان و طولی نشان داده شده است.



نمای جانبی (طولی)



نمای بالایی (پلان)



نمای انتهایی (عمقی)

شکل ۱- هندسه مخزن سد علویان در جهت عمقی، پلان و طولی

داده‌های هواشناسی: داده‌ها به صورت روزانه یا ساعتی (سه ساعته) وارد مدل می‌شود (در نرم‌افزار، داده‌های ماهانه قابل استفاده نیست). این داده‌ها شامل دمای هوا، نقطه شبنم، جهت باد، سرعت باد و پوشش ابری است. این داده‌ها از نزدیک‌ترین ایستگاه مجاور به سد علویان و به صورت متوسط روزانه (بر حسب تاریخ میلادی) به مدل معرفی شد.

سایه روی مخزن و ضریب پوشش باد: ضریب پوشش گیاهی یا سایه روی مخزن و ضریب پوشش باد، پارامترهایی هستند که در مرحله واسنجی مدل مورد ارزیابی قرار گرفتند. این پارامترها برای سد علویان به ترتیب ۰/۶ و ۰/۷ به دست آمدند.

شرایط مرزی و واسنجی مدل: شرایط مرزی بالادست با استفاده از داده‌های دبی ورودی به مخزن و دمای آب ورودی و شرایط مرزی پایین دست به صورت دبی خروجی از مخزن و تراز سطح آب مخزن به مدل معرفی شد. دبی‌های ورودی مربوط به داده‌های ایستگاه هیدرومتری تازه‌کند واقع در بالادست سد علویان، داده‌های دبی‌های خروجی و ترازهای سطح آب مربوط به آمار بهره‌برداری از سد و داده‌های دمای آب ورودی مربوط به داده‌های مشاهداتی دمای آب در ورودی رودخانه به سد علویان بود. برای واسنجی مدل از داده‌های پروفیل عمقی دمای آب مخزن در یک دوره دو ساله از ۱۳۹۲/۰۲/۱۷ تا ۱۳۹۴/۰۶/۳۱ و برای دوره صحت‌سنجی از داده‌های یک دوره یک ساله از ۱۳۹۴/۰۷/۱ تا ۱۳۹۵/۰۶/۳۱ استفاده شد. علت انتخاب تاریخ ۱۳۹۲/۰۲/۱۷، زمان شروع اندازه‌گیری‌های میدانی دمای آب عمق مخزن بود.

در مدل‌های شبیه‌سازی، برای مقایسه نتایج داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده، از پارامترهای آماری مختلفی استفاده می‌شود. در این تحقیق علاوه بر نمایش گرافیکی، از دو پارامتر آماری میانگین خطای مطلق MBE و مجذور میانگین مربعات خطا $RMSE$ مطابق روابط (۱) و (۲) استفاده شده است.

$$MBE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_{i,pre} - X_{i,obs}) \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_{i,pre} - X_{i,obs})^2} \quad (2)$$

نتایج و بحث

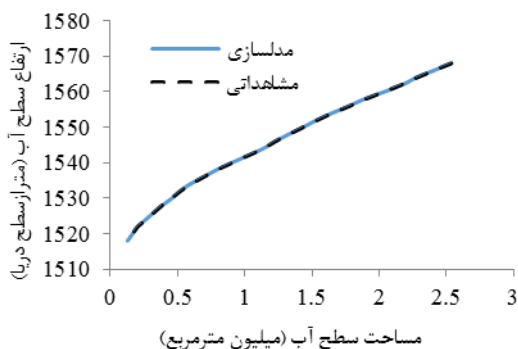
نتایج واسنجی و صحت سنجی مدل

واسنجی این نرم‌افزار، در سه مرحله واسنجی هندسه مخزن (حجم مخزن)، تراز سطح آب و دمای عمقی آب صورت می‌گیرد.

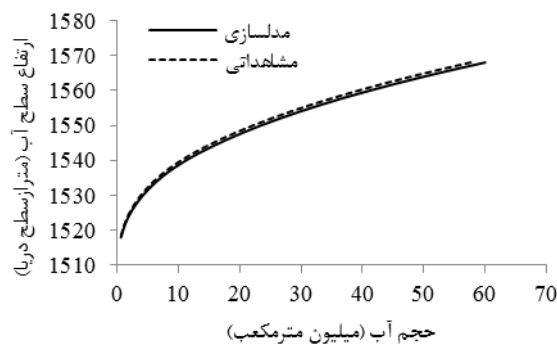
هندسه مخزن (حجم مخزن)

شکل ۲، منحنی‌های حجم-ارتفاع مشاهداتی و شبیه‌سازی مخزن سد علویان را نشان می‌دهد. در ساخت هندسه مخزن، تمام ابعاد قطعات و زوایای راستاها بر اساس نقشه توپوگرافی با دقت تعیین و وارد مدل گردید و بعد از اجرای مدل، منحنی حجم-ارتفاع شبیه‌سازی شده

استخراج شد. اختلاف مقادیر واقعی و شبیه‌سازی حجم ناچیز بود ($RMSE=1/25$ و $MBE=1/2$ میلیون متر مکعب). حجم واقعی کل مخزن و مقدار شبیه‌سازی شده به ترتیب برابر با $57/6702$ و $60/035$ میلیون متر مکعب بود ($4/1$ درصد اختلاف). در شکل ۳، منحنی‌های مساحت سطح-ارتفاع مخزن مشاهداتی و شبیه‌سازی ارائه شده که انطباق دو منحنی بر روی هم، نشانگر دقت بالای مدل در شبیه‌سازی هندسه مخزن است. مطابق نظر خواجه پور و همکاران (۱۳۹۴)، دقت عملیات هیدروگرافی در دریاچه سد، ترسیم دقیق هندسه مخزن و انجام سعی و خطاهای مکرر در مرحله واسنجی منجر به افزایش دقت مدل در بخش شبیه‌سازی هندسه مخزن گردیده است.



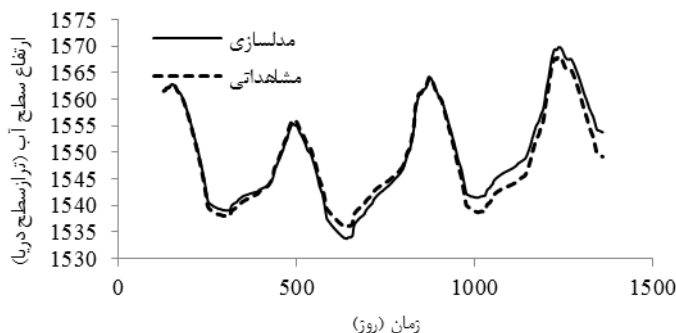
شکل ۳- مساحت سطح-ارتفاع مشاهداتی و شبیه‌سازی مخزن



شکل ۲- منحنی حجم-ارتفاع مشاهداتی و شبیه‌سازی مخزن

تراز سطح آب

پس از انجام واسنجی هندسه، با داشتن تراز سطح آب به صورت میانگین روزانه در مخزن، مقدار تراز سطح آب شبیه‌سازی شده از مدل استخراج و با داده‌های مشاهداتی مقایسه شد (شکل ۴). خطای مقادیر تراز سطح آب پس از واسنجی در قالب مجذور میانگین مربعات خطا ($RMSE$) و متوسط خطای مطلق (MBE) به ترتیب $1/79$ و $0/65$ متر به دست آمد. ترسیم دقیق هندسه مخزن و دقت بالای واسنجی هندسه مخزن در مدل موجب انطباق زیاد نتایج شبیه‌سازی تراز سطح آب با تراز مشاهداتی شد (خواجه پور و همکاران، ۱۳۹۳)

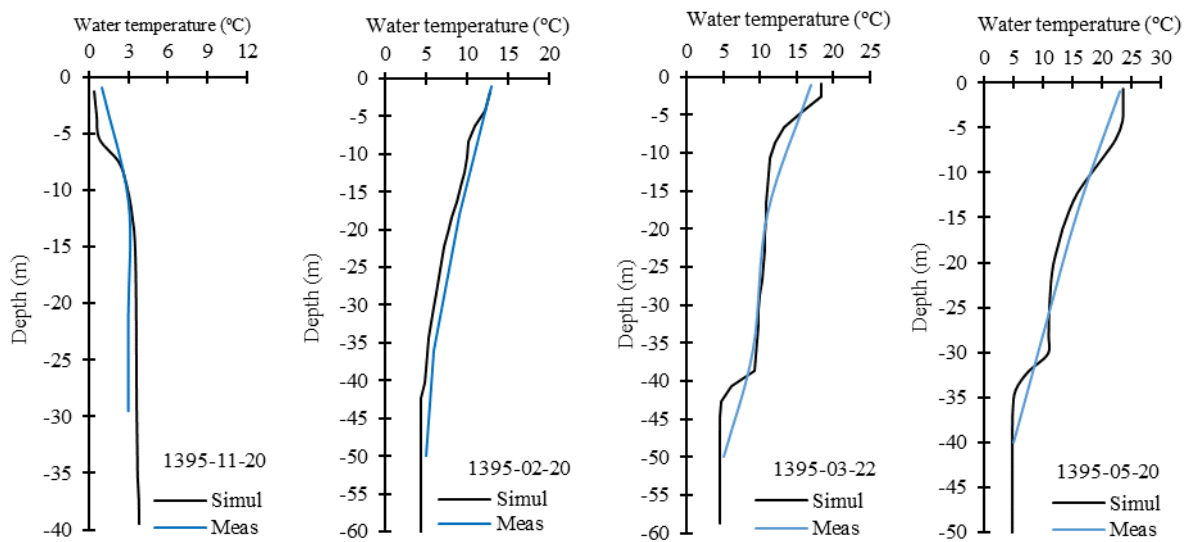


شکل ۴- تراز سطح آب مشاهداتی و شبیه‌سازی مخزن سد

پروفیل دمایی آب مخزن

پس از اجرای مدل و شبیه‌سازی دمایی، ضرایب کالیبراسیون مؤثر بر لایه‌بندی دمایی مخزن بررسی شد. در واسنجی دمایی، با نزدیک شدن شکل مقاطع شبیه‌سازی شده به شکل مقاطع مشاهداتی، سایر ضرایب کالیبراسیون مورد بررسی قرار گرفت تا دقت شبیه‌سازی بالا برده شود. بر اساس اندازه‌گیری‌های ماهانه دمای عمقی آب مخزن (در نزدیکی بدنه سد) و پس از انجام سعی و خطاهای مکرر، مقادیر نهایی ضرایب مدل به دست آمد. در ادامه، به منظور صحت‌سنجی مدل، نتایج پروفیل‌های شبیه‌سازی و مشاهداتی برای دوره یک ساله ($1394/07/11$ تا $1395/06/31$) استخراج گردید. بر اساس نتایج، میانگین خطای مطلق شبیه‌سازی (MBE) پروفیل عمقی دمای آب مخزن برابر $1/4$ درجه سانتی‌گراد به دست آمد که مطابقت خوبی با نتایج جلالی جشوقانی و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی لایه‌بندی دمای سد مخزنی کارون ۴ (با میانگین خطای $1/5$ درجه سانتی‌گراد) دارد. همچنین نتایج این تحقیق هماهنگی خوبی با نتایج کیم و کیم (۲۰۰۶) در شبیه-

سازی پروفیل حرارتی در مخزن سد سویانگ کره جنوبی دارد. مطابق نتایج ایشان میزان ریشه میانگین مربعات خطا برای کلیه روزهای نمونه- برداری برابر ۱/۴۴ درجه سانتی گراد بدست آمد. شایان ذکر است که طبق نظر جلالی جشوقانی و همکاران (۱۳۹۴) این مقدار خطای بدست آمده نسبت به بزرگی و عمق سد مناسب می-باشد. از طرفی دقت بالای مدل می-تواند به علت انجام سعی و خطاهای مکرر در مرحله واسنجی جهت انتخاب بهینه پارامترهای موثر در شبیه سازی دمای آب باشد. در شکل ۵، پروفیل‌های دمایی مشاهداتی و شبیه‌سازی در دوره صحت-سنجی مدل ارائه شده است. نتایج نشان داد که تغییرات دمای عمقی آب مخزن سد علویان در طول سال قابل توجه است، به طوری که دارای لایه‌بندی دمایی مثبت (بهار، تابستان تا اواسط پاییز) و منفی (در فصل زمستان) بوده و دوره اختلاط کامل (اواخر پاییز و اواخر زمستان) است. رضایی برندق و همکاران (۱۳۹۶)، فیروزی و همکاران (۱۳۹۷)، جمشیدی و نودهی (۱۳۹۷) و کیم و کیم (۲۰۰۶) نیز وجود لایه‌بندی تابستانی را در مخازن مورد بررسی خود گزارش کردند.



شکل ۵- پروفیل‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی دمای عمقی آب مخزن

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد که مدل کامپیوتری دوبعدی CE-QUAL-W2 می‌تواند ابزار مناسبی برای حل مشکل اندازه‌گیری میدانی دمای سطح و لایه‌های عمقی یک پیکره آبی مانند دریاچه یا مخزن سد باشد. با استفاده از این مدل، شبیه‌سازی پروفیل دمایی مخزن سد علویان با دقت بالایی انجام شد. نتایج نشان داد که دمای آب در لایه‌های عمقی مخزن سد علویان در طول سال تغییرات محسوس دارد و این مخزن در طول سال دارای لایه‌بندی دمایی مثبت (بهار، تابستان تا اواسط پاییز) و منفی (در فصل زمستان) و دوره اختلاط کامل (اواخر پاییز و اواخر زمستان) است. به طور کلی، برای به دست آوردن نتایج دقیق‌تر، شبیه‌سازی با این مدل باید بعد از واسنجی مناسب و صحت‌سنجی با استفاده از داده‌های کامل و حتی‌الامکان دقیق هواشناسی و هیدرومتری و اطلاعات هندسه مخزن انجام پذیرد.

منابع

- جلالی جشوقانی، ز.، صمدی بروجنی، ح.، فتاحی ناچقی، ر. و نجف‌آبادی، ر.م.ع. ۱۳۹۴. بررسی تأثیر پارامترهای مختلف بر شبیه‌سازی لایه-بندی حرارتی در مخازن سد (مطالعه موردی: سد کارون ۴). دومین کنفرانس بین‌المللی محیط زیست و منابع طبیعی، شیراز، مؤسسه عالی علوم و فناوری خوارزمی.
- جمشیدی، م. ، نودهی، د.ا. ۱۳۹۰. بررسی لایه‌بندی حرارتی مخزن سد طرق با استفاده از مدل CE-QUAL-W2. اولین همایش ملی راهبردهای مدیریت منابع آب و چالش‌های زیست محیطی. ساری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.



- خواجه پور، م.ا.، اقبالزاده، ا.، شیاسی ارانی، م.، افتخاری، م. و جوان، م. ۱۳۹۳. مقایسه مدل‌های CE-QUAL-W2 و DYRESM در شبیه‌سازی توزیع دما در مخزن سد پانزده خرداد. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۸ (۲)، ۳۵۲-۳۴۳.
- خواجه پور، م.ا.، اقبالزاده، ا.، افتخاری، م. و جوان، م. ۱۳۹۴. شبیه‌سازی عددی لایه بندی حرارتی در مخزن سد پانزده خرداد. مجله پژوهش آب ایران، ۹ (۱)، ۱۷-۱۳.
- رضایی برندق، ه.، سلماسی، ف. و صاحبی، ف. ۱۳۹۶. مطالعه لایه‌بندی حرارتی و کیفی سد تهم زنجان با استفاده از نرم‌افزار CE-QUAL-W2. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۵ (۱)، ۱۴۵-۱۲۷.
- شبان، ا. و کتابچی، ح. ۱۳۹۶. شبیه‌سازی لایه‌بندی حرارتی مخزن سد سیمره با استفاده از CE-QUAL-W2. شانزدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، اردبیل، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی.
- فیروزی، ف.، روزبهانی، ع. و مساح بوانی، ع.ر. ۱۳۹۷. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر لایه‌بندی حرارتی مخزن سد لتیان. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۴ (۳)، ۲۷۷-۲۶۷.
- Brutsaert, W. and Yu, S.L. 1968. Mass transfer aspects of pan evaporation. *Journal of Applied Meteorology*, 7, 563-566.
- Gelda, R.K., Owens, E.M. and Effler, S.W. 1998. Calibration, Verification, and an Application of a Two-Dimensional Hydrothermal Model [CE-QUAL-W2(t)] for Cannonsville Reservoir. *Lake and Reservoir Management*, 14 (2), 186-196.
- Hasanoğlu, E. and Göncü, S. 2018. Irrigation Pond Stratification Structure Determination and Temperature - Dissolved Oxygen Modeling Using CE-QUAL-W2. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(2):1199-1219.
- Kim, Y. and Kim, B. 2006. Application of a 2-Dimensional Water Quality Model (CE-QUAL-W2) to the Turbidity Interflow in a Deep Reservoir (Lake Soyang, Korea). *Lake and Reservoir Management*, 22 (3), 213-222.
- Norton, E.G. and Bradford, A. 2009. Comparison of two stream temperature models and evaluation of potential management alternatives for the Speed River, Southern Ontario. *Journal of Environmental Management*, 90:866-878.



Topic: Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation

Simulation of Water Temperature Profile of the Alavian Dam Reservoir for Quality and Quantity Protection of Reservoir Water

Ghorban Mahtabi¹, Farshid Taran², Elahe Hojjati^{*3}

¹ Assistant Professor, Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan

² PhD, Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

³ MSc. Student, Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan

Abstract

The issue of water scarcity and the optimal management of water resources is one of the most important challenges of the world especially in arid and semi-arid countries. Evaporation from free water surfaces is one of the phenomena affecting water resources such as lakes and dam reservoirs which, in turn, is affected by various factors such as water temperature. Since field measurement of water temperature profile is expensive and time-consuming, it can be simulated instead. In this study, the water temperature profile of the Alavian dam reservoir was simulated by using the model CE-QUAL-W2. For this purpose, the meteorological and hydrometric data, the measured data of water temperature at the reservoir's wall, the hydraulic data and the geometry of the dam reservoir were used. The time periods of 2013.05.07-2015.09.22 and 2015.09.23-2016.09.21 were used for model calibration and verification, respectively. The Results showed that CE-QUAL-W2 can simulate the water temperature profile with a high precision (MBE=1.4 °C). The results indicated that the water temperature variation with the reservoir depth is significant during the year and there are positive and negative temperature layering and the complete mixing period.

Keywords: Alavian dam, Reservoir, Simulation, Water temperature profile

* Corresponding author, Email: elahe.hojjati@gmail.com

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب
بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر سیل خیزی استان گلستان با تکنیک سنجش از دور

(مطالعه موردی: حوضه آبریز گرگان رود)

سحر اخوان فومنی^{۱*}، مجید وظیفه دوست^۲

^۱ فارغ التحصیل دکتری گروه علوم خاک دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۲ دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

چکیده

تغییرات کاربری و پوشش اراضی تاثیر مستقیمی بر رژیم هیدرولوژیکی حوضه دارد، به عبارتی افزایش می‌تواند با افزایش سطوح زمین‌های بایر و کاربری‌های مشابه آن باعث سیل‌خیزی حوضه شود. هدف از این مطالعه، بررسی اثر تغییر کاربری اراضی و اثرات آن بر سیل‌خیزی حوضه آبریز گرگان رود با استفاده از تکنیک سنجش از دور است. پردازش نقشه‌های ماهواره ای خروجی و مقایسه تغییرات درصد کاربری اراضی با استفاده از نرم افزارهای ERDAS IMAGINE و ARC GIS انجام شد. یافته‌های حاصل از نقشه‌ها نشان داد که با گذشت سال‌های آماری مطالعه شده، تغییرات به سمت کاهش درصد اراضی مرتعی و جنگلی و افزایش اراضی زراعی، مسکونی و زمین‌های بایر در سطح حوضه پیش رفته است. به طوری که بعد ۳۰ سال، ۱۵ درصد از مساحت اراضی جنگلی سطح حوضه کاهش یافت و بیش از ۱۳ درصد به وسعت اراضی زراعی افزوده شد که بخش قابل توجهی از آن بر روی دامنه‌های شیب دار قرار گرفته و نقش مؤثری در افزایش رواناب حوضه دارد. به طور کلی نتایج نشان داد گرچه عامل اقلیم با حجم بارش ۲۰۰ میلی‌متر نقش مستقیمی در ایجاد رواناب و سیل حوضه‌ی آبریز گرگان رود داشته، اما عامل تغییرات کاربری اراضی به علت گسترش فعالیت‌های انسانی موجب تغییرات بسیاری در پوشش منطقه شده است و به نظر می‌رسد عامل انسانی مقدم بر عامل اقلیم در سیل‌خیزی حوضه باشد.

کلمات کلیدی: اقلیم، تصاویر ماهواره‌ای، سیل، جنگل، ERDAS.

مقدمه

تغییر کاربری اراضی و پوشش گیاهی در طی تاریخ به علت رشد جمعیت، پیشرفت فن‌آوری و فرصت‌های اقتصادی صورت گرفته و دخالت انسان به طور مشخص تعداد زیادی از اکوسیستم‌ها را تغییر داده است. (چولن و اوچیم، ۲۰۰۲). امروزه تکنیک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، روشی دقیق، مقرون به صرفه و جایگزین روش سنتی و صحرایی است که به طور مؤثر جهت شناسایی و تعیین مقدار تغییرات کاربری اراضی و اثرات آن بر محیط زیست استفاده می‌شود. داده‌های سنجش از دور به دلیل ویژگی‌های خاص خود از جمله سطح پوشش وسیع، قابلیت تکرار، چندطیفی بودن، تنوع کاربری و پوشش اراضی و به هنگام شدن مداوم می‌توانند در تهیه نقشه‌های تغییرات پوشش و کاربری اراضی نقش مؤثری ایفا کنند (ساندراکومار و همکاران، ۲۰۱۲). از زمانی که کشورها اجازه تغییر در کاربری‌ها و پوشش‌های زمینی را در حوضه‌ها و دشت‌های سیلابی صادر کردند، خطر وقوع سیل در طی زمان افزایش یافته است. سیلاب‌ها در طول تاریخ یکی از رایج‌ترین، مرگ‌بارترین و پرهزینه‌ترین خطر در میان مخاطرات طبیعی بوده‌اند. (کوسکی، ۲۰۰۸). در ایران نیز مانند سایر مناطق سیل‌خیز دنیا در دهه‌های اخیر، شدت وقوع سیلاب‌ها و میزان خسارت‌های ناشی از آن در حد چشمگیری افزایش یافته است (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۰). بررسی‌های سازمان ملل متحد بیان‌گر آن است که سیل را باید جزء یکی از جدی‌ترین بلاهای طبیعی به شمار آورد (گرفت و همکاران، ۲۰۱۵). تعداد سیل‌های جاری شده استان گلستان بر اساس نتایج آماری از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۵ به بیش از ۱۲۰ فقره سیل بزرگ و کوچک می‌رسد که حداقل سه مورد آن در سال‌های ۷۱، ۸۰ و ۸۱ مخرب، مهیب و همراه با صدها کشته بوده است. سیل اخیر استان گلستان (اسفند ۱۳۹۷) چهارمین آن در ۲۷ سال گذشته بوده که موجب خسارت‌های سنگینی در تأسیسات زیربنایی شهری و روستایی و تخریب اراضی کشاورزی و منازل شهروندان شد. حسینی و همکاران (۱۳۹۳) پدیده تغییر اقلیم و تاثیرات آن بر کاربری اراضی طبیعی حوضه آبریز گرگان رود را بررسی نمودند. یافته‌های آنها نشان داد که با گذشت سال‌های آماری مطالعه شده (۳۰ سال)، مقدار بارندگی به جز نواحی مرکزی این حوضه، به طور سالیانه افزایش یافته و تغییرات در این دامنه زمانی به سمت کاهش اراضی مرتعی و جنگلی و افزایش اراضی زراعی-باغی و زمین‌های بایر در سطح حوضه پیش رفته است. ثقفیان و همکاران (۱۳۸۵) اثر تغییرات کاربری اراضی را بر سیل‌خیزی حوضه آبریز سد

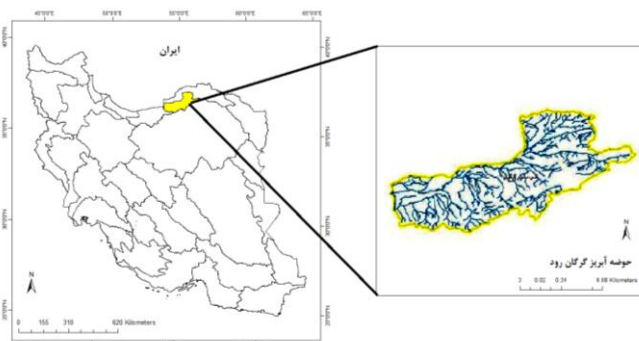
* ایمیل نویسنده مسئول: sahar_akhavan@hotmail.com

گلستان بررسی نمودند، نتایج آن‌ها نشان داد که در صورت تخریب بیشتر جنگل‌ها و مراتع حوضه و توسعه اراضی کشاورزی، دبی اوج سیل با دوره بازگشت‌های ۵ و ۱۰۰ سال به ترتیب به میزان ۳۵ و ۲۴ درصد افزایش خواهد یافت. با توجه به اهمیت و تأثیر زیاد تغییرات کاربری اراضی بر افزایش خطر سیلاب در استان گلستان به خصوص در کاربری‌های کوهستانی مجاور شهرها، و همچنین استفاده از شیوه‌های نوین سنجش از دور در ارزیابی حفاظت خاک در این تحقیق به بررسی تغییر کاربری اراضی حوضه آبریز گرگان‌رود به عنوان یکی از مهم‌ترین علل وقوع سیل ۱۳۹۷ استان گلستان در دوره آماری ۳۰ ساله با استفاده از تکنیک سنجش از دور پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های حوضه آبریز مطالعاتی

حوضه آبریز گرگان رود در بخش جنوب شرقی دریای خزر و در استان گلستان قرار دارد و در تقسیم بندی کلی هیدرولوژی ایران، جزئی از آبریز دریای خزر به شمار می‌رود. این حوضه در محدوده طول در محدوده جغرافیایی $50^{\circ} 53'$ تا $56^{\circ} 18'$ طول شرقی و $25^{\circ} 36'$ تا $38^{\circ} 08'$ عرض شمالی واقع شده است. مساحت حوضه آبریز ۱۳۰۲۱ کیلومتر مربع است که حدود ۵۹/۵ درصد آن را مناطق کوهستانی و ۴۰/۵ درصد آن را کوهپایه‌ها و دشت تشکیل می‌دهد. میانگین سالانه بارش در این حوضه آبریز از حدود ۳۰۰ میلی‌متر در کناره‌های جنوبی و شمالی حوضه تا ۱۰۰۰ میلی‌متر در بخش مرکزی آن متغیر است و روند تغییرات سالانه بارندگی، شبه مدیترانه‌ای است. بیشترین بارندگی در ماه‌های زمستان و کمترین آن در ماه‌های تابستان دیده می‌شود. با این همه، نیمه شمالی استان گلستان، بخش نیمه‌خشک و خشک، از کمترین بارندگی بهره‌مند است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز گرگان رود

تهیه نقشه‌های کاربری اراضی

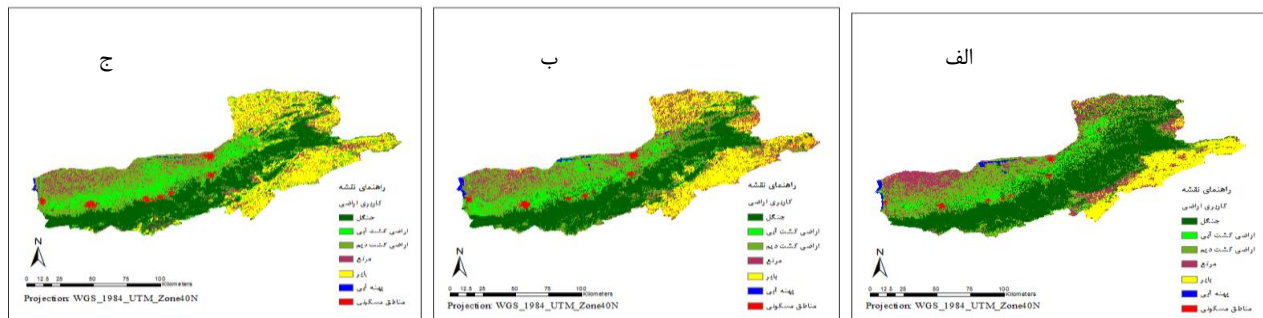
در پژوهش حاضر برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی مورد نیاز از سایت نقشه‌های زمین‌شناسی آمریکا (U.S. Geological Survey) (USGS) تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و ۸ در سه دوره زمانی با فاصله ده ساله (۱۳۷۸، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۸) استفاده شد. لازم به ذکر است که چون هدف مطالعه مورد نظر، بررسی تغییرات کاربری اراضی است داده‌ها به گونه‌ای از میان تصاویر در دسترس انتخاب شد که تقریباً تاریخ تصاویر از نظر ماه به هم نزدیک و در فصل بهار و تابستان باشند. پردازش تصاویر با استفاده نرم افزارهای Erdas Imagine 9.1 انجام شد. در گام اول برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، تصحیحات اتمسفری و هندسی بر تصاویر ماهواره‌ای انجام شد و نقشه‌های کاربری اراضی به ترتیب با ترکیب باندی ۵-۴-۳ و ۶-۵-۴ در لندست ۵ و ۸ ایجاد و با استفاده از شیب فایل حوضه گرگان رود، محدوده مورد مطالعه تعیین شد. سپس کاربری‌ها در هفت کلاس بر اساس طبقه‌بندی نظارت نشده با استفاده از الگوریتم Iso Data تقسیم‌بندی شدند. برای اطمینان از صحت طبقه‌بندی اقدام به ارزیابی دقت طبقه‌بندی بر اساس ضریب کاپا شد. همچنین مساحت هر کاربری با استفاده از جدول ویژگی‌های کاربری‌های طبقه‌بندی (Attribute) شده محاسبه و سپس تغییرات مساحت هر یک از کاربری‌ها در طی دوره‌ی مورد مطالعه (۱۳۷۸-۱۳۹۸) بررسی گردید. برای تهیه نقشه خروجی از نرم افزار ArcGIS 10.1 استفاده شد. برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی از ضریب کاپا استفاده شد.

تهیه نقشه‌های بارش

برای تهیه نقشه بارش از سایت ناسا، تصاویر ماهواره‌ای با منبع GPM و به صورت روزانه برای محدوده زمانی وقوع سیلاب (۲۴ تا ۲۷ اسفند ۱۳۹۷) حوضه آبریز گرگان رود استفاده شد. پردازش تصاویر بارش در نرم افزار ArcGIS 10.1 انجام شد. طبقات ارتفاعی بر اساس شدت وقوع بارش بر حسب میلی متر بر روز محاسبه گردید.

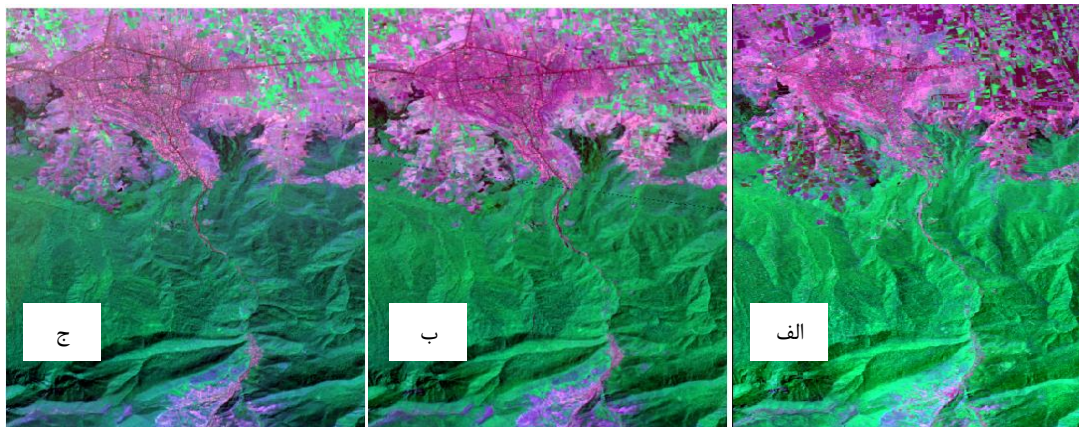
نتایج و بحث

نقشه های کاربری اراضی حوضه گرگان رود سال های ۱۳۷۸، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۸ حاصل از نقشه های خروجی تصاویر ماهواره ای لندست در شکل ۲ ارائه شده است. در این نقشه ها هفت کاربری برای این اراضی تعریف شده است که شامل مناطق جنگلی، مرتعی، اراضی کشت آبی، اراضی کشت دیم، پهله های آبی، مناطق خشک و بایر و مناطق شهری و مسکونی است.



شکل ۲. نقشه های کاربری اراضی حوضه آبریز گرگان رود در سه دهه اخیر (الف: ۱۳۷۸، ب: ۱۳۸۸ و ج: ۱۳۹۸)

همانطور که در تصاویر مشخص است، روند کاهش مناطق جنگلی از تصویر الف که مربوط به سال ۱۳۷۸ است تا تصویر ج در سال ۱۳۹۸ به وضوح قابل تشخیص است و می توان اظهار کرد احتمالاً تخریب جنگل ها و منابع طبیعی بویژه در مناطق بالادست از عوامل اصلی جریان یافتن سیلاب استان گلستان است که علت آن احداث و گسترش جاده های جنگلی، گسترش منطقه روستایی و گسترش زمین های کشاورزی است که در شکل ب و ج می توان مشاهده کرد. صحت ارزیابی طبقه بندی بر اساس ضریب کاپا انجام شد که به ترتیب برای سال های ۱۳۷۸، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۸ برابر ۰/۸۵، ۰/۸۲ و ۰/۹۱ بود. هم چنین برای مشاهده بهتر عوارضی در طی دوره آماری ۳۰ سال تغییر کرده اند، برشی از محدوده مرکز استان گلستان از نقشه های کاربری اراضی ماهواره لندست تهیه شد (شکل ۳).



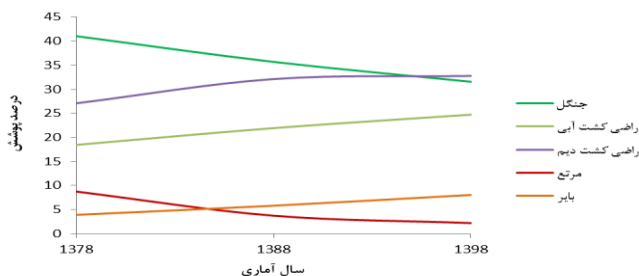
شکل ۳. تغییر کاربری اراضی محدوده مرکز استان گلستان (الف: ۱۳۷۸، ب: ۱۳۸۸ و ج: ۱۳۹۸)

با توجه به شکل ۳ به نظر می رسد توسعه منطقه شهری گرگان و جاده سازی در مسیر جنگل که منتهی به روستای زیارت می شود، به دلیل وسعت ویلاسازی و ساخت و سازهای غیر اصولی نقش موثری در کاهش مناطق جنگلی داشته است. هم چنین مشاهده می شود که میزان کشت اراضی آبی نیز

در سال های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۸ افزایش چشم گیری داشته است. کاهش پوشش گیاهی جنگلی در شرایطی که میزان بارندگی این حوضه نسبت به سایر حوضه های آبریز کشور بالاتر و سوابق سیلاب و رانش زمین در دهه های اخیر بیشتر بوده عامل مؤثری در عدم کنترل شرایط اقلیمی در فصل مرطوب سال می تواند باشد. هم چنین تغییر کاربری اراضی و فرسایش خاک در بالادست حوضه سد و رسوب مواد در پایین دست حوضه خود اثراتی به دنبال دارد که می توان به مواردی از جمله تخریب مسیر آبراهه ها، انباشت نهرها از رسوب و کاهش ظرفیت مخازن سدها، کاهش میزان تخلخل و نفوذپذیری و در نهایت منجر به رواناب و سیل می گردد. نتایج حاصل از استخراج کاربری و پوشش اراضی از تصاویر ماهواره ای لندست برای سه بازه زمانی ۱۳۷۸، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۸ در جدول شماره ۱ و درصد مساحت آن ها در شکل ۴ نشان داده شده است. مناطق شهری و پهنه های آبی به دلیل مساحت کمتر نسبت به سایر کاربری ها صرفه نظر شد.

جدول ۱. مساحت کاربری ها به ترتیب سال (در واحد کیلومتر مربع)

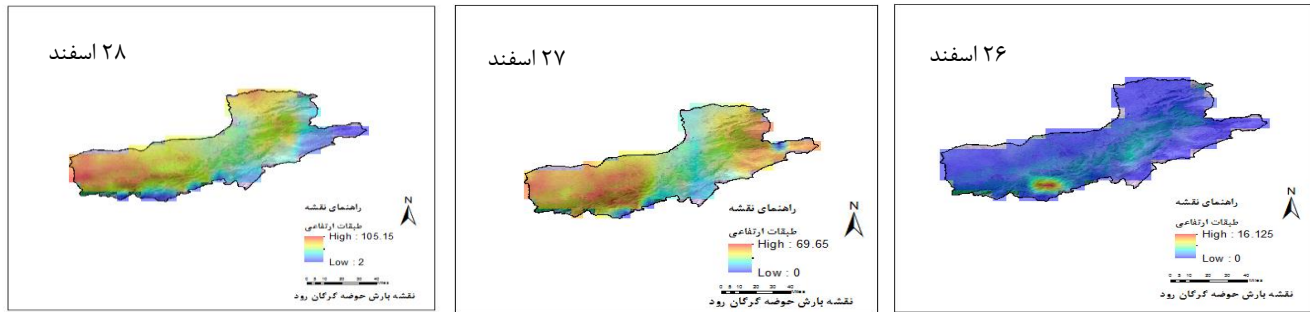
سال	جنگل	اراضی کشت آبی	اراضی کشت دیم	مرتع	مناطق بایر
۱۳۷۸	۵۳۴۴	۲۴۰۲	۳۴۲۸	۱۱۳۸	۵۰۹
۱۳۸۸	۴۹۳۳	۳۰۳۱	۴۳۴۰	۵۱۵	۸۰۲
۱۳۹۸	۴۵۲۱	۳۵۴۱	۴۵۹۳	۳۱۴	۱۱۵۲



شکل ۴. مقایسه درصد پوشش کاربری و اراضی در سه دهه اخیر

نتایج جدول ۱ نشان می دهد که در طی سال های ۱۳۷۸-۱۳۹۸، مساحت تمامی کاربری های حوضه دست خوش تغییراتی قرار گرفت و در همین دوره زمانی، سطح کل جنگل های حوضه از ۵۳۴۴ کیلومترمربع به ۴۵۲۱ کیلومترمربع کاهش یافته است. لذا در حدود ۸۰۰ کیلومترمربع معادل ۱۵ درصد سطح حوضه از مساحت اراضی جنگلی کم شده است. علت این امر را می توان گسترش جاده جنگلی، افزایش جمعیت روستائینان در این منطقه و مناطق اطراف و افزایش اراضی کشاورزی دانست. هم چنین در طی این سال ها در اثر تخریب جنگل ها و مراتع منطقه بیش از ۱۳ درصد به وسعت اراضی زراعی افزوده شده که بخش قابل توجهی از آن بر روی دامنه های شیب دار قرار گرفته و دارای نقش مؤثری در افزایش رواناب حوضه می باشد. به طور کلی می توان نتیجه گرفت که بیشترین سهم عامل تغییرات کاربری اراضی در حوضه ی آبریز گرگان رود به طور عمده به علت گسترش فعالیت های انسانی بوده است که موجب تغییرات بسیاری در پوشش منطقه شده است. شکل ۴ نشان می دهد که تغییرات در بازه زمانی سی ساله (۱۳۷۸-۱۳۹۸) به سمت کاهش اراضی مرتعی و جنگلی و هم چنین افزایش اراضی، زمین های بایر و لم یزرع (نواحی خشک یا کوهستانی) در سطح حوضه پیش رفته است. اراضی با کاربری طبیعی بیشتر متاثر از عوامل اقلیمی و سپس توپوگرافی و عوامل خاکی هستند (مساعدی و کاهه، ۲۰۰۸) از طرفی کاربری های زراعی و مسکونی زمین بیشترین تاثیر را از زیرساخت های اقتصادی و اجتماعی و به ویژه نرخ رشد جمعیت می پذیرد. تفاوت جمعیت سبب تغییرات فعالیت های اقتصادی شده و نقطه آغاز تغییرات کاربری اراضی به شمار می رود. (قربانی و همکاران، ۱۳۹۰). از آنجایی که بیشترین تغییر در کاربری اراضی در این دوره زمانی در تبدیل سایر زمین ها به زمین زراعی شده است، بنابراین، یکی از عوامل مهم و دخیل عامل اقتصادی و رشد جمعیت بوده است. تبدیل کاربری برخی زمین ها به اراضی بایر، به ویژه بخش مهمی از مراتع در بخش شمالی حوضه، می تواند به دلیل وقوع سیلاب های شدید در اوایل دهه ۸۰ و هم چنین وقوع خشک سالی در برخی قسمت های این حوضه به شکل سالانه یا فصلی باشد که نشان دهنده اثر تغییرات اقلیم بر تغییر کاربری اراضی است. با توجه به این که بخش عمده تغییر کاربری در زمین های زراعی رخ داده است و با استناد به پژوهش های پیشین انجام شده در این حوضه (حسینی و همکاران، ۱۳۹۳؛ محمدی و همکاران، ۱۳۹۴؛ ثقفیان، ۱۳۸۵) به نظر می رسد عامل انسانی مقدم بر تغییر اقلیم در این حوضه باشد.

مهم‌ترین عوامل انسانی نظیر تبدیل مرتع و جنگل‌ها به مزارع کشاورزی از طریق چرای بی‌رویه دام‌ها و یا قطع درختان جنگلی به منظور استفاده در سوخت یا کالا، نیاز به زمین بیشتر که با افزایش جمعیت رو به فزونی می‌گیرد (قربانی و همکاران، ۱۳۹۰). بارندگی‌های بسیار شدید در شرق گلستان و حوضه‌های آبخیز این منطقه به عنوان هسته اولیه شکل‌گیری سیل و نقطه آغاز بحران سیل عظیم بود. با توجه به نقشه بارش (شکل ۵) این بارندگی‌ها از شب ۲۶ اسفند آغاز شد و بیش از ۴۸ ساعت به صورت مداوم ادامه داشت که از نظر حجم بارش در بازه زمانی محدود به ۲۰۰ میلی‌متر رسید، این در حالی است که متوسط درازمدت بارش سالانه در حوضه رود گرگان، ۲۶۷ میلی‌متر در سال است.



شکل ۵. نقشه‌های بارش روزانه حوضه آبریز گرگان رود در محدوده زمانی وقوع سیلاب

افزایش بارش می‌تواند بر وقوع پرآبی و سیلاب در این حوضه اثر گذار باشد. ثقفیان و همکاران (۱۳۸۵) اشاره کردند که وقوع سیل‌های مهیب در حوضه آبریز گرگان رود نمی‌تواند تنها به دلیل قطع و تخریب جنگل باشد و عوامل اقلیمی از جمله عمق و توزیع زمانی و مکانی بارش در تولید سیل‌های بزرگ در این حوضه نقش مهمی دارند. حوضه آبریز گرگان رود، موزاییکی از کاربری‌های مختلف است که علاوه بر الگوهای متفاوتی از پوشش گیاهی، دارای تنوع در زمین، خاک و حتی اقلیم می‌باشد. با وجود تاثیر قابل توجه پوشش گیاهی در کنترل سیل‌های کوچک تا متوسط، به نظر می‌رسد عوامل دینامیک مانند بارندگی و رطوبت پیشین خاک نقش مهم تری در سیلاب‌های بزرگ ایفا می‌کنند. نتایج فوق با گزارش مدرس و همکاران (۲۰۱۰)، حسینی و همکاران (۱۳۹۳)، شریفی و همکاران (۲۰۰۲) مطابقت داشت. اما نتایج فوق با مدل‌سازی سناریوهای مختلف تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل محمدی و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت نداشت. آنها بیان کردند که تغییر کاربری اراضی در رگبارهای با دبی‌های کم، اثرات بیشتری بر روی دبی اوج و حجم سیل می‌گذارد. این مغایرت را شاید بتوان به اختلاف مساحت آب‌خیز این دو مطالعه و نوع و تنوع کاربری اراضی در این دو آبریز نسبت داد. اندازه مساحت حوضه آبریز مورد مطالعه آن‌ها (جعفرآباد) بیش از ۱۰ برابر کوچک‌تر از حوضه آبریز گرگان رود است و اغلب مساحت آن پوشیده از جنگل است.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که منشاء سیل استان گلستان، تغییر کاربری اراضی در حوضه آبریز گرگان رود است. بنابراین تقویت پوشش گیاهی و اصلاح و احیای مراتع و جنگل‌ها راه مهمی برای پیشگیری از وقوع سیلاب‌های مخرب پیش‌رو می‌باشد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر عوامل انسانی که قابلیت کنترل و نظارت بر آن‌ها وجود دارد، به شکل کاملاً قانونی کاهش یابد تا از تشدید عوامل اقلیمی (بارش) که معمولاً بلندمدت‌اند و نظارت و کنترل دقیقی نمی‌توان بر آن‌ها داشت، پیشگیری شود.

منابع

- ثقفیان، ب.، فرازجو، ح.، سپهر، ع. و نجفی نژاد، ع. ۱۳۸۵. بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر سیل‌خیزی حوضه آبریز سد گلستان. تحقیقات منابع آب ایران، ۲ (۱)، ۲۲-۱۸.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی و تدوین معیارها. ۱۳۸۰. راهنمای مهار سیلاب رودخانه (روش‌های سازه‌ای) نشریه شماره ۲۴۲.



- حسینی، ش.، غفارزاده، ح.، عابدی، ز. و شیرینی، ن. ۱۳۹۳. بررسی پدیده تغییر اقلیم و تأثیرات آن بر کاربری اراضی طبیعی حوضه آبریز گرگان رود، ۶۷، (۱)، ۳۹-۲۵.
- قربانی، م.، مهرابی، ع.ا.، ثروتی، م.ا.، نظری، ن. و سامانی ع.ا. ۱۳۹۰. بررسی تغییرات جمعیتی و اثرگذاری های آن بر تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی: منطقه بالاطالقان). مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)، ۶۳ (۱)، ۷۵-۸۸.
- محمدی، م.، واحدبردی، ش. و سعدالدین، ا. ۱۳۹۴. مدل سازی اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل (مطالعه موردی: حوضه آبخیز جعفرآباد، استان گلستان). ۲۲ (۵)، صفحه ۱۷۱-۱۸۵.
- معماریان خلیل آباد، ه.، یوسفی، م. و آقاخانی افشار، ا. ۱۳۹۷. شناسایی و تفکیک مناطق سیل خیز و بررسی تأثیر فعالیت های آبخیزداری بر دبی اوج سیلاب حوضه (مطالعه موردی: حوضه آبریز بار نیشابور). مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک، ۲۵ (۱)، ۳۵-۵۹.
- Chuluun, T. and Ojima, D. 2002. Land use change and carbon cycle in arid and semi- arid land use East and Central Asia. Science in China, 45-48.
- Kusky, T. 2008. Floods: Hazards of surface and groundwater systems, Facts on file publishing, New York.
- Sharifi, F., Saghafian, B. and Telvari, A. 2002. The Great 2001 flood in Golestan Province, Iran: Causes and Consequences, Proceedings of the International Conference on Flood Estimation, March 2002, Bern, Switzerland, 263-271.
- Kreft, S., Eckstein, D., Junghans, L., Kerestan, C., and Hagen, U. 2014. Global climate risk index 2015: who suffers most from extreme weather events? Weather-related loss events in 2013 and 1994 to 2013. Germanwatch e.v, Bonn, Germany, 32.
- Sundarakumar, K., M. Harika, S.A. Begum, S. Yamini and K. Balakrishna. 2012. Land Use and Land Cover Change Detection and Urban Sprawl Analysis of Vijayawada City Using a LandsatData. Engineering Science & Technology, 4, 170-178.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Water Erosion, Flood , Soil and Water Conservation
The Effect of Land-Use Changes on Flood in Golestan Province
(Case Study: Gorganroud Basin)

Akhavan Foumani^{*1}, S., Vazifedoust², M.

¹ Ph.D, Soil Science Department, Faculty of Water and Soil Engineering Gorgan University of agriculture and natural resources, Iran

² Associate Prof., Water Engineering Department, Faculty of Agriculture University of Guilan, Iran

Abstract

Land use changes and landslide have a direct impact on the hydrological regime of the basin, in other words, the increase can cause flooding of the basin with increasing levels of land and similar uses. The aim of this study was to investigate the effect of land use change and its effects on flooding of Gorgan-Rood watershed with using a remote sensing technique. Processing satellite maps of the output and comparing land use percentage changes using ERDAS IMAGINE and ARC GIS software. The results of the maps showed that with the passing of the statistical years studied, changes have been made towards decreasing the percentage of pasture land and forests and increasing the agricultural, residential and land cover areas in the basin. So, after 30 years, 15 percent of the land area of the basin was reduced and more than 13 percent was added to the agricultural area, a significant part of it on sloping slopes and has an effective role in increasing the runoff of the basin. Overall, the results showed the climatic factor with a rainfall volume of 200 mm has a direct role in the runoff and flood formation of Gorgan River basin, but the factor of land use change due to the expansion of human activities has caused many changes in the coverage of the area. That the factor A human being precedes the climatic factor in the floodplain of the basin.

Keywords: Climate, Satellite imagery, Flood, Forest, ERDAS.

* Corresponding author, Email: sahar_akhavan@hotmail.com

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

بررسی رابطه بین تراکم زهکشی و شدت فرسایش ویژه خاک در حوضه آبخیز

(مطالعه موردی: حوضه آبخیز رود زرد، استان خوزستان)

ابوذر دستی*^۱، محمد رضا انصاری^۲، امین ذرتی پور^۳، امیر ناصرین^۴

۱- کارشناس ارشد فیزیک و حفاظت خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۲- استادیار، گروه فیزیک و حفاظت خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۳- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۴- استادیار، گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

چکیده

فرسایش خاک به عنوان یک مشکل جدی زیست محیطی شناخته شده است. تراکم زهکشی یکی از مهمترین پارامترهای مورفومتری حوضه آبخیز است که از آن به عنوان شاخصی برای بیان وضعیت آبراهه‌های حوضه، نفوذپذیری، توپوگرافی و فرسایش حوضه استفاده می‌شود. هدف از انجام این تحقیق بررسی رابطه بین تراکم زهکشی و فرسایش حوضه آبخیز رود زرد واقع در استان خوزستان می‌باشد. بدین منظور، ابتدا تراکم زهکشی که طول کلی آبراهه در واحد سطح می‌باشد، توسط نرم افزار Arc Gis محاسبه گردید. سپس میزان شدت فرسایش ویژه با استفاده از مدل MPSIAC در سال ۱۳۹۷ برآورد شد. نتایج تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار Curve Expert نشان داد که یک رابطه معنی‌دار میان تراکم زهکشی و فرسایش ویژه وجود دارد. بیشترین مقدار تراکم زهکشی در زیرحوضه‌های واقع در سازندهای زمین شناسی حساس به فرسایش گچساران، آغاچاری و کواترنر مشاهده شد. بنابراین مناطقی که دارای تراکم زهکشی بالایی هستند باید در اولویت اقدامات حفاظت خاک قرار گیرند. در نهایت می‌توان گفت که تراکم زهکشی به عنوان شاخص مهمی برای ارزیابی وضعیت فرسایش و مناطق تحت خطر جهت اقدامات حفاظت خاک می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تراکم زهکشی، فرسایش، Arc Gis، MPSIAC، Curve Expert

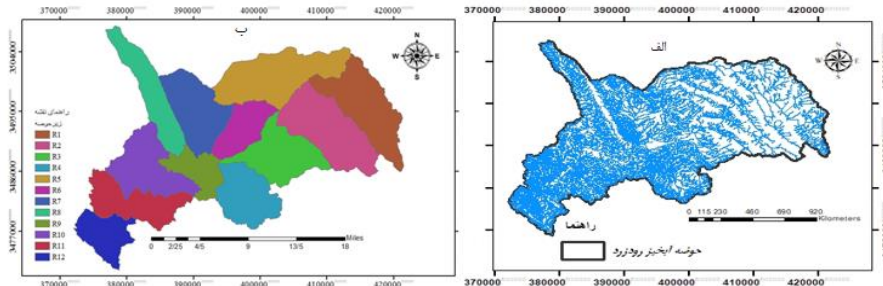
مقدمه

فرسایش خاک توسط آب، یکی از مسایل مهم و اصلی تخریب زیست محیطی است. اگرچه متوقف کردن فرسایش امکان‌پذیر نیست، ولی پیشگیری و مهار آن در گستره حوضه آبخیز و در چهارچوب طرح‌های بهره‌برداری از آب و خاک و آبخیزداری یک نیاز اساسی می‌باشد. جلوگیری از فرسایش مستلزم شناخت ابعاد مختلف آن است (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۰) عوامل موثر در فرسایش آبی و تولید رسوب در یک حوضه، عبارتند از: نوع سازند زمین شناسی، آب و هوا و اقلیم، خاک، توپوگرافی، فیزیوگرافی، پوشش گیاهی و نوع استفاده از زمین (کاربری اراضی). با توجه به اینکه در اکثر زیرحوضه‌ها و رودخانه‌های فرعی و یا واحدهای هیدرولوژیکی، شبکه اندازه‌گیری و ایستگاه هیدرومتری و رسوب‌سنجی وجود ندارد، بایستی از مدل‌ها که با وسعت قلمرو مطالعاتی، شرایط طبیعی موجود، داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز و عمق و دقت مطالعه متناسب باشد، استفاده نمود (بیات و رستمی، ۱۳۹۵). یکی از پارامترهایی که می‌تواند به عنوان شاخصی از فرسایش مطرح باشد، تراکم زهکشی است که طول کلی آبراهه در هر واحد سطح حوضه آبخیز می‌باشد و به عواملی از قبیل لیتولوژی، نفوذپذیری، پوشش گیاهی، طول شاخه‌ها در آبراهه بستگی دارد. میزان تراکم زهکشی در بافت‌های مختلف، متفاوت است و به جنس خاک وابسته است. تراکم زهکشی یکی از مهمترین پارامترهای ژئومورفولوژیک حوضه‌های آبخیز است که اغلب از آن به عنوان شاخصی برای بیان وضعیت آبراهه‌های حوضه، بارندگی و ظرفیت نفوذپذیری، تکامل توپوگرافی و فرسایش حوضه استفاده می‌شود. کرمی زندی و همکاران (۱۳۹۵) در پنج حوضه آبخیز اردبیل به این نتیجه رسیدند که رابطه معنی‌داری بین تراکم زهکشی و میزان فرسایش وجود دارد. در پژوهشی تاثیر انواع زهکشی در کاهش و ذخیره رواناب و میزان ظرفیت آن در خاک مورد بررسی قرار گرفت (Ross and Whitely, 2013). Germanoski و همکاران (۲۰۱۲) تراکم زهکشی در حوضه‌های دارای سنگ شیل و حوضه‌های دارای سنگ کربنات را مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که تراکم زهکشی در حوضه‌های دارای سنگ شیل بیشتر از حوضه‌های دارای سنگ کربنات است. اولین قدم برای کنترل فرسایش دانستن مقدار شدت فرسایش در یک منطقه است. از آنجا که برآورد فرسایش معمولاً هزینه‌بر است، به همین خاطر می‌توان با استفاده از برخی از پارامترها به شدت و وضعیت فرسایش در یک منطقه پی برد. بنابراین هدف از انجام این تحقیق بررسی تراکم زهکشی و میزان فرسایش خاک در حوضه آبخیز رود زرد به منظور اقدامات حفاظت خاک می‌باشد

مواد و روش‌ها

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

حوضه آبخیز رود زرد با مساحت ۸۸۲/۴۹ کیلومتر مربع و محیط ۲۰۷/۹۳ کیلومتر در جنوب غربی ایران و شرق استان خوزستان قرار دارد، که در محدوده جغرافیایی ۴۷° ۳۹' ۴۷" تا ۳۸° ۱۰' ۵۰" طول شرقی و ۳۱° ۲۲' ۵۲" تا ۳۱° ۴۲' ۵۲" عرض شمالی قرار گرفته است. درازای حوضه رودزرد نزدیک به ۸۴ کیلومتر می‌باشد و از کوه‌های شمالی حوضه (رشته کوه منگشت) سرچشمه می‌گیرد و در پایین دست سد جره، به رود اعلا می‌پیوندد. حداکثر و حداقل ارتفاع حوضه از سطح دریا به ترتیب ۳۳۰۵ و ۳۳۹ متر می‌باشد. نقشه جغرافیایی و شبکه آبراه‌های منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. تراکم زهکشی منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار ARC GIS محاسبه گردید. با استفاده از نقشه‌های پایه (زمین شناسی، خاکشناسی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی) برای تعیین مقدار شدت فرسایش از مدل MPSIAC استفاده گردید. سپس با استفاده از نرم افزار Curve Expert رابطه بین تراکم زهکشی و فرسایش بدست آمد.



شکل ۱- الف، نقشه شبکه آبراه‌های حوضه آبخیز رودزرد ب، نقشه جغرافیایی زیرحوضه‌ها

تراکم زهکشی

تراکم زهکشی از تقسیم طول کلیه آبراه‌های شبکه هیدروگرافی (شامل رودخانه‌های اصلی، فرعی و آبراه‌ها) به مساحت حوضه به دست می‌آید. تراکم زهکشی در یک حوضه می‌تواند نشان‌دهنده وضعیت رواناب و فرسایش در قسمت‌های مختلف آن باشد و با دبی حداکثر سیلاب در یک حوضه ارتباط مستقیم دارد. به طوری که هرچه تراکم زهکشی در یک حوضه بیشتر باشد، رواناب حاصل در آن با سرعت بیشتری در داخل شبکه هیدروگرافی تخلیه می‌شود و در نتیجه، مقدار دبی خروجی حوضه بیشتر خواهد بود. تراکم زهکشی کمتر در هر زیرحوضه آبخیز نشان دهنده مواد زیرسطحی نفوذپذیر، پوشش گیاهی خوب و پستی و بلندی کم می‌باشد، و تراکم زهکشی بیشتر معمولاً در مناطق با مواد زیرسطحی نفوذ ناپذیر رایج است، که پوشش گیاهی کم و پستی بلندی زیادی دارند (فلاح و همکاران، ۱۳۹۴). بر این اساس تراکم زهکشی آبراه‌ها از رابطه ۱ بدست می‌آید:

$$D_d = \frac{\sum L}{A} \quad (1)$$

که در آن D_d تراکم زهکشی آبراه بر حسب (کیلومتر بر کیلومتر مربع)، L طول هر یک از آبراه‌های موجود، اعم از دائمی یا غیر دائمی، در حوضه (کیلومتر)، A مساحت حوضه آبخیز (کیلومتر مربع) است.

مدل امپسیاک (MPSIAC)

جهت بررسی میزان و شدت فرسایش خاک از مدل امپسیاک که متداول ترین روش تجربی برای تخمین مقدار تولیدی رسوب در مناطق خشک و نیمه خشک کشور می‌باشد، استفاده شد (محمودآبادی و همکاران، ۱۳۸۴). در این مدل برای هر یک از عوامل ۹ گانه ضرایبی در نظر گرفته می‌شود به طوری که عوامل ۹ گانه موثر در رسوبدهی به صورت کمی قابل برآورد می‌باشند. عوامل ۹ گانه روش پسیاک اصلاح شده عبارت‌اند از: زمین شناسی سطحی، خاک، آب و هوا، رواناب، پستی و بلندی، پوشش زمین، کاربری اراضی، فرسایش فعلی در سطح حوضه آبخیز و فرسایش رودخانه‌ای. منطقه مورد مطالعه در مجموع به ۲۵ واحد کاری که همان اجزا واحد اراضی می‌باشند، تقسیم شد. با توجه به اینکه هر زیرحوضه از چند واحد کاری تشکیل شده است، امتیاز عوامل مدل در هر زیرحوضه بصورت میانگین وزنی بدست آمد، بدین صورت که امتیاز هر عامل در هر واحد کاری با توجه به رابطه آن بدست آمد. سپس در نهایت با توجه به مساحت هر واحد کاری، امتیاز هر عامل بصورت میانگین وزنی برای هر زیرحوضه بدست آمد. جهت تعیین میزان رسوب زیر حوضه‌ها در مدل امپسیاک از معادله Johnson and Gebhardt به شرح ذیل استفاده شد:

$$Q_s = 0.253e^{0.36R} \quad (2)$$

Q_s : میزان تولید رسوب بر حسب تن در هکتار، R : درجه رسوبدهی یا مجموع امتیازات ۹ عامل امپسیاک. با استفاده از SDR مقدار فرسایش ناخالص هر زیر حوضه از رابطه ۳ محاسبه شد:

$$SDR / \text{تولید رسوب} = \text{فرسایش} \quad (3)$$

نتایج و بحث

حوضه آبخیز رودزرد با استفاده از نرم افزار ARC HYDRO به ۱۲ زیرحوضه تقسیم شد و تراکم زهکشی و مقدار فرسایش ویژه در همه زیرحوضه‌های آن محاسبه گردید. داده‌های مقدار تراکم زهکشی و فرسایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

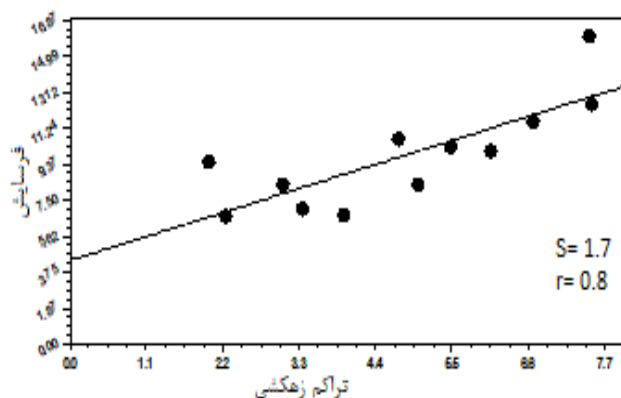
جدول ۱- مقدار تراکم زهکشی و فرسایش ویژه حوضه آبخیز رودزرد

فرسایش ویژه (Ton/ha/year)	تراکم زهکشی	طول آبراهه فرعی (km)	طول آبراهه اصلی (km)	تعداد آبراهه‌ها	مساحت (Km ²) ()	زیرحوضه
۶/۶۶	۲/۲۶	۱۹۹/۴۸	۲۰/۹۶	۳۱۹	۹۷/۳	R1
۹/۴۹	۲/۰۱	۱۹۰/۲	۲۳/۲۷	۳۲۲	۱۰۶/۱۶	R2
۷/۰۵	۳/۳۶	۲۳۶/۹	۲۴/۱۵	۴۴۵	۷۷/۷۷	R3
۱۰/۰۸	۶/۰۷	۳۹۱/۰۵	۱۸/۲۷	۱۰۶۳	۶۷/۴۷	R4
۸/۳۱	۳/۰۸	۳۱۰/۹	۲۹	۶۲۱	۱۱۰/۳۲	R5
۶/۷۲	۳/۹۵	۱۶۹/۱۱	۱۶/۸۷	۲۹۱	۴۷/۱	R6
۸/۲۹	۵/۰۳	۳۸۰	۱۹/۴	۸۷۰	۷۹/۳۴	R7
۱۰/۶۵	۴/۷۵	۲۸۲/۸۸	۳۰/۰۱	۶۷۶	۶۵/۹۱	R8
۱۰/۲۶	۵/۴۹	۱۹۹/۶۴	۱۶/۰۴	۶۳۸	۳۹/۲۹	R9
۱۱/۶	۶/۶۸	۵۱۲/۸۶	۱۷/۴۲	۱۲۲۷	۷۹/۳۷	R10
۱۶/۰۳	۷/۴۹	۴۸/۶۶	۱۹/۸	۱۴۳۷	۶۷/۵	R11
۱۲/۴۸	۷/۵۳	۳۲۳/۴۳	۱۵/۱۸	۹۴۶	۴۴/۹۶	R12

کمترین میزان تراکم زهکشی در حوضه رودزرد در زیر حوضه R2 (۲/۰۱) و بیشترین تراکم زهکشی در زیر حوضه R12 (۷/۵۳) مشاهده گردید. تراکم زهکشی در یک حوضه آبخیز بیانگر شدت و ضعف مقاومت سطح و لایه‌های زیرین خاک در مقابل عامل فرسایش می‌باشد. تراکم زهکشی کم نشان از لایه‌های قابل نفوذ زیرین خاک، هموار بودن منطقه، همچنین پوشش گیاهی مناسب و خوب همراه است و تراکم زهکشی زیاد در مناطق با مواد زیرزمینی غیر قابل نفوذ، پوشش گیاهی ضعیف همراه می‌باشد. تراکم زهکشی بالا نشان می‌دهد که بخش بزرگی از باران به رواناب تبدیل می‌شود و همچنین تراکم زهکشی کم نشان می‌دهد که آبراهه‌های کمی در حمل رواناب حاصل از باران تاثیر دارند، یعنی تعداد آبراهه‌ها در این مورد کم می‌باشد (Umar Ali and Ahmad Ali, 2014).

کمترین میزان فرسایش ویژه در زیرحوضه R1 (۶/۶۶) تن در هکتار در سال و بیشترین میزان فرسایش ویژه در زیرحوضه R11 (۱۶/۰۳) تن در هکتار در سال برآورد گردید. وجود مقدار فرسایش بالا در زیرحوضه مذکور به علت قرار گرفتن در سازندهای زمین شناسی حساس به فرسایش وجود پوشش گیاهی ضعیف و کاربری نادرست در این مناطق می‌باشد. رابطه میان تراکم زهکشی و فرسایش در شکل ۲ نشان داده شده است. با تحلیل آماری توسط نرم افزار Curve Expert رابطه خطی و معنی داری میان تراکم زهکشی و فرسایش برآورد شده حوضه وجود دارد. بیشترین مقدار تراکم زهکشی در زیرحوضه‌های واقع در سازندهای زمین شناسی حساس به فرسایش گچساران، آغاچاری و کواترنر مشاهده گردید. نتایج نشان داد که تراکم زهکشی می‌تواند به عنوان یک شاخص مهم برای ارزیابی وضعیت فرسایش در حوضه‌های آبخیز باشد که با نتایج کرمی زندی و همکاران (۱۳۹۵) و احمدی و همکاران (۱۳۸۶) که به بررسی این رابطه در حوضه‌های آبخیز پرداختند مطابقت دارد. Umar Ali and Ahmad Ali (۲۰۱۴) با بررسی پارامترهای مورفومتری به نقش تراکم زهکشی در میزان فرسایش حوضه تاکید نمودند. تراکم زهکشی در یک حوضه می‌تواند شاخصی از چگونگی تولید رواناب و فرسایش در قسمت‌های مختلف باشد. بنابراین مناطقی که دارای تراکم زهکشی بالایی هستند باید در اولویت حفاظت خاک قرار گیرند.

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸



شکل ۲- رابطه میان تراکم زهکشی و فرسایش ویژه با استفاده از نرم افزار Curve Expert در حوضه آبخیز رودزرد

نتیجه گیری

تراکم زهکشی یکی از پارامترهای مورفومتری مهم برای تشریح پتانسیل رواناب، ظرفیت نفوذ، شرایط آب و هوایی و پوشش گیاهی می باشد. تراکم زهکشی می تواند به عنوان یک شاخص مهم برای ارزیابی وضعیت فرسایش در منطقه باشد. از آنجایی که برآورد میزان فرسایش مستلزم صرف وقت و هزینه بالایی است و از طرفی عدم وجود داده های مناسب، همچنین عدم وجود ایستگاه های هیدرومتری و رسوب سنجی کافی، اعتبارسنجی مدل ها را با مشکل مواجه می کند، لذا استفاده از شاخص هایی برای ارزیابی فرسایش امری اجتناب ناپذیر است. نتایج این تحقیق نشان داد که تراکم زهکشی می تواند به عنوان یک شاخص مهم برای ارزیابی وضعیت فرسایش در حوضه های آبخیز باشد و با توجه به معنی داری رابطه میان تراکم زهکشی و فرسایش برآورد شده مدل امپسیاک می توان گفت که تراکم زهکشی شاخص بسیار مهمی برای ارزیابی خطر فرسایش و مناطق تحت خطر جهت اقدامات حفاظت خاک می باشد.

منابع

- احمدی، ح.، کلارستانی، ع. و مشهدی، ن. ۱۳۸۶. بررسی فرسایش در رخساره های ژئومورفولوژی و ارتباط آن با تراکم زهکشی در حوضه آبخیز سروالایت. منابع طبیعی ایران، ۴، ۱۰۹۷-۱۰۸۵.
- بیات، ر. رستمی، م. ۱۳۹۵. اولویت بندی حوضه های آبخیز بر مبنای وضعیت فرسایش با استفاده از مدل های تجربی EPM و MPSIAC (مطالعه موردی: حوضه آبخیز ارو). فصلنامه اکوسیستم های طبیعی ایران، ۱۷(۱)، ۲۳-۱۹.
- حسین زاده، م. م.، اسماعیلی، ر.، کلهر، س. و نصرتی، ک. ۱۳۹۰. ارزیابی تغییرات مکانی فرسایش آبراهه ایی تحت تاثیر عوامل محیطی در کجور با استفاده از تکنیک های آماری چند متغیره. پژوهش های فرسایش محیطی، ۱، ۷۵-۵۷.
- فلاح، م.، محمدی، م. و کاویان، ع. ۱۳۹۴. اولویت بندی زیرحوضه ها با استفاده از آنالیز مورفومتری و تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبخیز تالار استان مازندران. اکوهیدرولوژی، ۲(۳)، ۲۷۴-۲۶۱.
- کرمی زرنندی، ن.، معینی، ا. و پذیرا، ا. ۱۳۹۵. بررسی رابطه بین تراکم زهکشی و مقدار فرسایش (مطالعه موردی: پنج حوضه آبخیز در استان اردبیل). فصلنامه جغرافیایی سرزمین، ۱۳(۵۱)، ۷۵-۶۷.
- محمودآبادی، م.، چرخابی، ا. ح.، رفاهی، ح. و گرجی، م. ۱۳۸۴. پهنه بندی خطر فرسایش در حوضه آبخیز گل آباد اصفهان با استفاده از مدل MPSIAC و سامانه اطلاعات جغرافیایی. مجله علوم کشاورزی ایران، ۲(۳۶)، ۵۲۰-۵۱۱.
- Ali, U. and Ahmad, Ali, S., 2014. Analysis of Drainage Morphometry and Watershed Prioritization of Romushi-Sasar Catchment, Kashmir Valley, India using Remote Sensing and GIS Technology. International Journal of Advanced Research, 2(12), 5-23.
- Ross W. and Whiteley., R. 2013. Effects of Land Drainage on Stream Flow. Canadian Water Resources Journal, 8(2), 84-97.
- Germanoski, D., Hardy, S. and Wilson, J. 2012. Comparison of Drainage Density in Carbonate VS Shale/Slate, eastern pennsylvania. Spring specialty conferece New Orleans, Louisiana.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Water Erosion, Flood , Soil and Water Conservation

Investigating the relationship between drainage density and severity soil specific erosion in the watershed (Case study: Roud Zard watershed, Khuzestan Province)

Abozar Dasti¹, Mohammad Reza Ansari^{2*}, Amin Zorati pour³, Amir Naserin⁴

Master, physics and Soil Conservation, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University

Assistant Prof, Soil Science Department, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University

Assistant Prof, Range and Watershed Management Department, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University

Assistant Prof, Irrigation & Drainage Water Engineering Department, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University

Abstract

Soil erosion has been known as a serious environmental problem. Drainage density is one of the most important morphometry parameters that is used as an index for watershed drains, infiltration capacity, topography and erosion. The purpose of this study was to investigate the relationship between drainage density and erosion of Roud Zard watershed in Khuzestan province. For this purpose, firstly, the drainage density, which is the total length of the drainage per unit area, was calculated by Arc Gis software. Then the severity specific erosion was estimated using MPSIAC model in 1397. The results of statistical analysis using Curve Expert software showed that there is a significant relationship between drainage density and specific erosion. The highest amount of drainage density was observed in sub-watersheds in geochemical formations susceptible to erosion of Gachsaran, Aghajari and Quaternary. Therefore, areas with high drainage densities should be prioritized for soil conservation measures. Finally, it can be said that drainage density is an important indicator for assessing the condition of erosion and areas at risk for soil conservation measures.

Keywords: Drainage density, erosion, Arc Gis, MPSIAC, Curve Expert

* Corresponding author, Email: aboli5400@yahoo.com

بررسی روابط فرکتالی توزیع اندازه ذرات اولیه خاک با برخی ویژگی‌های خاک (مطالعه موردی: منطقه کوهین)

مینا نیک‌قلب‌پور^{۱*}، مائده دانش‌یار^۲، حسین اسدی^۳^۱ دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان^۲ دانش آموخته گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان^۳ دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

چکیده

توزیع اندازه ذرات اولیه شاخص مهمی برای ارزیابی و روابط خاک با سایر اجزای آن است. لذا در پژوهش حاضر برای بررسی روابط بعد فرکتال با برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، ۳۳ نقطه با فواصل ۵۰ متری در طول یک زمین‌نما در مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آب دانشگاه تهران واقع در منطقه کوهین انتخاب و نمونه‌برداری به صورت مرکب از دو عمق ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی‌متری انجام شد. تجزیه و تحلیل‌های رگرسیون خطی برای تعیین قدرت روابط بین بعد فرکتال و درصد رس، درصد سیلت، درصد شن، درصد ماده آلی، پایداری خاکدانه و تخلخل خاک انجام شد. نتایج آماری نشان داد که بعد فرکتال توزیع اندازه ذرات اولیه همبستگی قوی و مثبتی با مقدار رس، همبستگی منفی ضعیفی با شن و همبستگی مثبت ضعیفی با میانگین وزنی قطر خاکدانه دارد. نتایج در هر دو لایه مورد مطالعه مشابه بوده بنابراین می‌توان بیان داشت که تجزیه و تحلیل‌های فرکتالی روش مفیدی برای کمی کردن و ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌باشد.

کلمات کلیدی: بافت خاک، پایداری خاکدانه، تخریب خاک، ماده آلی

مقدمه

خاک به عنوان محیطی متخلخل از ذراتی در اندازه و شکل‌های مختلف تشکیل شده و ساختمان و ویژگی‌های آن به واسطه‌ی توزیع اندازه ذرات خاک تعیین می‌شود. توزیع اندازه ذرات اولیه خاک یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی خاک است که تاثیر زیادی بر ویژگی‌های هیدرولیکی خاک، حرکت آب در خاک، انتقال آلودگی و فرسایش خاک داشته (Ghanbarian and Daigle, 2015) و به عنوان شاخص مهمی برای ارزیابی خاک و روابط بین ویژگی و عملکردهای مختلف آن به کار می‌رود (Wei و همکاران ۲۰۱۵). روش‌های متعددی برای تعیین توزیع اندازه ذرات اولیه خاک در نظر گرفته شده است. مثلث بافت خاک روش متداول و اصلی بررسی توزیع اندازه ذرات خاک است، که با تعاریف قراردادی اندازه‌ی سه ذره اصلی خاک (شن، سیلت و رس) و کلاس‌های بافت خاک محدود شده است. علاوه بر این باید در نظر داشت که تغییرات و نوسانات بالایی در توزیع اندازه ذرات خاک در هر کلاس بافتی وجود دارد. بنابراین استفاده از مثلث بافت خاک نمی‌تواند اطلاعات کاملی در مورد توزیع اندازه ذرات اولیه خاک در اختیار قرار دهد (Birkhofer و همکاران ۲۰۱۲). خاک به دلیل داشتن محیطی متخلخل که از ذرات متفاوت با شکل‌های نامنظم و خود متشابه تشکیل شده است، به وضوح ویژگی‌های فرکتالی را نشان داده و از مفاهیم و قوانین حاکم بر هندسه فرکتال تبعیت می‌کند (Liu و همکاران ۲۰۰۹). مطالعات Deng و همکاران (۲۰۱۷, a) نشان داد با توجه به اینکه روابط معنی‌داری بین بعد فرکتال توزیع اندازه ذرات اولیه خاک و ویژگی‌های خاک وجود دارد لذا بعد فرکتال شاخص مناسبی برای شناخت بهتر توزیع ذرات اولیه خاک است. مطالعات Deng و همکاران (۲۰۱۸) در خاک‌هایی با بافت‌های متفاوت نشان داد که بعد فرکتال با افزایش مقدار رس زیادتر شده و با افزایش مقدار شن کاهش می‌یابد. نتایج مطالعه Xu و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی ویژگی‌های فرکتالی توزیع اندازه ذرات خاک در بخشی از حوزه آبخیز رود دن چین نشان داد که بعد فرکتال توزیع اندازه ذرات اولیه خاک همبستگی قوی مثبتی با مقدار رس-سیلت، همبستگی منفی با شن ریز و شن درشت و همبستگی منفی ضعیفی با مقدار گراول دارد. با توجه به اینکه در زمینه اندازه‌گیری‌های فرکتالی توزیع اندازه ذرات اولیه خاک در مناطق دیم مطالعات کمی انجام شده است لذا هدف از پژوهش حاضر محاسبه بعد فرکتال توزیع اندازه ذرات اولیه خاک و بررسی روابط آن با برخی ویژگی‌های خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آب دانشگاه تهران با مساحت ۸۷ هکتار واقع در منطقه کوهین استان قزوین که دارای کاربری کشت دیم در امتداد خطوط تراز می‌باشد، انجام شد. برای انجام پژوهش حاضر، نمونه‌برداری به صورت مرکب از دو عمق سطحی (۱۵-۰ سانتی-متر) و زیر سطحی (۳۰-۱۵ سانتی-متر) در ۳۳ نقطه با فواصل ۵۰ متری انجام شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده بعد از هوا خشک شدن جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از الک دو میلی‌متری و انجام آزمایش پایداری خاکدانه به روش الک تر از الک ۴/۷۵ میلی‌متری عبور داده شدند. اندازه‌گیری توزیع اندازه ذرات اولیه به روش هیدرومتری با قرائت ۲۴ ساعت، اندازه‌گیری ماده‌آلی با روش‌های مرسوم انجام شدند (Carter and Gregorich, 2006). تمامی اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار انجام شد. در بخش آمار کلاسیک، به منظور تشخیص تمرکز و پراکندگی داده‌ها، آماره‌های حداقل، حداکثر، انحراف معیار، میانگین و ضریب تغییرات ویژگی‌های مورد مطالعه محاسبه شد. توزیع اندازه ذرات خاک در دامنه‌های کوچک‌تر از ۰/۰۰۲، ۰/۰۰۵، ۰/۰۰۲-۰/۰۰۵، ۰/۰۰۵-۰/۰۰۲، ۰/۰۱-۰/۰۰۵، ۰/۰۱-۰/۰۲۵، ۰/۰۱-۰/۰۵، ۰/۰۵-۰/۰۲۵، ۰/۰۵-۱ و ۱-۲ میلی‌متر تعیین شد. کلاس‌های شن با استفاده از سری الک و بقیه کلاس‌ها به روش هیدرومتری تعیین شد. بعد فرکتال توزیع اندازه ذرات خاک از معادله‌ی (۱) به روش بهینه‌سازی با نرم افزار MATLAB تخمین زده شد (Bird و همکاران ۲۰۰۰).

$$M_s(d \leq d_i) = cd_i^{3-D}$$

معادله (۱)

که در آن D بعد فرکتال توزیع اندازه ذرات، $M_s(d \leq d_i)$ جرم تجمعی ذرات خاک در اندازه کوچک‌تر از d_i ، d_i حد بالایی اندازه‌ی ذرات در هر کلاس و c ضریب ثابت می‌باشد.

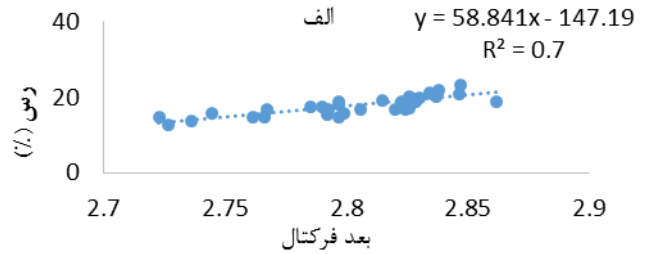
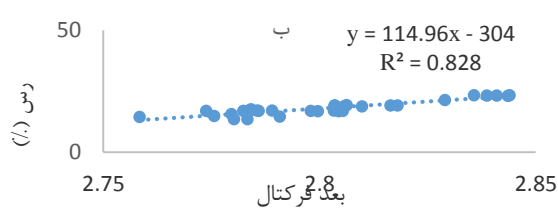
نتایج و بحث

آماره‌های توصیفی ویژگی‌های مورد مطالعه در جدول (۱) آمده است.

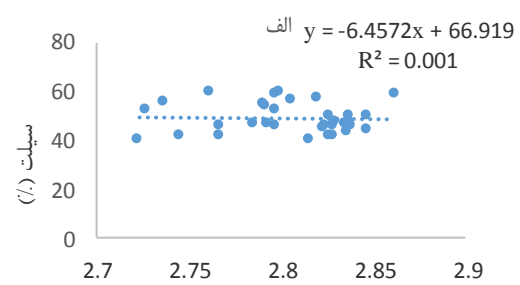
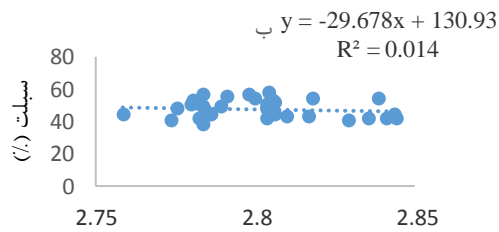
جدول ۱. آماره‌های توصیفی ویژگی‌های خاک مورد مطالعه

ویژگی خاک	واحد	عمق (cm)	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	میانگین	چولگی	ضریب تغییرات (%)
میانگین وزنی قطر خاکدانه	mm	۰-۱۵	۰/۳۶	۰/۹۸	۰/۱۶	۰/۶۵	۰/۵۹	۲۵/۳۵
		۱۵-۳۰	۰/۳۹	۱/۲۵	۰/۲۱	۰/۷۴	۰/۱۶	۲۷/۷۹
شن	%	۰-۱۵	۲۲/۷۶	۴۵/۳۰	۵/۵۲	۳۳/۳۸	۰/۱	۱۶/۵۳
		۱۵-۳۰	۲۱/۹۹	۴۴/۳۸	۵/۲۴	۳۴/۱۶	-۰/۲۱	۱۵/۳۳
سیلت	%	۰-۱۵	۳۹/۹۷	۵۹/۶۴	۶	۴۸/۸۱	۰/۴۵	۱۲/۲۹
		۱۵-۳۰	۳۸/۵	۵۸/۳۳	۵/۵۶	۴۷/۷۹	۰/۲۷	۱۱/۶۴
رس	%	۰-۱۵	۱۲/۵۵	۳۲/۲۰	۲/۵۶	۱۷/۸۱	-۰/۰۳	۱۴/۴۰
		۱۵-۳۰	۱۳/۴۷	۲۳/۲۷	۲/۸	۱۸/۰۵	۰/۵۴	۱۵/۵۲
ماده آلی	%	۰-۱۵	۰/۵۷	۱/۷۱	۰/۲۸	۱/۰۷	۰/۶۹	۲۶/۴۶
		۱۵-۳۰	۰/۶۱	۱/۴۱	۰/۲۲	۱/۰۵	-۰/۱۸	۲۰/۸۵
بعد فرکتال	-	۰-۱۵	۲/۷۲	۲/۸۶	۰/۳۶	۲/۸	-۰/۰۷	۱۲/۸۶
		۱۵-۳۰	۲/۷۶	۲/۸۴	۰/۰۲	۲/۸	۰/۵	۰/۷۱
تخلخل کل	%	۰-۱۵	۴۶/۵۲	۵۷/۱۵	۲/۰۱	۵۲/۰۲	-۰/۰۲	۳/۸۷
		۱۵-۳۰	۴۵/۶۸	۵۵/۵۵	۲/۶۹	۴۹/۸۱	۰/۵۲	۵/۴

در بین ویژگی‌های خاک اندازه‌گیری شده می‌توان دریافت که درصد سیلت در عمق سطحی با مقدار ۱۱/۶۴ دارای کم‌ترین ضریب تغییرات و درصد رس در عمق زیر سطحی ۲۰/۴۶ بیش‌ترین ضریب تغییرات می‌باشند. به نظر می‌رسد ضریب تغییرات کم به دلیل شرایط ذاتی خاک در منطقه مورد مطالعه باشد. در ادامه تجزیه و تحلیل‌های رگرسیون خطی برای تعیین قدرت روابط بین مقادیر بعد فرکتال توزیع اندازه ذرات و درصد شن، درصد سیلت، درصد رس، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، تخلخل و ماده‌ی آلی در لایه‌های ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی‌متری خاک انجام شد. نتایج آماری به دست آمده در شکل‌های (۱) تا (۶) نشان داده شده است.



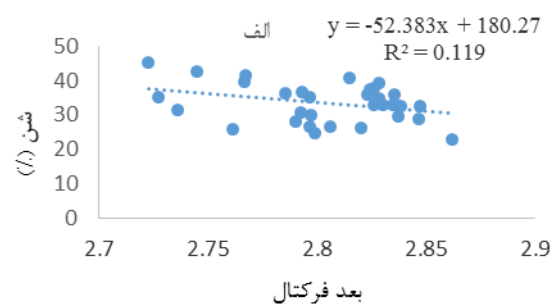
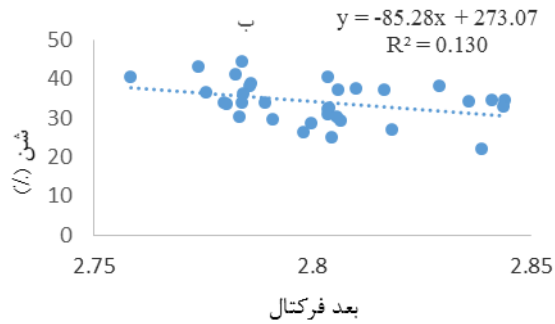
شکل ۱. رابطه بعد فرکتال با درصد رس خاک، الف (۱۵-۰ سانتی متری، ب) (۳۰-۱۵ سانتی متری)



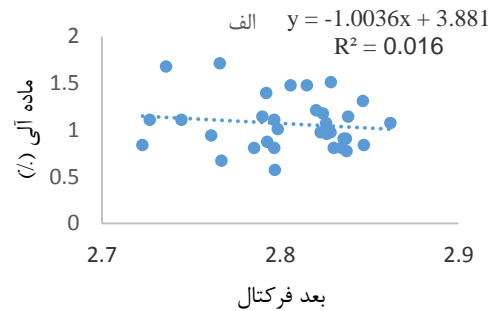
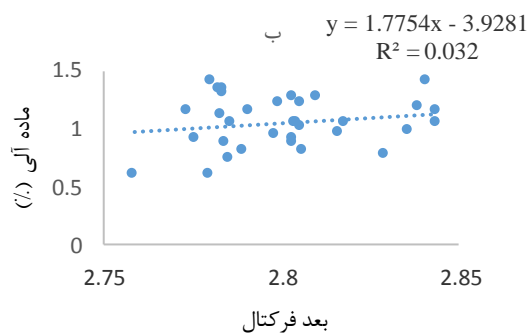
بعد فرکتال

بعد فرکتال

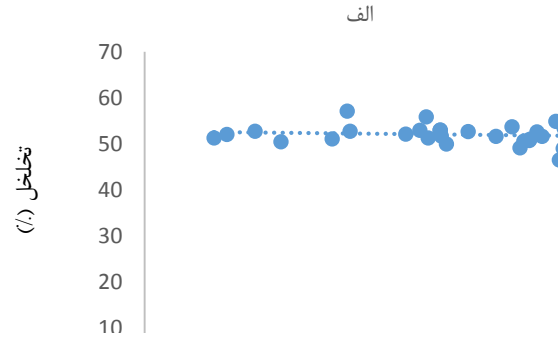
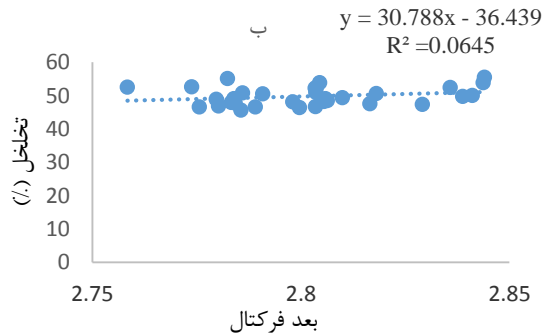
شکل ۲. رابطه بعد فرکتال با درصد سیلت خاک، الف (۱۵-۰ سانتی متری، ب) (۳۰-۱۵ سانتی متری)



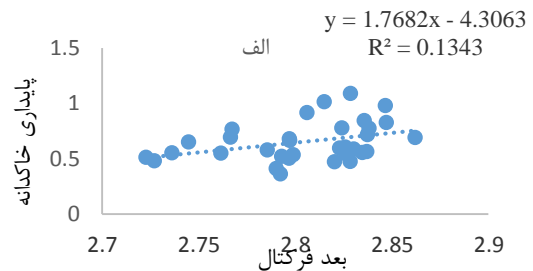
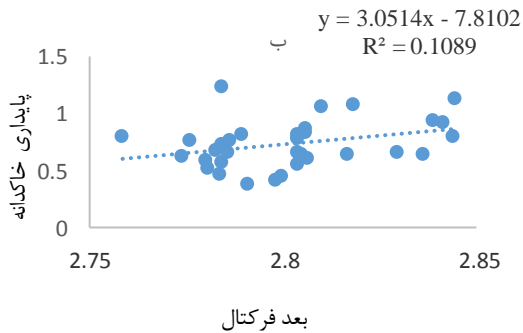
شکل ۳. رابطه بعد فرکتال با درصد شن خاک، الف (۱۵-۰ سانتی متری، ب) (۳۰-۱۵ سانتی متری)



شکل ۴. رابطه بعد فرکتال با درصد ماده آلی، الف (۱۵-۰ سانتی متری، ب) (۳۰-۱۵ سانتی متری)



شکل ۵. رابطه بعد فرکتال با تخلخل کل، الف) ۱۵-۰ سانتی‌متری، ب) ۳۰-۱۵ سانتی‌متری



شکل ۶. رابطه بعد فرکتال با پایداری خاکدانه، الف) ۱۵-۰ سانتی‌متری، ب) ۳۰-۱۵ سانتی‌متری

شکل‌های (۱) و (۳) نشان می‌دهند که بعد فرکتال رابطه‌ی قوی و مثبتی با مقدار رس خاک، رابطه‌ی منفی ولی نه چندان قوی با درصد شن خاک دارد، بنابراین می‌توان بیان کرد که خاک‌های با درصد رس بالاتر و شن کمتر، بعد فرکتال بزرگ‌تری دارند. مطالعات Liu و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان داد که بعد فرکتال همبستگی مثبت و معنی‌داری با مقدار رس خاک ولی همبستگی منفی و معنی‌داری با مقدار شن دارد. مطالعات Deng و همکاران (۲۰۱۸) در خاک‌هایی با بافت‌های متفاوت نشان داد که بعد فرکتال با افزایش مقدار رس زیادتر شده و با افزایش مقدار شن کاهش می‌یابد. بنابراین می‌توان بیان داشت که ابعاد فرکتالی به فرایند درشت شدن بافت خاک حساس هستند. از این رو تجزیه و تحلیل بعد فرکتالی توزیع اندازه ذرات خاک رویکرد مفیدی برای کمی کردن و ارزیابی درجه تخریب خاک در میان انواع خاک‌های مشابه است (Xu و همکاران ۲۰۱۳؛ Su و همکاران ۲۰۰۴). از سوی دیگر رابطه‌ی قوی بین بعد فرکتال با درصد سیلت و ماده آلی خاک مشاهده نگردید (شکل ۲ و ۴). ولی مطالعات Yu و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که بعد فرکتال همبستگی معنی‌دار مثبتی با مقدار ماده آلی دارد، زیرا تجمع کربن آلی و عناصر غذایی، توسعه ساختمان خاک و برخی ویژگی‌های بیولوژیکی که طی فرایندهای خاکساز رخ می‌دهند، با افزایش انتخابی ذرات ریز خاک همراه هستند. بر این اساس، ابعاد فرکتال بزرگ‌تر عمدتاً نشان دهنده‌ی همبستگی بالای ذرات ریز خاک با مقدار ماده آلی می‌باشند. به نظر می‌رسد عدم مشاهده ارتباط قوی بین بعد فرکتال با ماده آلی می‌تواند ناشی از کم بودن مقدار فراوانی ماده آلی در منطقه مورد بررسی باشد. عدم مشاهده ارتباط قوی بعد فرکتال با درصد سیلت نیز می‌تواند به دلیل تفاوت در توزیع اندازه ذرات سیلت باشد (Kutlu و همکاران ۲۰۰۸). بعد فرکتال همبستگی مثبت و ضعیفی با پایداری خاکدانه نشان داد (شکل ۶). هم‌چنین همبستگی معنی‌داری با تخلخل کل خاک وجود مشاهده نشد (شکل ۵) که با نتایج Deng و همکاران (۲۰۱۷, b) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

تجزیه و تحلیل‌های فرکتالی امکان استفاده‌ی کامل از اطلاعات توزیع اندازه ذرات خاک فراهم کرده و روش مفیدی برای کمی کردن و بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ارائه می‌دهد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بعد فرکتال پارامتر مناسبی برای پیش‌بینی درصد رس و شن خاک یا به عبارتی بافت و توزیع اندازه ذرات اولیه خاک می‌باشد. با این حال بعد فرکتال با سایر ویژگی‌های مورد بررسی روابط قوی نشان نداد. با توجه به



اینکه نتایج مطالعات مختلف در این زمینه گاهی در تضاد با یکدیگر هستند، لذا بررسی‌های بیش‌تر در اراضی و کاربری‌های مختلف با خاک‌هایی با توزیع اندازه ذرات متفاوت ضروری است.

منابع

- Bird, N., Perrier, E. and Rieu, M. 2000. The water retention function for a model of soil structure with pore and solid fractal distributions. *European Journal of Soil Science*, 51, 55-63.
- Birkhofer, K., Schoening I., Alt, F., Herold, N., Klärner, B. and Maraun, M. 2012. General relationships between abiotic soil properties and soil biota across spatial scales and different land-use types. *Plos One*, 7, 1-8.
- Carter, M. R. and Gregorich, E. G. 2006. *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Canadian Society of Soil Science, Second Edition.
- Deng, J., Li, J., Deng, G., Zhu, H. and Zhang, R. 2017 a. Soil properties of Mongolian pine plantations in the Mu Us Desert, China. *Scientific Report*, 7, 1-14.
- Deng, Y., Cai, C. H., Xia, D., Ding, SH. and Chen, J. 2017 b. Fractal features of soil particle size distribution under different land-use patterns in the alluvial fans of collapsing gullies in the hilly granitic region of southern China. *Plos One*, 12 (3), 1-21.
- Deng, J., Ma, Ch. and Yu, H. 2018. Different Soil Particle-Size Classification Systems for Calculating Volume Fractal Dimension: A Case Study of *Pinus sylvestris* var. *Mongolica* in Mu Us Sandy Land, China. *Applied Sciences*, 8, 1872.
- Ghanbarian, B. and Daigle, H. 2015. Fractal dimension of soil fragment mass-size distribution: A critical analysis. *Geoderma*, 245, 98-103.
- Kutlu, T., Ersahin, S. and Yetgin, B. 2008. Relations between solid fractal dimension and some physical properties of soils formed over alluvial and colluvial deposits. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 6, 445-449.
- Liu, X., Zhang, G. C., Heathman, G. C., Wang, Y. Q. and Huang, C. H. 2009. Fractal features of soil particle-size distribution as affected by plant communities in the forested region of Mountain Yimeng, China. *Geoderma*, 154 (1-2), 123-130.
- Liu, Y. Y., Gong, Y. M., Wang, X. and Hu, H. 2013. Volume fractal dimension of soil particles and relationships with soil physical-chemical properties and plant species diversity in an alpine grassland under different disturbance degrees. *Journal of Arid Land*, 5(4), 480-487.
- Su, Y. Z., Zhao, H. L., Zhao, W. Z. and Zhang, T. H. 2004. Fractal features of soil particle size distribution and the implication for indicating desertification. *Geoderma*, 122, 43-49.
- Wei, Y. J., Wu, X. L. and Cai, C. F. 2015. Splash erosion of clay-sand mixtures and its relationship with soil physical properties: the effects of particle size distribution on soil structure. *Catena*, 135, 254-262
- Xu, G., Li, Z. and Li, P. 2013. Fractal features of soil particle-size distribution and total soil nitrogen distribution in a typical watershed in the source area of the middle Dan River, China. *Catena*, 101, 17-23.
- Yu, J., Lv, Xi., Bin, M., Wu, H., Du, S., Zhou, M., Yang, Y. and Han, G. 2015. Fractal features of soil particle size distribution in newly formed wetlands in the Yellow River Delta. *Scientific Report*, 5, 1-9.



Topic for submission: Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation

Study of fractal relationship with soil particle size distribution and some soil properties (Case study: Kuhin region)

Nik Ghalb Pour^{*1}, M., Daneshyar², M., Asadi³, H.

¹ PhD. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Guilan, Iran

² MSc Graduate, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Guilan, Iran

³ Associate Professor, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, University of Tehran

Abstract

Soil particle distribution as an important factor is used for soil evaluation and its relation to other soil fractions. To assess relationships between the fractal dimensions and some physical and chemical properties, 33 points of 50-meter intervals along a landscape in Kuhin region (Research Station of Soil and Water Conservation of Tehran University) were selected. To measure soil physical and chemical properties, composite soil samples were collected from the surface (0-15cm) and subsurface (15-30cm) layers. Linear regression analyses were performed to determine the strength of the relationships between fractal dimension values and the percentage of clay, silt, sand, organic matter, mean weight diameter (MWD) and soil porosity. The statistical results show that the fractal dimension of PSD has a strong positive correlation with the clay percentage, a weak negative correlation with sand percentage and a weak positive correlation with MWD. Similar results were observed for both two soil layers. Therefore, fractal analyses can use as a useful method for quantifying and evaluation of soil physical and chemical properties.

Keywords: Organic matter, Soil degradation, Soil stability, Soil texture

* Corresponding author, Email: nikghalbpour@gmail.com

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

کمی سازی نقش خصوصیات زمینی و ویژگی های خاک در فرسایش آبکندی در شیب های ملایم حوزه آبخیز قرنقوچای

علی رضا واعظی^{۱*}، یاسین صالحی^۲، اولدوز بخشی راد^۲^۱ استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان^۲ دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

چکیده

فرسایش آبکندی از انواع فرسایش با مکانیسم پیچیده است که عوامل گوناگونی در شکل گیری و گسترش آن نقش دارند. این پژوهش با هدف کمی سازی خصوصیات خاکی و آبکندی مؤثر بر فرسایش آبکندی در شیب های پایین در حوزه آبخیز قرنقوچای واقع در جنوب استان آذربایجان شرقی انجام پذیرفت. برای این منظور ۲۲۲ آبکند انتخاب و در کلاس های مختلف شیب دسته بندی شدند. برای حذف تأثیر درجه شیب دامنه بر تشکیل آبکندها تعداد ۱۰۷ آبکند گسترش یافته در شیب های پایین (۳ تا ۸ درصد) انتخاب شدند. نتایج نشان داد که حجم آبکند همبستگی معنی دار با طول دامنه ($r = 0.78$) و نی درصد رس خاک ($r = 0.22$) دارد. تجزیه رگرسیونی چندگانه نشان داد که ۶۴ درصد از تغییرات حجم آبکندها بر اساس طول آبکند و درصد رس خاک قابل توجیه است. افزایش طول آبکند عاملی مهم در افزایش تولید رواناب در عرصه های زهکش است. همچنین نفوذپذیری اندک خاک منجر به افزایش تولید رواناب، افزایش محتوای رطوبتی خاک و کاهش مقاومت خاک در برابر تنش برشی جریان می شود. به طور کلی این پژوهش نشان داد که عرصه های زهکش طولانی با خاک ریزبافت، دامنه هایی حساس به فرسایش آبکندی در منطقه هستند.

کلمات کلیدی: بافت خاک، جریان سطحی، حجم آبکند، شیب، طول آبکند

مقدمه

فرسایش خاک به وسیله آب یکی از عوامل اصلی تغییر شکل ظاهری زمین، تخریب منابع زیست محیطی است که امکان دسترسی به امنیت غذایی و آب در جهان را محدود کرده است (گائو، ۲۰۱۳). از مهم ترین عوارض این پدیده در پوسته زمین که تغییرات عمده ای در مدت زمان نسبتاً کم در سطح زمین پدید می آورد آبراهه های حاصل از فرسایش است که به اشکال و ابعاد مختلف قابل مشاهده اند (زنجانی جم و صوفی، ۱۳۹۲). آبکند آبراهه ای با کناره های با شیب تند و پیشانی پر شیب و تخریب پذیر می باشد که با فرسایش ناشی از جریان سطحی متناوب طی بارندگی یا پس از آن ایجاد می شود (پویسن و همکاران ۲۰۰۳). فرسایش آبکندی از انواع فرسایش با مکانیسم پیچیده است که عوامل گوناگونی در شکل گیری و گسترش آن دخیل هستند و در سال های اخیر توجه بسیاری از محققان در داخل و خارج از کشور را به خود جلب کرده است (خیر الامانی و موسی زاده، ۲۰۱۱). پژوهش های متعددی در مورد عوامل مؤثر بر تشکیل آبکندها انجام گرفته است. نتایج تحقیق ثروتی و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد شکل گیری و گسترش فرسایش آبکندی در برخی اراضی لسی تابعی از ارتفاع متوسط، بارندگی و دمای سالانه هوا، شیب و جهت اراضی، سازند زمین شناسی، منابع اراضی، نوع خاک و ویژگی های مربوط به آن، نوع و تیپ پوشش گیاهی، کاربری اراضی و متوسط سالانه ارتفاع رواناب های سطحی است. گاین و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه ای به منظور ارزیابی حساسیت به فرسایش آبکندی و مدیریت مناطق مستعد فرسایش در حوضه رودخانه پاترو هند گزارش کردند شیب، ارتفاع، کاربری زمین، نوع خاک و مساحت زهکش حوضه از عوامل مؤثر بر ایجاد و گسترش فرسایش آبکندی هستند. در پژوهش های مختلف نتایج متفاوتی در مورد شکل گیری و گسترش و کنترل آبکندها با توجه به خصوصیات هر منطقه گزارش شده است که در برخی موارد این نتایج در تضاد با یکدیگر هستند. در بسیاری از مناطق ممکن است عوامل مؤثر بر وقوع فرسایش آبکندی مشابه بوده اما رشد و گسترش فرسایش آبکندی تابع عوامل یکسان نیست (توکلی و همکاران، ۱۳۹۴). امیر احمدی (۱۳۹۶) در مطالعه ای با هدف تعیین آستانه عوامل مؤثر بر رشد طولی آبکندها با استفاده از تکنیک های داده کاوی گزارش کردند که مهم ترین عوامل مؤثر بر گسترش طولی آبکندها در منطقه سنگانه کلات نسبت جذب سدیم، شیب پیشانی و درصد سیلت بوده است. آن ها همچنین گزارش کردند که عامل شکل گیری فرسایش آبکندی در حوضه آبخیز سنگانه کلات ضعف پوشش گیاهی و نفوذپذیری اندک آب است. سراسکانرود (۱۳۹۶) در تحقیقی با هدف تحلیل عوامل مؤثر در شکل گیری و گسترش فرسایش آبکندی بیان داشت شکل گیری و گسترش فرسایش آبکندی در محدوده شهرستان اسکو استان آذربایجان شرقی تحت تأثیر عوامل اقلیمی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی

* ایمیل نویسنده مسئول: vaezi.alireza@znu.ac.ir

خاک‌های منطقه است. به طور کلی بررسی پژوهش‌های انجام گرفته نشان دهنده تأثیر عوامل مختلف زمینی و خاک بر گسترش فرسایش آبکندی است. گوناگونی و نتایج متفاوت عوامل مؤثر بر گسترش فرسایش آبکندی باعث شده است که نتوان عوامل یکسانی را در تشکیل آبکندها در مناطق مختلف مرث دانست. بنابراین تحقیق حاضر با در نظر گرفتن عوامل مختلف خاکی و آبکندی مؤثر بر حجم آبکندها، باه منظور کمی‌سازی خصوصیات خاکی و آبکندی مؤثر بر فرسایش آبکندی در شیب‌های پایین در حوزه آبخیز قرانقوچای انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در شهرستان هشتگرد واقع در جنوب استان آذربایجان شرقی در محدوده‌ای از اراضی دیم واقع در $37^{\circ}37'33''$ تا $36^{\circ}47'24''$ عرض شمالی و $46^{\circ}29'8''$ تا $47^{\circ}41'13''$ طول شرقی انجام گرفت. بیش‌ترین ارتفاع منطقه 3200 و کم‌ترین ارتفاع آن 500 متر از سطح دریا است. میانگین بیش‌ترین دمای سالیانه 29 درجه سانتی‌گراد و میانگین کم‌ترین آن $8/5$ درجه سانتی‌گراد بوده و میزان میانگین بارندگی سالانه در منطقه 340 میلی‌متر است. اقلیم منطقه نیز بر اساس طبقه‌بندی دومارتون نیمه خشک سرد می‌باشد. رژیم حرارتی و رطوبتی منطقه به ترتیب مزیک و زیریک است. کاربری زمین اغلب کشاورزی دیم و بافت خاک آنها عمدتاً لوم رسی است. در بیشتر منطقه فرسایش آبی به شکل‌های سطحی، شیاری و آبکندی دیده می‌شود و آبکندها بیشتر در شیب‌های 3 تا 25 درصد گسترش یافته‌اند.

برای انجام پژوهش منطقه‌ای تحت کشاورزی دیم به به ابعاد 30 کیلومتر در 30 کیلومتر در حوزه آبخیز قرانقوچای انتخاب گردید. منطقه به صورت 36 منطقه مربعی شکل به ابعاد 5 کیلومتر شبکه‌بندی شد. در این منطقه 222 آبکنده مورد بررسی قرار گرفت که شیب‌های متفاوتی دارند. کل آبکندهای منطقه در کلاس‌های شیب مختلف گروه‌بندی شدند و برای حذف تأثیر درجه شیب بر آبکندها، تنها آبکندها گسترش یافته در دامنه‌های با شیب 3 تا 8 درصد انتخاب شدند. بر این اساس 107 عارضه فرسایش آبکندی در منطقه انتخاب شدند. مشخصات آبکندها شامل عمق، عرض، طول و مساحت سطح زهکش اندازه‌گیری شدند. عمق و عرض در سه نقطه در طول شاخه‌های آبکنده (پایین‌دست، میان‌دست و بالادست آبکنده) اندازه‌گیری و سپس میانگین آنها محاسبه شد. حجم خاک هدررفته از آبکنده (فرسایش آبکندی) با استفاده از رابطه زیر به دست آمد (ناچترگیل و پویسن، ۱۹۹۹):

$$Vg = \left(\frac{1}{2} \bar{W} \times \bar{H}\right) \times L$$

که در آن Vg حجم آبکنده (متر مکعب)، \bar{W} میانگین عرض آبکنده (متر) و \bar{H} میانگین عمق آبکنده (متر) و L طول آبکنده (متر) است. برای انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه خاک به روش ترکیبی از عمق 30 سانتی‌متری از سطح زهکش هر آبکنده در سه بخش (پایین-دست، میان‌دست و بالادست زمین حاشیه آبکنده) برداشت شد. در آزمایشگاه ویژگی‌های شیمیایی مانند pH ، EC ، ماده آلی و کربنات کلسیم معادل و ویژگی‌های فیزیکی مانند بافت، چگالی ظاهری، پایداری خاکدانه در نمونه‌های خاک تعیین شدند. برای تحلیل داده‌ها، فرسایش آبکندی به عنوان متغیر وابسته و ویژگی‌های خاک و ویژگی‌های آبکنده به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند و همبستگی بین آنها با استفاده از شاخص همبستگی پیرسون (r) تعیین گردید. برای تعیین مهم‌ترین عامل مؤثر در گسترش آبکندها نیز از روش رگرسیون گام به گام استفاده گردید. کلیه تحلیل‌های آماری در نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ و رسم نمودارها در نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۶ انجام گرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک آبکندهای مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. میانگین درصد شن $(37/6)$ ، سیلت $(32/7)$ ، رس $(31/4)$ نشان دهنده قرار گرفتن آبکندها در بافت رس لومی است. خاک‌ها دارای مقادیر سنگریزه از $6/35$ تا $17/4$ بود. همچنین میانگین شاخص قطر خاکدانه‌های پایدار از $0/3$ تا $1/9$ متغیر بود که نشان‌دهنده ناپایداری خاکدانه‌ها می‌باشد. خاک‌ها از نظر نفوذپذیری در محدوده $1/4$ تا $5/8$ سانتی‌متر بر ساعت قرار دارند. خاک آبکندها از نظر واکنش خاک $(7/8)$ در محدوده خنثی بود. قرارگیری هدایت الکتریکی در محدوده $(0/8)$ دسی‌زیمنس بر متر (نشان از غیر شور بودن خاک‌ها داشت. مقدار آهک کل بین $1/2$ تا $18/4$ بود که نشان دهنده قرار گرفتن خاک‌ها در گروه خاک‌های آهکی است. محتوای ماده آلی خاک نیز از $0/7$ تا $2/1$ متغیر بود

جدول ۱ - برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آبکندهای مورد بررسی

ویژگی های خاک	میانگین	کم ترین	بیش ترین	انحراف معیار
ویژگی های فیزیکی				
شن (درصد)	۳۷/۶	۲۵/۶	۴۸/۳	۵/۷
سیلت (درصد)	۳۲/۷	۲۰/۵	۴۶/۴	۷/۱
رس (درصد)	۳۱/۴	۲۰/۴	۴۲/۲	۵/۵
سنگریزه (درصد)	۹/۷	۶/۳۵	۱۷/۴	۳/۱۱
پایداری خاکدانه	۱/۱	۰/۳	۱/۹	۰/۴۲
نفوذ پذیری (سانتی متر بر ساعت)	۳/۴	۱/۴	۵/۸	۱/۲
ویژگی های شیمیایی				
پ. هاش	۷/۸	۷/۳	۸/۱	۰/۲
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۰/۸	۰/۴	۱/۷	۰/۳
آهک کل (درصد)	۸/۹	۱/۲	۱۸/۴	۳/۸
ماده آلی (درصد)	۱/۱	۰/۷	۲/۱	۰/۲

تأثیر ویژگی های خاک بر گسترش آبکندها

جدول ۲ نتایج ماتریس همبستگی بین حجم آبکند و برخی از ویژگی های خاک و آبکند را نشان می دهد. حجم آبکند به صورت مستقیم تحت تأثیر مساحت زهکش آبکند (۲=۰/۶۶) اختلاف ارتفاع پیشانی و پای آبکند (۲=۰/۷۰)، طول آبکند (۲=۰/۷۸) و درصد رس خاک (۲=۰/۲۲) قرار گرفت. افزایش مساحت زهکش، به معنای دریافت بارندگی و در نتیجه تولید بیشتر رواناب است، افزایش رواناب باعث گسترش عمقی و گسترش طولی آبکند می شود و به دنبال آن حجم آبکند نیز افزایش می یابد (فریدگیلو و قضاوی، ۱۳۹۷). بن و همکاران (۲۰۱۷) نیز عامل اصلی مؤثر در گسترش آبکندی را حجم زیاد رواناب های متمرکز سطحی دانستند. افزایش مقدار رس در خاک موجب افزایش فرسایش آبکندی می شود. هر چه خاکی بافت ریزتری داشته باشد، ظرفیت نگهداشت آب در خاک افزایش می یابد (سراسکانرود، ۱۳۹۶). این پدیده منجر به انبساط رس ها و بسته شدن منافذ خاک شده در نتیجه نفوذ آب به خاک کاهش یافته و رواناب سطحی ایجاد می شود. این رواناب ها به تدریج بستر خود را کنده و عمیق می کنند و آبراهه ایجاد می شود که افزایش ابعاد آن ها باعث گسترش فرسایش آبکندی می گردد (ایستانبولو و همکاران، ۲۰۰۵). مارکوس و همکاران (۲۰۱۳) نیز این نتیجه را برای اراضی میاوا هیل اسلواکی گزارش کردند.

جدول ۲- ماتریس همبستگی بین ویژگی های خاک و عوامل زمینی مؤثر بر فرسایش آبکندی

متغیر	حجم	طول	اختلاف ارتفاع	مساحت	عمق	ماده آلی	رس	سیلت	شن
شن	۱								
سیلت	-۰/۱۷	۱							
رس	۰/۷۰**	۰/۳۱**	۱						
ماده آلی	-۰/۰۸	۰/۸۸**	-۰/۰۲	۱					
عمق	۰/۲۰*	-۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۰۳	۱				
مساحت	-۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۲۷**	۱			
اختلاف ارتفاع	-۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۲۵**	۰/۳۶**	۰/۸۳**	۱		
طول آبکند	-۰/۰۲	-۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۱۶	۰/۳۰**	۰/۸۸**	۰/۹۲**	۱	
حجم	۰/۱۴	-۰/۱۲	۰/۲۲*	۰/۰۸	۰/۵۴**	۰/۶۶**	۰/۷۰**	۰/۷۸**	۱

رابطه بین حجم آبکند و عوامل مؤثر بر آن

برای تعیین رابطه بین حجم آبکند و عوامل مؤثر بر آن (طول، مساحت زهکش، عمق آبکند، اختلاف ارتفاع ارتفاع و مقدار رس خاک) از روش رگرسیون خطی چندگانه استفاده شد. نتایج روش گام به گام نشان داد که طول آبکند و درصد رس خاک دو عامل تعیین کننده حجم آبکند در شیب های پایین

(۳-۰/۸٪) منطقه مورد بررسی هستند. حدود ۶۴ درصد از تغییرات حجم آبکندها بر اساس طول آبکند و درصد رس خاک قابل توجه است در این میان، طول آبکند با همبستگی ۰/۷۸ بیشترین نقش را در تعیین حجم آبکندی دارد (جدول ۳) با توجه به مدل به دست آمده می‌توان گفت ویژگی‌های مورفولوژیکی آبکند و ویژگی‌های خاک به تنهایی نمی‌توانند پیش‌بینی دقیقی از حجم آبکند در شیب‌های ۳-۸ درصد داشته باشند و استفاده از داده‌های هر دو مجموعه مدل دقیق تری را ارائه می‌دهد. صوفی و عیسائی (۱۳۸۹) در مطالعه با هدف برآورد حجم فرسایش آبکندی در استان گلستان با ارائه رابطه خطی بین طول آبکند و حجم آبکند گزارش کردند طول آبکند با تفسیر ۸۶ درصدی از تغییرات حجم آبکند بیشترین تأثیر را در بین دیگر متغیرهای مورد بررسی در برآورد حجم فرسایش آبکندی داشته است. ژانگ و همکاران (۲۰۰۷) نیز رابطه قوی بین حجم آبکند و طول آن را گزارش کردند.

جدول ۳- رگرسیون ویژگی‌های خاک و عوامل زمینی مؤثر بر فرسایش آبکندی

سطح	ضریب استاندارد		ضرایب غیر استاندارد		مدل
	t	Beta	انحراف معیار	B	
معنی‌داری					
۰/۰۰۳	-۳/۰۴		۲۴۸۰/۱۰	-۷۵۴۴/۲۵	ثابت
۰/۰۰۹	۲/۶۵	۰/۱۶	۷۶/۹۵	۲۰۴/۰۶	درصد رس
۰/۰۰۰	۱۲/۹۹	۰/۷۷	۱/۰۲	۱۳/۳۷	طول آبکند

نتیجه گیری

بر اساس نتایج این پژوهش حجم آبکند به صورت مستقیم تحت تأثیر مساحت زهکش، اختلاف ارتفاع دو سر آبکند، طول آبکند و درصد رس خاک قرار گرفت رابطه بین حجم آبکند و ویژگی‌های مؤثر بر آن (طول، مساحت زهکش، اختلاف ارتفاع دو سر آبکند و مقدار رس خاک) نشان داد که طول آبکند و درصد رس خاک دو عامل مهم تعیین کننده حجم آبکند در شیب‌های پایین (۳ تا ۸ درصد) هستند. وجود خاک با بافت ریز و در نتیجه ظرفیت نگهداشت آب بالا منجر به نگهداری بیشتر آب و بسته شدن منافذ خاک شده است. در نتیجه نفوذ آب به خاک کاهش یافته و رواناب سطحی ایجاد می‌شود. همچنین ناپایداری خاکدانه‌ها نیز می‌تواند از عوامل کاهش مقاومت خاک در برابر رواناب حاصل از جریان‌های سطحی و انتقال ذرات خاک باشد تمرکز این رواناب‌ها در یک مسیر منجر به تشکیل و گسترش طولی آبکندها و در نهایت افزایش حجم فرسایش آبکندی می‌شود به طور کلی باتوجه به این که طول آبکندها بیشترین همبستگی را با حجم آبکندها داشت در اصلاح عوامل مؤثر بر ایجاد گسترش آبکندها توصیه می‌شود این عامل نسبت به عوامل دیگر اولویت داده شود. همچنین برای جلوگیری از فرسایش آبکندی در شیب‌های ملایم در حوزه آبخیز قرقوچای بهبود شرایط خاک و جلوگیری از تخریب پوشش گیاهی راهکار مناسبی می‌باشد.

منابع

- امیراحمدی، ا. ۱۳۹۶. کاربرد دو روش ناپارامتریک در تعیین آستانه‌ی عوامل مؤثر بر رشد طولی آبکندها با استفاده از تکنیک‌های داده کاوی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سنگانه‌ی کلات). نشریه هیدرومورفولوژی، ۱۲، ۱۳۱-۱۵۲.
- توکلی، م.، رستمی‌زاد، ق. و نظری سامانی، ع.ا. ۱۳۹۴. تعیین محل رخداد فرسایش خندقی بر اساس آستانه ژئو مورفولوژیک و عوامل مؤثر بر آن (مطالعه موردی: چم ژاب دره شهر، ایلام. مجله پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۱۵(۱)، ۴۴-۵۷.
- ثروتی، م.، قدوسی، ج. و دادخواه، م. ۱۳۸۷. عوامل مؤثر در شکل‌گیری و گسترش فرسایش خندقی در لس‌ها. نشریه پژوهش و سازندگی منابع طبیعی، ۷۸، ۲۱-۳۳.



- سرسکانرود، ص. ۱. ۱۳۹۶. تحلیل عوامل مؤثر در شکل‌گیری و گسترش فرسایش خندقی. فصلنامه علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی، ۱۷(۵۸)، ۲۸۵-۳۰۱.
- صوفی، م. و عیسانی، ح. ۱۳۸۹. برآورد حجم فرسایش آب‌کندی با استفاده از ویژگی‌های مورفومتریک و خاک در آب‌کندهای استان گلستان. مجله مهندسی و مدیریت آبخیز، ۲(۲)، ۷۳-۸۲.
- فریدگیگلو، ب. و قضاوی، ر. ۱۳۹۷. بررسی نقش ویژگی‌های فیکو شیمیایی خاک آب‌کندها و عوامل زمین محیطی حوضه بالادست آن بر گسترش فرسایش آب‌کندی. نشریه علوم آب و خاک، ۲۲(۳)، ۲۷۳-۲۸۶.
- گیگلو، ب. ف. و قضاوی، ر. ۱۳۹۷. بررسی نقش ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک آب‌کندها و عوامل زمین محیطی حوضه بالادست آن بر گسترش فرسایش آب‌کندی. نشریه علوم آب و خاک، ۲۲(۳)، ۲۷۳-۲۸۶.

- Bean, T. A., Sumner, P.D., Boojhawon, R., Tatayah, V., Khadun, A.K., Hedding, D.W., Rughooputh S.D.D.V. and Nel. W. 2017. Bedrock-incised gully erosion phenomena on Round Island, Mauritius. CATENA 151: 107-117.
- Cheng, H., Zou, X., Wu, C., Zhang, C., Zheng, O. and Jiangi, Z. 2007. Morphology parameters of ephemeral gullies in characteristic hillslopes on the Loess Plateau of China. *Soil and Tillage Research*, 94, 4 – 14.
- Gao, P. 2013. Rill and Gully Development Processes. In *Treatise on Geomorphology*, 7: 122-131.
- Gayan, A., pourghasemi, H. R., Saha, S., Keesstra, S. and Bai, S. 2019. Gully erosion susceptibility assessment and management of hazard-prone areas in India using different machine learning algorithms. *science of the Total Environment*, 668, 124–13.
- Istanbulluoglu, E., Rafael, L. and Flores-Cervantes, H. 2005. Implications of bank failures and fluvial erosion for gully development: Field observations and modeling. *Journal of Geophysical Research*, 110, 1014-1029.
- Khairulmaini, O.S. and Mousazadeh, F. 2011. Gully Erosion in Semiarid Regions. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 19, 651–661.
- Markus, D., Stankoviansky, M., Jozef Minar, S. and Pavol, P. 2013. Human induced soil erosion and gully system development in the Late Holocene and future perspectives on landscape evolution: The Myjava Hill Land, Slovakia. *Geomorphology*, 201 (1), 227-245.
- Nachtergaele, J. Poesen, J. 1999. Assessment of soil losses by ephemeral gully erosion using high-altitude (stereo) aerial photographs. *Earth Surface Processes and Landforms* 24, 693–706
- Posesen, J., Nachtergaele, J. and Verstrac, G. 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena*, 50, 91-133.
- Zhang, Y., Wu, Y., Liu, B., Zheng, Q. and Yin, J. 2007. Characteristics and factors controlling the development of ephemeral gullies in cultivated catchments of black soil region. Northeast China. *Soil and Tillage Research*. 96, 28-41.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation

Quantifying the role of land characteristics and soil properties in gully erosion in gentle slopes in the Qarranqou Chai watershed

Vaezi^{*1}, A.R., Salehi, Y.², Bakhshi Rad, O.²

¹ Full Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

² Ph.D. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

Abstract

Gully erosion is one of water erosion types with a complex mechanism that its formation and development is involved with various factors. This research was aimed to quantify the role of land characteristics and soil properties in gully development and its characteristics in the lower slopes in the Qarnuku Chai watershed located in the south of East Azarbaijan Province. For this purpose, two hundreds twenty two gullies were found in the area and classified in different gradient classes. Out of them, one hundred seven gullies developed in dominant slopes with 3 to 8% selected to eliminate the effect of slope gradient on the gully formation. The results showed that the gully volume are significantly correlated with land length ($r = 0.78$) and soil clay content ($r = 0.22$). The multiple regression analysis showed that 64 percentage of variations in gully volume are explained by the land length and soil clay content. Increasing in the land length can increase runoff production as well as gully erosion in the drainage area. Additionally, lower infiltration rate in heavy texture soils enhance runoff production and increase soil moisture, which can decrease soil resistance to runoff shear stress. In general, the study showed that the longer drainage areas with fine texture soils are the most sensitive areas to gully erosion in the area.

Keywords: Gully length, Gully volume, Soil texture, Surface flow

* Corresponding author, Email: vaezi.alireza@znu.ac.ir

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

پهنه بندی سیلاب رودخانه قزل اوزن با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در محیط Arc GIS

(مطالعه موردی: حوضه طارم - خلخال)

علی‌رضا حیدری^۱، مهدی حاتمی^۱، حسن اوجاقلو^{۲*}^۱ دانشجوی کارشناسی گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان^۲ استادیار گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

چکیده

دشت های سیلابی و مناطق مجاور رودخانه‌ها همواره در معرض خطرات ناشی از وقوع سیلاب‌ها قرار دارند. تعیین میزان پیشروی سیلاب و خصوصیات آن در دوره بازگشت‌های مختلف که تحت عنوان پهنه بندی سیلاب صورت می‌گیرد، می‌تواند در پیشگیری و کنترل خطرات سیل موثر واقع گردد. در تحقیق حاضر، پهنه بندی سیلاب برای رودخانه قزل اوزن در محدوده شهرستان طارم استان زنجان انجام شد. بیش از ۱۰ هزار هکتار اراضی کشاورزی در محدوده مورد مطالعه قرار دارد و همواره خطر سیل در این اراضی وجود دارد. به منظور تهیه مشخصات فیزیوگرافی، مقاطع عرضی و تهیه نقشه‌ها از افزونه Hec-GeoRAS در نرم افزار ArcGIS استفاده شد. مقادیر دبی رودخانه به ازای دوره بازگشت‌های مختلف نیز وارد مدل Hec-RAS شد و محاسبات هیدرولیکی با استفاده از این مدل انجام گرفت. نتایج نشان داد، با افزایش دوره بازگشت از ۲ تا ۲۰۰ سال، سطح اراضی سیل‌گیر از مقدار ۱۶۱۶ تا ۲۷۴۳۷ کیلومتر مربع افزایش می‌یابد. کاربرد مدل‌های اشاره شده با استفاده از داده‌های ورودی دقیق‌تر از جمله نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس بالا می‌تواند در پیش بینی گسترش سیل با دوره بازگشت‌های مختلف مفید واقع گردد.

کلمات کلیدی: پیش بینی، سیل، Hec-GeoRAS، طارم

مقدمه

نقشه‌های پهنه بندی سیلاب در حوزه های متنوعی کاربرد وسیعی دارد. امروزه این نقشه‌ها یکی از اطلاعات پایه و مهم در مطالعات طرح‌های عمرانی در دنیا محسوب شده و قبل از هرگونه سرمایه گذاری و یا اجرای طرح‌های توسعه، بررسی آن در دستور کار سازمان‌های ذیربط قرار دارد. تعیین حریم و بستر از لحاظ فنی و حقوقی نیز در کشور بسیار پر اهمیت و پیچیده می‌باشد. یکی از مهمترین کاربردهای نقشه‌های پهنه بندی سیل، تعیین حدود گذرگاه سیل و اراضی سیل‌گیر می‌باشد. خصوصاً آنکه این اراضی از یکسو به علت دسترسی به منابع آبی بسیار پر ارزش بوده و از سوی دیگر به علت مجاورت با رودخانه در معرض خطر سیل و طغیان رودخانه می‌باشند. نقشه های پهنه‌بندی در سیستم‌های هشدار و عملیات امداد و نجات می‌تواند کارساز باشد. آگاهی از پهنه سیلاب در مدیریت رودخانه و ایمنی سواحل، اهمیت بسیاری دارد. پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارش در مناطق خشک و نیمه خشک، باعث ایجاد سیلاب های مخرب و وارد آمدن خسارات جانی و مالی فراوان می‌گردد که با توجه به شرایط اقلیمی، بخش مهمی از کشور جزو مناطق خشک و نیمه خشک بشمار می‌رود و به همین دلیل کشور ایران را به لحاظ سیل‌خیزی در رتبه هفتمین کشور دنیا قرار داده است نصرتی (۱۳۷۹). افزایش تراکم در مناطق مستعد سیل گیر موجب شد نخستین فعالیت‌ها در مورد کاربرد GIS در مطالعه پدیده سیلاب به اوایل دهه ۱۹۸۰ بر می‌گردد و اولین مطالعات در این زمینه با آنالیز DEM ها (مدل رقومی ارتفاعی) برای کاربردهای هیدرولوژیک شروع شد. مارک و اکالگیندر (۱۹۸۴) روش‌هایی را برای پر کردن فرورفتگی‌ها و پستی‌ها به منظور تعیین جهت جریان و تجمع آن ارائه دادند که به علت نامناسب بودن مدل ارتفاعی رقومی در توصیف عوارض پیچیده، مدل شبکه نامنظم مثلثی یا TIN پیشنهاد شد که توپوگرافی زمین را نمایش می‌داد. جاکیک و میدمنت (۱۹۹۱) از شبکه نامنظم مثلثی (TIN) برای مدل سازی زهکشی سیلاب در یک محیط شهری در ایالت تگزاس استفاده نمودند. آنها در پی تحقیقات انجام شده، مشخص کردند که استفاده از مدل TIN برای تعیین پارامتر های تخمین جریان و دبی طراحی بسیار مفید و مؤثر می‌باشد. بری و باجراچری (۱۹۹۵) روش روندیابی ماسکینگام-کانز را مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که تغییرات مکانی و زمانی ضرایب سکینگام-کانز یک نقص مهم به حساب می‌آید و باعث خطا در تخمین داده ها می‌شود. هین لی و همکاران (۱۹۹۳) به منظور پیش بینی سیلاب در رودخانه ناکدونگ و تهیه سیستم هشدار این رودخانه، از مدل های روند های هیدرولوژیکی استفاده کردند. نتایج نشان داد که این مدل‌ها در انتهای رودخانه به خاطر پس زدن آب توسط مدل اصلاً کارایی ندارد. تیت و میدمنت (۱۹۹۹) روشی را برای افزایش دقت آنالیز خروجی HEC-RAS در Arcview با مطابقت

* ایمیل نویسنده مسئول: ojaghlou@znu.ac.ir

داده های زمینی، هندسی رودخانه و سازه های کنترل با مدل زمینی موجود در GIS ارائه داد. سینکاندین و همکاران (۲۰۰۳) به تهیه نقشه خطر سیل برای رودخانه پاری در مالزی نمودند. برای این منظور از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و نرم افزار Arcview استفاده گردید. با توجه به مشاهدات میدانی، نتیجه گیری کردند که GIS محیط مناسبی را برای تهیه نقشه خطر سیل ایجاد می کند. کالدست و هادسن (۲۰۰۳) در حوضه پانوکو در مکزیک اقدام به تهیه نقشه پهنه سیل با تلفیق اطلاعات سنجش از دور با روش ژئومورفولوژی نمودند. براساس نتایج با تلفیق اطلاعات سنجش از دور می توان نقشه های با توان تفکیک بالا تهیه کرد که برای پهنه بندی سیل در مناطق با وسعت زیاد می تواند بسیار مفید باشد. انگلهارد (۲۰۰۴) برنامه ای را برای طراحی و مدیریت نقشه های خطر سیل تحت عنوان^۱ MHFMM ارائه کرد که با توجه به قابلیت بالا در کارهای مربوط به پهنه بندی سیل^۲ FEMA مورد استفاده قرار میگیرد. صفری (۱۳۸۰) برای پهنه بندی سیل در رودخانه نکا از مدل HEC-RAS و برای انجام روندیابی از روش کانولکس استفاده نمود و نتیجه گرفت که این مدل کارایی خوبی در محاسبه پروفیل سطح آب دارد. جلالی راد (۱۳۸۱) به پهنه بندی سیل در بخشی از حوضه آبخیز شهری تهران پرداخت او در این تحقیق از سامانه اطلاعات جغرافیایی، نرم افزار Arcview و مدل HEC-RAS استفاده نمود و نتیجه گرفت که سامانه اطلاعات جغرافیایی دارای قابلیت خوبی برای پهنه بندی سیل می باشد. دهقانی (۱۳۸۳) به ارزیابی کارایی روش روندیابی در رودخانه زهره پرداخت نتایج تحقیقات وی نشان داد که مدل های روندیابی ماسکینگام-کانژ و آت کین به ترتیب دارای اولویت می باشند. این تحقیق با هدف تلفیق مدل هیدرولیکی HEC-RAS با نرم افزار ArcGIS از طریق الحاقیه HEC-GEORAS به برآورد پهنه سیل و عمق آبگرفتگی در یک بازه ۱۶ کیلومتری از رودخانه زینه رود می پردازد که در نهایت با استفاده از نقشه پهنه بندی محدوده های در معرض سیلاب، انتخاب محل مناسب برای اقدامات و فعالیت های مختلف سازه ای و غیر سازه ای در منطقه سیل گیر ساده تر خواهد شد. پهنه بندی سیلاب می بایستی برای هر منطقه به طور جداگانه انجام گیرد. یکی از مناطق مهم از نظر کشاورزی و اقتصادی استان زنجان، شهرستان طارم می باشد که به عنوان یکی از قطب های کشاورزی در استان و حتی کشور مطرح می باشد. واقع شدن اراضی زراعی و باغی قابل توجه در اطراف رودخانه قزل اوزن سبب شده تا همواره خطر سیل کشاورزان این منطقه را تهدید نماید. لذا هدف از این تحقیق، شبیه سازی مشخصات مهم سیلاب از جمله مساحت سیل گیر، نقشه پهنه بندی سیلاب، توزیع سرعت و عمق جریان به ازای دوره بازگشت های مختلف در رودخانه قزل اوزن واقع در محدوده شهرستان طارم می باشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- معرفی محدوده مطالعاتی

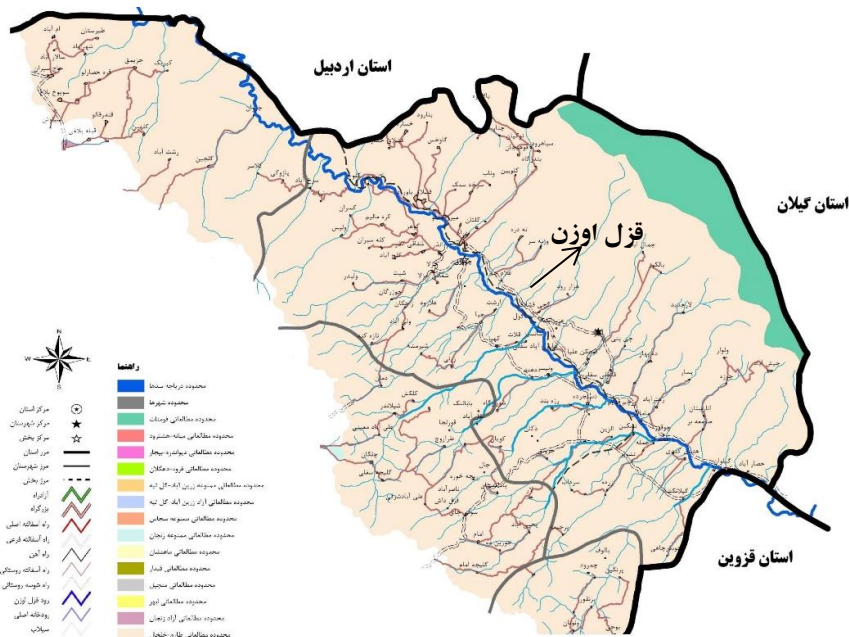
حوضه آبریز طارم - خلخال بخشی از حوضه آبریز سفیدرود را که در حد فاصل تلاقی رودخانه میانه (مجموع رودخانه های قرنقو، شهرچای و آیدوغموش) با رودخانه قزل اوزن و دریاچه سد سفیدرود قرار دارد را بر می گیرد. مساحت آن برابر با ۸۸۳۶/۸ کیلومتر مربع و شاخه های عمده آن آرپاچای، گرمی و شاهرود طارم است. شکل شماره (۱) محدوده حوضه طارم-خلخال و همچنین مطالعاتی طرح را نشان می دهد. طول رودخانه قزل اوزن در محدوده مورد مطالعه این تحقیق برابر با حدود ۶۷/۵ کیلومتر می باشد. مساحت محدوده مورد مطالعه در حدود ۲۵۰۰ کیلومتر مربع می باشد. متوسط دمای محدوده مطالعاتی بر اساس داده های ایستگاه سینوپتیک آب بر ۱۷/۹ درجه سانتی گراد می باشد. میانگین بارندگی سالیانه ثبت شده در این ایستگاه از ابتدای تأسیس (۲۰۰۳) تاکنون برابر با ۲۴۸ میلی متر می باشد. میانگین رطوبت نسبی ثبت شده در ایستگاه مذکور در حدود ۵۵ درصد می باشد. میانگین درازمدت دبی متوسط سالیانه رودخانه قزل اوزن در ایستگاه گیلوان (خروجی محدوده طرح) در حدود ۱۰۴/۸ مترمکعب بر ثانیه و حجم عبوری ۳/۳ میلیارد مترمکعب می باشد (برگرفته از مطالعات بهنگام سازی طرح جامع آب کشور).

۲-۲- تهیه و پردازش داده ها مورد نیاز:

نخستین مرحله در پهنه بندی سیلاب تهیه مشخصات هندسی رودخانه به عنوان داده ورودی مدل HEC-RAS می باشد. در این پژوهش از افزونه HEC-GEORAS در نرم افزار ArcGIS برای دستیابی به این امر استفاده شده است. نقشه های توپوگرافی محل، نقشه کاربری اراضی، نقشه مسیر رودخانه و نقشه محل داغابها از جمله اطلاعات مورد نیاز اولیه برای نرم افزار HEC-GEORAS می باشد که از شرکت آب منطقه ای زنجان اخذ گردید.

¹ Multi-Hazard flood map modernization

² Federal emergency management agency



شکل ۱ - محدوده مطالعاتی طرح

مراحل تهیه اطلاعات ورودی برای نرم افزار HEC-RAS به شرح زیر می باشد:

- ۱-۲-۲-۱- ساخت فایل TIN با استفاده از اطلاعات توپوگرافی جهت شبیه سازی شیب و شکل پروفیل رودخانه و مقاطع.
- ۲-۲-۲- ساخت لایه خط مرکزی جریان: در این لایه خط مرکزی رودخانه از بالادست به پایین جهت تعیین مسیر رودخانه و جهت حرکت آب ترسیم می شود.
- ۳-۲-۲- ساخت لایه سواحل رودخانه: این لایه مرز بین محل آبی رودخانه و خشکی می باشد. که معمولاً محل داغاب رودخانه در نظر گرفته می شود.
- ۴-۲-۲- ساخت لایه خطوط مسیر جریان: از این لایه جهت تعیین مسیر حرکت جریان و سیلاب دشت های سمت راست و چپ استفاده می شود. در این بخش می توان از کپی خط اصلی جریان استفاده نمود.
- ۵-۲-۲- ساخت لایه مقاطع عرضی: موقعیت طول و پهناي مقاطع در این لایه تعیین می شوند. در تعیین مقاطع نکات زیر حائز اهمیت است:
 - فاصله مقاطع بر اساس شیب بستر رودخانه تعیین می شود.
 - مقاطع از راست به چپ رودخانه و عمود بر خط مرکزی جریان رسم شده و باید خطوط مسیر جریان و سواحل رودخانه را قطع کرده باشد.
 - این خطوط فقط در یک نقطه لایه های مختلف را قطع می کنند.
- ۶-۲-۲- استخراج ضرایب مانینگ: ضرایب مانینگ به وسیله لایه کاربری اراضی تهیه شده و بر اساس استانداردهای تجربی برای ضریب مانینگ تعیین شده است.
- ۷-۲-۲- آماده سازی فایل ورودی نرم افزار HEC-RAS: در این بخش کلیه اطلاعات ساخته شده توسط HEC-GeoRAS استخراج یافته و وارد نرم افزار HEC-RAS می شود.

۳-۲- اجرای مدل هیدرولیکی:

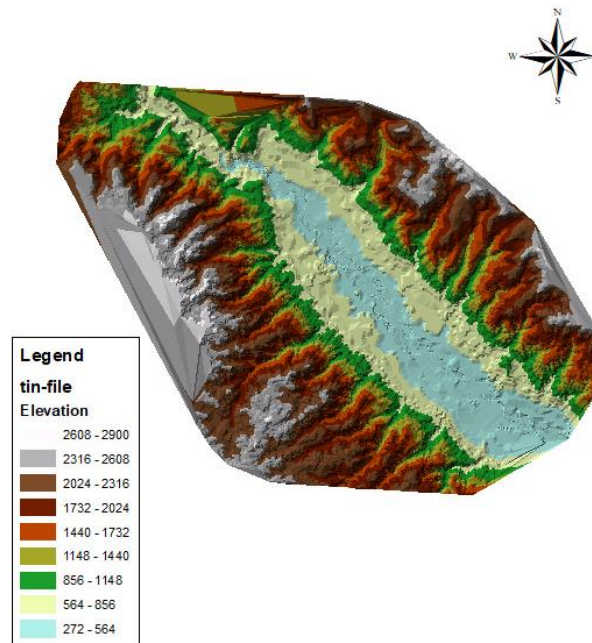
در این مرحله پس از ساخت یک پروژه جدید داده های هندسی و ضرایب مانینگ استخراج یافته وارد نرم افزار شده و ذخیره می شود. در تحقیق حاضر مشخصات جریان رودخانه از قبیل عمق نرمال به عنوان شرایط مرزی، جریان پایدار به عنوان نوع رژیم جریان و دبی رودخانه با دوره بازگشت های ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله ایستگاه گیلون به مدل هیدرولیکی HEC-RAS معرفی شده است.

۴-۲- انتقال نتایج نرم افزار HEC_RAS به سیستم ARC GIS

نتایج حاصل از مدل سازی در نرم افزار HEC-RAS در قالب نقشه های پهنه سیلاب با دوره بازگشت های مختلف جهت نمایش ارتفاع و عمق آب در هر نقطه از دشت سیلابی وارد نرم افزار ArcGIS می شود.

نتایج و بحث

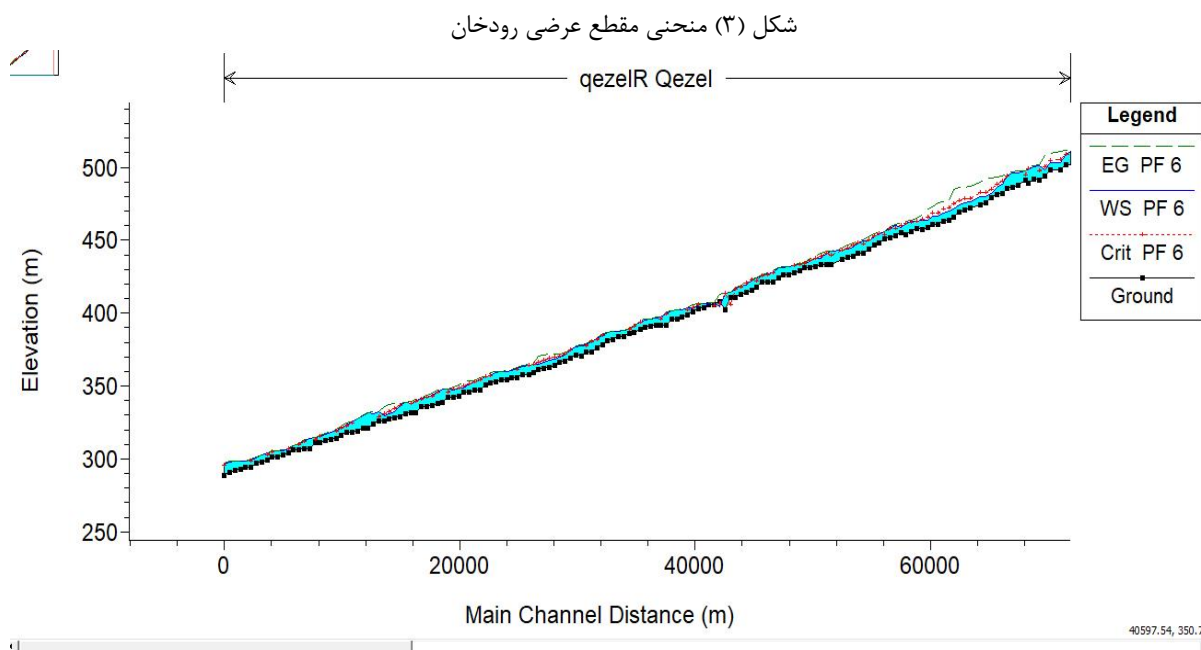
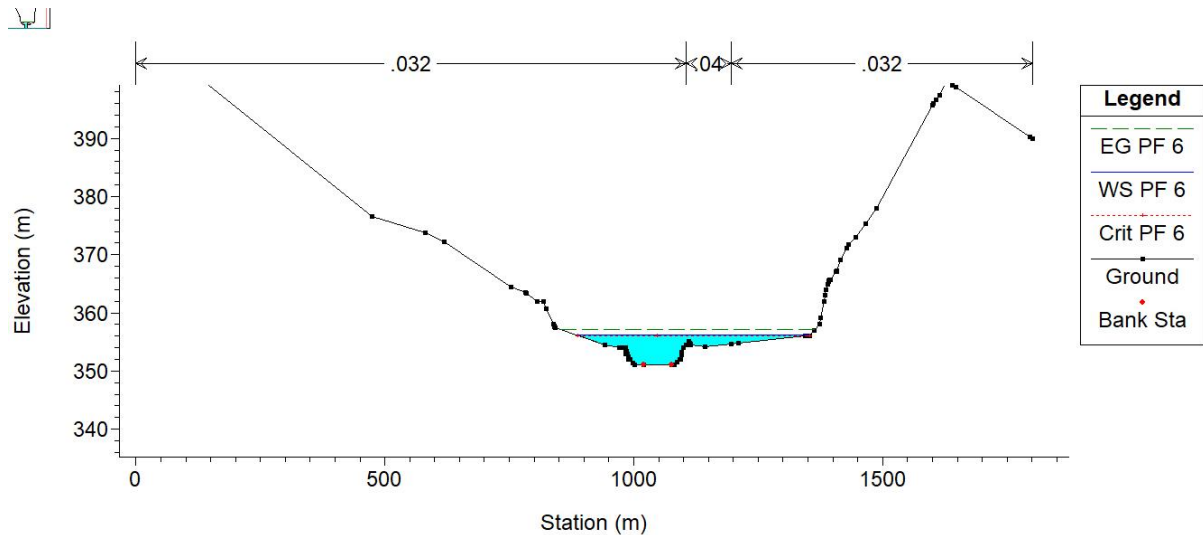
در این تحقیق ابتدا به منظور پهنه بندی سیلاب می بایست نقشه رقومی به شبکه نامنظم مثلثی (TIN) تبدیل شود. در این مدل عوارض سطح زمین به صورت مجموعه ای از سطوح مثلث به هم پیوسته نمایش داده می شود. مقیاس نقشه تهیه شده در این تحقیق ۱:۲۵۰۰۰ می باشد. شکل (۲) بیانگر TIN محدوده مورد مطالعه می باشد. در مرحله بعد اطلاعات رودخانه نظیر خط مرکزی جریان به طول ۶۷/۵ کیلومتر، سواحل رودخانه، کاربری اراضی اطراف رودخانه و توپوگرافی رودخانه اخذ شده از آب منطقه ای زنجان مورد پردازش قرار گرفته و خطوط مقاطع عرضی توسط نرم افزار ArcGIS ترسیم گردیده است. مقادیر دبی طبق جدول (۱) از طریق روش توزیع گامبل برای دوره بازگشت های مختلف برآورد و وارد نرم افزار HEC-RAS شده است. برای شبیه سازی جریان به صورت ماندگار عمق نرمال به عنوان شرایط مرزی بالادست در نرم افزار تعریف شده است. با تکمیل اطلاعات و اجرای مدل نرم افزار قادر است بسیاری از خصوصیات جریان از جمله تراز آب در هر مقطع، پروفیل طولی آبراهه، نحوه توزیع سرعت آب، منحنی سنجه دبی، عمق بحرانی آب، سطح و محیط خیس شده و عمق میانگین در مقاطع مختلف را استخراج نماید. به عنوان مثال در شکل (۳) پروفیل عرضی مقطع و در شکل (۴) پروفیل طولی نمایش داده شده است.



شکل (۲) شبکه نامنظم مثلثی (TIN) رودخانه قزل اوزن

جدول ۱. مقادیر دبی برای دوره بازگشت های مختلف

دوره بازگشت (سال)	۲	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
دبی (مترمکعب بر ثانیه)	۱۰۰۲	۱۹۷۰	۲۴۵۸	۲۸۲۰	۳۱۷۹	۳۵۳۶

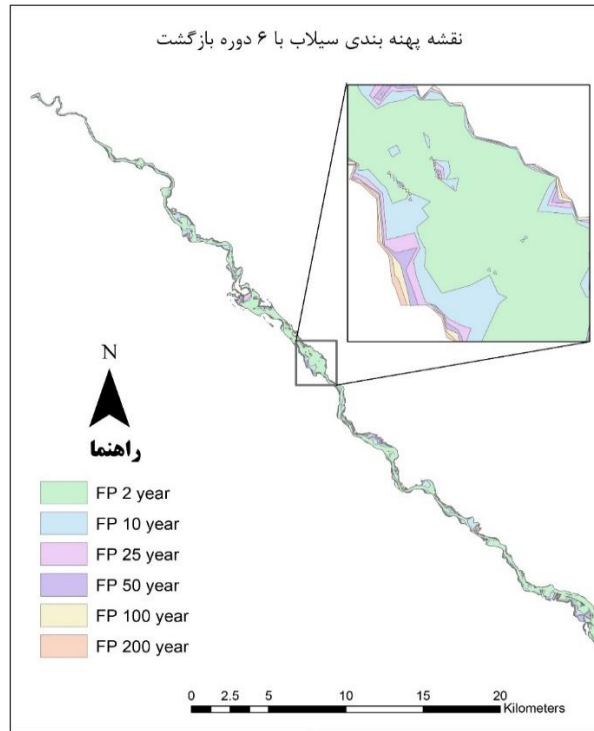


شکل (۴) پروفیل طولی رودخانه برای کمترین و بیشترین دوره بازگشت

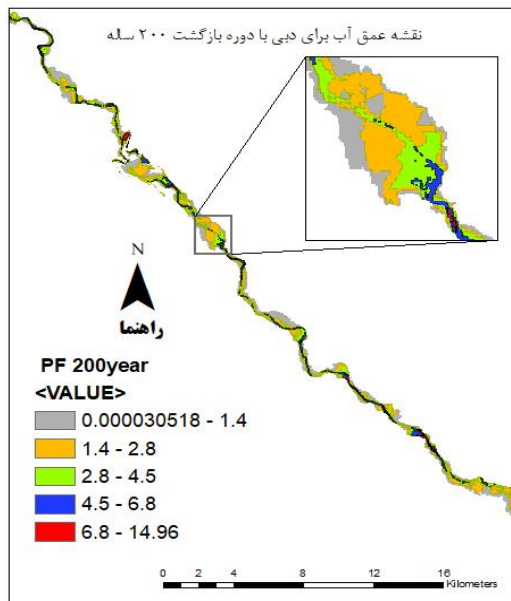
پس از تکمیل اطلاعات در نرم افزار HEC-RAS با ارسال اطلاعات به نرم افزار ArcMap امکان مشاهده دقیق مناطق سیل گیر و تحلیل و تفسیر اطلاعات و تصمیم گیری صحیح در مسائل مدیریتی منطقه فراهم می شود. در جدول (۲) مساحت سیل گیر و در شکل (۵) نقشه سطح سیل گیر برای دوره بازگشت های مختلف ارائه شده است.

جدول ۲. مقادیر مساحت های محاسبه شده پهنه سیلابی برای شش دوره بازگشت مختلف

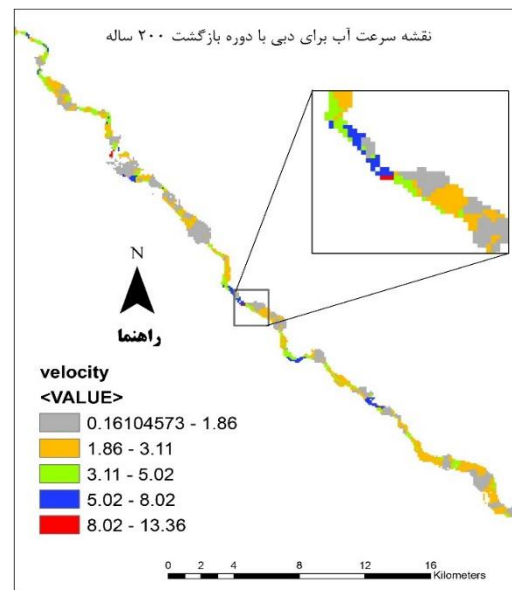
دوره بازگشت (سال)	۲	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
مساحت (کیلومتر مربع)	۱۶/۲	۲۱/۶	۲۳/۷	۲۵/۲	۲۷/۱	۲۷/۴



شکل (۵) پهنه سیلابی رودخانه قزل اوزن در محدوده شهرستان طارم



شکل (۷) عمق آب برای دبی های با دوره بازگشت ۲۰۰ ساله



شکل (۶) سرعت آب برای دبی ها با دور بازگشت ۲۰۰ ساله

نتیجه گیری

این پژوهش نشان داد که استفاده از نرم افزار Hec-GeoRAS و Hec-RAS به صورت توأمان می‌تواند به منظور پیش بینی پارامترهای مختلف سیلاب از جمله سطح سیل گیر و عمق جریان مفید واقع گردد. نتایج نشان داد با افزایش دوره بازگشت سیل، مقدار سطح سیل گیر نیز افزایش می‌یابد. با این وجود مقدار افزایش آن از سیلاب ۵۰ سال به بالا با شیب کمتری خواهد بود. همچنین نقشه‌های سرعت و عمق جریان نیز نشان داد، خطر آبگرفتگی شدید و تخریب کامل اراضی زراعی حاشیه رودخانه قزل اوزن در مقادیر سیلاب ۵۰ سال به بالا وجود دارد. مشاهدات میدانی از تراز سیل گیری منطقه نتایج نشان داد، مدل قابلیت بالایی در پیش بینی پهنه بندی سیلاب در محدوده مورد مطالعه داشته است. استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس بالا به همراه ارزیابی‌های میدانی دقیق تر می‌تواند در تعیین دقیق تر عملکرد این مدل مفید واقع گردد.



منابع

- جلالی راد، ر.، ۱۳۸۱. پهنه بندی سیل در بخشی از حوضه آبخیز شهری تهران با استفاده از GIS، مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهرداری تهران، ص ۸-۱۲.
- دهقانی، م.، ۱۳۸۳. ارزیابی کارایی روش های روند یابی سیلاب در رودخانه جزر و مدی زهره، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ص ۷۷.
- صفری، ع.، ۱۳۸۰. تعیین الگوی مدیریت بهینه در دشت های سیلابی، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ص ۱۱۲.
- نصرتی، ع.، ۱۳۷۹. پهنه بندی قابلیت سیل خیزی حوضه آبخیز گاو رود با استفاده از GIS، مجله تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، بهار و تابستان ۱۳۸۳، شماره (۳ و ۴) ص ۴۹-۵۸.
- Barry, D.A., and Bajracharya, K., 1995. On the Muskingum-Cunge flood routing method. University of Western Australia, Computer and Geosciences, v. 22(7), p. 707-712.
- Colditz R. R., and Hudson, P. F., 2003. Flood delineation in a large and complex alluvial valley, lower Pánuco basin, Mexico. Journal of Hidrology, v. 20, p. 229-245.
- Djokic, J., and Maidment, D., 1991. GIS and hydrologic modeling. In Environmental modeling with GIS, ed MF Goodchild, BO Parks & LT Steyaert, Oxford University Press, New York, p 147-167.
- Engelhard, J., 2004. Plan, manage, implement, and monitor the Multi-Hazard Flood Map Modernization (MHFMM) program. IAHS Press, Wallingford, p. 23-33.
- Heon Lee, j., Lee Eun, T., Lee Do, H., and Kim Nam, W., 1993. Flood Analysis in the Tidal Reaches of the Nakdong River, Journal of Korea Water Resources Association, v. 31, p. 235-242.
- Mark, S., and Ocallaghin, E.R., 1984. On the relative role of hillslope and network geometry in Hydrologic response. In Scale problems in hydrology, eds VK Gupta, Rodriguez-Iturbe I & Wood EF, D Reidel Publishing Company, p 1-17
- Sinnakaundan, S.k, 2003. Flood Hazard and Risk Assessment through Incorporating GIS with Hydrodynamic Modelling: Case Study of Pari River, Earth Surface Processes and Landforms, v. 16, p.237-254.
- Tate, E., Maidment, D., 1999. Floodplain Mapping Using HEC-RAS and Arc View GIS, CRWR Online Report.v. 99-1, p.138-155.



Topic for submission: Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation
Flood zoning of Ghezel ozan river using Hec-RAS hydrolic model in ArcGIS

Heydari¹, A.R., Hatami, M.¹, Ojaghlo^{*2}, H.

¹ B.Sc. Student, Water Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran²
Assistant Prof., Water Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran

Abstract

Flood plains and coastal areas of the rivers are always at risk of flood. Determination of advance of flood and its characteristics during different return periods can be effective in preventing and controlling flood risks. In the present study, flood zoning for Ghezel Ozan River was carried out in the Tarom city of Zanjan province. More than 10,000 hectares of agricultural land are located in study area and there is always a risk of flooding in these lands. In order to obtain physiographic characteristics, cross section profiles and zoning map of flood, the Hec-GeoRAS extension was used in ArcGIS software. The values of river discharge for different return periods were entered into the Hec-RAS model and hydraulic calculations were performed using this model. The results showed that, with the increase of the return period from 2 to 200 years, the surface area of the floodplain increased from 1616 to 27437 km². Application of the mentioned models using more precise input data can be useful in predicting flood spreading with different return periods.

Keywords: Prediction, Flood, Hec-GeoRAS, Tarom

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

بررسی دانه‌بندی ذرات و هدر رفت عناصر غذایی با استفاده از رسوبات پشت بندهای رسوب‌گیر

مهرداد هاشمی^۱، علیرضا امیریان چکان^{۲،۳*}، محمد فرجی^۳، علی اصغر ذوالفقاری^۴، جمال موسویان^۵
^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیا بهبهان
^۲ استادیار گروه مهندسی علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان
^۳ استادیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیا بهبهان
^۴ استادیار گروه مدیریت مناطق خشک دانشکده کویر شناسی، دانشگاه سمنان
^۵ کارشناس اداره کل منابع طبیعی خوزستان

چکیده

مقایسه ویژگی‌های رسوبات پشت بندها با خاک‌های بالادست می‌تواند راهکارهایی برای کنترل بهتر فرسایش خاک در اختیار دهد. در این تحقیق از بالادست ۵ بند رسوب‌گیر در منطقه خائیز (استان خوزستان) تعداد ۱۰ تا ۱۵ نمونه خاک از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری و از رسوبات پشت هر بند از دو عمق (۱۰-۳۰ و ۰-۱۰ سانتی‌متری) دو نمونه مرکب برداشته شد و توزیع اندازه ذرات و مقدار عناصر K ، P ، N آنها اندازه‌گیری شد. با برازش مدل‌های بیرد و همکاران (۲۰۰۰) و تیلر و ویت گرفت (۱۹۹۲) به توزیع اندازه ذرات، بُعد فرکتال ذرات (dt و db) به دست آمد. نتایج نشان داد بین K ، P ، N و سیلت خاکهای بالادست بندها و رسوبات عمق اول پشت بندها اختلاف معنی‌داری وجود داشت. علاوه بر موارد ذکر شده برای عمق اول، رسوبات عمق دوم پشت بندها از نظر dt و db هم با خاک بالادست اختلاف معنی‌داری داشتند. همبستگی dt و db با رس مثبت و معنی‌دار و با شن منفی و معنی‌دار بود. به طور کلی نتایج نشان داد با مقایسه دانه‌بندی ذرات و عناصر غذایی رسوبات پشت بندها با خاک بالادست می‌توان تأثیر فرسایش خاک را به‌طور دقیق‌تری بررسی نمود.

کلمات کلیدی: بُعد فرکتال ذرات، توزیع اندازه ذرات، فرسایش خاک

مقدمه

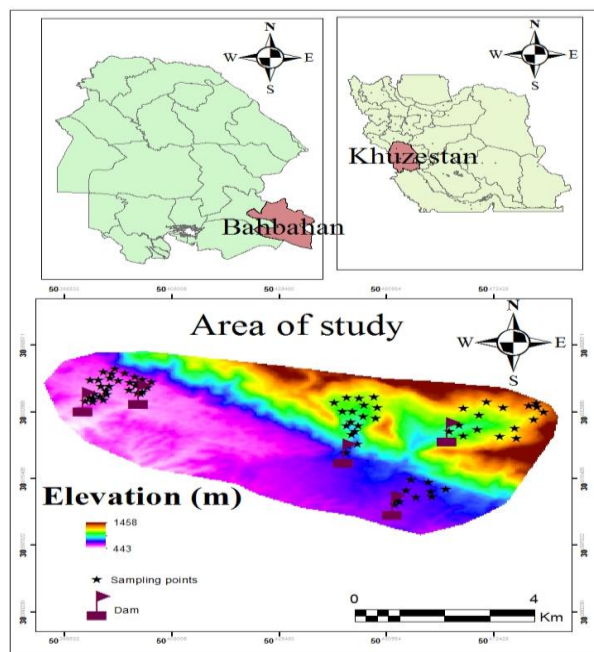
یکی از چالش‌های مهم در تخریب و از بین رفتن خاک بحث مدیریت پایدار کشاورزی، منابع طبیعی، محیط‌زیست و مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز می‌باشد (Unesco, 2009). تخریب و فرسایش خاک از طرفی دارای پیامدهای زیست محیطی و اقتصادی، اختلال در رشد ریشه گیاهان در خاک، کاهش مواد و عناصر غذایی آن است و از طرف دیگر بر میزان کاهش بهره‌وری و تشدید آلودگی شیمیایی و فیزیکی اراضی پایین‌دست خصوصاً منابع آبی، زیست‌توده و محصولات کشاورزی تأثیر مستقیم و غیرمستقیم دارد (Boardman and Poese, 2006). فرسایش و حمل رسوب ذرات خاک فرآیندی انتخابی است و تمایل به انتقال ذرات ریز و کوچک خاک که غنی از عناصر غذایی هستند را دارد (Fallet and Delgado 2005). اندازه ذرات خاک می‌تواند به‌عنوان یکی از فاکتورهای فرسایش‌پذیری خاک مورد توجه قرار گیرد که در این زمینه تحقیقات زیادی جهت کمی کردن خواص فیزیکی خاک از جمله توزیع اندازه ذرات، توزیع منافذ و توزیع اندازه خاکدانه‌ها با استفاده از بُعد فرکتالی آن‌ها صورت گرفته است (Mena و همکاران ۱۹۹۹).

یکی از روش‌های تثبیت پروفیل طولی آبراهه‌ها و آبکندها، استفاده از بندهای کوچک و بزرگ آبخیزداری می‌باشد. این سازه‌ها در مسیر آبراهه‌های فصلی و آبکندها به‌منظور افزایش زمان تمرکز، کاهش سرعت جریان آب و به دام انداختن رسوبات و در نهایت کنترل فرسایش خاک احداث می‌شوند (Abedini و همکاران ۲۰۱۲). بررسی رسوبات جمع شده در پشت این بندها، می‌تواند به‌عنوان یک منبع اطلاعاتی برای مطالعات مربوط به ویژگی‌های فرسایش و رسوب و ارتباط آن با وضعیت فرسایش‌پذیری حوزه بالادست مورد استفاده قرار گیرد (Vaezi و همکاران ۲۰۱۷). این رسوبات معمولاً دارای فرسایش‌پذیری بیش‌تری هستند. هم‌چنین به دلیل این‌که ذرات درشت کم‌تر منتقل می‌شوند، این رسوبات که معمولاً ریزتر هستند حاوی عناصر غذایی بیش‌تری هستند.

بررسی توزیع اندازه ذرات و میزان عناصر غذایی در رسوبات پشت بندها و مقایسه آن با نمونه‌های خاک مناطق بالادست بندها اطلاعات مفیدی در زمینه جزء فرسایش‌پذیر ذرات خاک و میزان هدر رفت عناصر غذایی از حوزه‌های آبخیز به‌دست می‌دهد. بنابراین در این پژوهش رسوبات پشت پنج بند در حوزه آبخیز خائیز در استان خوزستان با خاک بالادست از نظر بُعد فرکتال ذرات، بافت و مقدار عناصر غذایی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

حوضه آبخیز خائیز در استان خوزستان در فاصله ۱۵ کیلومتری شمال شرقی شهر بهبهان قرار گرفته است. حدود جغرافیایی این حوضه بین $30^{\circ} 35' 40''$ تا $30^{\circ} 29' 34''$ طول شرقی و $50^{\circ} 21' 16''$ تا $50^{\circ} 29' 34''$ عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه، دارای آب و هوای گرم و خشک و متوسط بارندگی سالانه برابر $355/4$ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه $24/3$ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه تعداد ۵ بند رسوب‌گیر انتخاب و حوضه بالا دست آنها روی نقشه توپوگرافی مشخص گردید. بسته به مساحت حوضه‌ها و تغییرات خاک آن‌ها از بالا دست تعداد ۱۰ تا ۱۵ نمونه خاک از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری برداشته شد. همچنین از رسوبات پشت بندها از دو عمق ۱۰-۳۰ و ۳۰-۱۰ سانتی‌متری و از هر عمق یک نمونه مرکب از ترکیب ۵ نمونه برداشت گردید. ازت کل به روش کج‌دال، فسفر به روش اولسن، پتاسیم با عصاره‌گیری با استات آمونیوم اندازه‌گیری شد. دانه‌بندی خاک به روش هیدرومتر و الک تعیین گردید. برای تعیین بُعد فرکتال ذرات، با مشخص کردن قطر ذرات روی محور افقی و درصد تجمعی ذرات کوچک‌تر از یک قطر مشخص روی محور عمودی، نقاط مربوط به دانه بندی ذرات به دست آمد و دو مدل Bird و همکاران (۲۰۰۰) و Tyler and Wheatcraft (۱۹۹۲) در محیط نرم افزار Matlab به نقاط به دست آمده برازش داده شد. در این تحقیق بُعد فرکتال به دست آمده به روش بیرد و همکاران (۲۰۰۰) با db و به روش تیلر و ویت گرفت (۱۹۹۲) با dt نشان داده شده است. یکی از معیارهای مورد استفاده برای مقایسه رسوبات پشت بندها با خاک بالادست، نسبت غنی شدگی است. نسبت غنی شدگی عبارت است از مقدار یک ترکیب یا عنصر در رسوبات پشت بند به مقدار آن در خاک بالادست، نسبت غنی شدگی است. نسبت غنی شدگی خاک بالادست هر حوضه با همان پارامترها در رسوبات پیش بند از آزمون t در محیط نرم‌افزار SPSS استفاده گردید.

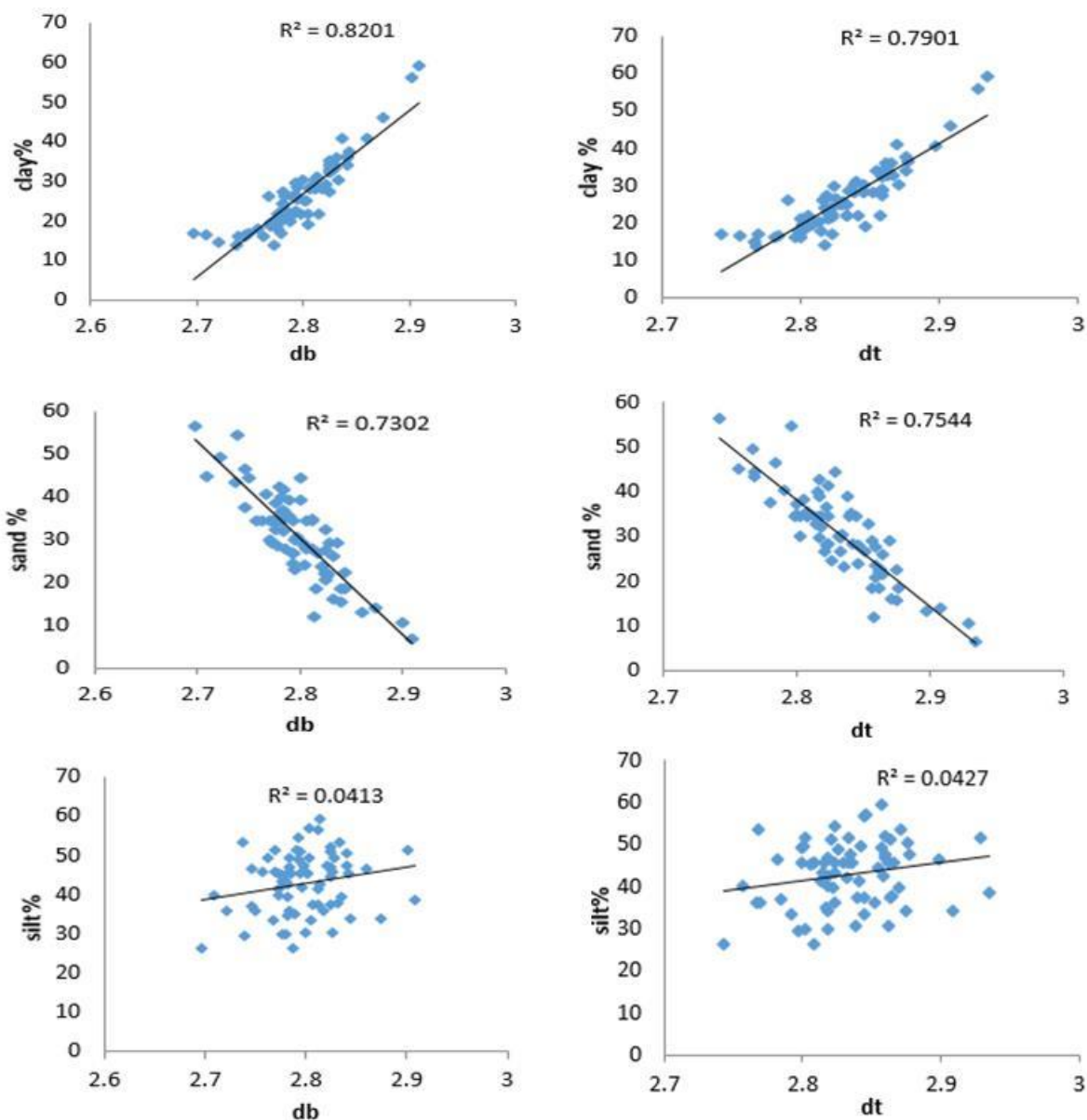


شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه، بندهای انتخاب و نقاط نمونه‌برداری

نتایج و بحث

در شکل (۲) رابطه رگرسیونی بین بُعد فرکتال ذرات و اجزاء بافت خاک نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد db با رس و شن ($R^2=0.82$) و شن ($R^2=0.79$) همبستگی نسبتاً بالایی دارد و این همبستگی با درصد رس مثبت و با شن منفی است. به عبارت دیگر هر چه درصد رس بیشتر باشد بُعد فرکتال ذرات بیشتر و هر چه درصد شن بیشتر باشد بُعد فرکتال کوچکتر است. همبستگی db با سیلت خیلی کم و قابل صرف‌نظر کردن است. همبستگی dt با رس، سیلت و شن هم از روند کاملاً مشابهی با db پیروی می‌کند. همبستگی مثبت بین درصد رس و بُعد فرکتال ذرات و همبستگی منفی بین درصد شن و بُعد فرکتال ذرات در تحقیقات دیگر هم گزارش شده است (Su و همکاران ۲۰۰۴؛ Arsahin و همکاران ۲۰۰۶). با توجه به همبستگی نسبتاً بالای بُعد فرکتال به دست آمده از هر دو روش با درصد رس و شن، می‌توان از بُعد فرکتال به عنوان شاخصی برای توصیف توزیع اندازه ذرات رسوبات استفاده کرد. همچنین می‌توان از روی درصد رس و یا رس بُعد فرکتال ذرات را با دقت قابل قبولی تخمین زد. بیرنژاد زیارت و همکاران (۱۳۹۶) از سه تابع فرکتالی برای توصیف اندازه ذرات در ۱۴ بند متوالی استفاده کردند و

نشان دادند انتقال رسوبات بیشتر از خاکهای اطراف به داخل بندها صورت گرفته بود. همچنین بر اساس بررسیهای رگرسیونی نشان دادند ارتباط قوی و معنی‌داری بین بُعد فرکتال با مقدار رس و شن وجود دارد. محمدی و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی انجام شده روی خاکهای دانشگاه گیلان به این نتیجه رسیدند که بُعد فرکتال ذرات با مقدار رس همبستگی مثبت و با مقدار شن همبستگی منفی داشت. در بررسی انجام شده روی رسوبات پشت بندها در فلات لسی چین، نشان داده شد بُعد فرکتال ذرات یک پارامتر مفید و مناسب برای بررسی فرایندهای تخریب خاک است (Wei و همکاران ۲۰۱۶).



شکل ۲- رابطه رگرسیونی بین بُعد فرکتال ذرات (db, dt) و درصدهای رس، سیلت و شن در بالادست همه بندها

نسبت غنی‌شدگی اجزاء بافت و عناصر غذایی در رسوبات پشت بندها در جدول ۱ ارائه شده است. نسبت غنی‌شدگی بیشتر از یک به این معنی است که غلظت عناصر غذایی در رسوبات پشت بند بیشتر از مناطق بالادست می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که در رسوبات لایه سطحی پشت بندها نسبت غنی‌شدگی برای فسفر، ازت، رس و سیلت بیشتر از یک است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که در سالهای اخیر فرسایش خاک بالادست باعث خروج عناصر غذایی ازت و فسفر از خاک گردیده است. نسبت غنی‌شدگی کمتر از یک برای پتاسیم شاید به دلیل حلالیت بالای آن و خروج آن به صورت محلول از پشت بندها باشد. ولی ازت چون بیشتر به صورت آلی است و فسفر هم به دلیل حلالیت کم همراه ذرات پشت بندها رسوب

می‌کنند. نسبت غنی شدگی کمتر از یک برای شن می‌تواند به این دلیل باشد که ذرات شن به دلیل سنگین بودن به راحتی منقل نمی‌شوند و مقدار آنها در پشت بندها کمتر از خاک بالادست است. در مطالعات متعددی به کم شدن نسبت غنی شدگی با افزایش اندازه ذرات رسوب اشاره شده است (Zhang و همکاران ۲۰۰۵؛ Martinez-Mena و همکاران ۲۰۱۲؛ Tesfahunegn و Paul ۲۰۱۴). نسبت غنی شدگی بیشتر از یک برای سیلت می‌تواند به دلیل حساسیت زیاد آن به فرسایش باشد. Morgan (۲۰۰۹) به این نتیجه رسیدند که بین درصد سیلت خاک و فرسایش ارتباط نزدیکی وجود دارد. در رسوبات عمق دوم نسبت غنی شدگی فقط برای رس و فسفر بیشتر از یک شده است. دلیل اینکه نتایج تا حدودی با نتایج به دست آمده برای عمق اول متفاوت هستند شاید مربوط به تفاوت شدت بارندگیها و در نتیجه میزان و شدت رواناب در سالهای مختلف باشد. شاید کمتر بودن شدت رواناب در سالهای قبل قادر به انتقال ذرات سیلت کمتری بوده است و به همین دلیل نسبت غنی شدگی آن کمتر از یک است. ولی ذرات رس به دلیل سبک بودن با روانابها منتقل شده و در پشت بندها رسوب کرده‌اند که در نهایت منجر به نسبت غنی شدگی بیشتر از یک برای رس شده است. فسفر نیز چون حلالیت کمی دارد معمولاً به صورت نامحلول همراه ذرات ریز خاک (رس) منتقل می‌شود.

جدول ۱- نسبت غنی شدگی عناصر غذایی و اجزاء بافت خاک در رسوبات پشت بندها

عمق (cm)	رس (%)	شن (%)	سیلت (%)	K (ppm)	P (ppm)	N (%)
۰-۱۰	۱/۰۳	۰/۹۵	۱/۰۲	۰/۸۲	۱/۵۱	۱/۱
۱۰-۳۰	۱/۲	۰/۸۷	۰/۹۵	۰/۷۵	۱/۵۱	۰/۷۵

نتایج مقایسه آماری اجزاء بافت خاک (رس، سیلت و شن)، عناصر غذایی و بعد فرکتال رسوبات پشت بندها با خاک بالا دست در جدول (۲) ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهند بین عناصر غذایی N, P, K، و سیلت رسوبات لایه سطحی پشت بندها با خاک بالادست اختلاف معنی‌داری وجود دارد. همچنین برای عمق دوم علاوه بر موارد ذکر شده، بین بُعد فرکتال رسوبات پشت بندها با بُعد فرکتال خاک بالادست اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بنابراین برای بررسی دقیق ارتباط بین رسوبات پشت بندها با خاک بالادست بهتر است به جای یک عمق، از اعماق مختلف رسوبات پشت بندها نمونه برداری انجام شود.

جدول ۲- مقایسه اجزاء بافت خاک، عناصر غذایی و بُعد فرکتال رسوبات پشت بندها با خاک بالادست

عمق (cm)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	db	dt	سیلت (%)	شن (%)	رس (%)
۰-۱۰	۰/۰۱۹*	۰/۰**	۰/۰۱۲*	۰/۳۸۸ ^{ns}	۰/۱۰۱ ^{ns}	۰/۰**	۰/۳۷۳ ^{ns}	۰/۴۸۸ ^{ns}
۱۰-۳۰	۰/۰**	۰/۰**	۰/۰**	۰/۰**	۰/۰**	۰/۰**	۰/۱۸۲ ^{ns}	۰/۳۲۴ ^{ns}

ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار، وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد و اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد

نتیجه گیری

نتایج آنالیز رگرسیونی نشان داد که با توجه به همبستگی بالا بُعد فرکتال با درصد رس و شن می‌توان از بُعد فرکتال به عنوان شاخصی برای توصیف توزیع اندازه ذرات رسوبات استفاده کرد. همچنین می‌توان از ذرات رس و شن برای تخمین بُعد فرکتال با دقت قابل قبولی استفاده کرد. با در نظر گرفتن داده‌های همه بندها، نتایج نشان داد اختلاف معنی‌داری بین N، P، K و سیلت خاک بالادست بندها و رسوبات لایه سطحی پشت بندها (عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متری) وجود داشت و این اختلاف در رسوبات عمق ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متری علاوه بر موارد ذکر شده برای بُعد فرکتال ذرات (db و dt) هم معنی‌دار بود. بنابراین بُعد فرکتال و درصد سیلت می‌توانند به عنوان معیارهای مناسبی برای تعیین جزء حساس به فرسایش آبی مورد استفاده قرار گیرند. اختلاف معنی‌دار بین عناصر غذایی در دو عمق رسوبات پشت بندها با خاک بالا دست بیانگر تاثیر زیاد فرسایش خاک در از دست رفتن عناصر غذایی از حوزه‌های آبخیز است. یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان دهنده این است که از اطلاعات به دست آمده از رسوبات پشت بندها می‌توان برای بررسی بهتر اثرات فرسایش روی از دست رفتن خاک و عناصر غذایی استفاده کرد.

منابع:



ببرنژاد زیارت، ه.، ذوالفقاری، ع.ا.، یزدانی، م.ر.، هاشمی، ع.ا. و کیانیان، م.ک. ۱۳۹۶. ارزیابی کارایی مدل‌های فرکتالی در توزیع اندازه ذرات رسوب (مطالعه موردی: فولاد محله سمنان). پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۱۵، ۷۱-۶۱.

- Abedini, M., Md-Said, M.A., Ahmad, F. 2012. Effectiveness of check dam to control soil erosion in a tropical catchment (the UIu Kinta Basin). *Catena*, 97, 63-70.
- Boardman, J. and Poesen, J. (Eds.). 2006. *Soil erosion in Europe*. John Wiley & Sons, England.
- Follet, R.F. and Delgado, J.A. 2005. Nitrogen fate transport in agricultural systems". *Soil Water Cons. Journal*, 6, 205-202
- Martinez-Mena, M., Lopez, J., Almagro, M., Albaladejo, J., Castillo, V., Ortiz, R. and Boix-Fayos, C. 2012. Organic carbon enrichment in sediments: Effects of rainfall characteristics under different land uses in a Mediterranean area". *Catena*, 94, 36-42.
- Mena, M., Deeks, L.K., and Williams, A.G. 1999. An evaluation of a fragmentation dimension Technique to determine soil erodibility. *Geoderma*, 90: 87-98.
- Mohammadi, M., Shabanpour, M., Mohammadi, M.H. and Davatgar, N. 2017. Characterizing spatial variability of soil textural fractions and fractal parameters derived from particle size distributions. *Pedosphere*, 29: 224-234.
- Su, Y. Z., Zhao, H. L., Zhao W. Z. and Zhang, T. H. 2004. Fractal features of soil particle size distribution and the implication for indicating desertification. *Geoderma*, 122: 43-49.
- Morgan, R.P.C. 2009. *Soil erosion and conservation*. John Wiley & Sons.
- Tesfahunegn, G.B. and Paul, L.G. 2014. Assessing sediment-nutrient export rate and soil degradation in Mai-Negus catchment, northern Ethiopia. *ISRN Soil Science*, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/748561>.
- UNESCO, 2009. *Integrated water resources management guidelines at river basin level*. Part 1, 24p.
- Vaezi, A.R., Abasi, M. Keestra, S. and Cerda, A. 2017. Assessment of soil particle erodibility and sediment trapping using check dams in small semi-arid catchments. *Catena*, 157, 227-240.
- Wei, X., Li, X. and Wei, N. 2016. Fractal features of soil particle size distribution in layered sediments behind two check dams: Implications for the Loess Plateau, China. *Geomorphology*, 266: 133-145.
- Zhang, F., He, X., Gao, X. and Tang, K. 2005. "Effects of erosion patterns on nutrient loss following deforestation on the Loess Plateau of China". *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 108, 85-97.



Topic for submission: Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation

Studying soil particle-size fractions and nutrient losses using sediments trapped in check dams

Hashemi¹, M., Amirian-Chakan^{2, 3*}, A., Faraji³, M., Zolfeghari⁴, A., Musaviun⁵, J.

¹ M. Sc. Student, Range & Watershed Department, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Iran

² Assistant Prof., Department of Soil Science, Lorestan University, Iran

³ Assistant Prof., Range & Watershed Department, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Iran

⁴ Assistant Prof., Range & Department of Desert and Arid Land Management, Semnan University, Iran

⁵ Senior expert, Natural Resources Headquarter, Khuzestan, Iran

Abstract

Comparing particle-size distribution and fertility status of the sediments trapped in check dams with soils of the associated watersheds gives useful clues for better management of soil and nutrient losses. In this study from the sediments trapped behind five check dams in Khaeis basin (Khuzestan province) two composite samples were taken from two depths (0-10 and 10-30 cm). Also, at each watershed 10 to 15 soil samples were taken from the depth of 0-10 cm. Fractal dimension of soil particles was calculated by fitting Bird et al. (2000) and Teyler and Wheatcraft (1992) models to the particle-size distribution at sampling points. Results showed significant differences between N, P, K and silt at the depth of 0-10 cm comparing to the soils of watersheds. At the depth of 10-30 cm, in addition to nutrients and silt, fractal dimensions also showed significant differences. Fractal dimensions had a positive correlation with clay content and a negative one with sand content. In general, results indicated by comparing fertility status and particle-size distribution of the trapped sediments with soils of the watersheds, the effects of soil erosion can be assessed accurately.

Keywords: Fractal dimension, particle-size fractions, soil erosion

*Corresponding author, Email: amirian.ar@lu.ac.ir

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

پیش بینی جریان رودخانه با استفاده از ماشین بردار پشتیبان (SVM) (مطالعه موردی: رودخانه قزل اوزن)

مجید محمدی ایالوئی^{۱*}، حسن اوجاقلو^۲^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان زنجان^۲ استادیار گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

چکیده

جریان رودخانه یکی از مهمترین مولفه های منابع آب محسوب می شود و همواره تغییرات جریان مشکلاتی را در بخش های مختلف به خصوص مدیریت بحران بوجود آورده است. بنابراین مدیریت این منابع و پیش بینی میزان جریان آب رودخانه ها جهت برنامه ریزی مصرف آن در آینده امری مهم و ضروری به حساب می آید. در این تحقیق کارایی روش ماشین بردار پشتیبان در پیش بینی جریان رودخانه قزل اوزن مورد ارزیابی قرار گرفت. به این منظور از آمار مقدار جریان متوسط ماهانه رودخانه قزل اوزن در یک دوره ۳۹ ساله از سال ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۳ در ایستگاه بیانلو-یساول استفاده شد که ۷۵ درصد داده ها برای آموزش و ۲۵ درصد برای تست مدل بکار رفت. در این مدل از شش ترکیب مختلف داده ورودی که شامل جریان یک، دو و سه ماه قبل و شماره ماه های جریان بود استفاده شد. و نتایج آن با استفاده از معیارهای ارزیابی ضریب همبستگی و جذر میانگین مربعات خطا مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر معیارهای R و RMSE به ترتیب برابر با ۰/۷۲۹ و ۱۰/۹۴۶ (m³/s) به دست آمد. نتایج نشان داد، ترکیب های ورودی شامل ماه های جریان نتایج بهتری در تخمین جریان رودخانه داشته و در حالت کلی مدل ماشین بردار پشتیبان عملکرد قابل قبولی در پیش بینی جریان ماهانه داشته است.

کلمات کلیدی: پیش بینی دبی، جریان ماهانه، ماشین بردار پشتیبان، رودخانه قزل اوزن.

مقدمه

افزایش برای تقاضای آب در مناطق مختلف به ویژه در نواحی خشک و نیمه خشک، نیاز به مدیریت بهینه منابع آب را بیش از پیش نشان می دهد. پیش بینی دقیق و به موقع منابع آب در دسترس را می توان نکته کلیدی در برنامه ریزی، مدیریت و بهره برداری بهینه از منابع آب قلمداد کرد. بر این پایه دستیابی به روش های مطمئن پیش بینی جریان رودخانه ها به منظور برنامه ریزی در بهره برداری به موقع از منابع آب از اهمیت روزافزونی برخوردار است. در مناطقی که جریان رودخانه با تاسیسات ویژه ای کنترل می شود، مدل های پیش بینی جریان رودخانه ها به عنوان ابزار مناسبی در برنامه ریزی و مدیریت منابع آب مورد بهره گیری قرار می گیرند. پیش بینی رواناب و پیش آگاهی از میزان آب در دسترس می تواند در تقسیم بهینه منابع آب برای آبیاری، تولید جریان برق، کنترل سیلاب، برنامه ریزی کاربرد آب در بخش های صنعت، کشاورزی و شرب، حفاظت زیستگاه های منطقه های طبیعی، کنترل آلودگی آب و نیز گسترش بهره گیری تفرجگاهی از منابع و اراضی مفید بوده و منافع اقتصادی در بر داشته باشد. علاوه بر این، بهبود مدل ها و افزایش دقت پیش بینی را با توجه به اثرگذاری یادشده می توان به عنوان درآمد اقتصادی که در این راستا فراهم می شود در نظر گرفت. بنابراین مطالعه و بررسی روش های نوین و تعیین الگوریتم های مناسب جهت پیش بینی و مدل سازی مقادیر دبی رودخانه ها ضروری به نظر می رسد (فتاحی، دلاور و نوری، ۱۳۹۱).

پژوهشگران متعددی در دهه های اخیر روش های مختلفی را در پیش بینی جریان رودخانه ها به کار برده و مورد بررسی قرار داده اند که در این بین روش های هوشمند هم چون ماشین بردار پشتیبان^۱ SVM در علوم مهندسی آب و به ویژه پیش بینی جریان گسترش چشم گیری داشته است.

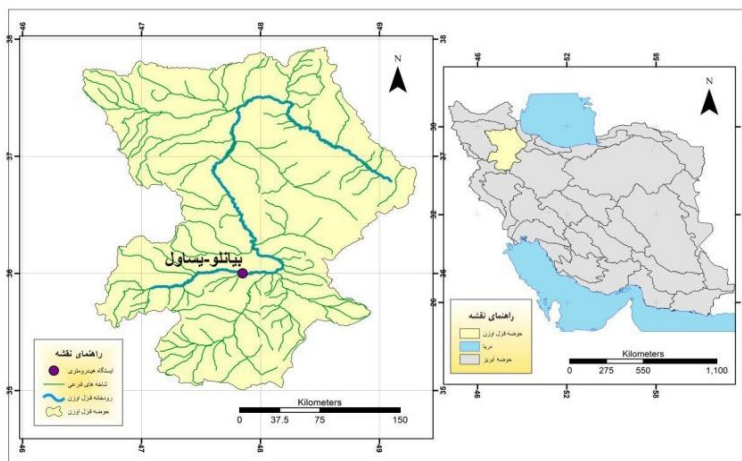
آداموفسکی (۲۰۱۳) دو مدل ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی را برای شبیه سازی بارش- رواناب در یک حوضه کوهستانی با داده های محدود در یوتارانچال هندوستان به کار گرفت. نتایج بررسی وی نشان از توانایی مدل ماشین بردار پشتیبان با تابع کرنل پایه شعاعی در پیش بینی رواناب مستقیم، جریان پایه و جریان کل این منطقه کوهستانی و پر از تپه داشت. قربانی و همکاران (۲۰۱۶) جهت پیش بینی جریان روزانه رودخانه سایپرس تگزاس از مدل های ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی استفاده نمودند و همچنین معیارهای ضریب همبستگی و ریشه میانگین مربعات خطا را جهت ارزیابی مدل ها به کار بردند و دریافتند مدل ماشین بردار پشتیبان عملکردی مناسبی جهت پیش بینی جریان رودخانه داشته و نسبت به مدل شبکه عصبی مصنوعی از دقت مطلوبی برخوردار است.

* ایمیل نویسنده مسئول: majidmohammadi.a94@gmail.com

محرم پور و همکاران (۱۳۹۰) دبی رودخانه قره سو را با استفاده از ماشین بردار پشتیبان پیش بینی کردند. در این پژوهش با استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان سری های زمانی و اطلاعات یک دوره ۱۸ ساله از سال ۶۸ تا ۸۶ از رودخانه قره سو جهت تولید جریان مصنوعی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان از قدرت این روش در پیش بینی دبی می باشد. موذنی و ذونعمت کرمانی (۱۳۹۶) جهت تخمین دبی جریان در مقاطع مرکب از مدل ماشین بردار پشتیبان استفاده نمودند. نتایج حاکی از دقت و کارایی بالای مدل SVM و به خصوص در حین استفاده از کرنل RBF بوده است به طوری که این کرنل با معیارهای ضرب راندمان، ریشه میانگین مربعات خطا و ضریب همبستگی، به ترتیب مقادیر ۰/۹۸۴۷، ۰/۰۱۴۲ و ۰/۹۹۲۷ را کسب کرده است. دهقانی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی جهت مدل سازی جریان روزانه رودخانه کشکان واقع در استان لرستان از مدل های ماشین بردار پشتیبان، برنامه ریزی بیان ژن و شبکه بیزین استفاده نمودند. نتایج نشان داد هر سه مدل، در ساختاری متشکل از ۱ تا ۵ تأخیر زمانی نتایج بهتری نسبت به سایر ساختارهای تعیین شده دارد. همچنین، با توجه به معیارهای ارزیابی مشخص شد که از بین مدل های به کار رفته مدل ماشین بردار پشتیبان، با بیش ترین دقت R، کم ترین ریشه میانگین مربعات خطا RMSE و کم ترین میانگین قدر مطلق خطا MAE در مرحله صحت سنجی عملکرد بهتری نسبت به مدل های شبکه بیزین و برنامه ریزی بیان ژن دارد. با عنایت به موارد فوق در این تحقیق محققان سعی می کنند که کارایی مدل ماشین بردار پشتیبان را برای پیش بینی جریان ماهانه رودخانه قزل اوزن استان زنجان ارزیابی کنند و دقت این مدل را در این تخمین مورد بررسی قرار دهند.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه و داده های مورد نیاز: رودخانه قزل اوزن که در شمال غرب کشور واقع شده مهمترین رودخانه حوضه سفیدرود می باشد که در دوره های اخیر زمین شناسی دچار تحولات زیادی شده است. سرچشمه رودخانه ی قزل اوزن از ارتفاعات چهل چشمه کردستان بوده و با طولی بالغ بر ۷۰۰ کیلومتر پس از عبور از استان های زنجان، آذربایجان شرقی و اردبیل ضمن دریافت شاخه های متعدد با رودخانه ی شاهرود تلاقی و وارد مخزن سد سفیدرود می گردد. وسعت حوضه ی آبخیز آن نزدیک به ۴۹۴۰۰ کیلومتر مربع است (رضایی مقدم و همکاران ۱۳۹۰). شکل ۱ حوضه آبریز قزل اوزن و موقعیت ایستگاه هیدرومتری بیانلو-یساول واقع در استان زنجان را نشان می دهد.



شکل ۱- موقعیت حوضه قزل اوزن و ایستگاه آب سنجی بیانلو-یساول

در این مطالعه از داده های دبی جریان ماهانه ایستگاه هیدرومتری بیانلو-یساول واقع در رودخانه قزل اوزن زنجان در طول دوره آماری ۱۳۹۳-۱۳۵۵ استفاده گردید.

ماشین بردار پشتیبان

ماشین بردار پشتیبان یکی از روش های یادگیری تحت نظارت^۲ است که هم برای دسته بندی و هم رگرسیون قابل استفاده است. این روش توسط وپنیک در سال ۱۹۹۸ بر پایه تئوری یادگیری آماری^۳ بنا نهاده شده است. SVM روشی برای طبقه بندی دوتائی در فضای

ویژگی های دلخواه است و از این روش مناسب برای مسائل پیش بینی به شمار می رود (پای و هان، ۲۰۰۷).

در مدل رگرسیون SVM، بردار پشتیبان تابعی مرتبط با متغیر وابسته Y که خود تابعی از چند متغیر مستقل x است؛ برآورد می شود. مشابه سایر مسائل رگرسیونی، فرض می شود که رابطه میان متغیرهای مستقل و وابسته با تابع جبری مانند $f(x)$ به علاوه مقداری اغتشاش^۴ (خطای مجاز ϵ) مشخص شود. (واپین ۱۹۹۸).

$$f(x) = W^T \cdot \phi(x) + b \quad (1)$$

$$y = f(x) + \text{noise} \quad (2)$$

چنانچه W (بردار ضرایب) و b (ثابت) مشخصه های تابع رگرسیونی و ϕ نیز تابع کرنل^۵ (هسته) باشد، آنگاه هدف پیدا کردن فرم تابعی برای $f(x)$ است. این مهم با آموزش مدل SVM توسط مجموعه ای از نمونه ها (مجموعه آموزش) محقق می شود. این روند شامل بهینه سازی متوالی تابع خطاست. بسته به تعریف این تابع خطا دو نوع مدل SVM تعریف می شود:

SVM رگرسیونی نوع ۱ (به عنوان ϵ -SVR رگرسیونی نیز شناخته می شود)؛

SVM رگرسیونی نوع ۲ (به عنوان ν -SVR رگرسیونی نیز شناخته می شود)؛

شایان ذکر است که مدل ϵ -SVM رگرسیونی در مطالعات رگرسیونی کاربرد بیشتری دارد. بنابراین برای محاسبه W و b لازم است تابع خطا معادله ۳ در مدل ϵ -SVM با در نظر گرفتن شرایط مندرج (قیود) در معادله ۴، بهینه شود.

$$\frac{1}{2} W^T \cdot W + C \sum_{i=1}^N \xi_i + C \sum_{i=1}^N \xi_i^* \quad (3)$$

$$W^T \cdot \phi(X_i) + b - y_i \leq \epsilon + \xi_i^* \quad (4)$$

$$y_i - W^T \cdot \phi(X_i) - b \leq \epsilon + \xi_i$$

$$\xi_i, \xi_i^* \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, N$$

در معادلات بالا C عددی صحیح مثبت است که عامل تعیین جریمه در هنگام رخداد خطای آموزش مدل است. ϕ تابع کرنل، N تعداد نمونه ها و دو مشخصه ξ_i^* و ξ_i متغیرهای کمبود^۶ هستند که حد بالا و پایین خطای مجاز ϵ را مشخص می کنند. (کاراموز و همکاران ۲۰۰۹) در این مدل از توابع مختلف کرنل برای ساخت انواع مختلف ϵ -SVM استفاده میشود که کرنل تابع پایه شعاعی (RBF) به عنوان بهترین انتخاب از بین دیگر توابع کرنل گزارش شده است (دیباک و همکاران ۲۰۰۱).

ارزیابی مدل

به منظور ارزیابی عملکرد مدل از دو معیار ضریب همبستگی^۷ (R) و ریشه میانگین مربعات خطا^۸ (RMSE) استفاده گردید. هر چه مقدار ضریب همبستگی بالاتر و ریشه میانگین مربعات خطا کمتر باشد، نتایج دقیق تر خواهد بود.

- 2- Supervised learning
- 3- Statistical Learning Theory
- 4- Nois
- 5- Kernel
- 6- Slack Variable
- 7 - Correlation Coefficient
- 8 - Root Mean Square Error

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{xi} - \bar{Q}_x)(Q_{yi} - \bar{Q}_y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (Q_{xi} - \bar{Q}_x)^2 \sum_{i=1}^N (Q_{yi} - \bar{Q}_y)^2}} \quad (5)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_{xi} - Q_{yi})^2} \quad (6)$$

در روابط بالا Q_{xi} و Q_{yi} ، به ترتیب مقادیر دبی مشاهداتی و محاسباتی در ماه i ام، N تعداد داده‌ها، \bar{Q}_x و \bar{Q}_y نیز میانگین مقادیر دبی مشاهداتی و محاسباتی می‌باشد (میسرا و همکاران، ۲۰۰۹).

نتایج و بحث

به منظور شبیه سازی جریان از طریق مدل SVM می توان انواع تابع کرنل را مورد بررسی قرار داد، که از بین توابع کرنل، کرنل های خطی، چندجمله ای و تابع پایه شعاعی که از انواع رایج مورد استفاده در هیدرولوژی میباشند انتخاب و از طریق سعی و خطا نتایج بهینه این نوع کرنل ها را محاسبه نمود (قربانی و همکاران ۱۳۹۵). برای مدل سازی جریان ماهانه رودخانه قزل اوزن با استفاده از مدل SVM، ۷۵ درصد داده ها برای آموزش و ۲۵ درصد برای صحت سنجی مدل ها در نظر گرفته شد. یکی از مهم ترین مراحل در مدل سازی، انتخاب ترکیب های ورودی مناسب است. با توجه به این که هدف پیش بینی جریان رودخانه می باشد بنابراین جریان ماه های قبل در آن تاثیر گذار خواهد بود که در جدول ۱ الگوهای مختلف ورودی نشان داده شده است. در این پژوهش مقادیر بهینه پارامترهای مورد نیاز مدل با تابع کرنل RBF برای الگوی ورودی ۵، از طریق سعی و خطا $C=2/227$ و $\sigma^2=4/239$ محاسبه شد.

جدول ۱- الگوهای ورودی مورد استفاده در مقیاس زمانی ماهانه رودخانه قزل اوزن

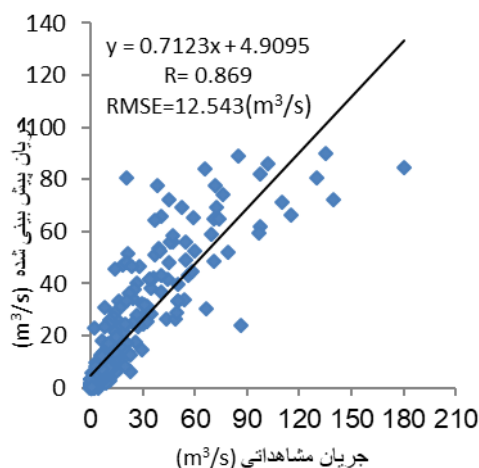
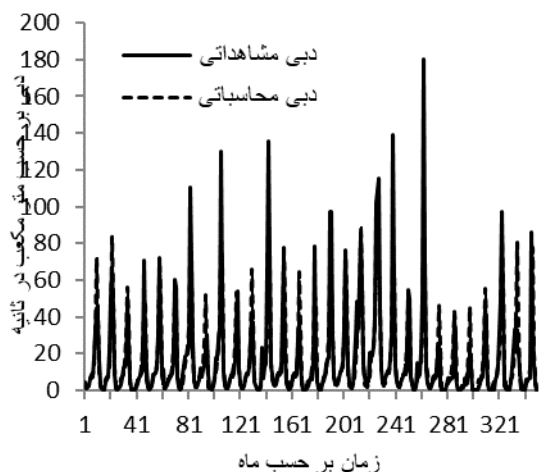
شماره ترکیب	تعداد ورودی	ترکیب ورودی	خروجی
۱	۱	Q(t-1)	Q(t)
۲	۲	Q(t-2), Month	Q(t)
۳	۲	Q(t-1), Q(t-2)	Q(t)
۴	۳	Q(t-1), Q(t-2), Month	Q(t)
۵	۴	Q(t-1), Q(t-2), Q(t-3), Month	Q(t)
۶	۳	Q(t-1), Q(t-2), Q(t-3)	Q(t)

جدول ۲ نتایج ارزیابی الگوهای مختلف ورودی مدل ماشین بردار پشتیبان برای مدل سازی جریان ماهانه رودخانه در مراحل آموزش و تست را نشان می دهد با توجه به این جدول می توان نتیجه گرفت که الگوی ورودی شماره ۵ با مقادیر شاخص های R و RMSE به ترتیب برابر ۰/۷۲۹ و $10/946 (m^3/s)$ مترمکعب بر ثانیه در مرحله تست نسبت به الگوهای ورودی دیگر بهترین کارایی را داشته است. نمودارهای پراکنش و مقادیر مشاهداتی و محاسباتی مربوط به مراحل آموزش و تست بهترین ترکیب ورودی به ترتیب در شکل های ۲ و ۳ آورده شده است. با توجه به این شکل ها مشاهده می شود که ماشین بردار پشتیبان در هر دو مرحله آموزش و تست عملکرد خوبی در تخمین دبی های حداقل و متوسط داشته ولی در تخمین دبی های بیشینه عملکرد ضعیفی از خود نشان داده است.

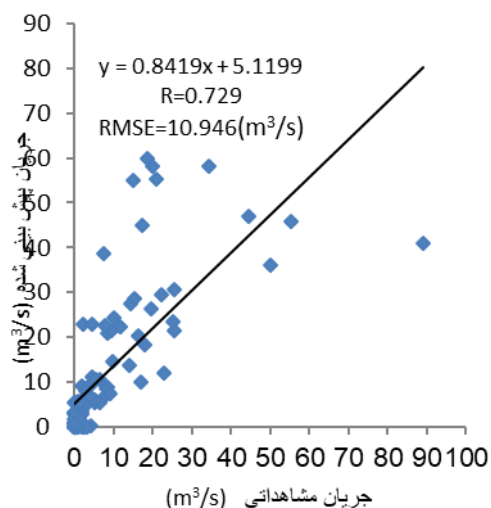
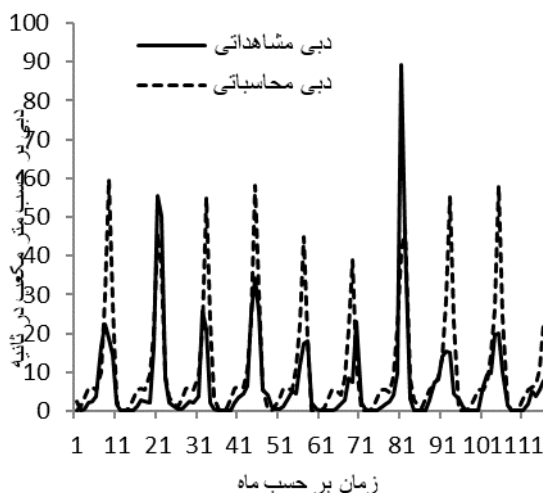
جدول ۲- نتایج ماشین بردار پشتیبان با تابع کرنل پایه شعاعی مربوط به مراحل آموزش و تست.

ایستگاه	ترکیب	آموزش		تست	
		RMSE (m^3/s)	R	RMSE (m^3/s)	R
بیانلو - یساوول	۱	۱۹/۸۵۱	۰/۶۲۱	۱۱/۴۱۴	۰/۵۶
	۲	۱۲/۹۶۵	۰/۸۵۹	۱۱/۳۸۸	۰/۷۵۴

۰/۱۶۲۸	۱۱/۴۰۶	۰/۷۳۷	۱۷/۰۹۶	۳
۰/۷۳۶	۱۱/۲۱۰	۰/۸۶۷	۱۲/۶۲۶	۴
۰/۷۲۹	۱۰/۹۴۶	۰/۸۶۹	۱۲/۵۴۳	۵
۰/۶۰۵	۱۱/۳۵۳	۰/۷۵۷	۱۶/۵۱۵	۶



شکل ۲- نمودارهای پراکنش و مقادیر مشاهداتی و محاسباتی بهترین ترکیب مدل SVM در مرحله آموزش



شکل ۳- نمودارهای پراکنش و مقادیر مشاهداتی و محاسباتی بهترین ترکیب مدل SVM در مرحله تست

نتیجه گیری

پیش بینی جریان رودخانه‌ها یکی از مولفه‌های اساسی و تاثیرگذار در مدیریت منابع آب می‌باشد. مطالعه این پدیده هیدرولوژیکی کاربردهای فراوانی از جمله در زمینه پیش بینی سیلاب را داراست. در این مطالعه جریان ماهانه رودخانه قزل اوزن در دوره آماری ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۳ با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان مدل سازی شد که بهترین عملکرد با سه تاخیر زمانی و ماه های جریان در ورودی های مدل به دست آمد و معیار ضریب همبستگی و ریشه میانگین مربعات خطا به ترتیب برابر ۰/۷۲۹ و $10.946 \text{ (m}^3/\text{s)}$ و $10.946 \text{ (m}^3/\text{s)}$ محاسبه شد. بررسی ترکیب های ورودی مدل ها نشان داد که با افزودن ماه های جریان به عنوان ورودی مدل باعث بهبود عملکرد و

نتایج می شود. در حالت کلی نتایج این مطالعه نشان داد که مدل ماشین بردار پشتیبان در تخمین دبی ماهانه از دقت و کارایی خوبی برخوردار بوده و می تواند برای پیش بینی جریان ماهانه در سایر رودخانه ها مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

- فتاحی، ا.، دلاور، م.، نوحی، ک. ۱۳۹۱. پیش بینی جریان رودخانه های کارون شمالی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۷، شماره اول، بهار، شماره پیاپی ۱۰۴.
- قربانی، م.، ع. ازانی، ع. نقی پور، ل. ۱۳۹۵. مقایسه عملکرد ماشین بردار پشتیبان با سایر مدل های هوشمند در شبیه سازی فرآیند بارش - رواناب. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. سال هفتم. شماره ۱۳. صفحات ۹۲-۱۰۳.
- محرم پور، م. محرابی، ع. و کاتوزی، م. ۱۳۹۰. به کارگیری ماشین بردار پشتیبان SVM برای پیش بینی دبی روزانه، چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.
- رضایی مقدم، م.ح. ثروتی، م.ر. اصغری سراسکانرود، ص. ۱۳۹۰. بررسی مقایسه ای الگوی پیچانرود با استفاده از تحلیل هندسه فراکتالی و شاخص های زاویه مرکزی و ضریب خمیدگی (مطالعه موردی: رودخانه قزل اوزن)، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. سال دوم. شماره ۳. صفحات ۱۸-۱.
- دهقانی، ر. یونسی، ح. ترابی پوده، ح. ۱۳۹۶. مقایسه عملکرد مدل های ماشین بردار پشتیبان، برنامه ریزی بیان ژن و شبکه بیزین در پیش بینی جریان رودخانه ها (مطالعه موردی: رودخانه کشکان). نشریه پژوهش های حفاظت آب و خاک. جلد بیست و چهارم، شماره چهارم. صفحات ۱۶۱-۱۷۷.
- مودنی، س.، ذونعت کرمانی، م. ۱۳۹۶. تخمین دبی جریان در مقاطع مرکب با استفاده از رویکرد ماشین بردار پشتیبان، دومین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران، معماری و مدیریت بحران، تهران، دانشگاه علامه مجلسی.

- Ghorbani, M.A., Khatibi, R., Geol, A., Fazelifard, M.H., and Azani, A. 2016. Modeling river discharge time series using support vector machine and artificial neural networks. *Environmental Earth Sciences*. 75: 4. 675-685.
- Adamowski, J. 2013. Using support vector regression to predict direct runoff, base flow and total flow in a mountainous watershed with limited data in Uttaranchal, India. *Versita J*. 45: 1. 71-83.
- Pai, P.F., and Hong, W.C. 2007. A recurrent support vector regression model in rainfall forecasting. *Hydrological Process*. 21: 819-827.
- Vapnik V.N. 1998. *Statistical Learning Theory*. Wiley, New York.
- Karamouz, M. Ahmadi, A. Moridi, A. 2009. Probabilistic reservoir operation using Bayesian stochastic model and support vector machine. *Adv. Water Resour*. 32 (11), 1588-1600.
- Misra, D., Oommen, Th., Agarwal, A., Mishra, S.K., and Thompson, A.M. 2009. Application and analysis of support vector machine based simulation for runoff and sediment yield. *Biosystems Engineering*. 103: 507-535.
- Dibike, Y., Velickov, S., Solomatine, D., and Abbott, M. 2001. Model induction with of support vector machines: Introduction and applications. *J. Comp. Civil Engin*. 15: 3. 208-216.



Topic for submission: Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation

River Flow Forecasting Using Support Vector Machines (A Case Study: Ghezel Ozan River)

Mohammadi Ayalouei^{*1}, M., Ojaghloou², H.

¹ M.Sc. Graduate of Water Resources Engineering, Management and Planning Organization of Zanjan Province, Iran

² Assistant Prof., Water Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran

Abstract

River flow is one of the most important components of water resources and flow changes have created problems in different water resources management sectors. Therefore, it is important to manage these resources and predict the flow rate of rivers in order to plan water consumptions in the future. In this research, the efficiency of the support vector method (SVM) in forecasting the discharge of Ghezel Ozan River was evaluated. For this purpose, the average of monthly discharge data of the Ghezel Ozan river in Bayanloo hydrometry station was used during a 39-year period from 1976 to 2014, where 75% of the data was used for training and 25% for the model test. In this model, six input data combinations consisting of one, two and three months before and the number of flow mounts were used and its results were evaluated using correlation coefficient and root mean square error criteria. The values of correlation coefficient (R) and RMSE were obtained 0.729 and 10.946(m³/s), respectively. The results showed that, input data combinations including the number of flow months have better results in prediction of river flow and it can be said that, the SVM model has a reasonable support in predicting of monthly discharge of rivers.

Keywords: Flow Prediction, Monthly Flow, Support Vector Machine, Ghezel Ozan River

* Corresponding author, Email: majidmohammadi.a94@gmail.com

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

بررسی رسوب معلق وارد شده به تالاب انزلی از ایستگاه نوخاله

محبوبه فلاح^۱، حسینعلی بهرامی^{۲*}، حسین اسدی^۳

^۱ دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

^۲ استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

^۳ دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

چکیده

یکی از مهم‌ترین پیامدهای منفی فرسایش خاک، رسوب‌دهی است که بررسی مقدار رسوب تولید شده و رواناب حوضه‌های آبخیز برای استفاده بهینه از منابع آب و خاک، از مهم‌ترین چالش‌های جدی مدیریت منابع آب و خاک در ایران محسوب می‌شوند. هدف از تحقیق حاضر، برآورد رسوب خروجی از ایستگاه هیدرومتری نوخاله واقع بر رودخانه پسیخان به عنوان مهم‌ترین رودخانه ورودی به تالاب انزلی در طی یک دوره آماری ۲۰ ساله (سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۵) است. به این منظور، منحنی سنج رسوب به چهار روش یک خطی، دو خطی، حد وسط دسته‌ها و فائو ترسیم و به منظور انتخاب بهترین مدل از شاخص ضریب تبیین استفاده شد. سپس با بهره‌گیری از روش بهتر و با استفاده از دبی روزانه جریان، بار رسوب معلق برای کل دوره آماری ابتدا به صورت روزانه و سپس میانگین بلند مدت ماهانه و سالانه برآورد شد. نتایج نشان داد که منحنی سنج به روش حد وسط دسته‌ها دارای بالاترین میزان ضریب تبیین (۰/۸۵) و بهترین قابلیت پیش بینی را دارا است. در نتیجه این مدل به عنوان مناسب‌ترین مدل برآورد رسوب معلق از میان مدل‌های مورد بررسی تعیین شد. همچنین، بیشترین و کمترین رسوب‌دهی معلق ماهانه در طی این سال‌ها، به ترتیب با مقدار حدود ۲۰۵۶۹ و ۴۴۸ تن در ماه‌های آبان و مرداد رخ داده است. در واقع، حدود ۶۴ درصد از رسوب معلق سالانه طی ماه‌های شهریور، مهر، آبان، آذر از حوضه منتقل شد و بیشترین میزان رسوب معلق خروجی از ایستگاه نوخاله به ترتیب در طی سال‌های ۱۳۷۶، ۱۳۸۳ و ۱۳۹۰ به میزان ۱۷۳۸۸۳، ۱۵۹۲۳۱ و ۱۵۳۵۷۹ تن در سال رخ داده است.

کلمات کلیدی: پسیخان، فرسایش، منحنی سنج رسوب.

مقدمه

فرسایش آبی خاک به عنوان مهم‌ترین عامل در تخریب اراضی در بیشتر نقاط جهان، پیامدهای زیادی به دنبال دارد. یکی از مهم‌ترین پیامدهای منفی آن رسوب‌دهی است که شناسایی و بررسی نوع و مقدار رسوب تولید شده از درجه اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین ارزیابی خطرات فرسایش خاک و انتقال رسوب امری مهم و ضروری برای توسعه روش‌های ممانعت از فرسایش به منظور مدیریت پایدار اراضی و منابع آبی است. عربخدری (۱۳۹۵) بیان کرد که میزان فرسایش کشور در حدود یک میلیارد تن در سال می‌باشد که حدود یک سوم آن به صورت رسوب معلق در آبراهه‌ها جریان می‌یابد. از آنجاییکه بخش عمده رسوب حمل شده به وسیله اکثر رودخانه‌ها را بار معلق تشکیل می‌دهد و بار کف نیز معمولاً از آبراهه‌ها تامین می‌شود؛ رسوبات معلق برای کسب شناخت اولیه از فرسایش حوضه‌های قابل استفاده هستند. برای برآورد رسوب‌دهی معلق، معمولاً به دلیل کافی نبودن تعداد اندازه‌گیری غلظت در ایستگاه‌های رسوب‌سنجی محاسبه رسوب‌دهی به روش‌های درون-یابی منطقی نیست به این دلیل، این کار بر اساس روش برون‌یابی یعنی تلفیق منحنی سنج رسوب^۱ و آمار جریان انجام می‌شود. در این روش، منحنی سنج رسوب با استفاده از داده‌های غلظت و دبی متناظر با آن ترسیم، سپس از تلفیق این منحنی و آمار جریان روزانه، بار معلق رودخانه در طول دوره آماری برآورد می‌شود (عربخدری و همکاران، ۱۳۸۷). عربخدری (۱۳۸۴) در پژوهشی تولید رسوب را در ۲۰۹ ایستگاه ایران محاسبه و آنها را از نظر رسوب‌دهی اولویت‌بندی کرد. این پژوهشگر ۱۴ حوزه با رسوب‌دهی معلق ویژه بیش از ۱۰۰۰ تن در کیلومتر مربع در سال را معرفی کرد که هیچ یک از ایستگاه‌های واقع در حوزه ساحلی خزر در این دسته قرار نمی‌گیرند. این عدم حضور، نقش پوشش گیاهی

* ایمیل نویسنده مسئول: bahramih@modares.ac.ir

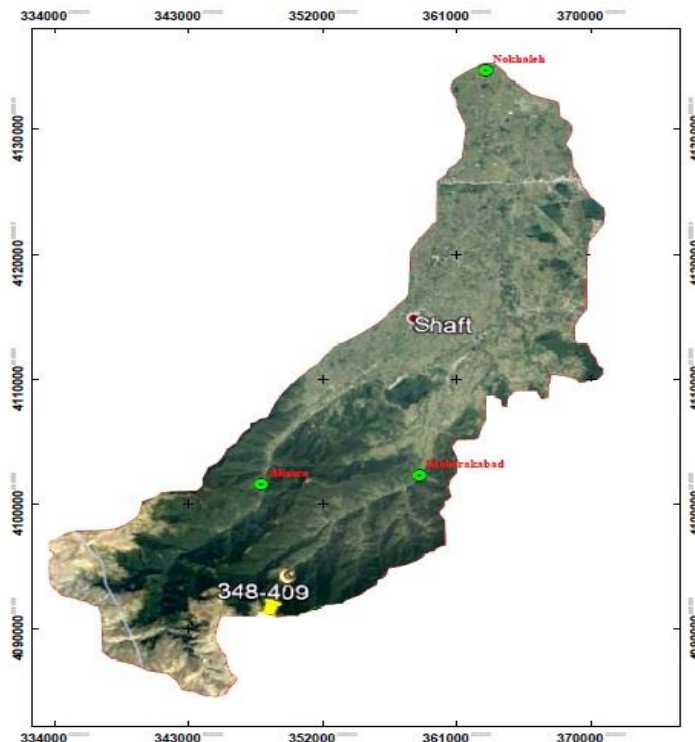
¹ - Sediment Rating Curve

را در کاهش فرسایش روشن می‌کند. گرامی لوشایی و همکاران (۱۳۹۵) تأثیر نوسانات زمانی فرساینده باران بر تغییرات فصلی رسوبدهی معلق را در حوزه کسلیان بررسی کردند. یافته‌های این پژوهشگران نشان داد که فرساینده باران و رسوبدهی تغییرات فصلی شدیدی دارند و نیز بیشترین مقدار رسوبدهی در این حوضه در ماه‌های فروردین و اردیبهشت رخ داده است. از آنجایی که اطلاعات دقیق و صحیح از فرسایش و میزان رسوب در کشور ما بسیار کم است و در بین اندازه‌گیری‌ها و برآوردهای انجام شده نیز اختلافات زیادی مشاهده می‌شود و نیز تخمین مقدار رسوبدهی حوضه‌های آبخیز برای مقابله با خطرات ناشی از تجمع رسوب در سازه‌های آبی و مخازن سدها از هدف‌های اساسی در مدیریت منابع آب است، از این‌رو در این مطالعه، سعی بر آن شد تا با بررسی معادله سنج رسوب در ایستگاه هیدرومتری نوخاله واقع بر رودخانه پسیخان به عنوان مهم‌ترین رودخانه ورودی به تالاب انزلی، مدلی بهینه جهت برآورد بار رسوب معلق معرفی گردد. همچنین، بار رسوب معلق برای کل دوره آماری به صورت میانگین بلند مدت ماهانه و سپس سالانه محاسبه شد.

مواد و روش‌ها

حوضه آبخیز رودخانه پسیخان ایستگاه نوخاله

این رودخانه یکی از رودخانه‌های مستقل حوضه آبریز دریای خزر بوده و به زیر حوضه تالاب انزلی تعلق دارد. دو شاخه اصلی و کوهستانی آن، رود امامزاده ابراهیم (چوبر) و سیاهمزی است که هر دو از ارتفاعات کوه لاته برهنه که ارتفاعی حدود ۲۸۶۷ متر دارد، سرچشمه می‌گیرند. این ارتفاعات در ۴۴ کیلومتری شهرستان شفت واقع شده است. دو شاخه مذکور در جهت شمال-شمال شرقی جریان یافته و در حدود ۱۹ کیلومتری جنوب غرب شهر رشت، نزدیک روستای صیقل کومه به هم پیوسته و رودخانه پسیخان را تشکیل می‌دهد. حوضه آبخیز رودخانه پسیخان و زیر حوضه‌های آن در محدوده مختصات جغرافیایی $41^{\circ} 8'$ تا $41^{\circ} 34'$ طول شرقی و $36^{\circ} 54'$ تا $37^{\circ} 27'$ عرض شمالی قرار گرفته است. تقریباً نیمی از حوضه آبریز رودخانه را مناطق هموار و دشت که عمدتاً نیز دارای کاربری کشاورزی می‌باشد و نیمی دیگر در بالادست، مناطق کوهستانی و دارای کاربری غالب جنگل و مراتع متراکم تشکیل می‌دهد. طول اصلی رودخانه پسیخان از سرشاخه سیاهمزی تا تالاب انزلی ۹۹/۵ کیلومتر است و وسعت حوضه آبریز آن حدود ۷۹۵ کیلومتر مربع می‌باشد. میانگین ارتفاع آن ۴۷۵/۷ متر می‌باشد. محل ایستگاه نمونه‌برداری با نام نوخاله در روستای نوخاله با عرض جغرافیایی $41^{\circ} 20' 10''$ شرقی و طول جغرافیایی $36^{\circ} 27' 21''$ شمالی واقع شده است (شکل ۱). اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش از اداره آب منطقه‌ای استان گیلان به دست آمده است.



شکل ۱. موقعیت ایستگاه نوخاله در حوضه پسیخان

منحنی سنجه رسوب

برای به دست آوردن منحنی سنجه‌های رسوب در ایستگاه مورد مطالعه، ابتدا با استفاده از معادله (۱) مقدار بار رسوب معلق روزانه محاسبه شد.

$$Q_s = 0.0864CQd \quad (1)$$

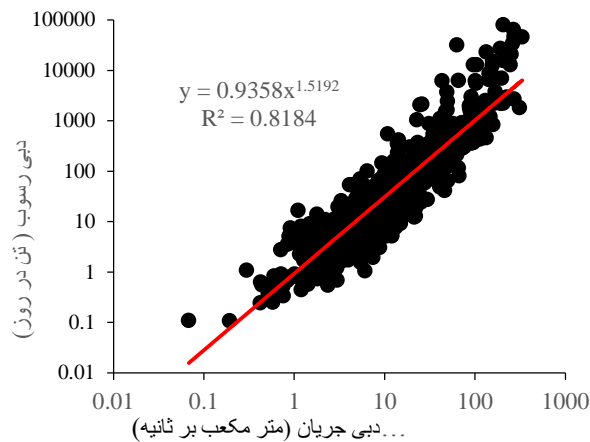
Q_s : بار رسوب معلق (تن در روز)، C غلظت متوسط رسوب معلق (میلی‌گرم بر لیتر) و Qd دبی جریان روزانه (مترمکعب بر ثانیه) است. برای به دست آوردن منحنی سنجه‌های رسوب نیاز به اطلاعات بلند مدت رسوب و دبی است که برای ایستگاه نوخاله از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۵ استفاده شده است. بعد از محاسبه بار رسوب معلق (Q_s)، رابطه بین دبی و بار رسوب معلق با استفاده از چهار روش یک خط، دو خط، کلاس-بندی (حدوسط دسته‌ها) و FAO مورد بررسی قرار گرفت (راهنمای محاسبه بار رسوب معلق و بسترودخانه، نشریه شماره ۵۹۰). بر اساس دقت هر روش بهترین روش انتخاب شد و با استفاده از رابطه به دست آمده، میزان رسوب معلق طی سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۵ به صورت روزانه برآورد شد و سپس میانگین ماهانه (بلندمدت) و سالانه محاسبه گردید.

نتایج و بحث

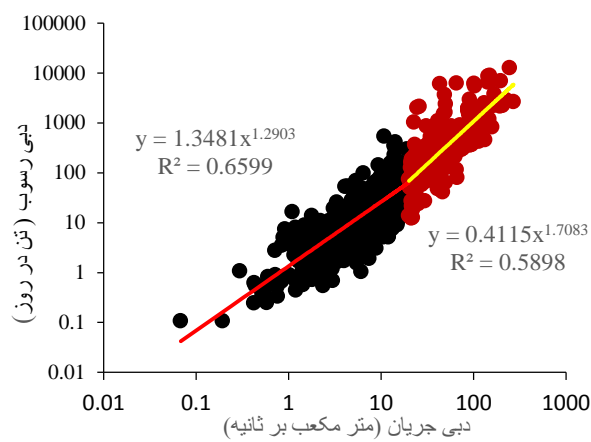
منحنی سنجه رسوب و رسوب‌دهی معلق حوضه

در شکل شماره ۲ (الف تا د) منحنی‌های سنجه رسوب برآزش شده، آمده است. همانگونه که نتایج نشان داده‌اند روش کلاس‌بندی یا حد وسط دسته‌ها دارای خطای کمتری نسبت به روش‌های دیگر است. علت برتری و دقت روش کلاس‌بندی هم کم شدن تعداد نقاط است و در رگرسیون به طور معمول با کاهش تعداد اطلاعات احتمال یکنواختی و پراکندگی آنها کاهش یافته و رگرسیون دارای دقت مناسب‌تری

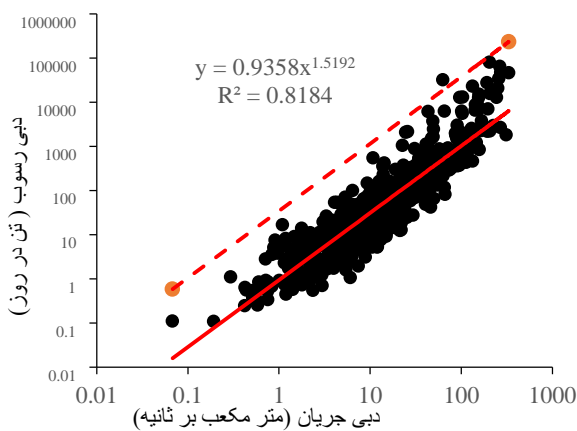
خواهد بود (رضایی، ۱۳۹۷) و بهترین قابلیت پیش‌بینی را دارا است، در نتیجه این مدل به عنوان مناسب‌ترین مدل برآورد رسوب معلق با ضریب تبیین ۰/۸۵ از میان مدل‌های مورد بررسی تعیین گردید. همچنین اعظمی و همکاران (۱۳۸۴) نیز برای برآورد بار معلق جریان پایه و سیلابی ایستگاه خروجی سد ایلام، از منحنی سنجه حدوسط دسته‌ها در تلفیق با آمار جریان روزانه استفاده کردند و ضریب تبیین منحنی سنجه رسوب ۰/۹۵ معرفی شده است. در مطالعات بسیار زیادی نشان داده شده است که روش تلفیق جریان روزانه و منحنی سنجه حد وسط دسته‌ها، دقیق‌تر و صحیح‌تر از سایر روش‌ها است و بهترین قابلیت پیش‌بینی را در برآورد رسوب دارد (اعظمی و همکاران، ۱۳۸۴؛ میرزایی و همکاران، ۱۳۸۲).



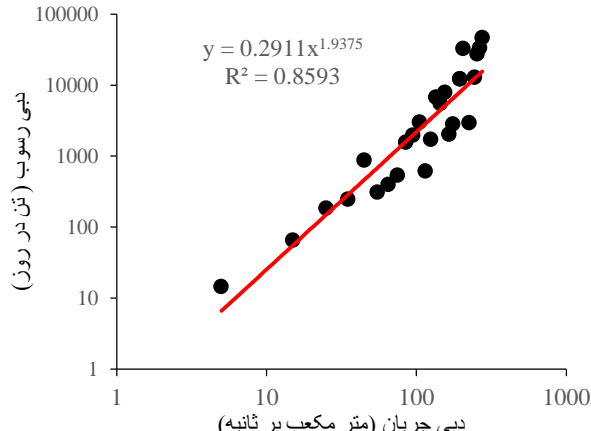
ب (منحنی سنجه به روش یک خطی)



الف (منحنی سنجه به روش دو خطی)



د (منحنی سنجه یک خطی به روش FAO)

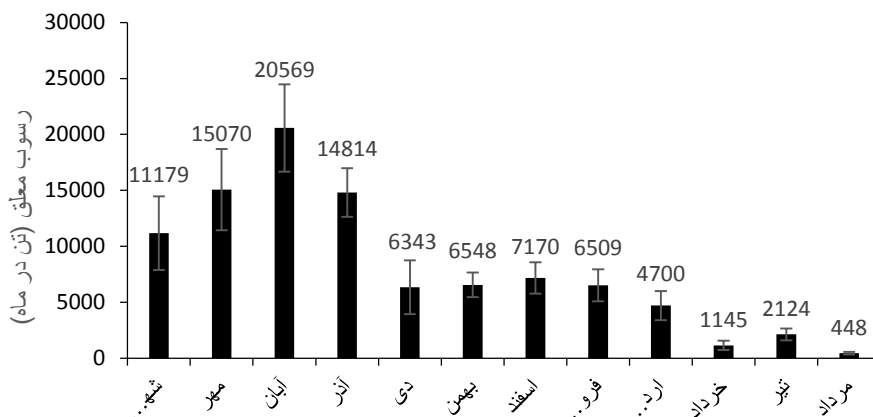


ج (منحنی سنجه به روش حد وسط)

شکل ۲. منحنی سنجه‌های رسوب به روش‌های مختلف

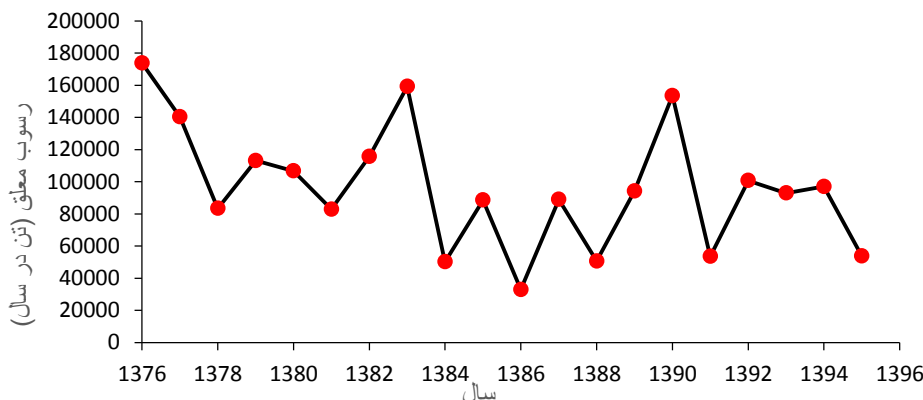
با استفاده از رابطه به دست آمده از روش کلاس‌بندی، ابتدا میزان رسوب معلق خروجی طی سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۵ به‌صورت روزانه برآورد شد و سپس میانگین ماهانه (شکل ۳) و سالانه (شکل ۴) محاسبه گردید. با توجه به شکل ۳، حداکثر و حداقل رسوب‌دهی معلق حوضه در طی این سال‌ها به ترتیب با مقدار حدود ۲۰۵۶۹ و ۴۴۸ تن در ماه‌های آبان و مرداد رخ داده است. در واقع در این حوضه، بارش به‌صورت باران از ماه شهریور شروع شده و در پاییز به حداکثر مقدار خود می‌رسد و به دلیل بارش زیاد باران و عدم پوشش گیاهی کافی در سطح حوضه در طی فصل پاییز، مقدار زیادی از خاک حوضه توسط رواناب وارد رودخانه پسیخان شده است که حداکثر این مقدار در ماه آبان بوده است. همچنین، با توجه به واقع شدن حوضه پسیخان در ارتفاعات، ریزش برف و یخبندان ۴ تا ۵ ماه از سال این منطقه را فرا می‌گیرد و منطقه را

تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. با افزایش ارتفاع و کاهش دما غالباً نزولات جوی در ارتفاعات فوقانی به شکل برف می‌باشد و در زمستان نیز به سبب یخبندان در ارتفاعات و ریزش برف و کاهش دبی رودخانه، میزان رسوب خروجی نسبت به فصل پاییز کاهش چشمگیری دارد. این درحالی است که با وجود ذوب برف از ماه فروردین، به علت افزایش دما، کاهش بارندگی و نیز افزایش پوشش گیاهی به صورت متراکم و نیمه متراکم در این حوضه، از مقدار رسوب خروجی از سطح حوضه در طی ماه‌های فروردین تا مرداد به شدت کاسته شده است که کمترین مقدار آن در ماه مرداد بوده است.



شکل ۳. میانگین ماهانه رسوب معلق خروجی از ایستگاه نوخاله برای سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۹۵

با توجه به شکل ۴، بیشترین میزان رسوب معلق خروجی از ایستگاه نوخاله به ترتیب در سال‌های ۱۳۷۶، ۱۳۸۳ و ۱۳۹۰ به میزان ۱۷۳۸۸۳، ۱۵۹۲۳۱ و ۱۵۳۵۷۹ تن در سال رخ داده است و کمترین مقدار آن مربوط به سال ۱۳۸۶ به میزان ۳۲۹۱۰ تن در سال است. در واقع مقادیر متفاوت رسوب معلق خروجی از این ایستگاه حاکی از تغییرات الگوی بارش برف و باران و نیز پوشش گیاهی در طی این سال‌ها می‌باشد.



شکل ۴. رسوب معلق خروجی از ایستگاه نوخاله برای سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۹۵

نتیجه‌گیری

انجام این مطالعه با هدف بررسی تغییرات رسوب‌دهی معلق در طی دوره آماری از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۵ در حوضه آبخیز رودخانه پسیخان ایستگاه نوخاله صورت گرفت. نتایج نشان داد که به منظور برآورد بار رسوب معلق خروجی حوضه منحنی سنجح حدوسط با بالاترین ضریب تبیین (۰/۸۵) به‌عنوان مناسب‌ترین مدل برآورد رسوب معلق از میان مدل‌های مورد بررسی تعیین شد. این در حالی است که روش دو خطی پایین‌ترین ضریب تبیین (۰/۵۸) را به خود اختصاص داده است. همچنین تغییرات ماهانه رسوب‌دهی معلق در طی این دوره آماری در

این حوضه نشان داد که حداکثر و حداقل رسوبدهی معلق در ماه‌های آبان و مرداد به ترتیب با مقدار حدود ۲۰۵۶۹ و ۴۴۸ تن در ماه رخ داده است که علت آن را می‌توان درصد بالای بارش باران طی فصل پاییز و کاهش پوشش گیاهی در این فصل در این منطقه دانست که منجر به افزایش رسوب خروجی از حوضه در این زمان شده است. در صورتیکه علت خروج اندک رسوب معلق در مرداد ماه و نیز طی فصل تابستان به علت پوشش گیاهی بالا و همچنین بارش بسیار اندک در این فصل است. همچنین نتایج نشان داد که حدود ۶۴ درصد از رسوب معلق سالانه طی ماه‌های شهریور، مهر، آبان و آذر و در حدود ۳۶ درصد از رسوب معلق در طی باقی ماه‌ها از حوضه منتقل شده است که اهمیت نمونه‌برداری بیشتر و زمان‌بندی شده را در طی این ماه‌ها نشان می‌دهد.

منابع

- اعظمی، ع.، نجفی نژاد، ن. و عربخدری، م. ۱۳۸۴. ارزیابی مدل‌های هیدرولوژیکی در برآورد بار معلق رسوبی جریان پایه و سیلابی در حوزه سد ایلام. سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، کرج، ایران.
- گرامی لوشایی، ز.، عربخدری، م.، اسدی، ح. و بیات، ر. ۱۳۹۵. نوسانات زمانی فرساینده‌گی باران بر تأثیر تغییرات فصلی رسوبدهی معلق (مطالعه‌ی موردی: حوزه کسلیان). پژوهش‌نامه مدیریت حوزه آبخیز، ۱۴ (۷)، ۱۶۷-۱۷۶.
- عربخدری، م. ۱۳۹۵. تدقیق ارقام فرسایش آبی و تعیین مقدار مجاز آن در کشور، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- عربخدری، م.، ولی خوجینی، الف.، حکیم خانی، س.، چرخابی، الف. ح. و تلوری، الف. ۱۳۸۷. تخمین و نقشه برداری تولید رسوب در ایران. برآورد و نقشه برداری رسوب برای ایران. ۶۹۲.
- عربخدری، م. ۱۳۸۴. بررسی رسوبات معلق در حوضه رودخانه ایران. مجله تحقیقات منابع آب ایران. ۱: ۵۱-۶۰.
- رفاهی، ح. ۱۳۹۴. فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۷۴ ص.
- رضایی، ح. ۱۳۹۷. برآورد هدررفت خاک و تولید رسوب در حوضه ناورود در استان گیلان با استفاده از مدل WATEM/SEDEM. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان.
- میرزایی، م.، عربخدری، م. و فیض نیا، س. ۱۳۸۲. مقایسه روش‌های آماری برای ارزیابی رسوبات معلق در رودخانه‌ها. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۸: ۳۰۱-۳۱۵.
- Asadi, H. 2016. Estimation of Sediment, Organic Carbon, and Phosphorous Loads from Pasikhan River into Anzali Wetland, Iran. International Journal of Environmental Protection. 6. 129-133.



Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation Investigation of Suspended Sediment Load from Nokhaleh Station into Anzali Wetland

Fallah¹, M., Bahrami^{2*}, H.A., Asadi³, H.

¹P.hD Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Iran

²Full Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Iran

³ Associate Prof, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Tehran University, Iran

Abstract

One of the most important negative consequences of soil erosion is sedimentation. Assessment of sediment yield and runoff at the watershed scale are one of the most important challenges in the management of soil and water resources for the optimal use of these resources in Iran. The purpose of the current study was to investigate the suspended sediment yield and sediment rating curves at Nokhaleh Hydrometric Station located on the river Pasikhan as the most important river entering Anzali lagoon in a 20-year period (1996-2016). 4 methods of linear, multi-linear, median of classes, FAO correction coefficient were used, and to select the best model, the determination coefficient (R^2) was applied. By using the best method and daily flow discharges, the estimation of daily suspended sediment yield was done for all years, then the average monthly and annual suspended sediment yield were estimated. The results showed that the sediment rating curve using the median of classes had the highest efficiency and R^2 (0.85). It also demonstrated the highest potential for the prediction of suspended sediment. Furthermore, the maximum and minimum suspended sediment yield were about 20569.3 and 448 tons/month in November and August, respectively. In fact, around 64 % of annual sediment yield has been transported during four months of September, October, November, and December. The highest amounts of suspended sediment yield from Nokhaleh station were 173883, 159231 and 153579 tons per year in 1997, 2004 and 2012, respectively.

Keywords: Erosion, Pasikhan, Sediment Rating Curves.

* Corresponding author, Email: bahramih@modares.ac.ir

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

اولویت‌بندی خطر فرسایش خاک در حوضه آبخیز رود زرد با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره تاپسیس

صغری باقری^۱، محمد رضا انصاری^{۲*}، زینب ظاهری عبده‌وند^۳، ایوب تقی‌زاده^۴^۱ کارشناسی ارشد مدیریت منابع خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان^۲ استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان^۳ کارشناسی ارشد کارشناس سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید چمران اهواز^۴ مربی گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه چمران اهواز

چکیده

فرسایش خاک معضلی بسیار جدی در اغلب کشورها به ویژه کشورهای در حال توسعه با اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک است. هدف از انجام این پژوهش، اولویت‌بندی و طبقه‌بندی زیرحوضه‌ها از نظر حساسیت به فرسایش در حوضه آبخیز رود زرد واقع در استان خوزستان بر مبنای پارامترهای مورفومتریک و با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره است. به این منظور مقادیر پارامترهای مورفومتری خطی شامل (بافت زهکشی، تراکم زهکشی، فراوانی آبراهه‌ها، نسبت انشعاب، طول جریان، طول جریان روی زمین) و پارامترهای مورفومتری شکلی شامل (ضریب گراولپوس، ضریب شکل، ضریب کشیدگی و ضریب گردی) برای هرکدام از زیر حوضه‌ها محاسبه و نقشه حساسیت به فرسایش خاک با آنالیز کمی پارامترهای مورفومتری به روش تاپسیس تهیه شد. بر اساس نتایج حاصل از پژوهش، زیرحوضه R11 بیشترین حساسیت به فرسایش خاک را داشته که مبین شرایط بحرانی این زیر حوضه است، بنابراین باید در اولویت اول جهت اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و آبخیزداری قرار گیرد.

کلمات کلیدی: اولویت‌بندی، پارامترهای مورفومتریک، تاپسیس، حساسیت به فرسایش، حوضه‌ی آبخیز رود زرد

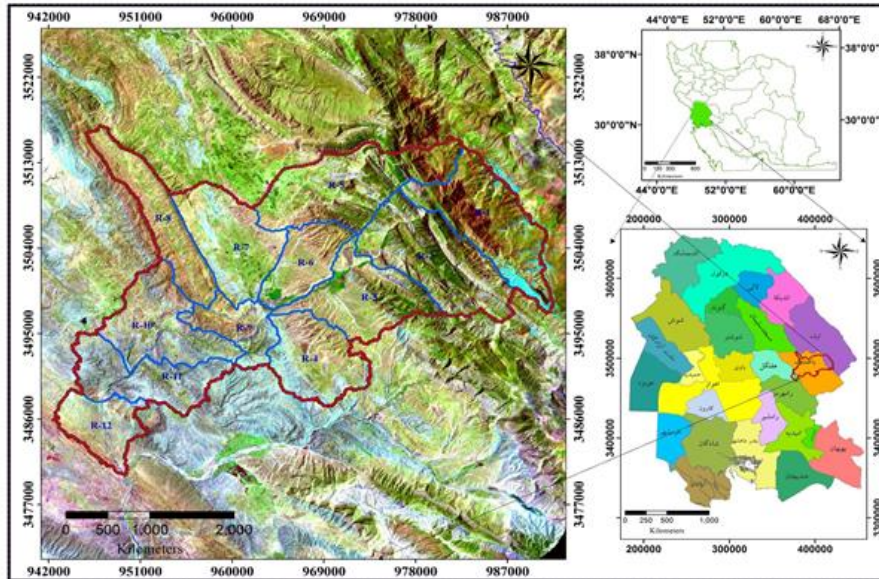
مقدمه

فرسایش خاک در حوضه های آبخیز به عنوان یکی از مسایل و مشکلات جدی حوضه‌های آبخیز ایران محسوب می‌شود و می‌توان از آن به عنوان یکی از مهمترین موانع برای دستیابی به توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی نام برد (Schwab و همکاران ۱۹۹۳). به دلیل وسعت زیاد اغلب حوضه‌های آبخیز در ایران، امکان اجرای طرح‌های حفاظتی و آبخیزداری در تمامی زیر حوضه‌های حوضه آبخیز وجود ندارد. لذا برای افزایش عملکرد طرح‌های آبخیزداری ابتدا باید مناطق بحرانی یک حوضه آبخیز از نظر پتانسیل فرسایش خاک، شناسایی و اولویت‌بندی شوند (فتحی ۱۳۸۵). امروزه مدیریت منابع طبیعی نیازمند یک سیستم سریع، کارا، تلفیق گر و مناسب جهت برنامه‌ریزی و طراحی می‌باشد (ایلانو و همکاران ۱۳۸۹)، در این راستا استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به دلیل امکان تلفیق با مدل‌ها و روش‌های ارزیابی خطر فرسایش و همچنین کارایی و قابلیت اجرایی بالا در مناطق مختلف جغرافیایی ایران، مورد توجه محققین بوده است. از جمله مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان به مطالعات (اسدی نیلوان و همکاران، ۱۳۹۴، Thakkar و Dhiman، ۲۰۰۷ و Aher و همکاران ۲۰۱۴) اشاره کرد. شریفی کیا و همکاران (۱۳۹۷) زیر حوضه های آبخیز نکارود را با استفاده از روش تاپسیس اولویت بندی کرده و به این نتیجه رسیدند، که این روش از دقت بالایی در ارزیابی خطر فرسایش برخوردار است. در پژوهشی دیگر Javed و همکاران (۲۰۱۵)، به اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها براساس آنالیز مورفومتریک و کاربری اراضی با استفاده از تکنیک سنجش از دور و GIS در حوضه‌ی کانرا پرداختند. براساس آنالیز مورفومتری و کاربری اراضی زیرحوضه‌ها به سه گروه زیاد، متوسط و کم برای اولویت‌بندی مدیریت و حفاظت منابع طبیعی طبقه بندی شدند. هدف از این پژوهش آنالیز کمی پارامترهای مورفومتری حوضه آبخیز رود زرد استان خوزستان با استفاده از روش تاپسیس برای اولویت بندی و طبقه‌بندی زیر حوضه‌ها از نظر حساسیت به فرسایش خاک است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در حوضه آبخیز رود زرد باغملک استان خوزستان با در محدوده جغرافیایی $47^{\circ} 39' 49''$ تا $49^{\circ} 38' 10''$ طول شرقی و $78^{\circ} 22' 31''$ تا $72^{\circ} 52' 42''$ عرض شمالی به اجرا در آمد. حوضه آبخیز رود زرد شامل ۱۲ زیرحوضه است و ارتفاع متوسط آن ۱۸۲۲ متر و حداکثر و

حداقل ارتفاع حوضه به ترتیب ۳۳۰۵ و ۳۳۹ متر از سطح دریا است. میانگین دما و بارندگی سالانه آن به ترتیب ۲۰(°C) و ۷۴۶/۶ (mm) است و کاربری‌های مرتع، زراعت دیم، باغ و جنگل را شامل شده است. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی را نشان داده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی

روش تاپسیس یکی از روش‌های فاصله محور است که نخستین بار توسط (Yoon و Hwang) معرفی شد. بنیان و مایه‌ی اصلی تاپسیس محاسبه‌ی فاصله‌ی اقلیدسی گزینه‌های تصمیم‌گیری از راه حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی است. راه حل ایده‌آل مثبت راه حل یا گزینه‌ای است که از نظر معیارهای سود، وضعیت بیشینه و از لحاظ معیارهای هزینه، وضعیت کمینه را دارد و راه حل ایده‌آل منفی راه حلی است که از نظر معیارهای هزینه، بیشینه و از لحاظ معیارهای سود، کمینه است. در تاپسیس مقادیر قطعی برای بیان ارجحیت نسبی گزینه‌ها در برآورده کردن معیارهای تصمیم‌گیری استفاده می‌شود و گزینه‌ی برتر گزینه‌ای است که کمترین فاصله را از راه حل ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را از راه حل ایده‌آل منفی داشته باشد. برآیند این دو فاصله در قالب ضریب نزدیکی بیان می‌شود بر این اساس گزینه‌ای که مقدار عددی ضریب نزدیکی بزرگ‌تری داشته باشد، به عنوان گزینه‌ی ارجح شناخته می‌شود (Yoon و Hwang ۱۹۸۱). در این پژوهش برای اولویت‌بندی خطر فرسایش خاک، ابتدا پارامترهای مورفومتریک خطی (شامل، تراکم زهکشی، بافت زهکشی، طول جریان و فراوانی آبراهه، نسبت انشعابات، طول جریان روی زمین) که ارتباط مستقیم با فرسایش دارند و شکلی (شامل ضریب شکل و ضریب گراویلیوس، ضریب گردی، ضریب کشیدگی) که ارتباط عکس با فرسایش دارند، برای هر یک از زیر حوضه‌ها محاسبه شد و اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها با ارزیابی کمی این پارامترها به روش TOPSIS به صورت زیر صورت پذیرفت.

مرحله اول: ماتریس تصمیم‌گیری موجود با استفاده از فرمول زیر به یک ماتریس بی‌مقیاس شده تبدیل شد که X_{ij} مقدار عددی بدست آمده از گزینه i نام با شاخص j می‌باشد.

$$R_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}$$

مرحله دوم: ماتریس بی‌مقیاس وزین با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد که R_{ij} ماتریس نرمال شده، w وزن هر یک از پارامترها و V ماتریس تصمیم نرمال شده‌ی وزن دار می‌باشند.

$$V_{ij} = W_i(R_{ij})$$

مرحله سوم: مشخص نمودن راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت A^+ و ایده‌آل منفی A^- . به عبارت دیگر برای هر کدام از شاخص‌ها مقدار حداکثر و حداقل آن‌ها را پیدا کرده و آن را با فرمول‌های زیر بدست می‌آوریم.

$$A^+ = [V_1^+ \ V_2^+ \ \dots \ V_m^+]$$

$$A^- = [V_1^- \ V_2^- \ \dots \ V_m^-]$$

مرحله چهارم: فاصله شاخص ها برای هرمنطقه از ایده آل مثبت و ایده آل منفی را با استفاده از فرمول های زیر محاسبه شد.

$$d_i^+ = \sqrt{(V_{11} - V_1^+)^2 + (V_{12} - V_2^+)^2 + \dots + (V_{im} - V_m^+)^2}$$

$$d_i^- = \sqrt{(V_{i1} - V_1^-)^2 + (V_{i2} - V_2^-)^2 + \dots + (V_{im} - V_m^-)^2}$$

مرحله پنجم: فاکتور ضریب نزدیکی CL_i با استفاده از فرمول زیر تعیین گردید.

$$CL_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$

مرحله ششم: رتبه بندی گزینه ها براساس ترتیب نزولی، که این میزان بین صفر و یک در نوسان است.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از طبقه بندی زیر حوضه ها نشان داد که از بین پارامترهای مورفومتری به کار برده شده، بافت زهکشی، تراکم زهکشی و فراوانی آبراهه به ترتیب با وزن (۰/۱۵۵، ۰/۱۵۵، ۰/۱۲۰) موثرترین پارامترها در وقوع و حساسیت به فرسایش خاک بوده اند. بافت زهکشی از فاکتورهای موثر در فرسایش پذیری است و به تعدادی از فاکتورهای طبیعی مانند اقلیم، بارندگی، پوشش گیاهی، نوع سنگ و خاک، ظرفیت نفوذ و مرحله ی تکاملی خاک بستگی دارد، سنگ های سست و ضعیف که به وسیله ی پوشش گیاهی حمایت نمی شوند، بافت نرم تولید نموده و در مقابل سنگ های توده ای و مقاوم سبب ایجاد بافت درشت می شوند. بافت زهکشی ارتباط نزدیکی با نفوذپذیری و فرایندهای هیدرولوژیکی حوضه دارد (Aher و همکاران، ۲۰۱۴). هر چه تراکم و بافت زهکشی زیر حوضه ای بالاتر باشد، تخلیه رواناب در سطح آن به سادگی انجام می گردد و میزان فرسایش افزایش می یابد. پارامتر ضریب گردی با وزن (۰/۰۵۷) کم تاثیرترین عامل در وقوع فرسایش بوده است. در جدول (۱) جدول وزن اهمیت معیارهای مورفومتریک نشان داده شده است.

جدول ۱. وزن اهمیت معیارهای مورفومتریک

پارامترها	وزن پارامترها
بافت زهکشی	۰,۱۵۵
تراکم زهکشی	۰,۱۵۰
فراوانی آبراهه	۰,۱۲۰
نسبت انشعاب	۰,۱۰۲
طول جریان	۰,۱۰۴
طول جریان روی زمین	۰,۰۹۷
ضریب گراولوس	۰,۰۷۵
ضریب شکل	۰,۰۷۱
ضریب کشیدگی	۰,۰۶۹
ضریب گردی	۰,۰۵۷
ضریب ناسازگاری ۰,۰۳	

بر اساس نتایج نهایی روش تاپسیس، زیر حوضه های R10، R11، R12 و R10، به ترتیب با ضریب نزدیکی (۰/۸۴۱، ۰/۷۹۴، ۰/۷۳۸)، در اولویت های برتر قرار گرفته و به عنوان بحرانی ترین زیر حوضه ها از نظر خطر فرسایش خاک محسوب می باشند. در مقابل زیر حوضه های R2، R1 و R6 به ترتیب با مقادیر ضریب نزدیکی (۰/۱۰۳، ۰/۱۷۲، ۰/۲۲۰)، در اولویت های آخر خطر فرسایش خاک نسبت به دیگر زیر حوضه ها قرار گرفتند.

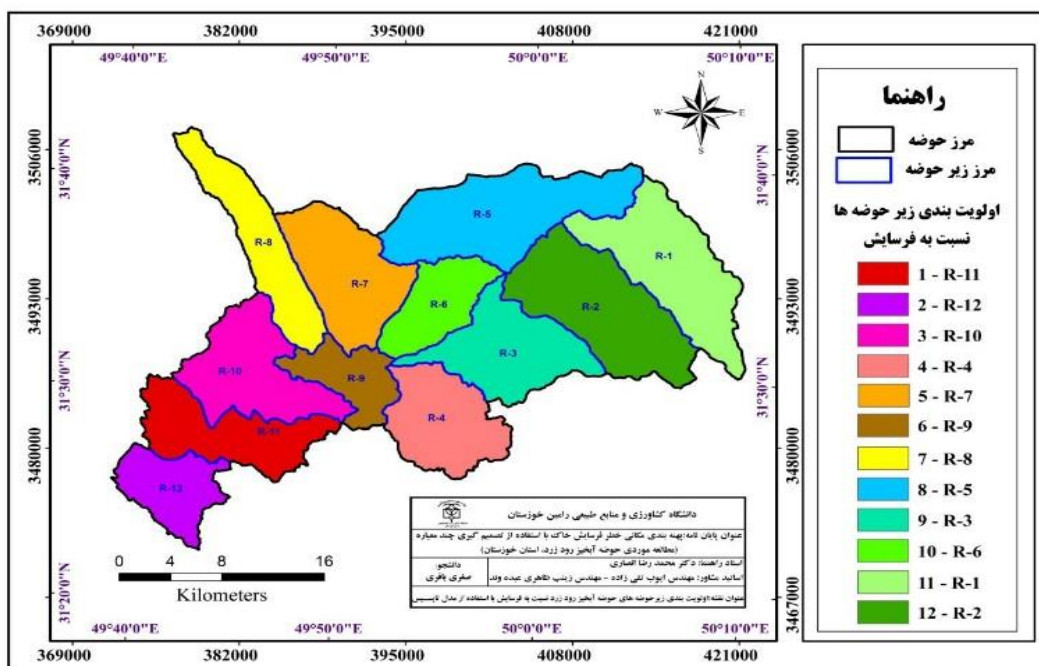
زیر حوضه های R10، R11، R12 و R10، به علت داشتن مقادیر زیاد پارامترهای مورفومتری خطی (شامل، تراکم زهکشی، بافت زهکشی، طول جریان و فراوانی آبراهه، نسبت انشعابات، طول جریان روی زمین) که رابطه مستقیمی با فرسایش دارند، همچنین مقدار کم پارامترهای مورفومتری شکلی (شامل ضریب شکل و ضریب گراولوس، ضریب گردی، ضریب کشیدگی) که رابطه معکوس با فرسایش دارند، به عنوان حساس ترین و بحرانی ترین زیر حوضه ها از نظر خطر وقوع فرسایش خاک قرار گرفته شدند. از سوی دیگر مقادیر پارامترهای مورفومتری خطی و شکلی در زیر حوضه های R2، R1 و R6 به

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

ترتیب کمترین و بیشترین مقدار را نسبت به سایر زیر حوضه‌ها به خود اختصاص داده‌اند، که موجب ریسک فرسایش کم در این زیر حوضه‌ها شده است. جدول (۲) نقشه نتایج نهایی اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها به روش تاپسیس را نشان داده است.

جدول ۲. اولویت‌بندی و طبقه‌بندی زیر حوضه‌ها به روش تاپسیس

اولویت بندی	ضریب نزدیکی	زیر حوضه
یازدهم	۰/۱۷۲	R1
دوازدهم	۰/۱۰۳	R2
نهم	۰/۲۴۳	R3
چهارم	۰/۶۹۳	R4
هشتم	۰/۲۶۱	R5
دهم	۰/۲۲۰	R6
پنجم	۰/۶۰۵	R7
هفتم	۰/۴۳۸	R8
ششم	۰/۵۴۳	R9
سوم	۰/۷۳۸	R10
اول	۰/۸۴۱	R11
دوم	۰/۷۹۴	R12



شکل ۲. نقشه نهایی اولویت‌بندی به روش تاپسیس

با توجه به مطالعات میدانی صورت گرفته می‌توان بیان نمود که ساختار زمین‌شناسی نقش مهمی در فرسایش منطقه به خصوص در زیر حوضه‌های حساس دارد. زیر حوضه‌های حساس در سازندهای گچساران، آغاچاری و کوتاژ واقع شده‌اند، که حساسیت بالایی نسبت به فرسایش دارند. سازندهای زمین‌شناسی مذکور به دلیل حضور آهک و مارن در ساختار خود، دارای بافت ریزی می‌باشند که مبنی بر مستعد بودن این سازندها نسبت به فرسایش است. پستی و بلندی زیاد و عدم پوشش گیاهی مناسب به خصوص در زیر حوضه‌های حساس باعث کاهش ظرفیت نفوذ آب به خاک و جاری شدن آب در سطح می‌شود. عوامل فوق باعث افزایش پارامترهای مورفومتری خطی شده که رابطه مستقیم با فرسایش دارند. کاربری نامناسب اراضی عامل موثر

دیگری است که در فرسایش منطقه نقش بسزایی دارد. مدیریت غلط چرای دام، تبدیل جنگل‌ها و مراتع به دیمزار و رها شدن آنها، غیر اصولی بودن کشت، استفاده بی‌رویه از زمین‌های کشاورزی و چرای بیش از حد از عوامل مهم و تاثیرگذار در فرسایش منطقه به شمار می‌روند. شکل‌های (۳) و (۴) نمایی از وضعیت زمین‌شناسی حوضه آبخیز رود زرد را ارائه داده است.



شکل ۴. انحلال در سازند گچساران در حاشیه مخزن سد جره (زیرحوضه R11)



شکل ۳. آبخویی پای رسوبات کواترنری در منطقه مطالعاتی (زیرحوضه R10, R12)

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که استفاده از پارامترهای مورفومتری در کنار روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، روش کارآمد و کم هزینه برای شناسایی و طبقه‌بندی زیرحوضه‌ها نسبت به خطر فرسایش خاک به منظور اجرای عملیات حفاظت خاک و آب است. بر اساس نتایج این تحقیق زیر حوضه‌های R10, R12, R11 حساس به فرسایش خاک بوده و در معرض خطر فرسایش خیلی زیاد قرار دارند. بنابراین پیشنهاد می‌شود که اولویت اول عملیات آبخیزداری و حفاظت منابع طبیعی در این زیرحوضه‌ها که حساسیت زیادی به فرسایش خاک دارند صورت پذیرد.

منابع

- اسدی نیلوان، ا.، رستمی خلیج، م.، محسنی ساروی، م. و سور، ا. ۱۳۹۴. اولویت‌بندی اقدامات آبخیزداری در حوضه آبخیز با استفاده از روش TOPSIS (مطالعه موردی: زبردشت- طالقان). پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۶ (۱۲): ۹۸-۱۰۷.
- ایلانلو، م.، مقیمی، ا.، ثروتی، م. و قهرودی تالی، م. ۱۳۸۹. پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای با استفاده از روش منطق فازی. مجله چشم انداز جغرافیایی (علمی-پژوهشی)، ۵ (۱۱): ۱۲-۲۶.
- فتحی، م. ک.، افشار، ع. و موسوی، ج. ۱۳۸۵. توسعه‌ی مدل تشخیص الگوی فازی به منظور ارزیابی پتانسیل فرسایش‌پذیری حوضه بر مبنای روش PSIAC. مجله‌ی آب و فاضلاب، ۱۷ (۱): ۵۹-۷۱.
- شرفی کیا، م.، سیاوش، ش.، یمانی، م. و عرب عامری، ع. ر. ۱۳۹۷. طبقه‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز نکارود با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، TOPSIS، SAW و VIKOR. مجله اکوهیدرولوژی، ۵ (۱): ۶۹-۸۳.
- Aher, P. D., Adinarayana, J. and Gorantivar, S. D. 2013. Prioritization of Watersheds using multicriteria evaluation through fuzzy analytical hierarchy process. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. 15(1): 11- 18
- Hwang, C. L., Yoon, K., 1981, *Multiple Attribute Decision Making: Methods and application, A state of the art survey*, Springer.
- Javed A., Khanday, M. Y., Ahmed, R. 2009. Prioritization of watersheds based on morphometric and landuse analysis using RS and GIS techniques. *Journal of the Indian society of Remote Sensing*. 37: 261-274.
- Schwab, G. O., Fangmeper, D. D., Elliot, W. J. and Frevert, R. K. 1993. *Soil and Water Conservation Engineering*.
- Thakkar, A. K., and S. D. Dhiman. 2007. Morphometric analysis and prioritization of mini-watersheds in a Mohr watershed, Gujarat using remote sensing and GIS techniques. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 35(4): 313-321.



16th Iranian Soil Science Congress



University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Water Erosion, Flood , Soil and Water Conservation

Prioritizing of Soil erosion risk using TOPSIS model (Case Study: Roudzard Basin- khuzestan province)

Bagheri¹, S., Ansari^{*2}, M.R., Zaheri Abdevand, Z.³ Taghizadeh, A.⁴

¹ M. Sc., Soil Science Department, Faculty of Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran

² Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran

³ M. Sc. Remote Sensing and GIS, Iran

⁴ Department of GIS and RS, Faculty of Earth Sciences, Chamran University, Ahvaz, Iran

Abstract

Soil erosion is a very serious problem in most countries, especially in developing countries with arid and semi-arid climates. The aim of this research is Roudzard watershed prioritization using morphometric parameters and Multiple Criteria-Decision Making (MCDM). Linear morphometric parameters (drainage texture, drainage density, stream frequency, bifurcation ratio, stream flow, length of overland flow, gravelius ratio, compactness ratio, elongation ratio and rounding coefficient) and shape morphometric Parameter (gravelius ratio, Compactness ratio, elongation ratio and rounding coefficient) for each of the sub basins were extracted. Soil erosion sensitivity map was prepared using TOPSIS method. The results Showed that the R11 sub basin had the greatest sensitivity to soil erosion, which indicates the critical condition of this sub basin. therefore, it should be mentioned in the first priority to implement the soil and water protection programs.

Keywords: prioritization, Morphometric parameters, TOPSIS, Sensitivity to erosion, Roudzard Watershed.

* Corresponding author, Email: ansari386@yahoo.com



محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

هدر رفت خاک و ماده آلی در اثر برداشت چغندر قند در دشت‌های جنوبی استان آذربایجان غربی

علی نوروزی^{۱*}، احمد بایبوردی^۲، جواد عبداللهی قره کند^۳، مهدی رحمتی^۴^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه^۲ عضو هیئت علمی گروه تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، AREEO، تبریز، ایران^۳ عضو هیات علمی اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان مراغه، استان آذربایجان شرقی^۴ استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

چکیده

فرسایش خاک یکی از مهمترین فرآیندهایی است که منجر به تخریب خاک می‌شود. فرسایش آبی و بادی، حرکت توده‌ای و خاکورزی به عنوان مهمترین فرآیندهای فرسایش خاک در نظر گرفته شده‌اند و از این رو مطالعات بیشتری هم بر روی این فرآیندها صورت گرفته است. با این وجود، در اوایل هزاره سوم، توجه‌ها به پدیده هدر رفت خاک در اثر برداشت محصولات ریشه‌ای (SLCH) جلب شد که علی‌رغم تاثیر قابل توجه آن در فرسوده شدن خاک نادیده گرفته شده است. تحقیق حاضر در دشت‌های جنوبی استان آذربایجان غربی در شش مزرعه چغندر قند در قالب طرح آزمایشات آشیانه‌ای به منظور مقایسه اثرات برداشت مکانیزه و نیمه‌مکانیزه در میزان SLCH انجام شد. نتایج به دست آمده نشان داد که میزان هدر رفت خاک در برداشت نیمه‌مکانیزه تفاوت معنی‌داری با برداشت مکانیزه داشت به طوری که برداشت نیمه‌مکانیزه موجب هدر رفت خاک تا حدود ۳ برابر برداشت مکانیزه شد (۱/۸۸ در مقابل ۰/۶۵ تن بر هکتار به ازای هر برداشت). همچنین نتایج نشان داد که جرم مخصوص ظاهری و محتوای آب خاک اندازه گیری شده در فصل برداشت تاثیر معنی‌داری بر میزان هدر رفت خاک در اثر برداشت محصول ریشه‌ای نداشت. بنابراین مطابق نتایج این تحقیق توصیه می‌شود با به کارگیری برداشت مکانیزه محصول چغندر قند موجبات هدر رفت خاک در سطح مزارع کاهش یابد.

کلمات کلیدی: محصولات ریشه‌ای، مدیریت پایدار، هدررفت عناصر غذایی

مقدمه

فرسایش خاک یکی از مهمترین فرآیندهایی است که منجر به تخریب خاک می‌شود. فرسایش آبی و بادی، حرکت توده‌ای و خاکورزی به عنوان مهمترین فرآیندهای فرسایش خاک در نظر گرفته شده‌اند و از این رو مطالعات بیشتری هم بر روی این فرآیندها صورت گرفته است. با این وجود، در اوایل هزاره سوم، پواسن و همکاران (Poesen et al., 2001) توجه‌ها را به پدیده هدر رفت خاک در اثر برداشت محصولات ریشه‌ای (SLCH) جلب کردند که علی‌رغم تاثیر قابل توجه آن در فرسوده شدن خاک نادیده گرفته شده است. این نوع از هدررفت خاک در اثر برداشت محصولات خاصی مثل محصولات ریشه‌ای (چغندر قند، هویج، کاسنی، کاساوا)، محصولات غده‌ای (سیب زمینی و سیب زمینی شیرین)، محصولات بالبی (پیاز)، بادام زمینی و سبزیجات مثل تره فرنگی و غیره ایجاد می‌شود (Ruysschaert et al., 2004). در زمان برداشت این گیاهان ذرات ریز چسبیده به محصول، خاک سست و قطعات سنگ همراه با محصول اصلی برداشته شده و از مزرعه خارج می‌شود. علی‌رغم این حقیقت که محصولات فوق به طور گسترده‌ای در سرتاسر دنیا کشت شده و مساحت زیادی را تحت پوشش دارند، هیچ توجهی به اهمیت SLCH در مزارع نشده است و یا توجه اندکی شده است. چغندر قند و سیب زمینی از جمله محصولات ریشه‌ای هستند که در سرتاسر جهان در سطح وسیعی کشت می‌شوند. بیشتر تحقیقات صورت گرفته برای بررسی SLCH نیز عمدتاً در ارتباط با چغندر قند و در سطح اندک در ارتباط با سیب زمینی بوده است. تحقیقات صورت گرفته در ترکیه مقدار هدر رفت خاک در اثر برداشت چغندر قند در دهه ۱۹۹۰ را حدود ۳/۸ تن در هکتار به ازای برداشت محصول گزارش کردند (Oruç and Güngör, 2000; Oztas and Ozbek, 2002). سوننس (Soenens, 1997) مقدار SLCH در اثر برداشت سیب زمینی را بین ۰/۴ تا ۱۶ تن در هکتار با میانگین ۲ تن در هکتار به ازای برداشت محصول در بلژیک محاسبه کرده است. این نتایج توسط بیازمنس (Biesmans, 2002) که میانگین ۲/۱ تن در هکتار به ازای برداشت محصول در طی سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۱ را گزارش کرد، مورد تایید قرار گرفت. پارلک و همکاران (Parlak et al., 2016) نیز مقدار هدر رفت خاک در اثر برداشت هویج در کشور ترکیه را ۲۲/۴ تن بر هکتار برای برداشت دستی و ۱۴ تن بر هکتار برای برداشت مکانیزه گزارش کردند.

* ali.noroozi.87@gmail.com

جوریشیک و همکاران (Jurišić et al., 2011) نیز میزان هدر رفت خاک در اثر برداشت چغندر قند در کرواسی را بین ۱/۳ تا ۲/۳ تن بر هکتار به ازای برداشت محصول گزارش کردند. علی‌رغم اینکه بررسی میزان هدر رفت خاک در اثر برداشت محصولات ریشه‌ای نشان دهنده قابل توجه بودن این نوع از هدر رفت خاک در اثر محصولات ریشه‌ای می‌باشد، تقریباً هیچ گزارشی از میزان هدر رفت خاک در ایران در اثر برداشت محصولات ریشه‌ای به ویژه چغندر قند وجود ندارد. لذا تحقیق حاضر به منظور بررسی میزان هدر رفت خاک در شرایط زارعین جنوب شرق آذربایجان غربی در اثر دو نوع روش برداشت نیمه‌مکانیزه و مکانیزه انجام شد تا بتوان ارزیابی اولیه‌ای از میزان هدر رفت خاک در اثر کشت چغندر قند در این مناطق ارائه نمود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در قالب طرح آشیانه‌ای در محدوده جنوب استان آذر بایجان غربی در شهرستان‌های میاندوآب و نقده، که مرکز اصلی تولید چغندر قند در شمال‌غرب کشور می‌باشند، در مزارع منتخب به ابعاد ۰/۵ و ۰/۹ هکتار در شهرستان میاندوآب و ۳/۳، ۱/۶، ۱/۲ و ۱/۲ در شهرستان نقده به اجرا درآمد. کشت محصول چغندر در تمامی مزارع به صورت ردیفی با فاصله ردیف‌های ۵۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۱۵-۲۰ سانتی‌متر در اوایل بهار ۱۳۹۷ انجام گردید، برداشت محصول نیز به صورت مکانیزه و نیمه‌مکانیزه در پاییز همان سال انجام شد. در برداشت نیمه‌مکانیزه ابتدا با تراکتور و چپزل مخصوص، محصول را از محل اتکای خود حرکت داده و قابل برداشت می‌کنند و سپس به وسیله نیروی کارگری برگ‌های گیاه را از آن جدا کرده و آن را به صورت کپه یا ردیف با فواصلی که تراکتور بتواند در بین آنها حرکت کند جمع‌آوری کرده و پس از بارگیری به کارخانه انتقال می‌دهند. در حالی که در برداشت تمام مکانیزه ابتدا دستگاهی به نام تاپر یا برگ‌زن، برگ‌های محصول را تمیز کرده و سپس دستگاه‌های تک‌ردیفه چغندرکن وارد مزرعه شده و شروع به برداشت و ذخیره چغندر در مخزن دستگاه و بارگیری آن به داخل کامیون می‌کنند. در زمان برداشت محصول عملکرد کلی محصول، میزان SLCH و همچنین خصوصیات مختلف خاک در زمان برداشت محصول شامل جرم مخصوص ظاهری، رطوبت، بافت و مقدار ماده آلی خاک برای تفسیر هرچه بهتر نتایج اندازه‌گیری شد. برای محاسبه مقدار SLCH از رابطه زیر استفاده شد:

$$SLCH\left(\frac{ton}{ha \cdot harvest}\right) = \frac{M_{ds} + M_{rf}}{M_{crop}} \times M_{cy} \quad (1)$$

که M_{crop} و M_{rf} ، M_{ds} به ترتیب بیانگر جرم خاک آون خشک بیرون رفته از مزرعه (خاک سست و چسبیده به محصول)، جرم قطعات سنگ بلافاصله پس از برداشت محصول و جرم خالص محصول برداشت شده می‌باشد. محاسبه مقادیر سست و چسبیده به محصول با ساییدن و شستن و خشک کردن آن در آون و جدا کردن مقادیر سنگ و سنگریزه در داخل آن اندازه‌گیری شد (Ruysschaert et al., 2004). پارامتر M_{cy} بیانگر جرم خالص عملکرد محصول در هکتار (بر حسب کیلوگرم بر هکتار به ازای برداشت) می‌باشد (Ruysschaert et al., 2004). برای اندازه‌گیری خصوصیات مختلف خاک در زمان برداشت محصول نیز از روش‌های زیر استفاده شد:

۱) کربن آلی خاکهدر رفته با استفاده از روش هضم تر (Nelson and Sommers, 1990)

۲) بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتر (Gee and Or, 2002)

۳) رطوبت خاک از طریق نمونه‌های دست خورده و روش وزنی در عمق ۰-۱۵ سانتی متری خاک در زمان برداشت

۴) جرم مخصوص ظاهری از طریق نمونه‌های دست‌نخورده تهیه شده از مناطق مورد مطالعه به روش استوانه (سیلندرهای نمونه برداری با قطر

۵/۵ و ارتفاع ۴ سانتی‌متر) (Blake and Hartge, 1986).

در نهایت، داده‌های به دست آمده در قابل طرح آزمایشات آشیانه‌ای با سه تکرار مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و میانگین پارامترهای مدنظر نیز با استفاده از روش LSD مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

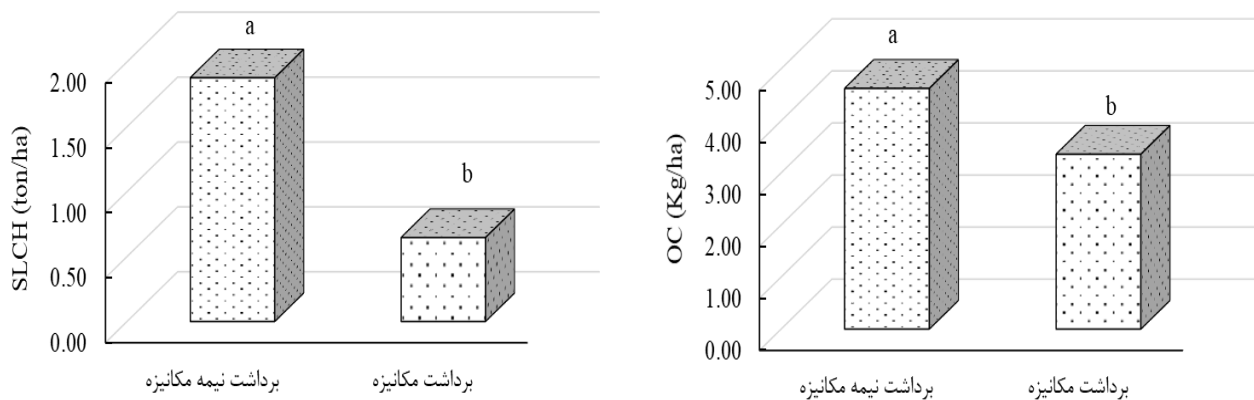
بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، میزان هدر رفت خاک از مزرعه توسط برداشت محصول چغندر قند به صورت مکانیزه و نیمه‌مکانیزه در سطح یک درصد معنی دار بود بدین مفهوم که میزان SLCH در برداشت نیمه‌مکانیزه نسبت به برداشت مکانیزه بیشتر بود به طوری که در برداشت نیمه-مکانیزه حدوداً ۳ برابر برداشت مکانیزه خاک حاصلخیز مزارع از بین رفته و موجب کاهش حاصلخیزی خاک مزارع می‌گردد. همانطور از شکل ۱ نیز مشخص است میزان هدر رفت خاک در برداشت مکانیزه برابر با ۰/۶۵ تن بر هکتار به ازای هر برداشت محصول می‌باشد که حدوداً یک سوم میزان هدر رفت خاک در روش نیمه‌مکانیزه (۱/۸۸ تن بر هکتار به ازای برداشت محصول) می‌باشد. مشابه با تحقیق حاضر، لی و همکاران (۲۰۰۶) نیز میزان هدر

رفت خاک ناشی از برداشت چغندر قند در شمال شرقی چین را ۱/۲ تن در هکتار در برداشت اندازه‌گیری کردند. در مطالعه فوق، چغندر قند به صورت دستی توسط کشاورزان (صاحبان مزرعه) برداشت شده بود. رایسچارت و همکاران (۲۰۰۷) نیز مقدار میانگین هدر رفت خاک طی سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ را به ترتیب ۵/۳، ۲/۴ و ۳/۱ تن در هکتار به ازای هر برداشت گزارش کردند. میزان کربن آلی هدررفته به همراه ذرات خاک به خوبی نشان می‌دهد که خاک هدررفته از حاصلخیزترین خاک‌های هر مزرعه می‌باشد که با هدررفت آن به مرور میزان عملکرد محصول نیز کاهش پیدا خواهد کرد و یا اینکه هزینه بسیار زیادی برای جبران ماده آلی از دست رفته نیاز خواهد بود. شکل ۱ نشان می‌دهد که در برداشت نیمه‌مکانیزه حدوداً ۴/۶ کیلوگرم کربن آلی از هر هکتار خاک به ازای هر برداشت محصول هدر می‌رود. این میزان برای برداشت مکانیزه برابر با ۳/۶ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری از نظر خصوصیات فیزیکی خاک در بین خاک‌های هدر رفته در روش‌های مختلف برداشت محصول وجود ندارد (به استثنای رطوبت خاک در داخل جوی). اختلاف معنی‌دار بین روش‌های مختلف برداشت محصول از نظر رطوبت داخل جوی نیز علی‌رغم معنی‌دار بودن، ولی از نظر عددی قابل توجه نیست (۰/۱۹ در مقابل ۰/۲۲ گرم بر گرم). لذا می‌توان بیان داشت که هدررفته خاک در روش‌های مختلف برداشت محصول عمدتاً به فرآیند برداشت وابسته است و به خصوصیات مختلف خاک بستگی ندارد. در برداشت مکانیزه با توجه به تکان‌های شدیدی که ابزارهای برداشت به محصول وارد می‌کنند بخش قابل توجهی از خاک چسبیده و سست از محصول چغندر قند جدا شده و در مزرعه باقی می‌ماند ولی این اتفاق در برداشت نیمه‌مکانیزه به ندرت اتفاق می‌افتد. لذا هدر رفت خاک در روش برداشت نیمه‌مکانیزه بیشتر می‌شود. بنابراین توصیه اکید این هست که در کشت و کارهای چغندر قند در کشور و به ویژه در جنوب آذربایجان غربی که مرکز عمده کاشده چغندر قند در شمال غرب کشور می‌باشد حتماً نسبت به برداشت مکانیزه توجه ویژه‌ای پرداخته شود تا ضمن جلوگیری از هدررفت خاک حاصلخیز مزارع، از کاهش عملکرد آنها نیز جلوگیری شود.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس میزان هدر رفت خاک و ویژگی‌های فیزیکی خاک در بین روش‌های مختلف برداشت و مزارع مورد آزمایش

میانگین مربعات				کربن آلی	SLCH	درجه آزادی	منبع تغییرات
رطوبت خاک		جرم مخصوص ظاهری					
داخل جوی	روی پشته	داخل جوی	روی پشته				
۰/۰۰۴۱*	۰/۰۰۲۴ ^{ns}	۰/۰۰۴۴ ^{ns}	۰/۰۱۰۸ ^{ns}	۷/۱۹**	۶/۸۲**	۱	روش برداشت
۰/۰۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۱۳ ^{ns}	۰/۰۲۲۵*	۰/۰۱۶۷**	۱/۷۸**	۱/۷۰**	۴	مزارع (برداشت)
۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۶۱	۰/۰۰۰۲	۰/۱۱	۰/۱۱	۱۲	خطا

*: معنی‌دار در سطح یک درصد، *: معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ^{ns}: غیرمعنی‌دار



شکل ۱ - مقایسه میانگین میزان خاک و کربن آلی هدر رفته در روش‌های مکانیزه و نیمه‌مکانیزه برداشت چغندر قند

نتیجه‌گیری



هدر رفت خاک توسط برداشت محصولات ریشه‌ای پدیده‌ای است که تا به امروز در مبحث فرسایش خاک چندان مورد توجه قرار نگرفته است، در صورتی موجب هدر رفت حجم وسیعی از خاک حاصلخیز مزارع که در دشت‌ها واقع شده و قابلیت کشت آبی دارند را شامل می‌شود. نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که اگر چه بخشی از هدر رفت خاک در برداشت محصولات ریشه‌ای و به طور خاص چغندر قند غیر قابل اجتناب به نظر می‌رسد ولی بخش عظیمی از هدر رفت خاک را می‌توان با تغییر الگوی برداشت از نیمه مکانیزه به مکانیزه جلوگیری کرد که در تحقق کشاورزی پایدار موثر خواهد بود. لذا کشاورزان و مدیران مرتبط اکیدا توصیه می‌شوند که اقدامات لازم برای تمام مکانیزه کردن برداشت چغندر قند در کشور به ویژه در شمالغرب ایران را انجام دهند.

منابع

- Biesmans, M. (2002). Bodemverlies door het rooien van suikerbieten en aardappelen: ruimtelijke variatie op Perceels-en regionaal niveau. Unpublished MSc Thesis, Department of Geography, KU Leuven, Leuven.
- Blake, G.R., & Hartge, K.H. (1986). Bulk density In: A. Klute (Ed.), *Methods of soil analysis. Part1.Physical and mineralogical methods* (2nd ed.). Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy.
- Gee, G.W., & Or, D. (2002). Particle size analysis In: J. H. Dane, & G.C. Topp (Eds.), *Methods of soil analysis. Part4, physical methods* (pp. 255–295). Soil Society America Book Series.
- Jurišić, A., Kisić, I., Bašić, F., Zgorelec, Z., & Matotek, S. (2011). Soil Losses and Soil Degradation Processes caused by Harvest of Sugar Beet. *Növénytermelés//Crop Production*, 60, 255-258.
- Li Y, Ruyschaert G, Poesen J, Zhang Q W, Bai L Y, Li L, Sun LF. 2006. Soil losses due to potato and sugar beet harvesting in NE China. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31, 1003–1016.
- Nelson L., and Sommers L.E. 1990. Total carbon, organic carbon, and organic matter., P. 539-579. In: Page et al (eds.) *Methods of soil analysis. Part2. Soil Science Society of America*
- Oruç, N., & Güngör, H. (2000). A study on the soil tare of sugar beet in Eskisehir-Turkey. Paper presented at the Proceedings of the International Symposium on Desertification, Konya.
- Oztas, T., & Ozbek, A. (2002). The cost of soil lost from fields due to removal on harvested sugarbeet: a case study in Turkey. *Soil use and management*, 18(3), 236-237.
- Parlak, M., Palta, Ç., Yokuş, S., Blanco-Canqui, H., & Çarkacı, D. A. (2016). Soil losses due to carrot harvesting in south central Turkey. *Catena*, 140, 24-30.
- Poesen, J. W., Verstraeten, G., Soenens, R., & Seynaeve, L. (2001). Soil losses due to harvesting of chicory roots and sugar beet: an underrated geomorphic process? *Catena*, 43(1), 35-47.
- Ruyschaert, G., Poesen, J., Verstraeten, G., & Govers, G. (2004). Soil loss due to crop harvesting: significance and determining factors. *Progress in Physical Geography*, 28(4), 467-501.
- Ruyschaert G, Poesen J, Verstraeten G, Govers G. 2007. Soil loss due to harvesting of various crop types in contrasting agro-ecological environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 120, 153–165.
- Soenens, R. (1997). Bodemverlies bij het rooien van wortelgewassen. Unpublished M. Sc. thesis. Department of Geography, KU Leuven, Leuven.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation

Soil and organic matter lost due to sugar beet harvesting in the southern plains of West Azerbaijan Province

Ali Norouzi^{1*}, Ahmad Bybordi², Javad Abdolahi Qareh Kand³, Mehdi Rahmati⁴

¹ MSc Student, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Maragheh University, Maragheh

² Scientific Member of Soil and Water Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz

³ Scientific Member of Natural Resources and Watershed Management of Maragheh, East Azarbaijan province

⁴ Assistance professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh

Abstract

Soil erosion is one of the most important processes that leads to soil degradation. Water and wind erosion, massive and tillage erosions are considered as the most important soil erosion processes, and further studies have been done on these processes. However, in the early part of the third millennium, attention was drawn to the phenomenon of soil loss due to root crops harvesting (SLCH), which, despite its significant effect on soil erosion, was neglected. This study was carried out in southern plains of West Azerbaijan province in six sugar beet fields in a nesting experiment to compare the effects of mechanized and semi-mechanized harvesting on SLCH. The results showed that soil loss in semi-mechanized harvesting had a significant difference with mechanized harvesting, so that the semi-mechanized harvest caused the soil to be lost up to 3 times the mechanized harvesting (1.88 vs. 0.65 tons per hectare per harvesting). The results also showed that bulk density and soil water content measured in harvesting time did not have a significant effect on SLCH. Therefore, according to the results of this study, it is recommended that using mechanized harvesting of sugar beet reduce the soil loss at the level of the fields.

Keywords: Root crops, Sustainable management, Nutrient loss

* ali.noroozi.87@gmail.com

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

بررسی میدانی و آزمایشگاهی ویژگیهای خاک و تاثیر مولفه‌های مدیریت زراعی بر فرسایش خاک در دیمزارهای استان کرمانشاه

یحیی پرویزی^{۱*}، رضا بیات^۲، شاهرخ فاتحی^۳

^۱ دانشیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

^۲ استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

^۳ استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

چکیده

بررسی نتایج بیشتر مطالعات انجام شده در کشور ایران مبین آن است که دیمزارهای کم بازده کانون‌های اصلی تولید رسوب و فرسایش خاک هستند. بنابراین، انجام تحقیقات بیشتری در مورد عوامل مؤثر بر فرسایش و تولید رسوب این اراضی ضرورت دارد. این تحقیق با هدف بررسی سیمای فرسایش خاک در دیمزارهای استان کرمانشاه و تعیین اثرات عوامل مدیریت زراعی و مدیریت خاک و همچنین خصوصیات خاک بر فرسایش در این اراضی انجام شد. به این منظور، در یک بررسی اولیه وضعیت فرسایش در دیمزارهای شیب‌دار استان با بازدیدهای میدانی مطالعه گردید. سپس در برخی مزارع معرف (از نظر وضعیت فرسایش، کلاس شیب و اقلیم)، وضعیت فرسایش موجود و مدیریت زراعی و مولفه‌های آن مورد بررسی قرار گرفت و نمونه‌برداری از خاک سطحی انجام شد. آزمایشات خاک انجام و تحلیل نهایی بر روی مجموع داده‌های حاصل انجام شد. نتایج نشان داد که در سطح استان، درصد بقایای گیاهی، بطور موثری روند تولید رواناب و فرسایش خاک را کنترل می‌نماید.

کلمات کلیدی: فرسایش، شیب زمین، مدیریت زراعی، خاک‌ورزی، دیمزار

مقدمه

فرسایش خاک به عنوان یکی از مهمترین چالش‌ها در سراسر جهان مطرح است (Li et al., 2009). بر اساس آمار ارائه شده طی ۴۰ سال گذشته، حدود ۳۰٪ اراضی کشاورزی در سراسر جهان حاصلخیزی خود را به دلیل فرسایش از دست داده و به ارضی لم‌بزرع تبدیل شده‌اند (Kendall and Pimentel, 1994). هر ساله حدود ۱۰ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی دنیا در اثر فرسایش توان باروری خود را از دست داده و از حیطة استفاده خارج می‌شوند (Lal, 2001).

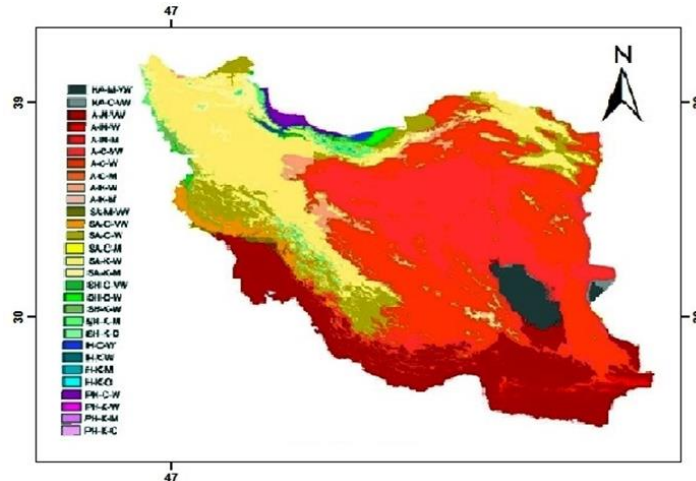
فرسایش آبی از جمله فرسایش‌های سطحی، آبکندی و حرکت‌های توده‌های در بیش از ۱۲۵ میلیون هکتار از اراضی کشور غالب است (سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری، ۱۳۸۷). بسیاری از کارشناسان وضعیت فرسایش خاک در کشور را حاد گزارش کرده‌اند. ادامه این وضعیت به سیر قهقراپی محیط زیست، از تعادل خارج شدن زیست بوم، تهدید امنیت غذایی و حتی استقلال کشور منجر می‌شود. همه ساله عرصه وسیعی از کشور تحت تاثیر فرسایش آبی قرار گرفته و این سرمایه ملی از بین می‌رود. اراضی دیم، یکی از منابع مهم تولید رسوب رودخانه‌ها هستند. برآوردهای فرسایش خاک در ایران توسط محققین مختلفی بررسی و ارائه شده است. مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی (۱۳۸۱) به نقل از FAO فرسایش خاک در ایران را ۳/۵ میلیارد تن در سال برآورد نمود. نیک‌کامی (۱۳۹۱) میزان فرسایش را دو میلیارد تن در سال در سطح کشور برآورد نموده است. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری (۱۳۸۶)، میزان فرسایش کل کشور را بالغ بر ۹۷۶ میلیون تن تخمین زده است. عرب‌خدری و همکاران (۱۳۸۴) این کمیت را برای ایران بیش از یک میلیارد تن برآورد نمودند. عرصه دیمزارهای کم بازده در اراضی شیب‌دار استان کرمانشاه در دهه‌های اخیر به دلیل تغییر مشی مدیریتی حاکم بر آنها و فشار ناشی از بهره‌برداری متمرکز، کانون‌های اصلی تخریب و تولید رسوب هستند. طی ۱۰ سال گذشته سطح زیر کشت گیاهان زراعی و باغی دیم استان به ترتیب ۱۵ و ۳۲ درصد کاهش داشته است (دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۲). بخشی از این تغییرات در سطح زیر کشت و ظرفیت تولید در دیمزارهای استان به دلیل کاهش پتانسیل تولید این اراضی ناشی از فرسایش تشدید است. اکثر مطالعات انجام شده نشان داده که کاربری دیمزار، بویژه دیمزارهای شیب‌دار و کم بازده، عرصه‌های بحرانی از نظر تولید رسوب و فرسایش خاک در ایران است (نیک‌کامی، ۱۳۸۴؛ بخشی و همکاران، ۱۳۹۰؛ پرویزی، ۱۳۹۳ و نظرنژاد و همکاران، ۱۳۹۶). اما مطالعه جامعی که جایگاه و سهم اراضی دیم

* ایمیل نویسنده مسئول: yparvizi1360@gmail.com

در فرسایش خاک کشور را مشخص کند، انجام نشده است. عربخدری و همکاران (۱۳۹۴) نسبت فرسایش دیم به مرتع کشور را معادل دو برابر تعیین کردند. در مقابل، نسبت تلفات خاک دیم به مرتع را هفت برابر به دست آوردند. اگرچه بررسی‌های مختلفی در سطح جهانی و منطقه‌ای در خصوص اثرات توپوگرافی و بارندگی بر فرسایش انجام شده، ولی این بررسی‌ها به‌ویژه در کاربری دیم، با اختصاصات مدیریتی خاص حاکم بر دیمزارها، کمتر انجام شده است. در استان کرمانشاه ظرفیت تولید و باروری خاک در منابع اراضی استان بویژه دیمزارهای شیب‌دار تا مرز قهقرا تخریب یافته و در شرایط حادی به سر می‌برند. با این حال از دامنه، شدت و گستره اشکال فرسایش خاک در استان بطور عام و در دیمزارهای استان به عنوان کانون‌های بحرانی فرسایش بطور خاص، اطلاع بسیار اندکی در دست است. در این خصوص گستره، شدت، عوامل و حتی فاکتورهای موثر در فرسایش مشهود است.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر با هدف بررسی سیمای فرسایش خاک در اراضی کشاورزی دیم کم‌بازده و بررسی عوامل موثر بر آن در استان کرمانشاه طرح‌ریزی و انجام شد. کرمانشاه به لحاظ اقلیم بسیار متنوع و بر اساس اقلیم-نمای دمارتن اصلاح شده ۱۲ نوع اقلیم و بر اساس روش آمبرژه ۸ نوع اقلیم مختلف بر گستره استان کرمانشاه حاکم است. پراکنش و اهمیت دیمزارهای استان بیشتر در اقلیم نیمه خشک معتدل تا نیمه مرطوب سرد بوده و اقلیم حدی از نظر تنوع محصولات دیم، میزان تولید و گستره سطح در مراتب اهمیت پائین‌تری قرار دارند. با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی استان، محدوده‌های دیم‌کاری در استان مشخص و تفکیک گردید. با استفاده از این نقشه‌ها، توزیع اراضی دیم در سطح استان بررسی شد. بیشتر پراکنش دیمزارهای استان در مرکز، جنوب و شمال شرق استان در مناطق، و دشت‌های ماهیدشت و سنجایی، سرفیروزآباد، سنقر و کلیایی، اسلام‌آباد و بیلوار متمرکز است. در مناطق جنوب غرب و غرب استان به صورت پراکنده محدوده‌های دیمزار وجود دارد. با مقایسه نقشه‌های کاربری اراضی و نقشه اقلیمی استان، بیشتر دیمزارهای استان در محدوده اقلیم نیمه مرطوب سرد، نیمه خشک سرد، و مدیترانه‌ای پراکنش دارند. بر اساس گزارش طرح "پهنه‌بندی اقلیمی کشور از نظر کشت دیم با تاکید خاص بر ناحیه‌بندی اکولوژی کشاورزی" (غفاری، ۱۳۸۶) موسسه دیم کشور، بیشتر دیمزارهای استان کرمانشاه در دو زون یا منطقه آگروکلیمایی نیمه‌خشک با زمستان سرد و تابستان گرم - SAKW و منطقه نیمه‌خشک با زمستان خنک و تابستان گرم - SACW قرار دارد (شکل ۱). به منظور اشراف بر شرایط فیزیکی و مدیریتی حاکم بر عرصه دیمزارهای استان، با مشاوره معاونت آب و خاک و زراعت سازمان جهاد کشاورزی استان، محدوده دیمزارهای کلیدی و مهم استان شناسایی شد. سپس با عملیات میدانی و گردش صحرایی ضمن آشنایی با سیمای توپوگرافیک، اقلیمی، زمین‌شناسی، سیمای فرسایش و خاکشناسی این عرصه‌ها، با مصاحبه با کشاورزان، مولفه‌های مدیریتی غالب بر این عرصه‌ها اعم از نظام خاک‌ورزی، سامانه تناوب زراعی و سامانه مدیریت بقایای گیاهی مورد شناسایی اولیه قرار گرفت. هدف از این اقدامات آن بود تا ضمن اشراف بیشتر به شرایط حاکم بر عرصه دیمزارهای استان و وضعیت فرسایش حاکم بر آنها، سایت یا سایت‌هایی برای مطالعه بیشتر انتخاب شود که برای دیم‌زارهای استان معرف باشند. پس از مشخص شدن محدوده دیمزارهای استان، مناطقی جهت انجام بررسی و آزمون‌های صحرایی انتخاب شد. این مناطق پس از زون بندی عرصه‌های دیمزار استان، در محدوده دشتی دیمزارهای سنقر و کلیایی، سنجایی، درود فرامان، سرفیروزآباد و رزین که مهم‌ترین عرصه‌های دیم‌کاری در استان هستند، انتخاب شدند. جدول ۱ برخی مشخصات فیزیکی و اختصاصات مزارع انتخابی در سطح دیمزارهای استان را نشان می‌دهد. در نهایت با بررسی میدانی مزارع انتخابی ضمن نمونه برداری خاک به بررسی وضعیت فرسایش در آنها پرداخته و با مصاحبه با زارعین نظام مدیریت خاک‌ورزی، مدیریت تناوب زراعی و مدیریت بقایای گیاهی در آنها مشخص و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نمونه‌های خاک به آزمایشگاه منتقل و آزمایشات خاک شامل تعیین بافت، اسیدیته، شوری، NPK، عناصر میکرو، درصد آهک و کربن آلی خاک در نمونه‌ها تعیین شد. در نهایت کلیه داده‌ها جمع‌بندی و تجزیه و تحلیل نهایی بر روی آنها انجام شد.



شکل ۱. نقشه آگروکلیمای موسسه تحقیقات دیم کشور

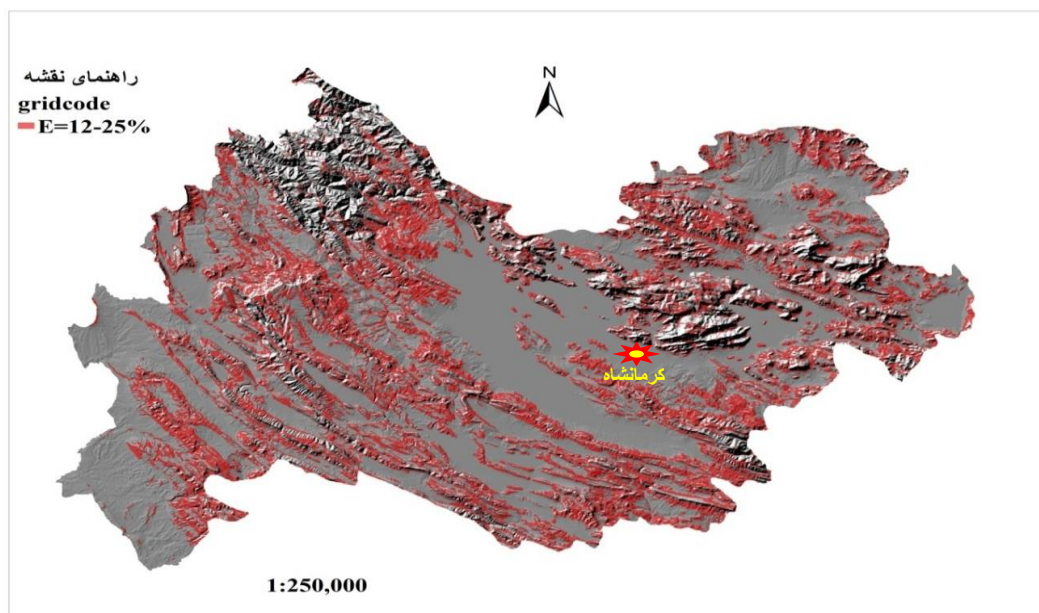
جدول ۱- مختصات و مشخصات فیزیکی و وضعیت فرسایش مزارع انتخابی دیمزارهای کم بازده استان

واحد فیزیوگرافیک	ارتفاع (متر)	مختصات جغرافیایی		شهرستان-بخش	کد مزرعه
		y	x		
تپه-تراس‌های فوقانی	۱۵۸۳	۳۸۳۷۹۲۱	۶۹۴۱۹۱	بیلوار - رزین	DE1
تپه- دشت سر	۱۳۵۴	۳۷۹۵۹۱۸	۷۱۳۳۵۸۸	درود فرامان	DE2
تپه- دشت سر	۱۳۸۵	۳۷۹۵۸۸۵	۷۱۳۴۶۴	درود فرامان	DE3
تراس‌های فوقانی	۱۵۸۱	۳۸۳۹۲۹۳	۶۹۳۶۷۰	بیلوار-رزین	DE4
تراس‌های فوقانی	۱۵۵۴	۳۸۳۸۷۶۳	۶۹۳۳۳۵	بیلوار-رزین	DE5
تپه ماهور	۱۶۰۳	۳۸۳۵۶۱۲	۶۹۹۴۵۵	بیلوار-رزین	DE6
تپه ماهور	۱۵۵۱	۳۸۳۶۵۶۴	۶۹۶۸۷۰	بیلوار-رزین	DE7
تپه ماهور	۱۵۹۴	۳۸۳۸۹۶۴	۶۳۱۸۹۴	جوانرود	DE8
کمپلکس-مقعر دشت سر فوقانی	۱۶۸۸	۳۸۴۰۰۲۶	۶۲۴۰۹۳	جوانرود	DE9
تپه- تراس فوقانی	۱۵۱۹	۳۸۳۹۲۸۳	۷۱۸۵۲۱	صحنه-دینور	DE10
تراس‌های فوقانی-دشت سر	۱۶۳۷	۳۷۸۲۸۶۱	۶۹۲۷۷۴	سرفیروزآباد	DE11
تراس‌های فوقانی-دشت سر	۱۶۵۵	۳۷۸۲۷۹۰	۶۹۲۶۱۲	سرفیروزآباد	DE12
تراس‌های فوقانی-تپه	۱۶۱۰	۳۷۸۲۷۸۹	۶۹۳۱۵۶	سرفیروزآباد	DE13
دشت سر فوقانی-تپه	۱۹۸۲	۳۸۶۱۹۴۵	۷۵۸۴۴۲	کلیایی-هزارخانی	DE14
دشت سر فوقانی-تپه	۲۰۰۱	۳۸۶۲۱۰۲	۷۵۸۶۳۶	کلیایی-هزارخانی	DE15
دشت سر- دشت دامنه ای	۱۹۸۰	۳۸۵۶۳۵۵	۷۶۱۰۸۲	کلیایی- طولان	DE16
تراس‌های فوقانی	۲۱۱۹	۳۸۵۱۴۸۵	۷۵۸۲۱۲	سنقر-سرسنگاز	DE17
دشت سر فوقانی- دامنه	۱۸۸۷	۳۸۴۹۴۸۹	۷۵۰۵۵۲	سنقر-قره تپه	DE18
تپه	۱۵۶۲	۳۸۱۴۳۴۱	۶۳۸۴۴۴	کوزران سنجابی	DE18+1
تپه	۱۵۷۴	۳۸۱۴۳۹۹	۶۳۸۴۰۳	کوزران سنجابی	DE19
دشت سر فوقانی	۱۴۱۳	۳۸۱۶۱۵۵	۶۴۲۰۱۸	سنجابی	DE20
تپه	۱۵۴۱	۳۸۲۲۰۳۲	۷۶۷۶۹۰	کنگاور-قره گوزلو	DE21
تپه-تراس فوقانی	۱۶۷۴	۳۸۲۸۱۷۸	۷۶۴۰۳۷	کنگاور	DE22
تپه-تراس فوقانی	۱۶۶۳	۳۸۲۸۱۴۰	۷۶۳۹۸۸	کنگاور	DE23
دشت آبرفتی	۱۵۸۸	۳۸۲۶۷۲	۷۶۵۹۵۳	کنگاور	DE24
دشت سر فوقانی	۱۵۳۶	۳۷۷۱۱۰۰	۶۹۴۸۰۰	مرگ	DE25
دشت سر	۱۳۵۰	۳۸۲۲۰۸۰	۶۶۶۳۵۷	ماهیدشت	DE26

بررسی میدانی دیمزارهای استان

با وجود بارندگی مطلوب در استان و خاک حاصلخیز در عرصه دیمزارهای کم‌بازده و همچنین با اعمال مدیریت صحیح در آنها می‌توان ظرفیت تولید بسیار خوبی از آنها انتظار داشت. با این وجود، این عرصه‌ها، کانون‌های بحرانی در استان هستند که به شدت دستخوش فرسایش و تنزل حاصلخیزی و سایر اشکال تخریب خاک قرار گرفته و منبع اصلی تولید رسوب برای سدهای مخزنی منطقه هستند.

گستره دیمزارهای استان بیشتر در نواحی مرکزی، شرق و شمال شرق استان متمرکز است. دیمزارهای واقع در مرکز استان عمدتاً در کلاس ارتفاعی ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ واقع گردیده و دیمزارهای نیمه شرقی استان در کلاس ارتفاعی ۱۵۰۰-۲۰۰۰ متر واقع هستند. حدود ۷۰ درصد از اراضی زراعی استان را دیمزارهایی تشکیل می‌دهند که در دامنه شیب‌ها، تراس‌ها، دشت‌سرها و آبرفت‌های استان قرار دارند. نقشه شکل ۲ پراکنش عرصه اراضی با شیب متوسط ۱۲-۲۵ درصد در سطح استان است. بیشتر این عرصه اراضی را دیمزارهای کم‌بازده تشکیل می‌دهند که در دشت‌سرها، تراس‌های دامنه‌ای و حاشیه دشت‌های زراعی اصلی استان پراکنش دارند.



شکل ۲- پراکنش مکانی اراضی با دامنه شیب ۱۲-۲۵ درصد در سطح استان کرمانشاه

پراکنش فشرده این اراضی در شمال غرب استان، معلول توپوگرافی و واحدهای فیزیوگرافی این محدوده از استان است و لزوماً انطباق با پراکنش وضعیت فرسایش در استان ندارد. چرا که، علاوه بر متغیر شیب، متغیر بارندگی و وضعیت اقلیمی همراه با عوامل مدیریت کاربری، با تاثیرگذاری بر وضعیت پوشش گیاهی، فرسایش خاک را کنترل می‌کند. همین امر باعث شده است که محدوده شمال غربی استان با وجود تمرکز اراضی شیب‌دار، از کانون‌های بحرانی از نظر فرسایش نیست. بررسی‌های میدانی نشان از تنوع شیب در میان دیمزارهای کم‌بازده در سطح استان بود. در بررسی‌های میدانی شیب این کاربری اراضی از حداقل ۵ تا حدود ۳۵ درصد پراکنده بود با این وجود بیشترین گستره مورد بررسی و اراضی انتخابی (با در نظر گرفتن تنوع مدیریت کاربری، نوع محصول، فراوانی اشکال فرسایش خاک و توپوگرافی) در محدوده شیب ۱۷-۲۵ درصد بود چرا که در این محدوده، فرسایش بویژه در اشکال پاشمان و صور فرسایش بین شیاری فعال تر از دیگر محدوده‌های شیب بود. جهت شیب مزارع مورد بررسی متنوع بود. با این وجود جهت‌های غربی و جنوبی بیشترین وفور اشکال و شدت فرسایش را در خود جای داده بود و کمترین عمق خاک را دارا بود (جدول ۲).

وضعیت مدیریت زراعی دیمزارها

کشت‌های غالب عمدتاً گندم، جو، نخود و در گستره محدودتر عدس و صیفی جات (متشکل از هندوانه، و نوعی طالبی بومی به نام گرگه) است. همچنین تناوب غالب هم تناوب جو- نخود و گندم-نخود بود. از نظر مدیریت کاربری و بویژه مدیریت خاک‌ورزی، مدیریت تناوب زراعی و مدیریت بقایای گیاهی

طیف وسیعی از مدیریت خاک بر عرصه دیمزها حاکم است. برای بررسی سناریوهای مدیریتی موجود در سطح دیمزارهای منطقه، برخی اختصاصات شیوه‌های مدیریتی یا الگوهای موجود نظیر عرصه هر الگو، ابزارهای فیزیکی، تنوع عملیات مدیریت مزرعه بررسی شد. از نظر مدیریت مزرعه، مشخصه-هائی نظیر ترکیب کشت، نظام کشت و تناوب، سامانه خاک‌ورزی و نوع ادوات مربوطه در طول دوره تناوب، سامانه سنتی آیش زمستانه یا چله‌بری، جهت شخم، و نیز نحوه مدیریت بقایای محصول، مقادیر مصرف نهاده‌ها و ماشین، تراکم دام در پس‌چر مزارع و وضعیت فرسایش ثبت شد. در بخش‌هایی که کشاورزی با اعمال طرح‌های یکپارچه‌سازی اراضی به سمت عملیات زراعی متراکم‌تر و بهره‌برداری بیشتر سوق یافته شیوه‌های مدیریتی نیز دارای توزیع یکنواخت‌تر گردیده است. الگوهای خاک‌ورزی که متاثر از نوع ادوات و الگوی کشت می‌باشد، دارای تنوع قابل ملاحظه‌ای در منطقه بودند. اما شاید مشخص‌ترین پارامتر مدیریتی در بحث خاک‌ورزی جهت شخم و نوع ادوات باشد. در بیشتر مزارع انتخابی پارامتر جهت شخم توسط نظام مالکیت تعیین شده بود. با این وجود به طور مشخص بین جهت شخم، درجه شیب و درصد سنگریزه برهمکنش بسیار واضحی در توزیع، شدت و نوع فرسایش وجود داشت. بطور مثال در مزارعی که به نظر می‌رسید به دلیل شیب بالای ۲۰ درصد و شخم در جهت شیب، فرسایش مشهود و شدیدی قابل رویت باشد، ولیکن به دلیل شرایط سنگریزه‌دار بودن سطح، فرسایش به شکل بارزی کنترل شده بود. البته این وضعیت با شرایطی که در اثر شستشوی خاک سنگریزه‌ها به جا مانده بودند قابل تمایز بود. اما به طور کلی شخم در جهت شیب منجر به حرکت خاک به سمت پائین دست در اثر ادوات خاک‌ورزی (فرسایش شخم) شده بود

جدول ۲- برخی مشخصات فیزیکی و مدیریتی مزارع انتخابی دیمزارهای شیب‌دار استان

کد مزرعه	شیب (%)	اصلی شیب (%)	جهت	نوع کشت تناوب	مرحله رشد	بقایای گیاهی وضعیت فرسایش	جهت شخم
DE1	۲۲		شمال غربی	گندم-نخود	ساقه‌دهی	شیاری و بین‌شیاری	در جهت شیب
DE2	۱۰		شمال شرق	جو-نخود	چله بری	پاشمان	در جهت شیب
DE3	۲۵		شمال شرق	جو-نخود	چله بری	سطحی-بین شیاری	در جهت شیب
DE4	۱۰	۱۵	جنوب غربی	گندم-نخود	برداشت-باقیمانده	سطحی-شیاری	در جهت شیب
DE5	۱۰	۱۵	جنوب	گندم-نخود	برداشت-باقیمانده	فرسایش نسبتاً شدید سطحی	خلاف جهت
DE6	۲۵	۱۵	جنوب شرقی	گندم-حبوبات	برداشت-باقیمانده	فرسایش شخم-سطحی ناچیز	در جهت شیب
DE7	۳۲	-	جنوب	گندم-نخود	برداشت-باقیمانده	فرسایش سطحی شدید-شیاری	خلاف جهت
DE8	۳۰	-	غربی	گندم	برداشت-باقیمانده	فرسایش شیاری	در جهت شیب
DE9	۱۲-۱۵	۱۰	شمال-شرقی	شخم	شخم	ناچیز	در جهت شیب
DE10	۱۸	-	جنوب	گندم	برداشت-باقیمانده	محدود	در جهت شیب
DE11	۱۵	-	شمال شرقی	جو-حبوبات	شخم	سطحی محدود	در جهت شیب
DE12	۲۵	۱۰	شمال شرقی	جو-حبوبات	شخم	ناچیز-سنگریزه دار	در جهت شیب
DE13	۲۲	-	جنوب غربی	جو-جو	شخم	سطحی	در جهت شیب
DE14	۲۵	۱۸	جنوب غربی	گندم-نخود	برداشت-باقیمانده	ناچیز-سنگریزه دار	در جهت شیب
DE15	۱۷	-	شمالی	گندم-نخود	شخم	ناچیز-سنگریزه دار	در جهت شیب
DE16	۱۵	-	جنوبی	گندم-نخود	شخم	ناچیز	در جهت شیب
DE17	۵	-	شمال شرقی	گندم-نخود	شخم	ناچیز	در جهت شیب
DE18	۱۳	-	جنوبی	گندم-نخود	شخم	فرسایش شخم-سطحی	در جهت شیب
DE18+1	۱۷	-	غربی	گندم-نخود	برداشت-باقیمانده	ناچیز	در جهت شیب
DE19	۳۰	-	غربی	گندم-نخود	برداشت-باقیمانده	ناچیز	در جهت شیب
DE20	۲۵	-	غربی	گندم-نخود	برداشت-باقیمانده	ناچیز-سنگریزه‌دار	در جهت شیب
DE21	۲۷	-	شمال غربی	گندم-نخود	شخم چله‌بری	ناچیز-سنگریزه‌دار	در جهت شیب
DE22	۲۷	-	جنوبی	گندم-نخود	برداشت-باقیمانده	ناچیز-سنگریزه‌دار	در جهت شیب
DE23	۲۲	۲۰	شمالی	گندم-نخود	برداشت-باقیمانده	ناچیز-سنگریزه‌دار	در جهت جانبی
DE24	۱۲	-	شمالی	جو-نخود	شخم	ناچیز-سنگریزه‌دار	خلاف جهت
DE25	۱۸	-	شمالی	جو-نخود	برداشت-باقیمانده	ناچیز-پاشمان	در جهت شیب
DE26	۲۲	۱۲	جنوب شرقی	گندم-نخود	شخم	فرسایش شیاری-شخم	در جهت شیب
DE27	۲۰	۱۰	شرقی	جو-نخود	شخم	سطحی-شیاری	در جهت شیب

الگوی غالب در مدیریت بقایای محصول مبتنی بر کلس سوزانی، برداشت تمام یا بخشی از بقایا در زمان برداشت محصول و تراکم دام در عرصه بود. بطور مشخص در سنوات اخیر به دلیل تغییر نظام برداشت محصول بطور معمول بین ۱۰ تا ۷۰ درصد بقایای محصول در سطح مزرعه باقی می‌ماند. همچنین پس چر مزارع منتج به تغییر ترکیب بقایا از بقایای ایستاده به خوابیده گردیده است که از نظر کنترل فرسایش بین شیاری و پاشمان ذرات موفق عمل نموده است. نظام تناوبی بیشتر متکی به توالی و فراوانی کشت لگوم و غلات در دوره تناوب و نیز سیستم سنتی آیش زمستانه بود. در بخش‌های یکپارچه‌سازی و نوسازی شده این تنوع به شکل قابل ملاحظه‌ای کم شده بود. به عبارت دیگر در بخش‌های یکپارچه سازی شده به دلیل سهولت کاربرد ماشین‌آلات، توالی و شدت خاکورزی بطور سالانه افزایش یافته است. همچنین نظام تک کشتی و حذف گونه‌های لگوم از نظام تناوب در دیمزارهای این نواحی تا حدودی شایع شده است. این امر منجر به تخریب ساختمان خاک و در نهایت تشدید اشکال مختلف فرسایش بویژه فرسایش سطحی و حتی فرسایش خندقی شده است.

خصوصیات خاک

با توجه به اولویت بررسی فرسایش در این تحقیق، مزارع انتخابی جهت مطالعه، عموماً دیمزارهای شیب‌دار انتخاب شدند. لذا ویژگی‌های کیفی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در مزارع انتخابی، معرف کل دیمزارهای استان نیست. مع‌الوصف می‌تواند معرف دیمزارهای یاد شده که کانون‌های اصلی فرسایش در استان هستند، باشد. در جدول ۳ برخی مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک و در جدول ۴ مشخصات آمار توصیفی آنها نشان داده شده است. درصد آهک در کلیه دیمزارهای استان با میانگین حدود ۲۷ درصد بالاست. محدوده استثناء از این قاعده، منطقه نسبتاً کوچکی از دیمزارهای شمال غرب استان است که نمونه‌های DE14، DE15 و DE16 معرف این دیمزارها هستند. این دیمزارها بر روی تشکیلات آذرین و ماسه‌سنگ‌های دوران سوم هستند که دارای بافت سبک و تا حدودی با کانی‌های اولیه سیلیسی و در مراحل ابتدایی تکامل خاک قرار دارند. در برخی دیمزارها بویژه دیمزارهای واقع در دشت‌های میانی استان تکامل پروفیلی بویژه تحولات مربوط به آهک در آنها بسیار بارز است. دیمزارهای واقع در محدوده دشتهای سنجابی، سرفیروزآباد و ماهیدشت از نظر تحولات مربوط به تغییرات آهک، شامل تشکیل مشخصه‌های آهک ثانویه، تشکیل نودولها، وضعیت پخش آهک و حتی تشکیل سخت لایه‌های آهکی در مرحله تکامل متوسط هستند. شکل ۳ نمونه پروفیل‌های معرف این نوع خاکها را در منطقه سنجابی نشان می‌دهد. این خاکها معرف حدواسط روند تکاملی خاک و تشکیل اینسپتی‌سولهای با افق تجمعی یا تکاملی کلسیک و کمبیک با نام تاکسونومیک Calcixerepts می‌باشند. نقطه قابل توجه آن بود که فرسایش در این خاکها عموماً بالا نبود و محدود به شرایط تشکیل کراستهای سطحی و فرسایش پاشمانی بود. در موارد نادر و محدودی فرسایش شیاری به وقوع پیوسته بود. که آن هم ناشی از مدیریت شخم و خاک‌ورزی بود.

جدول ۳- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در مزارع انتخابی جهت مطالعه

Clay %	Silt %	Sand %	CU ppm	Zn ppm	Fe ppm	Mn ppm	O.C %	K p.p.m	P p.p.m	pH	Ec ds/m	TNV%	مشخصات نمونه
42.0	46.0	12.0	1.38	0.68	6.58	6.56	2.41	380	11.6	7.27	0.33	38.8	DE1
50.0	38.0	12.0	1.08	0.68	2.24	4.76	0.80	320	5.6	7.48	0.37	30.5	DE2
46.0	42.0	12.0	0.98	0.68	3.14	1.00	0.67	220	10.8	7.41	0.45	51.5	DE3
38.0	51.4	10.6	1.52	0.58	8.56	15.0	0.86	280	17.6	7.15	0.37	5.0	DE4
39.0	51.4	9.6	2.58	0.86	8.62	12.4	0.86	540	5.8	7.21	0.80	4.0	DE5
41.2	31.2	28.4	1.14	0.7	6.1	12	1.12	320	22.2	7.25	0.55	15.2	DE6
24.6	50.4	25	0.9	1.24	4.12	19.8	1.68	600	23	7.29	0.64	3.6	DE7
41	42	17	1.01	0.71	4.5	5.69	1.45	430	12.8	7.43	0.38	16	DE8
42	46	12	1.89	0.88	7.3	11.32	2.35	570	16.3	7.25	0.80	10.6	DE9
24.8	54.2	21.0	0.74	0.84	9.70	9.0	1.00	270	6.6	7.41	4.36	32	DE10
20.8	64.2	15.0	1.60	0.70	14.14	14.0	1.42	320	14.8	7.51	0.78	34	DE11
20.8	68.2	11.0	1.90	0.62	17.22	18.0	1.28	420	11.0	7.52	0.92	36.5	DE12
24.8	32.2	43.0	1.48	0.64	13.04	14.4	0.82	240	14.8	7.72	0.62	45	DE13
32.8	46.2	21.0	1.58	1.64	14.54	14.0	0.94	300	13.2	7.60	0.70	8.8	DE14
30.8	54.2	15.0	2.12	0.68	14.90	15.8	0.78	400	13.2	7.42	0.79	11.6	DE15
30.8	52.2	17.0	1.80	0.58	11.42	14.8	0.86	400	12.4	7.60	0.60	13.2	DE16
34.8	54.2	11.0	2.16	0.52	12.96	10.8	0.82	400	21.4	7.60	0.70	28.9	DE17
30.4	43.0	26.6	1.92	0.58	14.62	16.2	0.74	380	8.0	7.16	0.76	42.3	DE18
34.4	55.0	10.6	1.50	0.54	12.36	9.8	1.00	270	8.0	7.29	0.45	42.6	DE19
30.4	45.0	24.6	1.34	0.52	9.54	19.8	1.56	360	10.2	7.11	1.14	51.5	DE20
21.4	56.0	22.6	1.68	0.72	15.38	19.8	1.10	360	16.2	7.31	1.03	32.2	DE21
26.4	41.0	32.6	1.18	0.60	13.10	14.4	0.96	280	7.4	7.37	0.75	33.5	DE22
26.4	63.0	10.6	1.82	0.92	15.48	14.0	1.20	420	16.2	7.42	0.63	23.5	DE(18+1)
34.4	41.0	24.4	1.84	0.86	15.46	14.0	1.00	380	11.6	7.35	0.95	10.5	DE24
42.9	38.9	18.2	1.72	0.84	16.5	12.3	1.90	450	13.5	7.56	0.59	26	DE25
33	61.4	5.6	1.12	0.65	11.2	6.85	1.52	395	9.5	7.61	0.19	22	DE26

جدول ۴- برخی مشخصات آمار توصیفی نمونه های خاک دیمزارهای شیب دار استان کرمانشاه

Clay %	Silt %	Sand %	CU ppm	Zn ppm	Fe ppm	Mn ppm	O.C %	K ppm	P ppm	pH	Ec	TNV%	مشخصات نمونه
50.0	68.2	43.0	2.58	1.64	17.22	19.80	2.41	600	23.0	7.72	59.0	51.50	بیشینه
20.8	31.2	5.6	0.74	0.52	2.24	1.0	0.67	220	5.6	7.11	0.19	3.60	کمینه
32.5	49.2	18.3	1.55	0.74	11.29	12.89	1.14	362.7	12.69	7.40	3.25	26.78	میانگین
-0.56	-	1.03	-	7.08	-0.54	0.47	2.33	1.12	-0.22	-0.89	23.76	-1.10	کشیدگی
0.38	0.53	1.01	0.05	0.23	2.45	-0.70	-0.70	1.52	0.81	0.59	0.02	4.87	چولگی
8.12	0.03	1.01	0.23	2.45	-0.70	-0.70	1.52	0.81	0.59	0.02	4.87	-0.07	انحراف معیار
8.12	9.79	8.86	0.44	0.25	4.35	4.76	0.42	89.38	4.95	0.17	11.90	14.98	



شکل ۳- علائم پخش و تمرکز آهک ثانویه و تشکیل افقهای تکاملی خاک در کمبیسولهای آهکی منطقه سنجابی

مهمترین مشخصه کیفی خاک یعنی کمیت کربن آلی خاک در دیمزارهای کم بازده در استان دارای دامنه نسبتاً متنوعی از تغییرات است (جدول ۳ و ۴). کمترین مقدار کربن آلی اندازه گیری شده در این خاکها ۰/۶۷ درصد و بیشترین آن ۲/۴۱ درصد است که مبین کمیت ماده آلی حدود ۱/۴ تا ۵ درصدی در این خاکهاست. البته کمیت های اندازه گیری شده در داده های محدود فوق نمی تواند معرف کل دیمزارهای استان و در کلیه شرایط مدیریتی باشد. بررسی های میدانی و بررسی داده های فوق نشان می دهد که اگرچه کمیت ارتفاع از سطح دریا می تواند شاخص خوبی برای پیش بینی ماده آلی خاک باشد. ولی این قاعده در مناطق شمال غربی استان که اتفاقاً ارتفاع نیز بالاتر از بقیه نقاط است صدق نمی کند و بیشتر تابع وضعیت بارندگی و اقلیم است. همچنین رابطه منطقی و ریاضی بین تغییرات آهک و کربن آلی خاک در دیمزارهای استان مشاهده نشد. بی نظمی بارزی در تحلیل عامل شرایط اقلیمی و جغرافیائی و حتی توپوگرافی در کمیت ماده آلی خاک در سطح دیمزارهای کم بازده استان وجود دارد که بطور مشخص معلول مدیریت کاربری و مدیریت زراعی می تواند باشد. کمیت ویژگیهای کیفی نظیر فسفر و پتاسیم قابل جذب در خاکهای دیمزار استان بجز موارد محدودی در حد کفایت است (جدول ۳). این مهم، بخصوص در مورد فسفر با میانگین ۱۲/۷ ppm ناشی از مصرف سالانه کودهای فسفره به عنوان کود پائیزه است (جدول ۴). دلیل تثبیت این مقدار فسفر در این خاکها، درصد آهک بالا در آنهاست که باعث می شود ترکیبات فسفره به صورت نودولهای فسفات کلسیم در خاک تثبیت و به مرور آزاد شوند. دلیل کفایت پتاسیم نیز آن است که کانی غالب در این خاکها کانیهای ۲:۱ گروه میکاها و ورمیکولیت است که سرشار از یون تبدالی یا فیکس شده پتاسیم در ساختار خود بوده که به مرور آنها را آزاد می نمایند. اما به طور مشخص در اراضی با فرسایش فعال، مقادیر فسفر و پتاسیم رو به تقلیل و زوال است. به گونه ای که کمبود این عناصر در این خاکها قابل رویت است. دلیل این امر بطور بدیهی شسته شدن ذرات ریز کلوئیدی افق سطح الارض، ناشی از فرسایش است، که نگهدارنده و تثبیت کننده این دو عنصر غذایی در خاک هستند.

در میان عناصر کم مصرف، در اکثر خاکهای اراضی دیمزار کم بازده استان، بطور بارزی کمبود روی و با شدت کمتری کمبود آهن شایع می‌باشد (جدول ۴). اما نتایج آزمایشات خاک نشان داد که کفایت منگنز و مس و تا حدودی آهن در اغلب خاکها وجود دارد. از سوی دیگر با توجه به رقابت و اثرات آنتاگونیستی بین روی و فسفر (که در اغلب خاکها به حد کفایت وجود دارد) این شرایط در این عرصه اراضی تشدید می‌شود. همان روندی که در خصوص اثر فرسایش در خصوص عنصر پتاسیم و تا حدودی فسفر بیان شد، در خصوص عناصر میکرو یا کم مصرف نیز صدق می‌نماید. این معضل در اراضی با فرسایش شخم و عمدتاً در دامنه‌های جنوبی خودنمایی بیشتری می‌کند.

در خصوص بافت خاک، تفوق نسبی ذرات با اندازه متوسط و ریز (سیلت و رس) در جزءبندی اندازه ذرات کمتر از دو میلی‌متر در بیشتر عرصه‌های دیمزار استان نسبت به ذرات با اندازه بزرگتر یعنی ذرات در اندازه‌های شن ریز وجود دارد (جدول ۴). این امر فرسایش‌پذیری و قابلیت حمل ذرات خاک را تقلیل می‌دهد. این مهم در کنار وجود آهک بالا و ظرفیت اقلیمی مناسب جهت انباشت قابل قبول ماده آلی خاک، مقاومت برشی ذرات خاک را در مقابل نیروی برشی رواناب و نیروی پاشمان قطرات باران افزایش می‌دهد و نویدبخش فرسایش‌پذیری ذاتی نسبتاً کم برای خاکهای عرصه دیمزارهای شیب‌دار استان است. منتهی، این ظرفیت، توسط مدیریت زراعی ناصحیح که منجر به تصاعد مخازن کربن آلی خاک به اتمسفر، کاهش پایداری و مقاومت برشی خاکدانه‌ها خنثی شده و سیمای عرصه این اراضی را به صورت محدوده‌های بحرانی و رسوب‌خیز به نمایش می‌گذارد.

شیب مزارع انتخابی متغییر و بین ۱۰ تا ۳۰ درصد انتخاب شد. وضعیت بقایای گیاهی که نشانگر زمان و درصد لخت‌مانی خاک در زمان بارندگیهای بود، مبین شرایط واقعی موجود در سطح استان بود. در مزارعی که سال تناوب گندم است، در بارندگیهای ابتدای فصل، خاک لخت است منتهی به دلیل خشکی شدید خاک، معمولاً رواناب‌ی جاری نمی‌شود. اما در کشت‌های بهاره که خاک در انتهای فصل بارندگی به صورت شخم خورده و کاملاً لخت است، شرایط کاملاً متفاوت است. در این زمان و در این مرحله از تناوب بیشترین فرسایش در منطقه بوقوع می‌پیوندد.

بررسی‌های میدانی و داده‌های حاصل از این مطالعه نشان داد که بطور مشخص بین درجه شیب و مدیریت رابطه برهمکنش افزایشی وجود دارد، ولی تفوق اثر با وضعیت پوشش سطح ناشی از مدیریت است. لذا در اراضی با شیب تند که پوشش بقایا مطلوب است، حتی بارندگیهای فرساینده شدید آخر فصل هم نتوانست فرسایش و روانابی تولید کند. ناطقی نیا و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی تأثیر شیب و پوشش گیاهی بر رواناب به این نتیجه رسیدند که با افزایش شیب متوسط زمین رواناب افزایش یافته به طوری که رواناب از ۳۴ درصد در شیب ۱ درصد به ۴۳ درصد در شیب ۵ درصد رسیده است. حشمتی و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که در کاربری دیمزار (اندازه‌گیری شده با شبیه‌ساز باران) که عملاً پوشش بقایا بسیار کمتر از محدوده‌های جنگلی مجاور است، شدت فرسایش ۶۰ درصد بیش از جنگل بدست آمد. مشاهدات میدانی نشان داد که زمان آغازش رواناب در اراضی که در زمان بارندگی زمین به صورت شخم بود بسیار کم و در کمتر از یک دقیقه از شروع رگبارش، رواناب شروع به حرکت می‌نمود. این امر در شرایط شخم، چندان وابسته به درجه شیب نبود. اما در اراضی با پوشش سطح بقایای گیاهی زمان شروع و یا آغازش رواناب بطور مشخص تابع برهمکنش درجه شیب درصد بقایای باقیمانده بود. محققان زیادی گزارش نموده‌اند که غلظت رسوب در ابتدای فرسایش زیاد بوده و با گذشت زمان به سرعت کاهش یافته و به یک مقدار تقریباً ثابتی در شرایط پایدار می‌رسد (Asadi و همکاران، ۲۰۱۱؛ Shi و همکاران، ۲۰۱۲). نتایج حاصل از پژوهش‌های Parsons و همکاران (۲۰۰۶) در آزمایش‌های شبیه‌سازی باران در اراضی شیب‌دار نشان داد که توزیع اندازه ذرات رسوب ناشی از جریان بین‌شیاری ریزتر از خاک اصلی می‌باشد. در مزارع با پوشش بقایای گیاهی رابطه مشخصی بین درصد شیب و فرسایش خاک قابل رصد نبود. دلیل این امر نوپز یا تداخل اثر بقایای گیاهی با شیب و حتی در مواردی جهت شیب می‌توانست باشد. اما بطور مشخص، در مزارع با پوشش بقایا بیش از ۵۰ درصد سطح، میزان رواناب تولیدی و به تبع آن فرسایش به حد ناچیزی تقلیل یافت. اندک فرسایش اندازه‌گیری شده نیز ناشی از پاشمان ذرات خاک در راستای شیب بوده است.

نتیجه‌گیری

عمده دیمزارهای شیب‌دار استان که کانون فرسایش و تولید رسوب هستند در نیمه میانی، بخش‌های جنوبی و تا حدودی در محدوده‌هایی از شمال شرق استان پراکنده هستند و در شیب‌های ۱۲ تا ۳۵ درصد پراکنده‌اند اما بیشترین کانونهای فرسایش از نظر شدت و فراوانی در شیب‌های ۱۸-۲۵ درصد متمرکز هستند. همین کانون‌ها از نظر نوع خاک و بویژه بافت خاک، با دیگر عرصه‌های استان بویژه دشت‌های مهم زراعی و مراتع و جنگلهای استان تفاوت محسوسی دارند. به نحوی که ذرات با اندازه متوسط نسبت به ذرات ریز و حتی ذرات شن ریز تفوق یافته‌اند. در حالی که دیگر عرصه‌های یاد شده غالباً بافت سنگین دارند.

I. در سطح استان تنوع قابل ملاحظه‌ای از مدیریت زراعی اعم از مدیریت بقایای گیاهی، مدیریت خاک‌ورزی و مدیریت تناوب زراعی در سطح دیمزارهای شیب‌دار استان حاکم است. این امر اثر شناخته شده متغیرهای توپوگرافیک نظیر درجه و جهت و حتی طول شیب را در رواناب تولیدی و فرسایش ایجاد شده تحت‌الشعاع خود قرار می‌دهد.



II پوشش بقایای گیاهی بطور بسیار بارزی شرایط فرسایشی خاک و تولید رواناب را کنترل می‌کند. بنابراین ساز و کار بهینه جهت کنترل فرسایش در اراضی یاد شده مدیریت بهینه بقایای گیاهی ایستاده و خوابیده است. مولفه‌های این مدیریت کنترل آتش‌سوزی مزارع، تعیین حد بهینه برداشت بقایا در شیب‌های مختلف و برنامه‌ریزی جهت پس‌چر متناسب دام در مزارع می‌تواند باشد.

سپاسگزاری

تحقیق حاصل نتایج طرح پژوهشی به شماره ثبت ۹۵۱۱۷-۲۹-۲۹-۰۴ و به سفارش معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی که بدینوسیله از مساعدت مالی آن معاونت محترم نهایت سپاسگزاری را دارم.

منابع

- پرویزی، ی. ۱۳۹۳. بررسی کارائی مدل فیزیکی WEPP در پیش بینی رواناب و فرسایش خاک در کاربری دیم در شرایط نیمه خشک. پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۲۸(۱): ۱۱۳-۱۲۶.
- دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۹۲. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱، محصولات زراعی جلد ۱، معاونت ابرنامه ریزی و اقتصادی، وزارت جهاد کشاورزی. ۱۶۷ صفحه.
- عرب‌خدری، م. ۱۳۸۴. بررسی رسوبدهی معلق حوزه‌های آبخیز ایران، تحقیقات منابع آب ایران. ۱(۲): ۵۱-۶۰.
- عرب‌خدری م.، شادفر ص. و سکوتی اسکویی ر. ۱۳۹۴. تدقیق ارقام فرسایش آبی و تعیین مقدار مجاز آن در کشور. گزارش نهائی طرح پژوهشی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران. ۲۴۶ صفحه.
- نظرنژاد ح.، قهرمان‌نژاد ا. و میریعقوب‌زاده م. ۱۳۹۶. تأثیرسناریوهای مختلف مدیریت کاربری اراضی بر میزان فرسایش خاک با مدل USLE در حوضه کلیبرچای. حفاظت منابع آب و خاک. ۷(۲): ۹۱-۱۰۴.
- نیک کامی، د. ۱۳۸۴. گزارش طرح تحقیقاتی "فرسایش خاک و تولید محصول در اراضی دیم". پژوهشکده حفاظت و آبخیزداری، سازمان تحقیقات کشاورزی.
- همت‌زاده، ی ح.، بارانی و آ. کبیر. ۱۳۸۸. نقش مدیریت پوشش گیاهی بر میزان رواناب سطحی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کچیک، استان گلستان). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد ۱۶، شماره ۲، صص. ۱۹-۳۳.
- Heshmati M., Gheytoury M., Hosseini M., Arabkhedri M., Parvizi Y. 2018. Effects of converting forest to the rainfed lands on soil characteristics in a part of Zagros forest. *Desert* 23(1): 21-28
- Kinnell, P.I.A. 2009. The impact of slope length on the discharge of sediment by rain impact reduced saltation and suspension. *Earth Surface Processes and Landforms*. 15 p.
- Lal, R.(2001). Soil degradation by erosion. *Land Degradation & Development*. 12: 519-539.
- Li, L., Du, S., Wu, L., Liu, G. 2009. An overview of soil loss tolerance. *Catena* 78:93-99
- Morgan, R.P.C. 2005. *Soil erosion and conservation*, Blackwell Publishing. 316 Pp.
- Poesen, J., and H.Lavee. 1994. Rock fragments in top soils. Significance and processes. *Catena*, 23: 1-28.
- Shi, Z.H., N.F. Fang, F.Z. Wu, L.Wang, B.J. Yue and G.L. Wu. 2012. Soil erosion processes and sediment sorting associated with transport mechanisms on steep slopes. *Journal of Hydrology*, 123-130.
- Zheng, F., X. He, X. Gao, C. Zhang and K. Tang. 2005. Effects of erosion patterns on nutrient loss following deforestation on the loess Plateau of China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 108: 85-97.
- Zougmore, R., A. Mando and L. Stroosnijder. 2009. Soil Nutrient and Sediment Loss as Affected By Erosion Barriers and Nutrient Source in Semi- Arid Burkina Faso. *Arid Land Research and Management*, 23: 85-100



Topic for submission: Water Erosion, Flood , Soil and Water Conservation
Field study of the effects of soil properties and farm management indices on soil erosion in rainfed land of Kermanshah province

Parvizi Y.^{*1}, Bayat R.,² Fatehi Sh.³

¹ Associate Prof., soil conservation and watershed management research dep. agriculture and natural resource research center of Kermanshah, AREEO, Iran

² Assistant Prof., soil conservation and watershed management research institute, AREEO, Tehran

³ Assistant Prof., , soil conservation and watershed management research dep. agriculture and natural resource research center of Kermanshah, AREEO, Iran

Abstract

Most recent study indicated that, low-yielding rainfed farms have become known as the main sources of soil erosion in the country. Therefore, more research is needed on the factors affecting erosion and sediment production in these areas. This research was carried out with the aim of studying the effects of farm management items on erosion in test rainfed lands in Kermanshah provinces using field study. In a preliminary study, the erosion situation in the high slope drylands of the province was studied by field observations. Then, in representative fields (in terms of erosion, slope and climate class), the status of erosion and agronomic management and its components were examined and soil sampling was carried out. The results showed that percentage of plant residues effectively controlled the process of runoff production and soil erosion.

Keywords: erosion, slope, farm management, tillage, dryland

* Corresponding author, Email: yparvizi1360@gmail.com

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

بررسی اثر شیوه مدیریت اراضی بر طول آبکندها در بخشی از دیمزارهای شهرستان خدابنده

علی رضا واعظی^{۱*}، فائزه محبی^۲، یاسین صالحی^۳^۱ استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان^۲ دانشجوی کارشناسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان^۳ دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر شیوه مدیریت اراضی بر طول آبکندها در بخشی از دیمزارهای شهرستان خدابنده واقع در جنوب استان زنجان انجام گرفت. برای این منظور ۷۴۲ آبکند در منطقه‌ای نیمه خشک به مساحت ۶۷ کیلومترمربع مورد بررسی قرار گرفتند. بررسی طول آبکندها از طریق نقشه‌های هوایی و ماهواره‌ای با استفاده از سامانه Google Earth انجام گرفت. برای هر آبکند، طول گسترش آن، تراکم (نسبت طول آبکند بر سطح زمین تحت گسترش) و نوع شیوه مدیریتی زمین‌های زراعی پیرامون آن (خاکورزی در جهت شیب و خاکورزی عمود بر شیب) تعیین شد. نتایج نشان داد مجموع طول آبکندها در زمین‌های تحت شخم موازی شیب ۷۳۷۹۹ متر و در زمین‌های تحت شخم عمود بر شیب ۱۰۹۶۴/۷ متر بود که نشان دهنده ۸۵ درصد کاهش مجموع طول آبکندها در شخم عمود بر شیب است. تراکم آبکندها در منطقه از ۱/۰۹ کیلومتر در کیلومترمربع در زمین‌های تحت شخم عمود بر شیب تا ۰/۱۶ کیلومتر در کیلومترمربع در زمین‌های تحت شخم موازی شیب تغییر می‌کند. به‌طور کلی این پژوهش نشان می‌دهد که گسترش آبکندها یکی از تهدیدات تولیدات کشاورزی در منطقه است. اجرای شخم موازی شیب عاملی مهم در آبکندزایی و افزایش تراکم آبکندها در زمین‌های کشاورزی دیم است. رعایت اصول کشاورزی پایدار مانند استفاده از روش‌های کم خاکورزی و خاکورزی روی خطوط تراز راهکاری اساسی برای جلوگیری از گسترش آبکندها در منطقه است.

کلمات کلیدی: تراکم آبکند، جهت شخم، کاربری اراضی، شخم عمود بر شیب.

مقدمه

فرسایش خاک و پیامدهای ناشی از آن، امروزه یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی به شمار می‌رود. فرسایش آبکندی حالت تکامل یافته فرسایش شیاری است که به دو شکل آبکندهای دائمی و موقتی دیده می‌شوند. آبکندهای دائمی که به صورت کانال‌ها عمیقی هستند و با شخم عادی از بین نمی‌روند اما آبکندهای موقتی در زمین‌های کشاورزی مانند شیارها به اندازه‌ای کوچک هستند که امکان اصلاح آن‌ها با شخم معمولی امکان‌پذیر است (جهان تیغ و تابع، ۱۳۹۶). فرسایش آبکندی از انواع فرسایش با مکانیسم پیچیده است که عوامل گوناگونی در شکل‌گیری و گسترش آن دخیل هستند Conoscenti و همکاران (۲۰۱۴) و chaplot (۲۰۱۳) مهم‌ترین عوامل مؤثر بر ایجاد و گسترش فرسایش آبکندی را میزان بارندگی، کاربری اراضی، توپوگرافی، فرسایندهایی جریان و مقاومت خاک، شدت شیب، جهت شیب، وسعت زهکشی، پوشش گیاهی و نوع سازند عنوان کردند.

در بسیاری از پژوهش‌ها به نقش عوامل مختلف در گسترش آبکندها پرداخته شده است. گیگلو و قضاوی (۱۳۹۷) در پژوهشی به منظور بررسی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و عوامل محیطی حوضه بالادست آن بر گسترش فرسایش آبکندی در حوضه آبخیز قوری چای گزارش کردند که گسترش طولی آبکندها بیشتر تحت تأثیر مساحت هر آبکند، درصد ماده آلی و پوشش گیاهی منطقه است. Wang و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی به بررسی اثر درجه شیب بر رواناب و رسوب در سه شیب (۵، ۱۰ و ۱۵ درجه) و در دو نوع خاکورزی (موازی شیب و عمود بر شیب) تحت باران شبیه سازی شده پرداختند و گزارش کردند که خاکورزی عمود بیشتر رسوب دهی را در رواناب برابر با خاکورزی موازی شیب داشت. اسماعیل نژاد و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی اثر خصوصیات خاک بر فرسایش هزار دره‌ای در اراضی مارنی

* ایمیل نویسنده مسئول: vaezi.alireza@znu.ac.ir

جنوب استان گیلان گزارش کردند خصوصیات خاک منطقه از عوامل مؤثر بر تشکیل فرسایش هزار دره‌ای بوده است. Afegbua (۲۰۱۶) با بررسی اثرات و علل فرسایش آبکندی در کشور نیجریه گزارش کردند که عوامل انسانی و طبیعی شامل بارش بیش از حد، نوع سازندهای زمین‌شناسی، نبود سیستم زهکشی مناسب، ویژگی‌های خاک و فقدان اقدامات کنترل‌کننده فرسایش از طرف دولت موجب شده است سطح بالای از اراضی تحت تأثیر فرسایش آبکندی قرار بگیرند. Li و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای در مناطق گرم و خشک شمال شرقی چین بر روی اثر عملیات‌های کشاورزی بر فرسایش آبکندی، مدیریت خاکورزی را به عنوان یکی از عوامل محیطی مهم و کلیدی بر گسترش فرسایش آبکندی معرفی کردند. گزارش‌های مختلفی از گسترش فرسایش آبکندی در نواحی نیمه‌خشک کشور ارائه شده است. به عنوان مثال سلیمانی و همکاران (۱۳۹۶) به منظور تعیین عوامل مؤثر بر گسترش آبکندهای حوزه آبخیز مدرس شوشتر پژوهشی انجام دادند نتایج این پژوهش نشان دادمیزان گسترش طولی آبکندها تابع سه متغیر مساحت آبکند، درصد خاک لخت و شیب آبکند است. زمانزاده و همکاران (۱۳۹۲) ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را در شکل‌گیری فرسایش خندقی منطقه نیمه خشک دشت کهور لامرد مورد بررسی قرار دادند، نتایج این تحقیق نشان داد که گسترش خندق‌ها در منطقه ناشی از سه متغیر گستره آبخیز، درصد سیلت و ماسه آبخیز واقع در بالای پیشانی خندق‌ها می‌باشد. اهمیت این موضوع در زمین‌های زراعی دیم دوچندان است. در این اراضی، گسترش آبکندها ضمن آنکه تأثیر زیادی بر هدررفت منابع آب و خاک دارد تهدید اساسی در کوچک شدن سطح زمین‌های زراعی و در نتیجه سخت شدن کارکرد دستگاه‌های کشاورزی دارد. تاکنون مطالعه‌ای در مورد نقش عوامل مدیریتی در گسترش آبکندها در زمین‌های زراعی دیم انجام نگرفته است. بر این اساس این پژوهش با هدف بررسی اثر شیوه مدیریت اراضی بر گسترش آبکندها در زمین‌های زراعی دیم در منطقه‌ای نیمه‌خشک در استان زنجان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در شهرستان خدابنده واقع در استان زنجان در محدوده‌ای از اراضی دیم واقع در $36^{\circ}13'35''$ تا $36^{\circ}06'47''$ عرض شمالی و $48^{\circ}41'49''$ تا $48^{\circ}37'23''$ طول شرقی انجام گرفت. شهرستان خدابنده دارای میانگین ارتفاع از سطح دریا ۲۰۵۰ متر است. میانگین دمای سالیانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد و میزان میانگین بارندگی سالانه در منطقه ۳۹۵ میلی‌متر است. اقلیم منطقه نیز بر اساس طبقه‌بندی دومارتون نیمه خشک سرد می‌باشد. رژیم حرارتی و رطوبتی منطقه به ترتیب مزیک و زریک است. کاربری زمین اغلب کشاورزی دیم و در دو جهت موازی و عمود بر شیب کشت گردیده‌اند.

برای انجام پژوهش منطقه‌ای تحت کشت دیم به مساحت ۶۷ کیلومترمربع انتخاب گردید در این منطقه ۷۴۲ آبکند شناسایی شد و روش‌های مدیریتی شامل خاکورزی عمود بر شیب و خاکورزی موازی شیب در زمین‌های زراعی پیرامون آنها مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

بررسی طول آبکندها از طریق نقشه‌های هوایی و ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه با استفاده از سامانه Google Earth انجام گرفت. موقعیت مکانی هر آبکند به صورت دقیق از روی نقشه‌ها ثبت شد. طول هر آبکند همراه با شاخه‌های جانبی آن تعیین شد سپس با استفاده از رابطه (۱) تراکم آبکندها محاسبه شد:

$$\text{تراکم آبکند} = \frac{\text{مجموع طول آبکندها (km)}}{\text{مساحت کل پهله (km}^2\text{)}} \quad (1)$$

همچنین در مطالعات برای هر آبکند نوع کاربری زراعی آن (خاکورزی در جهت شیب و خاکورزی عمود بر شیب) نیز به صورت جداگانه تعیین شد. کلیه تحلیل‌های آماری و رسم نمودارها در نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۶ انجام گرفت.

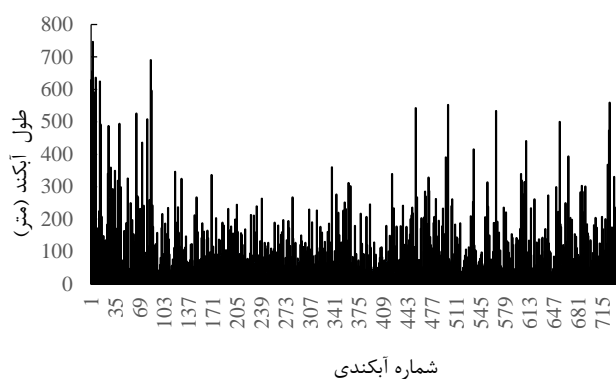
نتایج و بحث

تراکم آبکندها

شکل ۲ نتایج بررسی طول آبکندها را نشان می‌دهد. میانگین طول آبکندها در منطقه مورد مطالعه ۱۴۸ متر، مجموع کل آبکندها ۸۴/۷۶ کیلومتر و تعداد آبکندها در هر کیلومترمربع ۱۱ قطعه بود (جدول ۱). تراکم آبکندها در منطقه از ۱/۰۹ کیلومتر در کیلومترمربع در زمین‌های تحت خاکورزی موازی شیب تا ۰/۱۶ کیلومتر در کیلومترمربع در زمین‌های تحت خاکورزی عمود بر شیب تغییر می‌کند. با توجه به مفهوم فرسایش بدلند یا هزار دره (تراکم آبکندها در هر کیلومترمربع زمین بیش از ۱۰ کیلومتر باشد (رفاهی، ۱۳۸۵). منطقه دارای فرسایش هزار دره‌ای نیست.

جدول ۱- مشخصات آبکندهای منطقه

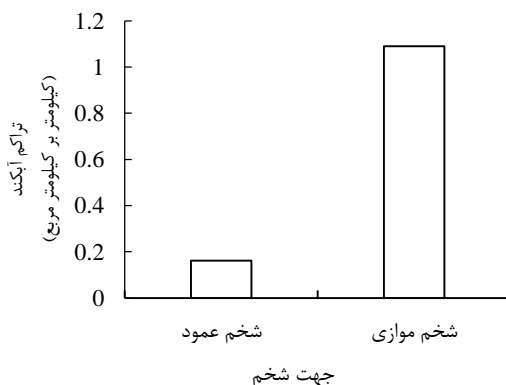
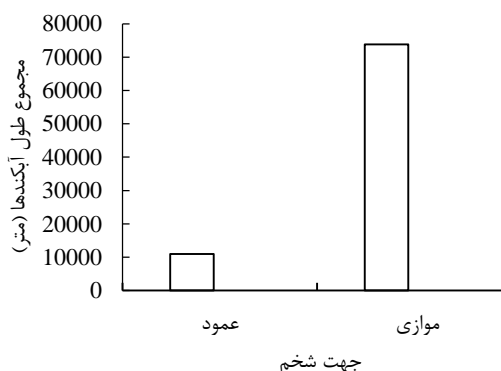
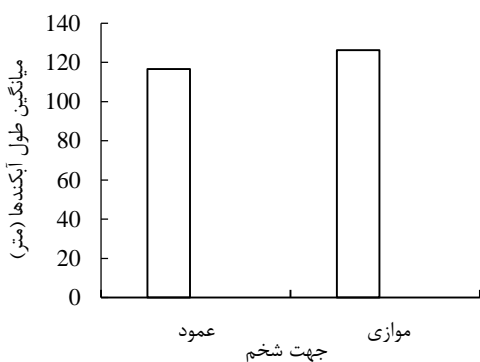
جهت شخم	مجموع طول آبکند (متر)	میانگین طول (متر)	تراکم آبکندها (کیلومتر بر کیلومتر مربع)
موازی	۷۳۷۹۹	۱۲۶/۲۸	۱/۰۹
عمود	۱۰۹۶۴/۷	۱۱۶/۶۴	۰/۱۶۲
مجموع	۸۴۷۶۳	۱۲۱/۴۶	۱/۲۵



شکل ۲- طول آبکندهای منطق

اثر جهت شخم بر طول آبکندها

نتایج بررسی مجموع طول و میانگین آبکندها در شکل (۳) نشان داده شده است. با توجه به نتایج، مجموع طول آبکندها در شخم موازی شیب ۷۳۷۹۹ متر و خاکورزی عمود بر شیب ۱۰۹۶۴/۷ متر بود که نشان می‌دهد ۸۷ درصد آبکندها در عرصه‌های تحت شخم موازی شیب و ۱۳ درصد آن‌ها در عرصه‌های تحت شخم عمود بر شیب تشکیل شده‌اند. میانگین طول آبکندها در شخم موازی شیب ۱۲۶/۲۸ متر است که این مقدار برای شخم عمود بر شیب ۱۱۶/۶۴ متر بود که نشان دهنده افزایش ۸ درصدی در طول گسترش آبکندها و عرصه‌های تحت شخم موازی شیب است. این نتیجه گویای افزایش شدید طول آبکندها در شخم موازی شیب نسبت به عمود بر شیب است. بنابراین می‌توان شخم موازی شیب را یکی از عوامل اصلی افزایش طول آبکندها دانست. در شخم عمود بر شیب، ردیف‌های کشت عموماً روی خطوط تراز قرار دارند در این نوع کشت پشته‌ها به عنوان مانعی در برابر جریان آب و انتقال ذرات خاک عمل کرده و فرصت حفظ آب و مهار رسوب را به خاک می‌دهند. اما در کشت همراه با شخم موازی شیب جویچه‌های ایجاد شد در اثر شخم، موجب افزایش سرعت جریان سطحی آب شده و ذرات خاک را راحت‌تر منتقل می‌کنند (واعظی و همکاران، ۱۳۹۷). افزایش سرعت جریان آب با افزایش تنش برشی موجب کنده شدن خاکدانه‌ها از رأس آبکندها شده و موجب افزایش حجم و طول آبکندها می‌گردد. نیکامی و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای به منظور بررسی مدیریت خاکورزی و پایداری خاک در اراضی دیم گزارش کردند که انجام عملیات شخم روی خطوط تراز بیشتر از ۹۰ درصد نسبت شخم در جهت شیب از مقدار فرسایش خاک می‌کاهد. میرزایی و همکاران (۱۳۹۳) نیز کاهش فرسایش آبکندها را در شخم عمود بر شیب نسبت به شخم موازی شیب در خاک‌های خشک و نیمه‌خشک ایلام گزارش کرده‌اند.



(ب)

(الف)

(ج)

شکل ۳- مجموع طول آبکندها در دو جهت شخم (الف)، میانگین طول آبکندها در دو جهت شخم (ب) تراکم آبکندهای منطقه (ج)

نتیجه گیری نهایی

بر اساس نتایج بررسی جهت شخم بر طول آبکندها، مجموع طول آبکندها در شخم عمود بر شیب نسبت به شخم در جهت شیب به میزان ۸۷ درصدی کاهش یافت و به صورت میانگین طول آبکندها در شخم موازی شیب ۸ درصد از شخم عمود بر شیب بیشتر بود. در شخم عمود بر شیب ردیف‌های کشت عموماً روی خطوط تراز قرار دارند در این نوع کشت پشته‌ها به عنوان مانعی در برابر جریان آب و انتقال ذرات خاک عمل کرده و مجالی برای حفظ آب و مهار رسوب می‌دهند. اما در شخم موازی شیب به دلیل ایجاد جویچه های شبیه شیار سرعت جریان سطحی افزایش یافته و ذرات خاک راحت تر منتقل شده که در نهایت منجر به گسترش طولی آبکندها می‌شود. به طور کلی این پژوهش نشان می‌دهد که گسترش آبکندها یکی از تهدیدات تولیدات کشاورزی در منطقه است. اجرای شخم موازی شیب عاملی مهم در آبکندزایی و افزایش تراکم آبکندها در زمین‌های کشاورزی دیم است. رعایت اصول کشاورزی پایدار مانند استفاده از روش‌های کم خاکورزی و خاکورزی روی خطوط تراز راهکاری اساسی برای جلوگیری از گسترش آبکندها در منطقه است.

منابع

- اسماعیل نژاد، ل.، رمضانپور، ح. و سیدمحمدی، ج. ۱۳۹۴. گسترش انواع مختلف فرسایش در اثر تغییر ویژگی‌های فیزیکی خاک و نوع کانی-های رسی در اراضی مارنی جنوب استان گیلان. نشریه مهندسی و مدیریت آب، ۷(۴)، ۵۲۳ - ۵۳۵.
- جهان تیغ، م. و تابع، م. ۱۳۹۶. مقایسه خصوصیات فیزیکی - شیمیایی خاک و مورفولوژی خندق‌های دوزنقه‌ای و ۷ شکل با کاربری‌های متفاوت در مناطق خشک، مطالعه موردی: مناطق حسین زهی و نالینت شهرستان چابهار. نشریه مهندسی و مدیریت آب، ۹(۳)، ۳۰۸ - ۳۱۷.
- سلیمانی، ف.، صوفی، م. و ارشم، ع. ۱۳۹۶. تعیین عوامل مؤثر بر گسترش آبکندهای حوزه آبخیز مدرس شوشتر. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۱(۵): ۱۴۳۲-۱۴۴۶.
- رفاهی، ح. ۱۳۸۵. فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران.
- زمان زاده، س. م. و احمدی، م. ۱۳۹۲. تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در شکل‌گیری و گسترش فرسایش خندقی (مطالعه موردی: فارس، منطقه دشت کهور لامرد). پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۲، ۱۳۵-۱۵۶.
- گیگلو، ب. ف. و قضاوی، ر. ۱۳۹۷. بررسی نقش ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک آبکند و عوامل زمین محیطی حوضه بالادست آن بر گسترش فرسایش آبکندها. نشریه علوم آب و خاک، ۲۲(۳)، ۲۷۳-۲۸۶.
- واعظی، ع. ل. و قره‌داغی، ح. ۱۳۹۲. کمی سازی گسترش فرسایش شیاری در خاک‌های مارنی در حوزه آبخیز زنجان رود در شمال غرب زنجان. نشریه آب و خاک، ۲۷(۵)، ۸۷۲-۸۸۱.
- میرزایی، ج.، نور محمدی، ف. و یوسفی، ع. ۱۳۹۳. ارزیابی مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر بر فرسایش آبکندها در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایلام. فصل‌نامه علمی - پژوهشی پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۴(۱۳): ۱۷-۲۸.
- Afegbua, UK., Uwazuruonye, J. and Jafaru, B. 2016. Investigating the Causes and Impacts of Gully Erosion in Auchi, Nigeria. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*, 4 (4): 1-13.
- Chaplot, V. 2013. Impact of terrain attributes, parent material and soil types on gully erosion *Geomorphology*, 186,1-11
- Conoscenti, C. Angileri., S. Cappadonia, C., Rotigliano, E., Agnesi, V. and Märker, M. 2014. Gully erosion susceptibility assessment by means of GIS-based logistic regression: a case of Sicily (Italy), *Geomorphology*, 204, 399-411.
- Li. R., Xingwu. D., Guangli. Z., Zhijia. G. and Detai. F. 2019. Impacts of tillage practices on ephemeral gully erosion in a dry-hot valley region in southwestern China. *Soil and Tillage Research*, 187, 72-84.
- Nikkami, D., A. J. Ardakani and F. B. Movahhed. 2008. Tillage management on sustainable rainfed agricultural resources. *Journal of Applied Sciences*, 8(18), 3255-3260.



Wang, L., N .Dalabay, P. L.U and Wu, F. 2017. Effect of tillage practices and slope on runoff and erosion of soil from the loess Plateau, China, subjected to simulated rainfall. Soil and Tillage Research, 166, 147-156.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Water Erosion, Flood , Soil and Water Conservation

Investigating the effect of land management on gully lengths in rainfed of Khodabandeh County

Vaezi¹, A.r., mohebi², F. salehi³. Y

Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

Undergraduate student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

Ph.D. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

Abstract

This research was carried out with the aim of investigating the effect of land management practices on gully lengths in a part of rainfed of Khodabandeh county located south of Zanjan province. For this purpose, 742 gullies were surveyed in an area of 67 km². The survey of length of in gullies was done through aerial and satellite maps using the Google Earth system. For each gully, the length of its extension, density the proportion of gully length and land surface area using sustainable agriculture methods such as minimum tillage and contour tillage and substantial strategies in preventing gully development in rainfed lands and the method of management practices of the agricultural lands around it (along slope tillage and contour tillage) was determined. The results showed that the total length of the gullies in along parallel tillage was 73799 meters and in the contour tillage plots was 10964.7 meters, which represents an 87 percent reduction in the total length of the gully in the contour tillage. The gully density in the area varies from 1.07 km / km² in the land under cultivar along slope tillage to 0.16 km / m² in land under contour tillage In general, this study shows that the development of gully is one of the threats to agricultural production in the region. Tillage along slope is an important factor in gullying and increasing the density of gully in rainfed agricultural land. Observing the principles of sustainable agriculture, such as the use of low tillage methods and tillage on contour lines an important strategy is to prevent the spread of gully in the region.

Key words: contour tillage, Gully density, Land use, tillage direction

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

برآورد میزان فرسایش و رسوب بر مبنای پردازش شیء‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای و مدل MPSIAC

(مطالعه موردی: حوضه آبخیز ليقوان)

پناه محمدی^{۱*}، عباس احمدی^۲، بختیار فیضی‌زاده^۳، علی‌اصغر جعفرزاده^۴، مهدی رحمتی^۵^۱ دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز^۲ دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز^۳ استادیار گروه سنجش‌از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشکده جغرافیا، دانشگاه تبریز^۴ استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز^۵ استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

چکیده

فرسایش خاک یکی از مهمترین مسائل زیست‌محیطی در جهان و ایران می‌باشد. لازمه مبارزه با فرسایش خاک و کاهش اثرات تخریبی آن وجود داده‌های کمی است تا بتوان به کمک آن مناطق بحرانی و نیازمند محافظت را شناسایی کرد. با توجه به زمان‌بر بودن و هزینه بالای روش‌های سنتی، انجام تحقیقات اصولی با استفاده از فناوری‌های جدید سنجش‌از دور و تصاویر ماهواره‌ای ضروری می‌نماید. بنابراین در این تحقیق به منظور برآورد فرسایش و رسوب حوضه آبخیز ليقوان (به مساحت ۷۶ کیلومتر مربع) از مدل تجربی MPSIAC، روش‌های نوین سنجش‌از دور و پردازش شیء‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده است. برای این منظور وضعیت اطلاعات پایه‌ای با استفاده از نقشه‌های موجود، تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲، داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی، هیدرومتری و عملیات صحرایی تهیه شده و وارد سیستم گردید. پس از تشکیل بانک اطلاعاتی و وزن‌دهی به لایه‌ها بر اساس مدل MPSIAC، نقشه پهنه‌بندی رسوب‌دهی حوضه با توجه به واحدهای هیدرولوژیک استخراج گردید. مقایسه مقادیر رسوب برآوردی و پهنه-بندی رسوب‌دهی حوضه نشان می‌دهد که حوضه از نظر مقادیر فرسایشی در کلاس کم تا زیاد قرار دارد. طبق نتایج بدست آمده، حدود ۲۸۲ تن خاک در طول یک سال از واحد سطح حوضه (کیلومتر مربع) فرسایش یافته و رسوب تولید می‌شود.

کلمات کلیدی: پردازش شیء‌گرایی، فرسایش و رسوب، مدل MPSIAC، حوضه آبخیز ليقوان

مقدمه

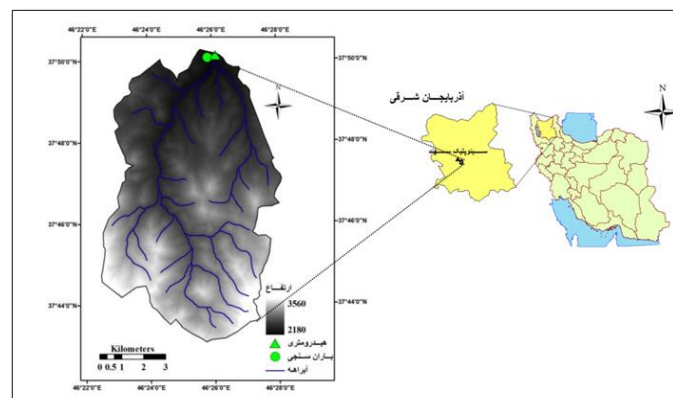
فرسایش خاک از جمله مهمترین عوامل زیست‌محیطی قرن حاضر در سرتاسر دنیا بویژه کشور ایران می‌باشد. رسوبات ناشی از این فرآیند ضمن آلودگی آب‌ها سبب پرشدن مخازن سدها و افت پتانسیل تولید و بهره‌وری زمین‌ها و محیط‌زیست و منابع طبیعی می‌باشد. بنابراین آگاهی از وضعیت فرسایش و حجم تولید رسوب سالیانه در حوضه‌های آبخیز بسیار مهم و نیازمند مطالعات بیشتر و هدفمند برای شناسایی عوامل موثر در این فرآیند می‌باشد (Zandi, 2012). با توجه به اینکه اغلب مکان‌های جغرافیایی به لحاظ تفاوت در ستاختر ژئومورفولوژیکی، در مقابل عوامل فرسایش‌به‌طور یکسان آسیب‌پذیر نیستند، بنابراین اولین قدم در مقابله با پدیده فرسایش و مبارزه با آن، شناسایی و پهنه‌بندی مناطق آسیب‌پذیر و تعیین مقادیر کمی فرسایش و تولید رسوب است. یکی از کاربردی‌ترین روش‌های کمی که توانایی آن در برآورد دقیق‌تر تولید رسوب در حوضه‌های آبخیز ایران مورد ارزیابی قرار گرفته، مدل تجربی MPSIAC می‌باشد (رفاهی، ۱۳۸۵). Tangestani (۲۰۰۶) ضمن تهیه نقشه فرسایش در زیرحوضه آفرز در حوضه قره-آغاج، مقدار فرسایش و رسوب را با استفاده از تصاویر رقومی ETM+ و مدل‌های فیزیکی MPSIAC و EPM برآورد کرده و نتیجه گرفت که مدل MPSIAC نتایج بهتری را نسبت به مدل EPM برای حوضه موردنظر داده است.

امروزه سنجش‌از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به دلیل صرفه‌جویی در وقت و هزینه، و ارائه نتایج دقیق‌تر نسبت به روش‌های سنتی، با استقبال زیادی از سوی محققین مواجه شده و به‌عنوان ابزاری قدرتمند و ارزان جهت مدیریت، ارزیابی و اداره پدیده‌ها و منابع زمینی، از سیستم‌های پیشرفته مطالعات منابع طبیعی بخصوص در مطالعات فرسایش خاک و رسوب‌دهی حوضه‌های آبخیز به‌شمار می‌آید (Höbling و همکاران، ۲۰۱۵). با توجه به مزیت‌ها و ویژگی‌های سنجش‌از دور، از جمله تشخیص عوارض و پدیده‌های زمینی بدون دخالت و تماس فیزیکی و با کاربرد تابش امواج الکترومغناطیسی به سطح عوارض و ثبت موج برگشتی به وسیله سنجنده‌ها، امکان دید کلی و جزئی را در منطقه فراهم می‌کند (Feyzizadeh و

همکاران (۱۳۸۶). همچنین پیشرفت‌های خوب در علوم کامپیوتر و هوش مصنوعی، منجر به توسعه تکنیک‌های جدید مانند پردازش شیء‌گرا^۱، به منظور استخراج اتوماتیک اشیاء طبیعی از تصاویر ماهواره‌ای، شده است (Baatz و همکاران، ۲۰۰۰). پردازش شیء‌گرا یکی از روش‌های طبقه‌بندی و استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد که در آن براساس ویژگی‌های طیفی، شکلی و زمینه‌ای شیء و با استفاده از دانش کارشناسی، نسبت به شناسایی عوارض مورد نظر اقدام می‌شود (Brodsky و همکاران، ۲۰۰۶). Feyzizadeh و همکاران (۲۰۰۹) نقشه کاربری اراضی استان آذربایجان غربی را با دو روش طبقه‌بندی پیکسل پایه^۲ (الگوریتم حداکثر احتمال) و شیء‌گرا (الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه) و با استفاده از تصاویر سنجنده HDR ماهواره SPOT-5 تهیه کردند. نتایج مربوط به صحت کلی طبقه‌بندی آنها نشان داد که روش طبقه‌بندی شیء‌گرا با افزایش دقت معادل ۷٪ در هر دو شاخص صحت کلی و ضریب کاپا از دقت بالاتری برخوردار است. روش طبقه‌بندی شیء‌گرا تا حد وسیعی سنجش از دور را به حوزه‌هایی که منجر به تصمیم‌گیری می‌شوند، وارد می‌سازد و قادر است از پتانسیل اطلاعات نهفته در تصاویر ماهواره‌ای با رزولوشن بالا استفاده کند (Saidzadeh, ۱۳۹۴). علی‌رغم ارائه و توسعه روش‌های نوین پردازش تصاویر ماهواره‌ای برای شناسایی تغییرات سطح زمین، در اغلب تحقیقات انجام شده در ایران، بصورت مطالعات میدانی و با صرف وقت و هزینه بالا، نسبت به شناسایی و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی اقدام می‌شود، بنابراین لزوم ارائه و استفاده از این روش‌های نوین که از سرعت و دقت مناسبی برخوردار هستند، ضروری می‌نماید. لذا هدف از این تحقیق برآورد فرسایش و رسوب حوضه آبخیز لیقوان با کاربرد روش پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای، جهت تهیه نقشه‌های پوشش زمین و کاربری اراضی، و استفاده از آنها در مدل فیزیکی MPSIAC و تهیه نقشه پهنه‌بندی تولید رسوب منطقه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

حوضه لیقوان از زیرحوضه‌های مهم آجی‌چای بوده که با وسعتی معادل ۷۶ کیلومتر مربع و محیط ۴۲/۱۳ کیلومتر در استان آذربایجان شرقی در دامنه شمالی کوه سه‌سهند ما بین طول‌های شرقی ۴۶° ۲۵' تا ۴۶° ۲۶' و عرض‌های شمالی ۳۷° ۴۵' تا ۳۷° ۵۰' گسترده شده است. بلندترین نقطه حوضه با ارتفاع ۳۶۲۰ متر از سطح دریای آزاد در جنوب شرقی ارتفاعات سه‌سهند و پایین‌ترین نقطه آن با ارتفاع ۲۱۴۰ متر در محل ایستگاه هیدرومتری لیقوان می‌باشد. شکل ۱ موقعیت حوضه آبخیز لیقوان را نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در ایران و استان آذربایجان شرقی

روش به کارگرفته شده در تحقیق حاضر مدل تحلیلی توصیفی MPSIAC است که با توجه به اهداف اصلی از منابع متعدد اسنادی، مشاهداتی و میدانی در آن استفاده شده است. در این روش نقشه‌های توپوگرافی منطقه (جهت تهیه نقشه‌های موضوعی و پایه)، نقشه‌های زمین‌شناسی و خاکشناسی، داده‌های هواشناسی و هیدرومتری مورد استفاده قرار می‌گیرند. علاوه بر این در تحقیق حاضر از تکنولوژی سنجش از دور و پردازش

¹ - Object-Oriented Processing

² - Pixel base classification

شیء‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده و با پردازش تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ با استفاده از نرم‌افزارهای ERDAS و eCognition، نقشه پوشش زمین و وضعیت کاربری اراضی بعنوان بخشی دیگر از مستندات مورد نیاز تحقیق تهیه گردید. برای تهیه این نقشه‌ها از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ (سال ۲۰۱۶) و باندهای ۲ تا ۸ (با ضریب تاثیرگذاری صفر تا یک برای هر باند) استفاده شد. به منظور افزایش دقت و صحت طبقه‌بندی و با روش پردازش شیء‌گرا، از نمونه‌های واقعیت زمینی برداشت شده با استفاده از GPS و مشاهدات میدانی و عکس‌های هوایی نیز استفاده شد. جهت اجرای مراحل مختلف تحقیق ابتدا حوضه مورد مطالعه به ۱۳ واحد کاری تقسیم شده و سپس ارزش عددی مربوط به هر کدام از عوامل نه‌گانه مدل MPSIAC محاسبه شدند. مطالعات میدانی مورد نیاز برآورد میزان فرسایش و رسوب با استفاده از مدل MPSIAC، شامل نمونه‌برداری و تهیه گزارش‌های منطقه‌ای در ارتباط با فرسایش و رسوب و بررسی وضعیت فرسایش و انواع آن در حوضه می‌باشد که برای این منظور، ضمن نمونه‌برداری خاک جهت انجام مطالعات آزمایشگاهی، امتیاز هر یک از فاکتورهای مدل MPSIAC، نیز تعیین شده و بر اساس شدت و ضعف هر عامل، ارزش عددی هر کدام از آنها با استفاده از روابط ارائه شده در جدول ۱ محاسبه گردید.

جدول ۱. عوامل موثر در مدل MPSIAC و نحوه امتیاز دهی به آن

ردیف	عوامل MPSIAC	امتیاز	محاسبه امتیاز عامل MPSIAC	شرح پارامترها
۱	زمین شناسی سطحی	۰ - ۱۰	$Y_1 = X_1$	X_1 شاخص فرسایش پذیری سنگها
۲	خاک	۰ - ۱۰	$Y_2 = 16.67X_2$	X_2 فرسایش پذیری خاک
۳	آب و هوا	۰ - ۱۰	$Y_3 = 0.2X_3$	X_3 بارندگی ۶ ساعته
۴	رواناب (جریانهای سطحی)	۰ - ۱۰	$Y_4 = 0.006R + 10Q_P$	R ارتفاع رواناب و Q_P دبی ویژه
۵	پستی و بلندی	۰ - ۲۰	$Y_5 = 0.33X_5$	X_5 شیب متوسط حوضه بر حسب درصد
۶	پوشش زمین	۱۰ - ۱۰	$Y_6 = 0.2X_6$	X_6 درصد زمین لخت (لاشبرگ و سنگ)
۷	کاربری اراضی	۱۰ - ۱۰	$Y_7 = 20 - 0.2P_c$	P_c درصد تاج پوشش
۸	وضعیت فعلی فرسایش	۰ - ۲۵	$Y_8 = 0.25 S.S.F$	SSF فرسایش سطحی خاک
۹	فرسایش رودخانه‌ای	۰ - ۲۵	$Y_9 = 1.67 S.S.F.g$	S.S.F.g فرسایش خندقی خاک

در این مدل پس از تعیین امتیاز عددی ۹ فاکتور در نظر گرفته شده و به محاسبه جمع جبری نمرات آنها، جهت تعیین درجه رسوب‌دهی در هر یک از اجزای واحد اراضی، از ماتریس استاندارد (جدول ۲) استفاده می‌شود (Ahmadi, ۱۳۸۶). اما به منظور اعمال دقت بیشتر و کاهش اشتباه در برون‌یابی و درون‌یابی، به منظور محاسبه میزان تولید رسوب از رابطه ۱ استفاده می‌شود:

$$Q_s = 38.77e^{0.0353R} \quad (1)$$

که در آن Q_s ، میزان رسوب‌دهی سالانه در واحد سطح بر حسب مترمکعب بر کیلومتر مربع در سال و R ، درجه‌ی رسوب‌دهی یا حاصل جمع نمرات عوامل ۹ گانه مدل MPSIAC و بطور نرمال برحسب مترمکعب بر کیلومتر در سال می‌باشد.

جدول ۲. ماتریس استاندارد طبقه‌بندی کلاس تولید رسوب در مدل MPSIAC

کلاس رسوب‌دهی	طبقه‌بندی کیفی	درجه رسوب‌دهی (مجموع امتیازات عددی)	تولید رسوب (مترمکعب بر کیلومتر مربع در سال)
۵	خیلی زیاد	۱۵۰-۱۰۰	بیش از ۱۴۵۰
۴	زیاد	۱۰۰-۷۵	۴۵۰-۱۴۵۰
۳	متوسط	۷۵-۵۰	۲۵۰-۴۵۰
۲	کم	۵۰-۲۵	۹۵-۲۵۰
۱	ناچیز	۲۵-۰	کمتر از ۹۵

در مرحله اول نقشه پایه منطقه مطالعاتی بر روی نقشه‌های مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ تهیه و محدوده مورد مطالعه بر اساس خصوصیات هیدرولوژیکی و خط الرأس‌های حوضه آبخیز تعیین گردید. در این مرحله با استفاده از این نقشه‌های پایه و اطلاعات و داده‌های هواشناسی، بارندگی و هیدرومتری، نقشه‌های عامل زمین‌شناسی، خاک، توپوگرافی، آب و هوا، رواناب، فرسایش سطحی و رودخانه‌ای تهیه شد. همانطور که اشاره شد برای تهیه نقشه‌های پوشش زمین و کاربری اراضی نیز از تصاویر ماهواره سنتینل-۲ استفاده شد. این تصاویر که بصورت رایگان از سایت Copernicus قابل دانلود می‌باشند، دارای قدرت تفکیک زمانی ۵ و ۱۰ روز، قدرت تفکیک مکانی ۱۰، ۲۰ و ۶۰ متر و قدرت تفکیک طیفی ۱۳ باند هستند (جدول ۳). قبل از فرآیند طبقه‌بندی، تمامی خطاهای سیستماتیک و غیرسیستماتیک موجود در تصاویر با اعمال پیش‌پردازش‌های تصحیح هندسی، تصحیح رادیومتریکی و اتمسفری برطرف گردید. به منظور آماده‌سازی تصاویر جهت ورود به طبقه‌بندی و بررسی و تجزیه و تحلیل آنها از نرم‌افزارهای ERDAS، ArcGIS و eCognition استفاده شد.

جدول ۳. مشخصات باندهای ماهواره سنتینل-۲ استفاده شده در این تحقیق

باند	ویژگی	عرض باند (نانومتر)	طول موج مرکزی باند (میکرومتر)	قدرت تفکیک (متر)
باند ۲	باند آبی	۶۵	۰/۴۹۰	۱۰
باند ۳	باند سبز	۳۵	۰/۵۶۰	۱۰
باند ۴	باند قرمز	۳۰	۰/۶۶۵	۱۰
باند ۵	لبه قرمز پوشش گیاهی	۱۵	۰/۷۰۵	۲۰
باند ۶	لبه قرمز پوشش گیاهی	۱۵	۰/۷۴۰	۲۰
باند ۷	لبه قرمز پوشش گیاهی	۲۰	۰/۷۸۳	۲۰
باند ۸	مادون قرمز نزدیک	۱۱۵	۰/۸۴۲	۱۰

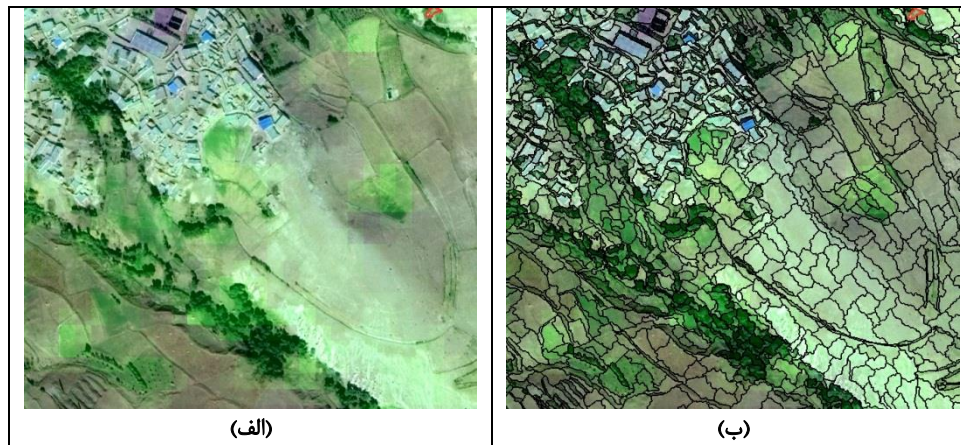
فرآیند طبقه‌بندی تصاویر به روش شیء‌گرا شامل دو مرحله اصلی قطعه‌بندی^۴ و طبقه‌بندی^۵ می‌باشد که در آن ارزیابی اشیاء هر کلاس، از تابع عضویت که ارزش آن معمولاً بین صفر (بیانگر عدم احتمال وابستگی مطلق) و یک (بیانگر نسبت عضویت کامل هر پیکسل در کلاسی خاص) متغیر است، استفاده می‌گردد (Feyzizadeh و همکاران، ۱۳۸۶). در این نوع طبقه‌بندی، اشیاء تصویری حاصل از فرآیند قطعه‌بندی مبنای طبقه‌بندی هستند که هر کدام از این اشیاء روی سطح تصویر دارای حجم زیادی از اطلاعات نقاط متناظر زمینی می‌باشند. به همین خاطر این مرحله از طبقه‌بندی بسیار مهم بوده و هر چقدر قطعه‌بندی با دقت بیشتری انجام شود، مستقیماً روی کیفیت طبقه‌بندی به لحاظ دقت و صحت نیز تاثیرگذار خواهد بود (Feyzizadeh، ۱۳۸۷). برای قطعه‌بندی تصاویر از اطلاعات مربوط به ویژگی‌های هندسی هر کدام از کلاس‌های کاربری اراضی استفاده شد. برای این منظور مقیاس‌های مختلفی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و از بین آنها بهترین وزن‌دهی برای قطعه‌بندی انتخاب گردید (جدول ۴).

جدول ۴: مقادیر و وزن پارامترها برای قطعه‌بندی تصاویر

پارامتر	مقیاس	شکل	فشرده‌گی	شیب	مدل رقومی ارتفاع	باندهای ۲ تا ۸ تصاویر سنتینل
وزن لایه‌ها	۵۰	۰/۷	۰/۳	۰	۰	۱

⁴ - Segmentation

⁵ - Classification



شکل ۲: نمایش تصویر اصلی (الف) و قطعه‌بندی شده (ب)

پس از انجام قطعه‌بندی تعداد کلاس‌های مورد نیاز برای طبقه‌بندی به همراه خصوصیات بصری مربوط به هر کلاس و اطلاعات پایه و مورد نیاز طبقه‌بندی شیء‌گرا تعیین می‌شود. در تحقیق حاضر پس از تعیین کلاس‌های کاربری اراضی در محیط نرم افزار eCognition اطلاعات مربوط به هر کلاس استخراج و بدین وسیله سیستم دانش پایه مورد نیاز طبقه‌بندی تشکیل گردید. از بین روشهای مختلف طبقه‌بندی در این نرم‌افزار، روش طبقه‌بندی فازی بصورت خودکار و با استفاده از الگوریتم نزدیکترین همسایه توابع عضویت چند بعدی را ایجاد می‌کند که در آن شیء‌های تصویری براساس فضای عوارض و نمونه‌های معین طبقه‌بندی می‌شوند (Feyzizadeh, 1387). این تکنیک بصورت یک فرایند تکرارپذیر در نرم‌افزار eCognition انجام می‌گردد تا بالاترین درجه عضویت برای هر کدام از شیء‌های تصویری حاصل و در نهایت هریک از اشیاء تصویری به یکی (یا هیچکدام) از کلاس‌ها اختصاص یابد. نمونه‌های آموزشی که اساس طبقه‌بندی در این روش می‌باشند، با استفاده از عملیات میدانی و نمونه‌برداری با استفاده از GPS و همچنین نقاط کنترل از طریق گوگل‌ارث تهیه و در مرحله بعد در محیط نرم‌افزار eCognition بر سطح تصویر پیاده شدند. به منظور ارزیابی دقت طبقه‌بندی نیز از پارامترهای آماری ضریب کاپا و دقت کلی استفاده شد. (روابط ۳ و ۴).

$$Kappa = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c} * 100 \quad (3)$$

که در آن P_0 درستی مشاهده شده و P_c توافق مورد انتظار است.

$$OA = \frac{1}{N} \sum P_{ii} \quad (4)$$

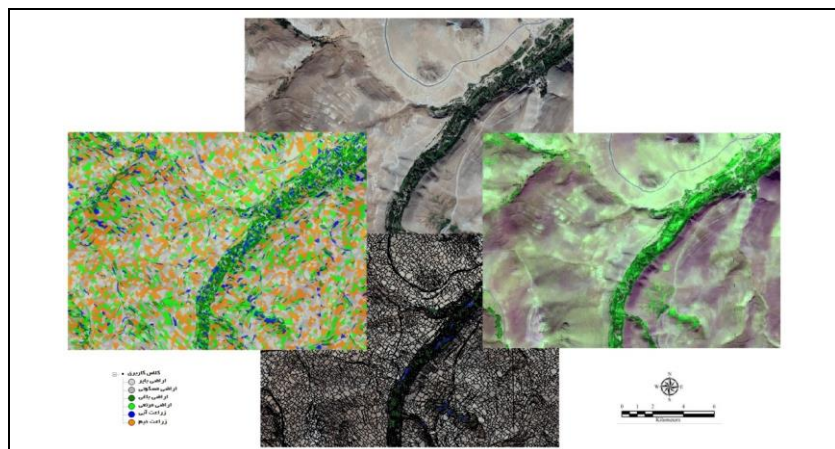
در این رابطه OA دقت کلی، N تعداد پیکسل‌های آزمایشی و $\sum P_{ii}$ جمع عناصر قطر ماتریس خطا می‌باشد.

نتایج و بحث

برای آشکارسازی و پهنه‌بندی فرسایش و رسوب حوضه مورد مطالعه با استفاده از روش تجربی MPSIAC، نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و خاکشناسی، داده‌های هواشناسی، هیدرومتری و تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ مورد استفاده قرار گرفتند. به منظور تهیه نقشه پوشش گیاهی از شاخص NDVI استفاده گردید که بر اساس رفتارهای مختلف نمایش داده‌شده بوسیله اختلاف در طول موجهای الکترومغناطیسی گسیل شده از گیاهان می‌باشد و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$NDVI = \frac{P_{nir} - P_{red}}{P_{nir} + P_{red}} \quad (2)$$

که در آن P_{red} و P_{nir} به ترتیب بازتابندگی باندهای مادون قرمز نزدیک و قرمز می‌باشند. مقدار این شاخص بین -۱ و +۱ می‌باشد که مقادیر منفی آن (اعداد نزدیک به -۱) نشان دهنده پهنه‌های آبی، مقادیر نزدیک به صفر (بین -۰.۱ تا +۰.۱) معمولاً نشان دهنده سطوح برهنه سنگی، ماسه‌ای یا برفی و مقادیر بالا (اعداد نزدیک به +۱) نشان دهنده پوشش گیاهی است. بر اساس نتایج به دست آمده از طبقه‌بندی، استفاده از اشیاء حاصله از قطعه‌بندی، باعث بهبود دقت و صحت طبقه‌بندی تصاویر در فرآیند مدلسازی شیء‌گرا می‌شوند که علت آن اطلاعات زیاد نهفته در هر کدام از قطعات با اشیاء زمینی متناظر خود می‌باشد.



شکل ۳. نمایش تصویر طبقه‌بندی شده کاربری اراضی و پوشش گیاهی

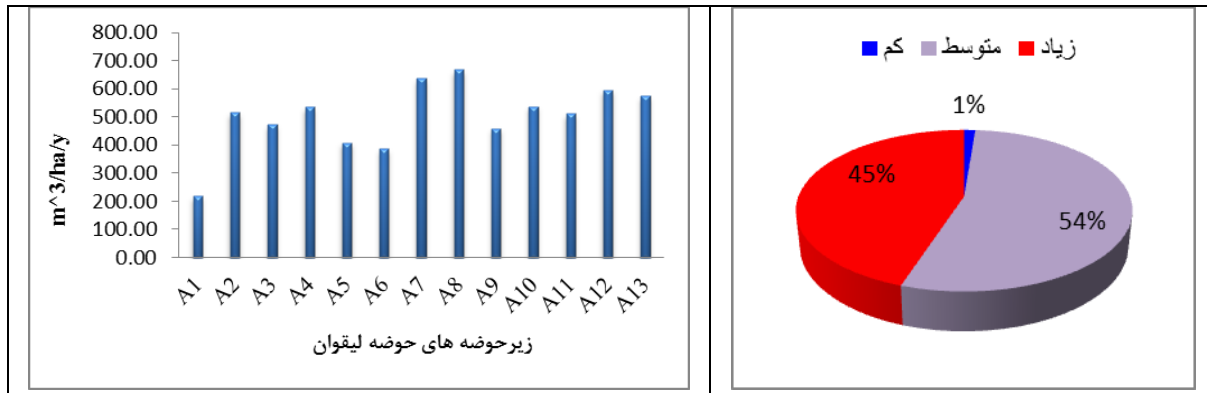
مقدار محاسبه شده برای شاخص‌های ضریب کاپا و دقت کلی به ترتیب برابر ۸۹ و ۹۳ درصد بدست آمد که نشان‌دهنده دقت خوب و قابل قبول طبقه‌بندی با استفاده از روش شیء‌گرا می‌باشد. از دلایل اصلی دقت و صحت بالا در روش طبقه‌بندی شیء‌گرا می‌توان به این موضوع اشاره کرد که بر خلاف روش‌های معمول طبقه‌بندی، در این روش علاوه بر اطلاعات طیفی از اطلاعات دیگری مانند بافت، شکل، موقعیت و محتوا نیز در فرآیند طبقه‌بندی استفاده می‌شود. بنابراین استفاده از پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای بعنوان یک روش سریع، دقیق و آسان می‌تواند جایگزین روش‌های سنتی ارزیابی و امتیازدهی فاکتورهای مدل MPSIAC مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۵. امتیاز عوامل ۹ گانه مدل MPSIAC و میزان رسوبدهی هریک از زیرحوضه‌ها و کل حوضه آبخیز لیقوان

زیرحوضه	مساحت (Km ²)	زمین‌شناسی	خاک	آب و هوا	رواناب	توپوگرافی	پوشش زمین	کاربری اراضی	فرسایش سطحی	فرسایش رودخانه‌ای	R	Qs (m ³ /Km ² /Y)
A1	۱/۸۹	۸/۰	۴/۶	۵	۸/۸۸	۴/۸۹	۳/۰۰	۴/۰۰	۷/۲۵	۳/۳۴	۴۸/۹۶	۲۱۸/۲۷
A2	۳/۳۲	۶/۶	۵/۴	۵	۷/۸۵	۶/۱۳	۷/۱۸	۱۵/۳۳	۱۱/۵۰	۸/۳۵	۷۳/۳۴	۵۱۶/۰۸
A3	۵/۲۶	۵/۶	۵/۳	۵	۹/۳۸	۵/۳۹	۴/۷۴	۷/۸۱	۱۴/۲۵	۱۳/۳۶	۷۰/۸۳	۴۷۲/۴۲
A4	۱۲/۳۸	۶/۰	۴/۳	۵	۸/۶۷	۵/۸۷	۵/۲۵	۸/۸۸	۱۳/۷۵	۱۶/۷۰	۷۴/۴۲	۵۳۶/۱۱
A5	۳/۰۲	۶/۳	۳/۳	۵	۷/۹۶	۵/۴۸	۵/۰۸	۸/۵۲	۱۱/۷۵	۱۳/۳۶	۶۶/۷۵	۴۰۸/۹۴
A6	۲/۷۷	۶/۰	۵/۳	۵	۸/۱۵	۷/۱۶	۶/۴۰	۱۰/۹۹	۷/۷۵	۸/۳۵	۶۵/۱۰	۳۸۵/۸۵
A7	۹/۷۱	۴/۲	۵/۳	۵	۶/۸۲	۷/۴۵	۵/۸۸	۹/۷۶	۱۶/۵۰	۱۸/۳۷	۷۹/۲۸	۶۳۶/۴۵
A8	۳/۵۱	۵/۴	۴/۹	۵	۷/۵۶	۶/۳۵	۶/۵۳	۱۱/۱۷	۱۳/۷۵	۲۰/۰۴	۸۰/۷۰	۶۶۹/۱۸
A9	۵/۷۳	۶/۳	۶/۶	۵	۷/۹۶	۶/۱۷	۵/۳۸	۸/۵۰	۱۰/۷۵	۱۳/۳۶	۷۰/۰۱	۴۵۸/۹۴
A10	۲/۱۴	۴/۳	۴/۹	۵	۷/۱۶	۸/۶۵	۶/۳۶	۱۰/۶۱	۱۲/۵۰	۱۵/۰۳	۷۴/۵۰	۵۳۷/۷۴
A11	۷/۳۹	۴/۱	۳/۷	۵	۷/۶۶	۶/۹۳	۶/۲۸	۱۰/۵۳	۱۰/۵۰	۱۸/۳۷	۷۳/۰۷	۵۱۱/۱۲
A12	۱۰/۴۶	۴/۱	۴/۰	۵	۶/۳۸	۶/۸۵	۶/۲۰	۱۰/۱۷	۱۸/۰۰	۱۶/۷۰	۷۷/۴۰	۵۹۵/۵۴
A13	۷/۱۷	۳/۳	۳/۳	۵	۶/۲۸	۷/۰۶	۶/۳۹	۱۰/۸۶	۱۷/۵۰	۱۶/۷۰	۷۶/۳۹	۵۷۴/۷۰
کل حوضه	۷۴/۷۶	۵/۱	۴/۴	۵	۷/۶۰	۶/۵۴	۵/۸۱	۹/۲۱	۱۲/۷۵	۱۳/۹۷	۵۶/۲۳	۲۸۲/۱۴

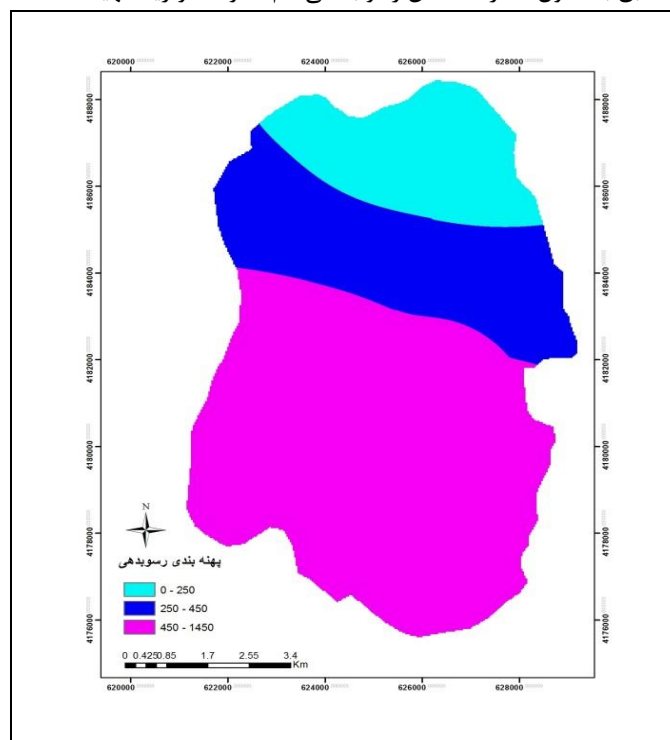
امتیاز و ارزش عددی محاسبه شده فاکتورهای مدل MPSIAC، برای هر کدام از زیرحوضه‌ها در جدول ۵ ارائه شده است. طبق نتایج ارائه شده در این جدول، مقدار درجه رسوبدهی کل حوضه برابر ۵۸/۲۳ و میزان میزان رسوبدهی سالانه نیز ۲۸۲/۱۴ مترمکعب بر کیلومتر مربع در سال به دست آمد. بنابراین بر اساس ماتریس استاندارد طبقه‌بندی کلاس درجه رسوبدهی و تولید رسوب در مدل MPSIAC، کل منطقه در کلاس متوسط طبقه -

بندی شده و زیرحوضه‌های A1 و A8 نیز با حداقل و حداکثر رسوبدهی به ترتیب در کلاس‌های رسوبدهی کم و زیاد طبقه‌بندی شدند. علت اینکه زیرحوضه A1 دارای حداقل رسوبدهی می‌باشد را می‌توان به تراکم بالای پوشش گیاهی و درختی در این زیرحوضه نسبت داد که طبق نقشه‌های کاربری اراضی نیز در محدوده کاربری باغی، زراعت آبی و پوشش متراکم درختی بوده و به لحاظ درجه شیب متوسط نیز در بین سایر زیرحوضه‌ها از حدقل شیب (۱۳/۹۸) برخوردار می‌باشد در حالیکه زیرحوضه A8 به لحاظ پوشش گیاهی ضعیف و دارای درجه شیب متوسط بالا (۱۹/۲۴) است.



شکل ۴. درصد مساحت هر کدام از کلاسهای فرسایش کم، متوسط و زیاد و اولویت بندی زیرحوضه‌ها از نظر فرسایش

در نهایت پس از محاسبه درجه و میزان رسوبدهی در هر کدام از واحدهای کاری منطقه مورد مطالعه، نقشه‌ی پهنه‌بندی درجه‌ی رسوب-دهی به‌دست آمد (شکل ۵)، این نقشه مطابق با جدول ۲ در ۳ کلاس رسوبدهی کم، متوسط و زیاد تهیه شد.



شکل ۵: پهنه‌بندی رسوبدهی حوضه آبخیز ليقوان

نتایج ارائه شده در شکل‌های ۴ و ۵، نشان داد که بخش اعظم حوضه مورد مطالعه تحت‌تاثیر رسوبدهی زیاد می‌باشد (۵۴ درصد از مساحت کل حوضه) و هرچه به سمت شمالی منطقه پیش‌روی می‌رویم میزان رسوبدهی حوضه کمتر می‌شود. با توجه به اینکه بخش‌های جنوبی منطقه مورد مطالعه (محدوده دامنه‌های کوه سهند) عمدتاً به لحاظ پوشش گیاهی و مرتعی ضعیف بوده و بصورت زمین‌های بایر می‌باشند و همچنین با توجه به

شیب بالا، این بخش از حوضه مورد مطالعه مستعد فرسایش و تلفات خاک می‌باشد. اما قسمت‌های شمالی منطقه بخاطر فعالیت‌های کشاورزی و تولیدات علفه‌ای از طرف روستائیان دارای پوشش گیاهی غنی‌تری بوده و به‌همین خاطر فرسایش و در نتیجه میزان رسوب تولید شده کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

حفاظت خاک و کنترل فرسایش با انجام اقدامات مدیرتی و با هدف مبارزه با فرسایش خاک و جلوگیری از تولید رسوب، نیازمند انجام مطالعات دقیق و شناسایی و عوامل تاثیر گذار در این فرآیند با تعیین مقادیر کمی تولید فرسایش و رسوب و پهنه‌بندی دقیق مناطق آسیب‌پذیر و مستعد فرسایش و تولید رسوب می‌باشد. برای نیل به این هدف استفاده از فناوری‌های نوین بویژه روش سنجش از دور و پردازش تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند بسیاری از محدودیت‌های موجود در روشهای سنتی که عمدتاً با خطاهای زیادی نیز همراه می‌باشند را برطرف کرده و با بکارگیری آنها در مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب، سبب افزایش دقت و صحت برآوردها و همچنین صرفه‌جویی در وقت و هزینه گردد. برای این منظور مدل تجربی MPSIAC انتخاب شده و به منظور برآورد امتیازات عوامل پوشش گیاهی و کاربری اراضی از طبقه‌بندی شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ استفاده شد. مقایسه نتایج حاصله با روشهای ارزیابی صحت (ضریب کاپا و دقت کلی) نشان داد که استفاده از روش شیء‌گرا باعث افزایش دقت طبقه‌بندی شده و بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و پردازش آنها با روش جدید شیء‌گرا ضمن صرفه‌جویی در وقت و هزینه، امکان امتیازدهی دقیق‌تر عوامل موثر در مدل MPSIAC فراهم گشته و بدین ترتیب نقشه‌ها و مقادیر کمی محاسبه شده نیز از دقت و صحت قابل قبولی برخوردار می‌باشند.

منابع

- رفاهی، ح. ۱۳۸۵. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ ۵: ۲۸۷-۲۸۴.
- سعیدزاده، ف. ۱۳۹۴. آشکارسازی تغییرات مناطق نیمه شهری در تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه نوری مبتنی بر آنالیز شیء‌گرا و ماشین بردار پشتیبان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
- فیضی زاده، ب.، عزیزی، ح. و ولیزاده، ک. ۱۳۸۶. استخراج کاربری های اراضی شهرستان ملکان با استفاده از تصاویر ماهواره ای ETM+ لندست ۷. مجله آمایش، ۲، ۹۳-۷۴.
- Baatz, M., and Schape, A. 2000. Multiresolution Segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation, In: Strobl, L.J. Blaschket. and Griesebener T. (Eds), *Angewandte geographische informationseraabeitung XII, Beitrage zum AGIT Symposium Salzburg 2000*. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, pp.12-23.
- Brodsky, L., and Boruvka, L. 2006. Object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for bare soil brightness mapping. *Soil and Water Research*. 1(3), 79-84.
- Feyzizadeh, B., and Helali, H. 2009. Comparison of pixel based and object-oriented methods in vegetation/landuse classification in western Azarbayejan. *Journal of Phisical Geography Research Quarterly*. 71(1), 73-84. (In Persian).
- Hölbling, D., Friedl, B., and Eisank, C. 2015. An object-based approach for semi-automated landslide change detection and attribution of changes to landslide classes in northern Taiwan. *Earth Science Informatics*, 8(2), 327-335.
- Tangestani, M. 2006. Comparison of EPM and PSIAC models in GIS for erosion and sediment yield assessment in a semi-arid environment: Afzar Catchment, Fars Province, Iran. *J.Asian.earth.sci*. 27,585-597.
- Zandi, J. 2012. Prioritization of controlling area on soil erosion using RS and GIS techniques (A case study: Vzaroud watershed, Mazandaran). M.Sc Dissertation. Faculty of Natural Resources. Sari Agricultural and Natural Resources University, 144 pages. (In Persian).



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation

Estimation of erosion and sediment based on Object Oriented Processing of Satellite Images and the MPSIAC Model (Case study: Lighvan watershed)

Mohamadi^{*1}, P., Ahmadi, A.,² Feyzizadeh, B.³ Jafarzadeh, A.A.⁴., Rahmati, M⁵

¹ PhD. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tabriz, Iran

² Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tabriz, Iran

³ Assistant Prof., Remote Sensing and GIS Department, Faculty of Geography University of Tabriz, Iran

⁴ Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tabriz, Iran

⁵ Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Maragheh, Iran

Abstract

Soil erosion is one of the most important environmental issues in the world and in Iran. Combating soil erosion and reducing its destructive effects requires quantity data to help identify critical areas that need protection. Due to the time and cost of traditional methods, it is essential to carry out systematic research using new remote sensing technologies and satellite imagery. Therefore, in this research to estimate the erosion and sedimentation of Lighvan watershed (76 km²), the experimental model of MPSIAC, modern remote sensing methods and object-oriented satellite imagery processing have been used. For this purpose, the basic information was prepared and logged in system using available maps, Satellite images of Sentinel -2, weather and hydrometric data and field operations. After forming the database and weighing the layers based on the MPSIAC model, the sediment map of the watershed was extracted according to the hydrological units. Comparison of estimated sediment values and zoning of watershed sediment shows that the watershed is located in low to high class in terms of erosion values. According to the results, about 282 tons of soil is erosion and sediment produced from per unit area (km²) per year.

Keywords: Object-oriented processing, erosion and sediment, MPSIAC model, Lighvan watershed

* Corresponding author, Email: panah.m83@gmail.com

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

ارزیابی و بهینه سازی تاثیرات عامل شوری خاک (EC) بر روی خصوصیات فرسایشی خاک با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM)

مجتبی شیرازی^۱، عطااله خادم الرسول^{۲*}، سید محمد صفی الدین اردبیلی^۳^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز^{۲*} استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز^۳ استادیار گروه مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

فرسایش خاک یکی از بارزترین فرایندهای تخریب خاک است که سالانه حجم قابل توجهی از خاک جابجا می نماید. به منظور کنترل فرسایش خاک ضرورت دارد برآوردهای صحیحی از چگونگی وقوع آن متاثر از پارامترهای تاثیرگذار در حوضه ها صورت پذیرد، لذا این پژوهش با هدف ارزیابی و شبیه سازی تاثیر عامل شوری (EC) بر روی خصوصیات فیزیکی و هیدرولوژیکی خاک و مقادیر فرسایش آبی توسط روش سطح پاسخ (RSM) و نرم افزار Design Expert در حوزه آبخیز امامزاده عبدالله باغملک انجام پذیرفت. در این پژوهش عامل شوری (EC) برحسب دسی زیمنس بر متر (ds/m) بعنوان متغیر مستقل با مقدار فرسایش خاک (ton/ha) بعنوان متغیر وابسته با استفاده از طرح‌های موجود در روش سطح پاسخ (RSM) ارزیابی گردید. نتایج نشان داد (P-value: <0.0011, R²:0.98) که طرح One factor بعنوان بهترین روش جهت ارزیابی و بهینه سازی تاثیرات عامل شوری (EC) بر روی خصوصیات فیزیکی و هیدرولوژیکی خاک و فرسایش خاک می باشد و ضمن ساده سازی فرایندهای شبیه سازی می توان جهت مدیریت بهینه فرسایش خاک در حوضه ها از این طرح استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: فرسایش آبی، عامل شوری (EC)، روش سطح پاسخ (RSM)، طرح One factor.

مقدمه

خاک یکی از مهمترین منابع طبیعی است که با توجه به دخالت‌های انسان در قالب عوامل آنتروپوژنیک که خود دارای زوایای مختلفی می باشد، ضرورت دارد در بهره برداری از این منبع حیاتی اصول و مبانی مدیریتی به طرز صحیحی بکار گرفته شود. همچنین نیاز است به ظرفیت‌ها و تناسب خاک منطقه به منظور حفظ خاک در برابر عوامل مخرب همانند فرسایش، فشرده‌گی و نشست توجه ویژه ای مبذول گردد (Ghosh و همکاران، ۲۰۱۶). شوری بر اثر افزایش غلظت نمک و املاح بوجود می آید. تمامی خاک‌ها کم و بیش دارای مقادیری نمک می باشند، زیرا خاک‌ها از طریق انواع فرایندهای هوازدگی سنگ‌های مادری حاصل می شوند و به دلیل اینکه سنگ‌های مادری به خودی خود دارای مقادیر قابل توجهی املاح و نمک می باشند، همین امر سبب تجمع املاح و در نهایت شوری می شود. یکی از عوامل مهم در شور شدن خاک‌ها، عامل انسان است که با آبیاری کردن اراضی، املاح و نمک‌ها را از مناطق بالادستی شسته و وارد مناطق پایین دست می کند (قبادیان، ۱۳۴۷). از طرفی به علت شرایط طبیعی محیطی منطقه، با استفاده از منابع آبی که بصورت طبیعی از شوری بالایی برخوردار هستند، سبب شور شدن خاک‌ها می شوند. عامل دیگر شوری، تبخیر از سطح خاک است، اینگونه که از طریق لوله‌های مویین، آب و املاح تا سطح خاک بالا آمده، با این تفاوت که آب تبخیر شده و املاح و نمک‌ها بر روی سطح خاک باقی می ماندند که اثرات منفی و مخربی بر روی خصوصیات خاک خواهند داشت. لذا شناخت خصوصیات و تاثیرات مستقیم و غیرمستقیمی که عامل شوری بر روی خاک می گذارد، از اهمیت شایانی برخوردار است. فرسایش خاک یکی از بارزترین شاخص‌های تخریب خاک و محیط زیست محسوب می شود (Wang و همکاران، ۲۰۱۸). با توجه به اهمیت بسیار بالای وقوع فرسایش خاک در عرصه‌های طبیعی و زیست محیطی و پیچیدگی مکانیزم‌های رخداد آن، ضروری است از تکنیک‌ها و روش‌های متنوع و جدید جهت شبیه‌سازی فرایندهای فرسایشی و بهینه‌سازی آن‌ها، استفاده گردد (Boix و همکاران، ۲۰۰۷). در راستای اجرای شیوه‌های مدیریتی پایدار در حوضه‌های آبریز و کاهش فرسایش خاک و تولید رسوبات لذا از نرم افزارها و تکنیک‌های پیشرفته با قابلیت پایش فرایندهای پیچیده استفاده می شود که از آن جمله روش سطح پاسخ^۱ می باشد که در حقیقت تکنیکی است که بر اساس ورودی‌هایی که دریافت می نماید با ارائه سطوح پاسخ همراه با آماره‌های مناسب امکان انتخاب بهترین پاسخ را بر اساس اهداف یک پژوهش فراهم می سازد (Sanchez و همکاران، ۲۰۱۴). عامل شوری جزء پارامترهای شیمیایی خاک می باشد که بر روی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حتی خصوصیات هیدرولوژیکی تاثیر گذار است، لذا با توجه به مقدمه فوق الذکر هدف این پژوهش تسهیل در فرایندهای شبیه‌سازی فرسایش خاک توسط

¹ Response surface methodology (RSM)

مدل‌های فرسایشی با بهره‌گیری از روش‌های بهینه‌سازی و نیز ارزیابی تاثیرگذاری انواع پارامترهای مربوط به خاک بر روی فرسایش پذیری خاک‌ها می‌باشد.

مواد و روش‌ها منطقه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز امامزاده عبدالله با وسعت حدوداً ۱۰۴ کیلومترمربع و مشتمل بر ۶ پارسل مطالعاتی در شمال شرقی شهرستان باغملک واقع شده است. محدوده تقریبی جغرافیایی حوزه مورد مطالعه بین ۳۱°۱۸' تا ۳۱°۳۳' شمالی و نیز ۵۰°۵' تا ۵۰°۱۳' شرقی می‌باشد. این حوزه دارای رژیم رطوبتی یوستیک و رژیم حرارتی ترمیک است.

شبیه‌سازی و تکنیک RSM

این پژوهش شامل دو بخش اصلی شبیه‌سازی و بهینه‌سازی می‌باشد که فرایند شبیه‌سازی را با استفاده از مدل شبیه‌سازی فرسایشی WEPP^۲ که در سال ۱۹۸۵ بوسیله‌ی دپارتمان کشاورزی آمریکا توسعه و به منظور بهبود فناوری حفاظت آب و خاک و همچنین ارزیابی و طراحی حوزه‌های آبخیز و هیل‌اسلوپ‌ها مورد استفاده قرار گرفته، انجام شد و بخش دوم مربوط به ارزیابی و بهینه‌سازی عامل شوری خاک می‌باشد که با استفاده از روش RSM و توسط نرم افزار Design Expert v10 انجام پذیرفت. با استفاده از این تکنیک می‌توان به ساده‌سازی مسائل پیچیده، بررسی متغیرهای پیوسته و تعیین میزان حساسیت پاسخ در برابر هر فاکتور، پرداخت (Oehlert, ۲۰۰۰). در این پژوهش عامل شوری بعنوان متغیر مستقل و مقدار فرسایش خاک قبل (R_1) و بعد از اعمال مدیریت (R_2) در منطقه مطالعاتی که خروجی مدل شبیه‌سازی فرسایشی WEPP می‌باشد، بعنوان متغیر وابسته یا پاسخ، توسط نرم افزار Design Expert تعریف شده‌اند.

همچنین متغیر مستقل در سطوح حداقل و حداکثر که در نرم افزار بصورت بازه +۱ تا -۱ تعریف شده است، برای طرح مورد استفاده در نرم افزار، تعریف گردید. نحوه عملکرد نرم افزار اینگونه می‌باشد که بین متغیر مستقل و وابسته یکسری روابط ریاضی برقرار می‌نماید و این روابط را در پایان صورت‌گراف‌های دو بعدی و سه بعدی، کانتوری، تک پارامتر، اثر متقابل و یک بخش مختص به آنالیز واریانس در اختیار کاربر قرار می‌دهد. نرم افزار Design Expert دارای طرح‌های آزمایشی متنوعی می‌باشد که از این طرح‌های آزمایشی می‌توان در طراحی فرایندها، پیش‌بینی ویژگی‌های رفتاری پارامترهای ورودی و همچنین برای درک صحیح‌تری از یک فرایند، استفاده نمود و این بعنوان یک نقطه قوت برای نرم‌افزار محسوب می‌شود. نرم افزار Design Expert در نهایت در بین طرح‌های موجود، با آزمایش و گرفتن خروجی از تمامی طرح‌های موجود در نرم افزار، طرح One factor بهترین نتایج را با توجه به متغیر وابسته تعریف شده، در اختیار ما قرار داد. طرح One factor، یک طرح درجه دو براساس طراحی‌های فاکتوریل سه سطحی می‌باشد که این روش می‌تواند مقدار پارامترها را در یک مدل درجه دو تخمین زده و مقدار پارامترهایی که تطابق ندارند را محاسبه می‌کند و رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته را بصورت خطی نشان می‌دهد. این طرح اجازه می‌دهد که پاسخ‌ها توسط برازش یک چند جمله‌ای مرتبط مدلسازی شوند که می‌تواند بصورت زیر بیان شود (Ferreira و همکاران، ۲۰۰۷):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{33} x_3^2$$

در این فرمول x_1 و x_2 و x_3 متغیرهای مستقل، β_0 بعنوان عرض از مبدأ، β_1 تا β_{33} ثابت‌های برازش و Y پاسخ می‌باشند.

در بخش بهینه‌سازی، برای متغیرهای مستقل و وابسته ۵ هدف تحت عنوان‌های maximize, minimize, target, in range و equal to وجود دارد که باید بهینه‌سازی بر اساس آن‌ها صورت بپذیرد که با توجه به اهداف پژوهش برای هر کدام هدف مشخصی تعیین می‌شود. در این تحقیق عامل شوری با هدف in range و دو پاسخ با هدف minimize بهینه‌سازی گردید. نرم افزار برای فرایند بهینه‌سازی maximize و minimize از رابطه زیر استفاده می‌کند (اردبیلی و همکاران، ۲۰۱۹):

² Water erosion prediction project

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

$$d = \begin{cases} 0 & \text{if: } y_i \leq y_i^{\min} \\ \left(\frac{y_i - y_i^{\min}}{y_i^{\max} - y_i^{\min}} \right)^{w_i} & \text{if: } y_i^{\min} \leq y_i \leq y_i^{\max} \\ 1 & \text{if: } y_i \geq y_i^{\max} \end{cases}$$

$$d = \begin{cases} 1 & \text{if: } y_i \leq y_i^{\min} \\ \left(\frac{y_i^{\min} - y_i}{y_i^{\max} - y_i^{\min}} \right)^{w_i} & \text{if: } y_i^{\min} \leq y_i \leq y_i^{\max} \\ 0 & \text{if: } y_i \geq y_i^{\max} \end{cases}$$

نتایج و بحث

پس از بررسی رابطه متغیر مستقل (عامل شوری) با متغیر وابسته (فرسایش خاک)، نتایج نشان داد که رابطه معنی داری بین عامل شوری با فرسایش خاک وجود دارد. لازم به ذکر است که فرسایش خاک متأثر از عوامل بسیار زیادی می‌باشد و این بدین معنی نمی‌باشد که فرسایش خاک صرفاً متأثر از عامل شوری است، بلکه فرسایش خاک بطور مستقیم و غیر مستقیم نسبت به عوامل محیطی تأثیر پذیری دارد (مونتگومری، ۲۰۰۷). شایان ذکر است که نتایج آماره‌های موجود در روش سطح پاسخ نشان داد که طرح One factor دارای بهترین نتایج بهینه سازی برای عامل شوری خاک می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۱. نتایج آنالیز واریانس طرح One factor توسط روش سطح پاسخ (RSM) برای عامل شوری خاک

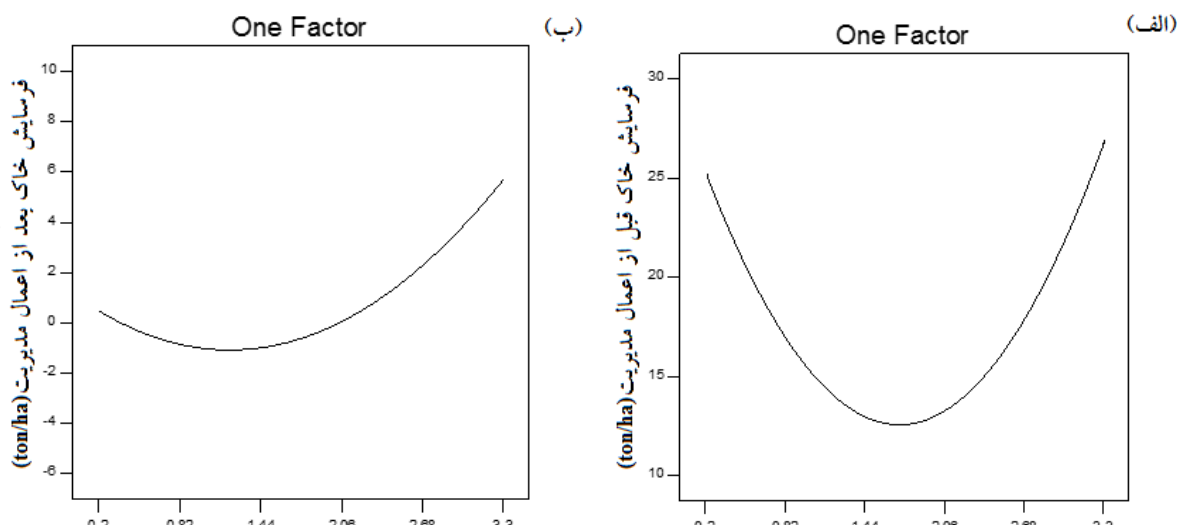
R ²	C.V. (%)	Std. Dev.	P-value
۰/۹۸۹۶	۳/۰۷	۰/۶۹	<۰/۰۰۱۱

تأثیر غیرمستقیم عامل شوری بدین صورت است که از طریق ایجاد خلل در رشد گیاهان که یک عامل بسیار مهم تحت عنوان عامل پوشش گیاهی در مباحث فرسایش خاک است، منابع خاک را تحت خطر فرسایش و هدررفت خاک قرار می‌دهد. در خاکهای شور یون‌های محلولی مانند HCL ، SO_4^{2-} ، Na^+ ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} و گاهی K^+ می‌توانند با کاهش دادن پتانسیل اسمزی به گیاه صدمه بزنند. گیاهانی که در محیط‌های شور رشد می‌کنند، تا حدی قادرند که غلظت‌های اسمزی درون سلولی خود را با تولید اسیدهای آلی یا جذب نمک‌ها افزایش دهند، که به این روند تنظیم اسمزی می‌گویند. زمانی که غلظت یون‌ها از حدی بالاتر برود گیاه دیگر قادر به جذب آب نخواهد بود و در نهایت گیاه از بین خواهد رفت، این اتفاق حتی در خاک‌های اشباع هم ممکن است رخ دهد. از طرفی دیگر، هنگامی که آب حاوی مقادیر خارج از استاندارد یون‌های نظیر سدیم، کلرید، بور و غیره باشد، سبب بروز اختلالاتی در سیستم رشدی و ظاهری آن مثل کوچک شدن برگ‌ها، نکروز و غیره می‌شود که باز هم سبب از بین رفتن گیاهان و پوشش گیاهی می‌شود (چراغی و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین عامل شوری با ایجاد اختلال در جذب مواد غذایی ضروری سبب ایجاد شرایط آنتاگونیسمی می‌شود، یعنی بر اثر حضور یک یون، جذب یون دیگر محدود می‌گردد. بطور مثال افزایش کلرید باعث کاهش جذب نیترات، افزایش فسفر باعث کاهش جذب منگنز و غیره می‌شود. تأثیر عامل پوشش گیاهی در فرایند فرسایش خاک بدین شکل است که به هنگام بارش باران، بر اثر برخورد قطرات باران به سطح خاک و انرژی سینتیکی آن، سبب جدا شدن خاکدانه‌های خاک می‌گردد که عامل برگاب گیاهان از برخورد مستقیم قطرات باران به سطح خاک جلوگیری کرده و همچنین موجب کاهش انرژی سینتیکی قطرات باران می‌شود. همین امر سبب می‌شود تا فرصت بیشتری برای نفوذ آب در خاک فراهم شود و از میزان پتانسیل ایجاد رواناب کاسته شود، که نتیجه آن کاهش در نرخ فرسایش و هدررفا خاک است. بنابراین در صورت نبودن پوشش گیاهی بر اثر افزایش مقدار عامل شوری، نرخ فرسایش و هدررفت خاک افزایش می‌یابد (محسنی و همکاران، ۱۳۹۳).

اما در مورد تأثیر مستقیم عامل شوری بر فرسایش خاک، از طریق اثر شوری بر ویژگی‌های ساختمانی خاک، اینگونه می‌توان بیان کرد که در خاک‌های شور، سدیم جایگزین کلسیم و منیزیم شده و می‌تواند تأثیر عمده‌ای بر ساختمان خاک داشته باشد. ساختمان خاک یا آرایش ذرات خاک در کنار

یکدیگر عامل تعیین کننده مهمی در نفوذپذیری است. چنانچه خاک مقدار زیادی Na^+ داشته باشد، نفوذپذیری، هدایت آبی و سرعت نفوذ به آب بخاطر آماس کردن و پراکنده شدن رس‌ها و نیز متلاشی شدن خاک‌ها، کاهش می‌یابد. معمولا اگر خاک خشک باشد، در ابتدا سرعت نفوذ آب در خاک زیاد است، ولی پس از آن و فرار سیدن یک حالت ماندگار، کاهش می‌یابد. آماس کردن باعث تنگ‌تر شدن منافذ خاک گردیده و متلاشی شدن خاکدانه‌ها نیز تعداد منافذ درستی را که آب مواد حل شدن می‌تواند از میان آن‌ها جریان یابد را کاهش می‌دهد (بلانکو و همکاران، ۲۰۰۲). این امر منجر به مسدود شدن منافذ به وسیله ذرات رسی که پراکنده شده‌اند، می‌گردد. آماس کردن رس تاثیر قاطعی بر نفوذپذیری خاک داشته و متاثر از نوع رس، نوع یون‌های جذب سطحی شده بر روی رس و غلظت الکترولیت در محلول می‌باشد، بعنوان مثال رس‌های اسمگتایت که اشباع از Na^+ هستند، به شدت آماس می‌کنند و با کاهش غلظت الکترولیت، آماس کردن رس بیشتر می‌شود. در نتیجه این اتفاقات خصوصیات گروه‌های هیدرولوژیکی خاک نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد. گروه‌های هیدرولوژیکی شامل ۴ گروه A، B، C و D می‌باشد. با افزایش مقدار شوری و تاثیر مخرب آن بر روی ساختمان خاک که باعث می‌شود تا گروه هیدرولوژیکی خاک از A به سمت D میل کند. در این حالت مقدار نفوذپذیری، هدایت هیدرولیکی، خلل و فرج درشت، زبری خاک و عمق خاک کاهش می‌یابد و نتیجه آن افزایش پتانسیل رواناب و در نهایت سبب افزایش نرخ فرسایش و هدررفت خاک می‌گردد (بلانکو و همکاران، ۲۰۰۸).

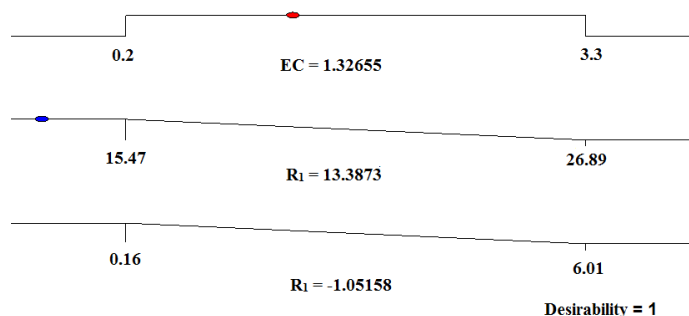
همانگونه که شکل ۱- الف نشان می‌دهد، با افزایش مقدار شوری از ۰/۲ تا ۱/۴۴ دسی زیمنس بر متر، مقدار فرسایش خاک از ۲۵ به ۱۲ تن بر هکتار کاهش می‌یابد. این نتیجه بدین دلیل است که فرسایش خاک متاثر از یک عامل نیست و در کنار این عامل، عوامل دیگری نیز حضور دارند که از پیشروی فرایند فرسایش جلوگیری می‌کنند، اما با افزایش شوری از ۲/۰۶ دسی زیمنس به بالا، دیگر عوامل، توانایی کنترل این فرایند را ندارند و نرخ فرسایش خاک از ۲۵ تن بر هکتار عبور می‌کند. با استفاده از نرم افزار WEPP و شبیه سازی اعمال مدیریت، که نوع مدیریت بصورت کنترل پوشش گیاهی و انجام عملیات قرق بوده است و گرفتن خروجی از آن و بر اساس شکل ۱- ب، نمایانگر آن است که با ارزیابی منطقه و انتخاب بهترین شیوه مدیریتی، امکان کنترل و در بعضی نقاط امکان جلوگیری از رخداد فرسایش وجود دارد و همین امر هم سبب شده تا مقدار فرسایش خاک منطقه بین ۶ تا ۱- تن بر هکتار قرار بگیرد. نکته قابل ذکر این است که علامت منفی نمایانگر این است که اعمال سناریوهای مدیریتی توانسته‌ایم علاوه بر کاهش فرسایش، به اندازه یک واحد از هدررفت خاک جلوگیری کنیم.



شکل ۱- ارزیابی شوری خاک بر روی میزان فرسایش خاک توسط روش سطح پاسخ در قالب طرح One-factor. قبل از اعمال

سناریوهای مدیریتی (الف) و بعد از اعمال سناریوهای مدیریتی (ب)

در بخش بهینه سازی نرم افزار مقدار شوری را با هدف *in range*، مقدار فرسایش خاک قبل از اعمال مدیریت (R_1) و بعد از اعمال مدیریت (R_2) را با هدف *minimize* بهینه سازی آن‌ها انجام شد و بر اساس شکل ۲، با قرار گرفتن مقدار EC در نقطه $1/32$ دس زیمنس بر متر، بهینه‌ترین حالت ممکن مقدار فرسایش خاک را برای هر دو متغیر وابسته (R_1 و R_2) با *Desirability* برابر ۱ خواهیم داشت.



شکل ۲- روند بهینه سازی متغیرهای مستقل و وابسته

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این پژوهش، نشان می‌دهد که تغییرات شوری خاک تاثیر معنی داری بر روی فرسایش پذیری خاک دارد. همچنین انجام فرایندهای شبیه سازی و سپس بهینه سازی با استفاده از طرح‌ها و قابلیت‌های موجود در نرم افزار *design expert* در قالب تکنیک روش سطح پاسخ نشان داد که طرح *One factor* بر اساس آماره‌های حاصله از نتایج مدل‌سازی، به عنوان بهترین طرح جهت ارزیابی و پایش شوری خاک در مناطق دارای عامل محدود کننده شوری می‌باشد. استفاده از این تکنیک سپس فائق آمدن بر پیچیدگی‌های موجود در پایش فرایند پویای فرسایش خاک در حوضه‌ها آبریز محسوب می‌شود و به کارشناسان و سازمان‌های اجرایی در ارائه شیوه‌های مدیریتی مناسب کمک می‌نماید.

منابع

- محسنی، ندا، سپهر، عادل. (۱۳۹۳). الگوهای پوشش گیاهی خودتنظیم: علایم پیش آگاهی در پیش‌بینی گذرهای اکوسیستمی. محیط‌شناسی، دوره 41، شماره ۱، ۱۶۳-۱۷۷.
- Ardebili, S. M. S., Solmaz, H., & Mostafaei, M. (2019). Optimization of fusel oil-Gasoline blend ratio to enhance the performance and reduce emissions. *Applied Thermal Engineering*, 148, 1334-1345.
- Blanco-Canqui H, Gantzer CJ, Anderson SH et al. (2002) Saturated hydraulic conductivity and its impact on simulated runoff for claypan soils. *Soil Sci Soc Am J* 66:1596-1602.
- Blanco-Canqui, H., & Lal, R. (2008). *Principles of soil conservation and management*. Springer Science & Business Media.
- Boix-Fayos, C., Martínez-Mena, M., Calvo-Cases, A., Arnau-Rosalén, E., Albaladejo, J., & Castillo, V. (2007). Causes and underlying processes of measurement variability in field erosion plots in Mediterranean conditions. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32(1), 85-101.
- Cheraghi, S. A. M., Y. Hasheminejad and M. H. Rahimian. (2007). An overview of the salinity problem in Iran: Assessment and monitoring technology. *Advances in assessment and monitoring of salinization and status of bio saline agriculture*. World soil resources reports. Report of an expert consultation held in Dubei, United Arab Emirates. ISSN 0532-0488.21.P.
- Ferreira S.L.C., Bruns R.E., Ferreira H.S., Matos G.D., David J.M., Brandão G.C., Da Silva E.G.P., Portugal L.A., Dos Reis P.S., Souza A.S., Dos Santos W.N.L. (2007). Box-Behnken Design: An Alternative for the Optimization of Analytical Methods, *Analytica Chimica Acta*, 597: 179-186.



- Ghosh, B. N., Meena, V. S., Alam, N. M., Dogra, P., Bhattacharyya, R., Sharma, N. K., & Mishra, P. K. (2016). Impact of conservation practices on soil aggregation and the carbon management index after seven years of maize-wheat cropping system in the Indian Himalayas. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 216, 247–257.
- Montgomery, D. R. (2007). Soil erosion and agricultural sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(33), 13268-13272.
- Oehlert, W. Gary. (2000). *Design and analysis of experiments: Response surface design*, New York: W.H. Freeman and Company.
- Sanchez, G. M., Nejadhashemi, A. P., Zhang, Z., Woznicki, S. A., Habron, G., Marquart-Pyatt, S., & Shortridge, A. (2014). Development of a socio-ecological environmental justice model for watershed-based management. *Journal of Hydrology*, 518, 162–177.
- Siadat, H., Bybordi, M., Malakouti, M. J., 1997. Salt-affected soils of Iran: a country report. A paper presented in the Seminar on the Salt Affected Soils, Cairo, Egypt.
- Wang, L., Wang, Y., Saskia, K., Artemi, C., Ma, B., & Wu, F. (2018). Effect of soil management on soil erosion on sloping farmland during crop growth stages under a large-scale rainfall simulation experiment. *Journal of Arid Land*.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation

Evaluation and optimization of electrical conductivity on water erosion using response surface methodology (RSM)

Shirazi, M¹, Ataallah Khadearasoul^{2*}, Saffieddin Ardabili, S.M.

¹ M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

^{2*} Assistant Professor., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran-
corresponding author

³ Assistant Professor., Bio System Engineering Department, Faculty of Agriculture University of Shahid Chamran University of Ahvaz,
Iran

Abstract

Soil erosion is one of the most important forms of soil degradation that is able to dislodge considerable volumes of soil each year. In order to control soil erosion it is necessary to focus on different effective parameters on erosion. Therefore, this study aimed to simulate and optimization the effects of salinity on water erosion using response surface methodology (RSM) with design expert software in Imamzadeh Abdullah watershed of Baghmalek. In this study, the soil salinity as independent variables and soil erosion as dependent variable investigated using available designs in RSM. Our results showed (P-value: <0.0011, R²: 0.98) that One factor design is the best method for evaluation and optimization of soil erosion. Moreover, there is a possibility to apply this design in order to optimize management scenarios in the watershed and minimize soil erosion.

Keywords: Soil erosion, electrical conductivity, Response surface methodology (RSM), One factor design.

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب هدررفت نیتروژن از طریق رواناب در کشت گندم دیم طی یک سال زراعی در منطقه نیمه‌خشک زنجان

آرمان ذبیحی^{۱*}، علی‌رضا واعظی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

^۲ استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

چکیده

نیتروژن از عناصر غذایی پرمصرف مورد نیاز گیاه می‌باشد که در کشت‌زارهای دیم به دلیل پایین بودن حاصلخیزی خاک برای افزایش عملکرد محصول مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدررفت این عنصر از خاک‌ها منجر به کاهش شدید حاصلخیزی خاک و افت شدید عملکرد محصول می‌شود. به منظور بررسی میزان تأثیر هدررفت عنصر غذایی نیتروژن، آزمایشی در سال ۹۶-۱۳۹۵ در منطقه نیمه‌خشک زنجان انجام گردید. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، شامل ۶ کرت فرسایشی به ابعاد ۲ متر در ۵ متر و دو تیمار کودی (شاهد و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) در سه تکرار انجام گردید. در مهر ماه سال ۱۳۹۵ و پس از انتخاب کشت‌زار مناسب با استفاده از دستگاه خطی کار ۹ ردیفه کشت گندم انجام گرفت. نتایج نشان داد میزان هدررفت نیتروژن تحت تأثیر مقدار رواناب در ماه‌های مختلف پس از کشت متفاوت بود. حداکثر مقدار هدررفت این عنصر در سه ماه دوم پس از کشت بود که البته به صورت معنی‌داری تحت تأثیر هدررفت خاک و آب قرار گرفت. هدررفت نیتروژن در سه ماه دوم پس از کشت ۵۸ درصد بیشتر از سه ماه اول بود.

کلمات کلیدی: عناصر غذایی، هدررفت آب، نیتروژن، منطقه نیمه‌خشک

مقدمه

کمبود آب و نیتروژن از مهم‌ترین عوامل کاهش تولید اقتصادی گندم دیم در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌آیند. از این رو استفاده بهینه از نزولات جوی و استفاده مناسب از کودهای نیتروژنی به منظور افزایش کمیت و کیفیت دانه از ضروریات کشت گندم دیم به شمار می‌آیند (فیضی اصل و همکاران، ۱۳۹۳). خشکی و دمای بالا در مناطق دیم باعث کوتاهی دوره پر شدن دانه و کاهش مقدار و کیفیت دانه تولیدی می‌شود که مصرف بهینه نیتروژن در تعادل با آب قابل استفاده در خاک نقش بسیار مهمی در کاهش اثرات مضر تنش خشکی بر تولید گندم دارد (ویو و هی، ۲۰۱۱). نیتروژن محدود کننده‌ترین عنصر غذایی در مقیاس جهانی به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک بوده و محور اصلی تمامی کودها به شمار می‌رود و این به دلیل کمبود مواد آلی در نواحی خشک به عنوان عمده‌ترین منبع نیتروژن است (جماعتی و همکاران، ۲۰۱۰)، که در چنین شرایطی معدنی شدن نیتروژن خاک موجب عدم رفع نیازهای گیاه بوده و نیاز به مصرف کودهای نیتروژنی بیش از پیش احساس می‌شود (لیمون و همکاران، ۲۰۰۸). در کشور مطالعات اندکی در زمینه هدررفت عناصر غذایی به ویژه نیتروژن از خاک به عنوان واحدهای مدیریت و برنامه‌ریزی حفاظت خاک و آب صورت گرفته است. تحقیق حاضر با هدف بررسی هدررفت نیتروژن به عنوان پرمصرف‌ترین عنصر غذایی برای گیاه و به منظور ایجاد راهکاری مناسب جهت جلوگیری از هدررفت این عنصر توسط رواناب از سطح کشت‌زارهای دیم واقع در منطقه زنجان به عنوان نمونه‌ای از کشت‌زارهای دیم منطقه نیمه‌خشک انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

برای انجام این آزمایش، کشت‌زاری دیم واقع در دانشگاه زنجان با شیب حدود ۱۲ درصد و مساحت حدود ۱۰۰۰ مترمربع بین مختصات جغرافیایی ۳۵°۲۵'۴۵" و ۳۷°۱۵'۲۴" طول شرقی و ۴۷°۱'۱۲" و ۴۹°۵۲'۳۱" عرض شمالی در شهریور سال زراعی ۱۳۹۵ انتخاب گردید. منطقه مورد بررسی دارای متوسط بارش سالانه در حدود ۲۷۰/۴ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۱ درجه سانتی‌گراد است. براساس طبقه‌بندی دومارتن، منطقه دارای اقلیم سرد و خشک است. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک بر اساس اطلاعات نقشه رژیم رطوبتی و حرارتی کشور به ترتیب زیریک و مزیک است. طبق آمارهای وزارت جهاد کشاورزی سطح زیر کشت گندم دیم در شهرستان زنجان ۶۳۵۰۰ هکتار و متوسط عملکرد آن ۹۵۰ کیلوگرم در هکتار است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۳). ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کشت‌زار در نمونه‌های برداشته شده از خاک در ابتدای فصل رشد و پیش از کاشت تعیین شدند. برای این منظور نمونه خاک مرکب از بخش‌های مختلف کشت‌زار به روش تصادفی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر برداشت شد. در نمونه خاک گذرانده از الک ۲ میلی‌متر، توزیع اندازه ذرات به روش هیدرومتری (دای، ۱۹۶۵)، واکنش خاک با استفاده از گل اشباع به وسیله pH سنج

و EC خاک با استفاده از عصاره گل اشباع توسط دستگاه EC سنج قرائت گردید. نفوذ پذیری خاک بر مبنای سرعت نفوذ نهایی آب خاک به روش استوانه مضاعف (باور، ۱۹۸۶) در مزرعه اندازه‌گیری شد. گندم رقم آذر ۲ به وسیله ردیف‌کار خطی با عمق کاشت ۴ تا ۶ سانتی‌متر و فاصله ردیف‌های کشت ۱۷ تا ۲۰ سانتی‌متر در اوایل مهر ۱۳۹۵ کاشته شد. مقدار مصرف کودها بر مبنای نتایج آزمون خاک و نیاز غذایی گندم دیم توصیه گردید. بر این اساس با توجه به مقدار نیتروژن خاک (جدول ۱) در تیمار کوددهی نیتروژن، کود اوره به مقادیر ۵۰ کیلوگرم در هکتار مصرف گردید. برای اندازه‌گیری رواناب از بشکه‌های ۶۰ لیتری که در پایین هر کرت جاگذاری شده بود استفاده شد. هدررفت نیتروژن در رواناب به روش کیتی و تلسون اندازه‌گیری شد. مقدار نیتروژن دانه به روش کجلدال قرائت شد. داده‌های حاصل از آزمایشات قبل از تجزیه و تحلیل، از نظر توزیع نرمال بودن به روش چولگی و کشیدگی مورد بررسی قرار گرفتند و در مواردی که داده‌ها از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کردند، با روش‌های رایج (لگاریتم‌گیری و ...)، توزیع آماری آن‌ها به صورت نرمال تبدیل شد. تفاوت بین عملکرد دانه گندم و نسبت غنی شدن عناصر در کرت‌ها با استفاده از آزمون دانکن مورد بررسی قرار گرفت. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ و جهت رسم نمودار از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ استفاده شد.

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کشتزار در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به میانگین درصد شن، سیلت و رس، بافت خاک، لومی شنی بود. با توجه به مقدار آهک (۱۵/۶۱ درصد) خاک کشتزار در گروه خاک‌های آهکی (تن، ۲۰۰۵) قرار دارد. میانگین هدایت الکتریکی dS/m ۲/۴۲ بود و خاک از نظر شوری در گروه خاک‌های کم‌شور (ملکوتی، ۲۰۰۲) قرار دارد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دامنه مورد مطالعه

ویژگی‌های فیزیکی	میانگین	ویژگی‌های شیمیایی	میانگین
شن (%)	۶۰/۱۶	پهش	۷/۶۴
رس (%)	۱۸/۲۵	هدایت الکتریکی ($dS m^{-1}$)	۲/۴۲
سیلت (%)	۲۱/۵۹	ظرفیت تبادل کاتیونی (meq $100g^{-1}$)	۱۱/۷۴
سنگریزه (%)	۱۷/۳۷	ماده آلی (%)	۱/۳۹
جرم مخصوص ظاهری ($g cm^{-1}$)	۱/۵۰	آهک (%)	۱۵/۶۱
میانگین قطر خاکدانه پایدار در آب (mm)	۱/۱۴	نیتروژن کل (%)	۰/۰۸
نفوذ پذیری ($cm h^{-1}$)	۵/۳۲		

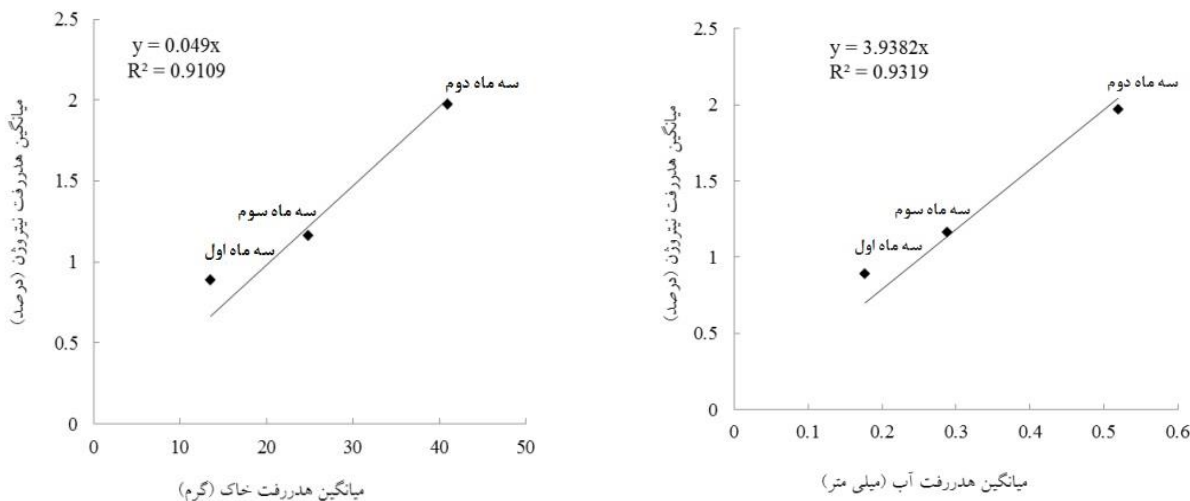
جدول ۲ خصوصیات میانگین بارش در هر فصل میزان هدررفت آب و خاک در هر کرت سال زراعی که منجر به تولید رواناب و رسوب شده را نشان می‌دهد.

جدول ۲- تغییرات بارندگی و هدررفت آب و خاک طی دوره رشد گندم دیم

سال زراعی	کل ارتفاع بارش (میلی‌متر)	میانگین شدت بارش (میلی - متر در ساعت)	کل هدررفت آب (میلی‌متر)	کل هدررفت خاک (کیلوگرم در مترمربع)
۱۳۹۵-۹۶	۷۵/۴۸	۱/۲۶	۱۳۱/۵۲	۲۴/۳

براساس آمار ایستگاه‌های هواشناسی زنجان، متوسط بارندگی سالانه ۲۷۰/۴ میلی‌متر است که از اواسط مهر ماه لغایت اواخر خرداد ماه نازل می‌شود (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۳). در پژوهش حاضر طی دوره رشد گندم از مهر ماه ۱۳۹۵ تا تیر ماه ۱۳۹۶، تعداد ۴۰ رخداد بارندگی ثبت شد. تمام ماه‌های سال به یک اندازه در افزایش یا کاهش مجموع بارندگی سالانه تأثیر داشتند. چهار ماه آبان، اسفند، فروردین و اردیبهشت به علت مصادف بودن با تاریخ کاشت و مرحله پرشدن دانه گندم از حساسیت بالایی برخوردار بودند. میزان بارندگی در اسفند ماه نیز از نظر ایجاد حجم بالای بارش، بسیار بر

هدررفت آب و خاک از کشتزار اثر گذاشت. حداکثر مقدار هدررفت آب و خاک در سه ماه دوم کشت بود. در سه ماه اول هدررفت آب و خاک به ترتیب ۱/۸۰ و ۱/۶۴ برابر کمتر از سه ماه دوم بود. افزایش میانگین شدت بارش و همچنین کمی پوشش گیاهی در این ماهها از عوامل مهم در میزان هدررفت آب و خاک می باشد. بلانکو و همکاران (۲۰۰۸) و اوگاردن و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهش های متفاوتی به این نتیجه رسیدند که پوشش گیاهی نقش مهمی در چرخه هیدرولوژیک ایفا می کند و به عنوان یک صافی برای کاهش انتقال ذرات در رواناب عمل می کند. میزان هدررفت آب و خاک در کشت-زارهای دیم متأثر از مقدار بارندگی طی فصول زراعی می باشد. الگوی بارش یک عامل عمده در تولید رواناب است. زمان و میزان بارش از عوامل حیاتی مؤثر بر تولید رواناب، ایجاد فرسایش، انتقال رسوب و هدررفت عناصر از خاک است (جونز و همکاران، ۲۰۱۴). براساس نتایج به دست آمده از تحقیق، رابطه معنی داری بین هدررفت نیتروژن و میزان رواناب ($R^2=0.93$) و هدررفت خاک ($R^2=0.91$) در فصول مختلف رشد گندم مشاهده شد و همچنین هدررفت نیتروژن در سه ماه اول ۵۸ درصد کمتر از سه ماه دوم بود (شکل ۱).



شکل ۱- رابطه بین هدررفت آب و خاک و هدررفت نیتروژن در فصول مختلف رشد.

بررسی خصوصیات رواناب و تأثیر آن بر فرآیند هدررفت نیتروژن نشان داد که هدررفت نیتروژن با هدررفت آب و خاک رابطه مثبت داشت که با نتایج لیو و همکاران (۲۰۱۴) و داد و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت داشت.

نتیجه گیری

نتایج نشان داد مقدار رواناب در ماههای مختلف پس از کشت متأثر از باران بوده و متفاوت است. بر همین اساس مقدار هدررفت نیتروژن نیز که تابعی از هدررفت رواناب طی ماههای مختلف متفاوت می باشد. حداکثر مقدار هدررفت این عنصر در سه ماه دوم پس از کشت بود که البته به صورت معنی داری تحت تأثیر هدررفت خاک و آب قرار گرفت. هدررفت نیتروژن در سه ماهه دوم پس از کشت ۵۸ درصد بیشتر از سه ماه اول بود.

منابع

فیضی اصل و، فتوت الف، آستارایی ع و لکزبان ا. ۱۳۹۳. تأثیر مقادیر و زمان مصرف نیتروژن بر برخی ویژگی های ریشه ژنوتیپ های مختلف گندم. مجله نشریه زراعت دیم ایران، جلد ۲، شماره ۱، صفحه های ۴۱ تا ۶۰.
وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۳. آمارنامه کشاورزی در سال ۱۳۹۳، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، محصولات زراعی، جلد اول، صفحه های ۴۸ تا ۵۰.

Blanco H and R, 2008. Principles of soil Conservation and Management. Springer Science. Journal Catena, (57): 77-90.



- Bouwer H. 1986. Intake rate: Cylinder infiltrometer. In Klute, A. (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical methods*. 2nd Ed. American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of America, Inc., Madison. Pp. 825-844.
- Day R, 1965. Particle fractionation and particle size analysis. In: C.A. Black et al (ed). *Method of soil analysis. Part I. P: 566-595. Ser. No 9 ASA. Madison. WI.*
- Jones R, Davidson P, Harbourn Ch and Hendley P. 2014. Chapter 8.1, Factors affecting runoff nutrient losses. www1.agric.gov.ab.ca.
- Klute A. 1986. *Methods of Soil Analysis. Part 1 (Physical and Mineralogical Methods)*. Am. Soc. Agron. Madison. WI.
- Kenny D and Nelson D. 1982. Nitrogen inorganic forms. PP. 643-698 In: page, A. L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, part 2*, American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Limon-Ortega A, Villaseor-Mir E and Espitia-Rangel E, 2008. Nitrogen management and wheat genotype performance in a planting system on narrow raised beds. *Cereal Research Communications*, 36: 343-352.
- Liu R, Wang J, Shi J, Chen Y, Sun Ch, Zhang P and Shen Z. 2014. Runoff characteristics and nutrient loss mechanism from plain farmland under simulated rainfall conditions. *Science of the Environment* 468-469, 1069-1077. Liu R, Wang J, Shi J, Chen Y, Sun Ch, Zhang P and Shen Z. 2014. Runoff characteristics and nutrient loss mechanism from plain farmland under simulated rainfall conditions. *Science of the Environment* 468-469, 1069-1077.
- Malekuti MJ, Keshavarz P, Saadat S and Khaladbarin B, 2002. *Plants resistance to saline conditions*. Sana Press. (In Persian).
- Nelson D and Klavivko, E. 1979. Surface runoff from sludge- amended soils. *Journal water pollut. Control fed*, 51: 100-110.
- Oygarden L, Deelstra J, Lagzdins A, Bechmann M, Greipsland I, Kyllmar K, Povilaitis A and Iital A. 2014. Climate change and the potential effects on runoff and nitrogen losses in the Nordic-Baltic region. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 4773(13): 1-13.
- Page M, Sprrks L, and Ndl M. 1987. Kinetics and mechanisms of potassium release from sandy middle Atlantic coastal. *Plain Soils. Soil Science Society of America Journal*, 51: 1460-1465.
- Tan KH, 2005. *Soil sampling preparation and Analysis*. 2nd edition. Taylor and Francis/ CRC press, Boca Raton, FL.
- USDA. 1972. *Soil survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples*. Report NO 1: 63pp.
- Walkly A and Black, I, 1934. An examination of digestion methods for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic and titration. *Soil Science Society of America Journal*, 37: 29-38.
- Wu Y and He D. 2011. Advances in root hairs in Gramineae and *Triticum aestivum*. *African J. Agric. Res*, 6(5):1047-1050.
- Yoder R, 1936. A direct method of aggregate analysis and a study of a physical nature of erosion losses. *Journal of American Agronomy*, 28: 337-351.



Topic for submission: Water Erosion, Flood , Soil and Water Conservation
Nitrogen losses in rainfed wheat cultivation during a crop year in Zanjan semi-arid region

Zabihi^{*1}, A., Vaezi², A.R

¹ M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

² Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

Abstract

Nitrogen is an essential nutrient that used in rainfed land with low fertility soils to increase the yield of the crop. The loss of this element can decrease soil fertility and a severe crop yields. In order to determine the effect of nitrogen loss, an experiment was carried out in Zanjan with semi-arid region in 2017-18. This experiment was conducted in a randomized complete block design with two fertilizer treatments (control and 50 kg ha⁻¹) in three replications on 24 erosion plots with 2 × 5 meters dimension. The results showed that the value of nitrogen loss was affected by the amount of runoff and sediment in different months after cultivation. The maximum value of losses for this element was found in the second trimester after cultivation, which was significantly affected by the loss of soil and water. Nitrogen losses in the second trimester month after cultivation were 58% higher than the first trimester months.

Keywords: nutrient elements, water loss, nitrogen, semi- arid region.

* Corresponding author, Email: Armanzabihi1990@gmail.com

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

تأثیر حذف آهک بر توزیع اندازه ذرات و فرسایش پذیری برآوردی در بخشی از خاک‌های دشت یزد-اردکان

فرزانه فتوحی فیروزآباد^{۱*}، سیده نجمه حسینی^۲^۱ نویسنده مسئول: استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد حفاظت آب و خاک دانشگاه اردکان

چکیده

از آنجایی که بافت خاک برخی از خصوصیات آن نظیر مقاومت به فرسایش پذیری، نفوذپذیری و ظرفیت نگهداری آب را منعکس می‌سازد، اهمیت زیادی دارد. در این تحقیق، ۳۷ نمونه خاک دست خورده از مقطع طولی اله آباد- خضراآباد در آبان ماه ۱۳۹۷ جمع‌آوری و سپس آزمایش‌های مورد نظر بر روی آن‌ها انجام شد. هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر حذف آهک بر درصد اجزای تشکیل دهنده‌ی خاک‌های سطحی و فرسایش‌پذیری (شاخص K معادله USLE) منطقه‌ی مورد مطالعه است. از روش آماری Paired-Samples T-Test در سطح احتمال ۰/۰۵ استفاده شد. نتایج نشان داد که حذف آهک بر روی درصد ذرات رس، سیلت، شن و قطر میانه تأثیر معنی‌دار نداشته است ($p > 0.05$) ولی تأثیر چشمگیری بر فرسایش‌پذیری خاک ($p < 0.05$) داشته است. در واقع وقتی آهک در خاک تأثیرگذار است که بافت خاک متوسط تا ریز باشد، در این صورت به دلیل نقش همآوری آهک، ذرات بهم متصل شده و به صورت ذرات درشت نقش آفرینی می‌کند. در شرایط حاضر به دلیل آنکه خاک در بخش غالبی از منطقه درشت بافت است، با از دست رفتن بخشی از آهک خاک، به دلیل نبود و کمبود ذرات ریز رس و سیلت باز هم خاک منطقه در محدوده‌ی درشت بافت قرار دارد. در عین حال حذف آهک، فرسایش‌پذیری خاک را تا ۱۰ برابر افزایش داده است.

کلمات کلیدی: آهک، بافت خاک، فرسایش خاک.

مقدمه

فرسایش خاک و مشکلات ناشی از آن یکی از معضلات مهم زیست‌محیطی حوضه‌های آبخیز ایران به شمار می‌رود و در حال حاضر این موضوع و مسائل مرتبط به آن، برای حفاظت و مدیریت منابع طبیعی باید بیش از پیش مورد توجه قرار بگیرد. هدررفت خاک، کاهش سطح اراضی زراعی و تولیدات کشاورزی، پر شدن مخازن سدها، تخریب جنگل و مرتع و مهاجرت روستاییان از جمله تبعات آن است (Karam, 2010). هدررفت خاک از اساسی‌ترین معضلات زیست‌محیطی، کشاورزی و تولید غذا در جهان است که بر تمام اکوسیستم‌های طبیعی و تحت مدیریت انسان اثرات مخربی دارد (Sheklabadi et al, 2003). هدررفت خاک به عنوان یک مشکل جدی زیست‌محیطی شناخته شده است. این پدیده در اثر ایجاد رواناب و کاهش ماده‌ی آلی خاک، ظرفیت نگهداری آب را کم می‌کند (Duran, 2008). تعیین عوامل مؤثر بر فرسایش‌پذیری و پیش‌بینی مقدار فرسایش، نخستین گام در ارائه راهکارهای حفاظت خاک است. با توجه به اینکه فرسایش خاک بر اثر تخریب ویژگی‌های فیزیکی انجام می‌شود، به بررسی تأثیر شاخص‌های کیفیت خاک بر فرسایش‌پذیری نیاز است (Sadeghi و همکاران، 2008). پایداری خاکدانه و نفوذپذیری خاک، از ویژگی‌های مهم مؤثر بر فرسایش‌پذیری خاک هستند که تحت تأثیر مواد آلی و آهک بافت خاک قرار می‌گیرند (Hoyos, 2005).

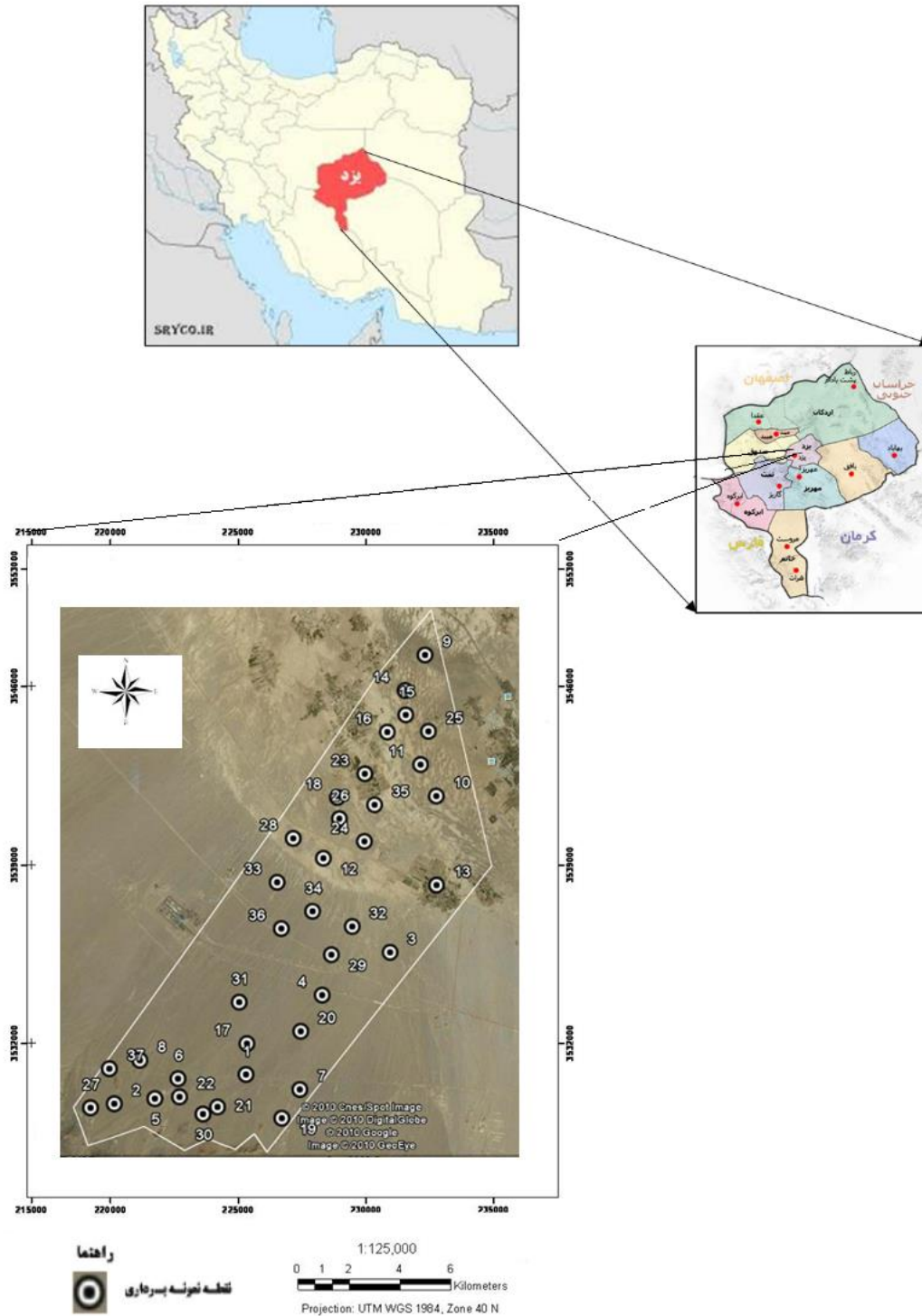
در زمینه فرسایش‌پذیری خاک پژوهش‌های متعددی انجام شده است. پژوهش‌های مختلف نشان دهنده تأثیر ویژگی‌های مختلف خاک بر فرسایش‌پذیری (K) هستند. در بررسی‌های Duiker و همکاران (۲۰۰۱) اهمیت آهک در ساختمان خاک و فرسایش‌پذیری بیان شده است. بررسی‌های قربانی‌واقعی و بهرامی (۱۳۸۴) نیز حاکی از آن است که فرسایش‌پذیری خاک با درصد ذرات شن، سیلت و رس خاک بیشترین همبستگی را دارد. در پژوهشی دیگر واعظی و همکاران (۱۳۸۸) با مطالعه بخشی از خاک‌های نواحی نیمه‌خشک شمال غربی ایران، به بررسی عامل فرسایش‌پذیری خاک پرداختند و نتیجه گرفتند که شن درشت، رس، ماده آلی، آهک، پایداری خاک دانه‌ها و نفوذپذیری، همبستگی منفی معنادار و شن بسیار ریز و سیلت، همبستگی مثبت معنادار با عامل فرسایش‌پذیری دارند. Khalid و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که کلسیم کربنات، عامل اصلی و مؤثر در فرسایش‌پذیری خاک است؛ به طوری که بالا بودن میزان فرسایش‌پذیری خاک می‌تواند با مقدار شن و کلسیم کربنات بالا در ارتباط باشد. نتایج تحقیقات Fotouhi و همکاران

* ایمیل نویسنده مسئول: f.fotouhi@ardakan.ac.ir

(۲۰۱۲) نشان داد که بین عامل فرسایش پذیری خاک و درصدهای سیلت و شن خیلی ریز، همبستگی مثبت و بین عامل فرسایش پذیری و شن، ماده‌ی آلی و کربنات‌ها همبستگی منفی وجود دارد. Hang و همکاران (۲۰۱۳) نتیجه گرفتند که فرسایش پذیری، با درشتی یا سبکی بافت خاک نسبت معکوس دارد. آنها دریافتند که بیشترین مقدار فرسایش پذیری، مربوط به بافت رس سیلتی و کمترین آن مربوط به خاک سنگریزه‌دار است. در مطالعه‌ی Manyiwa و Dikinya (۲۰۱۳)، همبستگی معنی‌داری بین شاخص فرسایش پذیری خاک، بافت و ماده آلی آن ایجاد شد، زیرا این دو ویژگی تأثیر بسزایی در پایداری خاکدانه و نفوذ آب به خاک دارد. Shabani و همکاران (۲۰۱۴) به این نتیجه رسیدند که بین عامل فرسایش پذیری خاک و درصد شن، شن خیلی ریز، ماده‌ی آلی و آهک همبستگی معنی‌دار ($p < 0/01$) وجود دارد. آن‌ها همچنین بیان کردند که گنجاندن درصد کربنات‌ها و شیب در معادله‌ی برآورد عامل فرسایش پذیری خاک، باعث بهبود تخمین آن می‌شود. Anache و همکاران (۲۰۱۵)، برای اطمینان یافتن از اینکه مدل Wischmeier و Smith (۱۹۸۷) فرسایش پذیری واقعی خاک را پیش‌بینی می‌کند، فاکتور فرسایش پذیری خاک را برای گروه‌های مختلف تاکسونومیکی محاسبه کردند. مطابقت نتایج به دست آمده برای هر کلاس طبقه‌بندی با ویژگی‌های خاک مربوط به آن کلاس حاکی از آن است که با توجه به اینکه هر نوع خاک ویژگی‌های متمایزی دارد، مقدار فرسایش پذیری به دست آمده برای کلاس‌های مختلف طبقه‌بندی خاک نیز متفاوت می‌باشد. پژوهش و لطفی (۱۳۹۵) تأثیر حذف آهک را بر درصد اجزای تشکیل دهنده‌ی خاک‌های سطحی و فرسایش پذیری در منطقه‌ای در کنار سد خاکی آبیج در استان چهارمحال و بختیاری مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که حذف آهک بر روی درصد ذرات رس، سیلت و شن خیلی ریز تأثیر معنی‌داری داشته، اما بر روی شن تأثیر معنی‌داری نداشته است. لذا با حذف آهک، انتظار می‌رود فرسایش پذیری خاک افزایش و در پی آن مقاومت خاک کاهش یابد. در تحقیقی Zhao و همکاران (۲۰۱۸) با هدف شناسایی بهترین روش ممکن برای ارزیابی فرسایش خاک (K) و درک عوامل موثر بر هدررفت آن، طی بررسی ۱۵۱ نمونه خاک به مطالعه فرسایش خاک و عوامل موثر بر آن پرداختند. علیرغم اهمیت حیاتی خاک برای ادامه بقا آدمی، معضلی جدی آن را تهدید می‌کند و آن چیزی نیست جز پدیده فرسایش. فرسایش خاک را می‌توان به عنوان بحرانی جدی تلقی نمود. مسائل مربوط به فرسایش و تأثیر مخرب آن بر منابع زیست محیطی و کشاورزی همواره از چالش‌های پیش روی مرتبط با این بخش است، بنابراین برای اعمال برنامه‌ریزی مناسب و ارائه نتایج مطلوب‌تر انجام بررسی‌ها و مطالعه بیشتر در این زمینه ضروری است. هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر حذف آهک بر درصد اجزای تشکیل دهنده‌ی خاک‌های سطحی و فرسایش پذیری مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در ۲۰ کیلومتری شهر یزد در عرض $35^{\circ}26'36''/9$ تا $35^{\circ}51'12''/9$ شمالی و طول $61^{\circ}07'21''/9$ تا $61^{\circ}45'23''/9$ شرقی واقع شده است که در نواری طولی بین کوه خضراباد در بالادست و شهرهای اشکذر و زارچ در پایین دست قرار دارد (مقطع طولی خضراباد- اله آباد) که دشت‌سرهای لخت، اپانداژ و پوشیده را در بر می‌گیرد. حداکثر ارتفاع این ترانسکت در بخش مجاور کوهستان، ۱۷۸۳ متر و حداقل آن با ارتفاع ۱۱۴۱ متر در محل حاشیه رخساره تپه‌های ماسه‌ای در مجاور جاده یزد- اردکان بوده و مساحت این مقطع طولی، ۲۰۸ کیلومتر مربع است. شکل (۱) موقعیت مقطع مورد مطالعه را در استان یزد و دشت یزد- اردکان نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر از نوع کاربردی و روش‌شناسی آن تلفیقی از نمونه برداری‌های میدانی، عملیات آزمایشگاهی و محاسباتی و نهایتاً تجزیه و تحلیل‌های آماری است. در این تحقیق در ابتدا به کمک نقشه‌های توپوگرافی، عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای ETM^+ ، تصاویر Google earth و با استفاده از نرم افزار ArcGIS مرز منطقه مطالعاتی را مشخص و نقشه‌های واحدهای سنگ‌شناسی، زمین‌شناسی و رخساره‌های ژئومورفولوژی بر اساس سیستم مختصات UTM از منطقه مطالعاتی تهیه گردید. بعد با کمک نقشه‌های مذکور، با استفاده از روش نمونه‌برداری طبقه بندی- تصادفی، نمونه‌های خاک (۳۷ نمونه) تا عمق ۱۰ سانتی‌متری در درون رخساره‌ها

نوع بافت خاک	D ₅₀ (mm)	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	فرسایش پذیری خاک (تن ساعت بر مگاژول میلی متر)
--------------	----------------------	---------	-----------	---------	---

برداشت شد. در همین عمق، مشخصات ساختمان سطحی خاک به عنوان متغیر دخیل در فرسایش پذیری مورد بررسی قرار گرفت. سپس کدهای ساختمان خاک نیز بر اساس اندازه و شکل خاکدانه‌ها و نفوذ آب در خاک از جداول پیشنهادی ویشمایر و اسمیت تعیین گردید. نفوذپذیری خاک بر اساس سرعت نفوذ نهایی با روش استوانه‌های مضاعف در صحرا اندازه‌گیری گردید. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، آزمایشات لازم بر روی آن‌ها انجام گرفت. توزیع دانه‌بندی خاک به روش هیدرومتر، درصد شن خیلی ریز با استفاده از الک تر، درصد ماده آلی به روش والکی بلاک تعیین گردید. آهک بر اساس مقدار مواد خنثی شونده (TNV)^۱ به روش حجمی از واکنش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک تعیین شد. سپس شاخص فرسایش‌پذیری از فرمول ذیل محاسبه گردید.

$$K = \frac{[2.1M^{1.14}(10^{-4})(12-a)+3.25(b-2)+2.5(c-3)]}{100} \quad (1)$$

که در آن M، a، b و c به ترتیب حاصلضرب مجموع درصد سیلت و شن بسیار ریز در ۱۰۰ منهای درصد رس، درصد مواد آلی، کد ساختمان و کد نفوذپذیری نیمرخ خاک است. در این معادله عامل فرسایش‌پذیری خاک (K) در سیستم آمریکایی بر حسب ۰/۰۱ تن ساعت بر فوت تن اینچ می‌باشد. به منظور تبدیل واحد (K) از سیستم آمریکایی به سیستم بین‌المللی از ضریب ۰/۱۳۱۷ استفاده شد. واحد (K) در سیستم بین‌المللی تن ساعت بر مگاژول میلی‌متر می‌باشد.

در آخرین مرحله پس از محاسبه شاخص فرسایش‌پذیری خاک، برای تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS، ۱۶ استفاده گردید. برای بررسی تأثیر حذف آهک بر درصد اجزاء تشکیل دهنده خاک، از آزمون برابری میانگین‌های دو گروه وابسته‌ی paired-samples T-Test (مشاهدات زوجی) در سطح احتمال ۰/۰۵ استفاده گردید. جهت اثبات فرض نرمال بودن داده‌ها از آزمون غیرپارامتری کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد.

نتایج و بحث

برای بررسی تأثیر حذف آهک بر درصد اجزای تشکیل دهنده خاک، از آزمون برابری میانگین‌های دو گروه وابسته‌ی paired-samples T-Test (مشاهدات زوجی) در سطح احتمال ۰/۰۵ استفاده گردید. هدف از این آزمون که به آزمون قبل و بعد نیز معروف می‌باشد، برابری میانگین‌های دو گروه وابسته است. پیش فرض آزمون، نرمال بودن متغیر مورد مطالعه در دو گروه می‌باشد. اجرای این آزمون با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف صورت می‌گیرد، که آزمونی ناپارامتری برای بررسی توزیع مشاهدات است. پیش فرض SPSS، انجام آزمون برای بررسی توزیع نرمال است. ویژگی‌های اجزای خاک و فرسایش‌پذیری نمونه‌های مورد بررسی، قبل از حذف آهک و بعد از آن به ترتیب در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات خاک و فرسایش پذیری آن قبل و بعد از حذف آهک

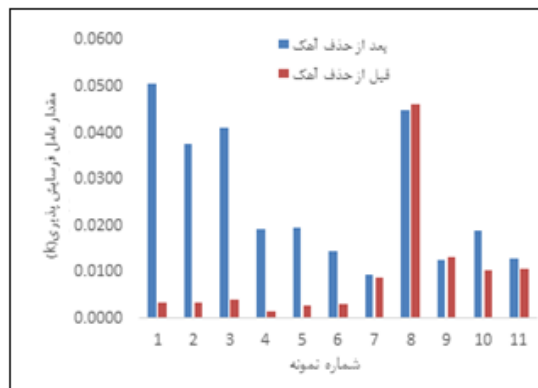
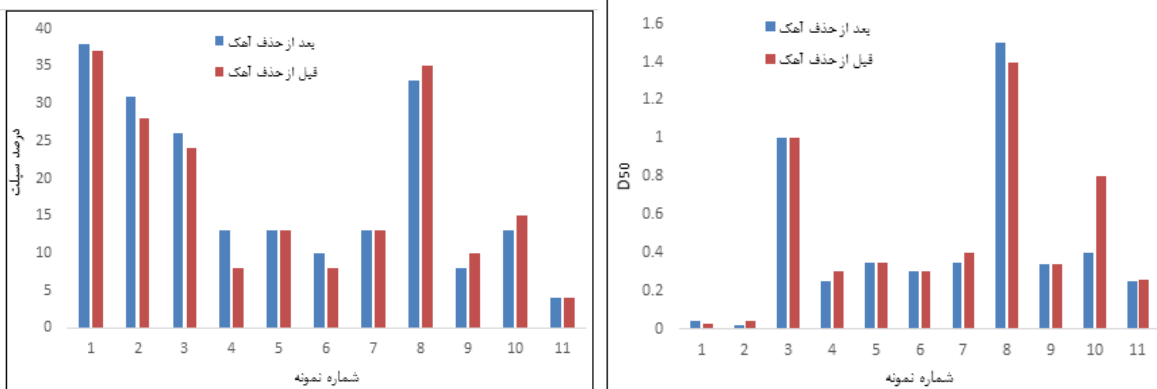
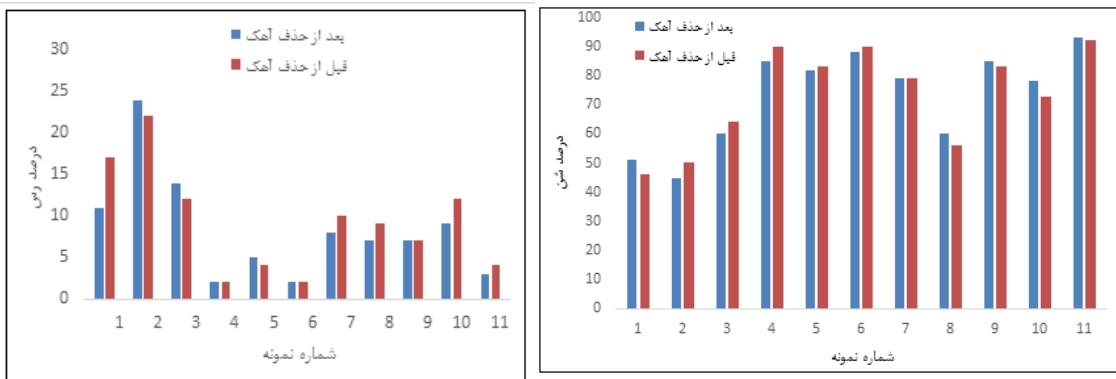
دشت/سر	شماره نمونه	پیش از آهک	پس از آهک	پیش از آهک	پس از آهک	پیش از آهک	پس از آهک	پیش از آهک	پس از آهک	پیش از آهک	پس از آهک	پیش از آهک	پس از آهک
لخت	۱	۰/۰۵۱	۰/۰۰۳۳	۱۱	۱۷	۳۸	۳۷	۵۱	۴۶	۰/۰۴	۰/۰۳	Loam	Loam
	۲	۰/۰۳۸	۰/۰۰۳۳	۲۴	۲۲	۳۱	۲۸	۴۵	۵۰	۰/۰۲	۰/۰۴	Loam	Loam
	۳	۰/۰۴۱	۰/۰۰۴۰	۱۴	۱۲	۲۶	۲۴	۶۰	۶۴	۱/۰۰	۱/۰۰	Sand y loam	Sand y loam
اپانداز	۴	۰/۰۲۰	۰/۰۰۱۶	۲	۲	۱۳	۸	۸۵	۹۰	۰/۲۵	۰/۳	Sand y	Loam sand
	۵	۰/۰۲۰	۰/۰۰۲۶	۵	۴	۱۳	۱۳	۸۲	۸۳	۰/۳۵	۰/۳۵	Loam sand	Loam sand
	۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۳۲	۲	۲	۱۰	۸	۸۸	۹۰	۰/۳۰	۰/۳۰	Sand y	Sand y
	۷	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۸	۱۰	۱۳	۱۳	۷۹	۷۹	۰/۳۵	۰/۴۰	Loam sand	Loam sand
پوشیده	۸	۰/۰۴۵	۰/۰۴۶	۷	۹	۳۳	۳۵	۶۰	۵۶	۱/۵۰	۱/۴۰	Sand y loam	Sand y loam
	۹	۰/۰۱۲	۰/۰۱۳	۷	۷	۸	۱۰	۸۵	۸۳	۰/۳۴	۰/۳۴	Loam sand	Loam sand
	۱۰	۰/۰۱۹	۰/۰۱۰۵	۹	۱۲	۱۳	۱۵	۷۸	۷۳	۰/۴۰	۰/۸۰	Loam sand	Sand y loam
	۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۰۵	۳	۴	۴	۴	۹۳	۹۲	۰/۲۵	۰/۲۶	Sand y	Sand y

همان طور که در جدول (۱) نشان داده شده است خاک در بخش غالبی از منطقه درشت بافت است و با حذف آهک، فرسایش پذیری خاک تا ۱۰ برابر افزایش یافته است. بر اساس آزمون t جفتی، تفاوت بین اجزای خاک قبل و بعد از حذف آهک بررسی و در سطح احتمال ۰/۰۵ مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج آماری و نتایج آزمون t به ترتیب در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- نتایج آزمون t جفتی

معنی داری	T	حداکثر	حداقل	میانگین خطای استاندارد	انحراف معیار	میانگین	عامل
۰/۰۱۱	-۳/۱۳	-۰/۰۲۷	-۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۱۶	-۰/۰۱۵	فرسایش پذیری خاک (تن ساعت بر مگاژول میلی متر)
۰/۲۷۷	۱/۱۵	۲/۴	-۰/۷۷	۰/۷۱	۲/۳۶	۰/۸۱	درصد رس
۱	۰	۲/۵	-۲/۵	۱/۱۴	۳/۸	۰	درصد شن
۰/۳۷	-۰/۹۴	۰/۸۷	-۲/۱۵	۰/۶۸	۲/۲۵	-۰/۶۴	درصد سیلت
۰/۳۴	۱/۰۰۳	۰/۱۲۳	-۰/۰۴۶	۰/۰۳۸	۰/۱۲۶	۰/۰۳۸	D ₅₀ (mm)

همان طور که در جدول فوق مشاهده می شود حذف آهک در سطح احتمال ۵ درصد، بر عامل فرسایش پذیری خاک اثر معنی داری دارد ولی حذف آهک در سطح احتمال ۵ درصد، بر روی درصد رس، شن، سیلت و D₅₀ تأثیر معناداری ندارد. شکل (۲) فرسایش پذیری خاک، درصد رس، درصد سیلت، درصد شن و D₅₀ را قبل و بعد از حذف آهک خاک نشان می دهد.



شکل ۲- مقایسه مقدار درصد شن، درصد سیلت، درصد رس، عامل فرسایش پذیری خاک (تن ساعت بر مگاژول میلی‌متر) و قطر میانه (میلی‌متر) قبل و بعد از حذف آهک

همان طور که در جدول (۲) و شکل (۲) نشان داده شده است با از بین بردن آهک تأثیر چشمگیر و قابل ملاحظه‌ای در تغییر بافت نداشته است ولی تأثیر چشمگیری بر فرسایش‌پذیری خاک داشته است. آهک از عوامل مهم در پایداری خاکدانه در خاک‌های نواحی نیمه خشک است و با افزایش نفوذپذیری می‌تواند در کاهش رواناب مؤثر باشد. نقش آهک در تغییرات مکانی رواناب به دلیل تأثیر چشمگیر آن در پایداری ساختمان می‌باشد. آهک از اجزاء مهم خاک در نواحی نیمه‌خشک است که نقش اساسی در هم‌آوری^۱ ذرات و افزایش پایداری خاکدانه‌ها دارد. به سبب هم‌آوری ذرات، خاکدانه‌ها هنگام جذب آب به آسانی متلاشی نمی‌شود و به همین دلیل اندازه منافذ خاک کاهش نمی‌یابد. از این رو آهک با افزایش سرعت نفوذ آب به خاک در کاهش رواناب مؤثر است. در واقع وقتی آهک در خاک تأثیرگذار است که بافت خاک متوسط تا ریز باشد، در این صورت به دلیل نقش هم‌آوری آهک، ذرات بهم متصل شده و به صورت ذرات درشت نقش آفرینی

¹Flocculation

می‌کند (Fotouhi و همکاران، ۲۰۱۲). در شرایط حاضر به دلیل آنکه خاک در بخش غالبی از منطقه درشت بافت است، با از دست رفتن بخشی از آهک خاک به واسطه اضافه نمودن اسید، به دلیل نبود و کمبود ذرات ریز رس و سیلت باز هم خاک منطقه در محدوده‌ی درشت بافت قرار دارد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق پژوهش و لطفی (۱۳۹۵) مطابقت دارد از این منظر که حذف آهک فرسایش‌پذیری خاک را افزایش و مقاومت خاک را کاهش می‌دهد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، ۳۷ نمونه خاک دست خورده از مقطع طولی اله آباد- خضرآباد در آبان ماه ۱۳۹۷ جمع‌آوری و سپس آزمایش‌های مورد نظر بر روی آن‌ها انجام شد. هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر حذف آهک بر درصد اجزای تشکیل دهنده‌ی خاک‌های سطحی و فرسایش‌پذیری (شاخص K معادله USLE) منطقه‌ی مورد مطالعه است. از روش آماری Paired-Samples T-Test در سطح احتمال ۰/۰۵ استفاده شد. این پژوهش نشان داد که با از بین بردن آهک تأثیر چشمگیر و قابل ملاحظه‌ای در تغییر بافت نداشتند است ($p > 0/05$) ولی تأثیر چشمگیری بر فرسایش‌پذیری خاک ($p < 0/05$) داشته است. در واقع وقتی آهک در خاک تأثیرگذار است که بافت خاک متوسط تا ریز باشد، در این صورت به دلیل نقش همآوری آهک، ذرات به هم متصل شده و به صورت ذرات درشت نقش آفرینی می‌کند. در شرایط حاضر به دلیل آنکه خاک در بخش غالبی از منطقه درشت بافت است، با از دست رفتن بخشی از آهک خاک به واسطه اضافه نمودن اسید، به دلیل نبود و کمبود ذرات ریز رس و سیلت باز هم خاک منطقه در محدوده‌ی درشت بافت قرار دارد.

منابع

- پژوهش، م. و لطفی، م. ۱۳۹۵. تأثیر حذف آهک بر ذرات و فرسایش‌پذیری خاک (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی جونقان استان چهارمحال و بختیاری). مجله پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۶: ۲ (۲۲)، ۴۵-۳۱.
- قربانی واقعی، ک. و بهرامی، ک. ع. ۱۳۸۴. ارزیابی تغییرات عامل فرسایش‌پذیری خاک به روش وزنی در دو مدل USLE و RUSLE به کمک GIS در خاک‌های شمال شرق استان لرستان. سومین همایش فرسایش و رسوب. ۶ تا ۹ شهریورماه. مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور. تهران.
- واعظی، ع. ر.، بهرامی، ح. ع.، صادقی، ح. ر. و مهدیان، م. ح. ۱۳۸۸. عدم قطعیت عامل فرسایش‌پذیری K در برآوردی با استفاده از نمودار USLE در خاک‌های آهکی شهرستان هشتگرد، شمال غربی ایران. مجله‌ی تحقیقات آب و خاک ایران، ۱(۴۰)، ۳۴-۲۷.
- Anache, J. A. A., acchi, C. G. V., Panachuki, E. and Alves, T. 2015. Assessment of methods for predicting soil erodibility in soil loss modeling. *Geociencia*, 34, 32 - 40.
- Duiker, S.W., Flanagan, D.C. and Lal, R. 2001. Erodibility and infiltration characteristics of five major soils of southwest Spain. *Catena*, 45, 103-121.
- Duran Zuazo, V. H. and Rodriguez Pleguezuelo, C. R. 2008. Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 28, 65 - 86.
- Fotouhi, F., Azimzadeh, H. R., Talebi, A. and Ekhtesasi, M. R. 2012. Analyzing the Changes of Soil Erodibility Index (K) in the Soils of Arid Regions and the Effective Factors in Central Iran (Case Study: Yazd - Ardakan Plain). *Desert*, 17, 65 - 75.
- Hang, J. J., Lin, C. P. and Wang, Y. M. 2013. Determination of soil erodibility index for Taiwan mountainous area. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*. Department of Civil Engineering. National Pingtung University of Sciences and Technology, 17, 43 - 48.
- Hoyos, N. 2005. Spatial modeling of soil erosion potential in a tropical watershed of the Colombian Andes. *Catena*, 63, 85-108.
- Karam, A., Safarian, A. and Hajje foroshnia, SH. 2010. Estimation of soil erosion in the watershed zoning Mamlou (zaragh Tehran) using methods modified universal equation of soil erosion and the analytic hierarchy process, *Researches in Earth Sciences*, 1(2), 73-86.
- Khalid, F. and Hassan Moatasim, D. A. 2012. Effect of calcium carbonate on the erodibility of some calcareous soils by water erosion. *Soil and Water Resource Department, College of Agriculture and Forestry, Mosul University. Iraq*. 40 (4).
- Manyiwa, T., and Dikinya, O. 2013. Using universal soil loss equation and soil erodibility factor to assess soil erosion in Tshesebe villag, Northeast Botswana. *African Journal of Agricultural Research*, 30, 4170 - 4178.
- Ozdemir, N., Oztürk, E., Durmus, O. T. K., and Ekberli, I. 2015. Effects of organic and inorganic amendments on soil erodibility. *Eurasian Journal of Soil Science*, 4(4), 266.
- Shabani, F., Kumar, L. and Esmaeili, A. 2014. Improvement to the prediction of the USLE K factor. *Geomorphology*, 204, 229 - 234.



- Sadeghi, S.H.R., Kianei-e-Harchegani, M., Saeedi, P. and Allafibadi, M. 2008. Assessing capability of RUSLE in estimation of storm's sediment. Proceedings of the Forth Sciences and Watershed Management Engineering Conference of Iran. Karaj, Iran, 122-123.
- Sheklabadi, M., Khademi, H., and Charkhabi, A. H. 2003. Runoff and sediment generation in soils with different parent material in Gelabad watershed. Journal Science and Technology Agriculture and Natural Resources, 7, 2, 85 - 100.
- Zhao, W., Wei, H., Jia, L., Daryanto, S., Zhang, X. and Yanxu, L. 2018. Soil erodibility and its influencing factors on the Loess Plateau of China: a case study in the Ansai watershed. International Journal of Solid Earth, 1507-1516.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Water Erosion, Flood , Soil and Water Conservation

Lime removal impacts on the soil particles distribution and estimated erodibility in center of Yazd-Ardakan plain

Fotouhi firoozabad^{1*}, F., Hosseini², S.N.

¹Corresponding Author: Assistant Professor of Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, P.O.Box 184, Ardakan, Iran.

²Master of Science in Water and Soil Conservation, Ardakan University

Abstract

Soil texture reflects some of characteristics such as permeability, water holding capacity that is very important. For this study, 37 disturbed soil samples were collected from the area (Khezrabad-Elahabad section). The aim of this study is to evaluate the effect of lime removal on the particle size percentage of surface soils in some parts of studied area. To evaluate the impact of the removal of lime on the soil components, Paired-Samples T-Test statistical method was used at level 0.05. The results showed that the removal of lime does not have a significant influence on the amounts of clay, silt, sand particles and middle diameter of particle ($p > 0.05$) but has a significant influence ($p < 0.05$) on soil erodibility (K index of USLE). In fact, when lime is affected in soil, the soil texture is moderate to small, In this case, due to the role of lime condensation, the particles are joined together and act as coarse particles. In the present situation, because the soil is dominant in the coarse texture area, with the loss of a part of lime, due to the lack of micro-clay and silt particles, the soil is located in the coarse texture area. The removal of lime has increased soil degradability by up to 10 times.

Keywords: Lime, Soil texture, Soil erosion.

* Corresponding author, Email: f.fotouhi@ardakan.ac.ir

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب
بررسی نسبت غنی شدن فسفر در رسوب در مزرعه گندم
لیدا پیری مقدم^{۱*}، علی‌رضا واعظی^۲

^۱ دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
^۲ استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

چکیده

فسفر از عناصر شیمیایی ضروری برای رشد گیاه است که برای بهبود عملکرد محصول در کشت‌زارهای دیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدررفت این عنصر غذایی منجر به کاهش باروری خاک و عملکرد محصول می‌شود. در این مطالعه، نسبت غنی شدن این عنصر در رسوب در کشت‌زاری دیم در منطقه نیمه‌خشک مورد بررسی قرار گرفت. آزمایشی مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تیمار کوددهی (شاهد، اوره، سوپرفسفات تریپل و مخلوطی از اوره و سوپرفسفات تریپل) و دو روش خاک‌ورزی (شخم موازی شیب و شخم روی خط تراز) در سه تکرار اجرا گردید. در مجموع، ۲۴ کرت آزمایشی به ابعاد ۱/۷۵ متر در ۸ متر احداث گردید و هدررفت عنصر غذایی در اثر فرسایش خاک برای باران‌های مختلف در طی دوره رشد گندم (مهرماه ۱۳۹۳ تا تیر ماه ۱۳۹۴) اندازه‌گیری شد. براساس نتایج، در نسبت غنی شدن فسفر در رسوب تفاوت آماری معنی‌داری بین دو روش خاک‌ورزی نداشت. هدررفت فسفر به شدت تحت تأثیر شدت باران قرار گرفت به طوری که با افزایش شدت باران، هدررفت این عنصر افزایش یافت.

کلمات کلیدی: خاک‌ورزی، رسوب، گندم دیم، نسبت غنی شدن فسفر

مقدمه

حدود ۳۹ درصد سطح کشور را مناطق نیمه‌خشک شامل می‌شود، در این مناطق گیاهانی که بتوانند بدون آبیاری کشت شوند نسبتاً محدود بوده و هیچ یک از این گیاهان بر گندم دیم برتری ندارند (شعبانی و همکاران، ۲۰۱۲). از ۶/۵ میلیون هکتار اراضی کشور که به کشت گندم اختصاص دارد، ۴ میلیون هکتار آن در مناطق نیمه‌خشک و زیر کشت گندم دیم قرار دارد (امام، ۲۰۰۷). بیش‌تر خاک‌های تحت کشت کشور دارای غلظت فسفر پایینی هستند، به طوری که تقریباً ۵۰ درصد خاک‌ها دارای فسفر کم‌تر از ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ۳۳ درصد دارای فسفر بین ۱۰ تا ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و تنها ۱۷ درصد از خاک دارای فسفر بیش‌تر از ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشند که نیاز گندم را به فسفر تأمین نمی‌نماید (شهبازی و داوودی، ۱۳۹۱). کمبود فسفر اغلب منجر به محدودیت رشد گیاهان در اغلب خاک‌ها می‌شود. این کمبود از رسوب، تبادل و تغییر شکل فسفر ناشی می‌شود. از این رو مصرف کودهای فسفوری برای تکمیل دوره‌های رشد به ویژه دوره زایشی در کشت‌زارهای دیم اجتناب‌ناپذیر است. برای ارزیابی هدررفت عناصر غذایی از طریق فرسایش خاک می‌توان نسبت غنی شدن عنصر در رسوب (Sediment enrichment ratio) را مورد بررسی قرار داد. نسبت غنی شدن عنصر در رسوب عبارت از نسبت مقدار عنصر غذایی در رسوب به مقدار همان عنصر در خاک است. این شاخص تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله خصوصیات بارندگی (شدت و مدت بارندگی)، خصوصیات خاک (عمق خاک و توزیع عناصر در عمق خاک)، نوع فرسایش خاک (سطحی، شیاری و ...)، شیب و پوشش گیاهی قرار دارد (یوسفی و همکاران، ۲۰۱۰). در خاک‌هایی که عمق خاک حاصلخیز سطحی کم‌تر می‌باشد با افزایش هدررفت خاک در اثر فرسایش، نسبت غنی شدن عنصر در رسوب کاهش می‌یابد. در خاک‌های حاصلخیز برخلاف خاک‌های فقیر و نابارور نسبت غنی شدن عناصر غذایی اغلب بالاست (رفاهی، ۱۳۸۷). در کشت‌زارهای شیبدار که تحت مصرف کودها قرار می‌گیرند، نسبت غنی شدن عناصر غذایی تحت تأثیر کوددهی نیز قرار می‌گیرد و بسته به نوع کود مصرفی (درجه حلالیت)، زمان مصرف کود و روش کوددهی تغییر پیدا می‌کند (زکیئی و همکاران، ۱۳۹۳). به هر حال بکارگیری مدیریت مناسب در کوددهی می‌تواند موجب کاهش تلفات کودی در اثر فرسایش خاک گردد. این موضوع، کاهش نسبت غنی شدن عناصر کودی در رسوب را در پی داشته و در افزایش بهره‌وری کود و بهبود تولید محصول مؤثر خواهد بود. وجود ترکیبات کربناتی از جمله آهک از عوامل اصلی محدود کننده جذب برخی عناصر غذایی (مانند فسفر) در کشت‌زارهای دیم می‌باشد. از سوی دیگر کمبود رطوبت نیز از عوامل اصلی تأثیرگذار در کاهش حلالیت عناصر و نهایتاً رشد گیاه است. لذا در چنین شرایطی، جذب عناصر غذایی توسط گیاه اغلب با دشواری‌هایی مواجه است. جهت خاک‌ورزی نقشی مهم در تولید جریان‌های سطحی و فرسایش خاک در کشت‌زارهای دیم دارد، از آنجا که بخش عمده نیاز کودی گیاه، در اوایل کاشت زمانی

* ایمیل نویسنده مسئول: piri_lida@yahoo.com

که خاک بدون پوشش می‌باشد، مصرف می‌گردد، هدررفت آب و خاک و عناصر کودی بالاست. مطالعات اندکی در زمینه هدررفت عناصر غذایی به ویژه فسفر از کشتزارهای دیم گندم انجام گرفته است. تحقیق حاضر با هدف بررسی نسبت غنی شدن فسفر در دو جهت خاک‌ورزی در منطقه نیمه‌خشک انجام گرفت.

مواد و روش‌ها طرح آزمایشی

آزمایش در قالب طرح فاکتوریل (فاکتور اصلی، جهت کشت و فاکتور فرعی، کوددهی) با چهار نوع کوددهی (شاهد، اوره، سوپرفسفات تریپل و مخلوطی از اوره و سوپرفسفات تریپل) و دو روش خاک‌ورزی (شخم موازی با شیب و شخم عمود بر جهت شیب) در سه تکرار در ۲۴ کرت آزمایشی به ابعاد ۸ متر در ۱/۷۵ متر اجرا شد (شکل ۱). برای انجام این آزمایش، کشت‌زاری دیم واقع در دانشگاه زنجان با شیب حدود ۱۰ درصد و مساحت حدود ۱۰۰۰ مترمربع به مختصات جغرافیایی "۴۷°۱'۱۲" تا "۳۱°۵۲'۴۹" طول شرقی و "۳۵°۲۵'۴۵" تا "۳۷°۱۵'۲۴" عرض شمالی در اوایل پاییز سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انتخاب گردید. منطقه مورد بررسی دارای متوسط بارش سالانه در حدود ۲۷۰/۴ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۱ درجه سانتی‌گراد است.



شکل ۱. موقعیت کرت‌های آزمایشی در کشت‌زار دیم گندم

نمونه‌برداری خاک و تعیین ویژگی‌های خاک

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کشت‌زار در نمونه‌های برداشته شده از خاک در ابتدای فصل رشد و پیش از کاشت تعیین شدند. برای این منظور نمونه خاک مرکب از بخش‌های مختلف کشت‌زار به روش تصادفی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر برداشت شد. در نمونه خاک گذرانده از الک ۲ میلی‌متر، توزیع اندازه ذرات به روش هیدرومتری، جرم مخصوص حقیقی خاک با استفاده از پیکنومتر، درصد گچ به روش استون، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش باور، ماده آلی خاک به روش والکلی و بلک و درصد کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با استفاده از اسیدکلریدریک نرمال اندازه‌گیری شد. واکنش خاک به وسیله pH سنج و EC خاک با استفاده از عصاره گل اشباع توسط دستگاه EC سنج قرائت گردید. همچنین جرم مخصوص ظاهری خاک به روش سیلندر فلزی در مزرعه و پایداری خاکدانه‌ها در آب به روش الک تر در نمونه‌های خاکدانه به قطر ۲ تا ۴ میلی‌متر به مدت یک دقیقه بر مبنای میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار و نفوذپذیری خاک بر مبنای سرعت نفوذ نهایی آب خاک به روش استوانه مضاعف در مزرعه اندازه‌گیری شد.

کشت گندم پاییزه و نحوه کوددهی

گندم رقم سرداری به وسیله دستگاه ردیف‌کار خطی با عمق کاشت ۴ تا ۶ سانتی‌متر و فاصله ردیف‌های کشت ۱۷ تا ۲۰ سانتی‌متر در اوایل مهرماه ۱۳۹۳ کاشته شد. برای این منظور، مزرعه به دو بخش مساوی تقسیم شد و دو روش خاک‌ورزی متفاوت (موازی شیب و روی خطوط تراز) با استفاده از دستگاه پنجه‌غازی اجرا گردید. به دنبال آن کشت گندم با استفاده از دستگاه خطی کار مطابق با دو جهت شخم انجام گرفت. در هر جهت شخم چهار تیمار کودی (شاهد، کود نیتروژنی، کود فسفری و ترکیب کود نیتروژنی و فسفری) در نظر گرفته شد. طول دوره رشد ۹ ماه (مهر ۱۳۹۳ تا تیر ۱۳۹۴) بود. مقدار مصرف کودها بر مبنای نتایج آزمون خاک و نیاز غذایی گندم دیم توصیه گردید.

تعیین نسبت غنی شدن فسفر در رسوب

پس از هر رخداد بارندگی منجر به روان آب، از خاک هر کرت در سه نقطه (ابتدا، وسط و انتها) نمونه برداری شد. همچنین نمونه‌های نیم لیتری از مخلوط روان آب و رسوب موجود در مخزن پایین هر کرت به آزمایشگاه منتقل شده و بعد از جداسازی روان آب از رسوب، نمونه‌های رسوب و نمونه‌های مرکب خاک هر کرت در دمای ۵۰-۴۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک گردید. فسفر قابل دسترس به روش اولسن و همکاران (۱۹۵۴) اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از رابطه زیر نسبت غنی شدن فسفر تعیین گردید:

$$ER = \frac{CNSediment}{CNSoil}$$

که در آن: ER نسبت غنی شدن ماده غذایی (بدون بعد)، CNSediment غلظت عنصر غذایی در رسوب (میلی‌گرم به کیلوگرم)، CNSoil غلظت عنصر غذایی در خاک سطحی (میلی‌گرم به کیلوگرم) است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های حاصل از آزمایشات قبل از تجزیه و تحلیل، از نظر توزیع نرمال بودن به روش چولگی و کشیدگی مورد بررسی قرار گرفتند و در مواردی که داده‌ها از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کردند، با روش‌های رایج (لگاریتم‌گیری و...)، توزیع آماری آن‌ها به صورت نرمال تبدیل شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ و جهت رسم نمودار از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های خاک مزرعه

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کشتزار در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به میانگین درصد شن، سیلت و رس، بافت خاک، لومی شنی بود. با توجه به مقدار آهک (۱۴/۶۱ درصد) خاک کشتزار در گروه خاک‌های آهکی (تن، ۲۰۰۵) قرار دارد. میانگین هدایت الکتریکی ۲/۵۷ dS/m بود و خاک از نظر شوری در گروه خاک‌های کم‌شور (ملکوتی، ۲۰۰۲) قرار دارد. خاک کشتزار از نظر خاکدانه‌سازی و تشکیل خاکدانه‌های پایدار در آب ضعیف می‌باشد (MWD= 1.09mm) با این وجود به دلیل داشتن بافت درشت و سنگریزه‌ای دارای محدودیت نفوذپذیری نبود (۱۰/۰۲ سانتی‌متر بر ساعت).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دامنه مورد مطالعه.

ویژگی‌های فیزیکی	میانگین	ویژگی‌های شیمیایی	میانگین
شن (%)	۶۰/۱۶	واکنش	۷/۵۲
سیلت (%)	۲۰/۵۹	هدایت الکتریکی (dS m ⁻¹)	۲/۵۷
رس (%)	۱۹/۲۵	ظرفیت تبادل کاتیونی (meq 100g ⁻¹)	۱۱/۷۴
سنگریزه (%)	۱۸/۸۷	ماده آلی (%)	۱/۴۳
جرم مخصوص ظاهری (g cm ⁻¹)	۱/۵۲	آهک (%)	۱۵/۶۱
میانگین قطر خاکدانه پایدار در آب (mm)	۱/۰۹	نیتروژن کل (%)	۰/۰۸
نفوذپذیری (cm h ⁻¹)	۱۰/۰۲	فسفر قابل جذب (mg kg ⁻¹)	۲/۴

نسبت غنی شدن فسفر تحت تأثیر کوددهی

در پژوهش حاضر طی دوره رشد گندم از مهر ماه ۱۳۹۳ تا تیر ماه ۱۳۹۴، تعداد ۴۰ رخداد بارندگی ثبت شد که از آن، ۲۲ رخداد منجر به روان آب شد. با توجه به نتایج آزمایش، نسبت غنی شدن فسفر در کرت‌های تحت خاک‌ورزی روی خطوط تراز ۰/۴۱ بود که نسبت به کرت‌های تحت خاک‌ورزی موازی شیب ۱۲ درصد بیش‌تر بود (شکل ۲). به طور کلی نقش جهت خاک‌ورزی در نسبت غنی شدن فسفر زیاد بود. هدررفت فسفر به واسطه هدررفت ذرات خاک می‌باشد (کلر و همکاران، ۲۰۰۷). میزان فرسایش خاک در کرت‌های تحت خاک‌ورزی روی خطوط تراز نسبت به کرت‌های تحت خاک‌ورزی موازی شیب کم‌تر بوده و در نتیجه با کاهش شدت فرسایش، هدررفت فسفر از خاک سطحی، کم‌تر رخ می‌افتد.

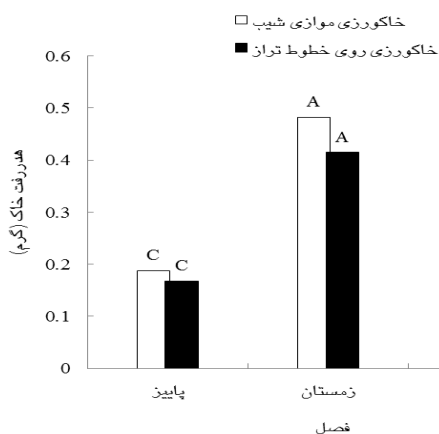
تغییرات فصلی نسبت غنی شدن فسفر

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

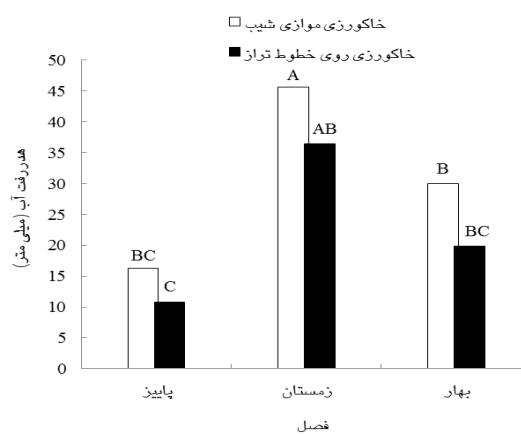
نسبت غنی شدن فسفر در کشتزارهای دیم متأثر از مقدار بارندگی طی فصل زراعی بود. جدول ۲ تغییرات فصلی بارندگی و هدررفت آب و خاک طی دوره رشد گندم دیم را نشان می‌دهد. بیشترین میزان بارندگی در فصل زمستان (۵۴/۵۲ میلی‌متر) و کمترین آن در فصل بهار (۱۰/۴۸ میلی‌متر) اتفاق افتاد. در فصل زمستان ۲۸ درصد از بارش‌ها به شکل برف رخ داد. در فصل پاییز، هدررفت آب و خاک به ترتیب ۱/۸۰ و ۱/۶۴ برابر کم‌تر از فصل زمستان بود (شکل ۲). اواخر فصل زمستان و اوایل فصل بهار دارای بیشترین شدت هدررفت آب و خاک بود، از این رو میزان نسبت غنی شدن فسفر متأثر از میزان بارش در این زمان از سال بود. بیشترین میانگین نسبت غنی شدن فسفر در فصل پاییز (به ترتیب ۰/۸۶ و ۰/۴۸) و کمترین آن‌ها در فصل زمستان (به ترتیب ۰/۲۵ و ۰/۵۹) مشاهده شد (شکل ۳). نسبت غنی شدن فسفر طی دوره رشد، روندی عکس با هدررفت آب و خاک داشت. با افزایش شدت فرسایش خاک در فصل زمستان، به دلیل هدررفت خاک غیرحاصلخیز همزمان با خاک حاصلخیز، نسبت غنی شدن در این فصل کم‌ترین بود. در اوایل دوره کشت (پاییز)، انتقال‌پذیری زیاد ذرات ریز سطحی مانند رس در اثر فرسایش می‌تواند دلیلی برای افزایش غنی‌شدن عناصر غذایی در این فصل باشد.

جدول ۲- تغییرات فصلی بارندگی و هدررفت آب و خاک طی دوره رشد گندم دیم.

فصول مختلف	کل ارتفاع بارش (میلی‌متر)	میانگین شدت بارش (میلی‌متر در ساعت)	کل هدررفت آب (میلی‌متر)	کل هدررفت خاک (کیلوگرم در مترمربع)
پاییز	۱۰/۴۸	۱/۱۳	۳۲/۸۶	۴/۱۴
زمستان	۵۴/۵۲	۱/۳۶	۵۵/۸۲	۱۲/۵۵
بهار	۱۰/۴۸	۱/۳۱	۴۲/۸۴	۷/۶۱



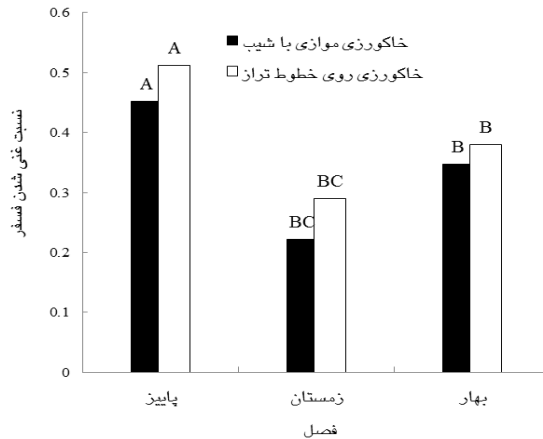
(الف)



(ب)

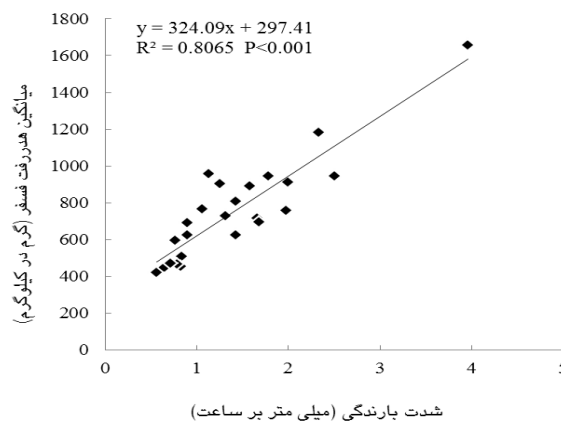
شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات جهت خاک‌ورزی بر هدررفت آب (الف) و هدررفت خاک (ب) در فصول مختلف رشد گندم دیم. * اثرات متقابل جهت خاک‌ورزی و تغییرات فصلی با استفاده از آزمون دانکن انجام گرفت و حروف لاتین متفاوت روی ستون‌ها نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است.

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات جهت خاک‌ورزی بر نسبت غنی شدن فسفر در فصول مختلف رشد گندم دیم. * اثرات متقابل جهت خاک‌ورزی و تغییرات فصلی با استفاده از آزمون دانکن انجام گرفت و حروف لاتین متفاوت روی ستون‌ها نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است.

بررسی تأثیر بارندگی بر نسبت غنی شدن فسفر در رسوب نشان داد که رابطه‌ای معنی‌دار بین شدت بارندگی و نسبت غنی شدن فسفر ($R^2 = 0.81$) وجود داشت (شکل ۴). با افزایش شدت بارندگی، نسبت غنی شدن عنصر در رسوب به شدت افزایش یافت. تغییرات اقلیمی (شدت بارندگی و فاصله بارندگی‌ها) یکی از دلایل تغییرات فصلی هدررفت آب و خاک و در نتیجه تغییرات فصلی نسبت غنی شدن عناصر در رسوب بود. بلانکو و همکاران (۲۰۰۸) و اوگاردن و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهش‌های متفاوتی به این نتیجه رسیدند که پوشش گیاهی نقش مهمی در چرخه هیدرولوژیک ایفا می‌کند و به عنوان یک صافی برای کاهش انتقال ذرات ریز در روان‌آب عمل می‌کند. نثومن و همکاران (۲۰۱۲) نیز میزان تلفات آبشویی فسفر در زمان‌های مختلف رشد و پس از برداشت محصول سیب‌زمینی را در جنوب غربی سوئد بررسی کردند و به این نتیجه دست یافتند که تلفات آبشویی فسفر نسبت به نیتروژن از خاک کم بود. با این وجود تفاوت معنی‌داری بین داده‌ها در سال‌های مختلف به علت اختلاف در میزان بارش وجود داشت. بررسی خصوصیات باران و تأثیر آن بر فرآیند هدررفت نیتروژن و فسفر نشان داد که هدررفت نیتروژن و فسفر با شدت بارندگی رابطه مثبت داشت. این نتیجه با نتیجه پژوهش لیو و همکاران (۲۰۱۴) بر روی خصوصیات روان‌آب و فرآیند هدررفت مواد مغذی از زمین‌های کشاورزی در دشت‌های چین شمالی تحت باران مصنوعی مطابقت داشت. در همچنین نتایج این پژوهش با بررسی‌های داد و همکاران (۲۰۱۴) در مورد تأثیر خاک‌ورزی بر کاهش هدررفت فسفر در خاک‌های تحت پوشش مرتعی در نیوزیلند مطابقت داشت.



شکل ۴- تأثیر شدت بارندگی بر هدررفت فسفر



این پژوهش نشان داد که نسبت غنی شدن فسفر تفاوت آماری معنی داری بین دو جهت خاک ورزی نداشت. نسبت غنی شدن دارای تغییرات فصلی طی دوره رشد گندم بود. بیشترین نسبت غنی شدن فسفر در رسوب در فصل پاییز اتفاق افتاد در حالی که هدررفت آب و خاک در این فصل کمترین بود. این تغییرات تا اندازه‌ای به دلیل تغییرات اقلیمی (بارندگی) طی روره رشد گندم بود به طوری که رابطه‌ای معنی دار بین شدت بارندگی و نسبت غنی شدن فسفر وجود دارد. با افزایش شدت بارندگی، نسبت غنی شدن عنصر در رسوب به شدت افزایش یافت.

منابع

- زکیئی ج، آسودار م الف و الماسی م، ۱۳۹۳. اثر شیب، خاک ورزی و روش‌های کاشت در سطوح شیبدار بر میزان فرسایش خاک، عناصر غذایی، مواد آلی و عملکرد گندم دیم. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی)، شماره ۱۰۲، صفحه‌های ۱۰۱ تا ۱۰۹.
- شهبازی ک و داودی م ح، ۱۳۹۱. ارزیابی نیاز فسفر گندم در خاک‌های آهکی با استفاده از هم‌دماهای جذب فسفر. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، جلد ۲۶، شماره ۱، صفحه‌های ۱ تا ۱۷.
- Blanco H and Lal R, 2008. Principles of Soil Conservation and Management. Springer Science. Catena (57): 77-90.
- Dodd R, McDowell R and Condron L, 2014. Is tillage an effective method to decrease phosphorus loss from phosphorus enriched pastoral soils?. Soil & Tillage Research 135:1-8.
- Emam Y, 2007. Cereals Production. (3rd ed.). Shiraz Univ. Press, p190. (In Farsi).
- Keller T, Arvidsson J and Dexter A. R, 2007. Soil structures produced by tillage as affected by soil water content and the physical quality of soil. Soil and Tillage Research Journal 92: 45-52.
- Liu R, Wang J, Shi J, Chen Y, Sun Ch, Zhang P and Shen Z, 2014. Runoff characteristics and nutrient loss mechanism from plain farmland under simulated rainfall conditions. Science of the Environment 468-469, 1069-1077.
- Malekuti MJ, Keshavarz P, Saadat S and Khaladbarin B, 2002. plants resistance to saline conditions. Sana Press. (In Persian).
- Neumann A, Torstensson G and Aronsson H, 2012. Nitrogen and phosphorus leaching losses from potatoes with different harvest times and following crops. Field Crops Research 133: 130-138.
- Oygarde L, Deelstra J, Lagzdins A, Bechmann M, Greipsland I, Kyllmar K, Povilaitis A and Iital A, 2014. Climate change and the potential effects on runoff and nitrogen losses in the Nordic-Baltic region. Agriculture, Ecosystems and Environment 473(13): 1-13.
- Shabani A, Haghnia GH, Karimi A and Ahmadi M, 2012. Influence of topography and soil characteristics on the rainfed wheat yield in Sisab, north eastern Iran. Journal of Water and Soil 26(4): 922-932.
- Tan KH, 2005. Soil sampling preparation and Analysis. 2nd edition. Taylor and Francis/ CRC press, Boca Raton, FL.
- Yousfi S, Serret MD, Voltas J and Araus JL, 2010. Effect of salinity and water stress during the reproductive stage on growth ion concentrations C and N of durum wheat and related amphiploids. Journal of Experimental Botany 61: 3529-3542.



Topic for submission: Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation
In vestigation of Enrichment ratio of phosphorus in sediment in Wheat field

Piri Moghadam¹, L., Vaezi², A.R

¹ PhD Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Gorgan, Iran

² Full Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

Abstract

Phosphorus (P) are the chemical elements essential for plant growth which can be used to improve crop yield in the rainfed lands. The loss of these nutrient mostly led to decline of soil productivity as well as crop yield. In this study, the enrichment ratio of these nutrient in sediment was investigated in a rainfed land of semi-arid region to determine the impact of enrichment ratio. A field experiment was set up as a factorial test according to the randomized block design for four fertilization treatments (control, urea, triple superphosphate, and urea + ripple superphosphate) in two tillage directions (up to down slope and on the contour line) at three replications. In total, twenty four plots with 1.75 m × 8 m in dimensions were installed in the lands and nutrient losses by soil erosion were measured for different rainfalls during wheat growth period (from October 2013 to Jul 2014). Based on the results, in P enrichment ratio in sediment was no statistically significant between the two tillage directions. The loss of P losses was strongly affected by rainfall intensity so that they increased with an increase in rainfall intensities.

Keywords: Tillage, Sediment, Rainfed wheat, Phosphorus enrichment ratio

* Corresponding author, Email: piri_lida@yahoo.com

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی رسوبات حوزه آبخیز رزین

کامبیز رستمی^{۱*}، علی‌رضا واعظی^۲، سید حمید رضا صادقی^۳، حسین عباس آبادی^۴

^۱ دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

^۲ استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

^۳ استاد گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس (نور)

^۴ کارشناس ارشد کشاورزی سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه

چکیده

برای مهار تولید رسوب در حوزه‌های آبخیز مناطق خشک و نیمه‌خشک از بندهای رسوب‌گیر استفاده می‌شود. یکی از مهمترین بند-های مورد استفاده بندهای سنگی توری است. این بندها در کاهش جریان آب و ترسیب مواد حمل شده با آن از خاک بالادست نقش دارند. رسوبات تجمع یافته در پشت این بندها در ذخیره رطوبت و استقرار پوشش گیاهی نقش مهمی دارند. بنابراین شناخت جنبه‌های کمی و کیفی رسوبات دارای اهمیت است. هدف از این پژوهش بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی رسوبات پشت این بندها در دو آبراهه G1 و G2 با درجه‌های (رتبه) یکسان بود. بر روی هر آبراهه سه قطعه بند سنگی توری متوالی بررسی شد. نتایج نشان داد میانگین مقدار رسوبات هر دو آبراهه از ۸۲/۴۶ درصد تا ۹۰/۵۶ درصد متغیر بود که از مقدار رسوبات خاک بالا دست دامنه (شاهد) با ۵۴/۱۵ درصد رسوبات بیشتر بود. میانگین نسبت غنی شدن در آبراهه G1 به ترتیب برای کربن آلی، فسفر، پتاسیم و آهک به ترتیب ۰/۵۸، ۰/۲۸، ۰/۶۸ و ۰/۷۶ بود. در آبراهه G2 این نسبت برای کربن آلی، فسفر، پتاسیم و آهک به ترتیب ۰/۴۸، ۰/۱۵، ۰/۱۴ و ۰/۹۳ بود. وجود ذرات رسوبات بیشتر در رسوبات آبراهه G1 نسبت به رسوبات آبراهه G2 نشان از مقدار رسوبات بیشتر در خاک دامنه را دارد. بندهای بالا دست آبراهه‌ها برعکس بندهای پایین دست در ترسیب ذرات درشت نقش بیشتری داشتند.

کلمات کلیدی: سنگی توری، نسبت غنی شدن، توزیع اندازه ذرات، رسوب

مقدمه

احداث بندها یا سدهای اصلاحی^۱ در دنیا به عنوان راهکاری مناسب جهت کاهش میزان فرسایش و رسوب ذرات حاصل از آن استفاده می‌شود (Gray and Leiser, 1982). از جمله بندهای مهم که در مناطق خشک و نیمه خشک جهت کنترل بار رسوب حاصل از فرسایش سیلابی در آبراهه‌ها استفاده می‌شود بندهای سنگی توری است که در نگاه‌داشت ذرات درشت دانه و در محدوده رسوبات و قلوه‌سنگ نقش بارزی دارند (عباسی و همکاران، ۱۳۸۶). همچنین با توجه به ساختار هیدرولیکی و متخلخل بندهای سنگ توری (Velázquez-Luna و همکاران ۲۰۱۷)، این بندها نقش مهمی در مدیریت و کنترل جریان آب و در نتیجه حفاظت از منابع خاک و آب دارند (Grimaldi و همکاران ۲۰۱۵). این بندها با اصلاح نیمرخ طولی آبراهه، سبب افزایش ذخیره رطوبتی در رسوبات پشت بندها شده و شرایط را برای انجام عملیات زیستی فراهم می‌نماید و فرصت لازم جهت استقرار گیاهان به منظور اقدامات بیولوژیکی و مهار فرسایش فراهم می‌نماید (Bombino و همکاران ۲۰۰۶). استقرار پوشش گیاهی در رسوبات تجمع یافته در پشت این بندها جهت کمک به کاهش فرسایش به میزان املاح و عناصر غذایی تجمع یافته در رسوب بستگی دارد. از سویی میزان غلظت این عناصر در رسوبات پشت بندها با خاک بالادست ممکن است متفاوت باشد. وجود محل‌های ترسیب خارج از بند در طول آبراهه و نیز نقش مواد مادری در تولید رسوبات با محتوای کم عناصر غذایی می‌تواند دلیلی بر کاهش مقدار برخی از عناصر غذایی موجود در رسوبات پشت بندها

* ایمیل نویسنده مسئول: krostami_mh@yahoo.com

¹ Check Dams

باشد (Romero-Diaz و همکاران ۲۰۱۲). همچنین نتایج مطالعه اسد زاده و صمدی (۱۳۹۵) بر روی ویژگی‌های رسوبات در پشت بندهای اصلاحی در شهرستان ارومیه نشان داد مقدار شن و سیلت به همراه محتوای عناصر غذایی فسفر، نیتروژن و پتاسیم نقش مهمتری در تعیین ویژگی‌های رسوبات دارند و به عنوان ویژگی‌های کلیدی در تفکیک نمونه‌های رسوب در پشت بندها می‌توانند در نظر گرفته شوند. با توجه به اینکه بندهای اصلاحی از جمله سنگی‌توری ابزاری سودمند برای مطالعه مقدار و نوع رسوبات عرصه‌های بالادست هستند. با آگاهی از مقدار و نوع رسوب منتقله می‌توان از شدت تخلیه منابع خاک از حوزه‌های آبخیز آگاهی پیدا کرد و در ادامه، برنامه‌ریزی لازم برای انجام عملیات پیشگیری فرسایش و کاهش تولید رسوب انجام داد. هدف از این مطالعه تعیین دانه‌بندی، ویژگی‌های شیمیایی رسوبات و تأثیر توالی بندها و نقش آنها بر مواد حاصل از فرسایش است. همچنین در این مطالعه جهت مقایسه دقیق‌تر ویژگی‌های رسوبات و خاک دامنه از نسبت غنی شدن^۱ استفاده شد.

مواد و روش‌ها

حوزه رزین در فاصله ۷۲ کیلومتر در جهت شمال شهر کرمانشاه واقع شده است. این منطقه در طول و عرض جغرافیایی "۰۶' ۰۷° ۴۷ شرقی و "۳۴' ۳۴° ۳۴ شمالی با متوسط ارتفاع ۱۵۹۳ متر از سطح دریا قرار دارد. مساحت منطقه مذکور ۲۲۳ هکتار است. این حوزه آبخیز دارای دو کاربری غالب کشاورزی و مرتع است. بندهای سنگی‌توری در آبراهه‌هایی با مقطع V شکل احداث گردیده‌اند. دو آبراهه درجه ۲ با نام G1 و G2 انتخاب و در هر آبراهه سه بند سنگی توری متوالی مورد بررسی قرار گرفت. متوسط ارتفاع بندها چهار متر و متوسط طول سرریز این بندها شش متر می‌باشد (شکل ۱). این بندها فعال بوده و توسط معاونت آبخیزداری سازمان منابع طبیعی استان کرمانشاه به منظور جلوگیری از تخریب جریانهای سیلابی و حفظ منابع آب و خاک در سال ۱۳۹۱ احداث شده‌اند. برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، نمونه‌برداری از خاک دامنه (نمونه سطحی) و رسوبات واقع در پشت هر بند سنگی‌توری انجام گرفت. رسوبات از عمق ۲۰-۰ سانتی-متری و از سه قسمت نزدیک به سازه، میانه مسیر رسوب‌گذاری و ابتدای مسیر رسوب‌گذاری نمونه‌برداری شد. سپس دانه‌بندی ذرات به روش هیدرومتری (Bouyoucos, 1962)، درصد ماده آلی به روش (Walkley) والکی- بلک (Olsen و همکاران ۱۹۵۴) و کربنات کلسیم معادل به روش خنثی سازی با اسید، فسفر قابل جذب به روش السون (Rowell, 1994) اندازه‌گیری شدند. رسم نمودارها با نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۶ صورت گرفت.



شکل ۱. نمایی از یک بند سنگی‌توری واقع در حوزه آبخیز رزین

نتایج و بحث

نتایج مربوط به برخی از ویژگی‌های خاک دامنه و رسوب تجمع یافته در پشت بندهای سنگی‌توری در جدول (۱) ارائه گردیده است. رسوبات واقع در پشت بندهای سنگی‌توری در هر دو آبراهه دارای شن بیشتر ولی سیلت و رس کمتری نسبت به خاک دامنه می‌باشند. بنابراین می‌توان گفت کیفیت ذرات رسوب از مقدار این ذرات در خاک دامنه تبعیت می‌کند. با مقایسه ذرات رسوب و خاک دامنه می‌توان گفت تمرکز

¹ Enrichment ratio

بیشتر رسوبات درشت دانه در پشت این بندها نشان از وضعیت زهکشی آنها دارد به طوری که با توجه به نوع ساختار بند در تله اندازی ذرات درشت تر نقش بیشتری را ایفا می کنند و ذرات ریزتر از منافذ بند سنگی توری عبور می کنند (Mouri و همکاران ۲۰۱۳). خاک دامنه هر دو آبراهه به دلیل وجود ذرات ریز بیشتر نسبت به رسوبات پشت بندها دارای عناصر غذایی و آهک بیشتری است. از سویی به دلیل رس بیشتر در رسوبات واقع در آبراهه G1 مقدار ماده آلی با ۰/۵ درصد، فسفر با ۲/۶۷ میلی گرم بر کیلوگرم، پتاسیم با ۵۲/۳۳ میلی گرم بر کیلوگرم و آهک با ۱۰/۸۹ درصد نسبت به رسوبات آبراهه G2 با مقدار ماده آلی با ۰/۲۹ درصد، فسفر با ۰/۷۸ میلی گرم بر کیلوگرم، پتاسیم با ۲۵/۵۶ میلی گرم بر کیلوگرم و آهک با ۶/۲۲ درصد بیشتر بود. بنابراین می توان گفت مقادیر عناصر غذایی پر مصرف هر چند بین رسوبات بندها و خاک دامنه متفاوت است ولی از وضعیت بافتی خاک دامنه تبعیت می کند. به عبارتی با عبور ذرات رس از منافذ درشت بندهای سنگی توری میزان غنای این رسوبات به عناصر پر مصرف کاهش یافته است (Onda و همکاران ۲۰۱۰).

جدول ۱. برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی رسوبات مورد مطالعه

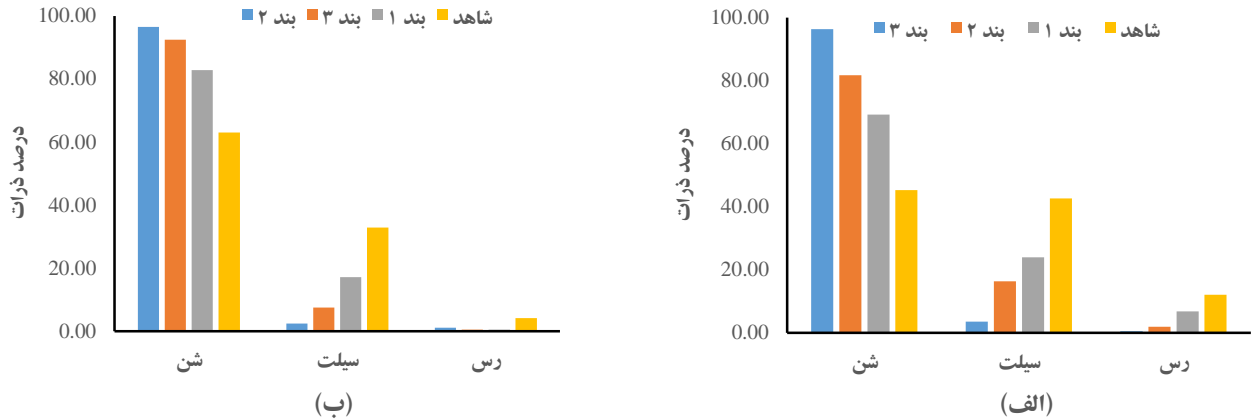
رس	سیلت	شن	فسفر	پتاسیم	ماده آلی	مواد خنثی شونده	نمونه	آبراهه
	درصد		mg kg ⁻¹		درصد			
۲/۹۴	۱۴/۶۱	۸۲/۴۶	۲/۶۷	۵۲/۳۳	۱۰/۸۹	۰/۵۰	رسوب بندها	G1
۱۲/۰۷	۴۲/۶۱	۴۵/۳۱	۸/۴۴	۱۹۴/۳۳	۱۳/۷۲	۰/۸۳	خاک دامنه	
۰/۴۴	۹/۰۰	۹۰/۵۶	۰/۷۸	۲۵/۵۶	۶/۲۲	۰/۳۹	رسوب بندها	G2
۴/۱۱	۳۲/۹۰	۶۲/۹۹	۸/۹۳	۲۲۲/۸۳	۶/۷۵	۰/۹۳	خاک دامنه	

با بررسی نسبت غنی شدن به منظور مقایسه ی دقیق تر و مستقل ویژگی های مربوط به رسوبات بندها و خاک دامنه (اسدزاده و صمدی، ۱۳۹۵) می توان به کاهش محتوای عناصر غذایی در رسوبات هر دو آبراهه نسبت به خاک دامنه پی برد. از طرفی نتایج جدول ۲ نشان می دهد نسبت غنی شدن در رسوبات آبراهه G1 بیشتر از رسوبات آبراهه G2 است. وجود مقدار رس بیشتر در رسوبات بندهای سنگی توری واقع در آبراهه G1 و شیب کمتر در طول این آبراهه نسبت به آبراهه G2 می تواند عامل غنی تر بودن رسوبات این آبراهه باشد.

جدول ۲. نسبت غنی شدن رسوبات در پشت بندهای مورد مطالعه

آبراهه	نمونه	ماده آلی	پتاسیم	فسفر	مواد خنثی شونده
G1	رسوب بندها	۰/۵۸	۰/۲۸	۰/۶۸	۰/۷۶
G2	رسوب بندها	۰/۴۸	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۹۳

درصد ذرات شن، سیلت و رس به ترتیب در رسوبات پشت بندهای ۱ (پایین ترین بند)، ۲ (بند میانه) و ۳ (بالا ترین بند) در آبراهه G1 و G2 و نمونه شاهد در شکل (۲) نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد در توالی بندهای واقع در آبراهه G1 و G2، بندهای بالایی نسبت به بندهای پایینی دارای شن بیشتری می باشند و در بندهای پایین دست تمرکز رس و سیلت در رسوبات بیشتر است. به طوری که مقدار شن در بندهای آبراهه G1 به ترتیب بند بالادست ۹۶/۳۷ درصد، بند میانه ۸۱/۷۹ درصد و بند پایین دست ۶۹/۲۲ درصد بود. در آبراهه G2 تغییرات مقدار شن در بندها به ترتیب بند بالادست ۹۶/۴۸ درصد، بند میانه ۹۲/۴۳ درصد و بند پایین دست ۸۲/۷۷ درصد بود. از طرفی در هر دو آبراهه با حرکت به سمت بندهای پایین دست ترکیب بافتی رسوبات با خاک دامنه افزایش می یابد. در نتیجه ویژگی های فیزیکی و شیمیایی رسوبات بندهای پایین دست شباهت بیشتری به خاک دامنه نشان می دهد که می تواند گویای تله اندازی بهتر بندهای پایین دست به ویژه برای ذرات ریز باشد (Hassanli و همکاران ۲۰۰۹).



شکل ۲. توزیع اندازه ذرات در پشت بندهای مختلف در دو آبراهه الف (G1) و ب (G2)

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد بیشترین حجم رسوبات در بین ذرات ترسیب شده در پشت بندهای سنگی توری به ترتیب ذرات شن با ۸۶/۵۶ درصد، سیلت با ۱۱/۸۱ درصد و رس با ۱/۷۰ درصد می‌باشد. به دلیل وجود بدنه نفوذپذیر این بندها امکان عبور رسوبات ریزدانه از بدنه آنها همراه با جریان وجود دارد. بنابراین چنانچه هدف از احداث این بندها، نگهداشت رسوبات درشت دانه باشد این بندها کارایی لازم را دارا هستند. توالی بندها در طول آبراهه در کیفیت رسوب در پشت آنها مؤثر است. به طوری که رسوبات بندهای پایین دست دارای شباهت بیشتری به خاک دامنه می‌باشند. وجود مقدار ذرات رس در رسوبات پشت این بندها بر کیفیت رسوبات اثر دارد. به طوری که رسوبات بندهای پایین‌تر آبراهه دارای رس بیشتر و از لحاظ میزان عناصر ماده آلی، فسفر و پتاسیم غنی‌تر می‌باشند.

منابع

- اسدزاده، ف. و صمدی، عباس. ۱۳۹۵. تحلیل ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی در رسوبات پشت بندهای اصلاحی متوالی. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۷ (۲)، ۳۰۶-۲۹۳.
- عباسی، ع.، صدیق، ر. و آهار، م. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر بندهای اصلاحی احداث شده در کنترل رسوبات ریز دانه. چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آب‌خیزداری ایران. ۱۲ صفحه.
- Bombino, G., Tamburino, V. and Zimbone, S.M. 2006. Assessment of check dams on riparian vegetation in the Mediterranean environment: a methodological approach and example application. *Ecological Engineering*, 27, 134-44.
- Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Gron* 54, 464-465.
- Gray, D.H., Leiser, A.L. 1982. *Biotechnical slope protection and erosion control*. Technology & Engineering. Van Nostrand Reinhold Company, 271 pages.
- Grimaldi, S., Vezza, P., Angeluccetti, I., Coviello, V. and KoussoubéKô, A. M. 2015. Designing and Building Gabion Check Dams in Burkina Faso, *Engineering Geology for Society and Territory*, 3 (1), 529-533.
- Hassanli, A. M., Esmaeli Nameghi, A. and Beecham, S. 2009. Evaluation of the effect of porous check Dam location on fine sediment retention (a case study). *Environ Monit Assess*, 152, 319-326.
- Mouri, G., Golosov, V., Chalov, S., Vladimir, B., Shiiba, M., Hori, T., Shinoda, S. and Oki, T. 2013. Assessing the effects of consecutive sediment-control dams using a numerical, hydraulic experiment to model river-bed variation. *Catena*, 104, 174-185.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A. 1954. Estimation of available P in soils by extraction with sodium bicarbonate. *USDA circular*, 939: 1-19.



- Onda, Y., Gomi, T., Mizugaki, Sh., Nonoda, T. and Roy, C.S. 2010. An Overview of the Field and Modelling studies on the Effects of Forest Devastation on Flooding and Environmental Issues. *Hydrological Processes*, 24, 527- 534.
- Romero-Diaz, A., Marín-Sanleandro, P. and Ortiz-Silla, R. 2012. Loss of soil fertility estimate from sediment trapped in check dams. South-eastern Spain. *Catena*, 99, 42-53.
- Rowell, D.L. 1994. *Soil Science: Methods and Applications*. Longman Scientific and Technical. ISBN, 350 p.
- Velázquez-Luna¹, L., Ventura-Ramos¹, E. and David Revuelta-Acosta². J. 2016. Effectiveness of Gabions Dams on Sediment Retention: A Case Study. *Journal of Environmental Science and Engineering*, 5, 516-521.
- Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Science*, 37, 29-37.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation Investigation of Physical and Chemical Sediments Properties of Razin Basin

Rostami^{*1}, K., Vaezi², A.R., Sadeghi³, S.H.R. Abbasabadi⁴, H.

¹ PhD Candidate, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

² Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

³ Professor, Watershed Management Engineering Department, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran

⁴ Agricultural master, Agricultural Jihad Organization of Kermanshah Province

Abstract

Check Dams are used for containment of sediment production in the catchment of arid and semi-arid areas. Gabion check dams are used most commonly. They are involved in reducing water flow and sediment of carried materials from the soil upstream. The accumulated sediments have an important role in storing moisture and deploying vegetation behind these check dams. Therefore, it is important to recognize quantitative and qualitative aspects of sediments. The purpose of this study was to investigate the physical and chemical properties of sediments behind the check dams in the G1 and G2 stream (with the same degree). Three Gabion check dams are checked on every stream. The Results showed the average amount of sand in the sediment of both stream is varies from 82.46% to 90.56% which was more than amount of sand in the soil Control sample (54.15%). The average enrichment ratio was for organic carbon, phosphorus, potassium and lime 0.58, 0.28, 0.68 and 0.76 in the G1 stream, respectively. This ratio was 0.48, 0.15, 0.14 and 0.93 for organic carbon, phosphorus, potassium and lime in the G2 stream, respectively. The presence of more clay particles has caused the enrichment ratio of the elements in the G1 stream sediment, which indicates a more clay content in the soil of the Control sample. The upper check dams were more role in coarse particles sediment in the streams.

Keywords: Gabion, Enrichment ratio, Distribution of particle size, Sediment

* Corresponding author, Email: krostami_mh@yahoo.com