

تعیین میزان بار رسوب و غلظت رسوب در جاده‌های جنگلی با استفاده از شبیه‌ساز باران تحت تیمار شیب طولی جاده

ایمان صالح^۱، عطا صفری^{۱*}، عطاالله کاویان^۲، فاطمه جلیلیان^۳

۱- دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- دانشیار گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشگاه گنبد کاووس

چکیده

در این تحقیق، با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران میزان بار رسوب تولیدی و غلظت رسوب در شیب‌های مختلف در جاده‌های خاکی جنگلی دارابکلا واقع در استان مازندران، به صورت کمی تعیین و اندازه‌گیری گردید. بدین منظور، در چهار کلاس مختلف شیب طولی جاده شامل ۲/۵، ۷/۵، ۱۵ و ۲۵ درصد عملیات شبیه‌سازی باران با شدت ۵۳/۵ میلی‌متر در ساعت و تداوم ۲۰ دقیقه بر روی پلات‌های با ابعاد ۲ متر مربع انجام گرفت و تأثیر عامل شیب طولی جاده بر میزان تولید رسوب و غلظت رسوب مورد بررسی و ارزیابی واقع گردید. نتایج نشان داد که بین مقادیر بار رسوب و غلظت رسوب در شیب‌های مورد مطالعه، به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح اعتماد ۹۹٪ و ۹۵٪ وجود دارد و عامل شیب طولی جاده تأثیر مثبتی بر افزایش میزان بار رسوب و غلظت رسوب دارد. سایر نتایج نشان داد که بین پارامتر غلظت رسوب و شیب طولی جاده رابطه مستقیم و غیرخطی افزایشی برقرار است.

واژه‌های کلیدی: بار رسوب، جاده‌های جنگلی، شبیه‌ساز باران، شیب طولی جاده، غلظت رسوب،

الف- مقدمه

کمی کردن فرسایش خاک، یکی از بزرگترین چالش‌های اساسی در مدیریت و حفاظت خاک و طبعاً مطالعات منابع طبیعی و طرح‌های محیط زیست بوده (بویان و همکاران، ۲۰۰۲) و از جمله مواردی است که در تمام بخش‌های مختلف پروژه‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی و به‌ویژه طرح‌های مدیریت جامع منابع آب و خاک و توسعه آبخیز، ضروری است (ضیایی و بهنیا، ۲۰۰۱). هر ساله هزاران کیلومتر جاده جنگلی احداث می‌شود که به تبع آن میلیون‌ها متر مکعب خاک جابجا و هزاران متر مکعب درخت قطع می‌شوند. به‌طور کلی، جاده‌های جنگلی از ضروری‌ترین طرح‌های مدیریت واحدهای جنگلی محسوب می‌شوند که در استخراج و حمل و نقل چوب و استفاده از سایر خدمات جنگل مانند شکار، توریسم و غیره نقش



ویژه‌ای را ایفا می‌کنند. یکی از مسائل مهم جهت مدیریت صحیح حوزه‌های آبخیز، شناخت کافی از جاده‌های موجود در حوزه آبخیز و اثرات آنها روی منابع طبیعی می‌باشد (یوسفی، ۲۰۱۱).

فولتر و همکاران (۲۰۰۹)، به منظور تعیین میزان فرسایش خاک و غلظت رسوب در دو جاده جنگلی دارای عبور و مرور زیاد و کم در شمال امریکا، از شبیه‌ساز باران استفاده کردند. نتایج حاکی از آن بود که میزان غلظت رسوب در جاده‌های جنگلی دارای عبور و مرور زیاد، به دلیل کاهش پوشش گیاهی و تغییر در خصوصیات فیزیکی خاک بیشتر می‌باشد. همچنین آنان به این نتیجه رسیدند که با وجود گذشت ۳۰ سال از توقف عبور و مرور در این جاده‌ها و تقویت پوشش گیاهی، میزان نفوذ هنوز کمتر از جنگل‌های طبیعی و بکر می‌باشد.

شناخت تأثیر برخی از خصوصیات جاده نظیر شیب طولی جاده بر مقدار و کیفیت تخریب خاک سطح جاده‌ها می‌تواند کمک بزرگی جهت مدیریت و بهره‌برداری بهینه از حوزه آبخیز خاصه آبخیزهای جنگلی باشد که به همین منظور، در این تحقیق با اندازه‌گیری بار رسوب و غلظت رسوب در جاده‌های خاکی جنگلی دارابکلا، با استفاده از شبیه‌ساز باران، تأثیر عامل شیب طولی جاده بر میزان تولید بار رسوب و غلظت رسوب مورد بررسی قرار گرفت.

ب- مواد و روش‌ها

۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز جنگلی دارابکلا واقع در استان مازندران، در محدوده جغرافیایی $36^{\circ} 28' 00''$ تا $36^{\circ} 33' 00''$ عرض شمالی و $53^{\circ} 31' 00''$ تا $53^{\circ} 20' 00''$ طول شرقی قرار دارد. متوسط بارندگی سالانه این منطقه $730/8$ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه $16/1$ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. مساحت حوزه آبخیز مذکور $913/32$ هکتار و تراکم جاده در هر هکتار ۹ متر و از نوع درجه ۱ جنگلی و انشعابات داخلی آن عمدتاً از نوع درجه ۲ و ۳ جنگلی می‌باشد. متوسط شیب جاده‌های جنگلی منطقه مورد مطالعه بطور کلی $5/6$ درصد می‌باشد.

۲- عملیات صحرائی و برداشت‌های میدانی

در تحقیق حاضر، دستگاه باران‌ساز از نوع سیار تک نازل، با ارتفاع نازل ۳ متر مورد استفاده واقع شده است. نازل مورد استفاده نیز از نوع BEX مدل 1/4 S 6.5 با مخروط بارش ۱۵ تا ۱۰۰ درجه می‌باشد. شدت بارش شبیه‌سازی شده در تحقیق حاضر، با توجه به بارندگی‌های غالب در منطقه مورد مطالعه و بر اساس آمار بارندگی بلند مدت ایستگاه دارابکلا، از طریق مدل قهرمان و آبخضر (۲۰۰۴) محاسبه و برای تداوم ۲۰ دقیقه و دوره بازگشت ۱۰۰ سال، مقدار $53/5$ میلی‌متر در ساعت بدست آمد، که باران‌ساز مورد استفاده مطابق با شدت بارش مذکور کالیبره و به عرصه منتقل گردید. همچنین،



پلات شبیه‌سازی باران دارای ابعاد ۲ متر مربع بوده که تحت تیمار شیب طولی جاده در ۴ کلاس شیب ۲/۵، ۷/۵، ۱۵ و ۲۵ درصد (هر کلاس شیب ۵ تکرار)، عملیات شبیه‌سازی باران انجام پذیرفت و برای تمامی تکرارها، نمونه‌های رسوب در خروجی پلات‌ها، هر ۵ دقیقه یکبار برداشت و جمع‌آوری گردید. پس از انجام عملیات شبیه‌سازی باران، عملیات آزمایشگاهی و برداشت داده‌ها، ابتدا با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، نرمال بودن داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت (گیسن و همکاران، ۲۰۰۹؛ آزموده، ۲۰۱۰). سپس، جهت بررسی تأثیر شیب طولی جاده بر مقدار تولید رسوب و غلظت رسوب از آنالیز واریانس یک‌طرفه و مقایسه میانگین بر اساس آزمون دانکن استفاده گردید (مولینا و همکاران، ۲۰۰۷؛ وهابی و مهدیان، ۲۰۰۸؛ آزموده و همکاران، ۲۰۱۰؛ پارساخو، ۲۰۱۲، صفری، ۲۰۱۲).

ج- نتایج و بحث

۱- اندازه‌گیری پارامترهای بار رسوب و غلظت رسوب در شیب‌های طولی مختلف جاده

جهت بررسی و مقایسه مقادیر پارامترهای مورد نظر در کلاس‌های مختلف شیب طولی جاده، نتایج حاصل در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای بار رسوب و غلظت رسوب در شیب‌های طولی مختلف جاده

شیب ۰-۵ درصد		شیب ۱۰-۲۰ درصد		شیب ۵-۱۰ درصد		شیب ۲۰-۳۰ درصد		متغیر اندازه‌گیری شده
انحراف	میانگین	انحراف	میانگین	انحراف	میانگین	انحراف	میانگین	
معیار	ن	معیار	ن	معیار	ن	معیار	ن	بار رسوب (گرم)
۱۶/۰۴	۱۱/۰۳	۳۲/۷۶	۲۰/۱۸	۲۴/۳۷	۱۱/۳۲	۳۹/۸۴	۶/۷۹	
۳/۸۴	۲/۵۱	۶/۰۹	۴/۱۸	۷/۳۶	۳/۷۲	۷/۵۹	۲/۱۶	غلظت رسوب (گرم در لیتر)

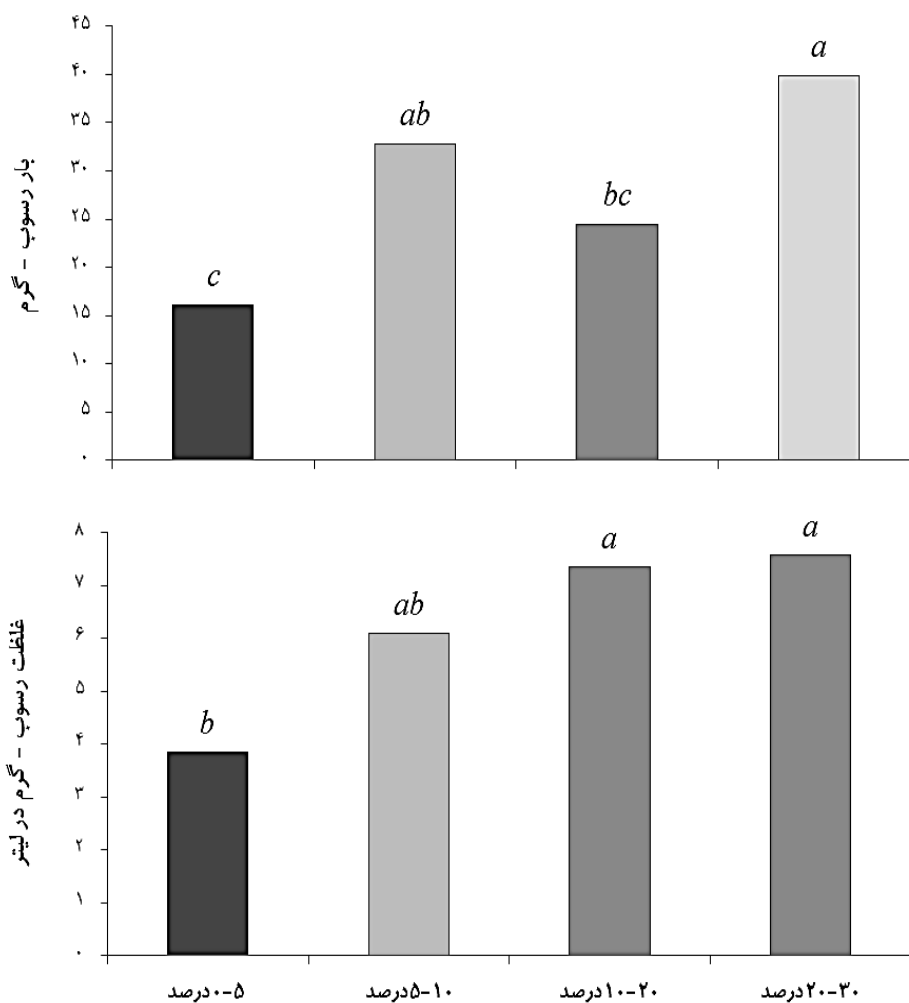
۲- تأثیر عامل شیب طولی جاده بر میزان و شدت تولید بار رسوب و غلظت رسوب

بررسی نتایج آنالیز واریانس در کلاس‌های مختلف شیب طولی جاده، حاکی از آن است که بین میزان بار رسوب و غلظت رسوب در طبقات شیب طولی ۰-۵، ۵-۱۰، ۱۰-۲۰ و ۲۰-۳۰ درصد، اختلاف معنی‌دار به ترتیب در سطوح اطمینان ۹۹٪ و ۹۵٪ وجود دارد (جدول ۲). همچنین، مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در شکل ۱ نشان داد که شیب ۲۰-۳۰ درصد بیشترین میزان پارامترهای بار رسوب و غلظت رسوب را دارا بوده و شیب ۰-۵ درصد کمترین مقدار این پارامترها را به خود اختصاص داده است.



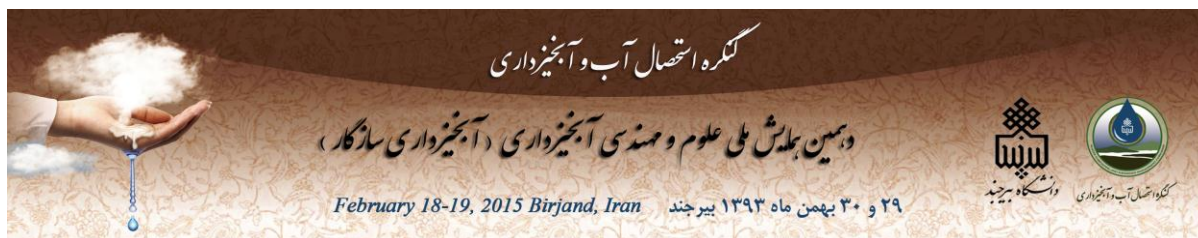
جدول ۲- آنالیز واریانس پارامترهای بار رسوب و غلظت رسوب در کلاس‌های مختلف شیب طولی جاده

پارامتر اندازه‌گیری شده	منبع تغییرات	مجموع مربعات آزادی	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
بار رسوب	شیب طولی جاده	۳۸۲۳/۳۶۶	۳	۱۲۷۴/۴۵۵	۷/۲۵۲	۰/۰۰۰
	خطا	۷۷۳۳/۰۰۲	۷۶	۱۷۵/۷۵۰		
	کل	۱۱۵۵۶/۳۶۷	۷۹			
غلظت رسوب	شیب طولی جاده	۱۰۶/۰۵۵	۳	۳۵/۳۵۲	۳/۳۵۰	۰/۰۲۷
	خطا	۴۶۴/۳۷۵	۷۶	۱۰/۵۵۴		
	کل	۵۷۰/۴۳۰	۷۹			



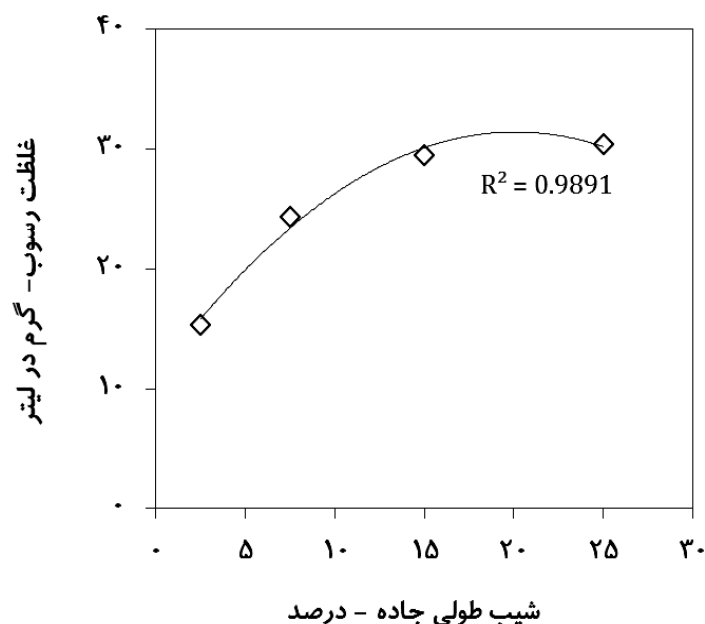
شیب طولی جاده

شکل ۱- تغییرات پارامترهای اندازه‌گیری شده طی عملیات شبیه‌سازی باران تحت تیمار شیب طولی جاده



۳- بررسی رابطه بین غلظت رسوب و شیب طولی جاده

در این تحقیق، تمامی روابط موجود شامل رابطه‌های خطی، چند جمله‌ای، نمایی، توانی و لگاریتمی بین پارامتر غلظت رسوب و شیب طولی جاده مورد بررسی قرار گرفت که طبق نتایج حاصل (شکل ۲)، این رابطه غیرخطی بوده و رابطه چند جمله‌ای با میزان r^2 معادل ۰/۹۹، رابطه مناسب‌تر بین پارامتر غلظت رسوب و شیب طولی جاده، نسبت به سایر روابط می‌باشد.



شکل ۲- رابطه بین غلظت رسوب (چند جمله‌ای) و شیب طولی جاده

د- نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، در جاده‌های خاکی و جنگلی حوزه آبخیز دارابکلا، با استفاده از شبیه‌ساز باران اقدام به اندازه‌گیری پارامترهای بار رسوب و غلظت رسوب تحت تیمار شیب طولی جاده گردید. نتایج نشان داد که بین مقادیر بار رسوب و غلظت رسوب اندازه‌گیری شده در تیمار شیب طولی جاده (۴ کلاس مختلف شیب طولی) به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح اطمینان ۹۹٪ و ۹۵٪ وجود دارد. به طور کلی، تأثیر شیب طولی جاده بر روی میزان تولید رسوب و غلظت رسوب کاملاً معنی‌دار بوده و به بیانی دیگر، مقدار رسوب با درصد شیب رابطه معنی‌دار دارد که این نتیجه با یافته‌های سایرین و



همکاران (۲۰۰۴) و کارلوس و راموس (۲۰۱۰) مطابقت دارد. همچنین، با توجه به روابط مختلف (خطی، نمایی، لگاریتمی، چندجمله‌ای و توانی) بررسی شده در شیب‌های طولی مختلف، بین مقدار شیب طولی با میزان غلظت رسوب، یک رابطه و روند افزایشی غیرخطی وجود دارد. لازم به ذکر است که فرآیند جاده‌سازی و احداث جاده به منظور بهره‌برداری از فرآورده‌های جنگل و انجام سایر امورات، امری ضروری و لازم بوده و نمی‌توان آن را انکار و یا از آن جلوگیری نمود، لذا باید برنامه‌های مدیریتی و سیاست‌های لازم در این زمینه، به منظور کنترل و کاهش معضلاتی نظیر تولید رسوب و هدررفت خاک در سطح این جاده‌ها، اندیشیده شود.

ه- منابع مورد استفاده

- Azmoodeh, A. 2010. Evaluation of runoff and soil erosion in the areas under of land use change using rainfall simulator. M.Sc thesis, Department of watershed management engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Faculty of Natural Resources, 82p. (In Persian)
- Azmoodeh, A., Kaviani, A., Soleimani, K., and Vahabzadeh, Gh. 2010. Comparing Runoff and Soil Erosion in Forest, Dry Farming and Garden Land Uses Soils Using Rainfall Simulator. *Journal of Water and Soil*, 24(3): 490-500. (In Persian)
- Bhuyan, S.J., Kaith, P.K., Janssen, K.A., and Barens, P.L. 2002. Soil loss predictions with three erosion simulation models, *Environmental Modelling and Software*, 17: 135-144.
- Carlos, E., and Ramos, S. 2010. Sediment production from unpaved roads in a sub-tropical dry setting, *Southwestern Puerto Rico, Catena*, 82: 146-158.
- 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.
- Ghahraman, B., and Abkhezer, H.R. 2004. Correction of the rainfall intensity-duration-frequency equations in Iran. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*, 8(2): 1-13. (In Persian)
- Geissen, V., Sanchez-Hernandez, R., Kampichler, C., Ramos-Reyes, R., Sepulveda-Lozada, A., Ochoa-Goana, S., De-Jong, B.H.J., Huerta-Lwanga, E., and Hernandez-Daumas, S. 2009. Effects of land-use change on some properties of tropical soils, an example from southeast Mexico. *Geoderma*, 151: 87-97.
- 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.
- Parsakhoo, A. 2012. Investigation of the runoff and soil loss rate of different segments of forest road structure using rainfall simulation. Ph.D thesis, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Faculty of Natural Resources, 169p. (In Persian)
- Sidle, R.C., Sasaki, S., Otsuki, M., Noguchi, S., and Rahim-Nik, A. 2004. Sediment pathways in a tropical forest: effects of logging roads and skid trails. *Hydrol. Process*, 18: 703-720.
- Safari, A. 2012. Measurement of runoff and soil loss in the Darabkola forest roads. M.Sc thesis, Department of watershed management engineering. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Faculty of Natural Resources, 97 pp. (In Persian)
- Vahabi, J., and Mahdian, M.H. 2008. Rainfall simulation for the study of the effects of efficient factors on runoff rate. *Soil Conservation and Watershed Management Research Center*, 95: 1439-1445.
- Yousefi, S. 2011. Effects of geomorphological factors on degradation area resulted from forest road construction. M.Sc thesis, Tarbiat Modares University, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, 63p. (In Persian)
- Ziyaei, H.A., and Behniya, A. 2001. Principles of watershed engineering engineering. Mashhad University of Imam Reza Press, 548-550. (In Persian)