

## Evaluation of the construction of two types of open culverts on the amount of sediment and soil loss of forest road surface materials in Dr. Bahramnia's forestry plan

Aidin Parsakhoo<sup>\*1</sup>, Aiub Rezaei Motlagh<sup>2</sup>

1. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: [aidinparsakhoo@yahoo.com](mailto:aidinparsakhoo@yahoo.com)
2. Ph.D. Student of Forest Management, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: [aiubrezaee@yahoo.com](mailto:aiubrezaee@yahoo.com)

### Article Info

**Article type:**  
Full Length Research Paper

**Article history:**  
Received: 09.04.2022  
Revised: 10.26.2022  
Accepted: 10.23.2022

**Keywords:**  
Amount of Rainfall,  
Furrow and ridge  
embankment,  
Rubber embankment,  
Sampling traps,  
Soil loss

### ABSTRACT

**Background and Objectives:** The climatic conditions of the Hyrcanian forests and the lack of attention to the necessary budgets due to the suspension of forest practices have caused the protection and maintenance of forest roads to cease, and as a result, we have witnessed the deterioration pavement and infrastructure of forest roads especially in steep terrain. In this situation, the dense surface of the forest roads during heavy rains causes runoff and the loose fine-grained materials, which leads to the formation of sediment.

**Materials and Methods:** In this study, the effects of three treatments including culvert types, installation intervals and rainfall intensities were analyzed on the amount of road materials loss and cost of treatments in the steep parts (6-9%) of forest roads. Open culverts, including “grooved and ridged culverts” and “rubber culverts”, with three replications up to the depth of road bed and at an angle of 40 degrees to the road axis and at distance intervals of 30 and 60 meters from the top of the dome arches (where the runoff originates), were installed on part of Dr. Bahramnia's forest plan road network. For comparison purposes, 60-meter sections of the road without culvert installation were studied as control treatments. The amount of sediment yield after 3 natural precipitation events (27, 33 and 70 mm) was measured in the sampling traps. Then the amount of material wastage was calculated.

**Results:** The results showed that various types of open culverts, installation distance and interaction between effects (i.e., culvert types × installation intervals) had no significant effect on the amount of soil loss and on surface materials of forest roads. The highest amount of material loss was related to the control treatment and the third rain event. Increase interval distances was not significant on the amount of material wastage, but in general, the amount of material wastage increased slightly with increasing the installation distances. The average material loss was 183.5 and 184.9 gr/m<sup>2</sup> for the furrow and ridge treatments and 171.8 and 188.3 gr/m<sup>2</sup> for the rubber treatments, respectively, at the intervals of 30 and 60 meters. The evaluation of the treatment costs showed that the “groove and stack” treatment was more economical than that of the “rubber” treatment.

**Conclusion:** Considering the similar performance of the two open culverts and their costs, it is suggested to use “groove and stack” culverts on segments of 6-9% across the entire studied road network. In addition,

---

diverting overland flow away from the road structure is recommended at distances of 30 and 60 meters to prevent washing and channeling the road surface. Therefore, by increasing the installation intervals, a potential change in runoff and sediment behavior can be fully achieved.

---

Cite this article: Parsakhoo, Aidin, Rezaei Motlagh, Aiub. 2022. Evaluation of the construction of two types of open culverts on the amount of sediment and soil loss of forest road surface materials in Dr. Bahramnia's forestry plan. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 29 (3), 135-150.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/JWFST.2022.20524.1979

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---

## ارزیابی اثر احداث دو نوع آبرو عرضی روباز بر میزان رسوبدهی و هدررفت مصالح رویه جاده‌های جنگلی در طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا

آیدین پارساخو<sup>۱\*</sup>، ایوب رضایی مطلق<sup>۲</sup>

۱. نویسنده مسئول، دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.  
رایانامه: [aidinparsakhoo@yahoo.com](mailto:aidinparsakhoo@yahoo.com)
۲. دانشجوی دکتری مدیریت جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.  
رایانامه: [aiubrezaee@yahoo.com](mailto:aiubrezaee@yahoo.com)

اطلاعات مقاله	چکیده
<b>نوع مقاله:</b> مقاله کامل علمی- پژوهشی	<b>سابقه و هدف:</b> شرایط اقلیمی حاکم بر جنگل‌های هیرکانی و هم‌چنین لحاظ نکردن اعتبارات موردنیاز به‌واسطه توقف بهره‌برداری از جنگل باعث گردیده تا عملیات حفاظت و نگهداری جاده‌های جنگلی تقریباً متوقف و در نتیجه شاهد زوال مصالح روسازی و زیرسازی جاده‌های جنگلی به‌ویژه در دامنه‌های پرشیب باشیم. در این شرایط رویه متراکم جاده‌های جنگلی در هنگام بارندگی‌های شدید سبب تولید رواناب و شستشوی مصالح سست و ریزدانه شده که به شکل‌گیری رسوب می‌انجامد.
<b>تاریخ دریافت:</b> ۱۴۰۱/۰۶/۱۳	
<b>تاریخ ویرایش:</b> ۱۴۰۱/۰۸/۰۴	
<b>تاریخ پذیرش:</b> ۱۴۰۱/۰۸/۰۱	
<b>واژه‌های کلیدی:</b> آبرو جوی و پشته، آبرو لاستیکی، تله‌های نمونه‌برداری، مقدار بارندگی، هدررفت خاک	<b>مواد و روش‌ها:</b> در این پژوهش اثر سه تیمار شامل نوع آبروهای عرضی روباز، فاصله نصب آبروهای عرضی و مقدار بارندگی بر مقدار هدررفت مصالح رویه قطعات پرشیب جاده‌های جنگلی (۹-۶ درصد) مورد بررسی قرار گرفت و در پایان نیز کارایی اقتصادی آبروهای عرضی ارزیابی شد. آبروهای عرضی روباز شامل آبروهای جوی و پشته و آبروهای لاستیکی با سه تکرار تا عمق بستر جاده و با زاویه ۴۰ درجه نسبت به آکس راه و در فواصل ۳۰ و ۶۰ متری از رأس قوس‌های قائم (محل ظهور رواناب) قطعاتی از شبکه جاده‌های طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا نصب و اجرا گردید. در کنار این قطعات، قطعات ۶۰ متری از جاده بدون نصب آبروهای عرضی روباز تحت عنوان شاهد مشخص شدند. مقدار رسوب خروجی از آبروها پس از وقوع ۳ رویداد بارندگی طبیعی با مقدار بارندگی ۲۷، ۳۳ و ۷۰ میلی‌متر در تله‌های نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد. سپس نسبت به محاسبه مقدار هدررفت مصالح اقدام گردید.
	<b>یافته‌ها:</b> نتایج نشان داد که نوع آبروهای عرضی روباز، فاصله نصب و هم‌چنین اثرات متقابل بین آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر مقدار هدررفت خاک یا مصالح رویه جاده‌های جنگلی نداشت.

---

بیشترین میزان هدررفت مصالح رویه مربوط به تیمار شاهد و هم‌چنین رویداد سوم بارندگی بود. افزایش فاصله نصب آبروها هیچ تأثیر معنی‌داری بر مقدار هدررفت مصالح نداشت اما به‌طور کل، مقدار هدررفت مصالح با افزایش فاصله نصب آبروها، کمی افزایش یافت. میانگین هدررفت مصالح در فواصل نصب ۳۰ متر و ۶۰ متر برای تیمار آبرو جوی و پشته به ترتیب ۱۸۳/۵ و ۱۸۴/۹ گرم در مترمربع و برای تیمار آبرو لاستیکی به ترتیب ۱۷۱/۸ و ۱۸۸/۳ گرم در مترمربع بود. ارزیابی هزینه‌های ساخت، نصب و اجرای تیمارها نشان داد که آبرو جوی و پشته کارکرد اقتصادی مطلوب‌تری نسبت به آبرو لاستیکی دارد.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به عملکرد مشابه دو آبرو روباز و هم‌چنین مقرون‌به‌صرفه بودن آبروهای جوی و پشته لازم است این نوع آبرو جهت مدیریت رواناب و رسوب جاده‌های با شیب ۹-۶ درصد منطقه مورد مطالعه به دستگاه‌های اجرایی معرفی شود. هم‌چنین در هر دو فاصله ۳۰ و ۶۰ متر، جریان سطحی قبل از آن‌که سبب آبشویی و کانالیزه کردن رویه جاده شود در زمان مناسب به خارج عرض عبور هدایت شد. بنابراین می‌توان با بیش‌تر کردن فواصل نصب آبروها، تغییر احتمالی رفتار رواناب و رسوب را بررسی نمود.

---

استناد: پارساخو، آیدین، رضایی مطلق، ایوب (۱۴۰۱). ارزیابی اثر احداث دو نوع آبرو عرضی روباز بر میزان رسوب‌دهی و هدررفت مصالح رویه جاده‌های جنگلی در طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا. نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۹ (۳)، ۱۵۰-۱۳۵.

DOI: 10.22069/JWFST.2022.20524.1979



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

---

### مقدمه

رویه متراکم جاده‌های جنگلی در هنگام بارندگی‌های شدید سبب تولید رواناب و شستشوی مصالح سست و ریزدانه شده که به شکل‌گیری رسوب می‌انجامد. بنابراین آنچه از دیرباز ذهن مهندسین، کارشناسان و صاحب‌نظران جاده‌سازی را به خود مشغول داشته، یافتن بهترین راه‌حل برای خارج نمودن سریع رواناب از ساختمان جاده پیش از آبشویی مصالح کف راه بوده است (۱، ۲). زمانی که میزان بارندگی خالص در سطح جاده بر شدت نفوذ فزونی یافته و ذخیره چالاب سطحی جاده پُر شود، رواناب ایجاد خواهد شد. در حقیقت، رواناب از محاسبه اختلاف بین شدت بارندگی و نرخ نفوذپذیری به‌دست می‌آید (۲، ۳). فرسایش و رسوب ناشی از تنش برشی رواناب، دوام و پایداری ابنیه فنی و سازه‌های مختلف، پایداری دیواره‌های خاکی و کیفیت منابع آب سطحی را به مخاطره می‌اندازد (۳). میزان رسوب‌دهی سطح جاده متأثر از جنس مصالح، سرعت و تنش برشی رواناب، شکل هندسی جاده، شیب و نحوه طراحی شبکه جاده می‌باشد (۳، ۴). یکی از راهکارهای مؤثر جهت هدایت جریانات سطحی از عرض عبور جاده نصب آبروهای عرضی روباز می‌باشد. این آبروها اغلب با شیب عرضی ۲ تا ۵ درصد به نحوی تعبیه می‌شوند که با محور مرکزی جاده، زاویه ۳۰ تا ۴۵ درجه تشکیل دهند. این زاویه ضمن تسهیل جریان رواناب، از آبرو در برابر فشار ناشی از عبور کامیون‌ها محافظت می‌نماید (۴).

اکبری‌مهر و نقدی (۲۰۱۲) در پژوهشی با عنوان تعیین مناسب‌ترین فاصله بین آبروهای عرضی در مسیرهای چوب‌کشی به این نتیجه رسید که بین فاصله بین آبروهای عرضی و هدررفت خاک همبستگی مثبت وجود داشت. آن‌ها دریافتند که در شیب‌های کم‌تر از ۲۰ درصد آبروهای عرضی می‌توانند در

فواصل بیش‌تر از ۷۵ متر ساخته شوند (۵). کیانگو و همکاران (۱۹۹۸) بیان داشتند که اگر هنگام بارندگی‌های شدید، جلوی رواناب روی سطح شیب‌ها گرفته شود، حجم رواناب و مقدار تحویل رسوب به ترتیب ۶۱ درصد و ۸۴ درصد کاهش پیدا می‌کند (۶). تارک و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی در کشور ترکیه نسبت به نصب آبروهای عرضی روباز در فواصل ۲۵ و ۵۰ متر با سه تکرار اقدام نمودند. یک قطعه جاده نیز به طول ۷۵ متر و بدون آبرو عرضی روباز به‌عنوان شاهد انتخاب گردید. نتایج نشان داد که مقدار فرسایش در تیمار شاهد به ترتیب ۴/۹ برابر و ۱/۴ برابر بیش‌تر از تیمارهای با فواصل ۲۵ متر و ۵۰ متر بود (۷). اسکندری و حسینی (۲۰۱۱) در پژوهشی در جنگل‌های دارابکلا استان مازندران به بررسی فواصل بین آبروهای عرضی و مقایسه آن با فاصله استاندارد پرداختند. آن‌ها دریافتند که بر اساس استانداردهای موجود فاصله بین آبروهای عرضی باید ۵۰ تا ۷۰ متر باشد اما در جاده‌های منطقه مورد مطالعه میانگین این فاصله ۱۶۵ متر بود که پیشنهاد شد این خلأ از طریق نصب آبروهای عرضی روباز برطرف گردد (۸). فتحی و همکاران (۲۰۲۱) به‌منظور کاهش رواناب و فرسایش خاک مسیرهای چوب‌کشی نسبت به نصب زهکش‌های عرضی چوبی با زاویه ۲۰ تا ۲۵ درجه اقدام نمودند. نتایج نشان داد که فاصله بهینه زهکش‌های عرضی ۳۰ متر است (۹).

تاکنون مطالعات متعددی راجع به رواناب و رسوب جاده‌های جنگلی و غیرجنگلی انجام شده است، اما متأسفانه راجع به مسأله مدیریت آن‌ها به‌دلیل هزینه زیاد تهیه و نصب تأسیسات زهکشی و وقت‌گیر و دشوار بودن کار جمع‌آوری اطلاعات تحت شرایط بارندگی طبیعی هنوز به این موضوع پرداخته نشده و بنابراین نیاز به انجام چنین پژوهشی در مجموعه فعالیت‌های پژوهشی مربوط به جاده‌های

عملکرد فنون ارزان و سریع زهکشی راه که شاخص‌ترین آن‌ها نصب آبروهای عرضی روباز است، نسبت به معرفی گزینه مناسب اقدام شود. هدف از اجرای این پژوهش نیز مقایسه کارایی اقتصادی- اجرایی دو نوع آبرو عرضی روباز در کنترل رواناب و رسوب جاده‌های جنگلی و بررسی تأثیر فاصله آبروهای عرضی روباز بر عملکرد آن‌ها بود.

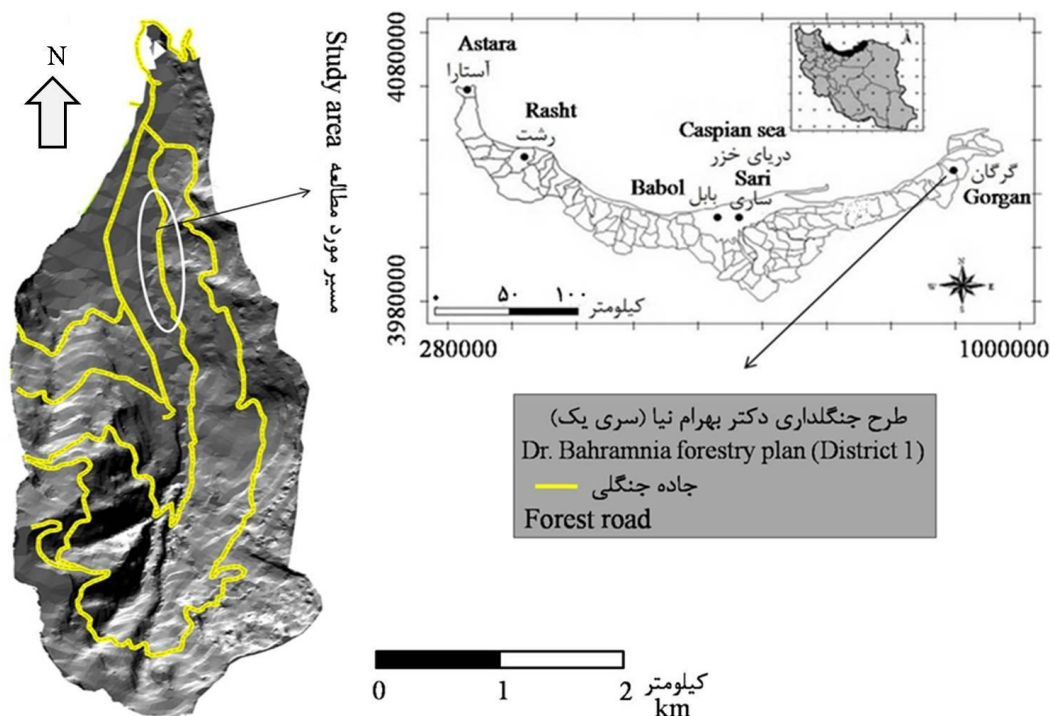
### مواد و روش‌ها

**مشخصات منطقه مورد مطالعه:** سری یک طرح جنگل‌داری دکتر بهرام‌نیا با وسعتی برابر ۱۷۱۳/۳ هکتار در جنوب غربی شهرستان گرگان قرار گرفته است. حداقل و حداکثر ارتفاع از سطح دریا منطقه به ترتیب ۲۱۰ و ۹۹۵ متر است. این طرح بین ۳۶ درجه و ۴۸ دقیقه و ۶ ثانیه و ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه و ۲۷ ثانیه عرض جغرافیایی و ۵۴ درجه و ۲۱ دقیقه و ۲۶ ثانیه و ۵۴ درجه و ۲۴ دقیقه و ۵۷ ثانیه طول جغرافیایی قرار دارد. مساحت قابل بهره‌برداری سری راش - ممرزستان (*Carpinus betulus* L.) و (*Fagus orientalis* Lipsky) و متوسط شیب زمین ۲۵ درصد است. طول کل جاده‌های جنگلی طرح جنگل‌داری دکتر بهرام‌نیا برابر با ۳۰/۳ کیلومتر، شیب متوسط آن ۴ درصد و میزان تراکم طولی برابر با ۱۷/۶۸ متر در هکتار است (شکل ۱). در این منطقه شیب طولانی جاده باعث جریان ممتد رواناب سطحی و در نتیجه آبشویی لایه رویه راه می‌گردد (کتابچه طرح جنگلداری سری یک دکتر بهرام‌نیا، ۱۳۹۵). تنظیم شیب عرضی راه و عملیات لوله‌گذاری که نسخه معمول در چنین شرایطی است مستلزم صرف هزینه‌های زیاد و همچنین صدمات زیست‌محیطی ناشی از خاکبرداری است. حال آن‌که منطقه مورد

جنگلی احساس می‌شود. شرایط اقلیمی حاکم بر جنگل‌های هیرکانی و همچنین کاهش درآمد طرح‌های جنگلداری در چند سال اخیر به واسطه توقف بهره‌برداری از جنگل (اجرای طرح تنفس مصوب ۱۳۹۵) باعث گردیده تا عملیات حفاظت و نگهداری جاده‌های جنگلی با تأکید کم‌تری دنبال شود و در نتیجه زوال جاده‌های جنگلی تسریع شود. در این شرایط و همچنین به منظور یافتن روش‌های مقرون‌به‌صرفه و کارآمد جهت مدیریت رواناب که عامل اصلی تخریب ساختمان جاده‌های جنگلی است نسبت به تولید آبروهای عرضی روباز جهت نصب در جاده‌های جنگلی و بررسی کارایی و یافتن فاصله بهینه بین آن‌ها اقدام می‌شود (۱۰، ۱۱). در مواردی که خواسته شود ادامه جریان رواناب را روی سطح جاده متوقف کنیم و مانع فزونی یافتن تنش برشی جریان شویم، نصب آبروهای عرضی روباز مناسب‌ترین شیوه خواهد بود یا در مواقعی که وضعیت اقتصادی به‌گونه‌ای باشد که امکان لوله‌گذاری وجود نداشته باشد، در این صورت ناگزیر به استفاده از آبروهای عرضی روباز شامل آبروهای جعبه‌ای، آب‌بندهای جوی و پشته، آب‌بندهای لاستیکی، شیارهای عرضی و زهکش با دانه‌بندی میان‌تهی خواهیم بود (۱۲، ۱۳). یکی دیگر از مزایای آبروهای عرضی روباز جلوگیری از تغییر شکل سطح بستر جاده است. با این وجود مزایای این نوع آبروهای عرضی برای مهندسین راه‌سازی کشور چندان شناخته شده نیست. از نوآوری‌های پژوهش حاضر آن است که به بررسی دقیق میدانی عملکرد دو نوع از آبروهای عرضی روباز در جاده‌های جنگلی می‌پردازد. در جاده‌های جنگلی منطقه مورد مطالعه (طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا- استان گلستان) وقوع بارندگی‌ها و جریان رواناب روی سطح راه باعث خرابی لایه رویه و آبشویی مصالح می‌شود. بنابراین ضرورت دارد تا با ارزیابی

جنگلی طرح حدود ۱۵ سانتی متر بوده و از جنس شن با دانه بندی خوب می باشد.

مطالعه به لحاظ زیست محیطی حساس بوده و فاقد منابع کافی جهت اجرای امور حفاظت و نگهداشت جاده ها نیز می باشد. ضخامت لایه رویه جاده های



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.

Figure 1. Geographic location of the study area.

شامل تیمار شاهد (قطعه ۶۰ متری جاده با شیب طولی ۶-۹ درصد که فاقد آبرو عرضی روباز می باشد)، تیمار جوی و پشته و تیمار آبرو لاستیکی، فاصله تیمارها در دو سطح ۳۰ متری و ۶۰ متری و مقدار بارندگی طبیعی در سه سطح ۲۷، ۳۳ و ۷۰ میلی متر هر یک با سه تکرار بود. فواصل بین تیمارهای آبرو عرضی براساس مشاهدات میدانی هنگام بارندگی و همچنین پژوهش تارک و همکاران (۲۰۱۹) در نظر گرفته شد (۷). اطلاعات بارندگی از ایستگاه هواشناسی هاشم آباد که در نزدیکی جنگل مورد مطالعه قرار داشت استخراج گردید. مقدار بارندگی ها بر اساس وفور رویداد آن ها در پنج سال اخیر انتخاب شدند؛

روش تحقیق: قسمت هایی از جاده های منطقه مورد مطالعه تحت تنش برشی رواناب فصلی قرار داشته و به شدت به عملیات حفاظت و نگهداری نیاز دارد؛ بنابراین در گام اول ۱۵ قطعه ۶۰ متری جاده جنگلی درجه دو با عرض بستر ۵/۵ متر، شیب طولی ۶-۹ درصد و با طول کل ۹۰۰ متر در تابستان سال ۱۴۰۰ هجری شمسی در شبکه جاده های طرح جنگلداری دکتر بهرام نیا مشخص شد. محیط هر یک از این قطعات ۶۰ متری به گونه ای مدیریت شد که امکان خروج جریان از محدوده قطعه وجود نداشته باشد. این کار از طریق ایجاد پشته در لبه های جاده صورت گرفت. در این پژوهش نوع تیمارها در سه سطح

اجرای اصولی هیچ نوع خرابی متوجه جاده نخواهد شد (شکل ۲ ب).

حجم رسوب خروجی از آبروها پس از وقوع ۳ رویداد بارندگی طبیعی در ماه‌های آذر، دی و بهمن با مقادیر ۲۷، ۳۳ و ۷۰ میلی‌متر در تله‌های نمونه‌برداری مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (شکل ۳). در داخل هر تله، ۵ شاخص مدرج برای اندازه‌گیری ارتفاع رسوب نصب گردید. طی هر بازدید ارتفاع رسوب (سانتی‌متر) و سطح رسوب‌گذاری (سانتی‌متر مربع) جهت محاسبه حجم رسوب (مانند حجم استوانه که از حاصل ضرب مساحت قاعده در ارتفاع به دست می‌آید) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در انتهای سال سه نمونه به کمک سیلندر (قطر داخلی سیلندر ۵۰ میلی‌متر و طول آن ۶۰ میلی‌متر) از هر تله رسوب‌گیر جهت اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری رسوب تهیه شد (۱۴). برای محاسبه جرم رسوب در هر مرحله اندازه‌گیری، حجم رسوب در وزن مخصوص ضرب گردید. برای محاسبه مقدار هدررفت مصالح که عبارت از مقدار مصالح یا خاک شسته شده از یک سطح معین برحسب گرم در مترمربع می‌باشد از رابطه ۱ استفاده شد (۱۸).

$$ML = \frac{SL}{A} \quad (1)$$

که در آن،  $ML$  مقدار هدر رفت مصالح برحسب گرم در مترمربع،  $SL$  وزن کل مصالح شسته شده برحسب گرم و  $A$  مساحت قطعه جاده برحسب مترمربع می‌باشد.

بنابراین سه قطعه به‌عنوان شاهد، ۶ قطعه جهت نصب آبروهای روباز جوی و پشته با فواصل ۳۰ و ۶۰ متر و ۶ قطعه نیز برای نصب آبروهای روباز لاستیکی با فواصل ۳۰ و ۶۰ متر مشخص شدند. نصب آبروهای روباز تا عمق بستر جاده و با زاویه ۴۰ درجه نسبت به آکس راه و در فواصل ۳۰ و ۶۰ متری از رأس قوس‌های قائم (محل ظهور رواناب) انجام شد.

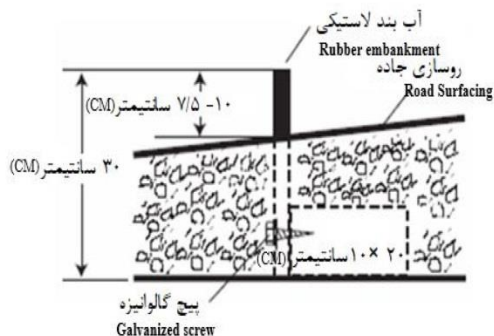
مشخصات آبروهای روباز مورد بررسی عبارتند

از:

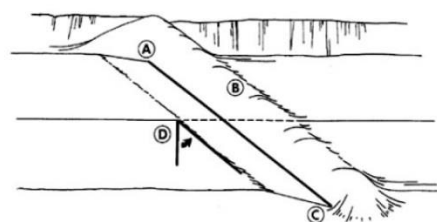
**آب‌بندهای لاستیکی:** یکی از مزایای مهم آب‌بندهای لاستیکی این می‌باشد که مانع ترافیک نشده و با عبور وسایل نقلیه از روی آن‌ها، از بین نرفته و پس از خمیدگی قادرند با بهره‌گیری از خاصیت ارتجاعی خود به حالت اولیه بازگردند. آب‌بندهای لاستیکی به کمک یک تخته چوب اشباع‌شده به ابعاد ۱۰×۲۰ سانتی‌متر و به طول ۶ متر بر روی جاده ساخته شدند. به ضلع کوچک‌تر این تخته چوب، یک لاستیک چرمی و صنعتی ۵ لایه به پهنای ۳۰ سانتی‌متر و به طول ۶ متر توسط پیچ گالوانیزه عایق‌بندی شده، نصب گردید. آب‌بند لاستیکی به‌صورت مورب و با زاویه ۶۰ درجه نسبت به امتداد مسیر جاده نصب شد. عمق شیار باید به‌گونه‌ای بود که حدود ۷/۵ تا ۱۰ سانتی‌متر از لاستیک بالای سطح روسازی شده جاده قرار گیرد (شکل ۲ الف).

**آب‌بندهای جوی و پشته:** آب‌بندهای جوی و پشته متراکم شده با زاویه ۳۰ درجه نسبت به محور مرکزی جاده احداث شدند. این آب‌بندها دارای ۳۰ تا ۴۵ سانتی‌متر ارتفاع و حدود ۷۵ سانتی‌متر پهنا بوده و از تراکم خوبی نیز برخوردار هستند. بنابراین در صورت





(الف) (A)



(ب) (B)



(ج) (C)

شکل ۲- انواع آبروهای عرضی روباز مورد استفاده در پژوهش (الف) آبندهای لاستیکی (ب) آبندهای جوی و پشته و (ج) تله نمونه‌گیری.

**Figure 2. Different Types of open culverts used in the study (A) Rubber embankment (B) Furrow and ridge embankment and (C) sampling trap.**

به اجرا درآمد. تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها به روش Tukey در سطح احتمال ۵ درصد و آنالیز همبستگی پیرسون در نرم‌افزار SAS به اجرا درمی‌آیند.

تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل‌های آماری در قالب طرح فاکتوریل با سه عامل اصلی نوع تیمار در سه سطح، فاصله آبروهای عرضی روباز از یکدیگر در دو سطح و مقدار بارندگی در سه سطح می‌باشد. بدین ترتیب در کل دوازده تیمار هر یک با سه تکرار

### نتایج و بحث

قطع ارتباط جریان، جمع‌آوری و دفع رواناب سطحی در سریع‌ترین زمان ممکن یکی از سیاست‌های زهکشی آب‌های سطحی جهت حفظ کیفیت منابع آب و جلوگیری از تخریب ساختمان جاده‌ها است (۱۵). آب روی سطح جاده می‌تواند سبب کند شدن جریان ترافیک و هم‌چنین ورود به سازه جاده و تضعیف زیرسازی و روسازی آن شود (۱۶). نتایج تجزیه واریانس پژوهش حاضر نشان داد که نوع آبروهای عرضی روباز، فاصله نصب و هم‌چنین اثرات متقابل بین آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر مقدار هدررفت خاک یا مصالح رویه جاده‌های جنگلی ندارد. به عبارت دیگر هر دو تیمار آبرو لاستیکی و آبرو جوی و پشته عملکرد مشابهی در کاهش نرخ هدررفت خاک داشتند و توانستند مقدار هدررفت خاک را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش دهند.

با افزایش فاصله نصب آبروها از ۳۰ متر به ۶۰ متر تفاوت معنی‌داری در مقدار هدررفت خاک مشاهده نشد و یا به عبارت دیگر افزایش فاصله نصب آبروها تا ۶۰ متر سبب کاهش کارایی آن‌ها نشد و در هر دو فاصله جریان سطحی قبل از آن‌که سبب آبشویی و کانالیزه کردن رویه جاده شود در زمان مناسب به خارج عرض عبور هدایت شد. بنابراین می‌توان با بیش‌تر کردن فواصل نصب آبروها، تغییر احتمالی رفتار رواناب و رسوب را بررسی نمود. این یافته با نتایج پژوهش‌های اسکندری و حسینی (۲۰۱۱) مطابقت دارد. آن‌ها دریافتند که بر اساس استانداردهای موجود، میانگین فاصله بین آبروهای عرضی جاده‌های جنگلی باید ۶۰ متر باشد و در جاهایی که فواصل بین آبروها زیاد است باید نسبت به نصب آبروهای بیش‌تر

اقدام کرد (۸). فتحی و همکاران (۲۰۲۱) فاصله بهینه بین آبروهای عرضی را در شیب‌های بالاتر از ۲۰ درصد حدود ۳۰ متر عنوان کردند (۹).

یافته‌های پژوهش نشان داد که مقدار بارندگی بر مقدار هدررفت مصالح رویه جاده به‌طور معنی‌داری تأثیرگذار بود. با افزایش شدت بارندگی مقدار هدررفت افزایش پیدا کرد (جدول ۱). در این راستا دانجو و همکاران (۲۰۰۴) در اسپانیا با استفاده از کرت‌های کوچک یک مترمربعی نشان دادند که همبستگی قوی بین مدت بارندگی و میزان رواناب وجود دارد (۱۷). اکوا و راموتار (۲۰۱۱) نیز دریافتند که با افزایش مدت بارندگی میزان هدررفت خاک افزایش یافته است که این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت دارد (۱۸). ژانگ و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که ۹۳ درصد از میزان هدررفت خاک به شکل فرسایش خندقی و در هنگام ریزش‌های جوی شدید حادث می‌گردد. در بارندگی‌های خفیف و نرمال، شکل فرسایش در بدترین حالت به صورت شپاری شدن می‌باشد که آسیب کم‌تری به ساختمان جاده وارد می‌سازد. بدین ترتیب اهمیت حفاظت آب‌و خاک در حوزه‌های آبخیزی که وفور بارندگی‌های شدید بیش‌تر است از اهمیت بیش‌تری برخوردار می‌باشد (۱۹). این نکته دارای اهمیت است که در صورت بروز بارندگی‌های شدید ممکن است آبروهای عرضی روباز نتوانند جریان‌های حاصله را جمع‌آوری و دفع کنند. بنابراین هرچه مطالعات اولیه تحت بارندگی‌های نادر و به عبارتی شدیدتر انجام شود، احتمال شکست طرح‌های زهکشی کم‌تر خواهد بود. در این راستا باید به دوره بازگشت بارندگی‌ها توجه داشت.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثرات نوع آبرو عرضی روباز، فاصله نصب و مقدار بارندگی بر مقدار هدررفت خاک رویه جاده.

**Table 1. Analysis of variance of the effects of different types of open culverts, installation distance and amount of rainfall on the amount of soil loss from the road surface.**

سطح معنی داری Significance level	F مقدار F value	میانگین مربعات Mean squared	درجه آزادی Degrees of freedom	مجموع مربعات Sum of squares	منبع Source
0.000	8.162	5594.636	11	61541.000	مدل تصحیح شده Corrected model
0.000	1.6993	1164241.000	1	1164241.000	عرض از مبدأ y-Intercept
0.325	1.012	693.444	1	693.444	نوع تیمار Type of treatment
0.000	43.896	30087.250	2	60174.500	مقدار بارندگی Rainfall amount
0.624	0.247	169.000	1	169.000	فاصله تیمارها Treatment distance
0.804	0.220	150.583	2	301.167	مقدار بارندگی × فاصله تیمارها Amount of rainfall × Treatment distance
0.999	0.001	.694	2	1.389	نوع تیمار × مقدار بارندگی Type of treatment × amount of rainfall
0.734	0.118	81.000	1	81.000	نوع تیمار × فاصله تیمارها Type of treatment × Treatment distance
0.916	0.088	60.250	2	120.500	نوع تیمار × فاصله تیمارها × مقدار بارندگی Type of treatment × Treatment distance × amount of rainfall
		685.417	24	16450.000	خطا error
			36	1242232.000	کل Total
			35	77991.000	کل تصحیح شده Total corrected

مترمربع و برای تیمار آبرو لاستیکی به ترتیب ۱۷۱/۸ و ۱۸۸/۳ گرم در مترمربع بود. هر چند که مقدار هدررفت مصالح رویه در تیمار جوی و پشته کمی بیش تر از تیمار آبرو لاستیکی بود اما به لحاظ آماری تفاوت معنی داری بین دو نوع آبرو عرضی روباز مورد مطالعه مشاهده نشد (جدول ۳). این تفاوت جزئی هم احتمالاً به تفاوت دانه بندی مصالح رویه در قطعات تیمار شده و هم چنین عملیات نصب آبروها مربوط می باشد. سلگی و همکاران (۲۰۱۹) به منظور کنترل فرسایش آبی خاک مسیره های چوب کشی در جنگل های گیلان نسبت به اعمال تیمارهای جوی و پشته اقدام نمودند. نتایج نشان داد که تیمار یادشده توانست مقدار فرسایش آبی خاک مسیره های چوب کشی را تا ۷۰ درصد کاهش دهد (۲۰).

مقایسه میانگین هدررفت خاک در تیمارهای مختلف نشان داد که بیش ترین میزان هدررفت مصالح رویه جاده های جنگلی مربوط به تیمار شاهد و هم چنین رویداد سوم بارندگی بود (جدول ۲). هم چنین افزایش فاصله نصب آبروها از ۳۰ متر به ۶۰ متر هیچ تأثیر معنی داری بر مقدار هدررفت مصالح نداشت اما به طور کل مقدار هدررفت مصالح با افزایش فاصله نصب آبروها، کمی افزایش یافت. در حقیقت فاصله دوم یعنی ۶۰ متر به حدی نبود که تنش برشی رواناب بتواند مقدار قابل توجهی از مصالح رویه جاده را متلاشی و از بدنه راه جدا نماید. میانگین هدررفت مصالح در فواصل نصب ۳۰ متر و ۶۰ متر برای تیمار آبرو جوی و پشته به ترتیب ۱۸۳/۵ و ۱۸۴/۹ گرم در

جدول ۲- مقایسه مقدار هدررفت مصالح رویه جاده‌های جنگلی در رویدادهای مختلف بارندگی.

**Table 2. Comparison of the loss of forest road surface materials in different rainfall events.**

میانگین هدررفت خاک (گرم در مترمربع) $\pm$ انحراف معیار Mean soil loss (g.m <sup>2</sup> ) $\pm$ Standard deviation	رویداد بارندگی Rainfall event	فاصله نصب (متر) Installation distance (m)	نوع آبرو روباز open culvert Type
144.67 <sup>b</sup> $\pm$ 28.16	رویداد اول Event 1		
137.33 <sup>b</sup> $\pm$ 15.44	رویداد دوم Event 2	30	
231.33 <sup>a</sup> $\pm$ 24.25	رویداد سوم Event 3		
جوی و پشته Groove and mound			
164.33 <sup>b</sup> $\pm$ 31.20	رویداد اول Event 1		
141.67 <sup>b</sup> $\pm$ 18.20	رویداد دوم Event 2	60	
233.33 <sup>a</sup> $\pm$ 49.21	رویداد سوم Event 3		
لاستیکی Rubber			
161.33 <sup>b</sup> $\pm$ 24.22	رویداد اول Event 1		
146.00 <sup>b</sup> $\pm$ 28.19	رویداد دوم Event 2	30	
240.33 <sup>a</sup> $\pm$ 46.10	رویداد سوم Event 3		
164.67 <sup>b</sup> $\pm$ 19.52	رویداد اول Event 1		
150.00 <sup>b</sup> $\pm$ 20.65	رویداد دوم Event 2	60	
243.00 <sup>a</sup> $\pm$ 47.20	رویداد سوم Event 3		
شاهد Control			
250.25 <sup>b</sup> $\pm$ 45.85	رویداد اول Event 1		
262.12 <sup>b</sup> $\pm$ 56.98	رویداد دوم Event 2		
350.78 <sup>a</sup> $\pm$ 52.74	رویداد سوم Event 3		

حروف مختلف ستون نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد است

Different letters indicate the existence of a significant difference at the 95% probability level

ارزیابی اثر احداث دو نوع آبرو عرضی روباز ... / آیدین پارساخو و ایوب رضایی مطلق

جدول ۳- مقایسه مقدار هدررفت مصالح رویه جاده‌های جنگلی در تیمارهای مختلف نوع آبرو عرضی روباز.

**Table 3. Comparison of the loss of forest road surface materials in different open-top culverts.**

میانگین هدررفت خاک (گرم در مترمربع) ± انحراف معیار Mean soil loss (g.m <sup>2</sup> ) ± Standard deviation	رویداد بارندگی Rainfall event	فاصله نصب (متر) Installation distance (m)	نوع آبرو روباز open culvert Type
144.67 <sup>b</sup> ±28.16	جوی و پشته Groove and mound		
161.33 <sup>b</sup> ±24.22	لاستیکی Rubber	30	
250.25 <sup>a</sup> ±45.85	شاهد Control		رویداد اول Event 1
164.33 <sup>b</sup> ±31.20	جوی و پشته Groove and mound		
164.67 <sup>b</sup> ±19.52	لاستیکی Rubber	60	
250.25 <sup>a</sup> ±45.85	شاهد Control		
137.33 <sup>b</sup> ±15.44	جوی و پشته Groove and mound		
146.00 <sup>b</sup> ±28.19	لاستیکی Rubber	30	
262.12 <sup>a</sup> ±56.98	شاهد Control		رویداد دوم Event 2
141.67 <sup>b</sup> ±18.20	جوی و پشته Groove and mound		
150.00 <sup>b</sup> ±20.65	لاستیکی Rubber	60	
262.12 <sup>a</sup> ±56.98	شاهد Control		
231.33 <sup>b</sup> ±24.25	جوی و پشته Groove and mound		
240.33 <sup>b</sup> ±46.10	لاستیکی Rubber	30	
350.78 <sup>a</sup> ±52.74	شاهد Control		رویداد سوم Event 3
233.33 <sup>b</sup> ±49.21	جوی و پشته Groove and mound		
243.00 <sup>b</sup> ±47.20	لاستیکی Rubber	60	
350.78 <sup>a</sup> ±52.74	شاهد Control		

حروف مختلف ستون نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد است

Different letters indicate the existence of a significant difference at the 95% probability level

می‌شود. انواع لاستیک مورد استفاده در ساخت آببندهای لاستیکی عبارتند از لاستیک طبیعی، لاستیک نیتریل، کلروسولفون پلی اتیلن، فلئورالاستومرها، لاستیک بوتیل، لاستیک سیلیکون و لاستیک استایرن بوتادین. بهتر است آببندهای لاستیکی که در جاده‌های جنگلی استفاده می‌شوند به دلیل ملاحظات زیست‌محیطی از نوع طبیعی باشند. لاستیک طبیعی از جنس لاستیک از شیرابه درختان به دست آمده است مخصوصاً آنهایی که متعلق به نوع *Ficus* و *Hevea* هستند. از نظر فنی، لاستیک طبیعی یک الاستومر یا پلیمر لاستیک هیدروکربنی است. لاستیک طبیعی یکی از انواع لاستیک هاست که شامل لاستیک ولکانیزه شده است که انواع مختلف محصولات تولید می‌شود. لاستیک طبیعی هم‌چنین با نام‌های لاستیک هندی، صمغ لاستیک و کائوچو شناخته می‌شود (۲۲).

معمولاً در طراحی آبروهای عرضی تلاش می‌شود تا کل هزینه سالانه تأسیسات شامل هزینه سرمایه‌گذاری، نگهداری، بهره‌برداری و غیره حداقل شود (۲۱). ارزیابی هزینه‌های ساخت، نصب و اجرای تیمارها در پژوهش حاضر نشان داد که آبرو جوی و پشته کارکرد اقتصادی مطلوب‌تری نسبت به آبرو لاستیکی دارد. به طوری که هزینه کل به کارگیری هر متر آبرو عرضی جوی و پشته ۱۰۵۰۰۰ ریال و هزینه کل هر متر آبرو لاستیکی ۴۱۵۰۰۰ ریال برآورد شد (جدول ۴ و جدول ۵). البته برای قضاوت بهتر لازم است نرخ بهره‌وری و هزینه‌های نگهداری و بازسازی این تیمارها به طور مستمر برای چندین سال مورد پایش قرار گیرد.

آببندهای لاستیکی برای انسداد مسیر جریان آب و هدایت آن به طرفین استفاده می‌شود. آببندهای لاستیکی از لاستیک طبیعی و یا سنتزی ساخته

جدول ۴- مقدار و قیمت مواد اولیه مورد استفاده در ساخت تیمارها.

Table 4. Quantity and price of raw materials used in making treatments.

کل هر آبرو Total each Culvert	مقدار مورد نیاز برای ساخت هر آبرو (متر) Amount required to build each Culvert (m)	قیمت هر متر (ریال) Price per meter (Riyals)	مواد اولیه Raw material
500000	5	100000	تخته چوب به عرض ۱۵ سانتی‌متر cm15 wooden board wide
1200000	6	200000	لاستیک ارتجاعی Elastic rubber
1700000			جمع کل total

جدول ۵- هزینه کل نصب و اجرای انواع تیمارها.

Table 5. The total cost of installation and implementation of various treatments.

هزینه کل (ریال در متر) total cost (Rials per meter)	هزینه حمل و نقل (ریال در متر) transport cost (Rials per meter)	هزینه مواد اولیه (ریال در متر) Cost of raw materials (Rials per meter)	هزینه کارگری نصب و اجرا (ریال در متر) Installation and implementation labor cost (Rials per meter)	تیمار treatment
105000	5000	-	100000	آبرو جوی و پشته groove and mound Culvert
415000	15000	300000	100000	آبرو لاستیکی Rubber Culvert

### نتیجه‌گیری

در هر دو فاصله ۳۰ و ۶۰ متر، جریان سطحی قبل از آن‌که سبب آبشویی و کانالیزه کردن رویه جاده شود در زمان مناسب به خارج عرض عبور هدایت شد. می‌توان با بیش‌تر کردن فواصل نصب آبروها، تغییر احتمالی رفتار رواناب و رسوب را بررسی نمود که در این صورت هزینه‌های نصب و اجرا نیز کاهش خواهد یافت. این انتظار وجود دارد که با به‌کارگیری آبروهای عرضی روباز و زهکشی بهتر جریانات سطحی، دوام جاده افزایش و سرعت ترافیک و کیفیت راه به شکل مطلوب حفظ گردد که در این موارد لازم است پژوهش‌های بیش‌تر صورت گیرد.

یکی از روش‌های کاهش رواناب در جاده‌های جنگلی استفاده از زهکش‌های عرضی روباز برای هدایت رواناب به داخل جوی کناری و یا داخل جنگل است. در این پژوهش هر دو آبرو عرضی روباز در تمامی رویدادهای بارندگی توانستند در دفع رواناب و کاهش رسوب جاده مؤثر عمل کنند. البته علی‌رغم عملکرد مشابه دو آبرو لازم است ارزان‌ترین آبرو جهت اجرا برگزیده شود زیرا به‌کارگیری آن‌ها برای کل شبکه جاده به تبع هزینه‌ها را افزایش خواهد داد. با توجه به مقرون‌به‌صرفه بودن آبروهای جوی و پشته لازم است این نوع آبرو جهت مدیریت رواناب و رسوب به دستگاه‌های اجرایی معرفی شود. هم‌چنین

### منابع

1. Asce, S.A.E., Rajaratnam, N., Asce, F., Katopodis, C., and Asce, M. 2002. Generalized study of hydraulics of culvert fishways. *J. of Hydraulic Engineering*. 128: 10-18.
2. Reid, L.M., and Dunne, T. 1984. Sediment production from forest road surfaces. *J. of Water Resour Res*. 20: 1753-1761.
3. Forsyth, AR., Bubb, KA., and Cox, M.E. 2006. Runoff, sediment loss and water quality from forest roads in a southeast queensland coastal plain pinus plantation. *J. of Forest Ecology Management*. 221: 194-206.
4. Arnaez, J., Larrea, V., and Ortigosa, L. 2004. Surface runoff and soil erosion on unpaved forest roads from rainfall simulation tests in northeastern Spain. *J. of Catena*. 57: 1-14.
5. Akbarimehr, M., and Naghdi, R. 2012. Reducing erosion from forest roads and skid trails by management practices. *J. of Forest Science*. 58: 4. 165-169. (In Persian)
6. Qianggou, C., Guiping, W., and Yongzong, C. 1998. Erosion induced sediment yield process and simulation in small watersheds on the loess plateau, beijing: science press, pp. 148-151.
7. Turk, Y., Aydin, A., and Eker, R. 2019. Effectiveness of open-top culverts in forest road deformation: preliminary results from a forest road section Duzce-Turkey. 2<sup>nd</sup> International Symposium of Forest Engineering and Technologies, 4-6 September 2019, Tirana, pp. 147-150.
8. Scandari, S., and Hosseini, S.A. 2011. Evaluation of drainage system of forest roads in Iran: Darabkola forest roads. *J. of Development and Agricultural Economics* 3: 703-709.
9. Fathi, K., Jourgholami, M., Hosseini, S.A., and KhalighiSigaroodi, Sh. 2021. Optimal distance among water diversion structures for mitigating runoff on the skid trails (case study: Kheyroud forest). *Iranian J. of Forest*, 13: 4. 237-250. (In Persian)
10. Brinker, R.W. 1995. Forest road and construction associated water divers on devises. Alaban, Alaban Cooperatives Extension System. pp. 1-27.
11. Croke, J., Mockler, S., Fogarty, P., and Takken, I. 2005. Sediment concentration changes in runoff pathways from a forest road network and the

- resultant spatial pattern of catchment connectivity. *J. of Geomorphology*. 68: 257-268.
12. Montgomery, D.R. 1994. Road surface drainage, channel initiation, and slope instability. *J. of Water Resources Research*. 30: 1925-1932.
  13. Nasiri, M., and Askari, B. 2020. Improving drainage conditions of forest roads using the GIS and forest road simulator. *J. of Forest Science*. 66: 361-367.
  14. Lang, A.J. 2016. Soil Erosion from forest haul roads at stream crossings as influenced by road attributes. PhD thesis in Forest Resources and Environmental Conservation, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA, 158p.
  15. Nikoy Siahkal, M. 2001. Cross drainage design of forest road in shafarood basin. [M.Sc. Thesis.] Tehran, University of Tehran. (In Persian)
  16. Schiess, P., Krogstad, F., and Damian, F. 2004. Locating ditch relief culverts to reduce sediment delivery to streams an interactive design tool. In: 12<sup>th</sup> International Mountain Logging Conference, Vancouver B.C., pp. 13-16.
  17. Dunjo, G., Pardini G., and Gispert, M. 2004. The role of land use-land cover on runoff generation and sediment yield at a microplot scale, in a small Mediterranean catchment. *J. of Arid Environments*. 57: 2. 99-116.
  18. Ekwue, E.I., and Ramoutar, S.D. 2011. Soil loss-rainfall duration relations as affected by peat content. Soil type and compaction effort, Soil erosion studies. Dr. Danilo Godone (Ed.), In *Tech*. pp. 180-192.
  19. Zhang, Y., Zhao, Y., Liu, B., Wang, Z., and Zhang, S. 2019. Rill and gully erosion on unpaved roads under heavy rainfall in agricultural watersheds on China's Loess Plateau. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 284: 580-585.
  20. Solgi, A., Naghdi, R., Labelle, E.R., BehjouFarshad, K., and Hemmati, V. 2019. Evaluation of different practices for erosion control on machine operating trails. *Croatian J. of Forest Engineering*, 40: 2. 319-328.
  21. Takken, I., Croke, J., and Lane, P. 2008. A methodology to assess the delivery of road runoff in forestry environments. *J. of Hydrological Processes*. 22: 254-264.
  22. Ghoreishy, M.H.R., Soltani, S., and Naderi, G. 2008. Studies on properties of short filter reinforced natural rubber composites. *Iranian. J. Poly. Sci. Tech*. 3: 259-267.