

بررسی عوامل مؤثر بر تولید رسوب جاده‌های جنگلی در جنگل‌های شمال ایران

۱. پژمان دلیر کارشناسی ارشد مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان
۲. رامین نقدی* نویسنده مسئول: دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان،
rnaghd@guilan.ac.ir
۳. وحید غلامی استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان

چکیده

از مهم‌ترین منابع تولید رسوب در مناطق جنگلی، جاده‌های جنگلی است. جاده‌های جنگلی با حذف پوشش گیاهی و تغییر در روند هیدرولوژیکی طبیعی عرصه‌ها باعث تولید رسوب و پیامدهای ناشی از رسوب می‌شود. تحقیق حاضر با هدف بررسی نقش عوامل مؤثر در تولید رسوب جاده‌های جنگلی شمال صورت گرفت. بدین منظور مقاطع مناسب جهت اندازه‌گیری رسوب، با استفاده از نقشه واحدهای همگن (بارش، شیب دامنه، جهت دامنه، سطح دامنه بالادست و زمین شناسی) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و نیز از مطالعات میدانی انتخاب شد، در خروجی آبروهای مقاطع انتخاب شده، بندهای چوبی رسوب گیر احداث شد. نتایج آزمون اسپریمن نشان داد که ارتفاع دیواره خاکبرداری بیشترین همبستگی را در تولید رسوب دارد. هم‌چنین آزمون تجزیه واریانس در چهار طبقه شیب، نشان داد که با افزایش شیب جاده جنگلی میزان تولید رسوب آن به صورت معنی داری افزایش یافته و با افزایش سن و پوشش گیاهی میزان تولید رسوب کاهش می‌یابد. میزان رسوب کل اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه برابر با ۵۱ تن در سال گردید.

واژه‌های کلیدی: رسوب، جاده جنگلی، شیب، مدل پیش بینی رسوب، نقشه واحدهای همگن

۱- مقدمه

جاده‌های جنگلی امروزه بنا بر نقش انکار ناپذیری که در زمینه‌های جنگل‌داری، جنگل‌شناسی، بهره‌برداری و هم‌چنین فراهم نمودن دسترسی سریع و آسان به منابع و مناطق جنگلی بر عهده دارند، به عنوان جزئی جدا نشدنی در منابع طبیعی محسوب می‌گردند. اما جاده نیز مانند دیگر دخالت‌های بشر در اکوسیستم‌های طبیعی، اگر بدون جامع‌نگری ساخته شود، می‌تواند باعث پیامدها و خسارات جبران ناپذیری در کوتاه مدت یا بلند مدت گردد. جاده‌های جنگلی به علت تغییراتی که در طول مسیر بروی پوشش گیاهی، هیدرولوژی، خاک و شکل طبیعی مناطق جنگلی ایجاد می‌کند باعث برهم زدن تعادل طبیعی مناطق، افزایش و تمرکز رواناب سطحی بروی مسیر و در نتیجه افزایش فرسایش و تولید

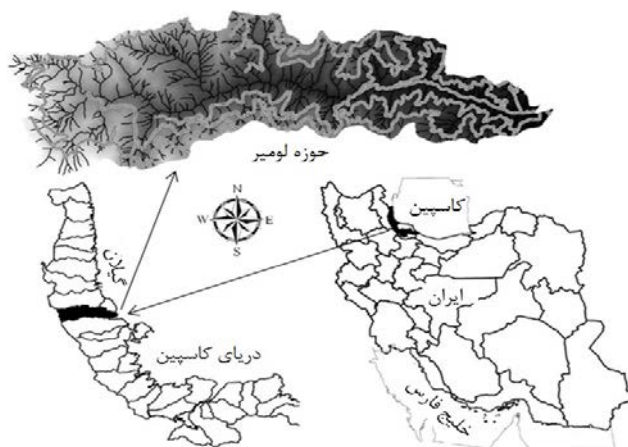
رسوب در این مناطق می‌گردد (۱۴). رسوب تولید شده از جاده‌های جنگلی اگر وارد جریان آب‌های طبیعی گردد، باعث خسارت‌های جدی به کیفیت منابع آبی و زندگی آبریزان کاهش عمق رودخانه‌ها، بارگذاری پشت سدها و آبندها و خسارت‌های مالی و زیست محیطی دیگری می‌شود (۱). عوامل مؤثر در تولید رسوب جاده‌های جنگلی شمال شامل: طول و عرض جاده، سن جاده، شیب طولی مسیر جاده، زمین‌شناسی، میزان بارندگی، حجم ترافیک، پوشش گیاهی، نوع مصالح بکار رفته در ساختمان جاده، سطح دامنه‌های بالادست و ارتفاع دیواره خاک‌برداری که هر کدام از آنها بصورت مستقیم و یا غیر مستقیم روی رسوب تولیدی از هر بخش از جاده نقش دارد (۱، ۵، ۹، ۱۳، ۱۴). مطالعه عوامل مؤثر در ایجاد اثرات مخرب زیست‌محیطی جاده‌ها جنگلی و هم‌چنین آگاهی از میزان و شدت تأثیر هر عامل بر روی میزان تولید رسوب جاده‌های جنگلی می‌تواند به تصمیم‌گیری درمورد طراحی جاده‌های بهینه در آینده منجر شود و به طراحان این جاده‌ها برای در نظر گرفتن اثرات مختلف عوامل مؤثر در ایجاد آشفستگی حوزه‌های جنگلی دید کافی و مناسب بدهد. هم‌چنین دانستن میزان تأثیر هر عامل در تولید رسوب و پیش‌بینی میزان تولید رسوب با توجه به مقدار موجود هر کدام از عوامل مؤثر، می‌تواند به مدیر جنگل در اولویت‌بندی بهینه، تخصیص منابع و امکانات طرح برای کنترل رسوب جاده‌های جنگلی ساخته شده کمک شایانی نماید. در سال‌های اخیر به دلیل افزایش نگرانی‌ها در زمینه عوامل مؤثر در تولید رسوب مطالعاتی در مناطق مختلف دنیا صورت گرفته که به چند نمونه اشاره می‌شود. حسینی و همکاران (۱۱) در جنگل‌های داریکلا با استفاده از SEDMODL به بررسی و تخمین رسوب‌جاده‌های جنگلی اقدام نمودند و با اندازه‌گیری میزان رسوب در طول ۲۲۶۰ متر جاده جنگلی، پارسل‌های مختلف منطقه را بر اساس حساسیت تولید رسوب طبقه‌بندی نمودند و فاکتورهای شیب جاده و ارتفاع دیواره خاک‌برداری را به عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر در تولید رسوب در منطقه معرفی کردند. Dong و همکاران (۷) در بررسی در کشور چین، جنس خاک را به عنوان مهم‌ترین عامل مؤثر در افزایش تولید رسوب بیان نمودند. Akay و همکاران (۱) با استفاده از مدل برآورد رسوب و GIS به اندازه‌گیری رسوب جاده‌هایی با ویژگی‌های مختلف در کشور ترکیه نمودند آنان، نوع روسازی جاده جنگلی، شیب طولی جاده، میزان ترافیک و هم‌چنین میزان پوشش گیاهی و سنگی دیواره خاک‌برداری را مهم‌ترین عوامل مؤثر در تولید رسوب عنوان کردند. Lopez و همکاران (۱۴) در جنگل‌های مدیترانه‌ای اقدام به اندازه‌گیری اثرات قسمت‌های مختلف جاده در تولید رسوب نموده و نتایج آنان نشان داد که ترانشه خاک‌برداری به علت حذف پوشش گیاهی مهم‌ترین منبع تولید رسوب جاده جنگلی می‌باشد. Jha و همکاران (۱۲) در جنگل‌های استرالیا به بررسی عوامل مؤثر در تولید رسوب جاده‌های جنگلی پرداخته و به این نتیجه رسیدند که عرض بستر جاده، میزان رواناب، خاک، میزان بارندگی و شیب طولی مسیر به ترتیب مهم‌ترین عوامل مؤثر در تولید رسوب جاده‌های جنگلی می‌باشد. Arneaz و همکاران (۲) انواع مختلف روسازی سطح جاده را در تولید رسوب جاده‌های جنگلی از نظر شیب، جنس بستر و پوشش گیاهی مورد بررسی قرار داده و نتایج آنان نشان داد که: شیب جاده، پوشش گیاهی و بستر مهم‌ترین عوامل تولید رسوب در سطح جاده‌ها جنگلی می‌باشند. بیشتر مطالعات صورت گرفته در کشور جهت برآورد رسوب با استفاده از مدل‌های از پیش تهیه شده انجام شده که برای استفاده از این مدل‌ها برای مناطق جدید نیاز به کالیبراسون احساس می‌شود، هم‌چنین با توجه به تنوع و گستردگی عوامل و شرایط در مناطق جنگلی شمال، رسیدن به نتایج صحیح و قابل اعتماد در

زمینه فرسایش و رسوب نیازمند توجه خاصی می‌باشد تا تمامی عوامل موثر تا حد امکان در نظر گرفته شود، در این مطالعه سعی شد با تهیه نقشه‌های با دقت و همچنین تطبیق این نقشه‌ها با واقعیت، قطعات همگن و با شرایط یکسانی انتخاب گردد تا نقش سایر عوامل موثر در تولید رسوب خنثی گردد و از طرفی این مطالعه به مدت یکسال در شرایط کاملاً طبیعی و بدون دخالت انجام شد تا خطاهای انسانی که در اثر عدم شناخت از پیچیدگی عوامل حادث می‌گردد اجتناب شود. با انجام این پژوهش و شناسایی اهمیت عوامل موثر در تولید رسوب جاده‌های جنگلی می‌توان به اولویت بندی این عوامل پرداخت و از طرف دیگر با ارائه یک مدل بومی پیش‌بینی رسوب برای منطقه مورد مطالعه و مناطق مشابه، می‌توان قبل از احداث جاده در جنگل از میزان تولید رسوب احتمالی آن، برآوردی در دست داشت و تا حدودی از نتایج انجام کار، با صرف وقت هزینه کم مطلع گردید.

۲- مواد و روش

۲-۱ منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با وسعت حدود ۲۴۱۵ هکتار در سواحل جنوبی دریای خزر در ارتفاعات استان گیلان و در حوزه آبخیز لومیر قرار دارد که موقعیت آن در شکل ۱ نشان داده شده است. این منطقه در محدوده طول شرقی ۴۸ درجه و ۵۴ دقیقه تا ۴۹ درجه ۲۱ دقیقه و عرض شمالی ۳۵ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۳ دقیقه قرار دارد. متوسط بارندگی سالانه آن ۱۴۴۰ میلی‌متر است. دامنه ارتفاعی منطقه بین ۱۳۰۰-۱۵۰ متر از سطح دریا است. شیب کلی منطقه زیاد بوده و مجموع جاده‌های موجود در ۴۱ کیلومتر می‌باشد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۲- روش

۲-۲-۱ اندازه‌گیری رسوب به روش مستقیم

در این مطالعه جهت به حداقل رساندن تاثیر برخی از عوامل موثر در تولید رسوب و همچنین پیدا کردن محل‌های مناسب جمع‌آوری رسوب در ابتدا با بهره‌گیری از نقشه‌های موجود، مطالعات میدانی و استفاده از GIS، نقشه واحدهای همگن بارش، شیب دامنه، جهت دامنه، سطح دامنه بالادست و زمین‌شناسی منطقه تهیه گردید. موقعیت آبروهای مسیر با استفاده

از GPS برداشت شد و پس از بررسی موقعیت آبروها در نقشه واحدهای همگن، تعداد و محل مقاطع مناسب جهت انجام این بررسی شناسایی گردید. در مجموع تعداد ۳۰ عدد از مقاطع مناسب جهت جمع‌آوری رسوب انتخاب و در محل خروجی آبروهای عرضی که جهت عبور دادن آب دامنه‌های بالا دست جاده، دیواره خاک‌برداری و هم‌چنین رواناب سطح جاده را از زیر راه بر عهده دارند، بندهای چوبی رسوب‌گیر ایجاد شد (۱۵).

۲-۲-۲ برآورد و محاسبه حجم رسوبات به تله افتاده

جهت برآورد حجم رسوبات به تله افتاده در بندهای رسوب‌گیر اقدام به نقشه‌برداری اولیه از مخزن بندهای رسوب‌گیر در ابتدای دوره شد. داده‌های نقشه‌برداری تا دقت سانتی‌متر، با فواصل ۳۰ سانتی‌متر از هم و در سه جهت طولی، عرضی و عمقی با استفاده از نوارمتر برداشت شد. داده‌های بدست آمده وارد نرم افزار AutoCAD شد. در این نرم افزار شکل دقیق مخازن بصورت سه بعدی طراحی شد. پلان رقومی مخزن وارد نرم افزار ArcGIS گردید و ساختار رقومی و مثلثی (TIN) بندها ساخته شد که با استفاده از آن و با قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی حجم اولیه بندها محاسبه گردید. پس از گذشت یکسال با نقشه برداری مجدد از بندهای رسوب‌گیر حجم بندها محاسبه گردید. با تفاضل حجم خالی بندها از حجم اولیه برداشت شده در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، حجم رسوب به تله افتاده برآورد گردید. رسوبات باقیمانده در حاشیه جاده و مسیر جریان رواناب از جاده تا بندهای رسوب‌گیر که وارد بند رسوب‌گیر نشده بود، توسط ظروفی با حجم مشخص اندازه‌گیری به حجم رسوبات موجود و به تله افتاده در بندها اضافه گردید. در مقاطعی که حجم رسوبات باقی مانده در حاشیه جاده زیاد بود و امکان برآورد حجم آنها با ظروف وجود نداشت، توسط عملیات نقشه‌برداری برآورد گردید (۸). پارامترهای مؤثر بر تولید رسوب مانند: طول، عرض، ارتفاع دیواره خاک‌برداری با استفاده از متر، شیب جاده و دیواره‌ها با استفاده از شیب‌سنج و درصد پوشش بصورت تخمینی در هر قطعه از جاده برداشت و سن جاده نیز از کتابچه طرح استخراج گردید. با توجه به اینکه جاده از نوع جاده‌های درجه دو جنگلی بود، عواملی مانند: ترافیک و نوع مصالح بکار رفته در ساختمان جاده، برای کل مقاطع ثابت در نظر گرفته شد. برای بررسی میزان و جهت تاثیر هر عامل در میزان رسوب کل تولیدی از آزمون همبستگی اسپریمن استفاده شد. جهت تعیین معنی داری و نوع تاثیر هر عامل از آزمون رگرسیون خطی ساده و همچنین برای ارائه مدل پیش بینی رسوب برای منطقه مورد مطالعه از آزمون رگرسیون چند متغیره استفاده گردید (۱۲). جهت تعیین نقش درجه شیب در میزان تولید رسوب جاده جنگلی، داده‌های شیب در چهار طبقه شیب با فاصله سه درصد از هم انتخاب شد و از آزمون تجزیه واریانس برای بررسی اختلاف میانگین‌های رسوب تولید شده در طبقات شیب و از آزمون توکی برای بررسی اختلاف بین میانگین‌های رسوب در کلاسه‌های شیب استفاده گردید.

۳- نتایج و بحث

طول کل مقاطع جاده‌های انتخاب شده در ۳۰ قطعه واحدهای همگن در این بررسی برابر با ۱۷۸۴ متر بود و کل رسوب اندازه‌گیری شده به روش مستقیم حدود ۵۱ تن در سال برآورد گردید. با توجه به سطح جاده میانگین رسوب در واحد سطح برابر با ۴/۱ کیلوگرم در متر مربع در سال شد، میزان بالای رسوب در واحد سطح می‌تواند، به علت زمین شناسی منطقه مورد مطالعه باشد، چون بیشتر سازندهای زمین‌شناسی منطقه از نوع رسوبات نرم با پتانسیل فرسایش پذیری زیاد است، هم‌چنین تعداد هفت قطعه از جاده‌ها دارای سن کمتر از دو سال بود که دلیل دیگر میزان بالای رسوب می‌باشد. نتایج آزمون همبستگی اسپریمن نشان داد که ارتفاع دیواره خاک‌برداری و طول جاده به ترتیب دارای بیشترین و کمترین همبستگی با میزان رسوب تولید شده می‌باشند (جدول ۱). دیواره خاک‌برداری به علت شیب بسیار تند و حذف پوشش گیاهی و کاهش تراکم ریشه گیاهان دارای خاک سست و فرسایش‌پذیر می‌باشد و در جاده‌های جنگلی به عنوان مهم‌ترین

منبع تولید رسوب شناخته شده است (۲، ۱۳). با افزایش ارتفاع دیواره خاک‌برداری به بیش از ۳ متر میزان رسوب تولید شده به مقدار قابل توجه‌ای افزایش می‌یابد (۱۶). همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، همبستگی رسوب تولید شده با سن در جهت منفی می‌باشد و با افزایش سن جاده از میزان رسوب تولیدی آن کاسته می‌شود. این نتیجه در مورد پوشش گیاهی دیواره‌های جاده نیز صادق بوده و با افزایش پوشش از میزان رسوب تولیدی به مقدار معنی داری کم خواهد شد. مطالعات گذشته حاکی از این است که با افزایش تراکم پوشش گیاهی در جاده‌های جنگلی میزان محافظت از خاک توسط اندام‌های خارجی، ریشه‌ها و همچنین هوموس حاصل از بقایای گیاهی افزایش یافته و در نتیجه میزان فرسایش و رسوب به مقدار قابل توجهی کاسته می‌شود (۳، ۴، ۱۹). بیشترین رسوب تولید شده از جاده‌های جنگلی در دو سال اول پس از ساخت جاده جنگلی می‌باشد و با افزایش سن جاده از میزان مواد سست و لغزنده در سطح جاده و دیواره‌های خاکی کاسته شده و مواد باقی مانده از پایداری و ثبات بیشتری برخوردار می‌باشد همچنین، با افزایش سن میزان پوشش گیاهی در دامنه‌های خاک‌برداری و خاک‌ریزی افزایش یافته که یکی دیگر از عوامل موثر در کاهش رسوب تولید شده از جاده جنگلی می‌باشد (۲، ۱۳). اثر بقیه عوامل موثر در تولید رسوب مثبت بوده و بین همبستگی ارتفاع دیواره خاک‌برداری با رسوب تولیدی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بود.

جدول ۱: همبستگی بین رسوب تولید شده و عوامل موثر در تولید رسوب از جاده جنگلی

تعداد = ۳۰	شیب جاده (درصد)	پوشش (درصد)	ارتفاع دیواره (متر)	سن (سال)	عرض (متر)	طول (متر)
رسوب کل (تن در سال)	۰/۷۰۱	-/۰۵۲۰	۰/۸۰۱	-/۳۷۹	۰/۳۴۹	۰/۲۹۷

نتایج آزمون تجزیه واریانس رگرسیون در جداول ۲ تا ۷ نشان داده شده است. همان‌گونه که در جداول مشخص می‌باشد، رابطه بین رسوب تولیدی با ارتفاع دیواره خاک‌برداری و درصد شیب طولی جاده در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار می‌باشد. همچنین رابطه بین رسوب تولیدی با پوشش گیاهی و عرض جاده در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است، اما رابطه سن و طول جاده با رسوب تولید شده معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس رسوب حاصل سن جاده

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	P
رگرسیون	۱	۱/۷۲۸	۱/۷۲۸	۲/۷۵۳	/۱۰۸
باقیمانده	۲۸	۱۷/۵۷۹	۰/۶۲۸		
کل	۲۹	۱۹/۳۰۷			

جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس رسوب حاصل پوشش

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	P
رگرسیون	۱	۱۳/۹۵۲	۱۳/۹۵۲	۷۲/۹۵۷	۰/۰۰۰
باقیمانده	۲۸	۵/۳۵۵	۰/۱۹۱		
کل	۲۹	۱۹/۳۰۷			

جدول ۴: نتایج تجزیه واریانس رسوب حاصل طول جاده

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	P
رگرسیون	۱	۴/۰۴۹	۴/۰۴۹	۷/۴۲۹	۰/۰۱۱
باقیمانده	۲۸	۱۵/۲۵۸	۰/۵۴۵		
کل	۲۹	۱۹/۳۰۷			

جدول ۵: نتایج تجزیه واریانس رسوب حاصل ارتفاع دیواره خاکبرداری

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	P
رگرسیون	۱	۱۳/۳۷۰	۱۳/۳۷۰	۶۳/۰۵۲	۰/۰۰۰
باقیمانده	۲۸	۵/۹۳۷	۰/۲۱۲		
کل	۲۹	۱۹/۳۰۷			

جدول ۶: نتایج تجزیه واریانس رسوب حاصل شیب

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	P
رگرسیون	۱	۳/۳۲۳	۳/۳۲۳	۵/۶۷۳	۰/۰۲۵
باقیمانده	۲۸	۱۶/۰۷۲	۰/۵۷۴		
کل	۲۹	۱۹/۳۰۷			

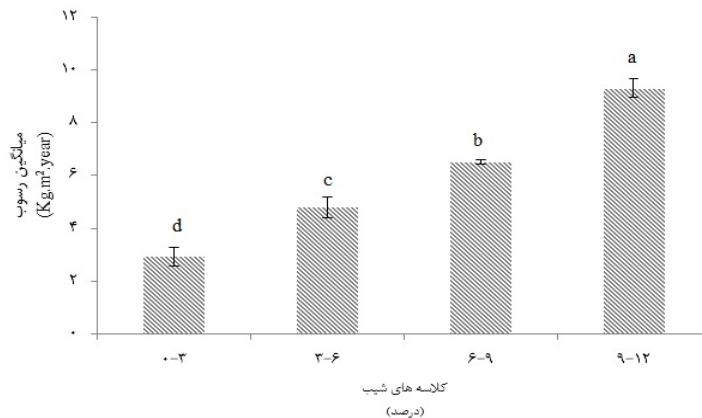
جدول ۷: نتایج تجزیه واریانس رسوب حاصل عرض جاده

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	P
رگرسیون	۱	۱/۹۵۳	۱/۹۵۳	۳/۱۵۱	۰/۰۸۷
باقیمانده	۲۸	۱۷/۳۵۴	۰/۶۲۰		
کل	۲۹	۱۹/۳۰۷			

از آزمون رگرسیون چند متغیره برای ایجاد یک مدل پیش‌بینی تولید رسوب برای منطقه مورد مطالعه استفاده شد. این مدل H_c ارتفاع دیواره خاکبرداری و S شیب طولی جاده می‌باشد، همان‌گونه که مشاهده می‌گردد، دیگر عوامل موثر در تولید رسوب از جاده جنگلی وارد مدل نشده‌اند.

$$\text{رسوب کل} = ۱,۰۰۱ - ۰,۱۱۵(S) + ۰,۵۳۵(H_c)$$

نتایج آزمون تجزیه واریانس در مورد تاثیر طبقات شیب بر روی تولید رسوب نشان داد که بین میانگین رسوب تولید شده از جاده در طبقات مختلف شیب، تفاوت معنی‌داری وجود دارد، که این یافته با نتایج تحقیقات Zingg (۲۱) مطابقت دارد. وی با آنالیز داده‌های صحرایی بیان کرد که مقدار فرسایش خاک با افزایش زاویه شیب افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان چنان بیان داشت که با افزایش شیب جاده بدلیل افزایش سرعت رواناب در سطح جاده میزان قدرت تخریبی آب افزایش یافته و بر مقاومت ذرات تشکیل دهنده سطح جاده فزونی می‌یابد و سبب افزایش فرسایش و به طبع آن افزایش تولید رسوب می‌شود (۹). در طراحی جاده‌های جنگلی نباید از حداکثر شیب مجاز برای این جاده‌ها تجاوز گردد (۱۷) و در مناطق حساس به فرسایش تا حد امکان شیب جاده‌ها حداقل در نظر گرفته شود تا از جاری شدن آب بر روی سطح جاده و سرعت گرفتن آن، که با افزایش تنش برشی و رسوب همراه است، جلوگیری شود (۱۲). شکل ۲ مقدار میانگین به همراه اشتباه معیار بین میانگین‌های رسوب در کلاس‌های شیب مختلف (۰-۳، ۳-۶، ۶-۹، ۹-۱۲) را نشان می‌دهد.



شکل ۲: نمودار میانگین رسوب تولید شده در طبقات شیب مختلف و اشتباه معیار بین آنها

نتایج آزمون توکی در مقایسه میانگین‌های رسوب در طبقات شیب، نشان داد که میانگین رسوب اندازه‌گیری شده در طبقات مختلف، تفاوت معنی‌داری دارد (جدول ۸). به طوری که مشاهده می‌شود، بین تمامی طبقات شیب تفاوت معنی‌دار وجود دارد و حتی در شیب‌های کم نیز، افزایش شیب سبب افزایش رسوب می‌شود.

جدول ۸: نمودار میانگین رسوب و اشتباه معیار در کلاس‌های شیب مختلف، علامت * در ستون‌های مختلف میانگین‌ها، نشان‌دهنده معنی‌داری اختلاف بین میانگین‌های رسوب در طبقات شیب می‌باشد

(i)	(j)	اختلاف میانگین‌ها	اشتباه معیار	Sig.	سطح احتمال ۹۵٪	
					حد پایین	حد بالا
۱	۲	-۱/۸۸*	/۴۵۴	/۰۱۴	-۳/۳۴۴	-/۴۳۰
	۳	-۳/۶۰*	/۴۵۴	۰	-۵/۰۵۷	-۲/۱۴۳
	۴	-۶/۳۹*	/۴۵۴	۰	-۷/۸۵۴	-۴/۹۴۱
۲	۳	-۱/۷۱*	/۴۵۴	/۰۲۳	-۳/۱۶۹	-/۲۵۶
	۴	-۴/۵۱*	/۴۵۴	۰	-۵/۹۶۷	-۳/۰۰۴
۳	۴	-۲/۷۹*	/۴۵۴	/۰۰۱	-۴/۲۵۴	-۱/۳۴۱

۴: نتیجه‌گیری

شناسایی عوامل مؤثر در تولید رسوب جاده‌های جنگلی که منبع اصلی رسوب در منابع طبیعی می‌باشد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان تولید رسوب از جاده‌های منطقه مورد مطالعه زیاد می‌باشد. با توجه به تاثیر بسیار زیاد ارتفاع دیواره خاک‌برداری و شیب جاده در میزان تولید رسوب پیشنهاد می‌شود در هنگام طراحی و ساخت جاده‌های جنگلی در منطقه توجه خاصی به این موارد شود و از ایجاد دیواره‌های مرتفع و همچنین تجاوز از حداکثر شیب مجاز خوداری شود. نکته مهم و قابل توجه دیگر در این مطالعه نقش مؤثر پوشش گیاهی در کاهش رسوب بوده که، با کاشت و احیا توسط عملیات زیست مهندسی بخصوص در سال‌های اولیه پس از ساخت جاده‌های جنگلی، می‌تواند به مقدار قابل ملاحظه‌ای از اثرات مخرب ساخت جاده در جنگل جلوگیری نماید. با انجام مطالعات دقیق و گسترده‌تر در آینده و تهیه مدل‌های دقیق و جامع برای منطقه و مناطق جنگلی می‌توان با شناخت و علم از میزان و نحوه تاثیر این عوامل در تولید رسوب جاده‌های جنگلی، به طراحان و سازندگان این جاده‌های در جهت اولویت‌بندی و به حداقل رساندن اثرات منفی جاده و طراحی جاده‌های بهینه و همسو با طبیعت کمک نمود.

۵- مراجع

1. Akay, A. E., Erdas, O., Reis, M., & Yuksel, A. (2008). Estimating sediment yield from a forest road network by using a sediment prediction model and GIS techniques. *Building and Environment*, 43(5), 687-695
2. Arnaez, J., Larrea, V., & Ortigosa, L. (2004). Surface runoff and soil erosion on unpaved forest roads from rainfall simulation tests in northeastern Spain. *Catena*, 57(1), 1-14.
3. Cao, L., Zhang, K., & Zhang, W. (2009). Detachment of road surface soil by flowing water. *Catena*, 76(2), 155-162.
4. Casermeiro, M. A., Molina, J. A., De La Cruz Caravaca, M. T., Costa, J. H., Massanet, M. H., & Moreno, P. S. (2004). Influence of scrubs on runoff and sediment loss in soils of Mediterranean climate. *Catena*, 57(1), 91-107.
5. Dalir, P., Naghdi, R., & Gholami, V. (2014). Modelling of forest road sediment in the northern forest of Iran (Lomir Watershed). *J. FOR. SCI*, 60(3), 109-114.
6. Demir, M., Makineci, E., & KARTALOĞLU, M. (2011). Temporal variation of sedimentation on paved and unpaved forest roads in Belgrad forest, Istanbul. In *Formec 2011 Symposium: Pushing the Boundaries with Research and Innovation in Forest Engineering* (Vol. 21, No. 6).
7. Dong, J., Zhang, K., & Guo, Z. (2012). Runoff and soil erosion from highway construction spoil deposits: A rainfall simulation study. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 17(1), 8-14.
8. Forsyth, A. R., Bubb, K. A., & Cox, M. E. (2006). Runoff, sediment loss and water quality from forest roads in a southeast Queensland coastal plain *Pinus* plantation. *Forest Ecology and Management*, 221(1), 194-206.
9. Fu, B., Newham, L. T., & Field, J. B. (2009). Modelling erosion and sediment delivery from unsealed roads in southeast Australia. *Mathematics and Computers in Simulation*, 79(9), 2679-2688.
10. Gimeno-García, E., Andreu, V., & Rubio, J. L. (2007). Influence of vegetation recovery on water erosion at short and medium-term after experimental fires in a Mediterranean shrubland. *Catena*, 69(2), 150-160.

11. Hosseini, S. A., Omidvar, E., Naghavi, H & Parsakhoo, A. (2012). Estimation of Sediment Yield from Forest Roads Using SEDMODL. *Wood & Forest Science and Technology*, Vol. 19(1), 23-42. (In Persian).
12. Jha, S., Western, A., May, D., Turner, J., & Gardiner, G. (2006). A Monte Carlo analysis of sediment load from unsealed forest road crossings. In *International Congress on Modeling and Simulation Society of Australia and New Zealand. Melbourne, Australia* (pp. 2390-2395).
13. Jordán, A., & Martínez-Zavala, L. (2008). Soil loss and runoff rates on unpaved forest roads in southern Spain after simulated rainfall. *Forest Ecology and Management*, 255(3), 913-919.
14. Jordán-López, A., Martínez-Zavala, L., & Bellinfante, N. (2009). Impact of different parts of unpaved forest roads on runoff and sediment yield in a Mediterranean area. *Science of the total environment*, 407(2), 937-944.
15. Kartaloglu, M., (2011). Temporal variation of sedimentation on paved and unpaved forest roads. Master of Science Thesis, Istanbul University, Science Institute, Istanbul.
16. Macdonald, L., Sampson, R. W., & Anderson, D. M. (2001). Special issue runoff and road erosion at the plot and road segment scales, St John, US Virgin Islands. *Earth Surf Process. Landforms*, 26, 251-272.
17. Management and Planning Organization. (2005). Publication No. 131, Guide to design, implementation and logging of the forest. Second edition, 200p. (In Persian)
18. Megahan, W. F. (1978). Erosion processes on steep granitic road fills in central Idaho. *Soil Science Society of America Journal*, 42(2), 350-357.
19. Reid, LM. (1981). Sediment production from gravel-surfaced forest roads, Clearwater basin, Washington, Fisheries Research Institute, University of Washington, 247 p.
20. Sheridan, G. J., & Noske, P. J. (2007). A quantitative study of sediment delivery and stream pollution from different forest road types. *Hydrological Processes*, 21(3), 387-398.
21. Zingg, A. W. (1940). Degree and length of land slope as it affects soil loss in run-off. *Agric. Engng.*, 21, 59-64.

HORMOZGAN UNIVERSITY**Quarterly Journal of
ENVIRONMENTAL EROSION RESEARCH**

2015 winter

4: 4 (16), 27-36

**Assessment Yield sediment factors in forest roads in the
northern Iran forests**

- 1 Dalir, P. MSC student, Forest engineering, Natural resources faculty, Guilan University
- 2 Naghdi, R.* Corresponding Author*: Associate professor, Department of forestry, Natural resources faculty, Guilan university, rnaghdi@guilan.ac.ir
- 3 GHolami, V. Assistant professor, department of Range and Watershed management, natural resources faculty, Guilan university

Abstract

The forest road is most important sediment source in the forest regions. The forest roads with remove vegetation cover and disorder hydraulic behavior of regions, causes sediment product and problems due of sediment. This study was done to surveying sediment factors roll in the sediment producing in the northern forest road. For this goal road sections were selected by using homogenous unit map (rainfall, aspect slope, hillside aria and geology) in geographic information system (GIS) and field survey, in the culverts output selected sections, were created wooden sediment trapping dams. Spearman analyses Results shown then maximum correlation with high cut slope in the sediment product. Also The result of analysis variance and comparing between the average sediment produced in different slope classes showed positive and significant different. With increase of road age and vegetation cover the amount of sediment significantly decreased. The amount of total sediment that evaluated in study area was about 51 ton in year.

Keywords: Sediment, Forest road, Slope, Sediment prediction model, homogenous unit map