تاثیر عوامل توپوگرافی و سن جاده بر سطوح فرسایش تحت تاثیر جاده‌های جنگلی (مطالعه موردی محدوده جنگل آموزشی-پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس)

صالح یوسفی [۱]، حمید رضا مرادی [۲] *، اکبر نجفی [۳]

۱- دانشجوی مقطع دکتری آبخیزداری دانشگاه تربیت مدرس
۲- دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس
۳-دانشیار گروه مهندسی جنگل دانشگاه تربیت مدرس

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۱۱/۲۰
تأیید نهایی مقاله: ۲۳ /۱۳۹۱/۲/

چکیده

هرساله هزاران کیلومتر جاده جنگلی احداث می‌گردد که به وسیله آن میلیون‌ها هکتار پوشش گیاهی و درختی تخریب و میلیون‌ها متر مکعب خاک جابجا می‌گردد. تحقیق حاضر در جاده جنگلی، جنگل آموزشی-پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس به منظور بررسی تاثیر برخی از عوامل توپوگرافی و سن جاده بر سطوح فرسایش حاشیه جاده تا فاصله ۱۵۰ متری انجام گردید. ابتدا نقشه‌های شیب، جهت شیب و ارتفاع منطقه تهیه گردید. سپس عارضه‌های فرسایشی اطراف جاده در منطقه مطالعاتی با استفاده از GPS مورد مساحی قرار گرفتند. نتایج حاصل از مساحی عارضه‌ها نشان داد که حداکثر تاثیر جاده بر عارضه‌های فرسایشی تا فاصله ۴۸ متری از حاشیه جاده می‌باشد. همچنین نتایج آنالیز واریانس یک طرفه نشان می‌دهند که بین مساحت عارضه‌های فرسایشی با طبقات مختلف شیب، ارتفاع و سن جاده به ترتیب اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد و با جهت شیب اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد وجود دارد. به طوری‌که شیب‌های ۱۵-۳۰ درصد، جهت شمال غربی، ارتفاع ۶۰۰-۸۰۰ متر و طبقه سنی ۳ سال دارای بیشترین مساحت فرسایشی می‌باشند. همچنین نتایج مدل رگرسیونی ارائه شده نشان داد که شیب منطقه مهمترین عامل موثر بر افزایش سطوح فرسایشی می‌باشد و بعد از شیب منطقه، سن جاده مهمترین عامل تاثیرگذار بر گستره تخریب حاصل جاده‌های جنگلی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

واژه های کلیدی: عارضه فرسایشی، جاده جنگلی،سن جاده، فرسایش جاده.

*- نویسنده مسئول: ۰۱۲۲-۶۲۵۳۱۰۱ Email: hrmoradi@modares.ac.ir

مقدمه

خسارات و خطرات ناشی از فرسایش و جابجایی توده‌های خاک در حوزه‌های آبخیز از مهّم‌ترین مسائل و مشکلاتی است که به طور همه‌جانبه احیا آبخیزها را تحت تأثیر قرار داده است. شدّت فرسایش و جابجایی توده‌های خاک تابعی از عوامل محیطی, طبیعی و زمین‌شناسی است و به اشکال مختلف موجب جدایی ذرّات و جابجایی آنها به سوی مناطق پست و کم ارتفاع می‌گردد (شریعت جعفری، ۱۳۷۶). یکی از شاخص‌ها یا شناسه‌های توسعه‌یافتگی کشورها، کمیت و کیفیت شبکه‌ی ارتباطی به ویژه در حوزه‌ی حمل و نقل جاده‌ای و ریلی است. جاده‌ها جزء حیاتی برای کشورهای در حال توسعه می‌باشند و جهت حفظ فعالیت‌های اقتصادی و زندگی مدرن بسیار ضروری می‌باشند (Ariel and Gucinski, 2000). جاده‌های جنگلی از ضروری‌ترین طرح-های مدیریت واحدهای جنگلی محسوب می‌شوند که در حمل و نقل چوب و استفاده از سایر خدمات جنگل مانند شکار، توریسم و غیره نقش ویژه‌ای را ایفا می‌کنند (مجنونیان و همکاران، ۱۳۸۴، حسینی، ۱۳۸۳ و Hasdemir, and Demir 2005). هر ساله هزاران کیلومتر جاده جنگلی احداث می‌شود که به تبع آن میلیون‌ها متر مکعب خاک جابجا و هزاران متر مکعب درخت قطع می‌شوند. جهت مدیریت صحیح حوزه‌های آبخیز نیاز به شناخت کافی از جاده‌های موجود در حوزه آبخیز و اثرات آنها روی منابع طبیعی می‌باشد. با توجه به اینکه یکی از مهمترین پیامدهای جاده سازی فرسایش خاک و تخریب خاک می‌باشد، شناخت نوع و مقدار فرسایش تحت تاثیر جاده، امری ضروری برای مدیریت همه جانبه حوزه آبخیز می‌باشد (Baihua et al., 2010). در رابطه با تاثیر جاده‌های جنگلی بر فرسایش و رسوب مطالعاتی صورت گرفته است که به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود.

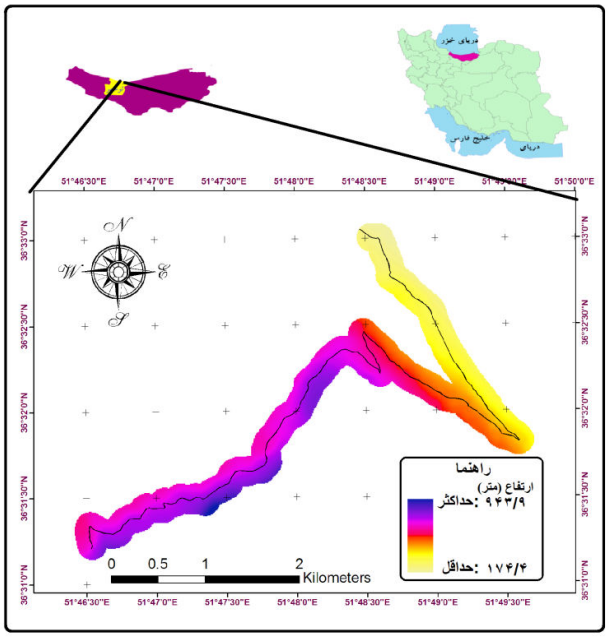
در اسپانیا آرنایز و همکاران (Arnaez et al., 2004) بر روی رسوبدهی و رواناب تولیدی در جاده‌های خاکی مطالعه نموده و به این نتیجه رسیدند که در بالا دست جاده‌های خاکی جنگلی ضریب رواناب ۳۴ درصد و در قسمت پایین دست جاده ۵۸ درصد است. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که شیب، پوشش گیاهی و سنگ بستر جاده با مقدار رسوبدهی رابطه معنی داری دارد. شی و همکاران (Shi et al., 2008) در جنوب چین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ۴ دوره به بررسی ارتباط بین فاصله از جاده و فرسایش خاک پرداختند. نتایج آنها نشان داد که با افزایش فاصله از جاده شدت فرسایش نیز در شرایط یکسان کاهش می‌یابد. اونا و همکاران (Ona et al., 2011) در مطالعه‌ای در اسپانیا به بررسی تاثیر رشد دانه‌های آب دوست و پوشش گیاهی در مناطق خاک برداری و خاک ریزی جاده‌های خاکی با استفاده از پلات و باران طبیعی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که بعد از دو دوره رشد گیاهی در مناطق خاک برداری مقدار فرسایش ۲/۲ و در مناطق خاک ریزی ۳/۵ برابر نسبت به مناطق شاهد کاهش یافته است. از محققان دیگری که در این زمینه تحقیق نموده‌اند می‌توان به کارل و لی (Carl and li, 2006)، جوردن و مارتینز زاوالا (Jordan and Martinez-Zavala, 2008)، لوپز و همکاران (Lopez et al., 2009) و کارلوس و راموس (Ramos and Carlos, 2010) اشاره نمود. از محققان داخل کشور نیز که به نوعی به بررسی تاثیر جاده بر فرسایش و رسوب پرداخته‌اند می‌توان به مطالعات فتح‌الهی و همکاران (۱۳۸۸) اشاره نمود که در لرستان به ارزیابی تاثیر جاده سازی بر فرسایش آبکندی منطقه چشمه سرده

الشتر پرداختند. همچنین راهبردی سی سخت و عبدی (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای به بررسی تاثیر عوامل موثر در تولید رسوب جاده‌های جنگلی در جنگل آموزشی- پژوهشی خیرود کنار پرداختند. از محققان داخل کشور دیگری که در این زمینه تحقیق نموده اند می توان به بیاتی خطیبی و همکاران (۱۳۸۶)، فتح اللهی و همکاران (۱۳۸۸) و اسداللهی و همکاران (۱۳۹۰) اشاره نمود.

جنگل‌های شمال کشور اهمیت ویژه‌ای از نظر اقتصادی، تجاری و تفرجی دارند. لذا حفاظت از این جنگل‌ها و مدیریت همه جانبه آنها امری اجتناب ناپذیر است. تحقیق حاضر در جنگل آموزشی-پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس به منظور بررسی تاثیر عوامل توپوگرافی (جهت شیب، تندی شیب و ارتفاع) و سن جاده بر سطوح تخریب خاک تحت تاثیر جاده‌های جنگلی صورت گرفت. این جنگل چندین سال است که بهره برداری می-گردد و دارای جاده‌های جنگلی از ۱۰ سال قبل تا کنون می‌باشد.

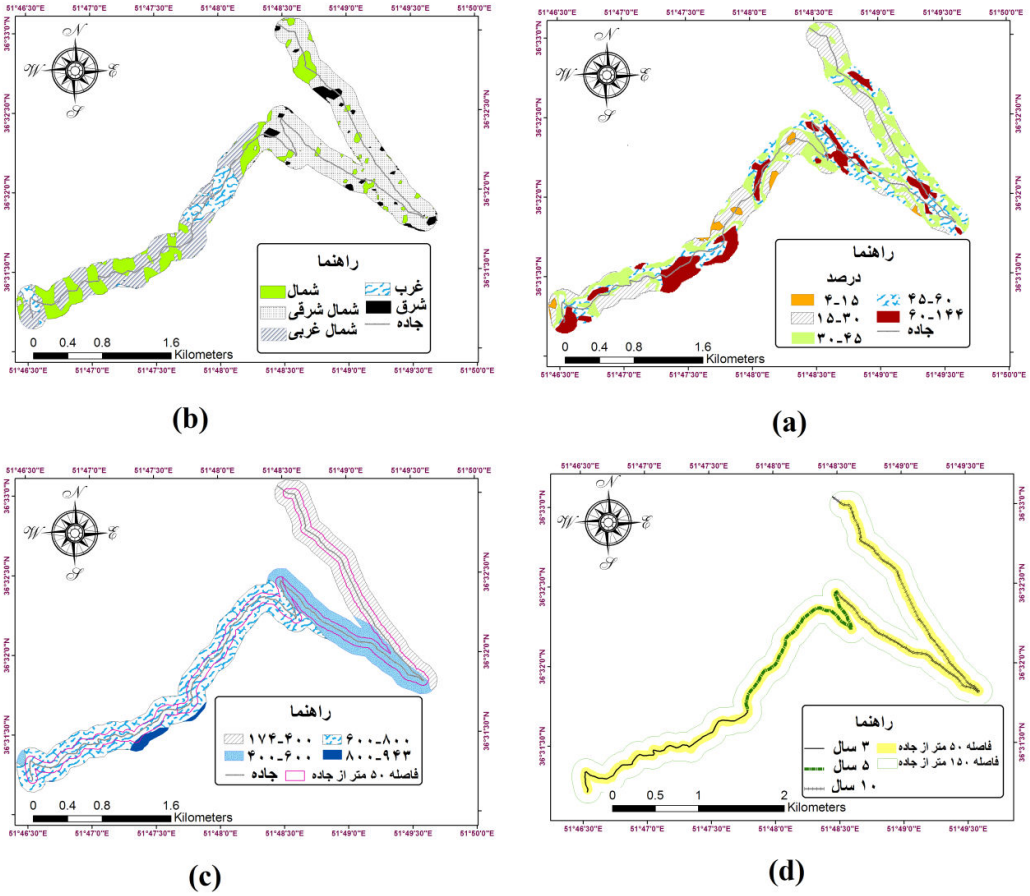
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه، جاده جنگلی موجود در جنگل آموزشی- پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس می‌باشد که در حوزه آبخیز ۴۶ و مجاورت پارک ملی سیسنگان و در عرض جغرافیایی ´۳۱ °۳۶ تا ´۳۳ °۳۶ شمالی و طول جغرافیایی ´۴۶ °۵۱ تا ´۵۰ °۵۱ شرقی قرار گرفته است (شکل۱). طول جاده مورد مطالعه ۱۰/۱۸۳ کیلومتر است. این جاده مشترک با شرکت ایران چوب می‌باشد بطوری که ۵/۱۶ کیلومتر از مسیر مربوط به شرکت ایران چوب است و نوع جاده درجه دو می‌باشد. عرض جاده ۵/۵ متر و دارای روسازی و زیر سازی خوب می-باشد. جاده یک طرفه ولی در طول جاده مکان-های عریض جهت تردد دو ماشین تعبیه شده است. حداقل و حداکثر ارتفاع جاده به ترتیب ۱۷۴ و ۹۴۳ متر از سطح دریا می‌باشد (نجفی و عزتی، ۱۳۹۰).



شکل۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

روش کار: جاده مورد مطالعه با GPS پیمایش و سپس حریم ۱۵۰ متری آن با استفاده از نرم افزار ARCGIS9.3 جهت بازدید میدانی و مساحی عارضه‌های فرسایشی تهیه گردید (Jordan and Martinez-Zavala, 2008). مدل رقومی ارتفاعی (DEM) با استفاده از نقشه توپوگرافی (۱:۲۵۰۰۰) منطقه تهیه گردید. با استفاده از DEM در محیط نرم افزار ARCGIS9.3 نقشه‌های طبقات شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی و طبقات سنی جاده (شکل۲) منطقه مطالعاتی تهیه گردید (نجفی و عزتی، ۱۳۹۰).



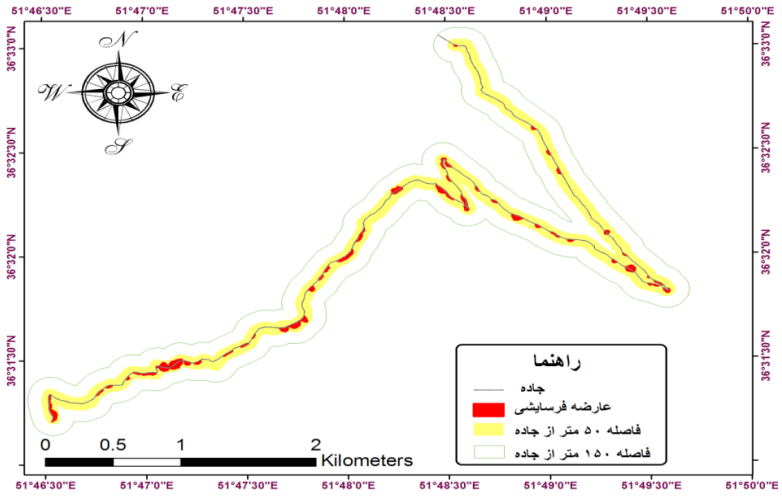
شکل۲- نقشه درصد شیب (a)، جهت شیب (b)، طبقات ارتفاعی (c) و طبقات سنی جاده (d)

مساحی عارضه‌های فرسایشی با استفاده از GPS و بازدید میدانی در حریم ۰-۱۵۰ متری از جاده مورد مطالعه صورت گرفت. و نقشه عارضه‌های فرسایشی موجود در منطقه تهیه گردید (شکل۳). با بازدیدهای میدانی، منطقه ۱۵۰ متری فاصله از جاده مورد پیمایش میدانی قرار گرفت و عارضه‌های فرسایشی در منطقه با استفاده از GPS مساحی شدند. در این مطالعه از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه جهت تعیین حساس‌ترین طبقه هر عامل و از روش مدلسازی رگرسیون خطی جهت تعیین تاثیرگذارترین عامل استفاده گردید. برای بررسی مقایسه میانگین‌های مساحت

عارضه‌های فرسایشی در هریک از طبقات عوامل مورد مطالعه (شیب، جهت، ارتفاع و سن جاده) با توجه به نرمال بودن داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه و برای گروه بندی از روش دانکن استفاده شد.

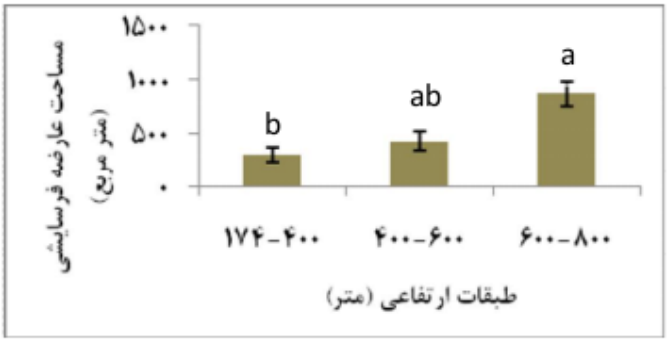
نتایج

نتایج مساحی عارضه‌های فرسایشی نشان داد که همه عارضه‌های فرسایشی منطقه از نوع حرکت-های توده‌ای بخصوص لغزش می‌باشند و در منطقه به علت پوشش و بارندگی مناسب عارضه-هایی مانند آبراهه‌ای و خندقی وجود نداشتند. نتایج مساحی نشان داد که در کل محدوده مطالعاتی ۶۵ عارضه فرسایشی با کمترین، بیشترین، متوسط و مجموع مساحت به ترتیب ۶۲، ۲۸۲۴، ۶۶۷ و ۴۳۳۴۲ متر مربع موجود می-باشد. مساحی عارضه‌ها نشان داد که حداکثر فاصله عارضه‌ها در منطقه مطالعاتی تا فاصله ۴۸ متری از جاده می‌باشد.



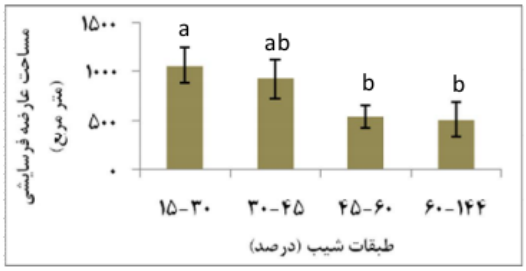
شکل۳- نقشه عارضه‌های فرسایشی

نتایج حاصل از مقایسه میانگین های مساحت عارضه های فرسایشی در هر یک از طبقات عوامل مورد مطالعه با روش تجزیه واریانس نشان داد مساحت عارضه‌های فرسایشی در طبقات مختلف ارتفاعی دارای اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد است (شکل۴ و جدول ۱).

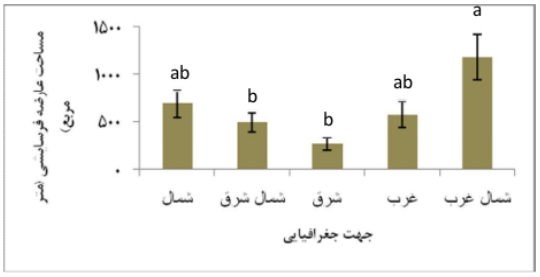


شکل۴- نمودار میانگین مساحت عارضه فرسایشی در طبقات مختلف ارتفاعی

برای شیب نتایج تجزیه واریانس نشان داد مساحت عارضه‌های فرسایشی در طبقات مختلف شیب، اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد دارد (شکل۵ و جدول۱). همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد اختلاف معنی داری بین طبقات مختلف جهت جغرافیایی و مساحت تخریب در سطح معنی داری یک درصد وجود دارد (شکل۶ و جدول۱).

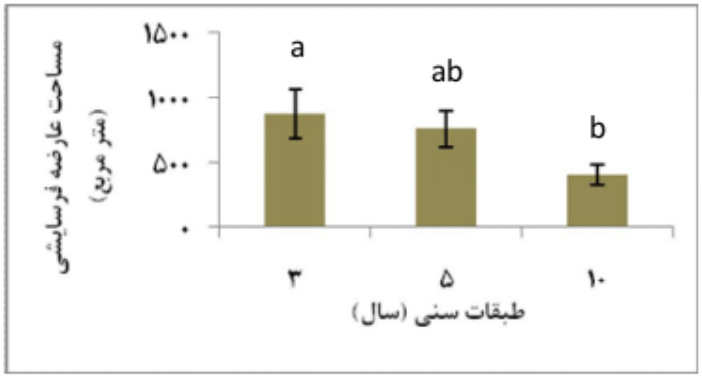


شکل۵- نمودار میانگین مساحت عارضه فرسایشی در طبقات مختلف شیب



شکل۶- نمودار میانگین مساحت عارضه فرسایشی در جهت‌های مختلف جغرافیایی

برای بررسی تغییرات مساحت بین طبقات مختلف سن جاده نیز از روش آنالیز واریانس یک طرفه استفاده شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد بین طبقات مختلف سنی جاده و مساحت تخریب وجود دارد (شکل۷ و جدول۱).



شکل۷- نمودار میانگین مساحت عارضه فرسایشی در طبقات سنی مختلف

جدول۱- نتایج تجزیه واریانس مساحت عارضه فرسایشی در طبقات مختلف اجزای واحد کاری

متغیر مستقل	ارتفاع		شیب		جهت شیب		سن جاده	
مساحت عارضه فرسایشی	سطح معنی داری	مقدار F	سطح معنی داری	مقدار F	سطح معنی داری	مقدار F	سطح معنی داری	مقدار F
	۰/۰۱۶	۴/۴۴۷	۰/۰۳۹	۲/۹۷۰	۰/۰۰۸	۳/۷۷۳	۰/۰۴۸	۳/۰۴۷

برای مشخص کردن تاثیر گذارترین پارامتر بر سطوح تخریب تحت تاثیر جاده از روش مدل سازی رگرسیون خطی چند متغیره استفاده گردید. به این صورت که با استفاده از نرم افزار SPSS15 بین پارامترهای شیب، جهت شیب و ارتفاع نسبت به سطوح تخریب فرسایش رابطه رگرسیونی برقرار گردید (جدول۲). با توجه به همپوشانی بسیار بالای سن و ارتفاع جاده از گذاشتن هر دو پارامتر در ورودی مدل صرف نظر و فقط ارتفاع در ورودی مدل وارد گردید. نتایج تجزیه واریانس مدل نشان داد مدل رگرسیون ارائه شده در سطح ۱ درصد معنی دار بوده و ضریب تبیین رابطه رگرسیون ۰/۳۰۳ می‌باشد. در تحقیق حاضر هدف از بکارگیری مدل رگرسیونی صرفاً جهت تعیین موثرترین عامل با استفاده از ضریب بتا مدل بوده و هدف مدل‌سازی نمی‌باشد.

جدول۲- ضرایب رابطه رگرسیون و آزمون معنی دار بودن آن‌ها

Model	سطح معنی داری	t آزمون	ضرایب استاندارد شده	ضرایب استاندارد نشده	
			Beta	Std. Error	B
عرض از مبدا	۰/۰۵۷	۱/۹۳۴		۲۳۰/۶۲۶	۴۴۶/۰۸۸
شیب	۰/۰۰۰	-۳/۹۶۲	-۰/۴۱۷	۴۳/۸۱۳	-۱۷۳/۵۸۸
جهت شیب	۰/۵۳۷	۰/۶۲۰	۰/۰۷۶	۵۷/۶۹۴	۳۵/۷۶۵
ارتفاع	۰/۰۰۳	۳/۱۱۷	۰/۳۸۰	۷۹/۶۶۲	۲۴۸/۳۳۶

بحث و جمع‌بندی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد مساحت عارضه-های فرسایشی در طبقات مختلف ارتفاعی دارای اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد است. نتایج نشان داد که طبقه ارتفاعی ۶۰۰-۸۰۰ متر دارای بیشترین مساحت فرسایشی و طبقه ارتفاعی ۱۷۴-۴۰۰ دارای کمترین مساحت فرسایشی می-باشد و طبقه ۴۰۰-۶۰۰ متر حالت بینابین را دارد. معمولا تغییرات ارتفاعی ممکن است علت وجود تغییراتی در مقدار بارش و در نتیجه شرایط پوشش گیاهی منطقه شود. اما منطقه مورد مطالعه از نظر گرادیان ارتفاعی دارای تغییرات بارش زیادی نمی‌باشد و همچنین پوشش گیاهی آن نیز حالت تقریبا یکسانی دارد. با توجه به

مشاهدات صحرایی صورت گرفته در منطقه فاکتورهای ارتفاع و سن جاده دارای رابطه عکس با یکدیگر بوده و این فاکتورها با همدیگر هم-پوشانی دارند.

نتایج نشان داد که طبقه شیب ۱۵-۳۰ درصد دارای بیشترین مساحت فرسایشی و طبقات ۴۵-۶۰ و ۶۰-۱۴۴ دارای کمترین مساحت فرسایشی می‌باشد و طبقه ۳۰-۴۵ درصد حالت بینابین را دارد. بیشتر محققین زاویه شیب را یکی از مهمترین پارامترهای موثر بر فرسایش خاک دانسته‌اند. در شیب‌های کم مقدار پایداری خاک دانه‌های خاک نسبت به جابجایی بیشتر از شیب-های تند می‌باشد. هرچه شیب تندتر شود ناپایداری خاک بیشتر می‌شود و احتمال لغزش و حرکت آن به طرف پایین دامنه بیشتر می‌شود. اما نباید فراموش کرد که در شیب‌های بسیار تند به علت عدم پایداری مقدار ضخامت خاک منفصل بسیار کم می‌باشد. به همین دلیل مقدار فرسایش خاک نیز کمتر است. بنابراین شیب‌های میانه به علت وجود خاک ضخیم لایه و همچنین قرار گرفتن در نزدیکی آستانه فرسایش با کوچکترین تحریک بر اثر بارش ناپایدار می‌شوند و فرسایش در این مناطق رخ می‌دهد. این یافته‌ها با نتایج کین نل (Kinnell, 2000)، مورسچل و همکاران (Morschel et al., 2004)، آسولین و بن هور (Assouline and Ben-Hur, 2006)، و کواستا و همکاران (Cuesta et al., 2007) و همچنین با یافته‌های فیض‌نیا و همکاران (۱۳۸۳) هم‌خوانی دارد.

جهت شمال غربی دارای بیشترین مساحت فرسایشی و جهت شرق و شمال شرق دارای کمترین مساحت فرسایشی می‌باشند. جهت‌های شمال و غرب حالت بینابین دارند. در جهت جغرافیایی شمال و غرب در نیم‌کره شمالی معمولا در طول روز ساعات آفتابی کمتری نسبت به جهت‌های شرقی و جنوبی دارد. لذا در این جهت-ها معمولا رطوبت بیشتر می‌باشد و این مناطق بیشتر مستعد فرسایش بخصوص حرکت‌های توده‌ای هستند. این یافته‌ها با نتایج هوگس (Hughes, 1972) و آگاسی و بن هور (Agassi and Ben-Hur, 1991) هم‌خوانی دارد.

نتایج نشان می‌دهد که طبقه سنی ۳ سال دارای بیشترین مساحت فرسایشی و طبقه سنی ۱۰ سال دارای کمترین مساحت فرسایشی می‌باشند. طبقه سنی ۵ سال حالت بینابین را دارد. با ساخت جاده در اثر جابجایی‌های خاک اطراف جاده حالت طبیعی اکوسیستم دچار تغییر می‌شود. جهت رسیدن به حالت پایدار در اکوسیستم نیاز به زمان است. هر چه زمان بیشتری از احداث جاده گذشته باشد اکوسیستم پایدارتر می‌شود و در نتیجه مقدار و شدت فرسایش نسبت به سال‌های اولیه احداث جاده کمتر می‌باشد. این یافته‌ها با نتایج آکی و همکاران (Akay et al., 2008)، فو و همکاران (Fu et al., 2009) و همچنین نتایج راهبردی سی‌سخت و عبدی (۱۳۸۹) هم راستا می‌باشد. نتایج مدل رگرسیونی نشان داد که تندی شیب منطقه تاثیرگذارترین عامل بر سطوح تخریب خاک در منطقه می‌باشد. عامل بعدی ارتفاع از سطح دریا می‌باشد.

در منطقه مورد مطالعه همان طور که ذکر گردید سه دوره سنی جاده وجود دارد که این جاده‌ها به منظور بهره برداری از مناطق جنگلی احداث شده-اند. جاده جدیدتر در ارتفاعات بالاتر و جاده‌های با سن قدیمی تر در ارتفاعات پایین دست قرار گرفته است. بنابراین می‌توان این نتیجه را به طور مستقیم به طبقات سنی جاده مربوط دانست. علت آن می‌تواند عدم زمان کافی برای استقرار پوشش گیاهی و به تعادل رسیدن خاک منطقه در جاده-

های جدید الاحداث باشد. این نتایج با یافته‌های راهبردی سی سخت و عبدی (۱۳۸۹) هم خوانی ندارد که علت این امر را می‌توان در اختلاف نوع مطالعه دانست به‌طوری که ایشان عرض جاده را موثرترین عامل در تولید رسوب دانستند.

جمع بندی نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که مساحت عارضه‌های فرسایشی اطراف جاده‌های جنگلی به شدت وابسته به پارامترهای توپوگرافی و سن جاده می‌باشد. تاثیرگذارترین عامل توپوگرافی بر افزایش مساحت عارضه فرسایشی شیب و بعد از آن سن جاده می‌باشد. نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان می‌دهد که شیب‌های میانه و جاده‌های با سن کمتر نیازمند توجه بیشتر از سوی مدیران جنگل و حوزه آبخیز می‌باشد.

با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر می‌توان گفت که احداث جاده‌های جنگلی بخصوص در سال‌های ابتدایی احداث به علت از بین بردن پوشش گیاهی، خاک ورزی دامنه‌های بالادست و پایین دست جاده و عدم استقرار و پایداری خاک جاده نیاز به محافظت‌های ویژه‌ای دارد. همچنین در صورت امکان سعی شود جاده در شیب‌های عبور داده شود که مقدار تخریب در آنها کمتر باشد. پیشنهاد می‌گردد مطالعات تخریب و فرسایش خاک در حاشیه جاده‌ها به صورت کرت‌های اندازه گیری فرسایش به صورت سالیان متمادی جهت مدیریت بهتر حوزه‌های آبخیز اندازه گیری و پایش گردد.

منابع

- اسدالهی، ذ.، یوسفی، ص.، و محمدی، م.، ۱۳۹۰. تخمین رسوبدهی شبکه جاده کشاورزی با استفاده از SEDMODEL و GIS (حوزه آبخیز آموزشی و پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس)، همایش ملی ژئوماتیک ۹۰، تهران.
- بیاتی خطیبی، م.، کرمی، ف.، و مختاری، د.، ۱۳۸۶. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای مواد در حوضه آبریز اوجان چای، مجله جغرافیا و توسعه، شماره۱، ص ۱۰۷-۱۲۴.
- حسینی، س.ع.آ.، ۱۳۸۲. برنامه ریزی شبکه راه‌های جنگلی با استفاده از فن آوری سامانه اطلاعات جغرافیایی در جنگل خیرود کنار نوشهر، رساله دوره دکتری علوم جنگل، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۵ ص.
- راهبردی سی‌سخت، س.، و عبدی، ا.، ۱۳۸۹. بررسی تاثیر عوامل موثر بر تولید رسوب جاده‌های جنگلی با استفاده از GIS، اولین کنفرانس ملی ژئوماتیک نوین درخدمت جامعه. تهران.
- شریعت جعفری، م.، ۱۳۷۶. ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در شیب‌های طبیعی، مرکز تحقیقات حفاظت آب و خاک، انتشارات سازه، ۱۲۴ص.
- فتح‌الهی، ط.، سلیمانی، ک.، کلارستاقی، ع.، حبیب‌نژاد، م.، نورمحمدی، ف.، جراره، ک.، و گرایی، پ.، ۱۳۸۸. ارزیابی تاثیر جاده سازی بر فرسایش آبکندی منطقه چشمه سرده الشتر، لرستان، پنجمین همایش ملی علوم مهندسی آبخیزداری ایران.
- فیض‌نیا، س.، کلارستاقی، ع.، احمدی، ح.، و صفایی، م.، ۱۳۸۳. بررسی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌ها و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شیرین رود-سد تجن)، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۵۷ (۱)، ص ۳-۲۲.
- مجنونیان، ب.، نیکوی سیاهکل محله، م.، و مهدوی، م.، ۱۳۸۴. طراحی زهکش‌های عرضی جاده‌های جنگلی در سری سیاهبیل حوزه آبخیز

اسالم، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۵۸، ص ۳۵۰-۳۳۹.

- نجفی، ا.، و عزتی، س.، ۱۳۹۰. مطالعات جامع حوزه آبخیز ۴۶ جنگل آموزشی-پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس، مطالعات جنگلداری، ۶۶ ص.

- Akay, A.E., Erdas, O., Reis, M., and Yuksel, A., 2008. Estimating sediment yield from a forest road network by using a sediment prediction model and GIS techniques, Building and Environment.v. 43, p. 687–695.

- Agassi, M., and Ben-Hur, M., 1991. Effect of slope length, aspect and phosphogypsum on runoff and erosion from steep slopes, Australian Journal of Soil Research, v. 29, p.197 – 207.

- Ariel, E., and Gucinski, L.H., 2000. Function, effects, and management of forest roads, Forest Ecology and Management , v.133, p. 249-262.

- Arnaez, J., Larrea, V., and Ortigosa, L., 2004. Surface runoff and erosion on unpaved forest road from rainfall simulation tests in northeastern Spain, Catena, v. 57, p. 1-14.

- Assouline, S., and Ben-Hur, M., 2006. Effects of rainfall intensity and slope gradient on the dynamics of interrill erosion during soil surface sealing, Catena, v. 66, p. 211 – 220.

- Baihua, F.U., Lachlan, T.H., Newham, C.E., and Ramos, S., 2010. A review of surface erosion and sediment delivery models for unsealed roads, Environmental Modeling and Software, v. 25, p. 1-14.

- Carl, S.C., and Li, C., 2006. Impact of planting grass on terrene roads to avoid soil erosion, Landscape and Urban Planning , v.78, p. 205-216.

- Carlos, E., and Ramos, S., 2010. Sediment production from unpaved roads in a sub-tropical dry setting, Southwestern Puerto Rico, Catena, v. 82, p. 146-158.

- Cuesta, M.J.D., Sanches, M.S., and Berrezueta, E. 2007. Landslides in the Central Coalfield (Cantabrian Mountains, NW Spain): Geomorphological Features, conditioning factors and methodological implications in susceptibility assessment, Geomorphology, v. 89, p. 358-369.

- Demir, M., and Hasdemir, M., 2005. Functional planning criterion of forest road network systems according to recent forestry development and suggestion in Turkey, American Journal of Environment Science, v. 1, p. 8-22.

- Fu, B., Newham, L.T.H., and Field, J.B., 2009. Modelling erosion and sediment delivery from unsealed roads in southeast Australia, Mathematics and Computers in Simulation, v. 79, p. 2679–2688.

- Hughes, P.J., 1972. Slope aspect and tunnel erosion in the loess of banks peninsula New Zeland, Journal of Hydrology, v. 11, p. 94-98.

- Jordan, A., and and Martinez-Zavala, L., 2008 .Soil loss and runoff rates on unpaved forest roads in southern Spain after simulated rainfall, Forest Ecology and Management, v. 255, p. 913-919.

- Kinnell, P.I.A., 2000. The effect of slope length on sediment concentrations associated with side-slope erosion, Soil Science Society of America Journal, v. 64, p. 1004– 1008.

- Lopez, A.J., Zavala, L.M., and 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, v. 407, p. 937-944.

- Morschel, J., Fox D.M., and Bruno, J.F., 2004. Limiting sediment deposition on roadways: topographic controls on vulnerable roads and cost analysis of planting grass buffer strips, Environmental Science and Policy, v. 7, p. 39–45.

- Ona, J.D., Ferrer, A., and and Osorio, F., 2011. Erosion and vegetation cover in road slopes hydroseeded with sewage sludge, Transportation Research, v. 16, p.465-468.

- Shi, X.Z., Wang, K., Warner, E.D., Yu, D.S., Wang, H.J., Yang, R.W., Liang, Y., and Shi, D.M., 2008. Relationship between soil erosion and distance to roadways in undeveloped areas of China, Catena, v. 72, p. 305-313.