



## ارزیابی مشخصات جاده‌های جنگلی و مقایسه با استانداردهای محیط‌زیستی و فنی (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده تنگ سولک بهمی، کهگیلویه و بویراحمد)

سید عطااله حسینی<sup>\*</sup>، روح اله کوکبی اصل<sup>۲</sup>، احسان عبدی<sup>۳</sup>

۱- استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۳- دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشگاه تهران، کرج، ایران

### چکیده

هدف از این تحقیق مقایسه مشخصات هندسی جاده با مقادیر استاندارد ساخت جاده در منطقه حفاظت شده ی تنگ سولک واقع در شهرستان بهمی (استان کهگیلویه و بویراحمد) می‌باشد. این منطقه دارای ارزش گردشگری، تفریحی و جاذبه‌های طبیعی واقع در جنگل‌های زاگرس جنوبی می‌باشد. در این تحقیق ابتدا موقعیت جاده موجود، با استفاده از GPS برداشت شده و سپس روی نقشه توپوگرافی پیاده شد. در مرحله بعد طبقه بندی شیب دامنه (صفر تا ۱۰، ۱۰ تا ۲۰، ۲۰ تا ۳۰، ۳۰ تا ۴۰، ۴۰ تا ۵۰، ۵۰ تا ۶۰ و بیشتر از ۶۰ درصد) انجام و سپس در هر طبقه شیب ۱۱ نمونه به صورت تصادفی انتخاب شد. در قدم بعدی اندازه‌های برداشت شده با مقادیر استاندارد موجود در نشریه‌های سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور (۱۳۱ و ۱۶۱) مورد مقایسه قرار گرفت. عرض سواره‌رو و حریم ساختمانی جاده بر اساس آمار تحلیلی و سایر مشخصات هندسی جاده بر اساس آمار توصیفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای برداشت نمونه‌های خاک از هر کدام از طبقات شیب دامنه به صورت تصادفی یک نمونه خاک جهت تشخیص بافت خاک انتخاب شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط آزمون T یکطرفه، همبستگی پیرسون و در نرم افزار SPSS انجام شد. نتایج نشان داد که عرض سواره‌رو و حریم ساختمانی جاده در طبقات شیب ۱۰-۲۰، ۲۰-۴۰، ۴۰-۵۰ و ۵۰-۶۰ درصد از حد استاندارد پایین تر و اختلاف معنی دار بود ( $p < 0.01$ ) و در دیگر طبقات شیب دامنه اختلاف معنی داری نشان نداد. تجزیه و تحلیل آمار توصیفی نشان داد به میزان ۱۵ درصد از شیب دیواره‌های خاک‌برداری و خاک‌ریزی بیشتر از مقدار استاندارد آن بود. نتایج آزمایش بافت خاک به روش طبقه‌بندی متحد نشان داد منطقه مورد مطالعه دارای بافت لای-رسی می‌باشد.

کلید واژه‌ها: جاده جنگلی، مقادیر استاندارد، حریم ساختمانی جاده، زاگرس جنوبی

\* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: [at.hosseini@ut.ac.ir](mailto:at.hosseini@ut.ac.ir)



## Assessment of forest road characteristics and comparison with environmental and technical standards (Case study: Tang-e-Sulk Bahmii Protected Area, Kohgiluyeh and Boyerahmad)

Ata Ollah Hosseini<sup>1\*</sup>, Ruh Ollah Kokabi Asl<sup>2</sup>, Ehsan Abdi<sup>3</sup>

1- Professor of Forestry and Forest Economics Department, University of Tehran, Karaj

2- Graduated M.Sc. Student, Forestry and Forest Economics Department, University of Tehran, Karaj

3- Associate Professor of Forestry and Forest Economics Department, University of Tehran, Karaj

### Abstract

The aim of this study is to compare the road geometric characteristics with road construction standard values in Tang-e-Sulak protected area located in Bahmiy (Kohgiluyeh and Boyerahmad province). This region has the value of tourism, recreation and natural attractions located in the forests of the South Zagros. First, the existing road location was taken using GPS and then placed on a topographic map. In the next step, the slopes were graded (from 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60 and > 60 percent), then 11 samples were randomly selected on each slope. In the next step, the size of the samples was compared with the standard values Available in the publications of the Management and Planning Organization of the country (Booklet No. 131 and 161). The width of the running surface and path of the way were analyzed on the basis of analytical and other road geometric characteristics based on descriptive statistics. To collect soil samples from each of the slopes' grades, a soil sample was selected to detect soil texture randomly. Data analysis was done by T-test and Pearson correlation in SPSS 22. The results show that the width of the road and the construction area of the road on the slopes 10-20, 40-50, 60-50, and 60 were less than the standard values and it was statistically significance ( $P < 0.01$ ), and in other slopes, there wasn't any significant differences. Analytical descriptive statistics showed that the average slope of excavation and embankment walls is 15% higher than the standard value. The results of soil texture analysis by unified classification method showed that the study area has a silty- clay texture.

**Keywords:** Forest road, Standard Values, Path, Southern Zagros.

\* Corresponding author E-mail address: [at.hosseini@ut.ac.ir](mailto:at.hosseini@ut.ac.ir)

## مقدمه

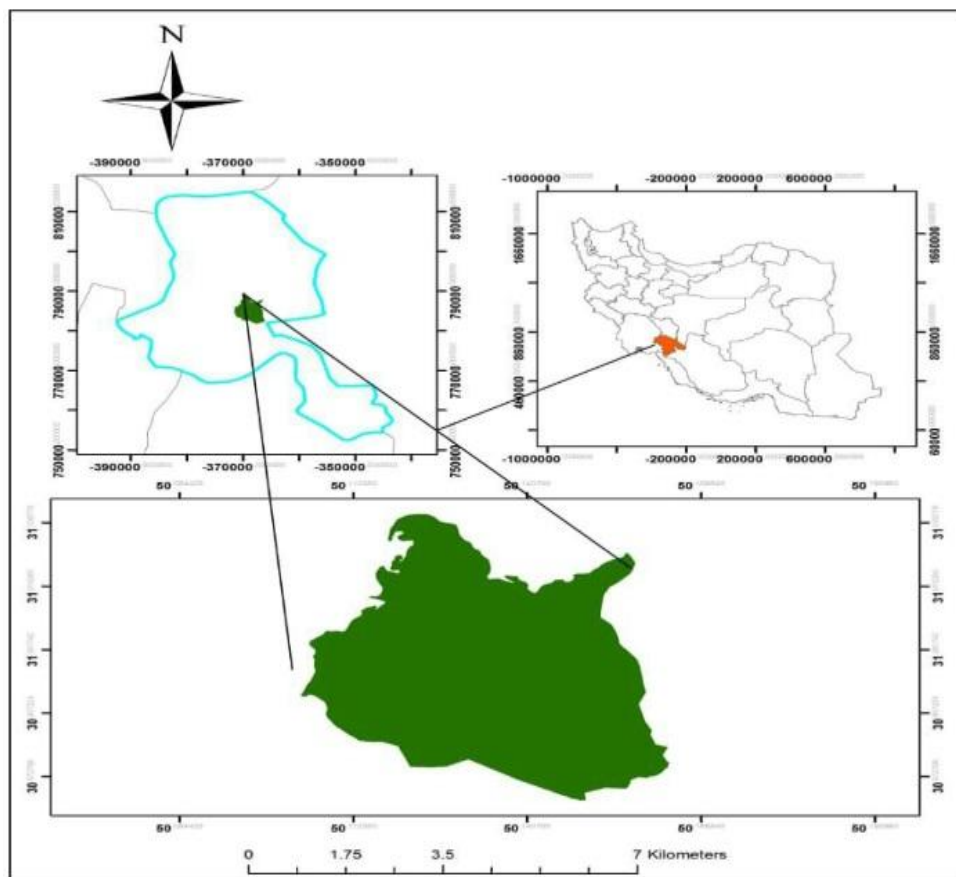
ناحیه رویشی زاگرس به عنوان وسیع‌ترین رویشگاه ایران به وسعت حدود ۵ میلیون هکتار جز جنگل‌های نیمه خشک محسوب شده و ۴۰ درصد از سطح کل جنگل‌های کشور را در بر دارد. به دلیل شرایط آب و هوایی مناسب و قدمت حضور انسان در این منطقه طی هزاره‌های مختلف به‌طور مداوم تحت تاثیر دخالت انسان و دام قرار گرفته و شدت تخریب در آن زیاد است. همین مساله باعث شده که امروزه ارزش حفاظتی این جنگل‌ها بسیار بیشتر از انتظار تولید چوب آنها باشد (Feghahati et al. 2013). حفاظت از آب و خاک در بعد ملی، مهیا کردن شرایط زیستی برای جوامع انسانی در بعد منطقه‌ای و تولید محصولات فرعی از مهمترین عملکردها و ویژگی‌های جنگل‌های زاگرس بشمار می‌آیند (Salehi and jozy, 2014). در مناطق کوهستانی، به دلیل وجود شرایط مختلف و متنوع شیب و توپوگرافی، به دقت بیشتری برای رعایت مقادیر استاندارد فنی جاده‌های جنگلی نیاز می‌باشد. از آنجا که جاده‌های جنگلی به منظور حفاظت موثر از جنگل، امکان دخالت‌های مدیریتی در امر پرورش و جوان سازی جنگل، جنگلکاری، طبیعت گردی، به حداکثر رساندن ارزش افزوده تولیدات و جلوگیری از ضایعات محصولات جنگلی طراحی و احداث می‌گردند، باید در خصوص نزدیک نمودن مشخصات فنی و هندسی آنها به مقادیر استاندارد، توجه ویژه‌ای اعمال گردد (حسینی و جلالیان، ۱۳۹۳). قاسمی آقباشو همکاران (۱۳۹۷) به بررسی اثرات جاده‌های جنگلی بر زیست‌بوم‌های جنگلی بلوط ایرانی از نظر تنوع گیاهی زیرآشکوب و ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی خاک در منطقه بانکول ایلام پرداختند. نتایج نشان داد که جاده بر تنوع زیستی و خصوصیات خاک تا فاصله ۱۰۰ متری از جاده اثرات منفی داشته است.

مصطفی و همکاران (۱۳۹۲) استاندارد ساخت جاده‌های طرح‌های جنگلداری شمال که بیشتر با هدف تولید چوب مطرح می‌باشند را با جاده‌های ارتباطی روستایی واقع در استان کردستان مقایسه نمود و نتیجه گرفت که جاده‌های بررسی شده استانداردهای جاده‌های جنگلی را دارا نمی‌باشند. طالبی و همکاران (۲۰۱۵) بررسی کمی و کیفی استانداردهای ساخت جاده‌های جنگلی منطقه ارسباران مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که به جز در مورد عمق جوی و عرض بستر که اختلافی بین جاده‌های موجود و میزان استاندارد وجود ندارد، در بقیه موارد اختلاف‌ها معنی دار می‌باشد. از دیگر نتایج شیب عرضی نسبت به بقیه اجزا بیشترین درصد تطابق با استاندارد را دارا می‌باشد. Li و همکاران (۲۰۰۵) طی آنالیز پایداری شیروانی‌های خاک برداری در بندر تیانجین کشور چین چنین نتیجه‌گیری نمود که جنس خاک پروفیل‌های عرضی و همچنین زاویه شیب شیروانی‌های ساخته شده در عملیات خاک برداری، نقش مهمی در پایداری خاک و وقوع ریزش‌های سطحی دارند. Graike (۲۰۰۶) در تحقیقات خود در واشنگتن آمریکا در بررسی و تحقیقاتی درباره ساخت و نگهداری در جاده‌ها جنگلی به این نتیجه رسید که اگر سطح حریم مطابق با استاندارد‌های رایج در نظر گرفته نشود، با توجه به کاهش سطح رویشگاه، حجم موجودی سرپا جنگل کاهش یافته و از طرفی دیگر با افزایش حجم رسوب قابل حمل توسط جریان‌های سیلابی ایجاد شده در اثر آن، زمینه تخریب هرچه بیشتر شیروانی‌ها، به خصوص شیروانی خاک‌ریزی فراهم می‌آید. Fidelus و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی عملکرد ژئومورفولوژیک جاده‌های جنگلی و اثرات آنها در کوهستان تاترا دریافتند که بیشترین میزان تغییر در ژئومورفولوژیک جاده‌های جنگلی وابسته به حضور جریان‌های زیر سطحی است که دیواره خاک‌برداری را قطع می‌کنند، که اکثراً در دامنه‌های همگرا وجود دارد. همچنین قدرت سنگ مادری نیز بر میزان نرخ فرو نشست جاده تاثیر معنی‌داری دارد. در این تحقیق بیشترین میزان فرونشست جاده ۱۰ سانتی متر در هر سال اندازه‌گیری شده است.

به طور کلی به دلیل اهمیت شناسایی عوامل هندسی موثر بر طراحی و ساخت جاده هدف این تحقیق مقایسه مشخصه‌های هندسی جاده موجود منطقه تنگ سولک (جنگل زاگرس جنوبی) با مقادیر استانداردهای ساخت جاده در مناطق روستایی جنگلی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

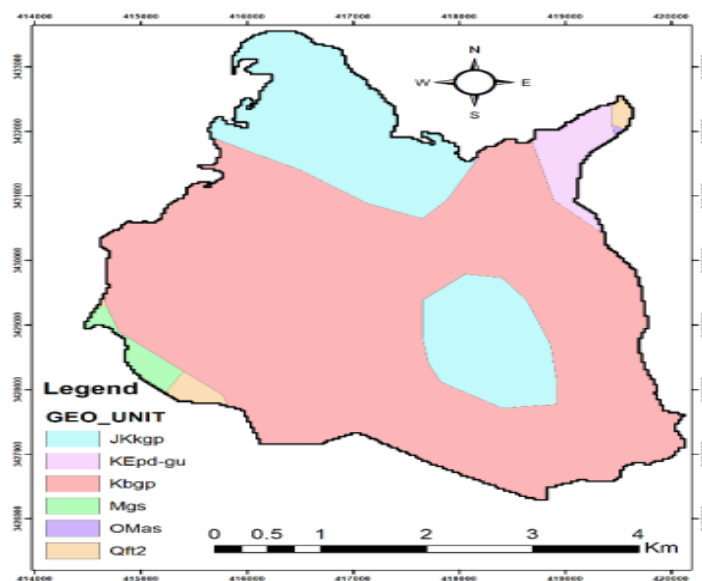
منطقه مورد مطالعه منطقه جنگلی تنگ سولک طی مصوبه شورای عالی محیط زیست در سال ۱۳۷۸ به عنوان منطقه حفاظت شده قلاجه به مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست پیوسته است. منطقه حفاظت شده قلاجه با مساحت ۲۴۲۸ هکتار در شهرستان بهمئی در بخش گرمسیری استان کهگیلویه و بویراحمد واقع شده است. منطقه حفاظت شده تنگ سولک در جنگل‌های جنوب کشور در استان کهگیلویه و بویر احمد شهرستان بهمئی (لیکک) با مساحت ۱۰۰۰ هکتار در حدود ۱۵ کیلومتری شهرستان لیکک در طول جغرافیایی  $50^{\circ}17'$  تا  $50^{\circ}17'$  شرقی و عرض جغرافیایی  $30^{\circ}35'$  تا  $30^{\circ}37'$  شمالی واقع شده است (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه دارای پوشش گیاهی بلوط و زربین، نقاط گردشگری و دارای توان و ظرفیت‌های بالای گردشگری می‌باشد (زند بصیری و همکاران، ۱۳۹۵).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

## ویژگی زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

زمین شناسی منطقه مورد مطالعه از شش سازند مختلف تشکیل شده، که ویژگی‌های هر کدام از سازندها در شکل ۲ و جدول ۱ نشان داده شده است (Booklet 148, 2001).



شکل ۲- نقشه زمین شناسی منطقه

جدول ۱: مشخصات سازندهای زمین‌شناسی

نام	نماد	جنس سنگ
Jkkgp	سازند گروه خامی	مارن، آهک
Kepd-gu	سازند پاپده	مارن، آهک، شیل
Kbgp	سازند بنگستان	آهک
Mgs	سازند گچساران	ژیپس
Omas	سازند آسماری	آهک

### مواد و روش‌ها

با توجه به تقسیم‌بندی جاده‌های جنگلی، جاده برداشت شده از نوع درجه دو (نشریه ۱۳۱) و از نوع روستایی و ارتباطی (نشریه ۱۶۱) می‌باشد. ابتدا جاده موجود، مسیرهای سنگ‌فرش و نقاط گردشگری موجود در منطقه مورد مطالعه با GPS برداشت شد. سپس جاده، مسیرهای سنگ‌فرش و نقاط گردشگری برداشت شده با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی بر روی نقشه توپوگرافی پیاده شدند. در مرحله بعد طبقه‌بندی شیب دامنه منطقه مورد مطالعه در هفت طبقه شیب که شامل کمتر از ۱۰ درصد، ۱۰-۲۰، ۲۰-۳۰، ۳۰-۴۰، ۴۰-۵۰، ۵۰-۶۰ و بیشتر از ۶۰ درصد انجام شد. برای هر طبقه شیب تعداد ۱۱ نمونه به صورت تصادفی انتخاب و در هر نمونه مشخصات هندسی جاده شامل (شیب دیواره‌های خاک‌برداری و خاک‌ریزی، شیب طولی، شیب عرضی، عرض سواره‌رو و حریم ساختمانی جاده) با استفاده از شیب سنج سونتو، ژالون و متر نواری برداشت شد. جهت تعیین بافت خاک به صورت تصادفی از هر طبقه شیب یک نمونه خاک در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری و به مقدار ۱/۵ کیلوگرم خاک و به طور کلی تعداد ۷ نمونه خاک برداشت شد و به آزمایشگاه منتقل تا آزمایش بافت خاک انجام شود. آزمایش بافت خاک به روش هیدرومتری انجام شد و نتایج مطابق طبقه بندی یونیفاید ارائه شد. جهت بررسی وضعیت ارتباط جاده موجود با مسیر سنگ‌فرش و همچنین با نقاط گردشگری (سنگ‌ها، چشمه‌ها و اقامت‌گاه‌ها) طراحی مسیر بر اساس استاندارد نشریه ۱۴۸ انجام شد. جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به دست آمده از آزمون t یک‌طرفه و برای بررسی همبستگی بین متغیرهای تحقیق (مشخصات هندسی جاده) از ضریب همبستگی پیرسون و در نرم افزار SPSS استفاده شد.

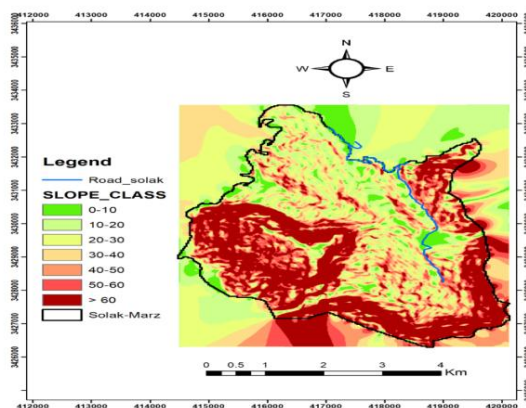
### نتایج

#### وضعیت توزیع جاده برداشت شده در طبقات شیب دامنه

با توجه به شکل ۳ درصد عبوری جاده مورد مطالعه از طبقات شیب‌های مختلف دامنه با استفاده از نرم افزار GIS به دست آمد، بیشترین درصد عبوری جاده از طبقه شیب دامنه ۲۰-۳۰ درصد و کمترین درصد عبوری مربوط به طبقه شیب دامنه بیشتر از ۶۰ درصد می‌باشد (جدول ۲ و شکل ۳).

جدول ۲- میزان در صد عبوری جاده از شیب‌های مختلف

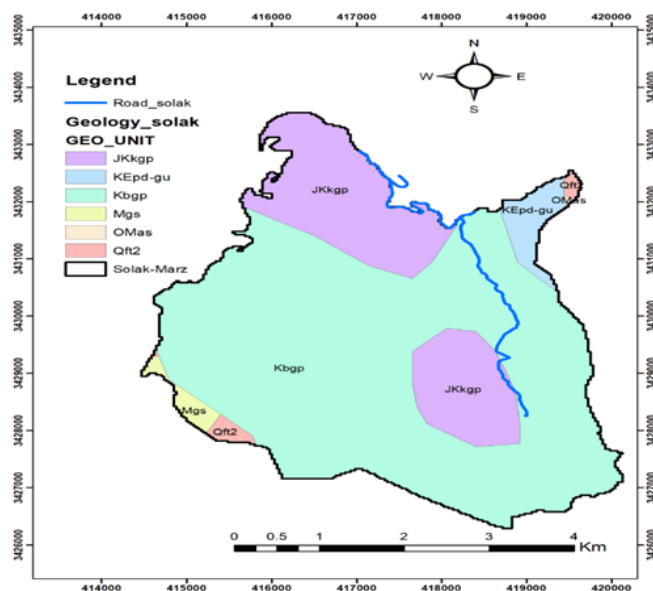
طبقه شیب دامنه (%)	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	۴۰-۵۰	۵۰-۶۰	>۶۰
درصد عبور جاده	۱۹/۳۳	۱۴/۷۰	۲۱/۲۷	۱۸/۱۲	۱۳/۹	۶/۵	۶/۰۶



شکل ۳- جاده موجود روی نقشه شیب

### وضعیت توزیع جاده برداشت شده روی نقشه زمین شناسی منطقه

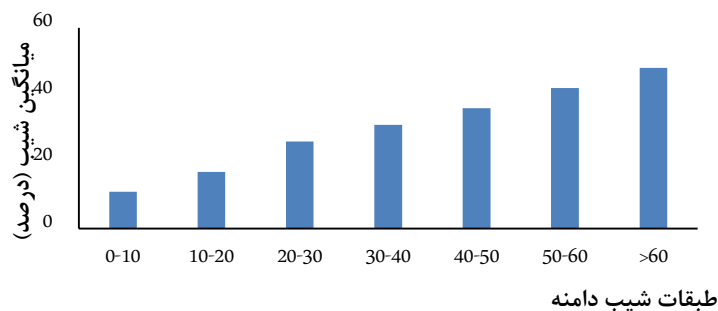
جاده مورد مطالعه ۹۰ درصد از سازند بنگستان و ۱۰ درصد آن از سازند گروه‌های خامی عبور کرده است. نتایج حاصل از ساختار زمین شناسی نشان داد که بیشترین مسیر عبوری جاده از مناطقی که زمین شناسی آن دارای مواد سنگی چون آهک می‌باشد (شکل ۴).



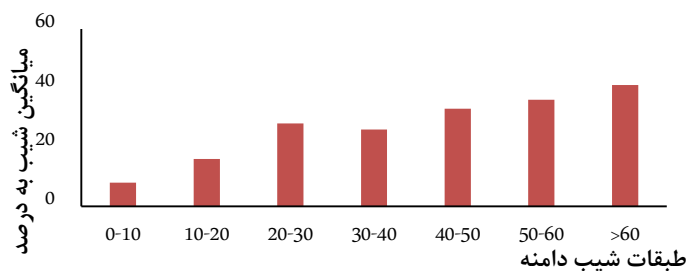
شکل ۴- جاده موجود روی نقشه زمین شناسی

### مقایسه توصیفی مشخصات هندسی جاده در طبقات مختلف شیب با مقادیر استاندارد

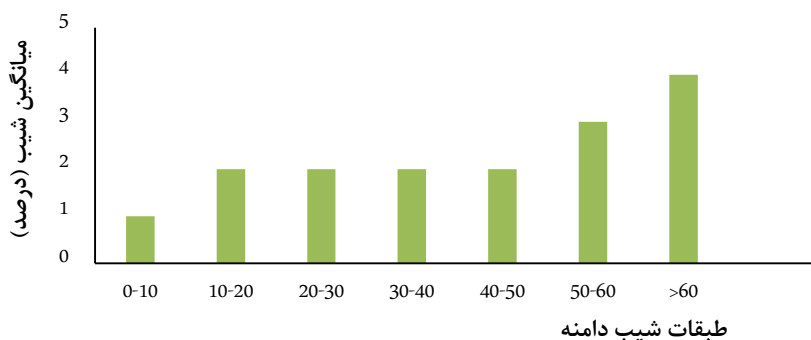
نحوه توزیع میانگین مشخصات هندسی جاده با توجه به نمودار ستونی آنها نسبت به طبقات شیب دامنه مورد توجه قرار گرفت. به طوری که میزان میانگین شیب دیواره‌ها (شکل ۵ و ۶) و شیب عرضی سواره رو (شکل ۷) با بالا رفتن طبقات شیب دامنه روند افزایشی بوده و میزان میانگین عرض سواره رو (شکل ۹) کاهش و حریم ساختمانی جاده (شکل ۱۰) با بالا رفتن طبقات شیب دامنه در سه طبقه اول روند کاهش و سه طبقه بالای ۴۰ درصد افزایش می‌باشد.



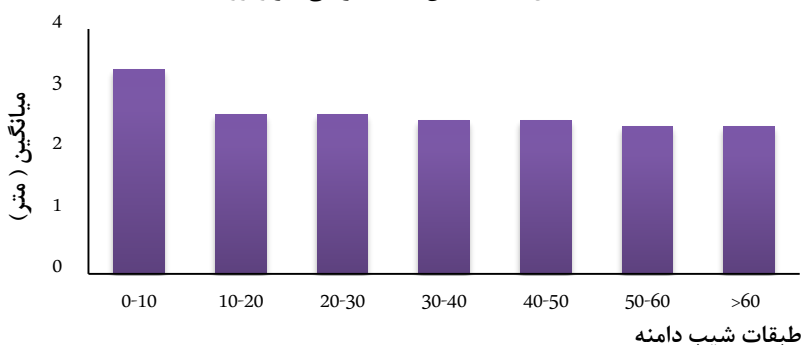
شکل ۵- میزان میانگین شیب دیواره خاک‌برداری



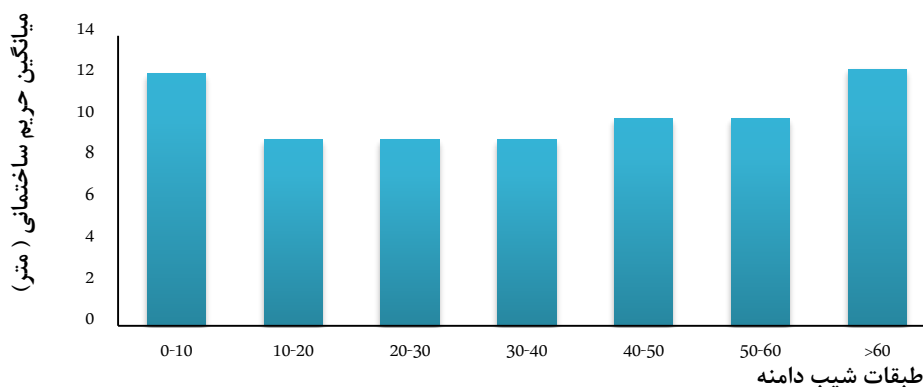
شکل ۶- میانگین شیب دیواره خاک‌ریزی



شکل ۷- میانگین شیب عرضی سواره‌رو



شکل ۸- میانگین عرض سواره‌رو جاده



شکل ۹- میانگین حریم ساختمانی جاده

مقایسه آمار تحلیلی عرض سواره‌رو و حریم ساختمانی جاده در طبقات مختلف شیب با مقادیر استاندارد جدول ۳ و جدول ۴ به ترتیب نشان می‌دهد که میانگین عرض سواره‌رو و حریم ساختمانی جاده به ترتیب برابر با (۲/۸۷ و ۱۱/۶۵ متر) از مقادیر استاندارد به ترتیب بیشتر و کمتر و در سطح ۹۹٪ معنی‌دار می‌باشند. میانگین آنها با مقادیر استاندارد (۲/۷۵ و ۱۲/۵ متر) مطابقت ندارند.

جدول ۳- مقایسه میانگین عرض سواره‌رو جاده با مقادیر استاندارد

متغیر	تعداد	میانگین	نمره هنجار	مقدار T	درجه آزادی	سطح معناداری
عرض جاده	۷۷	۲/۸۷	۲/۷۵	۲/۹۱	۷۶	۰/۰۰۵

جدول ۴- مقایسه میانگین اندازه حریم ساختمانی جاده با مقادیر استاندارد

متغیر	تعداد	میانگین	نمره هنجار	مقدار T	درجه آزادی	سطح معناداری
حریم ساختمانی جاده	۷۷	۱۱/۶۵	۱۲/۵	-۷/۷۶	۷۶	۰/۰۰

## همبستگی مشخصات هندسی جاده مورد مطالعه

مقدار همبستگی بین هر جفت متغیر با استفاده از روش پیرسون تخمین زده شد که به منظور همبستگی بین متغیرهای پژوهش به صورت دو به دو بررسی گردید (جدول ۵).

جدول ۵ - ضرایب همبستگی بین طبقات شیب دامنه و مشخصات هندسی جاده

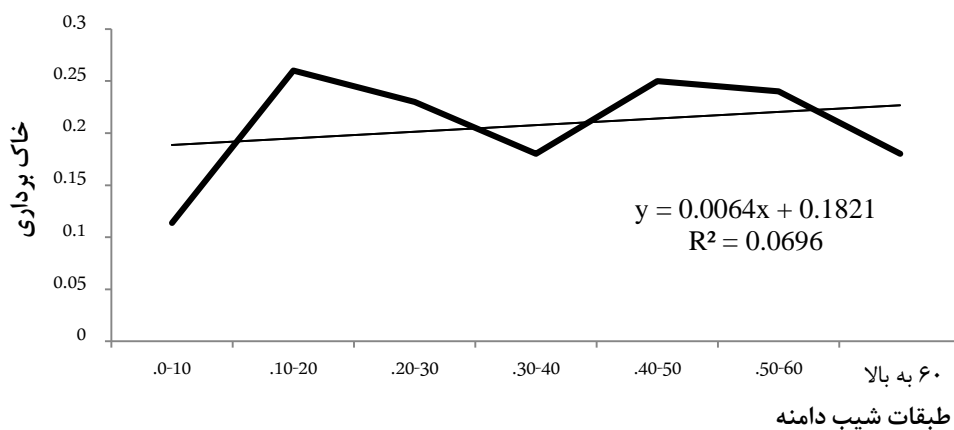
مولفه ها	شیب طبقات دامنه	شیب دیواره خاک برداری	شیب دیواره خاکریزی	شیب عرضی سواره رو	عرض سواره رو	حریم ساختمانی جاده
شیب طبقات دامنه	همبستگی پیرسون	۰/۱۹۲	۰/۱۷۶	-۰/۵۱۵	-۰/۷۸۱	۰/۱۹۲
	سطح معنی داری	۰/۶۸۰	۰/۷۰۶	۰/۲۳۶	۰/۰۳۸	۰/۶۸۰
	تعداد	۷	۷	۷	۷	۷
شیب دیواره خاکبرداری	همبستگی پیرسون	۱	-۰/۸۸۰	-۰/۷۳۶	۰/۴۱۱	۱
	سطح معنی داری		۰/۰۰۹	۰/۰۵۹	۰/۳۵۹	۰/۰۰
	تعداد		۷	۷	۷	۷
شیب دیواره خاکریزی	همبستگی پیرسون		۱	۰/۵۵۰	-۰/۶۷۰	-۰/۸۸۰
	سطح معنی داری			۰/۲۰۱	۰/۰۹۹	۰/۰۰۹
	تعداد			۷	۷	۷
شیب عرضی سواره رو	همبستگی پیرسون			۱	-۰/۰۵۹	-۰/۷۳۹
	سطح معنی داری				۰/۹۱۵	۰/۰۵۹
	تعداد				۷	۷
عرض سواره رو	همبستگی پیرسون				۱	۰/۴۱۱
	سطح معنی داری					۰/۳۵۹
	تعداد					۷
حریم ساختمانی جاده	همبستگی پیرسون					۱
	سطح معنی داری					
	تعداد					

\* معنی داری در سطح ۰/۰۵

\*\* معنی داری در سطح ۰/۰۱

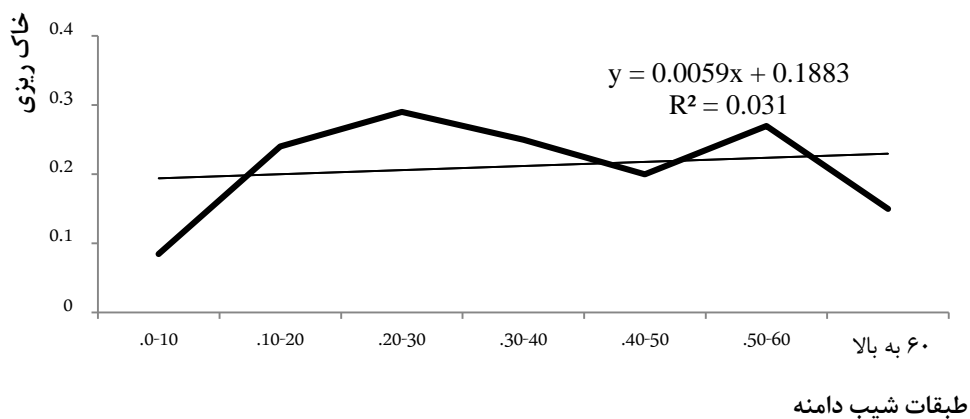
## رابطه بین طبقات شیب دامنه و مشخصات هندسی جاده

بین طبقات شیب دامنه و عرض سواره رو جاده رابطه معنی داری وجود دارد. در حالی بین متغیرهای مستقل شیب دیواره‌ها (شکل ۱۱ و ۱۲)، عرض سواره رو (شکل ۱۳ و ۱۴) و حریم ساختمانی جاده (شکل ۱۵) با متغیر وابسته شیب دامنه رابطه معنی داری وجود ندارد.

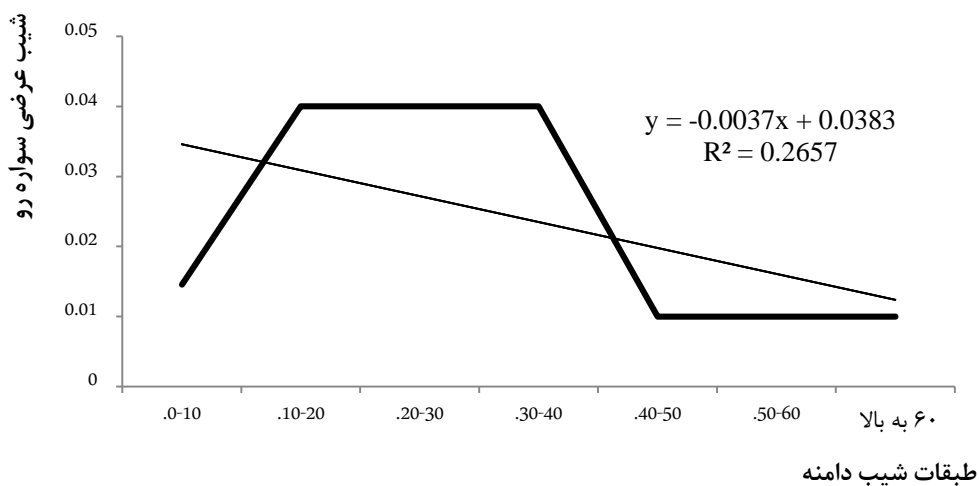


شکل ۱۰- همبستگی بین طبقات شیب دامنه و شیب دیواره خاک برداری

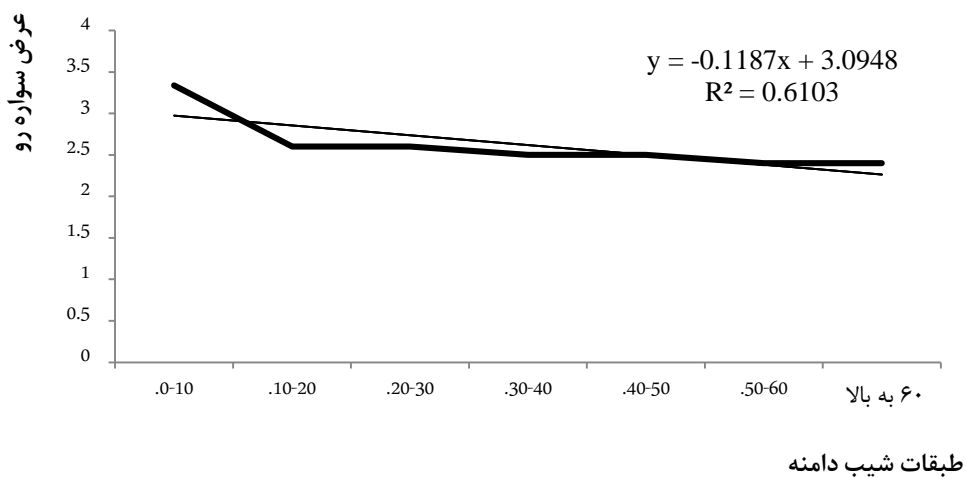




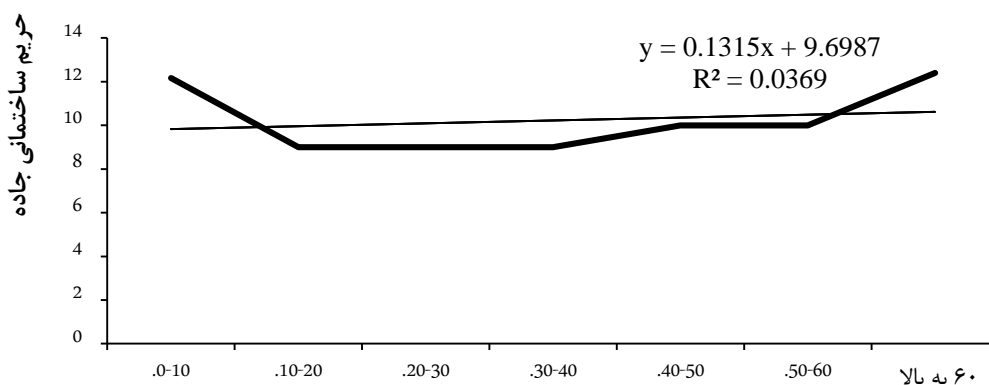
شکل ۱۱- همبستگی بین طبقات شیب دامنه و شیب دیواره خاکریزی



شکل ۱۲- همبستگی بین طبقات شیب دامنه و شیب عرضی سواره رو



شکل ۱۳- همبستگی بین طبقات شیب دامنه و عرض سواره رو



طبقات شیب دامنه

شکل ۱۴- همبستگی بین طبقات شیب دامنه و حریم ساختمانی جاده

### بافت خاک در طبقات شیب دامنه

با توجه به برداشت نمونه خاک، جهت بررسی و مشخص شدن بافت خاک در طبقات مختلف شیب دامنه منطقه مورد مطالعه و آزمایش‌های صورت گرفته بر روی نمونه‌های خاک و ترسیم نمودار دانه‌بندی از تمام نمونه‌ها در طبقات مختلف شیب دامنه، نتایج نشان داد که بافت خاک منطقه مورد مطالعه لای و رس می‌باشد (جدول ۶).

جدول ۶- بافت خاک

رس	لای	ماسه	شن	طبقه شیب (درصد)
۳۰	۴۷	۱۵	۸	۰-۱۰
۲۵	۴۵	۲۰	۱۰	۱۰-۲۰
۲۲	۴۳	۲۲	۱۳	۲۰-۳۰
۲۰	۴۰	۲۷	۱۳	۳۰-۴۰
۱۵	۴۰	۳۰	۱۵	۴۰-۵۰
۱۳	۳۹	۳۵	۱۳	۵۰-۶۰
۱۳	۳۹	۳۵	۱۴	>۶۰

### بحث و نتیجه‌گیری

وضعیت عبور جاده در روی نقشه‌های توپوگرافی، شیب، زمین‌شناسی و خاک‌شناسی مورد بررسی قرار گرفت. نقشه شیب از اساسی‌ترین نقشه‌ها جهت تصمیم‌گیری در طراحی و ساخت جاده‌های جنگلی می‌باشد. جاده موجود از هفت طبقه شیب عبور نموده است که بیشترین درصد عبوری آن از در طبقات شیب دامنه ۰-۱۰ تا ۳۰-۴۰ درصد می‌باشد و کمترین درصد عبوری جاده از شیب دامنه بیشتر از ۶۰ درصد که با توجه به مقادیر استاندارد طراحی جاده در نشریه‌های ۱۳۱ و ۱۶۱ قابل قبول می‌باشد. این مساله خود می‌تواند کمک موثری جهت جلوگیری از عوامل مهم تخریب محیط زیستی و کاهش هزینه‌ها را در پی داشته باشد (جدول ۲ و شکل ۳). زمین‌شناسی مسیر جاده جنگلی از نظر پایداری، استحکام، احتمال لغزش، حرکت‌های توده‌ای و نشست لایه‌های بستری که جاده بر روی آن قرار می‌گیرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. نتایج حاصل از نقشه‌های ساختار زمین‌شناسی نشان داد که بیشترین مسیر عبوری جاده از مناطقی با مواد سنگ آهک است. به دلیل بهره‌برداری از جاده‌های ساخته شده و تردد در فصول مختلف سال، جهت جلوگیری از ایجاد ناپایداری در لایه‌های زیرین ساختمان جاده با منشا آهکی باید پس از بازدیدهای ماهانه عملیات نگهداری جاده انجام شود (شکل ۴). ارزیابی و بررسی ویژگی‌های خاک نقش بارزی در تشخیص قابلیت زمین به‌عنوان زیربنای جاده‌سازی ایفا می‌کند و برای کاهش هزینه‌های ساخت و نگهداری جاده لازم است شبکه جاده از مناطق با ثبات و دارای خاک نسبتاً پایدار عبور کند. با توجه به وجود مارن در منطقه مورد مطالعه که از خصوصیات مهم

آن حساس بودن به مساله لغزش می‌باشد، باید در ادامه طراحی، ساخت، نگهداری و مرمت جاده در منطقه مورد مطالعه دقت بیشتری به عمل آورد.

با توجه به اینکه شیب دیواره‌های خاک‌برداری و خاک‌ریزی تعادل و ثبات طبیعی دامنه را به هم می‌زنند، چنانچه از نظر فنی به‌طور صحیح و از نظر تعادل طبیعی به فرم قابل قبولی ساخته نشوند و پایداری آنها مد نظر قرار نگیرد، می‌تواند باعث خرابی و بی‌نظمی در ساختمان و تعادل جاده و طبیعت شوند. در تحقیق حاضر با توجه به نتایج به‌دست آمده، زاویه شیروانی‌ها کمتر از مقادیر استاندارد می‌باشد و این امر باعث افزایش میزان حجم خاک‌برداری و خاک‌ریزی و در نهایت باعث افزایش هزینه‌های ساخت جاده می‌شود لازم به ذکر است که در بسیاری از موارد به منظور کم کردن هزینه‌ها در زمان ساخت، توجهی به مقادیر استاندارد نشده است که این عامل باعث هزینه‌های سنگین در زمان تعمیر و نگهداری جاده خواهد شد. این مسئله در مطالعات حسینی و همکاران (۱۳۹۴) و Fidelus و همکاران (۲۰۱۷) و Li و همکاران (۲۰۰۵) نیز مطرح شده است.

شیب عرضی سواره‌رو مطابق با مقادیر استاندارد (نشریه ۱۶۱) می‌باشد. در طبقات شیب دامنه پایین‌تر از ۴۰٪، شیب عرضی سواره‌رو به سمت حداقل یعنی ۲٪ و در دیگر طبقات شیب دامنه به سمت حداکثر استاندارد یعنی ۵٪ است و با توجه به وجود بخش اعظمی از طول جاده (حدود ۷۰ درصد طول جاده) در این طبقات شیب، به‌نظر می‌رسد شیب عرضی کم، باعث افزایش تخریب سطح سواره‌رو جاده و کاهش سرعت تخلیه آب از سطح جاده شود به‌طور کلی می‌تواند میزان رواناب را در سطح وسیعی از جاده هموار سازد و به مرور زمان با توجه به نداشتن جوی کناری مسیر جهت جریان آب را به‌صورت نامنظم به هرسو در پی داشته باشد (شکل ۷). نتایج به دست آمده در این تحقیق با یافته‌های مطالعه طالبی و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد. عرض سواره‌رو در همه طبقات شیب دامنه روند کاهشی داشته به‌طوری‌که در طبقه شیب کمتر از ۱۰٪ برابر مقادیر استاندارد و در دیگر طبقات شیب دامنه عرض سواره‌رو، کمتر از مقادیر استاندارد است، کاهش عرض سواره‌رو با بالا رفتن شیب طبقات دامنه باعث اختلال در تردد وسایل نقلیه خواهد شد و ایجاد خطر احتمالی تصادف را برای وسایط نقلیه بهره‌برداران از جاده به همراه خواهد داشت (شکل ۹). همچنین نتایج نشان داد که میانگین عرض سواره‌رو در طبقات شیب ۲۰-۱۰، ۵۰-۴۰، ۶۰-۵۰ و بالای ۶۰ درصد کمتر از مقدار استاندارد و در سطح یک درصد معنی‌دار و در دیگر طبقات شیب دامنه فاقد معنی‌داری است (جدول ۳). این نتایج با نتایج مطالعه طالبی و همکاران (۲۰۱۵) تطابق دارد. با توجه به اینکه حریم ساختمانی جاده از نکات مهم و اساسی و اقدام ضروری در طراحی و ساخت جاده می‌باشد باید از نظر مقادیر استاندارد مورد توجه ویژه قرار گیرد. زیرا کمتر در نظر گرفتن عرض آن باعث غیر استاندارد بودن دیگر مشخصات هندسی جاده در هنگام ساخت می‌شود که افزایش خسارت‌ها و هزینه‌ها را در آینده به دنبال خواهد داشت و زیاد بودن عرض حریم ساختمانی جاده افزایش تخریب محیط زیستی را به همراه دارد. در جاده مورد مطالعه حریم ساختمانی جاده در همه طبقات شیب دامنه کمتر از مقادیر استاندارد است و در همه طبقات شیب دامنه نسبت به مقادیر استاندارد تفاوت معنی‌دار می‌باشد ( $P < 0.05$ ) (جدول ۴) نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق Graike (۲۰۰۶) و طالبی و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد. به‌طور کلی می‌توان در مورد میزان انحراف مشخصات هندسی جاده نسبت به مقادیر استاندارد چنین بیان کرد که بیشترین میزان انحراف در طبقات شیب دامنه ۰-۱۰ و بالای ۶۰ درصد می‌باشد، که این امر بیانگر عدم توجه به مسایل زیست محیطی و مقادیر استاندارد ساخت و طراحی جاده است.

همبستگی بین متغیرهای شیب دامنه و شیب دیواره خاک‌برداری و خاک‌ریزی مثبت می‌باشد. همچنین با بالا رفتن طبقات شیب دامنه نیز شیب دیواره‌ها افزایش می‌یابد، اما ضریب همبستگی آنها ضعیف می‌باشد و نشان دهنده این است که در هنگام ساخت، تناسب شیب دامنه با عملیات خاک‌برداری و خاک‌ریزی رعایت نشده است که این امر باعث افزایش هزینه‌ها و خطرات احتمالی برای استفاده‌کنندگان از جاده‌های جنگلی مورد مطالعه می‌شود. به‌طور کلی رابطه معنی‌داری بین طبقات شیب دامنه و شیب دیواره خاک‌برداری و خاک‌ریزی وجود ندارد (جدول ۵ و شکل ۱۰ و ۱۱).

با توجه به اینکه ضریب همبستگی بین طبقات شیب دامنه و شیب عرضی سواره‌رو منفی می‌باشد و همچنین با افزایش طبقات شیب دامنه شیب عرضی سواره‌رو کاهش می‌یابد، با توجه به عدم معنی‌داری همبستگی طبقات شیب دامنه با شیب عرضی سواره‌رو (شکل ۱۳) تاثیر اهمیت این مشخصه در علت تخریب سطح جاده و شرایط تردد قابل تامل و بحث می‌باشد. می‌توان به این نتیجه دست یافت که کاهش شیب عرضی سواره‌رو منجر به خسارت‌هایی همچون کند شدن سرعت خروج آب از جاده و همچنین شسته شدن مواد ریز دانه خاک و مهم‌تر از آن ایجاد چاله بر روی جاده می‌شود. بنابراین در این‌گونه جاده‌ها که شیب عرضی آنها به طرف دره و فاقد جوی کناری می‌باشند به‌طور اساسی باید مورد توجه قرار گیرد.

همبستگی بین عرض سواره‌رو و طبقات شیب دامنه، منفی می‌باشد. یعنی با افزایش طبقات شیب دامنه، عرض سواره‌رو کاهش می‌یابد که باعث اختلال در تردد وسایل نقلیه خواهد شد و ایجاد ریسک احتمالی برای استفاده‌کنندگان از جاده را به همراه دارد.

ضریب همبستگی بین حریم ساختمانی جاده و طبقات شیب دامنه مثبت می‌باشد. این مشخصه از جاده مورد مطالعه ضمن مطابقت با مقادیر استاندارد فاقد رابطه معنی‌دار با شیب دامنه می‌باشد. به نظر می‌رسد طراح در زمان طراحی به اهمیت تاثیر شیب دامنه در اندازه حریم توجه نداشته است (جدول ۵، شکل ۹ و ۱۴).

به‌طور کلی رعایت حداقل استاندارد ۲ درصد شیب طولی در حدود ۷۰ درصد از طول جاده مورد مطالعه باعث افزایش طول مسیر به منظور طی ارتفاع و دسترسی به نقاط گردشگری شده است که این امر با توجه به افزایش طول مسیر؛ به افزایش تخریب در طبیعت منجر شده است. در ارتباط با مشخصات عرضی جاده رابطه بین عرض سواره‌رو و عرض حریم ساختمانی نشان داد که در زمان طراحی و ساخت به دلیل عدم رعایت مقادیر استاندارد با توجه به همبستگی معنی‌دار تغییرات شیب دامنه با دیواره‌های خاک‌برداری و خاک‌ریزی، این امر باعث افزایش حریم ساختمانی جاده شده است و در نتیجه عدم رعایت مقدار استاندارد در شیب عرضی سواره‌رو هم می‌تواند به تخریب سطح جاده منجر شود. با توجه به اینکه جنگل‌های زاگرس وسعت بالایی از سطح جنگل‌های کشور را در بر می‌گیرند و هم‌چنین نقش اساسی در ذخیره آب و جلوگیری از فرسایش خاک را دارند، از سوی دیگر منطقه مورد مطالعه یک منطقه حفاظت شده است و دارای جاذبه‌های گردشگری، آثار باستانی و مکان‌های تفریحی و تفریحی و جاذبه‌های طبیعی خاص می‌باشد، باید جهت دسترسی عمومی و خدمات ارایه شده در تمام زمینه‌ها مورد توجه و حفاظت قرار گیرد که جاده رکن اساسی و زیر بنای تمام خدمات را جهت رفاه عمومی فراهم می‌کند. بنابراین رعایت استانداردهای جاده سازی ضرورت اجتناب ناپذیر در این منطقه است که در شرایط کنونی با آن فاصله زیادی دارد.

در راستای نتایج به دست آمده جهت تعدیل مشکلات و محدودیت‌های تفرجگاه تنگ سولک و بهبود شرایط موجود، پیشنهاد می‌شود طراحی و اجرای عملیات جاده‌سازی در جنگل‌های زاگرس توسط کارشناسان و متخصصان جنگل انجام پذیرد و ایجاد پایگاه اطلاعاتی مربوط به مشخصات و موقعیت جاده‌ها و مسیرهای طراحی و ساخته شده یک ضرورت است.

## منابع

- حسینی، سید عطااله. جلالیان، فاطمه السادات. ۱۳۹۳. مقایسه عملیات خاکی، تغییرات حجم برداشت و هزینه جاده جنگلی با شرایط استاندارد ساخت (مطالعه موردی: سری ارزفون. پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل. ۱۳۰-۱۱۳: (۳) ۲۱.
- حسینی، سید عطااله. مقدسی، پریسا. گرگندی پور، محسن. ۱۳۹۴. مقایسه شبکه جاده موجود و طراحی شده براساس روش باکموند. نهمین کنفرانس روز جهانی محیط زیست، ۱۲-۱۱ اردیبهشت، تهران، ایران.
- زند بصیری، مهدی. سوسنی، جواد. پوره‌اشمی، مهدی. ارزیابی شدت بحران زوال در جنگل‌های استان کهگیلویه و بویراحمد (منطقه مورد مطالعه: تنگ سولک). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ۶۷۴-۶۶۵: (۴) ۲۴.
- طالبی، منیژه. مجنونیان، باریس. عبدی، احسان. الهیان، محمدرضی. ۱۳۹۴. بررسی کمی و کیفی استانداردهای ساخت جاده‌های جنگلی ارسباران. پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل. ۱۹-۳۴: (۲۲) ۲.
- قاسمی آقباش، فرهاد. عبدی، عزیزعلی. حیدری، مهدی. ۱۳۹۷. بررسی اثرات جاده‌های جنگلی بر زیست بوم‌های جنگلی بلوط ایرانی از نظر تنوع گیاهی زیرآشکوب و ویژگی‌های فیزیوشیمیایی خاک. حفاظت زیست بوم گیاهان. ۷۶-۶۰: (۶) ۱۲.
- مصطفی، محسن. رافت نیا، نصرت‌الله. شتایی، شعبان. غضنفری، هدایت. ۱۳۹۲. مقایسه مشخصه‌های فنی و هندسی شبکه جاده‌های طرح جنگلداری چند منظوره آرمده بانه با دستورالعمل‌های موجود. بوم‌شناسی جنگل‌های ایران. ۸۸-۹۹: (۱) ۱.
- Booklet 131, (2005). Guide line of designing, implementing and exploiting forest paths. Publications of the Planning and Budget Organization. 170 pp
- Booklet 148, (2001). Instructions for preparing forests for forest roads. Publications of the Planning and Budget Organization. 200 pp
- Booklet 161, (1996). Geometric Design Regulations. Publications of the y Planning and Budget Organization. 379 pp (In Persian)
- Fidelus-Orzechowska, j. Strzyzowski, D. Zelazny, M. (2018). The geomorphic activity of forest roads and its dependence in the Tatra Mountains. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography* 100 (1), 59-74
- Graike G. (2006). Road Maintenance costs and funding. Ecology and Economics. Research Department. 8 pp
- Li, S. Yue, Z.Q. Tham, L.G. Lee, C.F. and Yan, S. (2005). Slope failure in under consolidated soft soils during the development of a port in Tjanjin, china. *NRC Canada*, 42: 166-183.
- Salehi Zaniani, M. Jozy, F. (2014). The Importance of Sustainable Forest Management in Zagros Forests. Second National Student Conference on Forest Sciences. Page 52-43.