

## تأثیر سایه‌اندازی درختان بر برخی شاخص‌های تخریب روسازی جاده جنگلی

اسماعیل قجر<sup>۱\*</sup>، آیت پورامام<sup>۲</sup>، رامین نقدی<sup>۳</sup> و مهرداد نیکوی<sup>۴</sup>

\*۱- نویسنده مسئول، استادیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. پست الکترونیک: i.ghajar@guilan.ac.ir

۲- کارشناس ارشد جنگل‌داری، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

۳- استاد، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

۴- دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۲

### چکیده

پژوهش پیش‌رو به بررسی اثرات سایه‌اندازی درختان بر برخی شاخص‌های تخریب روسازی جاده جنگلی پرداخته است. نمونه‌برداری به روش انتخابی و در سه ارتفاع مختلف در حوضه ۱۰ چفرد استان گیلان انجام شد. برآورد تخریب روسازی براساس اندازه‌گیری شاخص‌های مقطع عرضی نامناسب، زهکشی کنارجاده‌ای نامناسب، کنگره‌ای شدن، تولید گردوغبار، اندازه چاله‌ها و شیارها و سستی توده خاک بود. با پیمایش جاده، واحدهایی با سایه‌اندازی درختان بیشتر از ۵۰ درصد (سایه) انتخاب شد. سپس به مرکزیت سایه، یک قطعه‌نمونه با طول ۳۰ متر و به عرض جاده برداشت شد. کنار هر قطعه‌نمونه سایه، در قسمت کاملاً روباز جاده، قطعه‌نمونه‌ای با ابعاد مشابه برداشت شد. دوازده متغیر تخریب میان قطعه‌نمونه‌های سایه و غیرسایه مقایسه شدند. نتایج مقایسه‌های آماری در پایین‌بند نشان داد که تخریب در مقطع عرضی نامناسب، تعداد و مساحت چاله‌ها در قسمت سایه به‌طور معنی‌داری بیشتر از قطعه‌نمونه‌های غیرسایه بود، در حالی که اختلاف معنی‌داری برای متغیرهای دیگر مشاهده نشد. متغیرهای مورد بررسی در بخش میان‌بند در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. در بخش بالا‌بند، مقدار شاخص‌های تخریب مقطع عرضی نامناسب، مساحت شیار و سستی توده خاک در قطعه‌نمونه‌های سایه با اطمینان ۹۵ درصد بیشتر از قطعه‌نمونه‌های غیرسایه بود. نتایج این پژوهش نشان داد که حدود نیمی از شاخص‌های مورد بررسی، تفاوت معنی‌داری بین مناطق سایه و غیرسایه داشتند، اما متغیر تردد در روند کاهش یا افزایشی در مقدار اثر سایه بر کیفیت روسازی جاده مؤثر نبود.

واژه‌های کلیدی: پایش، تعمیر، سایه، نگهداری.

### مقدمه

ممنوعیت بهره‌برداری تجاری از جنگل‌ها و نیز عدم تخصیص بودجه‌های بیرون از سازمان برای انواع مخارج حفاظت و تأسیسات برجای مانده، موجب شده که تعمیر و نگهداری جاده‌های جنگلی به‌خصوص جاده‌های درجه‌یک به چالشی بزرگ برای شرکت‌های مسئول تبدیل شود. بنابراین، به‌منظور مدیریت هزینه‌های نگهداری جاده،

وجود جاده‌های جنگلی از جمله مؤلفه‌های مهم برای حفاظت و احیاء جنگل‌ها و اجرای طرح‌های جنگل‌داری است که بدون وجود آن‌ها، تحقق اهداف مدیریتی ممکن نخواهد بود. رویکرد اخیر سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور مبنی بر توقف طرح‌های جنگل‌داری،

تحت تأثیر شرایط گوناگون اقلیمی قرار دارند، احتمال تخریب آن‌ها بسیار زیاد است، بنابراین برای حفظ عملکرد پایدار شبکه جاده جنگلی و سرمایه اولیه‌ای که صرف ساخت آن شده است، باید به امر نظارت و نگهداری منظم این جاده‌ها توجه ویژه داشت.

آب را می‌توان مهم‌ترین عامل تخریب‌کننده جاده دانست (Majnounian *et al.*, 2010). اگرچه تاج‌پوشش مترکم، سطح جاده را از نزولات جوی حفظ می‌کند، اما در بارندگی‌های زیاد و هنگامی که آب‌ریایی درختان کم می‌شود، زوال جاده افزایش می‌یابد (Heidari *et al.*, 2018). از سوی دیگر، در تاج‌پوشش‌های مترکم، نوری که به سطح جاده می‌رسد، کاهش می‌یابد و سطح جاده مرطوب باقی می‌ماند، بنابراین تخریب اتفاق می‌افتد. درصد تاج‌پوششی که سطح روسازی جاده را می‌پوشاند، یک متغیر مهم در ایجاد خطر چاله و برآمدگی در جاده است که تأثیر معنی‌داری در زوال روسازی جاده جنگلی دارد (Eskioglu, 2003). براساس پژوهش‌های گذشته (Heidari *et al.*, 2018)، مقدار تخریب روسازی جاده بسته به شیب، نوع مصالح روسازی، تردد، موقعیت (روی پیچ و قوس یا غیراز آن) و مقدار دریافت نور خورشید متفاوت است. اگرچه این تفاوت‌ها در جاده‌های با شرایط متفاوت از نظر معیارهای فوق مورد انتظار است، اما بررسی کمی و کیفی اندازه تخریب روسازی در ارتباط با تاج‌پوشش درختان و سایه‌اندازی آن‌ها روی سطح جاده می‌تواند تأثیر قطع درختان حریم جاده را به مدیران نشان دهد. متغیرهای وضعیت روسازی در واقع انواع خسارت‌هایی هستند که در اثر تردد، سن و عوامل محیطی ایجاد می‌شوند. به‌طور کیفی می‌توان ترکیب اثرات خسارات، بار ترافیکی، سن، عوامل محیطی و زوال روسازی را به‌عنوان زبری (Roughness) گزارش کرد (Nawaiseh, 2002). نوع، اندازه و شدت خسارتی که در یک بخش از جاده اتفاق می‌افتد، به‌عنوان شاخصی از کیفیت عملکرد جاده برای حمل‌ونقل کالاها و افراد استفاده می‌شود.

امروزه روش‌ها و استانداردهای متعددی برای ارزیابی

پژوهش در زمینه کمیت و کیفیت تخریب روسازی امری ضروری است. نتایج چنین پژوهش‌هایی می‌تواند موجب هدایت برنامه‌ریزی‌های مدیریتی شود.

نسبت جاده‌های شوسه به کل جاده‌ها در ایالات متحده حدود ۵۳ درصد است (Skorseth & Selim, 2000). این نسبت در کشورهای درحال توسعه و توسعه‌نیافته‌ای که جاده شوسه، وسیله اصلی دسترسی جوامع روستایی به آموزش، درمان، خدمات و بازار محسوب می‌شود، بیشتر است (Mishra, 2012). در حوضه‌های آبخیز شمال ایران، جاده‌های جنگلی درجه‌یک این نقش را ایفا می‌کنند. اگرچه آماری به‌روز و دقیق از طول کل جاده‌های درجه‌یک موجود در حوضه‌های آبخیز شمال کشور وجود ندارد، اما این جاده‌ها، بخش بزرگی از شبکه جاده در شمال کشور را تشکیل می‌دهند. به‌طور کلی، این جاده‌ها کم‌تردد هستند که جوامع کوچک کشاورزی را به شهرها و بازارهای مجاور متصل می‌کنند و شاهد تغییرات ترافیک در فصل‌های مختلف نیز هستند. در کنار این استفاده عمومی، بخش عمده جاده‌های درجه‌یک در حوضه‌های جنگلی شمال کشور طی پنجاه سال گذشته برای حمل‌ونقل فرآورده‌های چوبی نیز استفاده شده‌اند. تعمیر و نگهداری جاده‌های جنگلی، یکی از پرهزینه‌ترین اقدامات پس از ساخت جاده در طرح‌های جنگل‌داری است. در مقایسه با جاده‌های آسفالتی، جاده‌های جنگلی به‌دفعات بیشتری دچار تخریب‌های جدی می‌شوند. این مسئله ضمن ناامن کردن تردد در این جاده‌ها موجب تحمیل هزینه‌های قابل توجه نگهداری نیز می‌شود (Jahren *et al.*, 2005; De Vries, 2012; White & Vennapusa, 2013).

بررسی علل آسیب‌دیدگی جاده‌های جنگلی شمال کشور نشان می‌دهد که عدم رعایت اصول فنی استاندارد در طراحی قوس‌ها، محورهای طولی و عرضی، اجرای لایه‌های زیراساس و اساس، مکان‌یابی و احداث ابنیه فنی و به فراموشی سپردن عملیات راهداری، نقش مؤثری در انهدام و از کاربری خارج شدن آن‌ها دارند (Parsakhoo *et al.*, 2009). از آنجاکه جاده‌های جنگلی در محیط طبیعی و

متحده ضمن حفظ منافع غیرمالی آن از برنامه‌ریزی ریاضی و دو مدل استفاده شد. در سوئد، اثر چرخ لاستیکی و دو نوع چرخ زنجیری بر تشکیل شیار و سهولت در رانندگی ماشین‌آلات جنگلی در حالت با بار و بدون بار بر برخی خاک‌های (و نه روی جاده) جنگلی توسط Bygdén و همکاران (۲۰۰۴) بررسی شد. در پژوهش Sebaaly و همکاران (۲۰۰۳)، تأثیر ماشین‌آلات مختلف کشاورزی بر جاده‌های با زیرساز رسی و لومی ارزیابی شد. این پژوهشگران، نحوه استفاده هر ماشین روی جاده را متناسب با اندازه بار مجاز یا غیرمجاز در فصل‌های مختلف سال پیشنهاد کردند. Salama (۲۰۰۵) اثر تنظیمات مختلف محورهای کامیون بر تخریب روسازی در جاده آسفالتی را بر مبنای معیارهای ترک خوردن، شیاری شدن و زبر شدن سطح روسازی بررسی کردند.

مرور پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که تأثیر کمی و کیفی سایه درختان حریم جاده بر شاخص‌های تخریب روسازی جاده‌های جنگلی مورد توجه قرار نگرفته است. مجموعه کاملی از شاخص‌ها در پژوهش پیش‌رو برای نخستین بار از یک استاندارد معتبر بین‌المللی استخراج شد و برای ارزیابی وضعیت روسازی جاده درجه یک جنگلی استفاده شد، بنابراین این پژوهش با هدف مقایسه آماری برخی شاخص‌های تخریب روسازی بین مناطق سایه و غیرسایه در جاده جنگلی درجه یک در حوضه ۱۰ چفرود از حوضه‌های آبخیز شمال ایران انجام شد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

پژوهش پیش‌رو در محور اصلی حوضه ۱۰ چفرود (جاده درجه یک جنگلی) از جنگل‌های تحت مدیریت اداره کل منابع طبیعی استان گیلان و در سه محور از سه دامنه ارتفاعی (پایین‌بند، میان‌بند و بالابند) انجام شد. بخش‌های مورد مطالعه به شکلی انتخاب شدند که به‌طور تقریبی، زمان برابر از آخرین عملیات روسازی توسط شرکت شفارود

وضعیت جاری جاده‌های شوسه در دسترس هستند. در ایران این استانداردها در بخش جنگل به‌شکل مدون شناسایی و استفاده نشده‌اند. به‌طور معمول این روش‌ها شامل ارزیابی‌های نظری در مورد محدوده و شدت عیب‌های جاده مانند سستی توده خاک، شیار، چاله‌ها، کنگره‌ای شدن و وضعیت زهکشی هستند. در خصوص بررسی زوال روسازی، Hosseini و Parsakhoo (۲۰۱۰) در حوضه ۷۱ تجن، ارتباط بین برخی مشخصات هندسی جاده جنگلی مانند شعاع قوس افقی، شیب ویژه، شیب طولی قوس و عرض بستر راه و برخی خسارت‌های وارده به روسازی از جمله مساحت و عمق رد چرخ (که در پژوهش پیش‌رو به‌عنوان شیار مطرح است) را بررسی کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که عمق شیار با کاهش شعاع قوس و نیز با افزایش شیب طولی افزایش می‌یابد. همچنین، Talebi و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی کمی و کیفی استانداردهای نیم‌رخ عرضی، آب‌روها و پل‌های جاده‌های جنگلی در حوضه کلیبرچای ارسباران، برخی اشکالات روسازی جاده از جمله وجود شیار، گالی، بیرون‌زدگی سنگی و چاله را به‌صورت کیفی ارزیابی کردند. با توجه به هدف آن پژوهش که بررسی در سطح شبکه بود، روش نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی - منظم در طول جاده مورد بررسی اجرا شد.

زمینه دیگر برای مطالعه وضعیت روسازی جاده، پیش‌بینی دقیق عملکرد روسازی است که برای سیستم مدیریت ساختار روسازی ضروری است. به‌طور معمول، فرآیند پیش‌بینی شامل طبقه‌بندی بخش‌های مختلف جاده به گروه‌های مشخص و سپس تولید منحنی‌ها یا مدل‌های پیش‌بینی برای هر گروه است. این پیش‌بینی عملکرد در طول زمان برای یافتن بهترین زمان و روش بازسازی (Tabatabaee et al., 2013) با استفاده از تکنیک‌های ماشین بردار پشتیبان (SVM) و شبکه عصبی بازگشتی انجام می‌شود. در نهایت، یک مدل پیش‌بینی عملکرد دقیق برای روسازی آسفالتی ارائه می‌شود. در پژوهش Coulter و همکاران (۲۰۰۶)، برای زمان‌بندی عملیات نگهداری و ارتقاء جاده جنگلی به‌طول ۲۲۵ کیلومتر در غرب ایالات

سطح شبکه مانند برنامه‌ریزی بودجه برای عملیات تعمیر و نگهداری است، بررسی تعدادی محدود از واحد نمونه (با شدت ۱۰ تا ۲۵ درصد) در هر بخش کافی است. در این حالت، قطعه‌نمونه‌ها می‌توانند به‌طور تصادفی و به‌طوری‌که نماینده کلی آن بخش از روسازی باشند، انتخاب شوند، اما اگر هدف، ارزیابی بخش‌های خاص روسازی برای توسعه پروژه یا ارزیابی‌های اقتصادی عملیات روسازی در آن بخش باشد، ممکن است که درجه زیادی از نمونه‌برداری برای یک بخش مورد نیاز باشد. در این صورت، نمونه‌ها براساس خطای مورد قبول برای نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی - منظم در طول جاده برداشت می‌شوند و طبق استاندارد PCI هر سه سال یک‌بار باید توسط بخش اجرا انجام شود (Eaton et al., 1988). با این حال، اگر اندازه دقیق شاخص‌های خرابی برای اهداف قراردادی تعیین شود، موقعیت هر واحد نمونه به‌صورت انتخابی بررسی می‌شود. ازجمله این اهداف، هدف پژوهش پیش‌رو است که به بررسی تأثیر سایه‌اندازی درختان بر کمیت و کیفیت روسازی جاده درجه یک جنگلی می‌پردازد. اولین گام در نمونه‌برداری، تعیین حداقل تعداد قطعه‌نمونه‌ها ( $n$ ) است که باید برای برآورد کافی از PCI بخش به‌دست آید. یک بازرسی در سطح شبکه می‌تواند با ارزیابی فقط چند واحد نمونه در هر بخش انجام شود. طبق استاندارد PCI تعداد قطعه‌نمونه‌های لازم برای بررسی در سطح شبکه، یک واحد به‌ازای هر پنج قطعه در بخش ( $N$ ) است. در صورتی‌که تعداد کل واحدها در بخش ( $N$ ) برابر با ۱۵ شود، آنگاه سه قطعه‌نمونه باید برداشت شود. وقتی  $N$  برابر ۱۶ تا ۴۰ باشد، مقدار  $n$  برابر چهار است و وقتی  $N$  بزرگ‌تر از ۴۰ باشد،  $n$  به‌اندازه ۱۰ درصد تعداد  $N$  با گردشدن به‌سمت بالا تعیین می‌شود. به‌عنوان مثال، اگر  $N=52$  باشد،  $n=6$  (گردشده از  $5/2$ ) قطعه‌نمونه خواهد بود (Shahin & Kohn, 1979). از آنجاکه هدف پژوهش پیش‌رو، بررسی کمیت و کیفیت تأثیر سایه‌اندازی درختان حاشیه مسیر بر شاخص‌های خرابی مطرح در استاندارد PCI بود، روش نمونه‌برداری به‌صورت انتخابی در نظر گرفته شد و شاخص‌های خرابی مورد

(سال ۹۳) در آن‌ها گذشته بود. به‌این‌ترتیب، اثر سن در نتایج حذف شد و اندازه‌گیری‌ها در سه سطح تردد در مسیر مورد مطالعه برداشت شدند. محور شماره یک، جاده شماره ۴۱ از سری دو چفرود بود که از مرز مشترک پارسل‌های ۲۰۳ و ۲۲۰ آغاز می‌شد و تا دوراهی پارسل ۱۱۵ ادامه می‌یافت. این محور در ارتفاع ۵۰۰ متر از سطح دریا قرار داشته و طول آن سه کیلومتر است. جاده شماره ۱۰۰ از سری دو چفرود به‌عنوان محور شماره دو انتخاب شد که از پارسل ۲۱۸ آغاز شده و تا پارسل ۲۲۸ به‌طول سه کیلومتر ادامه داشت. این محور در ارتفاع متوسط ۱۰۰۰ متری از سطح دریا واقع شده است. محور شماره سه در سری چهار حوضه چفرود قرار دارد که از پارسل ۴۰۲ آغاز شده و تا پارسل ۴۱۴ با ارتفاع متوسط ۱۴۰۰ متر از سطح دریا و به‌طول سه کیلومتر ادامه می‌یافت.

#### روش پژوهش

##### تقسیم روسازی به قطعه‌نمونه‌ها و روش نمونه‌برداری

یک واحد نمونه، قسمتی از یک بخش جاده است که فقط برای بازرسی از روسازی تعیین شده است (Shahin & Kohn, 1979). تقسیم یک شبکه جاده به شاخه‌های مختلف براساس محل‌های تقاطع یا انشعاب انجام شده و واحدهای نمونه از یک جهت آغاز و به‌سمت دیگر شماره‌گذاری می‌شوند. مساحت یک واحد نمونه در جاده‌های آسفالتی، شوسه، باند فرودگاه و پارکینگ‌ها باهم متفاوت است. در شاخص وضعیت روسازی (Pavement Condition Index) ارائه‌شده توسط ارتش ایالات متحده (Shahin & Kohn, 1979) برای محدود کردن منابع مورد نیاز برای بازرسی، یک برنامه نمونه‌برداری ارائه شده است (Eaton et al., 1988). بر این اساس، PCI به‌نسبت دقیقی را می‌توان با بررسی تعداد محدودی از واحدهای نمونه در بخش روسازی، تخمین زد. درجه مورد نیاز نمونه‌برداری به استفاده از روسازی بستگی دارد و اینکه آیا بررسی در سطح شبکه یا پروژه انجام می‌شود. اگر هدف، تصمیم‌گیری در

سیس، به مرکزیت سایه یک قطعه نمونه با طول ۳۰ متر و به عرض جاده برداشت شد (شکل ۱). متصل به این قطعه نمونه و در قسمت کاملاً روباز جاده، قطعه نمونه دیگری به طول ۳۰ متر برداشت شد. کلیه اندازه‌گیری‌ها در خردادماه و بین ساعت‌های ۱۱ صبح تا یک بعدازظهر که خورشید در حالت به تقریب عمود بر سطح جاده بود، انجام شد. بدین ترتیب، یک زوج قطعه نمونه به ازای هر سایه اندازه‌گیری برداشت شد. هدف از برداشت زوجی و متصل به هم قطعه نمونه‌ها در طول جاده، کاهش احتمال اثر مصالح متفاوت قطعه نمونه‌های سایه و غیرسایه بر تفاوت خرابی‌ها بود.

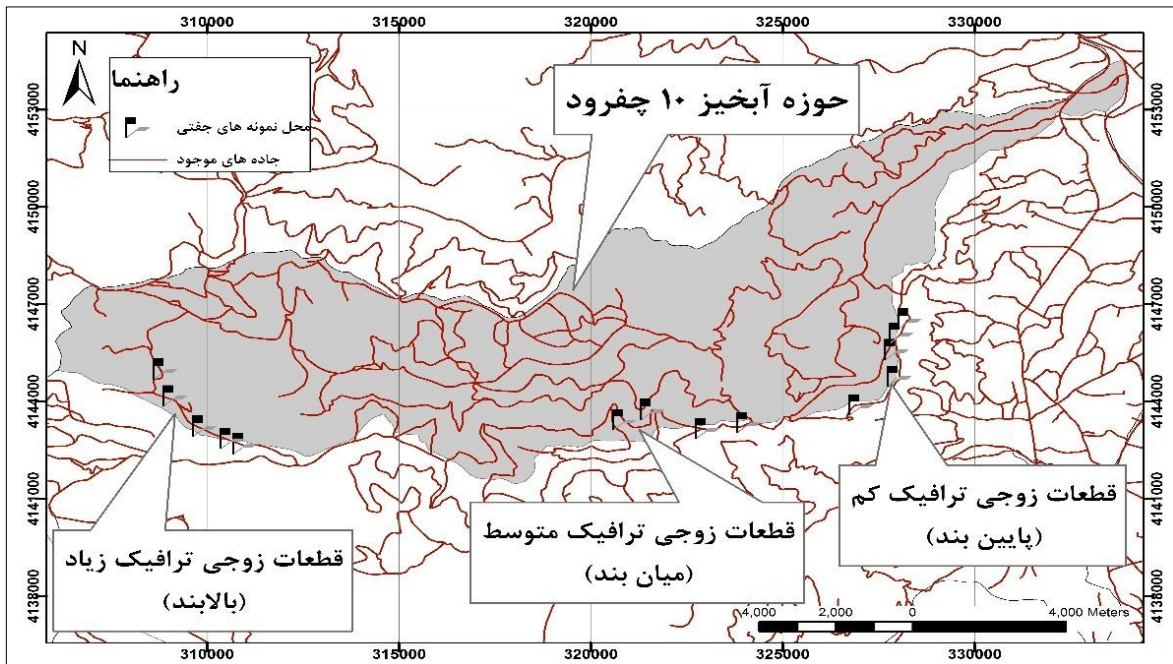
اندازه‌گیری همان بود که در استاندارد مطرح شده است. به این ترتیب که در ابتدا با استفاده از معیارهای مورد نظر در بخش بندی جاده‌ها، در طول جاده مورد بررسی و با در نظر گرفتن سه شدت ترافیکی، سه شاخه (بخش) به ترتیب در پایین‌بند، میان‌بند و بالابند انتخاب شد. سپس، هر شاخه به قطعه نمونه‌های ۳۰ متری تقسیم شد. با پیمایش جاده، واحدهایی که سایه‌اندازی درختان روی آن‌ها بیشتر از ۵۰ درصد (که به طور معمول طبق تجربه به صورت چشمی قابل تأیید است) بود، یعنی تصویر سایه درختان روی سطح جاده بیشتر از ۵۰ درصد سطح جاده را پوشانده بود، انتخاب شد.



شکل ۱- نمایی از یک واحد نمونه سایه در منطقه مورد مطالعه

درصد یافت شد، در هر یک از بخش‌های میان‌بند و پایین‌بند پنج زوج قطعه نمونه برداشت شد (شکل ۲).

طبق استاندارد PCI، با توجه به طول هر بخش، پنج قطعه نمونه در هر بخش برای این پژوهش کافی بود. به جز در بخش بالابند که فقط چهار مورد سایه‌اندازی بیشتر از ۵۰



شکل ۲- موقعیت قطعه‌نمونه‌ها در منطقه مورد مطالعه

ترافیک و کل قطعه‌نمونه‌های غیرسایه در آن‌ها انجام شد.

### نتایج

مقایسه قطعه‌نمونه‌های سایه با غیرسایه زوجی به تفکیک

شدت‌های ترافیکی سه‌گانه

ترافیک زیاد (شاخه پایین‌بند)

مقایسه‌های آماری قطعه‌نمونه‌های سایه با غیرسایه در پایین‌بند نشان داد که مقطع عرضی نامناسب، تعداد چاله‌ها و مساحت چاله‌ها در قسمت سایه به‌طور معنی‌داری (در سطح اطمینان ۹۵ درصد) حاکی از تخریب بیشتر نسبت به قطعه‌نمونه‌های غیرسایه بود، در حالی‌که برای متغیرهای دیگر، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

شاخص‌های خرابی اندازه‌گیری شده در هر قطعه‌نمونه

هفت نوع خرابی برای جاده‌های شوسه تعریف شده است: مقطع عرضی نامناسب، زهکشی کنارجاده‌ای نامناسب، کنگره‌ای شدن، گردوغبار، چاله‌ها، شیارها و سستی توده خاک. جدول ۱ فهرست متغیرهای مورد اندازه‌گیری متناسب با هفت نوع خرابی ذکر شده را که در هر قطعه‌نمونه برداشت شد، نشان می‌دهد.

تحلیل آماری داده‌ها

به‌منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات و کشف اندازه تفاوت‌ها یا عدم تفاوت‌ها و آزمون فرضیه، با توجه به نتایج آزمون نرمالیتی کولموگروف-سمیرنوف، مقایسه‌های آماری میان قطعه‌نمونه‌های سایه و غیرسایه زوجی به تفکیک طبقه‌های ترافیکی سه‌گانه و نیز بین کل قطعه‌نمونه‌های سایه در هر سه

جدول ۱- متغیرهای اندازه‌گیری شده در قطعه‌نمونه‌ها، نوع و شدت طبقات آنها

ردیف	متغیر	شدت‌ها و واحد اندازه‌گیری متغیر خرابی	نوع متغیر
۱	مقطع عرضی نامناسب	مناسب کم متوسط زیاد	رتبه‌ای
۲	زهکشی نامناسب کنار جاده‌ای	مناسب کم متوسط زیاد	رتبه‌ای
۳	کنگره‌ای شدن	بدون موج کم متوسط زیاد	رتبه‌ای
۴	گردوغبار	بدون گردوغبار کم متوسط زیاد	رتبه‌ای
۵	تعداد چاله‌ها	فراوانی	رتبه‌ای
۶	مساحت چاله‌ها	متر مربع	کمی
۷	عمق چاله‌ها	سانتی‌متر	کمی
۸	ظهور یا عدم ظهور شیار	بله خیر	اسمی
۹	عمق شیار	سانتی‌متر	کمی
۱۰	سستی توده خاک	مستحکم کم متوسط زیاد	رتبه‌ای
۱۱	مساحت شیار	متر مربع	کمی
۱۲	شیب جاده	درصد	کمی

جدول ۲- نتایج مقایسه آماری قطعه‌نمونه‌های سایه (گروه ۱) و غیرسایه (گروه ۲) در شدت ترافیک زیاد

ردیف	متغیر	میانۀ (یا میانگین) گروه ۱	میانۀ (یا میانگین) گروه ۲	نوع آزمون	آماره Z یا ضریب phi	معنی‌داری
۱	مقطع عرضی نامناسب	۳	۱	W	-۲/۰۷	۰/۰۳۸*
۲	زهکشی نامناسب کنار جاده	۲	۱	W	-۱	۰/۳۱۷
۳	کنگره‌ای شدن	۱	۱	W	۰	۱/۰۰۰
۴	غبار	۴	۴	W	-۱	۰/۳۱۷
۵	تعداد چاله‌ها	۴۹	۳	W	-۲/۰۳۲	۰/۰۴۲*
۶	مساحت چاله‌ها	۷/۳۹۶	۰/۹۹	W	-۲/۰۲۳	۰/۰۴۳*
۷	عمق چاله‌ها	۳/۲۷	۲/۵۷	W	-۱/۲۱۴	۰/۲۲۵
۸	ظهور یا عدم ظهور شیار	-	-	M	۱	۰/۱۲۵
۹	عمق شیار	۱/۸	۰	W	-۱/۸۲۶	۰/۰۶۸
۱۰	مساحت شیار	۱/۶	۰	W	-۱/۸۲۶	۰/۰۶۸
۱۱	سستی توده خاک	۱	۱	W	-۰/۴۴۷	۰/۶۵۵
۱۲	شیب طولی جاده	۴/۲	۶/۶	W	-۱/۴۸۳	۰/۱۳۸

\* اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ M: آزمون مک‌نمار (جدول توافقی)؛ W: آزمون ویلکاکسون

جدول ۳- نتایج مقایسه آماری قطعه‌نمونه‌های سایه (گروه ۱) با غیرسایه (گروه ۲) در شدت ترافیک متوسط

ردیف	متغیر	میانۀ (یا میانگین) گروه ۱	میانۀ (یا میانگین) گروه ۲	نوع آزمون	آماره Z یا ضریب phi	معنی‌داری
۱	مقطع عرضی نامناسب	۳/۵	۲	W	-۱/۸۹	۰/۰۵۹
۲	زهکشی نامناسب کنار جاده	۳/۵	۱/۵	W	-۱/۳۴۲	۰/۱۸
۳	کنگره‌ای شدن	۱	۱	W	۰	۱/۰۰۰
۴	غبار	۳	۴	W	-۱/۶۳۳	۰/۱۰۲
۵	تعداد چاله‌ها	۳۵	۴	W	-۱/۸۲۶	۰/۰۶۸
۶	مساحت چاله‌ها	۲/۷۲۲	۰/۷۰۴	W	-۱/۸۲۶	۰/۰۶۸
۷	عمق چاله‌ها	۳/۰۷	۲/۶۳	W	-۱/۰۹۵	۰/۲۷۳
۸	ظهور یا عدم ظهور شیار	-	-	M	۰/۶۳۲	۱/۰۰۰
۹	عمق شیار	۶/۵	۳/۲۵	W	-۱/۸۹	۰/۰۵۹
۱۰	مساحت شیار	۴	۲/۰۶	W	-۱/۴۶۱	۰/۱۴۴
۱۱	سستی توده خاک	۳	۲	W	-۱/۰۸۹	۰/۲۷۶
۱۲	شیب طولی جاده	۳/۷۵	۶/۲۵	W	-۱/۳۴۲	۰/۱۸

M: آزمون مک‌نمار (جدول توافقی)؛ W: آزمون ویلکاکسون



## ترافیک متوسط (شاخه میان‌بند)

آزمون ویلکاکسون نشان داد که هیچ‌کدام از متغیرهای مورد بررسی در سطح اطمینان ۹۵ درصد باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۳).

نتایج مقایسه آماری قطعه‌نمونه‌های سایه با غیرسایه در شدت ترافیک متوسط جاده مورد بررسی با استفاده از

جدول ۴- نتایج مقایسه آماری قطعه‌نمونه‌های سایه (گروه ۱) با غیرسایه (گروه ۲) در شدت ترافیک کم

ردیف	متغیر	میان‌ه (یا میانگین) گروه ۱	میان‌ه (یا میانگین) گروه ۲	نوع آزمون	آماره Z یا ضریب phi	معنی‌داری
۱	مقطع عرضی نامناسب	۴	۲	W	-۲/۰۴۱	۰/۰۴۱*
۲	زهکشی نامناسب کنار جاده	۴	۴	W	-۱	۰/۳۱۷
۳	کنگره‌ای شدن	۱	۱	W	۰	۱/۰۰۰
۴	غبار	۳	۴	W	-۲	۰/۰۴۶*
۵	تعداد چاله‌ها	۵	۳	W	-۱/۶۰۴	۰/۱۰۹
۶	مساحت چاله‌ها	۰/۳۶۴	۰/۲۲	W	-۰/۹۴۴	۰/۳۴۵
۷	عمق چاله‌ها	۲/۵	۱/۶۳	W	-۰/۷۳	۰/۴۶۵
۸	ظهور یا عدم ظهور شیار	-	-	M	۰/۶۳۲	۱/۰۰۰
۹	عمق شیار	۴/۶	۱/۶	W	-۱/۸۴۱	۰/۰۶۶
۱۰	مساحت شیار	۵/۱	۲/۷۵	W	-۲/۰۳۲	۰/۰۴۲*
۱۱	سستی توده خاک	۳	۱	W	-۲/۰۴۱	۰/۰۴۱*
۱۲	شیب طولی جاده	۴	۷	W	-۱/۸۹	۰/۰۵۹

\* اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ M: آزمون مک‌نمار (جدول توافقی)؛ W: آزمون ویلکاکسون

## ترافیک کم (شاخه بالابند)

شیار و شیب طولی جاده، توزیع نرمال داشتند، در حالی‌که توزیع غیرنرمال برای متغیرهای مساحت و عمق چاله‌ها مشاهده شد، بنابراین مقایسه متغیرهای نرمال با آزمون t- student مستقل، مقایسه متغیرهای غیرنرمال (مساحت و عمق چاله‌ها) و متغیرهای رتبه‌ای از طریق آزمون من- ویتنی یو و مقایسه متغیر حضور یا عدم حضور شیار که اسمی (صفر و یک) بود، با آزمون مربع کای انجام شدند.

نتایج مقایسه آماری میان کل قطعه‌نمونه‌های سایه با کل قطعه‌نمونه‌های غیرسایه در جاده مورد بررسی با استفاده از آزمون‌های آماری مربع کای (احتمال دقیق فیشر)، من- ویتنی یو و t مستقل نشان داد که متغیرهای مقطع عرضی نامناسب، گردوغبار، تعداد چاله‌ها، سستی توده خاک و

نتایج مقایسه‌های آماری قطعه‌نمونه‌های سایه با غیرسایه در بخش بالابند نشان داد که مقدار شاخص‌های تخریب مقطع عرضی نامناسب، مساحت شیار و سستی توده خاک در قطعه‌های سایه به‌طور معنی‌داری بیشتر از قطعه‌های غیرسایه بودند، در حالی‌که متغیرهای دیگر، اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۴).

نتایج مقایسه کل قطعه‌نمونه‌های سایه در هر سه شدت

ترافیک با کل قطعه‌نمونه‌های غیرسایه در آن‌ها

نتایج آزمون کولموگروف-سمیرنوف نشان داد که از میان متغیرهای کمی پیوسته مورد بررسی، مساحت و عمق

مستقل حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد بود، در حالی‌که برای متغیرهای دیگر، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵).

مساحت چاله‌ها در آزمون من-ویتنی یو باهم اختلاف معنی‌داری داشتند. همچنین، نتایج مقایسه متغیرهای عمق شیار، مساحت شیار و شیب طولی در آزمون آماری t

جدول ۵- نتایج مقایسه آماری کل قطعه‌نمونه‌های سایه (گروه ۱) با کل قطعه‌نمونه‌های غیرسایه (گروه ۲)

ردیف	متغیر	میان (یا میانگین) گروه ۱	میان (یا میانگین) گروه ۲	نوع آزمون	آماره z، t یا ضریب phi	معنی‌داری
۱	مقطع عرضی نامناسب	۳	۲	M	-۴/۶۵۷	۰/۰۰۰**
۲	زهکشی نامناسب کنار جاده	۳/۵	۲	M	-۰/۸۷۷	۰/۳۸
۳	کنگره‌ای شدن	۱	۱	M	۰	۱/۰۰۰
۴	غبار	۳	۴	M	-۲/۰۲۱	۰/۰۴۳*
۵	تعداد چاله‌ها	۲۹	۴	M	-۳/۲۲۳	۰/۰۰۱*
۶	مساحت چاله‌ها	۳/۵۴۹	۰/۶۳۳	M	-۲/۷۱۱	۰/۰۰۷**
۷	عمق چاله‌ها	۲/۹۴۳	۲/۲۵۶	M	-۱/۸۴۱	۰/۰۶۶
۸	ظهور یا عدم ظهور شیار	-	-	F	-۱	۰/۱۶۵
۹	عمق شیار	۴/۰۷۱	۱/۵	T	۳/۱۱	۰/۰۰۴**
۱۰	مساحت شیار	۳/۶۰۷	۱/۵۷۱	T	۲/۸۳۶	۰/۰۰۹**
۱۱	سستی توده خاک	۳	۱	M	-۲/۳۷	۰/۰۱۸*
۱۲	شیب طولی جاده	۴	۶/۶	T	-۳/۱۸۶	۰/۰۰۴**

\* اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد، \*\* اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد  
F: آزمون احتمال دقیق فیشر؛ M: آزمون من-ویتنی U؛ T: آزمون t مستقل

همچنین، نتیجه آزمون t برای مقایسه عمق شیار در دو گروه مورد بررسی حاکی از آن بود که این عمق در قطعه‌نمونه‌های سایه به‌طور معنی‌داری بیشتر از قطعه‌نمونه‌های غیرسایه بود. آزمون همگنی واریانس نیز نشان داد که واریانس‌های دو گروه همگن بودند ( $p=۰/۱۱۱$ ). نتیجه آزمون t برای مقایسه شیب قطعه‌نمونه‌ها در دو گروه مورد بررسی حاکی از آن بود که قطعه‌نمونه‌های غیرسایه به‌طور معنی‌داری شیب بیشتری نسبت به قطعه‌نمونه‌های سایه داشتند. بر اساس نتایج مربوط به آزمون همگنی واریانس، دو گروه مذکور، واریانس‌های همگن داشتند ( $p=۰/۳۶۶$ ).

نتیجه آزمون مربع کای نشان داد که رابطه معنی‌داری بین اندازه سایه‌اندازی درختان و ظهور یا عدم ظهور شیار در جاده مورد بررسی وجود نداشت. ضریب Phi (اندازه اثر) برای این مقایسه ۱- به‌دست آمد. این عدد براساس معیار Cohen (۱۹۸۸) (که در آن ۰/۱ اثر کوچک، ۰/۳ اثر متوسط و ۰/۵ برای اثرات بزرگ است)، نشان‌دهنده یک اثر متوسط از این عدم تفاوت معنی‌دار بود. نتیجه آزمون t برای مقایسه مساحت شیار در دو گروه مورد بررسی نیز نشان داد که این مساحت در قطعه‌نمونه‌های سایه به‌طور معنی‌داری بیشتر از قطعه‌نمونه‌های غیرسایه بود. آزمون همگنی واریانس نیز نشان داد که واریانس‌های دو گروه همگن بودند ( $p=۰/۶۸۲$ ).

## بحث

در پژوهش پیش‌رو هرچند وضعیت دانه‌بندی فعلی روسازی از طریق آزمایش‌های مختصری در طول جاده به‌دست آمد، اما نتایج نشان داد که کلیه بخش‌های ترافیکی جاده اعم از قطعه‌نمونه‌های سایه و غیرسایه، وضعیت دانه‌بندی نامناسبی داشتند. از آنجایی‌که آزمایش‌های مکانیک خاک آزمایشات پرهزینه‌ای هستند، برای بررسی وضعیت روسازی جاده به نتایج به‌دست آمده از برداشت‌های میدانی براساس روش PCI رجوع شد. همان‌طور که در جدول ۲ ارائه شد، در بخش پایین‌بند در سه متغیر از دوازده متغیر مورد بررسی، بین قطعه‌نمونه‌های سایه و غیرسایه تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و تخریب در بخش سایه به‌طور معنی‌داری بیشتر از بخش غیرسایه بود. مقطع عرضی نامناسب یکی از این متغیرها بود. وجود چاله‌های متعدد در قطعه‌نمونه‌های سایه نسبت به غیرسایه که خود متأثر از حضور بیشتر آب در سطح جاده در قطعه‌نمونه‌های سایه بود، موجب این اختلاف معنی‌دار شد. به‌همین دلیل، متغیرهای تعداد و مساحت چاله‌ها نیز تفاوت معنی‌داری را بین قطعه‌نمونه‌های مورد بررسی نشان دادند، در حالی‌که در بخش میان‌بند (جدول ۳) تفاوت معنی‌داری بین قطعه‌نمونه‌های سایه و غیرسایه در هیچ‌یک از متغیرهای مورد بررسی مشاهده نشد.

در بخش بالابند (جدول ۴)، در چهار متغیر مقطع عرضی نامناسب، تولید گردوغبار، مساحت شیار و سستی توده خاک بین قطعه‌نمونه‌های سایه و غیرسایه، تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشاهده شد. به‌جز تولید غبار که در بخش غیرسایه بیشتر از سایه بود، در موارد دیگر در بخش سایه تخریب بیشتری مشاهده شد. تولید بیشتر گردوغبار در بخش غیرسایه می‌تواند به دلیل خشک شدن سریع‌تر سطح جاده در این بخش باشد که از سویی شرایط را برای تولید گردوغبار بیشتر فراهم می‌کند و از سوی دیگر، این عامل فرصت لازم برای به‌هم‌خوردگی سطح روسازی، تولید شیار یا حرکت ذرات به طرفین جاده (که موضوع سستی توده خاک است) را باقی نمی‌گذارد. نکته قابل تأمل،

عدم تفاوت شیب طولی جاده در هر سه بخش پایین‌بند، میان‌بند و بالابند بین قطعه‌نمونه‌های سایه و غیرسایه بود که خودبه‌خود اثر این متغیر در نتایج را حذف می‌کند.

با تجمیع قطعه‌نمونه‌های سایه و غیرسایه در کل جاده مورد بررسی، تفاوت‌های بیشتری مشاهده شد. همان‌طور که در جدول ۵ آمده است، بین قطعه‌های سایه و غیرسایه از نظر مقطع عرضی نامناسب، گردوغبار، تعداد و مساحت چاله‌ها، عمق و مساحت شیار، سستی توده خاک و شیب طولی جاده (هرچند همگی در محدوده شیب مجاز بودند) تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که به‌جز تولید گردوغبار و شیب طولی، در موارد دیگر، وضعیت بخش سایه نامناسب‌تر از بخش غیرسایه بود. این مسئله در حالت کلی بیانگر اثر منفی سایه بر این متغیرها در سطح روسازی جاده مورد بررسی است، هرچند همه این تفاوت‌ها را نمی‌توان به وجود سایه نسبت داد. پرشیب‌تر بودن قطعه‌نمونه‌های غیرسایه می‌تواند موجب شود که آب در این قطعه‌نمونه‌ها زود سطح جاده را ترک کند و فرصت کمتری برای نفوذ به سطوح مختلف روسازی جاده و تخریب آن‌ها داشته باشد، بنابراین علاوه‌بر عامل سایه‌اندازی، بخشی از تفاوت‌ها را می‌توان به اثر عامل شیب جاده نسبت داد.

در مجموع، نتایج این پژوهش نشان داد که حدود نیمی از شاخص‌های مورد بررسی، تفاوت معنی‌دار بین مناطق سایه و غیرسایه نشان دادند. همچنین، مناطق سایه دستخوش برخی از انواع تخریب قرار گرفته بودند. تغییر در شدت تردد برخلاف تصور اولیه، تعیین‌کننده روند کاهشی یا افزایشی در اثرات سایه بر کیفیت روسازی جاده نبود، بلکه انواع متفاوتی از تخریب را در تردد زیاد (بخش پایین‌بند) نسبت به تردد کم (بخش بالابند) ایجاد کرده بود. نوع تخریب‌های ایجادشده در شدت تردد کم (بخش بالابند) از جمله مساحت شیار و سستی توده خاک نشان‌دهنده به‌هم‌ریختگی و پرتاب آسان‌تر دانه‌های شن به طرفین جاده یا به هوا در مناطق سایه نسبت به مناطق غیرسایه بود. وجود چنین تخریب‌هایی در این بخش با وجود تردد کم می‌تواند با طولانی‌تر بودن فصل یخبندان و تفاوت در نوع بارش و دمای هوا مرتبط باشد.

Florida, 167p.

- Parsakhoo, A. and Hosseini, S.A., 2010. Investigation of horizontal curves standards relation with forest road distresses. *International Road & Structure Monthly Magazine*, 75: 22-29 (In Persian).
- Parsakhoo, A., Hosseini, S.A. and Lotfalian, M., 2009. Investigation on the forest roads right-of-way based on earthworking limit, hillside gradient and vegetative characteristics of edge stands (case study in Lat Talar forest - watershed of Tejen river). *Iranian Journal of Forest*, 1(2): 91-104 (In Persian).
- Salama, H.K., 2005. Effect of heavy multi-axle trucks on flexible pavement rutting. Ph.D. thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Michigan State University, East Lansing, Michigan, 215p.
- Sebaaly, P.E., Siddharthan, R., El-Desouky, M., Strand, D. and Huft, D., 2003. Effect of off-road equipment on flexible pavements. 82<sup>nd</sup> Annual Meeting of Transportation Research Record. Washington, D.C., 12-16 Jan. 2003: 23p.
- Shahin, M.Y. and Kohn, S.D., 1979. Development of a pavement condition rating procedure for roads, streets, and parking lots. Technical Report M-268, U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory, Champaign, Illinois, 13p.
- Skorseth, K. and Selim, A.A., 2000. Gravel road maintenance and design manual. South Dakota Local Transportation Assistance Program, South Dakota State University, Brookings, South Dakota, 104p.
- Tabatabaee, N., Ziyadi, M. and Shafahi, Y., 2013. Two-stage support vector classifier and recurrent neural network predictor for pavement performance modeling. *Journal of Infrastructure Systems*, 19(3): 266-274.
- Talebi, M., Majnounian, B., Abdi, E. and Elahian, M.R., 2015. Quantitative and qualitative assessment of road construction standards in Arasbaran region. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 22(2): 19-34 (In Persian).
- White, D.J. and Vennapusa, P., 2013. Low-cost rural surface alternatives: literature review and recommendations. Project Report, Iowa Department of Transportation, Iowa State University, Ames, Iowa, 288p.

## References

- Bygdén, G., Eliasson, L. and Wästerlund, I., 2004. Rut depth, soil compaction and rolling resistance when using bogie tracks. *Journal of Terramechanics*, 40(3): 179-190.
- Coulter, E.D., Sessions, J. and Wing, M.G., 2006. Scheduling forest road maintenance using the analytic hierarchy process and heuristics. *Silva Fennica*, 40(1): 143-160.
- De Vries, S.W., 2012. Financial needs of Iowa's county roads. Project Report, Iowa Department of Transportation, Iowa State University, Ames, Iowa, 83p.
- Eaton, R.A., Gerard, S. and Gate, D.W., 1988. Rating unsurfaced roads: A field manual for measuring maintenance problems. Special Report 87-15, U.S. Army Cold Regions Research & Engineering Laboratory, Hanover, New Hampshire, 33p.
- Eskioglou, P.C.H., 2003. Forest engineering and environment protection. Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on Environmental Science and Technology. Lemnos Island, Greece 8-10 Sep. 2003: 185-192.
- Heidari, M.J., Najafi, A. and Alavi, S.J., 2018. Pavement deterioration modeling for forest roads based on logistic regression and artificial neural networks. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 39(2): 271-287.
- Jahren, C.T., Smith, D., Thorius, J., Rukashaza-Mukome, M., White, D. and Johnson, G., 2005. Economics of upgrading an aggregate road. Final Report, Minnesota Department of Transportation, Saint Paul, Minnesota, 72p.
- Majnounian, B., Abdi, E., Zobeiri M. and Puya, K., 2010. Monitoring the conditions of forest road network compared to the standards (case study: Namkhaneh district of Kheyrood forest). *Journal of Forest and Wood Products*, 63(2): 177-186 (In Persian).
- Mishra, D., 2012. Aggregate characteristic affecting response and performance of unsurfaced pavement on weak subgrades. Ph.D. thesis, University of Illinois, Urbana, Illinois, 294p.
- Nawaiseh, M., 2002. Pavement performance prediction using adaptive logic networks. Ph.D. thesis, Florida International University, Miami,

## Shade trees effects on some forest road pavement destruction indexes

I. Ghajar<sup>1\*</sup>, A. Pouremam<sup>2</sup>, R. Naghdi<sup>2</sup> and M. Nikooy<sup>3</sup>

1\* - Corresponding author, Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, Iran. Email: i.ghajar@guilan.ac.ir

2- M.Sc. of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, Iran

3- Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, Iran

3- Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, Iran

Received: 11.12.2018

Accepted: 03.03.2019

### Abstract

This study explored the effect of tree shadings on a number of destruction indices for forest road pavement. Therefore, selective sampling was conducted within three various elevation classes in the Chafroud watershed in the west of the Guilan Province. Pavement distress indices of improper cross section, inadequate roadside drainage, corrugations, potholes and ruts dimensions, and loose aggregate were measured. By surveying the road, the plots with a canopy cover > 50 % and a paired plot beside each plot on the road were selected for measurements. Based on mentioned indexes, 12 distress variables were measured and compared among plots under the shadow of the trees and opened plots in three classes of traffic level. Results of analyses in low elevations showed that distresses of an improper cross section, number and area of potholes of plots with canopy cover > 50% were significantly more than plots with canopy cover < 50 % ( $p < 0.05$ ). In middle elevations, no differences were observed between the plots, while in high elevation (i.e. with low traffic) the distresses of improper cross-section, area of ruts, and loosing aggregate plots with canopy cover > 50% were significantly higher than plots with canopy cover < 50 % ( $p < 0.05$ ). No difference was observed in other variables. The results of this study showed significant differences in about half of the studied indices between shaded and non-shaded regions, yet the change in traffic variable did not determine any decreasing or increasing trend of shadow effect on road pavement quality.

**Keywords:** Maintenance, monitoring, repair, shadow.