

Behavioral assessment of the culverts condition and the surface of unpaved forest road in different traffics

Yadollah Rasooli-Akerdi^{*1}, Majid Lotfalian², Aidin Parsakhoo³, Mehran Nasiri⁴,
Hasan Akbari⁵

1. Corresponding Author, Ph.D. Student in Forest Engineering Sciences, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. E-mail: akerdi2002@yahoo.com
2. Professor, Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. E-mail: mloftalian@sanru.ac.ir
3. Associate Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: parsakhoo@gau.ac.ir
4. Assistant Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. E-mail: m.nasiri@sanru.ac.ir
5. Associate Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. E-mail: h.akbari@sanru.ac.ir

Article Info

Article type:

Full Length Research Paper

Article history:

Received: 11.21.2022

Revised: 03.03.2023

Accepted: 03.19.2023

Keywords:

Forest road,

Gravel road,

Tubing,

Unpaved road condition
index

ABSTRACT

Background and Objectives: The construction of a forest road disturbs the natural balance of water flow in the forest area. This balance can be maintained to a large extent by installing culverts and building side channels in different traffic routes. Culverts or drainage structures, as well as the road surface, often reflect anomalies caused by varying traffic intensities on the road surface. These enable a road manager to determine the severity of destruction and timely protection.

Materials and Methods: In this study, the static and dynamic anomalies of culverts and surface of forest roads at different traffic levels were investigated in district #1 of Reyhanabad and Pajim of Al-Ghadir Khalil Shahr forestry plans. First, specifications of all culverts (pipe or concrete) including thickness, diameter, length, depth, culvert installation slope and angle, road slope and flow rate of the culvert were measured using a clinometer and tape meter. The discharge rate was calculated by measuring the flow cross-section and flow velocity as a function of hydraulic radius, Manning's coefficient and flow slope. In the section of static anomalies, the health level of culvert in 4 classes and the condition index of unpaved roads (UPCI-unpaved road condition index) were measured. The dynamic anomaly includes the amount of culvert vibration during vehicle passages was calculated using a vibrometer.

Results: The results showed that with increasing culvert installation depth and traffic levels, the numerical value of UPCI decreased. The lowest UPCI values were recorded on slopes <5%. Culvert health increased with increasing installation angle. The lowest values of culvert health were measured on slopes < 5%. In general, the lowest level of vibration was measured in the case of unarmored culverts that were installed at a depth of 50-100 cm, with a slope of 5-8% and an angle of 100-120 degrees on road with low traffic. In routes with a traffic intensity of > 4 vehicles per day, the culvert vibration level was estimated at 2.24 Richter while it is estimated at 1.99 Richter on routes with an intensity of < 4 vehicles per day. The culvert reinforcement and depth had a positive effect on the culvert vibration level.

Conclusion: Loading capacity, timely stabilization of the road, shear strength, compaction, implementation of consolidation operations, consideration of hydrological properties (number of culverts, water flow, slope cross section and moisture regime), and the creation of ponds are necessary during road construction and culvert design, as they can affect the health of the road and its effectiveness over time.

Cite this article: Rasooli-Akerdi, Yadollah, Lotfalian, Majid, Parsakhoo, Aidin, Nasiri, Mehran, Akbari, Hasan. 2023. Behavioral assessment of the culverts condition and the surface of unpaved forest road in different traffics. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 30 (1), 23-43.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/JWFST.2023.20719.1987

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

رفتار سنجی وضعیت آب‌گذرها و رویه جاده جنگلی غیر آسفالتی در شرایط ترافیک مختلف

یدالله رسولی آکردی^{۱*}، مجید لطفعلیان^۲، آیدین پارساخو^۳، مهران نصیری^۴، حسن اکبری^۵

۱. نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری علوم مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران. رایانامه: akerdi2002@yahoo.com
۲. استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران. رایانامه: mloftalian@sanru.ac.ir
۳. دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران. رایانامه: parsakhoo@gau.ac.ir
۴. استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران. رایانامه: m.nasiri@sanru.ac.ir
۵. دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران. رایانامه: h.akbari@sanru.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۳۰ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۸</p>	<p>سابقه و هدف: ایجاد و احداث راه جنگلی باعث برهم‌زدن تعادل طبیعی جریان آب در عرصه جنگلی می‌شود. با نصب آب‌گذرها و احداث جوی کناری در مسیرهای با ترافیک مختلف، می‌توان این تعادل را تا حدود زیادی حفظ کرد. آب‌گذرها یا سازه‌های زهکشی و همچنین رویه جاده اغلب قبل از هر نوع ناهنجاری و تخریب در نتیجه تأثیر ترافیک‌های مختلف بر جاده، رفتار و نشانه‌هایی از خود بروز می‌دهند که با رفتارنگاری این نشانه‌ها می‌توان شدت تخریب را شناسایی و نسبت به حفاظت به‌موقع اقدام نمود.</p>
<p>واژه‌های کلیدی: جاده جنگلی، جاده شوسه، شاخص وضعیت رویه جاده‌های غیر آسفالتی، لوله‌گذاری</p>	<p>مواد و روش‌ها: در این پژوهش ناهنجاری‌های ایستا و پویا آب‌گذرها و رویه جاده‌های جنگلی در طبقات مختلف ترافیک در سری یک ریحان‌آباد و سری یک پچیم از طرح جنگلداری الغدیر خلیل‌شهر مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا مشخصات همه آب‌گذرها (لوله‌ها، از جنس بتن) شامل ضخامت، قطر و طول آب‌گذر، عمق آب‌گذر، شیب و زاویه نصب آن، شیب جاده و دبی آب‌گذر در مسیرهای با شدت ترافیک متفاوت، با متر و شیب‌سنج اندازه‌گیری شد. محاسبه دبی با اندازه‌گیری سطح مقطع جریان و سرعت جریان با توجه به شعاع هیدرولیکی، ضریب مانینگ و شیب جریان به‌دست آمد. در بخش ناهنجاری‌های ایستا، نسبت به بررسی میزان سلامت آب‌گذر در ۴ طبقه و همچنین اندازه‌گیری شاخص وضعیت رویه جاده‌های غیر آسفالتی (unpaved road condition index-UPCI) اقدام گردید. ناهنجاری پویا شامل میزان لرزش آب‌گذر هنگام عبور وسایل نقلیه است که با اپلیکیشن لرزش‌سنج (Vibration meter) محاسبه شد.</p>

یافته‌ها: نتایج نشان داد، با افزایش عمق نصب آب‌گذر و شدت ترافیک، مقدار عددی UPCI کاهش می‌یابد. کم‌ترین مقادیر شاخص UPCI در شیب‌های طولی کم‌تر از ۵ درصد ثبت شدند. سلامت آب‌گذر با افزایش زاویه نصب آن افزایش یافت. هم‌چنین کم‌ترین مقادیر سلامت آب‌گذر در شیب‌های طولی کم‌تر از ۵ درصد ثبت شدند. به‌طورکلی کم‌ترین میزان لرزش در مورد آب‌گذرهای غیرمسلح که در عمق ۵۰-۱۰۰ سانتی‌متر، با شیب طولی ۸-۵ درصد و زاویه ۱۰۰-۱۲۰ درجه در جاده‌های کم ترافیک نصب شده بودند به ثبت رسید. در مسیرهای با ترافیک بیش‌تر از ۴ وسیله نقلیه در روز میزان لرزش آب‌گذر ۲/۲۴ ریشتر و در مسیرهای با ترافیک کم‌تر میزان لرزش آب‌گذر ۱/۹۹ ریشتر برآورد شد. مسلح بودن و عمق آب‌گذر نیز بر میزان لرزش آب‌گذر تأثیر مثبت داشت.

نتیجه‌گیری: هنگام جاده‌سازی رعایت نکاتی چون ظرفیت بارگذاری، تثبیت بهنگام جاده، درنظرگرفتن مقاومت برشی، متراکم‌کردن به‌موقع و نیز اجرای عملیات تحکیم، درنظرگرفتن خواص هیدرولوژیکی (تعداد تقاطع آب‌گذر، دبی جریان آب، شیب عرضی و رژیم رطوبتی)، ایجاد حوضچه، اعمال عملیات دوره‌ای در تعمیر و نگهداری جاده‌ها (جاری و دوره‌ای) به‌صورت مستمر در جاده‌های جنگلی، رعایت عمق، مسلح بودن، شیب طولی جاده، زاویه نصب نسبت به آکس جاده و درنظرگرفتن شدت ترافیک در طراحی آب‌گذر ضرورت داشته و می‌تواند در سلامت، لرزش و کارایی آن مؤثر باشد.

استناد: رسولی آکردی، یدالله، لطفعلیان، مجید، پارساخو، آیدین، نصیری، مهران، اکبری، حسن (۱۴۰۲). رفتارسنجی وضعیت آب‌گذرها و رویه جاده جنگلی غیرآسفالته در شرایط ترافیک مختلف. *نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل*، ۳۰ (۱)، ۴۳-۲۳.

DOI: 10.22069/JWFST.2023.20719.1987



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

جاده‌های جنگلی پایه و اساس مدیریت و حفاظت عرصه‌های جنگلی هستند و سلامتی و کارکرد درست آب گذرها و جوی کناری و در کل ابنیه فنی بیانگر سلامتی و در دسترس بودن جاده است. عملکرد یک آب گذر و وضعیت پایداری آن در طول دوران بهره‌برداری، باید با استانداردهای کیفی تعیین شده مطابقت داشته باشد (۱). با توجه به امر تنفس و مسائل پیش آمده مانند عدم توجه کافی به مرمت جاده‌ها، پاک‌سازی لوله‌ها، جوی کناری و عدم توجه به ساختمان جاده‌ها از طرف شرکت‌های مجری، مشکلات ظاهری جاده‌ها رو به افزایش نهاده و اگر توجه سریع و کافی به آن نشود مقادیر زیادی از جاده‌های جنگلی عملاً از دسترس خارج می‌شوند، بررسی‌ها نشان می‌دهد وضعیت کنونی آب گذرها، جوی کناری و رویه جاده‌ها در وضع خطرناکی قرار دارند و به سمت شکنندگی حرکت می‌کنند. آب گذرها یا سازه‌های زهکشی اغلب قبل از هر نوع ناپایداری، رفتار و نشانه‌های اختطاری خاصی از خود نشان می‌دهند و هدف اصلی رفتارنگاری سازه‌ها شناخت این نشانه‌ها و پیش‌بینی به موقع ناپایداری است (۲، ۳). با ارزیابی مشکلات آب گذرهای جاده‌های جنگلی (اعم از روش‌های مشاهده‌ای و یا با استفاده از ابزار دقیق) علاوه بر آگاهی از وضعیت پایداری سازه‌های زهکشی و تأثیر سن جاده‌ها بر شدت این ناپایداری، از کیفیت عملیات تعمیر و نگهداری نیز اطمینان حاصل می‌شود (۴، ۵). با توجه به عملکرد چندگانه جاده‌ها، عدم توجه به سلامت آب گذرها و دیگر فاکتورهای دخیل، می‌تواند ما را از مواهب جاده‌ها محروم کند. در این خصوص رفتارسنجی آب گذرها و ارزیابی مشخصات فنی آن‌ها می‌تواند ما را در مدیریت پایدار شبکه جاده‌ها یاری رساند (۶). از طرفی جاده‌سازی جهت جریان رواناب (شکل

توزیع) به سمت رودخانه را تغییر داده و با افزایش جریان‌های سطحی و فرسایش خاک، سبب افزایش پیک سیلاب و بار رسوب می‌گردد (۷). بنابراین، انجام تمهیدات لازم مانند اقدامات پیشگیرانه، پیش‌بینی انواع روش‌های تعمیر و نگهداری از طریق انتخاب یک سیستم مدیریت مناسب ضروری است (۸، ۹، ۱۰). به منظور ارزیابی مشکلات آب گذرهای جاده‌های جنگلی و حصول اطمینان از کیفیت عملکرد سازه‌ها در طول مدت بهره‌برداری، پارامترهای مختلفی از آن در دوره‌های متفاوت اندازه‌گیری می‌شود (۱۱، ۱۲). اندازه‌گیری پارامترها در حالت‌های ایستا مانند نحوه نصب آب گذر، جنس آن، قطر و تناسب آن با دبی و پویا مانند لرزه‌نگاری سازه انجام می‌شود (۱۳، ۱۴، ۱۵). در حالت ایستا ارزیابی‌ها مستقل از ترافیک انجام می‌شود، درحالی‌که رفتارسنجی پویا، در لحظه عبور وسیله نقلیه از روی سازه به اجرا درمی‌آید (۱۶، ۱۷).

خلیل‌پور امیری و همکاران (۲۰۰۷)، چگونگی عوامل زهکشی اعم از شبکه طبیعی هیدرولوژی و نیز سیستم زهکشی ایجاد شده را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و اشاره داشتند که شبکه زهکشی موجود منطقه (استخر پشت نکا) ناکارآمد است. هم‌چنین قطر لوله‌های به کار گرفته شده (۴۰ سانتی‌متر) تأمین‌کننده نیاز حوزه نبوده و کم‌تر از ظرفیت آبی آن بوده است (۱۸).

اکبری مزده و همکاران (۲۰۰۹) به منظور تعیین میزان دبی آب زیرحوزه و به تبع آن تعیین میزان و مقدار قطر لوله‌های عرضی جاده‌های جنگلی و برای خروج آب از زیر جاده به منظور عملیات زهکشی برای جلوگیری از تخریب منطقه، مطالعه‌ای در حوزه آبخیز ظالمرو در ۲۷ زیرحوزه که توسط نرم‌افزار Arc view ایجاد شده، انجام دادند. با استفاده از روش شماره منحنی (سازمان حفاظت خاک آمریکا)

گیاهی و رسوبات مسدود شده‌اند. نتایج شاخص UPCI نشان داد که ۷۷/۶ درصد از محدوده‌های قبل از آب‌گذرها و ۸۹/۷ درصد از محدوده‌های بعد از آب‌گذرها دارای کیفیت خیلی خوب هستند. نتایج مقایسه مقادیر UPCI در جاده‌ها و محدوده‌های اطراف آب‌گذرها نشان داد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معناداری بین شاخص وضعیت روسازی در جاده‌ها و محدوده‌های قبل و بعد از آب‌گذرها وجود دارد. هم‌چنین از نظر شاخص UPCI، بین جاده‌های مدیریت‌شده و مدیریت نشده اختلاف معنادار مشاهده شد. بر اساس این پژوهش اگرچه در برخی از عوامل مورد بررسی، تخریب‌های صورت گرفته اندک است ولی به‌مرور زمان این تخریب‌ها گسترش بیشتری پیدا می‌کنند و هزینه‌های بازسازی و تعمیر آن‌ها افزایش چشمگیری می‌یابد (۲۶).

در پژوهش حاضر فرض بر آن است که عدم تناسب ابعاد آب‌گذرها با دبی جریان منجر به ناهنجاری‌های ایستا و پویا آب‌گذر و هم‌چنین کاهش شاخص UPCI می‌شود. هم‌چنین ناهنجاری‌های پویا آب‌گذرها متأثر از ناهنجاری‌های ایستا و بار ترافیک است. با گزارش درست و تجزیه و تحلیل این پژوهش می‌توان راهکار درست ارائه نمود که اولاً هرچه سریع‌تر مشکلات موجود حل شود و ثانیاً بعضی از آب‌گذرها اصلاح شوند و جایگزینی صورت گیرد و حتی تعداد آن‌ها را در نقاط بحرانی بیشتر نمود و در نهایت نسخه‌ای برای طراحی‌های بعدی باشد که عوامل مشکل‌زا در نظر گرفته شود. هدف از پژوهش حاضر بررسی رابطه بین دبی جریان با مشکلات آب‌گذرهای جاده‌های جنگلی اعم از پل‌ها، لوله‌ها و جوی کناری می‌باشد. هم‌چنین در این پژوهش تأثیر مشکلات آب‌گذرها بر خرابی روسازی جاده‌های جنگلی نیز بررسی شد.

با دوره بازگشت ۲۵ سال، شدت جریان هر یک از زیرحوزه‌ها را برحسب فوت مکعب بر ثانیه محاسبه کرده، آن‌گاه با استفاده از نمودار تعیین قطر لوله‌های سیمانی، قطر هر یک از لوله‌های زیرحوزه به دست آوردند. نتایج آن‌ها نشان داد که قطر لوله‌ها از ۳۸ سانتی‌متر تا ۱۵۶ سانتی‌متر متغیر بودند. آن‌گاه برای دستیابی به بهترین قطر لوله‌ها در منطقه کوهستانی، زیرحوزه لوله‌های با قطر کم‌تر از ۶۰ سانتی‌متر را با هم تلفیق کرده تا مناسب‌ترین قطر برای هر یک از زیرحوزه‌ها به دست آورند. آن‌ها با تکیه بر نتایج حاصله در برخی از زیرحوزه‌ها، نشان دادند که قطر لوله‌های موجود با میزان قطر لوله‌های برآوردی همسان نبوده و نیازمند کاهش یا افزایش است که در نتیجه منجر به کاهش هزینه‌های احداث لوله‌گذاری و تعمیر جاده‌های با قطرهای نامناسب خواهد شد (۲).

نتایج پژوهش عبدالهی‌حسینی (۱۴۰۱) با عنوان تأثیر سیاست تنفس بر جاده و آبنیه فنی طرح‌های جنگلداری (مطالعه موردی، طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا) در استان گلستان نشان داد که از نظر شاخص کیفیت روسازی (UPCI) در حدود ۹۰ درصد جاده‌ها دارای کیفیت خوب و خیلی خوب هستند. از نظر پوشش سطح جاده ۵۰/۸ درصد از جاده‌ها عاری از هرگونه پوشش گیاهی هستند، در حالی که تنها ۳/۱ درصد از آن‌ها به‌طور کامل توسط پوشش گیاهی مسدود شده است. از لحاظ وضعیت پوشش گیاهی و میزان رسوب‌گذاری در جوی‌های کناری تقریباً ۵۰ درصد از آن‌ها توسط گیاهان و رسوبات مسدود شده‌اند. از نظر وضعیت سلامتی ظاهری لوله‌ها ۳/۴ درصد از آب‌گذرها به‌طور کامل تخریب شده و در حدود ۷۰ درصد از آب‌گذرها راندمان صد در صد دارند. میزان تخریب در گوشواره آب‌گذرها در حدود ۷۰ درصد به دست آمد. علاوه بر این، بیش از ۹۰ درصد جوی‌های کناری آب‌گذرها توسط پوشش

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، سری یک ریحان‌آباد با مشخصات: ۱- حدود اربعه، جنوب به سری یک پجیم، شمال به روستای ولمازو و مهدیرجه، شرق به طرح جنگلداری گلوگاه و غرب به طرح جنگلداری النخیل، ۲- فاصله تا بهشهر ۱۵ کیلومتر، مساحت ۱۳۱۰ هکتار، طول جغرافیایی ۵۳/۴۳-۵۳/۴۰ و عرض جغرافیایی ۳۶/۴۵-۳۶/۳۰، طول جاده ۱۴ کیلومتر، تراکم ۱۰/۶۸ متر بر هکتار، متوسط بارندگی سالیانه ۶۷۹/۲ میلی‌متر، متوسط حداقل درجه حرارت ۲/۸ درجه سانتی‌گراد و متوسط حداکثر درجه حرارت ۳۱/۷ درجه سانتی‌گراد، تعداد قطعات ۲۹، حداقل ارتفاع ۵۰ متر و حداکثر ارتفاع ۱۰۵۰ متر و سری یک پجیم با مشخصات: ۱- حدود اربعه، جنوب به رودخانه مهربان‌رود، شمال به سری یک ریحان‌آباد، شرق به دره ولدره و جنگل یخکش و غرب به سری دو پجیم، ۲- فاصله تا بهشهر ۳۰ کیلومتر، مساحت ۲۵۴۰ هکتار، طول جغرافیایی ۵۳/۴۲-۵۳/۴۰ و عرض جغرافیایی ۳۶/۳۹-۳۶/۳۵، طول جاده ۲۵/۶ کیلومتر، تراکم ۱۰/۰۷ متر بر هکتار، متوسط بارندگی سالیانه ۶۴۱ میلی‌متر، متوسط حداقل درجه حرارت ۳/۱ درجه سانتی‌گراد و متوسط حداکثر درجه حرارت ۲۰/۸ درجه سانتی‌گراد، تعداد قطعات ۵۲، حداقل ارتفاع ۷۳۰ متر و حداکثر ارتفاع ۱۴۶۰ متر است (۱۹).

روش تحقیق: در این پژوهش ۱۰ آب‌گذر در جاده با شدت ترافیک روزانه بالای چهار و ۱۰ آب‌گذر نیز در جاده با ترافیک کم‌تر از چهار وسیله نقلیه در روز انتخاب گردید. متغیرهای مستقل شامل شدت ترافیک در دو طبقه روزانه بالای چهار و روزانه زیر چهار مورد و قطر، طول، عمق نصب و ضخامت آب‌گذر بود که

با استفاده از متر اندازه‌گیری شدند. شیب جاده و شیب طولی آب‌گذر با شیب‌سنج و زاویه نصب آب‌گذر با قطب‌نما و مسلح بودن یا نبودن با کد یک و صفر مشخص شد.

رفتارسنجی آب‌گذرها

الف- شرایط ایستا: در این پژوهش ابتدا همه آب‌گذرهای جاده‌های جنگلی (لوله‌ها) منطقه مورد مطالعه در مسیرهای با شدت ترافیک روزانه بیش‌تر از چهار و کم‌تر از چهار مورد بررسی کمی و کیفی قرار گرفت، جهت اعمال داده‌ها در جدول همبستگی برای مشخصات فنی آب‌گذرها کدهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ به ترتیب مسلح بودن، ضخامت، زاویه نصب، شیب طولی، عمق نصب، طول، شیب جاده، متغیر UPCI، سلامت، دبی، قطر، شدت ترافیک و لرزش آب‌گذر تعریف شدند و اندازه‌گیری دبی جریان و ابعاد آب‌گذرها و هم‌چنین اندازه‌گیری متغیرهایی چون شیب آبراهه و ضریب مانینگ به کمک روابط ۱، ۲ و ۳ به اجرا درآمد (۲۰).

$$Q = A \times V \quad (1)$$

$$V = \frac{1}{N} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (3)$$

در روابط ۱، ۲ و ۳ علامت Q (دبی آب) برحسب مترمکعب بر ثانیه، A سطح مقطع جریان (مترمربع)، P محیط جریان (متر)، R شعاع هیدرولیکی (متر)، i شیب سطح آب (شیب کانال) و n ضریب مانینگ

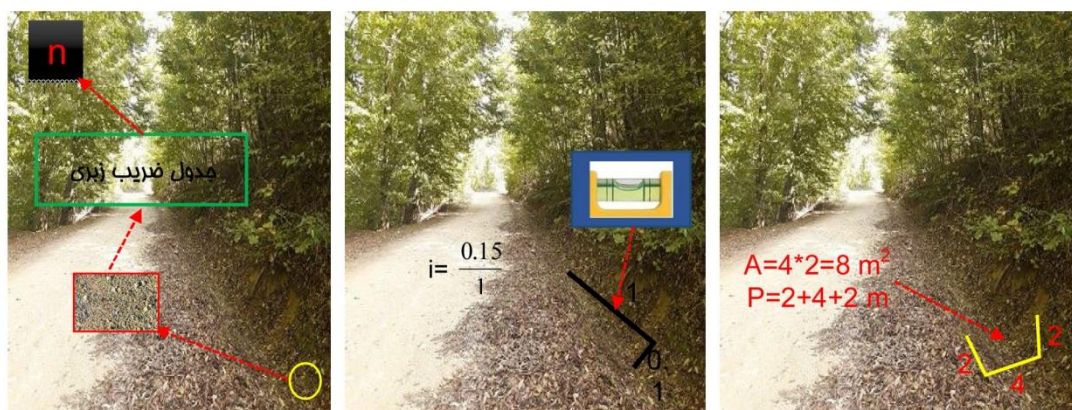
(ضریب زبری با استفاده از جدول استاندارد مربوطه تعیین می‌شود) بستر می‌باشد (شکل ۱). سطح مقطع جریان با محاسبه مساحت یک چهارضلعی غیرمنتظم با اندازه‌گیری پهنای کف، طول دیواره‌های کناری و پهنای فوقانی جریان با توجه به داغاب، محیط جریان با اندازه‌گیری و جمع جبری پهنای کف و قسمت فوقانی و دو دیواره کناری و شعاع هیدرولیکی از تقسیم سطح مقطع جریان به محیط جریان به دست آمد. بررسی کیفی آب‌گذرها با توجه به جدول ۱ انجام شد:

جدول ۱- کد سلامت برای آب‌گذر.

Table 1. Health code for Culvert.

مشخصات کد Code specifications	شماره کد Code number
آب‌گذر کاملاً سالم، بدون گرفتگی و مسدودی، بدون ترک، بدون انفصال لوله‌ها و بدون آسیب بستر لوله Completely healthy culvert, without clogging and blockage, without cracks, without disconnection of pipes and without damage to the pipe bed.	1
سلامت بالای ۸۰ درصد، کم‌تر از ۲۰ درصد مسدود، ترک‌ها کم‌تر از ۲۰ درصد، انفصال لوله‌ها کم‌تر از ۲۰ درصد و بستر کمی صدمه‌دیده The health is over 80%, less than 20% blocked, less than 20% cracks, less than 20% pipe separation, and the bed is slightly damaged.	2
بیش‌تر از ۲۰ درصد مسدود، ترک‌ها در کل لوله مشخص، انفصال لوله‌ها کاملاً مشخص و بستر نشست محسوس پیدا کرده است. More than 20% blocked, the cracks in the whole pipe are clear, the separation of the pipes is clear and the bed is noticeable.	3
آب‌گذر کاملاً مسدود و عملاً بدون کارایی است. The culvert is completely blocked and practically ineffective.	4

زاویه بین امتداد لوله با خط فرضی آکس جاده و عمق آب‌گذر توسط متر اندازه گرفته شد توسط قطب‌نما و هم‌چنین قطر، ضخامت، طول (شکل ۲).



شکل ۱- روش محاسبه دبی.

Figure 1. Flow calculation method.



شکل ۲- اندازه‌گیری زاویه، قطر، ضخامت و طول.

Figure 2. Measuring angle, diameter, thickness and length.

میدانی در بین ۲۰ آب‌گذر عدد این شاخص را در کم‌ترین حالت ۲/۱۶ و بیش‌ترین حالت ۹/۹۹ نشان می‌دهد که این امر دقیقاً با وضع موجود در رویه دو جاده در طبیعت همخوانی دارد و انتظار چنین اعدادی باتوجه‌به شکل ظاهر رویه جاده قابل‌انتظار است؛ یعنی دقیقاً در حالت کم‌ترین، سطح جاده به‌شدت تخریب شده بود و تعداد چاله‌ها و دیگر فاکتورهای این شاخص فراوان است و در حالت بیش‌ترین مقدار سطح جاده بسیار صاف و فاقد کم‌ترین مقدار هر یک از فاکتورها است که در حد کاملاً قابل‌قبول می‌باشد (۲۱).

یکی دیگر از شاخص‌های ناهنجاری ایستا، ضخامت لایه روسازی جاده در محل آب‌گذرها، شاخص وضعیت رویه جاده‌های غیرآسفالتی (UPCI) برای طول صد متر با مرکزیت آب‌گذر است که نحوه اندازه‌گیری آن در رابطه ۴ نشان داده شده است. UPCI متغیر وابسته‌ای است که از اندازه‌گیری شش نوع خرابی در عرصه شامل موج شدن (کرک‌های شدن)، شیارافتادگی، چاله، فرسایش، وجود ذرات بیش‌ازحد درشت، شرایط زهکشی و پروفیل عرضی به دست آمد، در این رابطه مقدار شاخص بین حداقل ۱ و حداکثر ۱۰ طبقه‌بندی شده است و برداشت‌های

$$UPCI=10 - 1.16CR - 2.25PT - 1.47ER - 0.33RT - 1.56OA - 1.58CW$$

(۴)

جدول ۲- مشخصات فاکتور شاخص وضعیت رویه جاده‌های غیرآسفالتی.

Table 2. Specifications of the indicator factor of the condition of unpaved roads.

توضیح خرابی Explanation of failure	نام خرابی Failure name
<p>Shutters or undulations of the road</p> <p>به صورت میانگین فاصله عمودی بین بالاترین و پایین‌ترین نقطه سه موج متوالی به سانتی‌متر بیان می‌شود. The average vertical distance between the highest and lowest points of three consecutive waves is expressed in centimeters.</p>	<p>کرکره‌ای یا موج شدن جاده</p> <p>CR</p>
<p>the hole</p> <p>از حاصل ضرب میانگین قطر در عمق در تعداد چاله به مترمربع به دست می‌آید. It is obtained from the product of the average diameter and depth in the number of holes per square meter</p>	<p>چاله</p> <p>PT</p>
<p>Erosion</p> <p>نتیجه زهکشی ضعیف جاده بوده و متغیر مجازی است. چنانچه عمق فرسایش بیش‌تر از ۵ سانتی‌متر و پهنای آن بیش‌تر از ۱۰ سانتی‌متر باشد، عدد ۱ برای آن لحاظ خواهد شد. The result is poor road drainage and is a virtual variable. If the depth of erosion is more than 5 cm and its width is more than 10 cm, the number 1 will be considered for it.</p>	<p>فرسایش</p> <p>ER</p>
<p>Grooving</p> <p>میانگین فاصله عمودی بین بالاترین و پایین‌ترین نقطه شیار در سه نقطه از امتداد رد چرخ برحسب سانتی‌متر. The average vertical distance between the highest and the lowest point of the groove in three points along the wheel track in centimeters.</p>	<p>شیارافتادگی</p> <p>RT</p>
<p>Excessively coarse particles in the pavement structure</p> <p>در صورت وجود بیش از نصف ذرات مساوی یا بزرگ‌تر از ۵ سانتی‌متر عدد ۱ برای آن لحاظ خواهد شد. If there are more than half of the particles equal to or larger than 5 cm, the number 1 will be considered for it.</p>	<p>ذرات بیش‌ازحد درشت در ساختار روسازی</p> <p>OA</p>
<p>Transverse profile of the road and its crest</p> <p>عدد صفر برای تاج با وضعیت خوب، عدد ۰/۵ وضعیت نسبتاً خوب و عدد ۱ برای ساختار نامناسب تاج. A value of 0 for a crown in good condition, a value of 0.5 for a relatively good condition, and a value of 1 for a poor crown structure.</p>	<p>پروفیل عرضی جاده و تاج آن</p> <p>CW</p>

جدول ۳- مقادیر کمی و کیفی UPCI (۲۱).

Table 3. Quantitative and qualitative values of UPCI (21).

UPCI	شرایط Conditions	UPCI	شرایط Conditions
4-5.4	ضعیف Weak	8.5-10	خیلی خوب Very good
1-3.9	خیلی ضعیف Very weak	7.5-8.4	خوب Good
		5.5-7.4	معمولی Ordinary

ب- شرایط پویا

$$V=a.t \rightarrow a=V/t \quad (5)$$

در رابطه ۵، سرعت برحسب متر بر ثانیه و شتاب هم از تقسیم سرعت بر عدد ۳۶۰۰ ثانیه به دست می‌آید. با عبور وسیله از روی آب‌گذر، میزان لرزش ایجاد شده توسط وسیله، با نرم‌افزار Vibration meter با واحد ریشتر اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری: در این پژوهش مشخصات فنی آب‌گذر و همچنین شدت ترافیک به‌عنوان متغیرهای مستقل و وضعیت سلامت آب‌گذرها و شاخص UPCI آن‌ها به‌عنوان متغیر وابسته در نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه واریانس قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد به روش دانکن و آنالیز همبستگی پیرسون نیز به کمک نرم‌افزار یادشده انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

رابطه عمق آب‌گذر و UPCI: نتایج نشان داد که بین عمق نصب آب‌گذر با میزان شاخص UPCI همبستگی منفی معنی‌دار وجود داشت. بدین معنی که با افزایش عمق نصب آب‌گذر میزان UPCI کاهش یافت (جدول ۴). این یافته می‌تواند نشان‌دهنده اهمیت بالای توجه به عمق نصب آب‌گذرها در افزایش کیفیت جاده و طول عمر آن‌ها بر اساس شاخص UPCI باشد (در نصب آب‌گذر مشاهده

در این قسمت از پژوهش مانند بخش ایستا، در دو بخش با شدت ترافیک روزانه بالای چهار و زیر چهار مورد بررسی قرار گرفته و هر وسیله نقلیه (وسيله نقلیه سبک مانند پراید، نیسان، پیکاپ، لندرور و مزدا و وسیله نقلیه سنگین مانند ولوو، بنز تک و تراکتور) که از روی آب‌گذر رد می‌شد وزن، سرعت (حداقل سرعت ثبت شده ۵ کیلومتر بر ساعت و حداکثر سرعت ثبت شده ۳۸ کیلومتر بر ساعت) و شتاب آن اندازه‌گیری شده و ناهنجاری پویا شامل میزان لرزش آب‌گذر هنگام عبور وسایل نقلیه با اپلیکیشن لرزش‌سنج (Vibration meter) قابل‌نصب روی گوشی اندروید، ساخت شرکت نتیزن لهستان، با دقت ثبت لرزش‌های زیر ۲ ریشتر) محاسبه شد. برای به دست آوردن وزن هر وسیله، با همان شرایط تردد روی آب‌گذر، همراه با راننده و کمک، به روی باسکول رفته و وزن موردنظر، مبنای محاسبه قرار گرفت. برای اندازه‌گیری سرعت علاوه بر کیلومترسنج، در یک فاصله ۱۰۰ متری دو طرف آب‌گذر علامت‌گذاری شد. وقتی ماشین به علامت اول می‌رسید کرومومتر دیجیتال روشن شده و دقیقاً بعد از علامت دوم زمان یادداشت می‌شد. با در دست داشتن زمان و مسافت، سرعت دقیق وسیله به دست می‌آید. البته در این زمان از راننده خواسته شد رانندگی معمول را انجام دهد. شتاب هر وسیله هم طبق رابطه ۵ به دست آمد.

اعداد در قسمت ترافیک زیر ۴ به علت سایه بیش‌تر، شبیه منطقه گیلان بوده است که تعداد و مساحت چاله‌ها بیش‌تر بوده است. در برداشت منطقه مورد مطالعه ما نیز هرکجا سایه بیش‌تر بود در نتیجه تونلی شدن و چکه زیاد آب از تاج پوشش بر روی سطح جاده نیز بیش‌تر و صدمات هم بالا رفت.

رابطه لرزش آب‌گذر با زاویه نصب آب‌گذر و شدت ترافیک: هم‌چنین در بخش صدمات پویا، بین میزان لرزش آب‌گذر هنگام عبور وسایل نقلیه با زاویه نصب آب‌گذر و شدت ترافیک به ترتیب رابطه منفی و مثبت معنی‌داری وجود داشت. طوری که با افزایش زاویه نصب آب‌گذر نسبت به آکس جاده در این مطالعه تا مقدار ۱۲۰ درجه که با معیارهای موجود در زمینه زاویه نصب هم‌مخوانی مناسب دارد. بهترین زاویه بین امتداد یک آب‌گذر با محور عمودی نسبت به آکس جاده، زاویه ۳۰ تا ۴۵ درجه است (۲۳)، میزان لرزش هنگام عبور وسایل نقلیه کاهش و با افزایش شدت ترافیک، میزان لرزش آب‌گذرها نیز افزایش پیدا کرد (جدول ۴). با زیاد شدن شدت ترافیک، میزان رسوب و فرسایش در جاده زیاد می‌شود و با افزایش رسوب، آب باران نمی‌تواند از مسیر تعریف‌شده عبور نماید و مجبور به تغییر مسیر و پیدا کردن معبر جدید می‌شود که این معبر جدید، غالباً سطح رویی جاده است پس این امر باعث می‌شود بستر جاده و جوی کنار و در نتیجه آب‌گذر صدمه‌دیده و سبب لرزش و از جا کنده شدن آب‌گذر می‌شود (۲۴).

می‌شود بهترین حالت برای عرض کانال برای جانمایی، ۱/۲۵ برابر قطر آب‌گذر است در صورتی‌که اندازه عمق حداقل دو برابر قطر آب‌گذر در نظر گرفته می‌شود که ناشی از اهمیت عمق نصب است و در شرایط یکسان آب‌گذری که عمق نصب بیش‌تری با دیگری دارد احتمال خرابی سطح جاده دو طرف کم‌تر شده و در نتیجه مقدار شاخص UPCI هم کاهش می‌یابد. با توجه به رابطه ۴ ملاحظه می‌گردد در محاسبه شاخص UPCI، عوامل متعددی از جمله تعداد چاله‌ها، کرکره‌ای شدن، شیارافتادگی، میزان رسوب و فرسایش و به‌طور معنی‌داری روی سلامت جاده (تخریب روسازی) تأثیر دارد. پژوهش‌های قجر و همکاران در منطقه گیلان نشان داد در قسمت سایه و غیر سایه (پایین‌بند، میان‌بند و بالابند) به علت وجود سایه انتخابی و تونلی شدن درختان، مقدار آب‌چکه از روی تاج درختان بر روی سطح جاده بیش‌تر بوده و نیز مقدار تابش آفتاب بر سطح جاده کم‌تر، در نتیجه تعداد و مساحت چاله‌ها بیش‌تر شده است (۲۲)؛ اما منطقه مورد مطالعه (سری یک ریحان‌آباد و سری یک پیجم، تعداد ده آب‌گذر با ترافیک بالای چهار و ده آب‌گذر با ترافیک زیر چهار با حداقل ارتفاع ۵۰ متر از دریا و حداکثر ارتفاع ۱۶۶۰ متر از دریا، کم‌ترین ارتفاع آب‌گذر ۴۵۰ متر و بیش‌ترین ارتفاع آب‌گذر ۱۲۵۰ متر) ما در میان‌بند بوده (از نظر سایه، کاملاً تصادفی) آفتاب بیش‌تری دریافت می‌کرد و سایه کم‌تری داشت و نیز حالت تونلی شدن و آب‌چکه‌ای روی سطح جاده کم‌تر، پس تعداد و مساحت چاله‌ها هم کم‌تر شده است. همین

جدول ۴- همبستگی بین مشخصات فنی آب گذرهای جاده‌های جنگلی در شرایط ایستا و پویا.

Table 4. Correlation between the technical characteristics of culverts of forest roads in static and dynamic condition.

کد	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1												
2	-0.172	1											
3	-0.254	-0.106	1										
4	0.342	-0.324	0.003	1									
5	-0.222	-0.173	0.149	-0.110	1								
6	-0.184	-0.082	0.106	0.102	0.569**	1							
7	0.173	-0.146	-0.101	0.331	-0.380	0.110	1						
8	0.007	0.063	-0.341	0.180	-0.453*	-0.213	0.369	1					
9	-0.012	-0.039	0.029	0.023	-0.129	-0.268	0.097	0.127	1				
10	0.095	0.187	-0.040	-0.010	-0.196	-0.195	-0.236	0.186	0.111	1			
11	-0.415	0.649**	-0.191	-0.347	-0.069	0.136	-0.109	0.295	-0.219	0.148	1		
12	-0.218	0.134	-0.357	-0.266	0.435	0.102	-0.462*	-0.143	-0.165	0.037	0.045	1	
13	0.145	-0.011	-0.448*	-0.144	0.090	-0.210	-0.137	0.187	0.061	0.291	0.139	0.687**	1

کدهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ به ترتیب مسلح بودن Reinforcement، ضخامت Thickness، زاویه نصب Assembling angle، شیب طولی Length slope، عمق نصب Assembling depth، طول Length، شیب جاده Road gradient، متغیر UPCI، سلامت Health، دبی Discharge، قطر Diameter، شدت ترافیک Number of Traffic و لرزش آب گذر Culvert vibration و * و ** به ترتیب همبستگی معنی دار در سطح احتمال ۹۵ و ۹۹ درصد را نشان می‌دهند

* and ** respectively show significant correlation at 5% and 1% probability levels

نتیجه در کل فرمول تأثیر گذاشته عدد نهایی از ۱۰ فاصله گرفته به سمت پایین می‌رود و UPCI کاهش می‌یابد. پژوهش‌های بالا پور و همکاران (۲۰۰۶) در جاده جنگلی نکا نشان داد با افزایش شیب (۳-۱۰ در صد) هیچ‌گونه به هم خوردگی در سطح رویه جاده مشاهده نشد در نتیجه تعداد چاله‌ها به شدت کم شده و چون یکی از فاکتورهای اصلی UPCI است پس این شاخص افزایش می‌یابد و همین گروه نشان دادند در شیب کم‌تر و صفر، به هم خوردگی در سطح جاده با ایجاد چاله بیش‌تر مشاهده شد (۲۵).

تأثیر شدت ترافیک و شیب جاده بر UPCI: نتایج آنالیز واریانس نشان داد که شدت ترافیک و شیب جاده در سطح احتمال ۹۵ درصد بر مقدار شاخص UPCI تأثیر معنی دار داشت (جدول ۵). طوری که مقدار شاخص UPCI با افزایش شدت ترافیک از ۴ تردد در روز به بالا ۰/۴۳ (۶/۸۹ درصد) کاهش یافت از سوی دیگر میانگین شاخص UPCI با افزایش شیب طولی جاده تا حد بالاتر از ۵ درصد به مقدار ۱/۲۹ (۲۱/۷ درصد) افزایش نشان داد (جدول ۸). وقتی شدت ترافیک افزایش می‌یابد تعداد چاله‌ها، کرکره‌ای شدن و دیگر عوامل نیز بیش‌تر شده در

جدول ۵- آنالیز واریانس اثر برخی مشخصات فنی جاده و آب‌گذرهای عرضی بر شاخص UPCI (متغیر ایستا).

Table 5. Analysis of variance of the effect of some technical characteristics of the road and culverts on the UPCI index (static variable).

سطح معنی‌داری P value	مقدار F F value	میانگین مربعات Mean of squares	مجموع مربعات Sum of squares	درجه آزادی Degree of freedom	متغیر مستقل Independent variable
0.015	8.231*	15.217	15.217	1	شدت ترافیک Number of Traffic
0.445	0.768	0.365	0.365	1	قطر آب‌گذر Culvert diameter
0.127	2.507	4.634	9.269	2	دبی آب‌گذر Culvert discharge
0.035	13.295*	6.424	6.624	1	شیب جاده Road gradient
0.825	0.058	0.028	0.028	1	طول آب‌گذر Culvert length
0.445	1.072	0.511	1.021	2	عمق نصب آب‌گذر Culvert assembling depth
0.842	0.182	0.086	0.173	2	شیب آب‌گذر Culvert slope
0.572	0.400	0.191	0.191	1	زاویه نصب آب‌گذر Culvert assembling angle
0.306	1.154	2.134	2.134	1	ضخامت آب‌گذر Culvert thickness
0.430	0.671	1.241	1.241	1	مسلح بودن آب‌گذر Culvert reinforcement

* اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد

* Significant at 5% level

زاویه نصب آب‌گذر سلامت آب‌گذر افزایش یافت. از سوی دیگر کم‌ترین مقادیر سلامت آب‌گذر در شیب‌های طولی کم‌تر از ۵ درصد ثبت شدند (جدول ۶).

تأثیر زاویه نصب و شیب آب‌گذر بر سلامت آب‌گذر: نتایج نشان داد زاویه نصب آب‌گذر و شیب جاده در سطح احتمال ۹۵ درصد بر مقدار سلامت آب‌گذر تأثیر معنی‌دار داشت. با افزایش شیب جاده و

جدول ۶- آنالیز واریانس اثر برخی مشخصات فنی جاده و آب گذرهای عرضی بر سلامت آب گذر (متغیر ایستا).

Table 6. Analysis of variance of the effect of some technical characteristics of the road and culverts on the health of the culverts (static variable).

سطح معنی داری P value	مقدار F F value	میانگین مربعات Mean of squares	مجموع مربعات Sum of squares	درجه آزادی Degree of freedom	متغیر مستقل Independent variable
0.255	1.444	1.178	1.178	1	شدت ترافیک Number of Traffic
0.835	0.051	0.048	0.048	1	قطر آب گذر Culvert diameter
0.879	0.130	0.106	0.213	2	دبی آب گذر Culvert discharge
0.050	3.080*	2.860	2.860	1	شیب جاده Road gradient
0.351	1.212	1.125	1.125	1	طول آب گذر Culvert length
0.309	1.784	1.657	3.314	2	عمق نصب آب گذر Culvert assembling depth
0.325	1.672	1.552	3.105	2	شیب آب گذر Culvert slope
0.045	3.130*	2.907	2.907	1	زاویه نصب آب گذر Culvert assembling angle
0.686	0.172	0.140	0.140	1	ضخامت آب گذر Culvert thickness
0.262	1.398	1.140	1.140	1	مسلح بودن آب گذر Culvert reinforcement

* اثر معنی دار در سطح احتمال ۹۵ درصد

* Significant at 5% level

یکی از بهترین جاده‌های جنگلی شمال را پیاده‌سازی کند و جزء جاده‌های نمونه است به همین دلیل اختلاف کمی بین به هم ریختگی دو جاده در یک شیب متناظر وجود دارد و جاده جنگلی اطراف پجیم و ریحان‌آباد دارای به هم ریختگی بیش‌تری است و آن هم همان‌طوری که گفته شد به علت طراحی بهتر و دقیق‌تر جاده دارابکلا است، در جاده مورد مطالعه پجیم

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که وقتی شیب جاده از کم‌تر از ۵ درصد به سمت بیش‌تر از ۵ درصد میل کرد میانگین سلامت آب گذر ۰/۳۷ (۱۵/۶ درصد) افزایش یافته است (جدول ۸)، در شیب ۳-۱۰ درصد به هم ریختگی سطح جاده (سلامت) خیلی کم‌تر از حالت نزدیک به شیب صفر است (۲۲). باتوجه به این که در جاده دارابکلا، طراح طوری عمل کرده که

در برابر لرزش ضعف نشان می‌دهد) که در عمق ۵۰-۱۰۰ سانتی‌متر، با شیب طولی ۵-۸ درصد و زاویه ۱۰۰-۱۲۰ درجه در جاده‌های کم ترافیک نصب شده بودند به ثبت رسید (جدول ۷). نتایج آنالیز واریانس نشان داد که با بیش‌ترشدن شدت ترافیک (روزانه ۴) میانگین لرزش $0/25$ ($11/16$ درصد) افزایش یافت و نیز عمق نصب بر سلامت آب‌گذر حالت موجی پیدا کرده و از زیر ۵۰ سانتی‌متر به سمت محدوده ۵۰-۱۰۰ به‌اندازه $0/04$ ($11/28$ درصد) کاهش یافت و سپس به سمت محدوده ۱۰۰-۱۲۰ به‌اندازه $0/14$ ($6/33$ درصد) افزایش پیدا کرد (جدول ۸).

رابطه لرزش و شیب آب‌گذر: همین‌طور نتایج آنالیز واریانس نشان داد، میانگین لرزش در شیب طولی آب‌گذر دارای دو مرحله است. نخست شیب‌های ۱-۳ و ۳-۵ درصد به‌اندازه $0/1$ ($4/5$ درصد) افزایش یافت و سپس شیب ۵-۸ درصد به‌اندازه $0/2$ ($9/13$ درصد) کاهش یافت (جدول ۸).

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که میانگین لرزش آب‌گذر از زاویه نصب ۸۰-۱۰۰ تا ۱۰۰-۱۲۰ درجه به‌اندازه $0/03$ ($1/4$ درصد) کاهش یافته است. هم‌چنین میانگین لرزش از غیرمسلح تا مسلح بودن به‌اندازه $0/06$ ($2/8$ درصد) افزایش پیدا کرد (احتمالاً به‌علت رسانا بودن میله‌گرد به امواج صادره و لرزش‌ها، آب‌گذر مسلح لرزش را بیش‌تر نشان می‌دهد) (جدول ۸).

و ریحان‌آباد شیب صفر وجود نداشت و همه بالای ۳ درصد بودند، با احتمال وجود شیب صفر و نزدیک به آن در این جاده به‌هم‌خوردگی بیش‌تری نسبت به جاده دارابکلا انتظار می‌رفت که به خاطر طراحی بهتر و اصولی‌تر و نیز پیاده‌سازی و استفاده از مواد بهتر و مرغوب‌تر در جاده دارابکلا است و نیز نتایج آنالیز واریانس نشان داد که میانگین سلامت آب‌گذر از زاویه ۸۰-۱۰۰ به‌طرف ۱۰۰-۱۲۰ به‌اندازه $0/43$ ($17/69$ درصد) افزایش داشته است و در بهبودی سلامت آب‌گذر مؤثر بوده است (جدول ۸).

رابطه مسلح بودن آب‌گذر با شدت ترافیک، عمق، شیب و زاویه: نتایج نشان داد که شدت ترافیک، عمق، شیب و زاویه نصب آب‌گذر و وضعیت مسلح یا عدم مسلح بودن آن در سطح احتمال ۹۹ درصد بر میزان لرزش آب‌گذرها هنگام عبور وسایل نقلیه تأثیرگذار است (جدول ۷). کم‌ترین میزان لرزش در مورد آب‌گذرهای غیرمسلح (با ذهنیتی که افراد نسبت به مسلح بودن آب‌گذر دارند و گمان بر این است که مسلح کردن باعث دوام و قدرت بیش‌تر می‌شود که امری قابل قبول هست؛ اما توجه به این نکته مهم است که وجود میله‌گرد آن‌هم به‌صورت مشبک داخل لوله بتنی باعث انتقال امواج به بطن و ساختمان لوله بتنی می‌شود و سبب ایجاد لرزش می‌گردد در نتیجه گرچه وجود میله‌گرد و امر مسلح بودن لوله در دوام و به‌خصوص جابه‌جایی تأثیر مثبتی دارد؛ اما به علت رسانا بودن میله‌گرد به امواج صادره و لرزش‌ها،

جدول ۷- آنالیز واریانس اثر برخی مشخصات فنی جاده و آب گذرهای عرضی بر لرزش آب گذر (متغیر پویا).

Table 7. Analysis of variance of the effect of some technical characteristics of the road and culverts on the vibration of the culverts (dynamic variable).

سطح معنی داری P value	مقدار F F value	میانگین مربعات Mean of squares	مجموع مربعات Sum of squares	درجه آزادی Degree of freedom	متغیر مستقل Independent variable
0.000	146.18**	0.268	0.268	1	شدت ترافیک Number of Traffic
0.912	0.013	2.435 E-5	2.435 E-5	1	قطر آب گذر Culvert Diameter
0.325	0.364	0.002	0.005	2	دبی آب گذر Culvert discharge
0.204	2.033	0.004	0.004	1	شیب جاده Road gradient
0.492	0.536	0.001	0.001	1	طول آب گذر Road length
0.006	13.260**	0.024	0.049	2	عمق نصب آب گذر Culvert assembling depth
0.004	16.750**	0.031	0.061	2	شیب طولی آب گذر Culvert length slope
0.003	22.035**	0.040	0.040	1	زاویه نصب آب گذر Culvert assembling angle
0.662	0.212	0.000	0.000	1	ضخامت آب گذر Culvert thickness
0.000	67.542**	0.124	0.124	1	مسلح بودن آب گذر Culvert reinforcement

** معنی دار در سطح احتمال ۹۹ درصد

** Significant at 1% level

جدول ۸- وضعیت UPCI، سلامت و لرزش آب‌گذر (ریشتر) در طبقات مختلف متغیرهای مستقل.

Table 8. UPCI status, health and culvert vibration (Richter) in different classes of independent variables.

انحراف معیار ± لرزش آب‌گذر Standard deviation ±Culvert vibration	انحراف معیار ± سلامت آب‌گذر Standard deviation ±Culvert health	انحراف معیار ± UCPI Criterion deviation ± UPCI	طبقات Classes	متغیر مستقل Independent variable
1.99±0.15 ^b	2.30±1.06	6.67±1.32 ^a	4>	شدت ترافیک Number of Traffic
2.24±0.12 ^a	2.00±0.82	6.24±1.75 ^b	4 <	(تعداد در روز daily)
2.06±0.19	2.25±0.96	6.28±1.39	50-80	قطر آب‌گذر Culvert Diameter
2.21±0.13	2.00±0.92	6.71±1.78	80-110	(سانتی‌متر cm)
2.04±0.14	2.20±1.03	6.03±1.82	0.4-2	دبی آب‌گذر Culvert discharge
2.23±0.16	1.80±0.84	7.09±1.38	2-4	(مترمکعب در ثانیه M ³ /s)
2.15±0.18	2.40±0.89	6.67±0.84	4-6	
2.16±0.16	2.00±0.85 ^b	5.94±1.54 ^b	5>	شیب جاده Road gradient
2.06±0.21	2.37±1.06 ^a	7.23±1.21 ^a	5 <	(درصد percent)
2.12±0.17	2.19±0.98	6.63±1.51	6-9	طول آب‌گذر Road length
2.11±0.26	2.00±0.82	5.73±1.58	9-13	(متر M)
2.11±0.14 ^b	2.00±1.05	7.04±1.27	0-50	عمق نصب آب‌گذر Culvert assembling depth
2.07±0.27 ^c	2.33±0.82	6.02±1.87	50-100	(سانتی‌متر cm)
2.21±0.09 ^a	2.25±0.96	5.64±1.28	100-150	
2.09±0.16 ^b	1.86±1.07	6.01±2.03	1-3	شیب طولی آب‌گذر Culvert length slope
2.19±0.14 ^a	2.44±0.88	6.80±1.11	3-5	(درجه degree)
1.99±0.26 ^c	2.00±0.82	6.43±1.57	5-8	
2.13±0.21 ^a	2.00±0.82 ^b	6.29±1.45	80-100	زاویه نصب آب‌گذر Culvert assembling angle
2.10±0.13 ^b	2.43±1.13 ^a	6.75±1.73	100-120	(درجه degree)
2.12±0.19	2.11±0.75	6.15±1.49	5-10	ضخامت آب‌گذر Culvert thickness
2.12±0.18	2.18±1.17	6.82±1.58	10-15	(سانتی‌متر cm)
2.08±0.13 ^b	2.00±1.01	6.29±1.73	غیر مسلح Unreinforced	مسلح بودن آب‌گذر Culvert reinforcement
2.14±0.21 ^a	2.27±0.87	6.65±1.30	مسلح Reinforced	

حروف لاتین بزرگ و کوچک نشان‌دهنده ارتباط عامل عمودی و افقی در جدول می‌باشد و برحسب بزرگ به کوچک ردیف شده است. Uppercase and lowercase Latin letters indicate the relationship between the vertical and horizontal factors in the table and are arranged in order of uppercase to lowercase

نتیجه گیری کلی

آب گذرها و همه فاکتورهای دخیل در خروج آب از عوامل اصلی پایداری و توزیع درست جریان طبیعی آب در جاده‌های ساخته شده هستند؛ چون دخالت در طبیعت باعث برهم خوردن تعادل جریان طبیعی آب می‌شود و هرگونه هرزآبی از سطح جاده می‌تواند وارد جسم و ساختمان جاده شده و از داخل آن را خراب و سست کند وجود آب گذرها با تعداد مناسب و ابنیه فنی کافی و محاسبات لازم و نگهداری و تعمیر به موقع و درست آن‌ها بر سلامتی این فاکتورها و در نهایت خود جاده تأثیر مثبت دارد و جاده سالم یعنی حضور به موقع در جنگل و استفاده چندمنظوره از جاده و کارکردهای زیاد آن. در پژوهش حاضر عوامل مؤثر بر سلامت، لرزش و شاخص UPCI آب گذرهای احداث شده در جاده‌های جنگلی تحت دو کلاس ترافیک مورد بررسی قرار گرفت. طوری که بر اساس نتایج حاصل می‌توان توصیه‌های فنی مانند در نظر گرفتن مقادیر درست شیب، زاویه، شدت ترافیک، قطر و دبی و نیز عوامل دیگر مانند نیروهای وارده بر آب گذرها و زهکش‌های عرضی در نظر گرفتن مقادیر CBR، متراکم کردن و تحکیم، تثبیت زنده و مرده، مقاومت برشی و در نهایت نوع مواد استفاده شده در بستر جاده (لایه متراکم شده، لایه زیراساس، لایه اساس و لایه رویه) و ابنیه فنی در مورد طراحی، احداث و نگهداری آب گذرها ارائه داد. باتوجه به این که این پژوهش در دو بار ترافیک متفاوت انجام شد (کم تر و بیش تر از چهار خودرو در روز)، شاخص‌ها در دو مرحله ایستا و پاپا اندازه گیری شد. نتایج نشان داد هرچه زاویه نصب آب گذر نسبت به زاویه آکس جاده بیش تر باشد (در این مطالعه تا مقدار ۱۲۰ درجه) سلامت آن هم بیش تر است و هر چه شدت ترافیک و شیب افزایش یابد مقدار UPCI به طور معنی داری افزایش می‌یابد. هم چنین نتایج نشان داد افزایش شیب جاده و زاویه نصب در سطح احتمال

۹۵ درصد به طور معنی داری بر سلامت آب گذر مؤثر است. با افزایش شدت ترافیک و زاویه نصب آب گذر مقدار لرزش آب گذر نیز افزایش نشان داد. علاوه بر این مسلح بودن و عمق آب گذر نیز روی لرزش آب گذر تأثیر مثبت داشت. طوری که کم ترین میزان لرزش در مورد آب گذرهای غیرمسلح که در عمق ۵۰-۱۰۰ سانتی متر، با شیب طولی ۸-۵ درصد و زاویه ۱۰۰-۱۲۰ درجه و در جاده‌های کم ترافیک نصب شده بودند به ثبت رسید. نتایج نشان داد، بین عمق نصب آب گذر و میزان شاخص UPCI همبستگی منفی معنی داری وجود داشت، بدین معنی که با افزایش عمق نصب آب گذر، میزان UPCI کاهش یافت. هم چنین شدت ترافیک و شیب جاده در سطح احتمال ۹۵ درصد بر مقدار شاخص UPCI تأثیر معنی دار داشت. طوری که مقدار شاخص UPCI با افزایش شدت ترافیک از ۴ تردد در روز به بالا کاهش یافت از سوی دیگر میانگین شاخص UPCI با افزایش شیب طولی جاده تا حد بالاتر از ۵ درصد افزایش نشان داد. بررسی عوامل مؤثر بر سلامت آب گذرها نیز نشان داد وقتی شیب جاده از ۵ درصد بیش تر می‌شود، میانگین شاخص سلامت آب گذر به طور معنی داری افزایش یافت؛ بنابراین در نصب آب گذر رعایت عمق (حداقل دو برابر قطر لوله)، مسلح بودن، قطر (۴۰ تا ۱۰۰ سانتی متر برای لوله‌های سیمانی)، شیب طولی جاده (رعایت جداول استاندارد شیب جاده به طور مثال کامیون دو محور حمل چوب با شیب ۶/۳ تا ۱۵ درصد و کامیون سه محور حمل بار با شیب ۳/۳ تا ۱۱ درصد و کامیون پنج محور حمل چوب با شیب ۱/۶ تا ۶ درصد باتوجه به سرعت طرح)، زاویه نصب نسبت به آکس جاده (رعایت زاویه بهینه ۳۰ تا ۴۵ درجه) و در نظر گرفتن شدت ترافیک در طراحی آب گذر می‌تواند در سلامت، لرزش و کارایی و در نتیجه داشتن یک جاده سالم و ایمن و چندمنظوره مؤثر باشد.

منابع

1. Salmalian, M., Mousavi Mirkala, S.R., Erfanian, M., and Hoseinzadeh, O. 2020. Applying the Delphi approach and TOPSIS method in designing forest road networks using GIS. *Forest Research and Development*. 6: 4. 695-713.
2. Akbari Mazdi, R., Lotfalian, M., and Ghanbarpour, M. 2009. Determination of culvert diameter in forest roads. *J. of Wood and Forest Science and Technology*. 16: 1. 89-103.
3. Jan, C.D., Chen, T.H., and Lo, W.C. 2007. Effect of rainfall intensity and distribution on groundwater level fluctuations. *J. of Hydrology*. 332: 3-4. 348-360.
4. Jaafari, A., Najafi, A., Rezaeian, J., and Sattarian, A. 2014. Modeling erosion and sediment delivery from unpaved roads in the north mountainous forest of Iran. *GEM-International J. on Geoathematics*. 6: 2. 343-356.
5. Zare, N., Hosseini, S.A., Hafizi, M.K., and Najafi, A. 2019. Landslide hazard zonation with frequency ratio method (Case study: forest of Mazandaran Wood and Paper Industry). *J. of Watershed Management Research*. 10: 20. 62-71.
6. Hossienpour Asli, K., Akbari, H., Lotfalian, M., Shahedi, K., and Mohammadi Limaei, S. 2018. Technical assessment of culvert diameter on forest roads (Case study: Dehga District, No 35 of Tonekabon Basin), *J. of Forest and Wood Products*. 71: 3. 209-219.
7. Kazemi Talkouei, A., Jourgholami, M., Abbaspour, K., and Fegghi, J. 2019. Simulation runoff and sediment yield in a harvested forest. *Iranian J. of Forest*. 11: 1. 29-41.
8. Arnaez, J., Larrea, V., and Ortigosa, L. 2004. Surface runoff and soil erosion on unpaved forest roads from rainfall simulation tests in Northeastern Spain. *Catena*. 57: 1-14.
9. Kristopher, R.B., Austb, W.M., and McGuire, K.J. 2013. Sediment delivery from bare and graveled forest road-stream crossing approaches in The Virijinia piedmont. *Forest Ecology and Management*. 310: 836-846.
10. Moghadamirad, M., Abedi, E., Mohseni Saravi, M., Rouhani, H., and Majnounian, B. 2013. Effect of Forest road gradient on amount of runoff and sediment. *J. of Forest and Wood products. J. of Natural Resources*. 66: 4. 389-399.
11. Etehadi Abari, M., Majnounian, B., Malekian, A., and Jourgholam, M. 2018. Runoff and sediment variations due to changes in some soil properties following forest harvesting. *Iranian J. of Forest*. 10: 3. 267-278.
12. Burford, D.D. 2002. An assessment of culvert of fish passage barriers in Montana using a multi-tiered approach. masters thesis. Montana State University. Bozeman. Montana. 79p.
13. Dong, J., Zhang, K., and 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.
14. Lopez, A.J., Martinez, Z.L., and bellinfante, N. 2009. Impact of different parts of unpaved forest roads on runoff and sediment yield in a Mediterranean – *Science of The Total Environment*. 407: 2. 937-944.
15. Vahabzadeh, G., Safari, A., Farhoudi, M., Abdollahi, H., Fathizad, H., and Khosravi, G. 2014. Assessment of erosion value and sediment delivery ratio in the unsealed and forest roads. *J. of Water and Soil Science*. 18: 70. 295-313.
16. Khodaei, Gh., Firozan, A., Nikoei, M., and Payam, H. 2010. Investigation of drainage conditions (Culverts, Channels) in the forest road of Makarood. Series 1. *J. of Sciences and Techniques in Natural Resources*. 5: 1. 13-17.
17. Goudarzi, R., and Najafi, A. 2017. Multi-criteria decision-making methods in the management of forest road maintenance, *J. of Forest and Wood Products*. 70: 4. 627-636.
18. Khalil Pour Amiri, H., Hosseini, S.A., and Lotfalian, M. 2007. Drainage design in the forest roads of Neka Estakhr

- Posht. Proceedings of the third watershed conference on water and soil resource management. 73p.
19. Natural Resources and Watershed Organization of the country. 1400. Rehan Abad and Pajim Series 1 forestry plan booklets, Sari.
20. Mahdavi, M. 1995. Applied Hydrology. Tehran University Publications, 362p.
21. Chamorro Giné, M.A. 2012. Development of a sustainable management system for Rural road networks in developing countries. Ph.D. thesis. The University of Waterloo. Ontario. Canada. 216p.
22. Ghajar, I., Pouremam, A., Naghdi, R., and Nikooy, M. 2019. Shade trees effects on some forest road pavement destruction indexes. Iranian J. of Forest and Poplar Research. 27: 1. 77-89.
23. Parsakhoo, A. 2015. Forest Road Construction and Maintenance. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 243p.
24. Yolmeh, G., Parsakhoo, A., Sheykh, V., and Mohamadi, J. 2021. Investigating the performance of the empirical models of SEDMODL2, STJ-EROS, and WARSEM in estimating sediment yield from forest roads (Case study: Dr. Bahramnia forestry plan). J. of Wood and Forest Science and Technology. 28: 2. 75-90.
25. Balapour, Sh., Hosseini, A., and Rajabalipour, M. 2006. Investigating the role of longitudinal slope in road surface collapse (case study: forest road, seri 1 Darabkola). Conference on Natural Resources and Sustainable Development in Caspian Sea fields. 13p.
26. Abdolahi Hosseini, S.A. 2022. The effect of breathing policy on roads and technical infrastructure of forestry projects (case study, Dr. Bahramnia's forestry project), Ph.D. thesis, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, 95p.

