جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۱، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۷
ص ۲۰۹-۲۱۹
DOI: 10.22059/jfwp.2018.253621.902

ارزیابی فنی قطر آبروهای موجود در جاده‌های جنگلی (مطالعهٔ موردی: سری دهگا حوضهٔ ۳۵ تنکابن)

کیوان حسین‌پور اصلی[۱]، حسن اکبری[۲*]، مجید لطفعلیان[۳]، کاکا شاهدی[۴]، سلیمان محمدی لیمائی[۵]

۱. دانشجوی دکتری علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲. استادیار گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳. دانشیار گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۴. دانشیار گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۵. دانشیار گروه جنگلداری، دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۲۶ ، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۱۶

چکیده

رواناب تولیدشده بر اثر بارندگی در مناطق جنگلی و جریان آن روی جاده‌ها می‌تواند عامل تخریب جاده‌ها و اختلال در عبور از آن و مدیریت جنگل شود. تحقیق حاضر با هدف به حداقل رساندن خسارات رواناب به جاده در اثر سیلاب، با تعیین قطر بهینهٔ آبروها انجام گرفت. بدین منظور مطالعه‌ای در مسیر جادهٔ توسکا کلام – لیره‌سر از حوضهٔ ۳۵ تنکابن در ۲۳ زیرحوضهٔ جنگلی انجام گرفت. با استفاده از روش شمارهٔ منحنی، حداکثر دبی رواناب برای دوره‌های بازگشت مختلف هر یک از زیرحوضه‌ها، برحسب متر مکعب بر ثانیه محاسبه شد. سپس با استفاده از نموگراف تعیین قطر لوله‌های سیمانی، قطر بهینهٔ آبروهای زیرحوضه‌ها به‌دست آمد. نتایج نشان داد که در زیرحوضهٔ B3 حداکثر دبی رواناب برای دوره‌های بازگشت ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله به‌ترتیب ۳/۳۷، ۴/۴۸، ۶/۰۴، ۷/۲۹ و ۸/۶۳ متر مکعب بر ثانیه است که قطر آبروی موجود آن، برای عبور حداکثر دبی رواناب بیشتر از دورهٔ بازگشت ۵ ساله مناسب نیست و در زیرحوضهٔ B23 حداکثر دبی رواناب برای دوره‌های بازگشت ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله به‌ترتیب ۲/۲۴، ۴/۰۲،۲/۹۸، ۴/۸۶ و ۵/۷۵ متر مکعب بر ثانیه است که قطر آبروی موجود آن، برای عبور حداکثر دبی رواناب برای دوره بازگشت‌های مختلف بیش از مقدار بهینه است؛ در زیرحوضهٔ B9 حداکثر دبی رواناب برای دوره‌های بازگشت ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله به‌ترتیب ۲/۸، ۳/۷۳، ۵/۰۲، ۶/۰۶ و ۷/۱۷ متر مکعب بر ثانیه است که قطر آبروی موجود آن، برای عبور حداکثر دبی رواناب برای دوره‌های بازگشت مختلف دارای مقدار بهینه است.

واژه‌های کلیدی: آبرو، حداکثر دبی رواناب، دورهٔ بازگشت، روش شمارهٔ منحنی، زیرحوضه.

مقدمه

جاده‌های جنگلی امروزه اهمیت زیادی در زمینهٔ جنگلداری، جنگل‌شناسی، بهره‌برداری و ایجاد امکان دسترسی سریع و آسان به منابع و مناطق جنگلی، خروج چوب، حفاظت، جنگلکاری و تفرج دارند و ابزار مدیریت و جزئی جدانشدنی از منابع طبیعی محسوب می‌شوند. شبکهٔ جاده در جنگل، به‌عنوان ابزار اصلی مدیریت و از عمده سرمایه‌گذاری‌های جنگلداری محسوب می‌شود [۱].

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۲۵۹۰۹۱۲
Email: hassan_akbarivas@yahoo.com

در همهٔ مراحل تهیهٔ پروژه و ساخت جاده‌های جنگلی سعی بر این است که شبکهٔ جاده ای طراحی و ساخته شود، به‌گونه‌ای که علاوه‌بر دسترسی آسان به همهٔ سطح جنگل، کمترین صدمه را به محیط زیست بزند. کوتاهی در این زمینه به آسیب فراوان و تخریب خاک جنگل، به‌ویژه توسط جریان تندآب و فرسایش ناشی از آن منجر خواهد شد [۲]. عوامل مختلفی در تخریب جاده‌های جنگلی دخالت دارند که مهم ترین آنها، رواناب تولیدشده بر اثر بارندگی است که به‌طور مستقیم ساختمان جاده‌های جنگلی را تهدید می‌کند [۳]. برای جلوگیری از تخریب جاده در اثر رواناب، هدایت آب به درون کانال کناری و احداث آبروها[1] ضروری است [۴]. احداث و نگهداری جاده‌های جنگلی در مناطق کوهستانی با توجه به بارندگی‌های فراوان و توپوگرافی خاص این مناطق، نیازمند رعایت اصول مهمی در زمینهٔ هدایت، کنترل و زهکشی آب در مسیر جاده‌هاست. جایگاه مهم حفاظت جاده‌های جنگلی از جریان‌های آب، زمانی بیشتر روشن می‌شود که بدانیم آب مهم‌ترین عامل تخریب جاده شناخته شده است [۵]. احداث جاده به‌دلیل ایجاد برش عرضی در دامنه، در صورت نداشتن ابنیهٔ زهکشی، سبب ایجاد رواناب در سطح جاده یا ترانشهٔ خاکریز شده و در نتیجه موجب فرسایش شدید می‌شود. از این‌رو باید به‌نحو مطلوب این رواناب را از طریق احداث کانال‌های کناری جاده هدایت کرد و در محل تلاقی جاده با آبراهه‌ها به‌وسیلهٔ ابنیه فنی نظیر پل، آبرو و سرریز یا آب‌نما از دامنهٔ بالادست به‌سمت پایین‌دست انتقال داد [۳]. تاکنون تحقیقات متعددی برای تعیین دبی اوج لحظه‌ای زیرحوضه‌های مناطق جنگلی از روش‌های مختلف و محاسبهٔ قطر و تعداد آبروها در جاده‌های جنگلی انجام گرفته است. اکبری مزدی و همکاران [۶] در پژوهشی به‌منظور تعیین مقدار دبی آب زیرحوضه‌ها و به‌تبع آن تعیین قطر لوله‌های عرضی جاده‌های جنگلی به‌منظور زهکشی برای جلوگیری از تخریب، از روش شمارهٔ منحنی[2] استفاده کرد. او در این روش برای محاسبهٔ زمان تمرکز از روش کرپیچ استفاده کرد و نتیجه گرفت که هرچه زمان تمرکز زیرحوضه کمتر باشد، ارتفاع رواناب آن بیشتر می‌شود و دبی اوج لحظه‌ای آن افزایش می‌یابد. مجنونیان و همکاران [۷] در تحقیقی با هدف طراحی زهکشی جاده با استفاده از روش استدلالی به‌منظور کاهش تخریب آن توسط آب به این نتیجه رسیدند که در خط القعرها با تعیین مقدار دبی با در نظر گرفتن شدت بارندگی، ضریب رواناب سطحی، مساحت منطقه، شرایط هیدرولوژیکی، پوشش گیاهی و شرایط توپوگرافی می‌توان قطر لوله مناسب را به‌دست آورد. خدایی و همکاران [۳] با بررسی زهکش های عرضی (آبروها و آبگذرها) در جاده‌های جنگلی با استفاده از روش استدلالی، نتیجه گرفتند که از مجموع ۷۰ آبروِ احداث شده در مسیرها در حدود ۹۰ درصد توانایی عبور دبی سیلابی با دورهٔ بازگشت فقط ۲ساله، ۷۰ درصد توانایی عبور دبی ۵ساله، ۵۰ درصد توانایی عبور دبی ۱۰ساله، ۳۵ درصد توانایی عبور دبی ۲۵ و ۵۰ساله و کمتر از ۳۰ درصد توانایی عبور دبی ۱۰۰ساله را دارند. [۸] در تحقیقی با بررسی وضعیت لوله‌های موجود در جادهٔ جنگلی این نکته را لحاظ کرد که اگر بنا به عللی قرار باشد لوله‌ای جایگزین لولهٔ دیگر شود، بررسی سابقهٔ قبلی لوله مدنظر قرار گیرد. همچنین بیان شده است که سابقهٔ سیل، فرسایش دامنهٔ خاک‌برداری و خاک ریزی و نگهداری و حفاظت مکرر جاده نشان دهندهٔ این است که زهکش موجود برای عبور جریان کافی نیست. یافته‌های محققان حاکی از آن است که تعیین دبی اوج لحظه‌ای زیرحوضه‌های منتهی به جادهٔ جنگلی اهمیت زیادی در محاسبهٔ قطر و تعداد آبروها در جاده‌های جنگلی دارد و در این راستا هرچقدر از روش‌های دقیق‌تر

1. Culverts

2. Curve number

در برآورد دبی اوج لحظه‌ای استفاده شود، سازه‌های زهکشی با ابعاد بهینه می‌توان طراحی کرد. در روش استدلالی برآورد مبتنی به وسعت حوضه و شدت بارندگی و ضریب رواناب است و در روش شمارهٔ منحنی، علاوه بر عوامل وسعت حوضه و بارش به رطوبت اولیه و بافت خاک حوضه توجه دارد که در نگهداشت اولیهٔ رواناب مؤثر است. از این‌رو هرچقدر برآورد دبی اوج لحظه‌ای در دوره‌های بازگشت مختلف دقیق‌تر باشد، قطر و تعداد آبروها در جاده‌های جنگلی بهینه محاسبه می‌شود.

متأسفانه در بعضی از جاده‌های جنگلی، محاسبهٔ قطر و تعداد آبروها با استفاده از تحقیقات هیدرولوژی صورت نگرفته، بلکه براساس تجربه یا بودجهٔ ساخت انجام گرفته است. از این‌رو مسائل مهمی از قبیل توجه به تولید مستمر و پایدار جنگل از طریق جلوگیری از هدر رفتن سرمایه‌گذاری‌ها در جادهٔ جنگلی و پیشگیری از اختلال حمل‌ونقل محصولات جنگلی، کاهش رسوبات حاصل از ساخت جاده و تداوم ترافیک جاده‌ای و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری آتی جاده‌های جنگلی توسط طراحی اصولی زهکشی جاده‌های جنگلی از طریق برآورد دقیق حداکثر رواناب و دبی زیرحوضه‌ها و اجرای برخی محاسبات با در نظر گرفتن قطر بهینهٔ لوله‌های زهکش (آبروها) و ارزیابی فنی قطر آبروهای نصب‌شده در جاده‌های جنگلی و مقدار دبی اوج لحظه‌ای این آبروها در دوره‌های بازگشت مختلف، ضرورت این تحقیق را بیان می‌کند. بدین منظور در محور جادهٔ توساکلام – لیره‌سر در حوضهٔ آبخیز ۳۵ شهرستان تنکابن که از نوع جادهٔ جنگلی درجه دو است، برای ارزیابی فنی و تعیین قطر بهینهٔ آبروها از روش شمارهٔ منحنی به‌منظور برآورد دبی حداکثر رواناب لحظه‌ای استفاده شد. سپس مقادیر به‌دست‌آمده با مقادیر موجود قطر آبروها در جاده مقایسه و براساس معیارهای فنی، بهترین قطر آبرو برای جادهٔ مورد نظر انتخاب شد. با به‌کار بستن نتایج چنین تحقیقاتی می‌توان از تخریب ناشی از قطر کم لوله‌ها در خط‌القعرها جلوگیری کرد و همچنین از هزینه‌های خرید و نصب لوله‌هایی با قطر اضافی کاست.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ تحقیق

این تحقیق در جنگل‌های شمال ایران و در حوضهٔ آبخیز ۳۵ لیره‌سر در محدودهٔ استحفاظی اداره‌های منابع طبیعی تنکابن انجام گرفت. حوضهٔ آبخیز تحت مطالعه از نظر مختصات جغرافیایی در حد فاصل ″۱۰ ′۵۰ °۵۰ تا ″۳۳ ′۵۰ °۵۰ طول شرقی و ″۵۲ ′۳۸ °۳۶ تا ″۴ ′۴۴ °۳۶ عرض شمالی قرار گرفته است. وضعیت آب‌وهوایی منطقه با استفاده از تحلیل اطلاعات ایستگاه باران‌سنجی هرات‌بر به دست آمد که در فاصلهٔ افقی ۹ کیلومتری از منطقهٔ تحقیق و در ارتفاع ۱۴۱ متر از سطح دریا واقع شده است. سری دهگا دارای چندین محور جاده به طول ۳۰ کیلومتر است که تحقیق حاضر در محور توسکا کلام – لیره‌سر به طول ۹ کیلومتر در حد ارتفاعی ۵۰۰ تا ۷۰۰ متر از سطح دریا که سراسر خاکی است انجام گرفت.

روش پژوهش

نقشه‌های توپوگرافی، کاربری اراضی و خاک منطقه در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ از ادارهٔ کل منابع طبیعی و آبخیزداری نوشهر [۹] و نقشهٔ شیب، جاده و شبکهٔ هیدروگرافی به‌صورت لایه‌های جداگانه در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد. سپس در مسیر جادهٔ جنگلی تحت مطالعه، موقعیت جغرافیایی خط‌القعرها و آبروها، به‌وسیلهٔ دستگاه GPS مشخص و قطر آبروهای موجود در جدول‌های مربوط ثبت شد. پس از انتقال مسیر جادهٔ جنگلی تحت مطالعه روی نقشهٔ توپوگرافی، به منظور تعیین نواحی زهکشی، مرز هر یک از واحدهای هیدرولوژیک بعد از تهیهٔ نقشهٔ مدل رقومی ارتفاعی (DEM[1]) با استفاده از

1. Digital Elevation Model

روش تجمیع جریانات سطحی[1] توسط نرم‌افزار ArcGIS مشخص شد. به‌وسیلهٔ نرم‌افزار یادشده ۲۳ زیرحوضهٔ منطقهٔ تحقیق ترسیم شد (شکل ۲). در هر یک از این واحدهای هیدرولوژیک خصوصیات فیزیوگرافی شامل مساحت، طول زیرحوضه، طول آبراهه، و حداقل و حداکثر ارتفاع خطوط میزان، شیب، توسط نرم افزار ArcGIS استخراج و سپس در هر یک از واحدهای هیدرولوژیک، حداکثر رواناب لحظه‌ای در دوره‌های بازگشت مختلف برآورد شد. در این تحقیق به‌دلیل نبود آمار ایستگاه هیدرومتری و نقصان داده‌های مربوط به جریان و به‌دلیل کوچک بودن سطوح تحت زهکشی منطقهٔ تحقیق و با در اختیار داشتن آمار بارندگی منطقه، از روش شمارهٔ منحنی برای برآورد حداکثر رواناب لحظه‌ای استفاده شد. برای تهیهٔ آمار بارندگی روزانه، ایستگاه‌های باران‌سنجی منطقه بررسی شد. ایستگاه هرات‌بر به‌عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه برای تحقیق انتخاب شد. دورهٔ آماری این ایستگاه از سال ۱۳۴۸ تا ۱۳۹۳ است. روش شمارهٔ منحنی برای تخمین رواناب مناسب است؛ در این روش مفروضات به‌روشنی بیان شده و به اطلاعات کمتری نیاز است [۱۰]. روش شمارهٔ منحنی براساس مشاهدات متعدد در حوضه‌های معروف و در اقلیم‌های مختلف توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا[2] (SCS) بنا شده است [۱۱]. این روش به‌طور گسترده به‌عنوان یک روش ساده برای پیش‌بینی حجم مستقیم رواناب برای یک رویداد بارش باران استفاده می‌شود [۱۲]. در این روش ارتفاع رواناب ناشی از بارش از رابطهٔ ۱ به دست می‌آید:

$$Q=\frac{(P-۰/۲S)^۲}{P+۰/۸S} \qquad p>۰/۲S \qquad (۱)$$

Qارتفاع رواناب به میلی‌متر و P ارتفاع بارندگی ۲۴ ساعته برحسب میلی‌متر است که با استفاده از نرم‌افزار هیدرولوژی اسمادا[3] برای دوره‌های بازگشت مختلف و اطلاعات بارندگی ۴۸ سالهٔ ایستگاه باران سنجی هرات‌بر، براساس توزیع لوگ پیرسون نوع سوم برای منطقهٔ تحقیق به‌دست آمد. S حداکثر توان نگهداری مربوط به ربایش[4] و نفوذ در خاک و ذخیره سطحی برحسب میلی‌متر است که از رابطهٔ ۲ حاصل می‌شود:

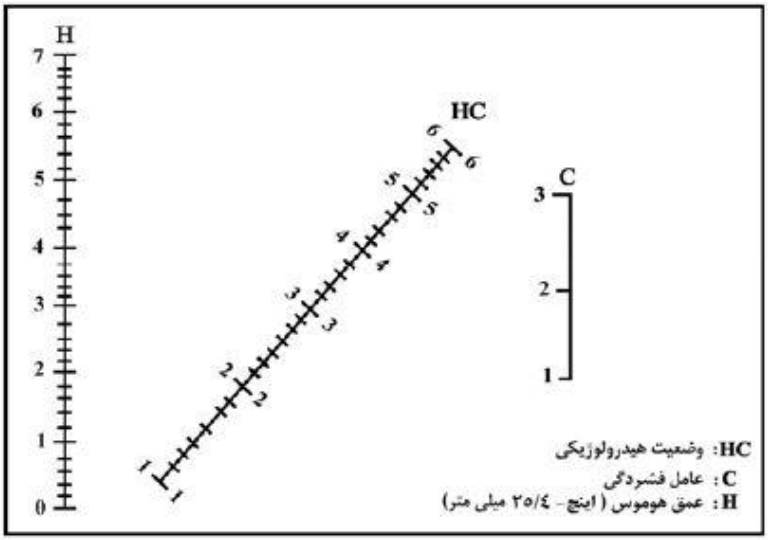
$$S=\frac{۲۵۴۰۰}{CN}-۲۵۴ \qquad (۲)$$

CN از روی وضعیت هیدرولوژیکی کاربری اراضی، گروه هیدرولوژیکی خاک و وضعیت رطوبت پیشین خاک[5] (AMC) به‌دست آمد. خاک‌ها ازنظر ویژگی‌های هیدرولوژیکی و تولید رواناب سطحی به چهار گروه اصلی A، B، C و D تقسیم می‌شوند [۱۳]. مشخصات این گروه‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. وضعیت هیدرولوژیکی به سه نوع وضعیت هیدرولوژیکی خوب (تولید رواناب در سطح حوضه کم است)، متوسط (تولید رواناب در سطح حوضه متوسط است) و ضعیف (تولید رواناب در سطح حوضه زیاد است) تقسیم می‌شود؛ بنابراین وضعیت هیدرولوژیکی متأثر از نوع و چگونگی استفاده از زمین است. وضعیت هیدرولوژیکی در اراضی جنگلی به عواملی چون نوع و تراکم پوشش گیاهی، مقدار لاشبرگ در کف جنگل، عمق و نوع هوموس، شدت چرا و میزان بهره‌برداری و دخالت در اراضی جنگلی بستگی دارد. روش‌های متعددی برای ارزیابی وضعیت هیدرولوژیکی اراضی جنگلی وجود دارد. سازمان جنگلبانی آمریکا یک دستورالعمل نموداری به‌صورت شکل ۱ ارائه کرده است. در این شکل سه حالت درجهٔ فشردگی(C) برای تعیین وضعیت هیدرولوژیکی اراضی جنگلی ارائه شده است (H عمق هوموس،C فشردگی لایهٔ سطحی و HC وضعیت هیدرولوژیکی خاک).

پس از تعیین عمق هوموس و درجهٔ فشردگی لایهٔ

1. Accumulation Flow
2. Soil Conservation Service
3. Smada
4. Interception
5. Antecident Moisture Conditions

سطحی، وضعیت هیدرولوژیکی به‌کمک شکل ۱ در شش رده به‌دست می‌آید. پس از تعیین وضعیت هیدرولوژیکی برای اراضی جنگلی، به‌کمک شکل ۱ شمارهٔ منحنی (CN) برحسب گروه هیدرولوژیکی خاک‌ها از جدول ۲ محاسبه می‌شود. باید دقت شود که CN موجود در این جدول با فرض وضعیت رطوبت اولیه II بنا شده است. براساس (SCS) رطوبت اولیهٔ خاک به سه حالت I، II، III با استفاده از مجموع بارندگی پنج روز قبل در دو فصل رشد و خواب گیاه، تفکیک شده است. مقدار بارش پیشین برای تعیین وضعیت رطوبت اولیه برحسب فصل سال نیز متغیر است. ازاین‌رو برای دورهٔ رویش (فصل رشد) و دورهٔ خواب گیاه (فصل خواب) میزان متفاوتی از رطوبت ارائه شده است. سازمان حفاظت خاک آمریکا جدول ۳ را پیشنهاد کرده است.



شکل ۱. وضعیت هیدرولوژیکی زمین‌های جنگلی (عمق هوموس برحسب اینچ) [۱۴]

جدول ۱. گروه‌های هیدرولوژیک خاک با توجه به حداقل نفوذپذیری [۱۴]

گروه‌های هیدرولوژیک خاک	شدت نفوذ به اینچ بر ساعت	نوع خاک	توانایی تولید رواناب
A	بیش از ۳	شنی و قلوه‌سنگ	کم
B	۳- ۱/۵	شنی لومی- شنی رسی	متوسط
C	۱/۵- ۰/۵	لومی، لومی رسی دارای لبهٔ سخت در عمق خاک	به‌نسبت زیاد
D	کمتر از ۰/۵	رسی، خاک شور، سنگ، جاده، آسفالت، بتن، خاک‌های کم‌عمق	خیلی زیاد

جدول ۲. شمارهٔ منحنی (CN) برای اراضی جنگلی [۱۴]

ردهٔ وضعیت هیدرولوژیکی	گروه هیدرولوژیکی خاک‌ها			
	A	B	C	D
بسیار فقیر (۱/۹-۱)	۵۶	۷۵	۸۶	۹۱
فقیر (۲/۹-۲)	۴۶	۶۸	۷۸	۸۴
متوسط (۳/۹-۳)	۳۶	۶۰	۷۰	۷۶
خوب (۴/۹-۴)	۲۶	۵۲	۶۲	۶۹
عالی (۵/۹-۵)	۱۵	۴۴	۵۴	۶۱

جدول ۳. ارتفاع بارندگی پیشین برای دورهٔ خواب و رویش [۱۴]

وضعیت رطوبت اولیه (AMC)	مجموع بارندگی در ۵ روز قبل از بارش مورد نظر (میلی‌متر)	
	فصل خواب	فصل رشد
I	کمتر از ۱۲/۷	کمتر از ۳۵/۶
II	۱۲/۷–۲۷/۹	۳۵/۶ – ۵۳/۳
III	بیشتر از ۲۷/۹	بیشتر از ۵۳/۳

حداکثر دبی رواناب هر زیرحوضه بر اساس رابطهٔ ۳ به‌دست می‌آید و برای مناطق کوهستانی ۲۰ درصد به ضریب ۲/۰۸۳ افزوده می‌شود [۱۵].

$$Q_{max} = \frac{۲/۰۸۳A \cdot Q}{t_p} \quad (۳)$$

Qmax دبی حداکثر لحظه‌ای به متر مکعب بر ثانیه، A سطح حوضه به کیلومتر مربع، tp زمان تا اوج به ساعت، و Q ارتفاع بارش مازاد به سانتی‌متر است که بر اساس روش شمارهٔ منحنی محاسبه می شود. در رابطهٔ ۴، tp زمان اوج برحسب دقیقه و TC زمان تمرکز برحسب دقیقه است.

$$t_p = \sqrt{T_C} + ۰/۶T_C \quad (۴)$$

دقیق ترین راه به‌دست آوردن زمان تمرکز استفاده از هیدروگراف بارش مازاد هیدروگراف سیل است که می‌تواند به‌صورت واقعی این فاصلهٔ زمانی را مشخص کند. به دلیل نداشتن هیدروگراف، زمان تمرکز از رابطهٔ ۵ کریپچ ایالت تنسی آمریکا استفاده شد.

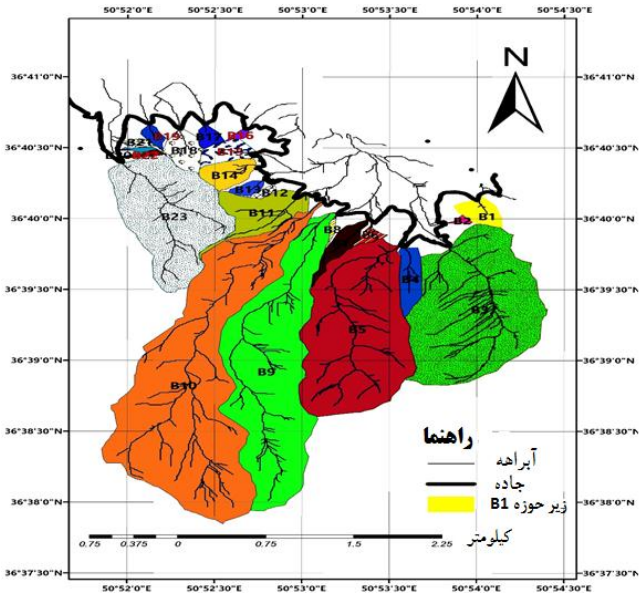
$$T_C = ۰/۰۱۹۵L^{۰/۷۷}S^{-۰/۳۸۵} \quad (۵)$$

L طول بزرگ‌ترین مسیر آبراهه در زیرحوضه به متر و S شیب مسیر آب به متر بر متر است [۶]. بعد از به‌دست آوردن دبی حداکثر لحظه‌ای برای دوره‌های بازگشت مختلف از روش شمارهٔ منحنی برای همهٔ زیرحوضه‌ها نوبت به محاسبهٔ قطر آبرو مورد نیاز در انتهای زیرحوضه‌ها، برای انتقال رواناب از زیر جاده می‌رسد. قطر آبرو با توجه به دبی حداکثر لحظه‌ای برای دوره‌های بازگشت مختلف، ارتفاع مجاز آب هنگام ورود به آبرو، شکل آبرو و احتمال گرفتگی آبرو در اثر رسوبات، انتخاب می‌شود. مسئلهٔ مهم در انتخاب قطر آبرو آن است که بتواند دبی آب تخمین زده شده برای یک دورهٔ برگشت معین را بدون احتمال خطر انبار شدن و بالا آمدن آب از ارتفاعی مشخص و به‌خصوص بدون ایجاد طغیان، بالا زدن و احیاناً عبور آب از سطح راه عبور دهد. با توجه به حداکثر دبی رواناب لحظه‌ای هر زیرحوضه و تبدیل آن به فوت مکعب در ثانیه و با در نظر گرفتن رابطهٔ منطقی ارتفاع آب پشت آبرو در سمت ورودی به قطر آبرو ($\frac{H}{D} = 1.5$)، براساس نموگراف برآورد قطر لوله‌های سیمانی (براساس سه محور عمودی مدرج، طرف راست محور عمودی مدرج بنابر معادلهٔ ارتفاع آب در دهانهٔ لوله تقسیم بر قطر لوله، محور میانی شامل دبی اوج سیلاب در مقادیر مختلف برحسب فوت مکعب بر ثانیه و در نهایت محور عمودی طرف چپ که قطر لوله‌هاست)، قطر آبروهای هر زیرحوضه به‌دست می‌آید [۱۶]. بعد از برآورد قطر آبروهای هر زیرحوضه در مسیر جاده و مقایسهٔ آن با قطر آبروهای موجود در جاده، ارزیابی فنی قطر آبروهای جادهٔ جنگلی انجام گرفت.

نتایج و بحث

نقشه زیرحوضه‌ها در شکل ۲ آورده شده است. بهترین توزیع آماری برای دستیابی به ارتفاع بارندگی ۲۴ ساعته برای دوره‌های بازگشت مختلف در جدول ۴ نشان داده شده است.

پس از تعیین هر یک از فاکتورهای مورد نیاز در رابطهٔ ۳، دبی اوج لحظه‌ای ۲۳ زیرحوضه برای دوره‌های بازگشت مختلف به‌دست آمد. زیرحوضه‌هایی که خروجی آنها بیشترین دبی اوج لحظه‌ای برای دوره‌های بازگشت مختلف را داشتند و می‌توانند در صورت عدم طراحی سازه‌های زهکشی ازجمله عدم تعیین قطر مناسب آبروها، سبب خرابی جاده شوند، در جدول ۵ نتایج آنها آورده شد.



شکل ۲. زیرحوضه‌های منطقهٔ تحقیق

جدول ۴. پیش‌بینی ارتفاع بارندگی ۲۴ ساعته برای دوره‌های بازگشت مختلف براساس توزیع آماری لوگ پیرسون نوع سه

احتمال رخداد	دورهٔ بازگشت	ارتفاع بارندگی ۲۴ ساعته (میلی‌متر)	انحراف معیار
۰/۹۹	۱۰۰	۲۸۶/۷	۵۱/۶
۰/۹۸	۵۰	۲۵۲/۸	۳۷/۶
۰/۹۶	۲۵	۲۲۰/۳	۲۶/۴
۰/۹	۱۰	۱۷۹/۳	۱۵/۸
۰/۸	۵	۱۴۸/۷	۱۰/۷

جدول ۵. برآورد متغیرهای حداکثر دبی رواناب

زیرحوضه	B3	B5	B9	B10	B11	B23
مساحت (کیلومتر مربع)	۱/۷۸	۱/۷۱	۱/۹۴	۲/۹	۰/۳۵	۱/۱۲۷
زمان تمرکز (دقیقه)	۱۱/۹	۱۱/۳۵	۱۶/۳۶	۱۴/۴۵	۷/۳	۱۱/۱۹
زمان تا اوج (ساعت)	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۶۸	۰/۶۳	۰/۴۲	۰/۵۴
حداکثر توان نگهداری (میلی‌متر)	۸۴/۶	۸۴/۶	۸۴/۶	۸۴/۶	۸۴/۶	۸۴/۶
وضعیت هیدرولوژیکی اراضی	۲	۲	۲	۲	۲	۲
گروه هیدرولوژیکی خاک	C	C	C	C	C	C
ارتفاع رواناب دورهٔ بازگشت ۵ ساله (سانتی‌متر)	۸/۰۱	۸/۰۱	۸/۰۱	۸/۰۱	۸/۰۱	۸/۰۱
ارتفاع رواناب دورهٔ بازگشت ۱۰ ساله (سانتی‌متر)	۱۰/۶۶	۱۰/۶۶	۱۰/۶۶	۱۰/۶۶	۱۰/۶۶	۱۰/۶۶
ارتفاع رواناب دورهٔ بازگشت ۲۵ ساله (سانتی‌متر)	۱۴/۳۶	۱۴/۳۶	۱۴/۳۶	۱۴/۳۶	۱۴/۳۶	۱۴/۳۶
ارتفاع رواناب دورهٔ بازگشت ۵۰ ساله (سانتی‌متر)	۱۷/۳۵	۱۷/۳۵	۱۷/۳۵	۱۷/۳۵	۱۷/۳۵	۱۷/۳۵
ارتفاع رواناب دورهٔ بازگشت ۱۰۰ ساله (سانتی‌متر)	۲۰/۵۲	۲۰/۵۲	۲۰/۵۲	۲۰/۵۲	۲۰/۵۲	۲۰/۵۲
دبی اوج لحظه‌ای ۵ ساله (متر مکعب بر ثانیه)	۳/۳۷	۳/۳۸	۲/۸	۴/۶۶	۰/۹۹	۲/۲۴
دبی اوج لحظه‌ای ۱۰ ساله (متر مکعب بر ثانیه)	۴/۴۸	۴/۵	۳/۷۳	۶/۲۱	۱/۳۲	۲/۹۸
دبی اوج لحظه‌ای ۲۵ ساله (متر مکعب بر ثانیه)	۶/۰۴	۶/۰۶	۵/۰۲	۸/۳۶	۱/۷۸	۴/۰۲
دبی اوج لحظه‌ای ۵۰ ساله (متر مکعب بر ثانیه)	۷/۲۹	۷/۳۲	۶/۰۶	۱۰/۱	۲/۱۵	۴/۸۶
دبی اوج لحظه‌ای ۱۰۰ ساله (متر مکعب بر ثانیه)	۸/۶۳	۸/۶۶	۷/۱۷	۱۱/۹۵	۲/۵۵	۵/۷۵

جدول ۶. قطر آبروهای موجود و برآوردی زیرحوضه‌ها

زیرحوضه	B3	B5	B9	B10	B11	B23
قطر لولهٔ عرضی موجود (سانتی‌متر)	۱۰۰	۱۶۰	۱۶۰	۲۰۰	۸۰	۲۰۰
قطر برآوردی لولهٔ عرضی برای دورهٔ بازگشت ۵ ساله (سانتی‌متر)	۱۲۰	۱۲۰	.۱۱۰	۱۴۰	۷۵	۱۰۰
قطر برآوردی لولهٔ عرضی برای دورهٔ بازگشت ۱۰ ساله (سانتی‌متر)	۱۴۰	۱۴۰	۱۲۵	۱۶۰	۸۰	۱۱۵
قطر برآوردی لولهٔ عرضی برای دورهٔ بازگشت ۲۵ ساله (سانتی‌متر)	۱۶۰	۱۶۰	۱۴۵	۱۷۰	۹۵	۱۳۰
قطر برآوردی لولهٔ عرضی برای دورهٔ بازگشت ۵۰ ساله (سانتی‌متر)	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۰	۲۰۰	۱۰۰	۱۴۰
قطر برآوردی لولهٔ عرضی برای دورهٔ بازگشت ۱۰۰ ساله (سانتی‌متر)	۱۸۰	۱۸۰	۱۶۰	۲۱۰	۱۱۰	۱۵۰

پس از برآورد دبی اوج لحظه‌ای زیرحوضه‌ها برای دورهٔ بازگشت مختلف، قطر موجود و قطر برآوردی لوله‌های عرضی برحسب سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۶).

به دلیل اینکه زیرحوضه‌های منتهی به جادهٔ جنگلی فاقد ایستگاه‌های هیدرومتری هستند و آمار و اطلاعات هیدرولوژیکی ثبت‌شده از آنها موجود نیست، برای برآورد اطلاعات هیدرولوژیک ضروری نظیر ارتفاع رواناب و دبی اوج لحظه‌ای همانند بررسی اکبری مزدی [۶] از روش تجربی شمارهٔ منحنی استفاده شد. او به این نتیجه رسید که هرچه زمان تمرکز زیرحوضه کوچک‌تر باشد، ارتفاع رواناب آن بیشتر می‌شود و دبی اوج لحظه‌ای آن افزایش می‌یابد که نتایج این پژوهش، این موضوع را تأیید می‌کند [۶]. نتایج بررسی مجنونیان و همکاران [۷] به تأثیر مساحت زیرحوضه‌ها در برآورد دبی اوج لحظه‌ای و محاسبهٔ قطر آبروها در خط‌القعرها اشاره کرده است؛ هرچقدر مساحت زیرحوضه‌ها بیشتر باشد، دبی اوج لحظه‌ای در نقطهٔ تلاقی جاده با خط‌القعر زیادتر می‌شود و به آبروهای قطورتری نیاز است که در بررسی حاضر نیز نقش مساحت زیرحوضه‌ها در مقدار دبی اوج لحظه‌ای نشان داده شده است. زیرحوضه‌های وسیع‌تر، بیشترین دبی اوج لحظه‌ای برای دوره‌های بازگشت مختلف را دارند [۷]. همچنین مساحت حوضهٔ تحت مطالعه تأثیر تعیین کننده‌ای در روش تعیین دبی رواناب دارد. در مساحت‌های کوچک مانند زیرحوضه‌های جنگلی، از روش‌های تجربی مانند شمارهٔ منحنی استفاده می‌شود [۱۵،۱۷]. آنچه در این مقاله بررسی شده، تعیین قطر آبروها براساس میزان دبی آب زیرحوضه ها در محل خط‌القعرهاست که با استفاده از روش شمارهٔ منحنی این میزان دبی به‌دست آمد. در زیرحوضه هایی که حداکثر دبی لحظه ای رواناب آنها زیاد است، مشکل تعیین قطر بهینه وجود دارد و در مورد زیرحوضه‌هایی که دبی اوج لحظه‌ای آنها برای دوره‌های بازگشت مختلف اندک است و قطر برآوردی آبروها برای دوره‌های بازگشت مختلف، کمتر از ۸۰ سانتی‌متر است، با توجه به دستورالعمل سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری که حداقل قطر آبروهای قابل نصب در جاده های جنگلی ۸۰ سانتی‌متر مشخص شده، مشکلی از نظر تعیین قطر بهینه وجود ندارد [۱۸].

منطقهٔ تحقیق کاملاً جنگلی است؛ این مناطق به‌واسطهٔ ربایش بارش که توسط پوشش گیاهی ایجاد می‌شود، رواناب کمتری از مناطق غیرجنگلی ایجاد می‌کند. بافت خاک زمین‌های مورد تحقیق از نوع بافت لومی رسی است که این نوع بافت‌ها، توانایی تولید رواناب زیادی دارند. ضخامت و نوع هوموس، شدت چرا و مقدار بهره‌برداری در زیرحوضه های منطقه به منظور تعیین وضعیت هیدرولیکی

اراضی و گروه هیدرولوژیکی خاک نزدیک به هم هستند؛ ازاین‌رو وضعیت هیدرولیکی اراضی و گروه هیدرولوژیکی خاک، همهٔ زیرحوضه‌ها مشابه است و مقدار بارندگی برای همهٔ زیرحوضه‌ها نیز برابر است، درنتیجه عوامل تأثیرگذار بر دبی اوج لحظه‌ای، وسعت زیرحوضه، زمان تمرکز و زمان تا اوج آنهاست. هرچه وسعت زیرحوضه بیشتر و زمان تمرکزش کوچک‌تر باشد، دبی اوج لحظه‌ای برای دوره‌های بازگشت مختلف بیشتر خواهد بود. مقدار زمان تمرکز به طول آبراهه و مقدار شیب مسیر آبراهه بستگی دارد. هرچه طول آبراهه کوتاه‌تر و درصد شیب مسیر بیشتر باشد، زمان تمرکز کاهش می‌یابد و بر شدت رواناب، مقدار دبی اوج لحظه‌ای و قدرت تخریبی آن افزوده خواهد شد که با نتایج بررسی مجنونیان و همکاران مطابقت دارد [۷]. جدول ۶ نشان می‌دهد که قطر آبروهای موجود در مسیر جادهٔ مورد مطالعه، قابلیت عبور رواناب یا دبی اوج لحظه ای چه دورهٔ بازگشتی از خود را دارند. این نتایج با بررسی خدایی و همکاران هم‌راستاست که مشخص می‌کند تعدادی از آبروهای نصب‌شده در بعضی جاده‌های جنگلی به‌علت نبود مطالعات هیدرولوژی دقیق، قابلیت عبور دبی اوج لحظه‌ای با دورهٔ بازگشت مختلف را ندارند [۳]. دورهٔ بازگشت را با توجه به عمر مفید جاده یا مدت استفاده از تأسیسات در نظر می‌گیرند که در جاده‌های جنگلی به‌طور معمول ۲۵ تا ۵۰ سال است [۱۹]. اغلب با توجه به عمر مفید جاده، لولهٔ عرضی جاده باید قابلیت عبور دبی اوج لحظه‌ای دورهٔ بازگشت معادل عمر مفید را داشته باشد؛ در غیر این صورت ما با تخریب جاده و سازه‌های زهکشی و خسارات جبران‌ناپذیر در طول عمر مفید جاده مواجه خواهیم بود. جدول ۶ نشان می‌دهد که آبروی زیرحوضهٔ B3 قابلیت عبور دبی اوج لحظه‌ای با دورهٔ بازگشت ۵ سال به بالا و آبروهای زیرحوضهٔ B11 قابلیت عبور دبی اوج لحظه‌ای با دورهٔ بازگشت ۱۰ سال به بالا را ندارند. اگر عمر مفید جاده ۵۰ سال در نظر گرفته شود، برای جلوگیری از خرابی جاده و سازه های زهکشی و اختلال در آمدوشد و مدیریت جنگل، ناگزیر از احداث آبروهای اضافی یا جایگزین خواهیم بود. این نتایج همانند تحقیق [۸] نشان می‌دهد که در صورت زهکشی نامناسب آبروها، ناگزیر از تعویض و جایگزینی آن خواهیم بود. همچنین جدول ۶ نشان می‌دهد که قطر آبروهای واقع‌شده در زیرحوضه‌های B5،B9 و B10 دارای مقدار بهینه است و قابلیت عبور دبی حداکثر رواناب دوره‌های بازگشت مختلف را دارد و همچنین قطر آبرو زیرحوضهٔ B23 از مقدار بهینه بیشتر است که خود مستلزم هزینهٔ احداث زیادی شده است. باید یادآوری کرد که بخشی از پارامترهای اصلی مورد نیاز در چنین تحقیقاتی از نقشه‌های مرتبط با خاک استخراج می‌شوند، از این‌رو نقشه‌ها باید از صحتی مناسب برخوردار باشند. در این تحقیق فرض بر این بود که نقشه‌های تهیه‌شده از ادارهٔ کل منابع طبیعی، از صحت لازم برخوردار بوده است.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد از بین زیرحوضه‌های منتهی به جادهٔ جنگلی، زیرحوضه‌هایی که دارای بیشترین وسعت و کمترین زمان تمرکزند، دبی اوج لحظه‌ای در دوره‌های بازگشت مختلف آنها و امکان ایجاد رواناب سیلاب، بیشتر است. از این‌رو در محل تقاطع خط‌القعر با جاده، باید از آبروهایی با قطر بهینه استفاده کرد تا خسارات واردشده از رواناب به ابنیهٔ زهکشی و جسم جاده که در اثر بارندگی ایجاد می‌شود به حداقل برسد. از این‌رو قبل از نصب آبروها در مسیر جادهٔ جنگلی به‌خصوص در مناطق کوهستانی، تحقیقات هیدرولوژیکی ضروری است تا با محاسبهٔ دبی اوج لحظه‌ای هر زیرحوضه و دامنه‌های مشرف به جاده، آبروهایی با قطر و تعداد مناسب در مسیر تعبیه شود تا ضمن کاهش خسارت به جاده در اثر سیلاب، حداقل هزینه در ساخت جادهٔ جنگلی رعایت شود.

References

[1]. Majnonian, B., Alizadeh, S. M., Darvishsefat, A. A., and Abdi, E. (2011). Evaluating of estimation of cut and fill operations using GIS and field measurement (Case Study: Kheiroud Forest – Chelir District). Watershed Management Research Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 87: 64-69.

[2]. Abdi, E., Moghadami Rad, M., Sisakht, S., Majnoonian, B., and Mousavi, F. (2013). Optimization of transverse drainages of forest road network using CULSED model (Case Study: Nemekhaneh section, Kheyroud Forest). Forest and Wood Products (Natural Resources of Iran), 66(2):147-154.

[3]. Khodaei, G., Firouzan, A. H., Nikooi, M., and Payam, H. (2010). Investigation of transverse drainage (culvers and gullies) on one of the Makarood forest roads. Journal Science and Technology of Natural Resource, 5(1):13-27.

[4]. Refahi, H. (2006). Water erosion and control. University of Tehran Press. Tehran. Iran, 671p.

[5]. Raafatnia, N. (1989). Forest and mountain roads (design and project). University of Mazandaran Publications. No: 108, 227p (In Persian).

[6]. Akbari Mazdi, R. A., Lotfalian, M., and Ghanbarpour, M. R. (2009). Determination of culverts diameter in forest roads. Journal of Wood and Forest Science and Technology. 16(1): 89-103.

[7]. Madjnounian, B., Nikooy, M., and Mahdavi, M. (2005). Cross drainage of forest road in Shafarood basin, Guilan Province. Iranian Journal of Natural Resources. 58(2): 339-350.

[8]. Anon, E. (1995). How to install corrugated steel culverts. Nova Scotia. Department. Environment. 9- 27.

[9]. The Natural Resources and Watershed Directorate of Nowshahr. (2018). Technical Assistant. (In Persian).

[10]. Tejaswini, N. B., Shetty, A. and Hedge, V. S. (2011). Land use scenario analysis and prediction of runoff using SCS- CN method: A case study from the Gudguji Tank, Haveri District, Karnataka, India. International Journal of Earth Sciences and Engineering. 4(5): 845-853.

[11]. Ahmad, I., Verma, V., and Verma, M. K. (2015). Application of curve number method for estimation of runoff potential in GIS environment. 2nd International Conference on Geological and Civil Engineering IPCBEE, vol. 80: 16-20.

[12]. Soulis, K. X., and Valiantzas, J. D. (2012). SCS-CN parameter determination using rainfall-runoff data in heterogeneous watersheds – the two-CN system approach. Hydrology and Earth System Sciences. 16(3): 1001-1015.

[13]. Abraham, A., Thomas, D., Hariraj, E., Thuruthel, L.S., and Vysakh, K. B. (2017). Runoff estimation by SCS-Curve number method by GIS. Journal of Water Resources and Pollution Studies. 2 (2):1-9.

[14]. Program and Budget Organization. (2010). Guide lines for estimating runoff for design of irrigation and drainage networks. No: 519. Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision. 132p. (In Persian).

[15]. Mahdavi, M. (2005). Applied hydrology. University of Tehran Press. Tehran. Iran. 439p.

[16]. Program and Budget Organization. (2012). Forest road manual: guideline for the design, construction and operation of forest roads. No: 131. Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision. 160p. (In Persian).

[17]. Grace, J.M. (2003). "Minimizing the impacts of the forest road system." In: Proceedings of the conference 34 international erosion control association; ISSN 1092-2806. [Place of publication unknown]: International Erosion Control Association: 301-310.

[18]. The Organization of Forests, Rangelands and Watershed Management. (2011). Instruction No. 4 Technical Buildings (culverts).10p. (In Persian).

[19]. Parsakhoo, A. (2015). Forest road construction and maintenance. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran. 243p.

Technical assessment of culverts diameter on forest roads (Case study: Dehga District, No 35 of Tonekabon Basin)

K. Hosseinpour Asli; Ph.D. Student of Forestery, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, I.R. Iran

H. Akbari*; Assisst. Prof., Department of Forestery, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, I.R. Iran

M. Lotfalian; Assoc. Prof., Department of Forestery, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, I.R. Iran

K. Shahedi; Assoc. Prof., Department of Watershed Managemet, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, I.R. Iran

S. Mohammadi Limaei; Assoc. Prof., Department of Forestery, University of Guilan, I.R. Iran

(Received: 17 March 2018, Accepted: 07 July 2018)

ABSTRACT

Runoff generated by rain in forest areas and its flow on the roads can cause road damage and disrupt the operation and transportation. This research aims at minimizing the runoff damage to the road due to the flood by determining the optimal culverts diameter on the path of Tuska Kalam - Lyre Sar, Tonekabon, basin 35 in 23 forest sub-basins. Using the Curve Number method with different return periods, the maximum runoff flow of each sub-basin was calculated in cubic meters per second. Then, the optimal culvert diameter of the sub-basins was determined by using the Nomograph for determination of the diameter of concrete pipes. The results showed that on the B3 sub-basin, the maximum runoff for the return periods of 5,10,25,50 and 100 years is 3.37, 4.48, 6.04, 7.29 and 8.63 cubic meter per second, respectively, in which the culverts diameter is not suitable for the maximum passage runoff above the 5-year return period. On the B23 sub-basin, the maximum runoff for the return periods of 5,10,25,50 and 100 years is 2.24, 2.98, 4.02, 4.86 and 5.75 cubic meters per second, respectively, in which the culverts diameter, for the maximum passage runoff different return periods, is more than optimal. On the B9 sub-basin, the maximum runoff for the return periods of 5,10,25,50 and 100 years is 2.8, 3.73, 5.02, 6.06 and 7.17 cubic meters per second, respectively, in which the culverts diameter, for the maximum passage runoff different return periods, is optimal.

Keywords: Culvert, Curve number method, Maximum runoff, Return period, Sub-basin.

* Corresponding Author, Email: hassan_akbarivas@yahoo.com, Tel: +989112590912