مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد نوزدهم، شماره اول، ۱۳۹۱
http://jwsc.gau.ac.ir

برآورد مقدار رسوب به‌دست آمده از جاده‌های جنگلی به کمک SEDMODL

سیدعطاالله حسینی[۱]، ابراهیم امیدوار[۲]، *حامد نقوی[۳] و آیدین پارساخو[۳]

[۱]دانشیار گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، [۲]دانشجوی دکتری گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، [۳]دانشجوی دکتری گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۸۹/۸/۱۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/٦

چکیده

جاده‌های جنگلی امکان دسترسی، خروج چوب، حفاظت، جنگل‌کاری و تفرج را فراهم می‌کنند. احداث جاده‌های جنگلی باعث حذف درختان و پوشش گیاهی و آسیب به ساختمان خاک در مناطق جنگلی شده که این امر باعث افزایش میزان تولید رسوب در جاده‌های جنگلی می‌شود. افزایش میزان رسوب ورودی به رودخانه‌ها باعث ایجاد خسارات جبران‌ناپذیری به کیفیت آب و زندگی موجودات آبزی می‌شود. امروزه مدل‌های مختلفی برای پیش‌بینی میزان رسوب‌دهی وجود دارد که می‌توانند به کارشناسان برای پیش‌بینی میزان تولید رسوب در جاده‌های جنگلی کمک کنند. در این مطالعه از مدل پیش‌بینی تولید رسوب SEDMODL، برای تخمین میزان متوسط سالیانه تولید رسوب در جاده‌های جنگلی استفاده شد. به این منظور ۲۲٦۰ متر از جاده‌های پارسل‌های ۲٦، ۲۷ و ۳۳ از سری ۱ جنگل‌های دارابکلا انتخاب شد. سپس فاکتورهایی مانند طول جاده، عرض جاده، میزان تولید رسوب با توجه به وضعیت زمین‌شناسی، فاکتور مربوط به سطح جاده، فاکتور ترافیک، شیب طولی جاده، بارندگی و فاکتور انتقال رسوب با استفاده از نقشه‌های GIS (لایه‌های جاده، رودخانه، آبراهه، زمین‌شناسی، خاکشناسی و توپوگرافی)، اطلاعات موجود در کتابچه طرح جنگل‌داری منطقه و بازدید زمینی محاسبه شد. نتایج استفاده از مدل بالا در پیش‌بینی میزان تولید رسوب جاده‌های منطقه نشان داد

* مسئول مکاتبه: hm_naghavi@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

که میزان تولید رسوب در جاده‌های منطقه ۷۷/۵۱٤ تن در سال می‌باشد، با توجه به فاکتور انتقال رسوب، میزان ۱۳/۱۷۵ تن در سال از آن به آبراهه‌ها و رودخانه‌ها وارد می‌شود. همچنین سایر نتایج نشان داد که فاکتورهای شیب، فاصله جاده از آبراهه، ارتفاع دیواره خاک‌برداری مؤثرترین فاکتورها برای تولید رسوب و انتقال آن به آبراهه می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: جاده‌های جنگلی، رسوب، سامانه اطلاعات جغرافیایی، SEDMODL

مقدمه

با احداث و استفاده از جاده‌های جنگلی به پوشش گیاهی مستقر در محدوده عملیات ساختمانی جاده (عرض بستر، شیروانی‌های خاک‌برداری و خاک‌ریزی) آسیب فراوانی وارد شده و عرصه در معرض فرسایش قرار می‌گیرد (بینکلی و بران، ۱۹۹۳). مطالعات اخیر نشان داده است که جاده‌های جنگلی منبع اصلی انتقال رسوب به رودخانه‌ها می‌باشند (کول و لاندرز، ۱۹۹٦). افزایش میزان رسوب در آب این رودخانه‌ها، خسارات جبران‌ناپذیری به کیفیت اکوسیستم آب و زندگی موجودات آبزی وارد می‌سازد. بنابراین متخصصان جاده‌سازی نه تنها باید به هزینه‌های ساخت جاده بلکه به خسارات زیست‌محیطی ناشی از آن نیز باید توجه داشته باشند (دمیر و هاسدمیر، ۲۰۰۵). میزان تولید رسوب توسط جاده‌های جنگلی به میزان ترافیک، وضعیت پوشش شیروانی‌های خاکی، روسازی جاده، شیب شیروانی‌ها و شیب طولی جاده، طول راه، درجه راه، کیفیت زه‌کشی و... بستگی دارد (جارسما، ۱۹۹٤؛ گریس، ۲۰۰۲).

امروزه به‌منظور تجزیه و تحلیل طرح سیستم زه‌کشی عرضی و کاستن از حجم انتقال رسوب به‌دست آمده از جاده‌های جنگلی به رودخانه، نرم‌افزارها و مدل‌های مختلفی طراحی شده است (آکای و سشن، ۲۰۰۵). WEPP یا پروژه پیش‌بینی فرسایش آبی[1]، یک برنامه شبیه‌ساز می‌باشد که برای اهداف کشاورزی و به‌جای معادله جهانی فرسایش خاک[2] ایجاد شده است. این برنامه پیچیده، فرآیندهایی را که بر فرسایش تأثیر می‌گذارند مانند نفوذپذیری و رواناب، گسست خاک، انتقال و رسوب‌گذاری، رشد گیاهان و بقایای آلی را مدل‌سازی می‌کند. محدودیت اصلی پروژه پیش‌بینی فرسایش آبی، ناکارآمدی آن در تحلیل مکانی فرآیند رسوب‌گذاری در سطح شبکه جاده است. این موضوع، نظر متخصصان را به‌سمت سامانه اطلاعات جغرافیایی[3] سوق داد (مگاهان، ۱۹۷٤؛ ویلیامز، ۱۹۹۸).

1- Water Erosion Prediction Project (WEPP)
2- Universal Soil Loss Equation
3- Geographic Information System (GIS)

www.SID.ir

SEDMODL[1] یک برنامه مدل‌سازی مبتنی بر GIS است که توسط شرکتی در شهر بُیز واقع در ایالت آیداهو آمریکا[2] و با همکاری انجمن ملی بهسازی هوا و رودخانه توسعه پیدا کرد. این مدل قسمت‌هایی از یک جاده با پتانسیل رسوب‌دهی بالا را در سطح یک حوزه آبخیز مشخص می‌کند. وضعیت دوری و نزدیکی جاده‌ها به شبکه رودخانه، توسط داده‌های مکانی سنجیده می‌شود (آکای و همکاران، ۲۰۰۵).

آذرسا و شفاعی‌بجستان (۲۰۰٦) اقدام به ارایه یک مدل رایانه‌ای با نام تجزیه و تحلیل لوله‌گذاری‌ها و برنامه‌های طراحی آن[3] برای بررسی عملکرد هیدرولیکی و فرآیند رسوب‌گذاری آب‌گذر زیر جاده نمودند. نتایج این پژوهش ثابت کرد که طراحی سازه‌های هیدرولیکی باید هم‌زمان براساس شرایط هیدرولیک جریان و هیدرولیک رسوب باشد. پارساخو و همکاران (۲۰۰۹) مقدار هدررفت خاک از سطح شیروانی‌های خاکی جاده‌های احداث شده توسط ماشین‌آلات بولدوزر و بیل‌هیدرولیکی را در جنگل‌های لولت، میانا و لت‌تالار مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها از فرمول منشوری برای محاسبه تغییر حجم شیروانی‌های خاک‌برداری و خاک‌ریزی طی یک دوره دوساله استفاده کرده و سپس تغییر حجم به‌دست آمده را در متوسط وزن مخصوص ظاهری خاک منطقه ضرب نمودند. نتایج نشان داد که متوسط هدررفت سالانه خاک در مسیرهای احداث شده با بیل‌هیدرولیکی و بولدوزر به‌ترتیب ۱٦۰/۳۵ و ٤۲۹/۰۹ تن در هکتار بود.

آکای و همکاران (۲۰۰۷) مدل‌هایی را براساس روابط تجربی میان فاکتورهای محرک فرسایش تحت عنوان SEDMODL برای حوزه آبخیز جنگلی باسکنوس واقع در غرب شهر کهرمنمرس ترکیه طراحی کردند که امکان محاسبه حجم سالانه رسوب به‌دست آمده از شبکه جاده‌های جنگلی را به کمک تکنیک‌های GIS فراهم نمود. در این پژوهش مقدار رسوب به‌دست آمده از جاده‌های جنگلی درجه دو با روسازی شنی، طول ۸۹۳/۵ متر، عرض ۵ متر و شیب طولی ۱٤ درصد ۰/۸۳۹ تن در سال بدست آمد.

فرسیت و همکاران (۲۰۰٦) در جنگل‌کاری‌های سوزنی‌برگ استرالیا و در شرایط بارندگی طبیعی، مقدار کل رسوب تولیدی توسط جاده شن‌ریزی شده را طی یک دوره دوساله ۵/۷ تن در کیلومتر و برای جاده بدون شن‌ریزی ۳/۹ تن در کیلومتر برآورد کردند. ریجسدیجک و همکاران (۲۰۰۷) مقدار رسوب به‌دست آمده از جاده‌های روستایی، راه‌های مالرو و مناطق مسکونی حوزه آبخیز کنتو در شرق جاوه اندونزی را به‌ترتیب ۱/۹، ۲/۵ و ۲/٤ کیلوگرم در مترمربع در سال به‌دست آوردند.

1- Road Sediment Delivery Model
2- Boise Cascade Corporation
3- Culvert Analysis and Design Program

www.SID.ir

هدف از این پژوهش، تخمین میزان متوسط سالیانه تولید رسوب توسط جاده‌های جنگلی دارابکلا با بهره‌گیری از مدل پیش‌بینی تولید رسوب SEDMODL در محیط GIS بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: این پژوهش در سری یک جنگل‌های دارابکلا در محدوده جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه و صفر ثانیه تا ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه و صفر ثانیه و ۵۳ درجه و ۳۱ دقیقه و صفر ثانیه تا ۵۳ درجه و ۲۰ دقیقه و صفر ثانیه طول شرقی به اجرا در آمده است. جنگل‌های این منطقه در تقسیم‌بندی جغرافیایی جنگل‌های جهان، بالاتر از عرض‌های نیمه‌حاره‌ای و پایین‌تر از عرض‌های جغرافیایی مربوط به جنگل‌های سردسیری قرار دارد. تیپ منطقه ممرز- انجیلی بوده و دارای خاک قهوه‌ای شسته شده و در برخی موارد پسدوگلی می‌باشد. به‌منظور انتخاب منطقه مورد مطالعه ابتدا کل قطعات موجود در سری، طی بازدیدهای صحرایی اولیه و همچنین بررسی نقشه‌ها در محیط GIS، مورد ارزیابی قرار گرفت. طی این ارزیابی مشخص گردید که جاده‌های موجود در قطعه‌های ۲۶، ۲۷ و ۳۳ نسبت به سایر قطعات دارای اشکال فرسایشی بیش‌تری بوده و همچنین طول بیش‌تری از جاده در آن‌ها نزدیک به آبراهه قرار دارد. در نهایت این قطعات که دارای استعداد بیش‌تری از نظر تولید رسوب بوده، برای انجام پژوهش انتخاب گردیدند (جدول ۱).

جدول ۱- مشخصات قطعات مورد مورد مطالعه.

شماره قطعه	مساحت (هکتار)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	جهت عمومی	طول جاده (متر)
۲۶	۵۷	۵۰۰	غربی و شمال‌غربی	۹۶۰
۲۷	۱۱۵	۴۵۰	غربی و شمال‌غربی	۷۸۰
۳۳	۱۲۵	۵۰۰	شمال و شمال‌غربی	۵۲۰

مدل پیش‌بینی رسوب SEDMODL: اساس این مدل بر مبنای تقسیم کل رسوب تولیدی به دو بخش رسوب مربوط به سطح جاده و جوی کناری آن و همچنین رسوب به‌دست آمده از دیواره خاکبرداری می‌باشد. البته از رسوب به‌دست آمده از دیواره خاکریزی به‌دلیل ناچیز بودن مقدار آن صرف‌نظر می‌گردد. بنابراین میزان کل انتقال رسوب توسط جاده از رابطه ۱ محاسبه می‌گردد.

Archive of SID
www.SID.ir

$$\text{میزان کل انتقال رسوب (تن/ سال)} = (TS + CS)\, A_f \qquad (۱)$$

که در آن، TS: کل رسوب تولیدی مربوط به سطح جاده بر حسب تن در یک‌سال و CS: رسوب تولیدی مربوط به دیواره خاک‌برداری بر حسب تن در سال می‌باشد. فاکتور A_f نیز مربوط به سن جاده بوده که میزان رسوب کل را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. با توجه به این‌که بیش‌ترین میزان تولید رسوب در جاده‌های جنگلی مربوط به سال اول یا دوم ساخت است و در سال‌های بعد کاهش می‌یابد (آکای و همکاران، ۲۰۰۷)، فاکتور سن جاده در رابطه وارد می‌شود. میزان این فاکتور برای جاده‌هایی که یک‌سال از ساخت آن می‌گذرد ۱۰ و برای جاده‌هایی که بیش از ۲ سال از ساخت آن‌ها گذشته باشد ۲ می‌باشد (شرکت اینترنتی‌بویز، ۱۹۹۹). برای محاسبه TS از رابطه ۲ استفاده می‌گردد:

$$TS = L_r\, W_r\, GE_r\, S_f\, T_f\, G_f\, P_f\, D_f \qquad (۲)$$

که در آن، L_r: طول جاده، W_r: عرض جاده، GE_r: میزان فرسایش زمین‌شناسی، S_f: فاکتور مربوط به سطح جاده، T_f: فاکتور ترافیک، G_f: فاکتور شیب، P_f: فاکتور بارندگی و D_f: فاکتور انتقال رسوب می‌باشد. در زیر هر یک از این فاکتورها به تفکیک معرفی شده و مقادیر مربوط به آن‌ها براساس نتایج مطالعات قبلی ارایه می‌گردد.

میزان فرسایش زمین‌شناسی (GE_r)[1]: میزان تولید رسوب در جاده‌های جنگلی وابستگی زیادی به وضعیت زمین‌شناسی و خاک‌شناسی منطقه دارد. میزان تولید رسوب با توجه به وضعیت زمین‌شناسی از جدول ۲ استخراج می‌شود. تمامی قسمت‌های منطقه مورد مطالعه از سازندهای با رسوبات نرم مربوط به دوران سوم زمین‌شناسی تشکیل شده‌اند. از این‌رو مقدار فاکتور فرسایش زمین‌شناسی (GE_r) برای تمامی بخش‌های جاده مورد مطالعه، ۷٤ تن در هکتار در سال یا به‌عبارتی معادل ۰/۰۰۷٤ تن در متر مربع به‌دست آمد.

فاکتور مربوط به سطح جاده (S_f): کیفیت مواد استفاده شده در روسازی تأثیر مستقیمی در میزان رسوب‌دهی سطح جاده‌های جنگلی دارد (جدول ۳) (باروقز و کینگ، ۱۹۸۹؛ فلتز و باروقز، ۱۹۹۰). با توجه به سال ساخت جاده‌های منطقه فاکتور سن ساخت برابر عدد ۲ قرار گرفت.

1- Geological Erosion

www.SID.ir

جدول ۲- میزان فرسایش با توجه به وضعیت زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی (تن در هکتار در سال) (کچسون و مگاهان، ۱۹۹۶).

سنگ‌شناسی	سن زمین‌شناسی تشکیلات			
	کواترنری	ترشیاری	مزوزوئیک	پالئوزوئیک	پرکامبرین
متامرفیک	–	۳۷	۳۷	۳۷	۳۷
شیست	–	۱٤۸	۱٤۸	۱٤۸	۱٤۸
بازالت	۳۷	۳۷	۷٤	۷٤	۷٤
آندزیت	۳۷	۳۷	۷٤	۷٤	۷٤
خاکستر	۱۲٤	۱۲٤	۱۲٤	۱۲٤	۱۲٤
توف	۱۲٤	۱۲٤	۷٤	۷٤	۷٤
گابرو	–	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
گرانیت	–	٤۹	۷٤	۷٤	۷٤
سنگ آذرین نفوذی	–	۳۷	۳۷	۳۷	۳۷
رسوبات سخت	–	۳۷	۳۷	۷٤	۷٤
رسوبات گراولی	۳۷	۳۷	–	–	–
رسوبات نرم	۷٤	۷٤	–	–	–
رسوبات نرم ریزدانه	۱٤۸	۱٤۸	–	–	–

جدول ۳- مقادیر فاکتور مربوط به سطح جاده برای جاده‌ای مختلف.

نوع سطح	آسفالت	شن	خاک درهم	پوشش علفی	بستر طبیعی	بستر طبیعی همراه با شیار
فاکتور سطح	۰/۰۳	۰/۲	۰/۵	۰/۵	۱	۲

فاکتور ترافیک (T_f): میزان رسوب‌دهی سطح جاده‌های جنگلی به نوع کاربری جاده بستگی دارد (جدول ٤) (رید و دانی، ۱۹۸٤؛ فلتز، ۱۹۹۹). طول جاده موجود در منطقه ۲۲٦۰ متر بوده و تمامی جاده‌های جنگلی منطقه مورد مطالعه از نوع جاده‌های درجه ۲ هستند. از این‌رو فاکتور ترافیک T_f برای کل جاده‌ها برابر با ۲ قرار داده شد.

جدول ٤- میزان فاکتور ترافیک برای جاده‌های مختلف.

نوع جاده	بزرگراه	اصلی	شهری	درجه ۱	درجه ۲	فرعی	متروکه و از رده خارج
فاکتور ترافیک	۱۲۰	۱۲۰	۵۰	۱۰	۲	۱	۰/۱

Archive of SID
www.SID.ir

فاکتور شیب (G_f): شیب یکی از عوامل مؤثر در میزان رسوب‌دهی جادهای جنگلی است. برای میزان برآورد فاکتور شیب از جدول ۵ استفاده می‌شود (رینیگ و همکاران، ۱۹۹۱).

جدول ۵- میزان فاکتور شیب برای شیب‌های مختلف جاده جنگلی.

درصد شیب	کم‌تر از ۵ درصد	۱۰-۵ درصد	بیش‌تر از ۱۰ درصد
فاکتور شیب	۰/۲	۱	۲/۵

فاکتور بارندگی (P_f): میزان تولید رسوب جاده‌های جنگلی تحت‌تأثیر بارندگی محل قرار دارد. فاکتور بارندگی برای SEDMODL را می‌توان با توجه میانگین بارندگی سالانه به میلی‌متر و از رابطه ۳ محاسبه نمود (رید، ۱۹۸۱):

$$P_f = (\frac{P_{avr}}{۱۵۲٤})^{۰/۸} = (\frac{۹۸۳/۸}{۱۵۲٤})^{۰/۸} = ۰/۷۰٤٦$$

میانگین بارندگی سالانه در منطقه ۹۸۳/۸ میلی‌متر می‌باشد. نتیجه محاسبات نشان داد که که میزان فاکتور بارندگی در منطقه ۰/۷۰٤٦ می‌باشد.

فاکتور انتقال رسوب (D_f): برای محاسبه فاکتور انتقال رسوب در این روش از میزان فاصله نقطه مرکزی جاده تا نقطه مرکزی رودخانه استفاده می‌شود. با افزایش فاصله جاده نسبت به رودخانه از میزان انتقال رسوب کاسته می‌شود. هنگامی‌که جاده به‌طور مستقیم رودخانه را قطع می‌کند، فاکتور انتقال رسوب ۱۰۰ درصد است. زمانی که فاصله مرکز جاده از مرکز رودخانه کم‌تر از ۳۰ متر باشد، میزان فاکتور انتقال رسوب ۳۵ درصد و زمانی‌که فاصله بین ٦۰-۳۰ متر باشد، این فاکتور ۱۰ درصد است. اگر جاده در فاصله بیش از ٦۰ متر از آبراهه قرار داشته باشد، رسوب تولیدی آن در بستر طبیعی جنگل ته‌نشین شده و هیچ رسوبی وارد آبراهه نمی‌شود (گروه منابع طبیعی واشنگتن (WDNR)[1]، ۱۹۹۵). بنابراین فاکتور انتقال رسوب برای جاده‌های موجود در این فاصله صفر می‌باشد. محاسبه میزان فاصله مرکز رودخانه تا جاده در محیط نرم‌افزاری GIS انجام گرفت.

محاسبه رسوب به‌دست آمده از دیواره خاک‌برداری (CS): CS رسوب ناشی از دیواره خاک‌برداری بوده و تابعی از میزان فرسایش زمین‌شناسی (GE_r)، فاکتور پوشش دیواره خاک‌برداری (CS_f)، ارتفاع

1- Washington Department of Natural Resources (WDNR)

www.SID.ir

دیواره خاک‌برداری (CS_h)، طول جاده و فاکتور انتقال می‌باشد. برای محاسبه CS از رابطه ٤ استفاده می‌گردد (لیوس و بلک، ۱۹۹۹):

$$CS = GE_r\ CS_f\ CS_h\ L_r\ D_f \qquad (٤)$$

فاکتور پوشش دیواره خاک‌برداری (CS_f): فاکتورهای پوشش دیواره خاک‌برداری براساس درصد پوشش سنگی یا گیاهی روی دیواره خاک‌برداری در جدول ٦ نشان داده شده‌اند (گروه منابع طبیعی واشنگتن (WDNR)، ۱۹۹۵).

ارتفاع دیواره خاک‌برداری (CS_h): افزایش ارتفاع دیواره خاک‌برداری منجر به تشدید خزش خاک[1]، فرسایش ورقه‌ای[2] و لغزش[3] شده و در نتیجه سبب بالا رفتن میزان انتقال رسوب از دیواره به زه‌کش می‌گردد. در مطالعات پیشین، میانگین ارتفاع دیواره خاک‌برداری برای کلاس‌های شیب ۱۵-۰، ۳۰-۱۵، ٦۰-۳۰ درصد و بالای ٦۰ درصد به‌ترتیب ۰/۷۵، ۱/۵، ۳ و ۷/۵ متر برآورد شد (لیوس و بلک، ۱۹۹۹).

جدول ٦- فاکتور پوشش دیواره خاک‌برداری (CS_f).

درصد پوشش گیاه یا سنگ	۰	۱۰	۲۰	۳۰	٤۰	۵۰	٦۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰
فاکتور پوشش	۱	۰/۷۷	۰/٦۱	۰/۵۲	۰/٤٤	۰/۳۷	۰/۳۱	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۵	۰/۰۱

جمع‌آوری اطلاعات: برای محاسبه هر کدام از فاکتورها در SEDMODL مجموعه‌ای از داده‌ها مورد نیاز بود. برخی از این فاکتورها از نقشه‌های پایه توپوگرافی، جاده و آبراهه منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و همچنین نقشه‌های پایه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ در محیط GIS به‌دست آمد. مشخصات سطح جاده، وضعیت ترافیکی و بارندگی منطقه نیز از کتابچه طرح جنگلداری دارابکلا (۲۰۰۳) استخراج گردید. عرض جاده، شیب سطح جاده، پوشش گیاهی و سنگی دیواره خاک‌برداری، ارتفاع و طول دیواره خاک‌برداری طی عملیات صحرایی برداشت شد. به این صورت که ابتدا طول جاده به فاصله‌های کوتاهی تقسیم شد. این تقسیم‌بندی براساس بخش‌هایی از جاده که از نظر عرض، شیب،

1- Soil Creep
2- Sheet Erosion
3- Sliding

www.SID.ir

وجود یا نبود دیواره خاک‌برداری، پوشش گیاهی و سنگی دیواره خاک‌برداری و ارتفاع دیواره خاک‌برداری دارای وضعیت یکسانی بودند، انجام پذیرفت و هر بخش به‌عنوان یک واحد همگن در نظر گرفته شد. برای بالا رفتن دقت برداشت داده‌ها، کل جاده‌های منطقه به ۱۱۳ واحد همگن تقسیم و داده‌های لازم از هر کدام از این قسمت‌ها به‌صورت جداگانه برداشت شد.

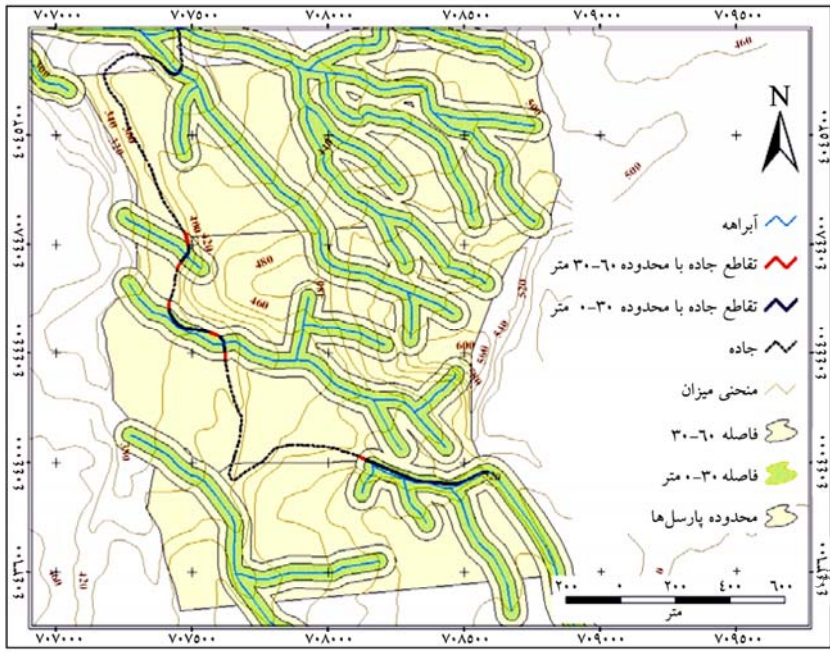
محاسبه میزان فرسایش و رسوب تولیدی: پس از برداشت داده‌ها، هر یک از فاکتورها برای واحدهای همگن جاده‌ای به‌صورت جداگانه محاسبه و میزان فرسایش در هر واحد با استفاده از مدل پیش‌بینی رسوب SEDMODL مشخص گردید. برای محاسبه فرسایش به‌دست آمده از احداث جاده از فاکتور کاهنده انتقال رسوب (D_f) صرف‌نظر نموده و میزان فرسایش در هر واحد و قطعه محاسبه گردید. سپس با در نظر گرفتن فاکتور انتقال رسوب در هر واحد میزان رسوب انتقالی به آبراهه محاسبه شد. میزان فرسایش ویژه[1] و همچنین رسوب ویژه[2] (فرساش و رسوب کل تقسیم بر سطح) در هر یک از قطعه‌های سه‌گانه و همچنین برای کل جاده‌های موجود در منطقه مورد مطالعه محاسبه گردید. برای محاسبه فاکتور انتقال رسوب در این روش از میزان فاصله نقطه مرکزی جاده تا نقطه مرکزی رودخانه استفاده شد. به این منظور از نقشه جاده‌ها و آبراهه‌های موجود در محیط نرم‌افزاری GIS استفاده شد، سپس با ایجاد بافرهای ۳۰ و ٦۰ متری فاصله جاده و رودخانه‌های موجود در نقاط مختلف اندازه‌گیری شد.

نتایج

نتایج بررسی نقشه‌ها در محیط GIS و همچنین بازدیدهای صحرایی نشان داد که ۷٦۰ متر از طول جاده دارای فاصله کم‌تر از ۳۰ متر از آبراهه و ۲٤۰ متر از آن دارای فاصله بین ٦۰-۳۰ متر از آبراهه می‌باشند. به‌علاوه ۱۱٤۰ متر از جاده دارای فاصله‌ای بیش از ٦۰ متر بود که در این قسمت‌ها میزان فاکتور انتقال رسوب صفر و در نتیجه میزان رسوب کل نیز در این نقاط صفر می‌باشد (شکل ۱). همچنین ۱۲۰ متر از طول جاده نقاطی بودند که در آن جاده و آبراهه همدیگر را به‌طور مستقیم قطع می‌کردند (جدول ۷). البته این فاصله‌ها به تفکیک در هر ۳ قطعه نیز مشخص و نتایج آن در جدول ۷ ارایه گردید.

1- Specific Erosion
2- Specific Sediment Yield

www.SID.ir



شکل ۱- نقشه شبکه زه‌کشی، جاده‌های جنگلی و بافرهای تهیه شده بین جاده و آبراهه در محیط GIS.

جدول ۷- طول جاده در فاصله‌های مختلف جاده از آبراهه (متر) و در قطعه‌های مختلف منطقه.

شماره قطعه	قطع آبراهه	کم‌تر از ۳۰ متر	۳۰-۶۰ متر	بیش‌تر از ۶۰ متر	کل قطعه
۲۶	۴۰	۲۰	۲۰	۸۸۰	۹۶۰
۲۷	۴۰	۲۸۰	۲۲۰	۲۴۰	۷۸۰
۳۳	۴۰	۴۴۰	۲۰	۲۰	۵۲۰
کل منطقه	۱۲۰	۷۶۰	۲۴۰	۱۱۴۰	۲۲۶۰

همان‌طورکه در بخش روش انجام پژوهش بیان شد داده‌هایی مانند عرض جاده، شیب سطح جاده، پوشش دیواره خاک‌برداری، ارتفاع و طول دیواره خاک‌برداری طی عملیات صحرایی از ۱۱۳ بازه همگن جاده‌ای برداشت شد. جدول ۸ مشخصات آماری این داده‌ها را به تفکیک نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که دیواره خاک‌برداری تنها در طول ۷۸۸/۵ متر از کل طول جاده در قطعات مختلف (۲۲۶۰ متر) وجود داشته و در سایر قسمت‌ها خاک‌برداری صورت نگرفته بود.

Archive
www.SID.ir

جدول ۸- مشخصات آماری برخی از داده‌های برداشت شده طی عملیات صحرایی.

فاکتور	حداکثر	حداقل	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات (درصد)
شیب طولی (درصد)	۱۰	۰	۵/۵۷	۱/۸۳	۳۳
عرض (متر)	۱۰	۵/۲	۷/۱۸	۰/۹۵	۱۳
شیب دیواره خاک‌برداری* (درصد)	۱۲۰	۲۰	٦۵/٤۸	۲۹/۷۳	٤۵
ارتفاع دیواره خاک‌برداری (متر)	۷/۵	۱/۵	٤/۹۲	۲/٦٦	۵٤
پوشش دیواره خاک‌برداری (درصد)	۹۱	۲۰	٦٤/۱۷	۱۷/۲۵	۲۷

محاسبه فرسایش و تولید رسوب: در نهایت با استفاده از فاکتورهای به‌دست آمده و فرمول‌های مربوطه میزان تولید رسوب در جاده‌های جنگلی منطقه پیش‌بینی شد. نتایج محاسبه میزان فرسایش و تولید رسوب در جاده‌ها و قطعه‌های مختلف با استفاده از SEDMODL به تفکیک در جدول ۹ ارایه شده است. پس از محاسبه کلی مشخص شد کل میزان فرسایش در جاده‌های منطقه ۷۷/۵۱٤ تن در سال می‌باشد. از این مقدار مواد فرسایش‌یافته با توجه به فاکتور انتقال رسوب در واحدهای مختلف، میزان ۱۳/۱۷٤۹ تن در سال به‌عنوان رسوب انتقالی وارد آبراهه‌ها و رودخانه‌ها می‌شود. با ملاحظه مقدار مساحتی که تحت‌تأثیر عملیات جاده‌سازی قرار گرفته، در هر یک از قطعات سه‌گانه میزان فرسایش و رسوب ویژه نیز محاسبه و در جدول ۹ ارایه گردید.

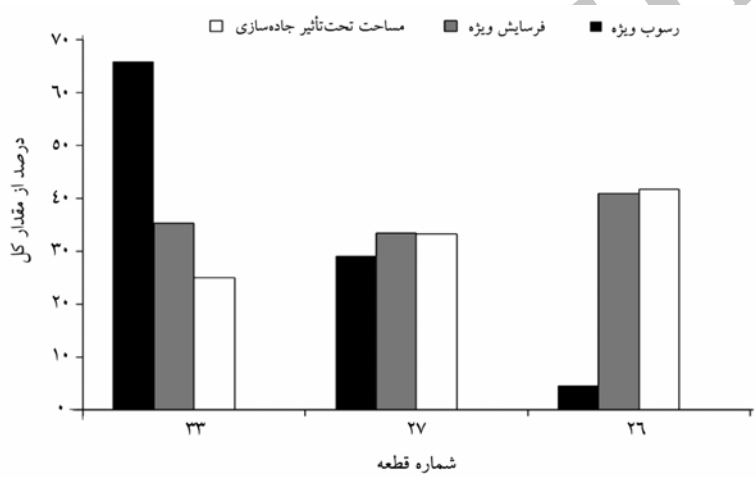
جدول ۹- برآورد میزان فرسایش و رسوب انتقالی به آبراهه در قطعه‌های مختلف با استفاده از SEDMODL.

شماره قطعه	فرسایش (تن در سال)	فرسایش ویژه (تن بر هکتار بر سال)	رسوب انتقالی (تن در سال)	رسوب ویژه (تن بر هکتار بر سال)
۲٦	۳۵/۷۱۰	٤۰/۸۷	۰/۹۳۱	۱/۰٦
۲۷	۲۳/۲٦۸	۳۳/۳۷	٤/۵۳۸	٦/۵۱
۳۳	۱۸/۵۳٦	۳۵/۳۲	۷/۷۰٦	۱٤/٦۸
کل منطقه	۷۷/۵۱٤	۳٦/۹۹	۱۳/۱۷۵	٦/۲۹

مقادیر فرسایش و رسوب ویژه در هر قطعه، با توجه به کل مساحتی که تحت‌تأثیر عملیات جاده‌سازی قرار گرفته (مساحت جاده اصلی و مساحت دیواره خاک‌برداری) در هر قطعه به‌صورت نمودار درصد از مقدار کل در شکل ۲ ارایه گردیده است. نتایج محاسبه فرسایش و رسوب ویژه نشان داد که قطعه شماره ۲٦ دارای میزان فرسایش ویژه بالاتری نسبت به سایر قطعات بوده در حالی‌که

www.SID.ir

میزان رسوب ویژه آن نسبت به سایر قطعات کم‌تر می‌باشد. البته از نظر مساحت تحت‌تأثیر قرار گرفته نیز قطعه ۲۶ درصد بیش‌تری از مساحت کل را به خود اختصاص داده است. همچنین قطعه ۳۳ با میزان رسوب ۱٤/٦۸ تن در هکتار در سال بیش‌ترین انتقال رسوب را به خود اختصاص داده است در حالی‌که مساحت تحت‌تأثیر قرار گرفته آن از دو قطعه دیگر کم‌تر بوده است (جدول ۸ و شکل ۲). علل این موضوع به تغییرات فاکتورهای مؤثر بر میزان فرسایش و انتقال رسوب در قطعه‌های سه‌گانه مربوط می‌گردد. به‌منظور بررسی این موضوع در ذیل تغییرات فرسایش و رسوب به همراه فاکتورهای مرتبط با آن بررسی می‌گردد.



شکل ۲- تغییرات درصد از مقدار کل مساحت تحت‌تأثیر قرار گرفته، رسوب ویژه و فرسایش ویژه در قطعات مختلف.

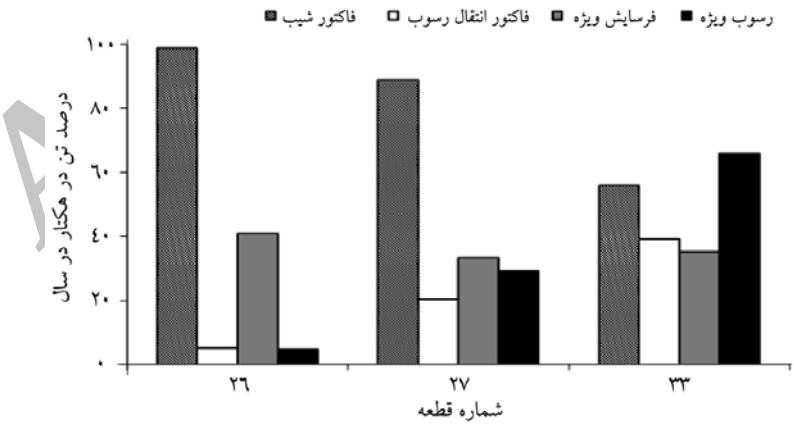
بررسی فاکتورهای مؤثر بر تولید رسوب جاده: در بررسی فاکتورهای مؤثر در پیش‌بینی تولید رسوب توسط مدل SEDMODL همه فاکتورها مورد بررسی قرار گرفت. فاکتورهایی مانند فرسایش زمین‌شناسی (GE_r)، بارندگی (P_f)، ترافیک (T_f) و فاکتور سطح (S_f) در تمامی واحدهای همگن جاده و یا قطعات یکسان بودند، از این‌رو تأثیر آن‌ها در همه قطعات و واحدها به‌صورت یکسان بود. به‌منظور تعیین مؤثرترین فاکتور در میزان فرسایش، عواملی مورد بررسی قرار گرفت که تغییرات آن‌ها در واحدهای همگن مختلف باعث تغییر در میزان فرسایش یا رسوب ویژه گردد. البته فاکتورهایی مانند طول و عرض جاده و دامنه خاک‌برداری نیز در قالب مساحت کل در محاسبه فرسایش و تولید رسوب ویژه در نظر گرفته شد. همچنین

www.SID.ir

فاکتور پوشش دیواره خاک‌برداری (CS_f) نیز دارای تغییرات اندکی در قطعات و واحدهای مختلف بود، بنابراین تأثیر آن در تمامی نقاط جاده که دیواره خاک‌برداری وجود داشت، تقریباً یکسان بود.

با توجه به درصد رسوب انتقالی نسبت به مواد فرسایش‌یافته در هر یک قطعات سه‌گانه، فاکتور مؤثر در این مورد فاکتور انتقال رسوب (D_f) بوده که خود نیز به فاصله جاده از آبراهه برمی‌گردد. نتایج نشان داد که میزان فاکتور انتقال رسوب در قطعه ۲۶ کم‌ترین مقدار و در قطعه شماره ۳۳ بیش‌ترین مقدار را دارا می‌باشد، از این‌رو بالا بودن میزان انتقال رسوب در قطعه شماره ۳۳ به‌علت فاصله کم‌تر جاده‌ها نسبت به آبراهه و در نتیجه بالا بودن میزان فاکتور انتقال رسوب بوده است (شکل ۳).

در مورد تغییرات فرسایش ویژه در ۳ قطعه مختلف، عوامل و فاکتورهای مختلف مدل بررسی گردید. نتایج بررسی‌ها نشان داد که فاکتور شیب به‌میزان زیادی روی تغییرات فرسایش ویژه چه در واحدهای همگن جاده و چه در قطعه‌های مختلف تأثیرگذار بوده است. شکل ۳ نشان می‌دهد که در بین قطعات مورد مطالعه بیش‌ترین فاکتور شیب طولی جاده و فرسایش ویژه متعلق به قطعه شماره ۲۶ می‌باشد که این امر به‌دلیل شیب طولی زیاد جاده در این قطعه است. بر خلاف این‌که فاکتور شیب طولی جاده در قطعه ۲۷ بیش‌تر از قطعه ۳۳ می‌باشد، اما میزان فرسایش ویژه در قطعه ۲۷ کم‌تر از قطعه ۳۳ محاسبه شد و به‌نظر می‌رسد این امر به‌دلیل تأثیر فاکتور ارتفاع دیواره خاک‌برداری (CS_h) است. متوسط این فاکتور در قطعه‌های ۲۶، ۲۷ و ۳۳ به‌ترتیب ۱/۴۱، ۰/۷۷ و ۴/۳۲ متر بوده است. در نتیجه افزایش میزان فرسایش ویژه در قطعه ۳۳ نسبت به قطعه ۲۷ به‌دلیل افزایش مقدار متوسط فاکتور ارتفاع دیواره خاک‌برداری (CS_h) می‌باشد.



شکل ۳- تغییرات فرسایش ویژه، رسوب انتقالی ویژه، فاکتور شیب و فاکتور انتقال رسوب در قطعات مختلف.

www.SID.ir

بحث و نتیجه‌گیری

میزان رسوب وارد شده به دریاچه سدهای مخزنی کشور سالانه بیش از ۲۶۰ میلیون مترمکعب می‌باشد. بنابراین به‌طور متوسط در کشور هر ساله یک سد با حجم آب‌گیری معادل سد کرج بر اثر ورود رسوبات ناشی از حوزه‌های آبخیز بالادست از بین می‌روند. با توجه به هزینه‌های بالای لای‌روبی رسوبات پشت سدها از یک طرف و دسترسی نداشتن به سایت جدید برای احداث سد و همچنین هزینه‌های هنگفت ملی که برای احداث سدهای مخزنی هزینه می‌شود، توجه به مسأله تولید رسوب و عوامل مؤثر در ایجاد آن از مسایل اصلی و اساسی در توسعه اقتصاد کشور به‌خصوص در بخش مدیریت منابع آب به‌حساب می‌آید. علاوه‌بر مسایل و مشکلات ناشی از فرسایش و رسوب در کاهش حجم سدهای مخزنی می‌توان به خسارات ناشی از این پدیده به کاهش حاصل‌خیزی خاک، کاهش توان تولیدی عرصه‌های طبیعی، خسارت به کیفیت آب‌ها و آبزیان و... اشاره نمود. بنابراین شناخت پدیده فرسایش و رسوب و همچنین عوامل مؤثر در آن، از پیش‌شرط‌های اساسی طرح‌های کنترل رسوب می‌باشد. احداث جاده‌ها در مناطق جنگلی یکی از عوامل مؤثر در ایجاد فرسایش و تولید رسوب می‌باشد که نقش بسیار مهمی در تولید رسوب در مناطق جنگلی دارد. بنابراین در این پژوهش به بررسی تخمین میزان تولید رسوب سطح جاده‌های جنگلی با استفاده از مدل پیش‌بینی، در ۲۲۶۰ متر از جاده‌های جنگلی سری ۱ جنگل‌های دارابکلا که تحت مدیریت دانشکده منابع طبیعی شهرستان ساری قرار دارد پرداخته شد. نتایج این بررسی و بررسی‌های مشابه نشان داده که میزان تولید رسوب در جاده‌های جنگلی به عواملی مانند نوع جاده، نوع استفاده از جاده، میزان شیب، فاصله جاده از آبراهه و... بستگی دارد. پژوهش‌هایی در زمینه عوامل مؤثر در میزان تولید رسوب نشان داده که یک رابطه معکوس بین فاکتور ترافیک و فاکتور روسازی جاده وجود دارد (شرکت اینترنتی بویز، ۱۹۹۹). به این معنی که در یک جاده با میزان فاکتور ترافیک بالا معمولاً کیفیت مواد روسازی به‌کار رفته خوب است و فاکتور مربوط به روسازی جاده در تولید رسوب کاهش می‌یابد (آکای و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج بررسی‌ها نشان داده که با افزایش میزان شیب از ۵ درصد به بیش‌تر از ۱۰ درصد میزان فاکتور شیب از ۱ به ۲/۵ افزایش می‌یابد و میزان تولید رسوب افزایش می‌یابد به همین علت می‌توان در شیب‌های بیش‌تر از ۱۰ درصد، از موادی استفاده کرد (مانند شن وماسه) که دارای فاکتور روسازی و سطحی کم‌تری هستند و میزان تولید رسوب را کاهش می‌دهند (آکای و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج این پژوهش نشان داد که در جاده‌های جنگلی منطقه مورد مطالعه فاکتورهای شیب، فاصله جاده از آبراهه، ارتفاع

www.SID.ir

دیواره خاک‌برداری مؤثرترین فاکتورها برای تولید رسوب و انتقال آن به آبراهه می‌باشند که با نتایج پژوهش آکای و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت داشت.

همان‌طورکه در مقدمه نیز بیان شد یکی از کارایی‌های SEDMODL تعیین مقاطعی از جاده می‌باشد که دارای حساسیت بالایی نسبت به فرسایش و تولید رسوب هستند. با توجه به نتایج این پژوهش مشخص گردید که واحدهای همگن جاده که در قسمت‌های پایین‌دست مسیر قرار داشتند، دارای میزان انتقال رسوب و در نتیجه حساسیت بالایی بودند. این واحدها بیش‌تر در قطعه ۳۳ و بخش کمی نیز در قطعه ۲۷ قرار داشت. بنابراین توصیه می‌گردد برای اجرای عملیات کنترل فرسایش این قسمت‌ها در اولویت قرار گیرد. از آنجایی‌که افزایش فاکتور انتقال رسوب سبب ایجاد این تغییر فاحش در میزان انتقال رسوب در این واحدها گردیده، توصیه می‌گردد در صورت اجرای عملیات کنترلی، از اقداماتی استفاده شود که از انتقال رسوب به آبراهه جلوگیری نماید. از جمله این اقدامات می‌توان به احداث بندهای اصلاحی[1] در آبراهه‌های فرعی که وظیفه انتقال‌دهنده رسوب به رودخانه اصلی را به عهده دارند و تثبیت شیروانی‌ها اشاره نمود. همچنین در واحدهای همگن جاده‌ای که در قسمت‌های بالادست مسیر (قطعه ۲۶) قرار داشتند نیز پتانسیل فرسایش بالا می‌باشد. همان‌طورکه در نتایج نیز ذکر گردید این امر به‌دلیل بالا بودن شیب نسبت به قسمت‌های پایین‌دست می‌باشد. از این‌رو برای این مناطق نیز اقدامات کنترلی برای کاهش اثر منفی شیب، می‌تواند گزینه مناسبی برای کاهش فرسایش در واحد سطح جاده باشد.

با توجه به این‌که در محاسبه رسوب کل توسط این مدل، رسوب به‌دست آمده از دیواره خاک‌ریزی به‌دلیل ناچیز بودن در محاسبات در نظر گرفته نمی‌شود، در این مطالعه نیز از آن صرف‌نظر گردید. از آنجایی‌که در اثر احداث جاده شیب دامنه بالادست آن قطع گردیده و همچنین دیواره خاک‌برداری جاده‌ها در مناطق جنگلی به‌طور عمده دارای یک جوی کناری می‌باشند، بنابراین رواناب سطحی به‌دست آمده از دامنه بالادست، دیواره خاک‌برداری و سطح جاده توسط این جوی کناری به‌سمت زه‌کش‌های طبیعی هدایت گردیده و از دیواره خاک‌ریزی دور می‌شود. از این‌رو عامل اصلی ایجاد فرسایش در قسمت دیواره خاک‌ریزی (رواناب سطحی شیب بالادست)، کنترل گردیده و فرسایش موجود در این قسمت محدود به نوع پاشمانی[2] و ورقه‌ای می‌باشد که مقدار آن ناچیز می‌باشد. البته تجربیات، مشاهدات و محاسبات صحرایی در مناطق مختلف دنیا نیز نشان داده که مقدار تحویل رسوب در این بخش به‌قدری ناچیز بوده که می‌توان از آن چشم‌پوشی نمود (شرکت بویس‌کاسکید، ۱۹۹۹).

1- Check Dam
2- Splash Erosion

www.SID.ir

در نهایت باید به این نکته اشاره نمود که امروزه استفاده از مدل‌های پیش‌بینی میزان تولید رسوب گسترش‌یافته و با استفاده از این مدل‌ها و ابزارهایی مانند GIS به‌راحتی می‌توان میزان تولید رسوب یک منطقه وسیع جنگلی را پیش‌بینی نمود و از نتایج به‌دست آمده برای مدیریت بهتر منطقه و استفاده از روش‌های اصلاحی در مناطقی که میزان رسوب بالایی را تولید می‌کنند، استفاده نمود. هر چند این نکته نیز قابل ذکر است که نتایج به‌دست آمده از مدل‌سازی همواره با یک نبودن قطعیت همراه بوده که این نبودن قطعیت می‌تواند ناشی از ساختار مدل، ورودی‌ها، پارامترهای مدل و همچنین به دلایل پیش‌بینی نشده باشد (ماسکی، ۲۰۰٤). در این مطالعه سعی گردیده که منابع نبودن قطعیت مرتبط با اندازه‌گیری داده‌های ورودی و پارامترهای مدل، دارای حداقل خطا باشند. در این راستا بعضی داده‌ها طی بازدید صحرایی و با دقت برداشت گردید، با این وجود برخی دیگر، از نقشه‌های موجود استخراج گردیده که خطاهای موجود در آن‌ها می‌تواند سبب ایجاد نبودن قطعیت در نتایج به‌دست آمده از پیش‌بینی مدل شود. با توجه به این‌که بیش‌تر نقشه‌های پایه (توپوگرافی، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی و...) موجود در عرصه‌های منابع طبیعی ایران از دقت و مقیاس مطلوب برخوردار نیستند، نتایج به‌دست آمده از این مدل با یک نبودن قطعیت همراه است. بنابراین باید رقم‌های فرسایش و رسوب به‌دست آمده از این مدل با مشاهدات واقعی در طبیعت مقایسه و کالیبراسیون انجام گردد. البته این نکته نیز قابل ذکر است که این مدل می‌توان به‌عنوان یک مقیاس برای ارزیابی و مقایسه مقاطع مختلف جاده‌های جنگلی و همچنین تعیین نقاط حساس استفاده نمود، ولو این‌که کالیبراسیون و آنالیز حساسیت روی آن انجام نگردیده باشد. برای کالیبراسیون این مدل، لازم است تحت شرایط کنترل شده و با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران، میزان فرسایش و رسوب در واحد سطح برای بخش‌های مختلف ساختمان جاده جنگلی محاسبه گردد و سپس با رقم به‌دست آمده از مدل مورد مقایسه قرار گیرد. البته این کار به‌عنوان موضوعی برای مطالعات بعدی پیشنهاد می‌گردد.

منابع

1.Azarsa, M. and Shafaei Bajestan, M. 2006. Preparing computerized model to investigate hydraulic performance and sedimentation process of road culverts in irrigation network. National Conference of Drainage and Irrigation Network Management, 7p. (In Persian)

2.Akay, A.E., Boston, K. and Sessions, J. 2005. The evolution of computer-aided road design systems. Int. J. Forest. Eng. 16: 2. 73-9.

www.SID.ir

3.Akay, A.E. and Sessions, J. 2005. Applying the decision support system, TRACER, to forest road design. West. J. Appl. Forestry. 20: 3. 184-91.
4.Akay, A.E., Erdas, O., Reis, M. and Yuksel, A. 2007. Estimating sediment yield from a forest road network by using a sediment prediction model and GIS techniques. Building and Environment, 43: 687-695.
5.Binkley, D. and Brown, T.C. 1993. Forest practices as nonpoint sources of pollution in North America. Water Res Bull. 29: 5. 729-40.
6.Boise Cascade Corporation. 1999. SEDMODL-Boise Cascade road erosion delivery model. Technical documentation, 19p.
7.Burroughs, E.R. and King, J.G. 1989. Reduction of soil erosion on forest roads. USDA Forest Service, Intermountain Research Station, Ogden, Utah. General Technical Report INT-264.
8.Cole, D.N. and Landres, P.B. 1996. Threats to wilderness ecosystems: impacts and research needs. Ecol. Appl. 6: 168-84.
9.Demir, M. and Hasdemir, M. 2005. Functional planning criterion of forest road network systems according to recent forestry development and suggestion in Turkey. Am. J. Environ. Sci. 1: 1. 22-8.
10.Foltz, R.B. 1999. Traffic and no-traffic on an aggregate surfaced road: sediment production-differences, paper presented at Seminar on environmentally sound forest roads and wood transport. Rome, Italy: Food and Agric. Organ. Pp: 195-204.
11.Foltz, R.B. and Burroughs, E.R. 1990. Sediment production from forest roads with wheel ruts. In: Proceedings of a symposium on watershed planning and analysis, July 9-11, 1989, Durango CO. ASCE, Pp: 266-75.
12.Forest Management plan handbook of Darabkola. 2003. The natural resources general office of Mazandaran province. Department of Forests and Rangelands, 325p. (In Persian)
13.Forsyth, A.R., Bubb, K.A. and Cox, M.E. 2006. Runoff, sediment loss and water quality from forest roads in a southeast Queensland coastal plain Pinus plantation. Forest Ecol Manage. 221: 194-206.
14.Grace, J.M. 2002. Control of sediment export from the forest road prism. ASAE Annu Meeting. 45: 4. 1-6.
15.Jaarsma, F.C. 1994. Rural low-traffic roads (LTRs): the challenge for improvement of traffic safety for all road users. In: Proceedings of the 27th ISATA, dedicated conference on road and vehicle safety, Aachen, Germany, Pp: 177-183.
16.Jaarsma, F.C. 1997. Approaches for the planning of rural road network according to sustainable land use planning. Landscape Urban Plan. 39: 47-54.
17.Ketcheson, G.L. and Megahan, W.F. 1996. Sediment production and downslope sediment transport from forest roads in granitic watersheds. US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, 11p.
18.Luce, C.H. and Black, T.A. 1999. Sediment production from forest roads in western Oregon. Water Resour Res. 35: 8. 2561-70.

Archive of SID
www.SID.ir

19.Maskey, Sh. 2004. Modeling Uncertainty in Flood Forecasting Systems. Published in Taylor & Francis Routledge. 177p, ISBN 9058096947.
20.Megahan, W.F. 1974. Erosion over time: a model. US Department of Agriculture Forest Service, Intermountain Res Stn, Ogden, Utah Res Paper INT-156. 14p.
21.Parsakhoo, A., Hosseini, S.A., Lotfalian, M. and Jalilvand, H. 2009. Soil loss and displacement by heavy equipment in forest road subgrading project. International J. Sediment Res. 24: 2. 227-235.
22.Reid, L.M. and Dunne, T. 1984. Sediment production from forest road surfaces. Water Resour. Res. 20: 11. 1753-61.
23.Reid, L.M. 1981. Sediment production from gravel-surfaced forest roads, clearwater basin, Washington. M.Sc. Thesis, University of Washington, 247p.
24.Reinig, L., Beveridge, R.L., Potyondy, J.P. and Hernandez, F.M. 1991. BOISED user's guide and program documentation. USDA Forest Service, Boise National Forest, 12p.
25.Rijsdijk, A., Sampurno Bruijnzeel, L.A. and Kukuh Sutoto, C. 2007. Runoff and sediment yield from rural roads, trails and settlements in the upper Konto catchment, East Java, Indonesia. Geomorpho. 87: 28-37.
26.WDNR. 1995. Standard methodology for conducting watershed analysis, Version 3.0. Washington Forest Practices Board.
27.Williams, T. 1998. The unkindest cuts. Audubon (January-February). Pp: 24-31.

Archive of SID

www.SID.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 19(1), 2012
http://jwsc.gau.ac.ir

Estimation of Sediment Yield from Forest Roads Using SEDMODL

S.A. Hosseini[1], E. Omidvar[2], *H. Naghavi[3] and A. Parsakhoo[3]

[1]Associate Prof., Dept. of Forestry, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Ph.D. Student, Dept. of Watershed Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Ph.D. Student, Dept. of Forestry, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 2010/11/06; Accepted: 2012/02/25

Abstract

Forest roads are constructed to access forest interior, wood extraction, conservation, afforestation and recreation. In forest road construction project, the trees and vegetation cover are removed and the soil structures are damaged. So, this causes to increase sediment production in forest roads. Increasing of the yield of sediment to river can damage water quality and aquatic ecosystem. Nowadays, there are different models for prediction of sediment yield and this can be helpful for researchers to predict amount of sediment production in forest roads. In this research, SEDMODL was used to estimate mean of annual production of sediment in forest roads. A road with a length of 2260 meter which is located in compartments of 26, 27 and 32 of Darabkola forests was selected. Then, the road length, road width, production rate of sediment with considering geology condition, road surface factor, traffic factor, longitudinal slope, rainfall and sediment delivery factor were calculated using GIS maps, forest management plan handbook and field survey. Results showed that the production rate of sediment in roads was 77.514 ton per year and of this value, 13.175 ton per year is imported to stream canals and rivers. Besides, the slope, distance of road to stream canals and cut slope height were the most important factors in sediment production and delivery to stream canals.

Keywords: Forest roads, Sediment, Prediction model, Geographic information system, SEDMODL

* Corresponding Author; Email: hm_naghavi@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir