نشریه حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی
جلد دوم، شماره اول، ۱۳۹۳
http://ejang.gau.ac.ir

تهیه نقشه پتانسیل مکانیکی خاک در احداث جاده‌های جنگلی با استفاده از GIS

احمد سیبی*[۱]، نصرت‌اله رأفت‌نیا[۲]، سمیه محمدی‌قنبرلو[۳] و داریوش کر[۴]

[۱]کارشناس‌ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چالوس، باشگاه پژوهش‌گران جوان و نخبگان، [۲]دانشیار گروه جنگل‌داری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چالوس، [۳]دانشجوی کارشناسی ارشد گروه جنگل‌داری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چالوس،
تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۲۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۱٤

چکیده

جاده‌های جنگلی نقش اساسی در مدیریت، حفاظت و احیاء جنگل‌ها در مناطق کوهستانی دارند. جاده‌های جنگلی با وجود هزینه‌بر بودن، به‌عنوان عاملی ضروری جهت مدیریت منابع جنگلی مطرح هستند. آگاهی و بررسی ویژگی‌های خاک نقش بارزی در تشخیص پتانسیل زمین به‌عنوان زیر بنای جاده‌سازی ایفا می‌کند. با توجه به هزینه‌های گزاف آزمایش‌های مکانیک خاک کاهش تعداد نمونه از مسائل مهم در بررسی‌های مکانیک خاک مسیر جاده‌های جنگلی است. برای رسیدن به‌این هدف تهیه نقشه قابلیت مکانیکی خاک منطقه مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی مشخصه‌های خاک‌شناسی، شیب، جهت، ارتفاع از سطح دریا و منطقه مورد مطالعه با استفاده از GIS زون‌بندی و به واحدهای همگن از نظر شکل زمین تقسیم شد. پس از تهیه نقشه شکل زمین، از هر واحد در محل عبور جاده یک نمونه و در مجموع ۳۲ نمونه خاک برداشت و از نظر مشخصه‌های فیزیکی خاک مانند درصد رطوبت طبیعی، وزن مخصوص ظاهری، بافت خاک، مورد آزمایش قرار گرفت. بر اساس نقشه زون‌بندی خاک منطقه ۱۰ ناحیه حاصل گردید. از هر کدام از این نواحی یک نمونه برداشت و آزمایش‌های مکانیک خاک و طبقه‌بندی به روش یکسان بر روی آن‌ها انجام گرفت. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که فقط ۳۰ درصد خاک درشت دانه و ۷۰ درصد آن ریزدانه بوده، و از این مقدار هم ٤۰ درصد خاک ریز دانه رسی می‌باشد. به‌همین جهت پیشنهاد می‌شود قبل از هر اقدامی برای ساخت

*نویسنده مسئول: cb.ahmad@yahoo.com

جاده باید در قسمت‌هایی از مسیر که شاخص روانی بالاتر از یک می‌باشد، اقدام به زهکشی منطقه نموده و در قسمت‌هایی که شاخص خمیری بالا می‌باشد پس از کارهای خاک‌برداری نسبت به تثبیت بستر راه با آهک اقدام نمود. برای کاهش هزینه‌های ساخت و نگهداری شبکه جاده گزینه تغییر مسیر و عبور شبکه راه از مناطق با ثبات و خاک‌های پایدار برتری دارد.

واژه‌های کلیدی: شبکه جاده‌های جنگلی، قابلیت مکانیکی، واشمرد، مکانیک خاک، GIS

مقدمه

یکی از مؤلفه‌های پرهزینه در مدیریت جنگل‌داری عملیات جاده‌سازی می‌باشد که حجم زیادی از سرمایه مدیریتی را به خود اختصاص می‌دهد، طراحی مناسب مسیرها و برنامه‌ریزی بهینه جاده‌های جنگلی از عوامل توسعه پایدار جنگل‌ها به‌شمار می‌رود که باعث افزایش کارایی شبکه جاده‌ها، کاهش هزینه‌ها، تخریب جنگل را در حفاظت، احیا و توسعه نمایان می‌سازد (رأفت‌نیا، ۱۹۸۸). در انجام عملیات بهره‌برداری، جنگل‌شناسی، جنگل‌کاری و سایر اقدامات لازم در جنگل احداث جاده یک طرح لازم و ضروری می‌باشد. بنابراین علاوه‌بر جنبه‌های مثبت وجود جاده در جنگل، احداث جاده اثرات منفی زیست‌محیطی؛ کاهش سطح جنگل، تخریب زهکشی طبیعی و خاک و تولید رسوب رودخانه‌ای را در پی دارد (ایگان و همکاران، ۱۹۹۸). جاده‌هایی که روی سنگ بستر آهکی بنا شده‌اند نسبت به جاده‌های با سنگ بستر تونالیتی ثبات بیشتری دارند (پوتوونیک و همکاران، ۲۰۰۸).

خاک به‌عنوان بستر راه و مواد ساختمانی آن در زیرسازی و روسازی است و عامل مهم و مؤثر در هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم مربوط به راه‌سازی است که در نهایت ما را در تصمیم‌گیری برای رد یا قبول مسیر موردنظر یاری می‌دهد (ساریخانی، ۲۰۰۶). بسیاری از زیان‌های عمده احداث راه در جنگل مربوط به شرایط و ویژگی‌های خاکی دارد که قرار است بستر مسیر را تشکیل دهد. بررسی‌های خاک ما را در تشخیص قابلیت زمین‌ها برای انجام عملیات ساختمانی در طول مسیر راه و قابلیت عبور و بهره‌گیری از خاک به‌عنوان مصالح ساختمانی در زیرسازی یا روسازی یاری می‌دهد (ساریخانی، ۲۰۰۶). بررسی‌های مکانیک خاک در بخش عمران و راه‌سازی امری معمول و لازم است و در کلیه پروژه‌های راه‌سازی به انجام آن مبادرت می‌ورزند لیکن در بخش مدیریت جنگل این بررسی‌ها هنوز نتوانسته است به‌خوبی در بین مهندسان جنگل و مجریان طرح‌ها جا باز کند. اگرچه نبود نظارت کافی در ساخت و نیز بی‌توجهی به برآورد واقعی هزینه‌های نگهداری از دلایل این امرند، لیکن مهم‌ترین

دلیل این امر را می‌توان به ناآگاهی و ناآشنایی مهندسان و مجریان طرح‌های جنگلداری به اهمیت و کارآیی بررسی مکانیکی خاک در جاده‌سازی دانست. در حالی‌که بررسی و شناخت ویژگی‌های مکانیکی خاک بستر جاده می‌تواند ما را به تصمیم معقولی در مورد چگونگی ساخت و نگهداری بستر، زیرسازی و روسازی راه هدایت کند که نتیجه آن کاهش هزینه‌های جاده‌سازی و نگهداری آن در طول عمر جاده شده و در نهایت موجب موفقیت و کاهش هزینه‌های طرح می‌شود (نجفی، ۱۹۹۸). در ایران مجنونیان (۱۹۹۸) برای اولین بار خاک مسیر جاده سری نم خانه جنگل خیرود کنار را از نظر مکانیکی مورد بررسی قرار داد و به‌این نتیجه رسید که بافت خاک مسیرهای جاده ریزدانه با درصد رس بالاست و پیشنهاد کرد برای ساخت جاده بر روی آن باید نسبت به تغییر ویژگی‌های مکانیکی و تثبیت آن‌ها اقدام کرد. صفیاری (۱۹۹۱) قابلیت‌های مکانیکی خاک سری پاتم را بررسی کرد و نتیجه گرفت خاک منطقه مورد بررسی اغلب از دو نوع خاک CH و CL می‌باشد. نجفی (۱۹۹۸) با بررسی قابلیت مکانیکی خاک جنگل و از اقدام به تعیین نقطه‌های بحرانی و حساس در یک سری جنگلی کرد و نتیجه گرفت که به‌منظور راه‌سازی در سری موردنظر باید نسبت به تغییر ویژگی‌ها و تثبیت خاک ریزدانه منطقه اقدام نمود.

از طرفی دیگر رافت نیا و همکاران (۲۰۱۲) با مطالعه عبور مناسب جاده‌های جنگلی در سری ۷ حوزه ۳۸ سردآبرود، استفاده از مدل تعیین نقشه قابلیت عبور را روشی مناسب برای شناسایی مناطق دارای پتانسیل مناسب جهت عبور جاده‌ها با توجه به اهداف توسعه پایدار در پیش‌بینی مقدماتی عبور جاده‌های جنگلی گزارش کردند. بررسی‌های وسیعی بر روی وضعیت مکانیک خاک‌های جنگلی انجام شده و به‌این نتیجه رسیدند که چون وضعیت مکانیک خاک، مؤثرترین عامل در پایداری یا ناپایداری زمین است و می‌توان با آن اقدام به طبقه‌بندی زمین جنگل کرد، به‌طوری که هر طبقه مدیریت ویژه خود را داشته باشد (صفیاری، ۱۹۹۱).

برخی بررسی‌هایی در مورد احداث جاده‌های جنگلی و وضعیت مکانیک خاک انجام داده و اندازه‌گیری شاخص‌های مختلف مکانیک خاک مانند دانه‌بندی، رطوبت طبیعی و غیره را قبل از ساخت برای بهبود کیفیت ساخت، افزایش عمر مفید و بهبود نقش خدمات حمل و نقل در جنگل توصیه کرده‌اند (ایسباچر، ۱۹۸۲) برخی دیگر بررسی‌هایی در زمینه طبقه‌بندی زمین جنگل از نظر ترافیک‌پذیری انجام داده و برای این منظور تعیین شاخص‌های مکانیک خاک زیادی را ضروری دانست، از جمله تعیین وزن مخصوص، منحنی پروکتور، حدود آتربرگ، میزان مواد آلی، وزن مخصوص خشک، میزان رطوبت، پروزیته، اشباع‌پذیری و غیره (لئوفلر، ۱۹۸۲). خاک به‌عنوان بستر

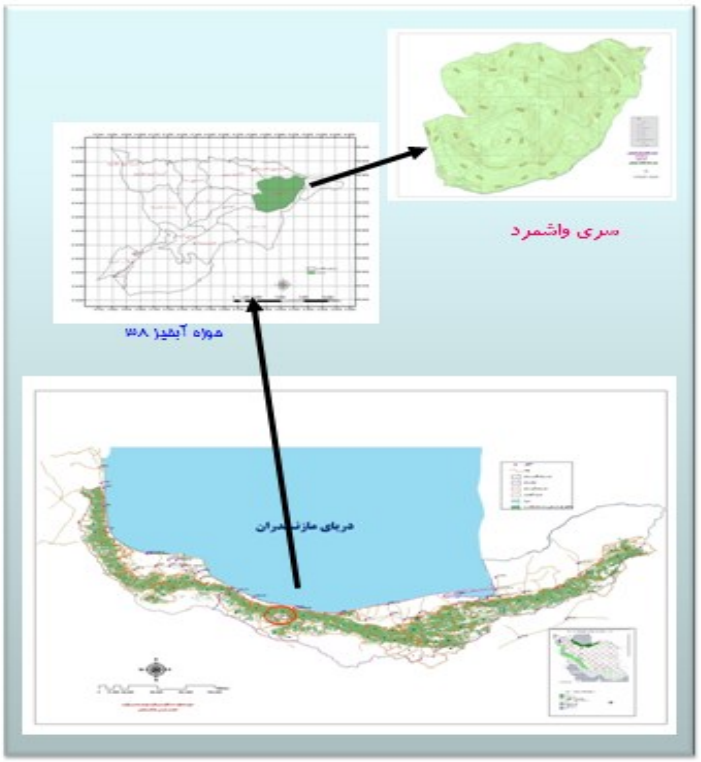
جاده و زیربنا در راه‌سازی در دسترس‌ترین و در عین حال از نظر رفتار مکانیکی پیچیده‌ترین ماده ساختمانی می‌باشد و از آنجایی‌که خاک عنصری است ناهمگن و به‌عنوان زیربنا هر نوع سازه‌ای فشار خود را به خاک منتقل می‌کند (بولیس، ۱۹۷۸). هدف اصلی این تحقیق تعیین نقشه قابلیت مکانیکی خاک جاده‌های جنگلی و کوهستانی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌صورت روی هم‌گذاری لایه‌ها با رعایت اصول زیست‌محیطی و خصوصیات مهم خاک‌های جنگلی می‌باشد تا به روش مناسبی برای عبور جاده‌های جنگلی بر روی خاک‌های متفاوت جنگلی دست یافت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: این پژوهش در سال ۹۱-۹۰ در طرح جنگلداری جیسا سری ۷ حوزه ۳۸ سردآبرود چالوس انجام گردید. این سری در قسمت شمال شرقی حوزه ۳۸ درحوزه استحفاظی اداره کل منابع طبیعی استان مازندارن – نوشهر واقع شده است. مساحت جنگل‌های سری، ۱۸۸۲ هکتار می‌باشد. طول کل جاده‌های موجود و پیشنهادی ۲۰۸۰۰ متر و از نوع درجه ۲ بوده و حداقل ارتفاع از سطح دریا ۵۰ متر و حداکثر آن ۱۰۵۰ متر می‌باشد. جنگل‌های سری مورد مطالعه از نظر موقعیت جغرافیایی در حوضه ۳۸ و بین عرض‌های جغرافیایی ۳٦ درجه ۳۷ دقیقه تا ۳٦ درجه ۳۹ دقیقه، شمالی و طول‌های جغرافیایی ۵۱ درجه ۱۸ دقیقه تا ۵۱ درجه ۲۲ دقیقه شرقی قرار دارد. مشخصات کلی خاکشناسی و زمین‌شناسی منطقه در جدول ۱ و ۲ آورده شده است (شکل ۱).

جدول ۱- وضعیت سنگ‌های غالب و زمین‌شناسی سری ۷ واشمرد.

ردیف	علائم روی نقشه	سنگ‌های رسوبات غالب سازند	دوران- دوره	انواع زمین
۱	L-K1L1	سنگ‌های آهکی ضخیم لایه با مختصری مارن با لایه‌بندی نازک	دوران دوم دوره کرتاسه	ارتفاعات نسبتاً بلند جنوب سری ۷ و سری ۵ و سری ۸ با شیب زیاد، عمق خاک کم، پایداری و نفوذپذیری کم
۲	L-K1L2	سنگ‌های آهکی، مارن، آهک، آهک مارنی	دوران دوم دوره کرتاسه	ارتفاعات سری‌های ۳، ٤، ۵ و ۸ با شیب متوسط، پایداری کم و نفوذپذیری متوسط
۳	L-K1L3	مارن+ آهک	دوران دوم دوره کرتاسه	ارتفاعات کوتاه تا متوسط در سری‌های ۵ و ۷ با شیب بسیار کم و عمق خاک‌زاد، پایداری متوسط، نفوذپذیری کم



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.

روش تحقیق: برای انجام تحقیقات روی خاک جاده بر اساس عمده منابع موجود اغلب نمونه‌هایی از مسیر جاده در فواصل معینی برداشت می‌شوند. فاصله نمونه‌ها با توجه به شرایط توپوگرافی، زمین شناختی و خاکشناسی منطقه حداقل ۲۵۰ متر در نظر گرفته شدند زیرا این مسافت حداقل فاصله‌ای است که در آن تغییرات خاک مشاهده می‌گردد (جمشیدی کوهساری و همکاران، ۲۰۰۸). با این روش تعداد نمونه‌های برداشت شده زیاد و در نتیجه هزینه انجام آزمایش‌ها زیاد خواهد بود. در این پژوهش برای اجتناب از برداشت نمونه‌های زیاد، نمونه‌برداری خاک به‌صورت زیر انجام گرفت:

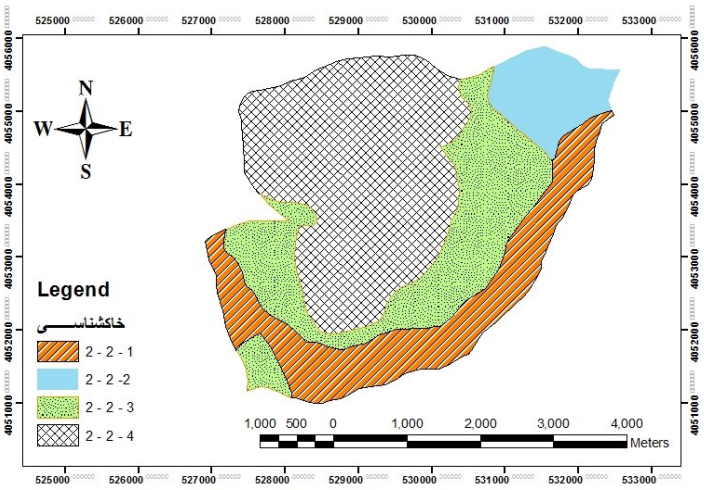
جدول ۲- واحدهای خاک‌شناسی و زیر واحدهای اراضی سری ۷ حوزه ۳۸.

علائم	زیر واحدهای اراضی	خاک	نفوذپذیری و محدودیت‌ها
۲,۲,۱	تپه‌های نسبتاً بلند تا بلند، مواد مادری آهکی، آهک کریستالین، مارن شیب زیاد، بیرون‌زدگی سنگی زیاد	خاک تکامل نیافته، کم عمق، سنگریزه‌دار، حداکثر عمق ۵۰–۴۰ سانتی‌متر، بافت L-L-C، PH؛ ۷/۵–۷/۴، تیپ اصلی خاک راندزین تیپیک	نفوذپذیری آب خوب محدودیت‌ها: شیب خیلی زیاد- عمق کم خاک- وجود سنگ- ناپایدار
۲,۲,۲	تپه‌های کوتاه تا کمی بلند، مواد مادری آهک، آهک مارنی، مارن با شیب زیاد و بیرون‌زدگی سنگی کم	خاک تکامل یافته، سنگریزه‌دار، حداکثر عمق ۸۰ سانتی‌متر بافت SA-C-L تا C، PH؛ ۷/۶–۷/۴، تیپ خاک قهوه‌ای جنگلی با PH فلیایی	نفوذپذیری متوسط تا ضعیف محدودیت‌ها: نفوذ ضعیف آب و پایداری متوسط
۲,۲,۳	تپه‌های کم ارتفاع تا کمی بلند مواد مادری آن‌ها آهک- مارن- آهک مارنی شیب کم بودن بیرون‌زدگی سنگی	خاک تکامل یافته عمیق حداکثر عمق ۱۰۰ سانتی‌متر، سنگ‌ریزه کم‌بافت L -c- Si تا si-C، PH؛ ۷/۷–۶/۹، تیپ خاک قهوه‌ای شسته شده با افق کلسیک	نفوذپذیری آب متوسط تا ضعیف محدودیت‌ها: حساسیت به هیدرو مورف موقت
۲,۲,٤	تپه‌های کمی بلند با مواد مادری آهکی، مارنی شیب کم بدون بیرون‌زدگی سنگی	خاکی تکامل یافته با عمق بیش از یک متر بدون سنگ‌ریزه، بافت si-c-l تا si-c، PH؛ ۵/۸–۶/٤، تیپ خاک قهوه‌ای شسته شده با پسدوگلی	نفوذپذیری آبخوب تا ضعیف محدودیت: زهکش نامناسب- احتمال روانه گل

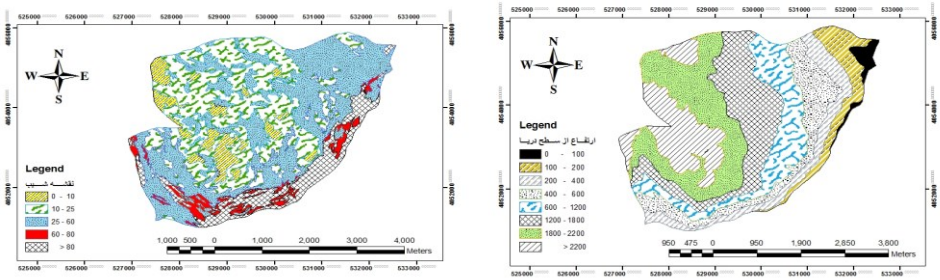
ابتدا نقشه خاک‌شناسی سری مورد مطالعه موجود از کتابچه طرح تهیه و رقومی گردید. این نقشه از ٤ بخش تشکیل شده است که این بخش‌ها از نظر عواملی مانند بافت خاک، شدت نفوذپذیری عمق خاک، شدت فرسایش آبی و شرایط زهکشی با هم فرق دارند (شکل ۲). در مرحله بعد در محیط نرم‌افزار GIS، با استفاده از لایه‌های مربوط به خطوط تراز از نقشه 3D (توپوگرافی رقومی)، مدل رقومی ارتفاع[1] DEM استخراج شد.

تهیه نقشه شکل زمین[2]: به‌منظور پرهیز از گزینش مکان‌های مشابه از نظر شیب، جهت و ارتفاع، نقشه شکل زمین منطقه به‌عنوان مبنای انجام پژوهش در نظر گرفته شد. برای تولید نقشه شکل زمین نیاز به نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع است که به‌طور مستقیم از نقشه رستری DEM استخراج شدند. نقشه شیب در پنج طبقه ۱۰–۰، ۲۵–۱۰، ۶۰–۲۵، ۸۰–۶۰، ۸۰<، نقشه جهت نیز در ۸ طبقه (جهت‌های اصلی و فرعی) و نقشه ارتفاع در ۸ طبقه بر اساس طبقه‌بندی ارتفاع از سطح دریا برای نیم‌رخ شمالی البرز (مخدوم، ۱۹۹۳) تهیه شدند (شکل ۳).

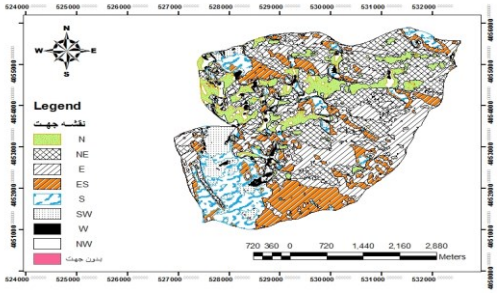
1- Digital Elevation Model
2- Landform



شکل ۲- نقشه خاکشناسی سری مورد مطالعه.



(ب) (الف)



ج

شکل ۳- الف نقشه طبقات ارتفاع منطقه (الف)، نقشه طبقات شیب منطقه (ب)، نقشه طبقات جهت جغرافیایی سری مورد مطالعه (ج).

از روی هم‌گذاری نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع در محیط GIS و حذف واحدهای با سطح کمتر از یک هکتار (جهت ادغام واحدهای کوچک‌تر در واحدهای بزرگ‌تر) نقشه شکل زمین (شیب، جهت، ارتفاع) حاصل گردید. در مرحله بعد برای دقت بیشتر نسبت به تعیین محل نمونه‌ها و پرهیز از انتخاب واحدهای تکراری نقشه‌های شکل زمین و خاکشناسی منطقه روی هم‌گذاری گردید تا نقشه جدیدی برای تعیین محل نمونه پروفیل‌های خاک حاصل گردد. در روی نقشه حاصله، با شناسایی واحدهای همسان در مسیر جاده نسبت به تعیین محل نمونه‌ها اقدام و از گزینش واحدهای تکراری پرهیز شد. با در نظر گرفتن موارد فوق در مجموع تعداد ۳۲ نمونه تعیین مکان شد. نمونه‌ها با GPS[1] در عرصه با عمق‌های ۳۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر برداشت گردید و در کیسه‌های پلاستیکی در بسته برای جلوگیری از افت رطوبت به آزمایشگاه منتقل شدند. روی نمونه‌های خاک اندازه‌گیری‌های زیر انجام شد. درصد مواد آلی، درصد مواد خنثی شده، بافت خاک، اسیدیته اشباع، درصد رطوبت طبیعی و درصد رس، سیلت و ماسه (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج آزمایش‌های دانه‌بندی، درصد رطوبت طبیعی بر روی نمونه‌های خاک بر اساس روش USCS.

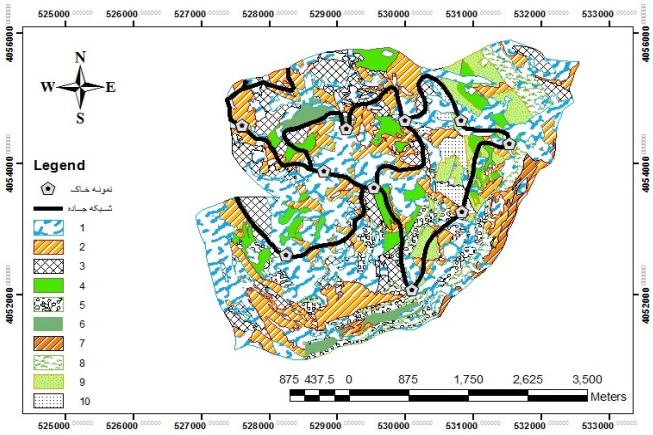
شماره پروفیل	درصد رس	درصد سیلت	درصد ماسه	بافت خاک	اسیدیته اشباع	درصد رطوبت وزنی	درصد مواد آلی	درصد مواد خنثی شده
۱	۲۳	۳٤	٤۳	CL	٥/٦	۲۸/۱٦	٥/۳	–
۲	۳۱	۳۸	۳۱	CL	٤/٥	۲۹	–	۰/٥۳
۳	۲۹	۳۰	٤۱	GC	٤/۸	۳۳	–	–
٤	٤٥	٤۱	۱٤	SM	٥/۱	۳۱	–	۱/۱
٥	۹	۲۲	٦۹	GP	٦/۷	٦	٦/۱	٤/۲
٦	۱۹	۳۲	٤۹	CL	۷/۱	۲٥	–	٥/۳
۷	۲۷	۳۸	۳٥	CL	۷/۲	۳۱	–	٤/۲
۸	۲۱	٤٦	۳۳	CL	٥/۲	۳۷	۲/۷	۱/۱
۹	۲٥	٥٤	۲۱	SP	٥/۲	۲۷	–	٥/۳
۱۰	۳۳	٥۲	۱٥	CL	٥/۳	۲۷	–	–
۱۱	٤۳	۳٦	۲۱	SW	٥/۲	۳٦	–	–
۱۲	۱۳	۲٦	٦۱	GM	٥/۱	۱۳	۷/۲	۱/۱
۱۳	۲۷	۳۲	٤۱	GC	٥	۳۱	–	۰/٥۳
۱٤	۲٥	۳٤	٤۱	GC	٥/۱	۲۸	–	۰/٥۳
۱٥	۱٥	۲۰	٦٥	GC	٥/٦	۱٤	–	–
۱٦	۱۳	۳۲	٥٥	SL	٥/۸	۳۹	٦/۷	۱/٦
۱۷	۲۱	٤۰	۳۹	CH	٦/٤	۱۹	–	۰/٥۳

1- Global Positioning System

ادامه جدول ۳-

۱۸	۲۷	٤۰	۳۳	CL	٦/٥	۳۷	–	۰/٥۳
۱۹	۱۱	٤۷	٤۲	CM	٥/۱	۱۷	٥	۰/٥۳
۲۰	۲۳	٥۳	۲٤	SL	٥/٥	۳۹	–	–
۲۱	۳۳	٥۱	۱٦	SM	٥/٦	٤۰	–	–
۲۲	٥۳	۳۳	۱٤	SC	٥/٦	۲۹	–	۱/۱
۲۳	۲۱	٤٦	۳۳	CL	٦/۷	۳۰	٥/٤	۹
٢٤	۳۷	۲۹	۳٤	CL	۷/۳	۳٤	–	۱۸/٥
۲٥	٤۱	۳٥	۲٤	SM	۷/۲	۳۹	–	۷/۳
۲٦	۱۳	٥۳	۳٤	ML	٥/۲	۲۲	۳/۸	۰/٥۳
۲۷	۳۳	٤۹	۱۸	SC	٥/٥	٥٤	–	–
۲۸	٥۹	۲۷	۱٤	SC	٥/۱	٤٥	–	۲/٥
۲۹	٥٥	۳۱	۱٤	SM	٥/۳	٤۱	–	٤
۳۰	۲۱	۲٥	٥٤	CL	۷/٤	۲۸	٦/۸	۷
۳۱	٦۱	۲۳	۱٦	SM	۷/٤	٤۷	–	۲/٦
۳۲	٥۳	۲۷	۲۰	SL	۷/٤	٤۳	–	۲/۱

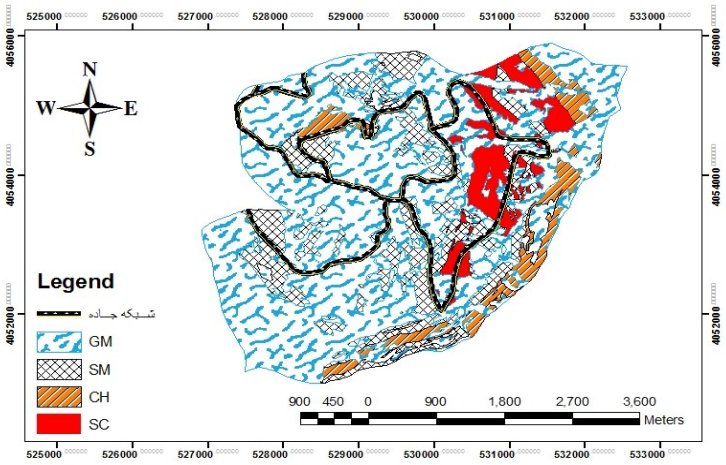
با توجه به نتایج آزمایش‌ها (جدول ۳) و دسته‌بندی آن و همچنین همسان‌سازی واحدها از راه ادغام واحدهای مشابه با هم، نقشه جدیدی تحت عنوان نقشه زون‌بندی خاکشناسی ایجاد شد (شکل ٤). این نقشه شامل ۱۰ ناحیه مشابه از نظر مشخصه‌های مهم خاکشناسی می‌باشد. از هر کدام از واحدهای همسان در طول مسیر جاده، نمونه‌های خاک جهت انجام آزمایش ویژگی‌های مکانیکی خاک برداشت شد.



شکل ٤- نقشه زون‌بندی خاک‌شناسی سری مورد مطالعه.

محل نمونه‌ها در طبیعت به کمک دستگاه GPS مدل با خطای ۷-۳ متر در عرصه برداشت گردید. تعیین مکان نمونه‌ها به گونه‌ای انجام گرفت که بیشترین پراکنش را در عرصه داشته باشند. نمونه‌ها از اعماق مختلف همانند نمونه بهره‌برداری اولیه صورت گرفت و مجدداً برای انجام آزمایش در کیسه‌های دو جداره به آزمایشگاه منتقل شد. آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌های (دانه‌بندی با الک و روش هیدرومتری، تعیین حد روانی، طبقه‌بندی خاک‌ها، تعیین درصد رطوبت طبیعی خاک، تعیین حد خمیری، شاخص روانی و خمیری) روی نمونه‌های خاک اعمال شد.

نمونه‌های خاک بر پایه طبقه‌بندی USCS[1] طبقه‌بندی شدند (جاوید، ۱۹۹۵)، سپس واحدهایی که از نظر مکانیک خاک مشابه بودند در یک گروه همسان قرار گرفتند و نقشه مکانیک خاک سری مورد مطالعه حاصل گردید (شکل ۵).



شکل ۵- نقشه قابلیت مکانیکی سری مورد مطالعه.

نتایج

نتایج آزمایش دانه‌بندی خاک با الک و آب‌سنجی در جدول ٤ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود به‌جز نمونه‌های ۲، ٤ و ۷ که درشت دانه هستند بقیه نمونه‌ها ریزدانه می‌باشند. نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌ها حدود اتربرگ و میزان رطوبت در جدول ٤ دیده می‌شود. با استفاده از نتایج به‌دست آمده از آزمایشات شاخص روانی و خمیری خاک محاسبه شد (جدول ٤). با بهره‌گیری از نتایج

1- Unified Soil Classification System

به‌دست آمده در جدول ٤ بر پایه روش طبقه‌بندی USCS خاک‌ها طبقه‌بندی شدند. در واقع این روش طبقه‌بندی به‌خاطر آسانی و ارائه اطلاعات کاربردی برای گرفتن تصمیم‌های مناسب در جاده‌سازی جنگل (زیرسازی و روسازی) بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. از ۱۰ نمونه مورد مطالعه ۲ نمونه جزو خاک‌های رسی با حد روانی پایین CL و ۱ نمونه جزو خاک‌های رسی با حد روانی بالا CH (رس غیرآلی با حد خمیری بالا) و سایر نمونه‌ها طبق جدول ۲ طبقه‌بندی شدند. بافت خاک‌های مسیر جاده جز نمونه‌های شماره ۱، ٥، ٦، ۸، ۹ و ۱۰ ریزدانه می‌باشد و همچنین خاک‌ها دارای میزان قابل توجهی رس می‌باشند.

جدول ٤- نتایج کلی مربوط به آزمایش‌های تعیین درصد رطوبت و طبقه‌بندی نمونه‌های خاک.

شماره پروفیل	طبقه‌بندی خاک	درصد رس	درصد سیلت	درصد ماسه	رطوبت وزنی
۱	CL	۳٤	٥۰	۱٦	۳۸
۲	GC	۱٤	۲۰	٦٦	۱۳
۳	SM	۱۲	٤۷	٤۱	۳۲
٤	GP	٥	۲٤	۷۱	۸
٥	SP	۲۷	٥۳	۲۰	۲٥
٦	SW	٤۳	۳٤	۲۳	۳۷
۷	GM	۱۱	۲۷	٦۲	۱٦
۸	CL	۲٥	٥۲	۲۳	۲۸
۹	SC	٥۳	۲٦	۲۱	٤٤
۱۰	CH	۱۳	٥۲	۳٥	۳۱

طبق جدول ٤ میزان شاخص خمیری خاک‌ها در دو گروه خمیری (PI= ۱٥-۳٥) و خیلی خمیری (PI>۳٥) قرار می‌گیرند و این نشان می‌دهد که جذب و نگهداری آب در این خاک‌ها زیاد است و در اثر جذب آب به شدت متورم می‌شوند و ظرفیت انقباضی بالایی در شرایط خشک دارند و مقاومت خشک این نوع خاک‌ها زیاد است و دارای قابلیت شکل‌پذیری بالایی می‌باشند و به‌خاطر وجود چنین مشخصه‌هایی عملیات راه‌سازی در آن مشکل و پر هزینه و دشوار می‌باشد. بر اساس موارد فوق قدرت باربری این خاک‌ها از حالت خشک به حالت مرطوب کاهش می‌یابد. به‌صورتی که در حالت مرطوب و روزهای بارانی امکان عبور و مرور وسایل نقلیه بر روی آن‌ها خیلی مشکل تا غیرممکن است.

شاخص روانی (جدول ٤) نشان می‌دهد که ۵۰ درصد خاک‌ها (به‌جز نمونه‌های ۱، ٦، ۷، ۸ و ۹) دارای شاخص روانی بیش از نیم می‌باشند. یعنی خاک منطقه در حالت عادی شکل نسبتاً نرم داشته و برای عبور و مرور وسایل نقلیه معمولی مناسب نیست. سه نمونه ۳، ۷ و ۱۰ در حالت طبیعی شکل روانی داشته و هرگونه کار در آن نیاز به زهکشی و عملیات تثبیت می‌باشد. به‌طور کلی از میان ۱۰ نمونه، سه نمونه ۲، ٤ و ۷ (۳۰ درصد) پایدارترین و نمونه‌های ٦، ۸ و ۹ نسبتاً پایدار (۳۰ درصد) و سایر نمونه‌ها (٤۰ درصد) جزو خاک‌های ناپایدار به‌شمار می‌آیند و ساخت جاده روی آن‌ها پر هزینه و نیاز به ابنیه فنی خواهد بود. همان‌گونه که در نقشه قابلیت مکانیکی خاک (شکل ٤) منطقه مشاهده می‌شود قسمت بیشتر مسیر جاده از منطقه‌هایی که دارای خاک‌های شنی سیلتی می‌باشند عبور کرده است و این به ما کمک می‌کند تا به‌وسیله این نقشه نسبت به برآورد هزینه‌های جابه‌جایی شبکه و یا فقط شبکه موجود و پذیرش هزینه‌های سنگین تأسیسات زهکشی و همچنین هزینه‌های تثبیت تصمیم گرفت.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به خاک‌های رسی سری مورد مطالعه و ویژگی شدید جذب آب در این خاک‌ها (نمونه‌های ۹، ٦ و ۱ جدول ٤) پیشنهاد می‌شود جهت کمک به خروج سریع آب اضافی از خاک و هدایت آب‌های سطحی و یا زیر سطحی، شبکه زهکش[1] مناسبی برای جاده، جویی‌های کناری طراحی و احداث شود تا بستر و محدوده جاده خشک شده و قابلیت استحکام خود را از دست ندهند که این کار از طریق احداث آبروها[2] و کانال جانبی عمیق و همچنین به‌کارگیری روش‌های زیست مهندسی[3] ممکن خواهد بود (مجنونیان، ۲۰۱۲). در منطقه‌هایی مانند محل نمونه‌های ۳، ۷ و ۱۰ که به‌نظر منطقه اشباع از آب بوده و خاک در حالت روانی قرار دارد، هرگونه ساخت و ساز در این‌گونه مناطق منجربه لغزش و رانش خواهد شد. بهتر است تغییر مسیر داده شود در غیر این‌صورت قبل از هرگونه اقدامی برای عملیات خاکی نسبت به زهکشی و خشک کردن منطقه اقدام شود و بعد از عملیات ساخت و ساز زهکشی مناسبی برای منطقه پیش‌بینی نمود. برای کاهش هزینه‌های ساخت و نگه‌داری جاده‌های جنگلی، عبور مسیر جاده‌ها از مناطق پایدار الزامی می‌باشد و برای نیل به این هدف تهیه نقشه قابلیت

1- Drinage System
2- Culvert
3- Bioengineering

مکانیکی خاک منطقه قبل از طراحی شبکه جاده در مناطق مطالعاتی ضروری است. در صورتی‌که جابجایی شبکه جاده در منطقه مورد بررسی امکان‌پذیر باشد. نقشه قابلیت مکانیکی خاک منطقه کمک مؤثری در طراحی مسیر جدید خواهد نمود و در صورت عدم جابه‌جایی شبکه جاده نقشه فوق نقش مهمی در برآورد هزینه‌ها و توجیه اقتصادی شبکه موجود ایفا می‌کند. به‌ویژه در خاک‌های ریزدانه که کوچکی حفره‌های بین دانه‌ها و وجود آب جذبی سطح، پدیده روانی خاک از این جهت که آب مدت زمان بیشتری برای خروج از خاک لازم دارد اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. نمونه خاک‌های ۲، ٤ و ۷ پایدارترین و ٦، ۸ و ۹ دارای پایداری نسبی بیشتری در منطقه هستند. به‌منظور اصلاح دانه‌بندی و تثبیت خاک بستر جاده و روسازی (مرمت جاده)، با توجه به هزینه‌های زیاد و نبود تجربه عملی کافی به‌کارگیری آن در جاده‌سازی جنگل در مناطق جنگلی و همچنین نبود تناسب سایر روش‌های تثبیت خاک (با بتون، قیر و ...) در محیط جنگل، عمل تثبیت با آهک می‌تواند گزینه مناسبی باشد. به‌طور کلی آهک برای تثبیت خاک‌های ریزدانه که دامنه خمیری آن‌ها بزرگ‌تر از ۱۰ و خاک‌های رسی خیلی خمیری ($PI > ۳۵$) مناسب است (عامری، ۲۰۰۳). با توجه به نتایج این تحقیق و تحقیقات و آزمایشات مشابهه (مجنونیان و همکاران، ۲۰۰۸؛ مجنونیان و همکاران، ۲۰۰۷؛ جمشیدی کوهساری و همکاران، ۲۰۰۸) می‌توان تصمیمات مناسبی در امر راه‌سازی اتخاذ نمود.

رهیافت ترویجی

یکی از فعالیت‌های هزینه‌بر در مدیریت جنگل‌ها عملیات جاده‌سازی می‌باشد، که حجم زیادی از سرمایه مدیریتی را به خود اختصاص می‌دهد، طراحی مسیرهای مناسب و برنامه‌ریزی بهینه جاده‌های جنگلی از عوامل توسعه پایدار جنگل‌ها نیز به‌شمار می‌رود که علاوه‌بر افزایش کارایی شبکه جاده‌ها، کاهش هزینه‌ها، احیاء و توسعه، باعث جلوگیری از تخریب جنگل می‌شود. از طرفی با توجه به هزینه‌های گزاف آزمایش‌های مکانیک خاک، کاهش تعداد نمونه به کم‌ترین تعداد از مسائل مهم در بررسی‌های مکانیک خاک مسیر جاده‌های جنگلی است. امروزه با استفاده از روش‌های نوین و قابلیت‌های نرم‌افزاری از جمله GIS می‌توان شرایط اقتصادی، زیست‌محیطی و حتی کاهش زمان و هزینه آزمایشگاه را نیز پیش‌بینی نمود. و در جهت مدیریت مناسب عرصه‌های جنگلی به سمت توسعه پایدار بهتر گام برداشت. بنابراین هدف از این تحقیق ارائه روشی مناسب برای تعیین نقشه قابلیت مکانیک خاک جهت عبور جاده‌های جنگلی از روی خاک‌های مناسب عبور جاده‌های جنگلی می‌باشد.

روش کار و چگونگی تهیه نقشه قابلیت مکانیکی خاک در این پژوهش می‌تواند راهنمای تهیه این نوع نقشه‌ها برای استفاده در پروژه‌های توسعه منطقه‌ای و طرح‌های جنگل‌داری قرار گیرد.

منابع

1.Ameri, M. 2003. Instruction manual For Stabilziation and Gonstruction of Embankment, Subgrade and Pavement layers with Stabilized Mixture No. 268. Tehran, Iran, 92p. (In Persian)

2.Bowles, I.E. 1978. Engineering properties of soils and their measurement, Mc Graw-Hill.1

3.Egan, A., Jenkins, A., and Rowe, J. 1998. Forest Road in West wirginia, USA: Identifying Issues and challenges. West Virginia University Morgan, Town. WV. USA, 23(1): 8p.

4.Eisbacher, J. 1982. The practical application of soil testing method of forest road, (logging of mountain forests), F.A.O., forestry paper, 33: 17p

5.Jamshidi kohsari, A., Majnonian, B., Zahedi Amiri, Gh., and Hoseini, S.A. 2008. Forest soil classification to reduce costs of mechanical capability study for roadway and transportation (Case study: Agh- Mashhad Forest). Journal of the Faculty of natural resources, 61(4): 877-888. (In Persian)

6.Javid, M. 1995. Soil Mechanics Laboratory. Tehran's Jahad Publisher press. Tehran, Iran, 196p. (In Persian)

7.Loeffler, H. 1982. Terrain classification and its relation to operational methods. Seminar on the planning and technique of transport, 46.27p.

8.Majnounian, B. 2012. Vice presidency for Strategic Planning and Supervision. Forest Road Manual Guideline for the Design, Construction and Operation of Forest Roads, No.131 (Revision 1). 184p. (In Persian)

9.Majnounian, B. 1988. Preliminary results of the mechanical properties of forest soils Kheyroudkenar. Journal of the Iranian Natural resources, 42: 105-113.

10.Majnounian, B., Jamshidy Koohsari, A., Zahedi Amiri, Gh., and Hoseini, S.A. 2008. Forest road soil mechanic properties in construction for practical uses. Journal of the Iranian Natural resources, 61(1): 123-132.

11.Majnounian, B., Shodja, R., and Sobhani, H. 2007. Study of mechanical characteristics of the forest soil in Gorazboon district, Kheyrood Kenar forest, used in road construction and harvesting operations. Journal of the Iranian Natural resources, 60(1): 537-544. (In Persian)

12.Makhdoum, M.F. 1993. Fundamental of land use planing. University of Tehran press, Tehran, 289p. (In Persian)

13.Najafi, A. 1998. Study of the soil mechanics and determine critical points in Vaz research forest. M.Sc. Thesis. Forestry and crop development department. College of natural resources. Tehran University, Tehran, 85p. (In Persian)

14.Potocnik, I., Pentek, T., Picman, D., Papa, I., and Poje, A. 2008. Filling in the clearance of a forest, Ep, 14p.

15. Raafatnia, N. 1988. The design and project plan for forested and mountainous. Publications University of Mazandaran, Sari, 227p. (In Persian)
16. Raafatnia, N.A., Sibi, A., and Azarnosh, M.R. 2012. Determination of pass map feature and effective factors in design of forest Roads by GIS (Case Study Series 7 of 38 Sardabrod). Journal of Sciences and Technigues in Natural Resources. Islamic Azad University, Chalous Branch, 7(3): 13-25p. (In Persian)
17. Safyari, Sh. 1991. Mechanical capabilities of forest soil of series Patom for transport and roads. M.Sc. Thesis. Forestry and crop development department. College of Natural Resources. Tehran University, Tehran. 135p. (In Persian)
18. Sarikhani, N. 2006. Islamic Republic of Iran Plan and Budget organization. Forest Roads Project Guide Lines. No. 148. Tehran, Iran. 198p. (In Persian)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Conservation and Utilization of Natural Resources, Vol. 2 (1), 2014
http://ejang.gau.ac.ir

Soil Mechanical Potential Mapping in Construction of Forest Roads Using GIS

A. Sibi[*1], N. Raafatnia[2], S. Mohamadi Ghanbarloo[3] and D. Kor[3]
[1]M.Sc., Member of Young Researchers Club, Islamic Azad University, Chaloos Branch, Iran, [2]Associate Prof., Dept. of Forestry, Islamic Azad University, Chaloos Branch, Iran, [3]M.Sc. Student, Dept. of Forestry, Islamic Azad University, Chaloos Branch, Iran
Received: 03/12/2014 ; Accepted: 09/05/2014

Abstract

Forest roads play a vital role in management, conservation and restoration of forests in mountainous regions. Despite of their costs, forest roads are essential for forest resource management. Recognition of soil properties has a critical role in finding the potential of the ground as base for road construction. Due to expenses of soil analysis, reducing soil samples to its minimum are of great importance in assessment of soil mechanics in forest roads. In this research, based on properties such as soil, slope, aspect, altitude, etc., zonation of study area was done into homogenous units based on landform using GIS. After preparing landform map, one soil sample and totally 32 samples were taken in units from which road passes. Then soil physical properties such as normal moisture (%), bulk density and soil texture were analyzed. According to the soil zonation map, 10 zones were obtained. One sample was taken in each zone and soil mechanic experiments and soil Classification carried out according to USCS method. Results show only 30% of the samples are coarse soil and the others are fine soil. 40% of fine soil have clay fine soil. Hence, in the parts of the road which have Liquidity Index more than one soils have to be drained before road construction and in the parts that soils have high Plasticity Index the road Bed have to be stabilized with lime after excavation. For decreasing costs of road construction and maintenance it is preferable that road cross from areas that are stable and have sustainable soils. To achieve this goal soil mechanical potential mapping has been done.

***Keywords*:** Forest Road Network, Mechanical Potential, Vashmord, Soil Mechanics, GIS

*Corresponding author; cb.ahmad@yahoo.com