مقایسه روش‌های مختلف برآورد ضریب باربری زمین (CBR) در اراضی جنگلی (حوزه آبخیز هراز)

محمدرضا آذرنوش[1]

چکیده

تعیین ضریب باربری اراضی در برآورد قابلیت عبور ماشین آلات جنگلی یکی از مهمترین متغیرها در امر برنامه‌ریزی امور بهره‌برداری از جنگل‌ها می‌باشد. و از آنجایی‌که روش‌های مختلفی برای برآورد آن وجود دارد بر همین اساس در این تحقیق سه روش متفاوت برآورد ضریب باربری زمین (CBR %) یعنی نتایج آزمایشگاهی، استفاده از پنترومتر و طبقه بندی CBR % در سیستم USCS به عنوان شاهد با هدف تعیین بهترین روش جهت برآورد CBR مورد مقایسه قرار گرفته است. مطالعه مورد نظر در پارسل 22 از سری 7 حوزه آبخیز 52 هراز – آمل براساس 5 گروه خاک طبقه بندی FAO با تعداد 15 نمونه و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و آزمون LSD در سطح اطمینان 99% انجام گردید. نتایج حاصل حاکی از آن بود که بین برآورد CBR براساس آزمایش و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. نتایج حاصل از برآورد CBR به کمک پنترومتر و شاهد در گروه‌های خاک شن ریگ و لومی درشت بافت نیز اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند ولی در گروه‌های خاک ماسه‌ای، لومی ریز بافت و رسی اختلاف معنی‌دار بود.

واژه‌های کلیدی: آزمایش، بهره برداری، پنترومتر، شاهد، ضریب باربری زمین (CBR)

1- استادیار گروه جنگلداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس. Azarnoush69@gmail.com

مقدمه

بهره‌برداری اولیه بشر از منابع طبیعی و تشخیص قابلیت‌های آن همواره براساس مصادیق عینی منطبق با استعداد بالقوه این منابع صورت می‌گرفت، اما گذشت زمان و افزایش نیاز ناشی از افزایش جمعیت و دستیابی به روش‌های جدید بهره‌برداری ناشی از پیشرفت تکنولوژی موجب گردید که جهت بهره‌برداری از این منابع بیش از پیش، راه افراط در پیش گرفته شود. برهمین اساس کشورهای پیشرفته را به فکر یافتن شیوه‌های نوین و ابزار جدید جهت بهبود وضعیت کمی و کیفی از منابع طبیعی واداشت. تا به آنجا که ارزش اقتصادی بسیاری از اراضی در جوامع صنعتی و پیشرفته مدیون تکنولوژی پیشرفته و روش‌های تغییر وضعیت اراضی بوده و ارتباطی با ماهیت اصلی خاک ندارد، اما به هر حال شناسایی استعدادها و اهمیت تغییر آنها را نباید نادیده گرفت. چه بسا که همین شناخت است که موجب روشن شدن نقاط قوت و ضعف عوامل محیطی و محدودیت‌های استفاده از زمین می‌گردد. به طوری که برنامه‌ریزی، بهره‌وری صحیح و مداوم از اراضی، شناخت و طبقه بندی عوامل موثر را به کمک می‌طلبد .

با توجه به مطالب بیان شده در مباحث مربوط به جنگل و استفاده از آن موضوعات بسیار زیادی مطرح است یکی از آن‌ها حمل و نقل چوب و خروج آن از عرصه‌های جنگلی می‌باشد. در بحث حمل و نقل چوب با موارد مختلفی از حمل و نقل مواجه می‌باشیم که در قالب حمل و نقل اولیه انجام می‌گردد. به‌طورکلی در حمل و نقل اولیه چوب، چوب‌ها را به‌صورت زمینی یا هوایی و در برخی از موارد نیز از طریق سیستم‌های آبی از عرصه خارج می‌نمایند. حمل و نقل مورد نظر در این مقاله حمل و نقل اولیه چوب بر روی زمین (چوب‌کشی به‌صورت زمینی) می‌باشد. در این نوع حمل و نقل متغیرهای زیادی نقش دارند. از آن‌جایی‌که یکی از مشکل‌ترین و پرهزینه‌ترین مراحل فعالیت در جنگل مرحله کشیدن چوب توسط تراکتورهای مختلف بر روی زمین است که این مساله می‌تواند باعث آسیب دیدگی شدید و غیر قابل جبران بر روی خاک گردد، لذا در این مقاله یکی از متغیرهای بسیار با اهمیت از خصوصیات خاک یعنی ضریب باربری زمین جهت عبور ماشین آلات مورد مطالعه قرار گرفته است.

با توجه به این که عملیات حمل و نقل چوب (چوب کشی) یکی از مهم‌ترین متغیرهای تخریب عرصه‌های جنگلی و خاک می‌باشد. لذا می‌توان با مشخص نمودن استحکام اراضی و برآورد دقیق از قابلیت ضریب باربری زمین از این تخریب جلوگیری به‌عمل آورد، لازم به ذکر است که بایستی اشاره نمود که این موضوع در مباحث اجرایی از حمل و نقل چوب تاکنون کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از مباحث مربوط به خاک معمولاً آزمایشات متعددی انجام می‌گیرد یکی از این آزمایشات برآورد ضریب باربری یا CBR [1] می‌باشد. از آن جایی که هر یک از انواع خاک دارای قابلیت عبوری متفاوت می‌باشد. لذا برآورد قابلیت عبور خاک‌های عرصه‌های جنگل جهت تردد ماشین‌آلات حمل و نقل چوب از ضرورت‌های حمل و نقل و انتخاب ماشین‌آلات و محدودیت تردد در اراضی جنگلی می‌باشد. با توجه به مطالعات انجام گرفته عموماً سه روش برای برآورد این خصوصیت خاک وجود دارد که به شرح زیر می باشد:

1- روش بر آورد استحکام اراضی (ضریب بار بری زمین) به کمک آزمایش CBR ؛
2- استفاده از دستگاه پنترومتر[2]؛

[1] -California Bearing Ratio
[2] - Penetrometer

3- استفاده از دستور العمل های لوفلر [1].

با توجه به این‌که روش سوم بیان شده قابلیت استحکام اراضی به‌صورت کیفی است، در این تحقیق می‌بایست روش اول و دوم با مقدار برآورد شده CBR در سیستم طبقه بندی USCS[2] مورد مقایسه قرار می‌گرفت تا مناسب‌ترین روش جهت برآورد ضریب باربری زمین در عرصه‌های جنگلی به‌منظور طبقه‌بندی اراضی جنگلی برای عبور ماشین‌آلات چوب‌کشی مدنظر قرار گیرد.

پیشینه تحقیق

عموماً تاریخچه طبقه‌بندی مناطق برای عملیات جنگل‌داری به بعد از جنگ جهانی دوم باز می‌گردد. اولین کشوری که مبادرت به این کار نمود کشور نروژ بود، پس از آن کشورهایی نظیر سوئد، انگلستان و ایتالیا هر یک به طرق مختلف تلاش‌هایی را برای طبقه‌بندی مناطق جهت عملیات‌های مختلف مربوط به جنگل (جاده‌سازی جنگلی، بهره‌برداری، چوب کشی و . . .) به‌عمل آوردند، اما تنوع شرایط همواره مانع از ارایه یک روش جامع و استاندارد بود(13). اهمیت موضوع سازمان‌های بین‌المللی را که در زمینه جنگل فعالیت می‌نمودند (FAO , IUFRO,...) برآن داشت تا به تشکیل جلساتی متشکل از کارشناسان مختلف از سراسر جهان و جمع‌آوری نقطه نظرات و پیشنهادهای آن‌ها یک طبقه‌بندی جامع در این مورد ارایه دهند.

حاصل این تلاش ها در سال 1984 در پانزدهمین گردهمایی FAO در ازمیر ترکیه دستورالعملی بود تحت عنوان«terrain classification for forestry»که یازده تن از متخصصین امر جنگل از کشورهای مختلف اروپا و امریکا در تدوین آن فعالیت داشتند.

روش ارایه شده اهمیت ویژه‌ای برای فاکتورهای شیب و میکروتوپوگرافی و استحکام اراضی قایل است و آنها را فاکتورهای اجباری در طبقه‌بندی اراضی جهت استفاده از ماشین‌آلات چوب‌کشی می‌داند، بر همین اساس مطالعاتی به شرح زیر نیز انجام گرفته است :

آذرنوش، و همکاران در مطالعه‌ای تحت عنوان تعیین مناسب‌ترین روش برآورد استحکام اراضی جهت استفاده از ماشین‌آلات جنگلی در حوزه آبخیز 52 از جنگل‌های شمال ایران در سال 1388 به این نتیجه رسیدند که روش-های مختلف برآورد ضریب باربری زمین در اراضی جنگلی عمدتاً اختلاف چندانی با یکدیگر ندارند ولی نتایج به-دست آمده از برآورد ضریب باربری زمین در آزمایشگاه به برآورد ضریب باربری در طبقه‌بندی USCS کاملاً بیشتر بوده و هیچ اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود نداشت اما برآورد ضریب باربری به روش میدانی (استفاده از پنترومتر) با برآورد ضریب باربری در طبقه بندی USCS در برخی طبقه‌بندی گروه‌های مختلف خاک دارای اختلاف بود که دلایل آن نرمال نبودن رطوبت خاک، وجود ریشه گیاهان، فشردگی خاک در سطح و وجود عناصر جامد نظیر قطعات سنگ در خاک بوده است.

آذرنوش در مطالعه‌ای تحت عنوان بررسی و ارزیابی عوامل موثر در برنامه‌ریزی امور بهره‌برداری در سال 1379 بیان داشته است که یکی از متغیرها که در برنامه‌ریزی امور بهره‌برداری در جنگل مطرح است استحکام اراضی

[1]- H.J Loffler
[2] - Unified Soil classification system

می‌باشد که در این مطالعه استحکام به روش الگوی لوفلر[1] جهت طبقه‌بندی اراضی به منظور تردد ماشین آلات بررسی گردیده است. آذرنوش در پژوهشی تحت عنوان مطالعه عوامل فیزیکی موثر در تعیین ماشین آلات چوب-کشی (1380) به بررسی عوامل فیزیکی موثر و چگونگی بررسی و ارزیابی آنها پرداخته است. عوامل موردنظر عبارتند از: شیب، جهت، بافت خاک، گروه خاک، زهکشی، توپوگرافی و استحکام اراضی که به‌صورت واحدهای بهره‌برداری برای عبور ماشین آلات معرفی گردیده‌اند. هاشمی (1370) در مطالعه‌ای تحت عنوان طبقه‌بندی اراضی جهت برنامه‌ریزی عملیات بهره‌برداری در سری پاتوم نتیجه گرفت که با وجود شیب مجاز استفاده از ماشین‌آلات چوب‌کشی عامل استحکام خاک 15% از مساحت قابل دسترسی را با محدودیت استفاده از ماشین‌آلات مواجه ساخته و طبقه بندی استحکام خاک با توجه به دو عامل بافت خاک و زهکشی مدل خوبی برای جنگل‌های شمال ایران است. گلیزر و ساریخانی (1351) در گزارشی تحت عنوان مشکلات ساختار جاده جنگل در جنگل‌های منطقه کاسپین، منطقه سنگده از جنگل‌های شمال ایران را مورد مطالعه قرار دادند که نتیجه آن براساس مطالعات خاک و شرایط جنگلی و مطالعه‌وار یافته‌های مختلف جهت انتخاب مناسب‌ترین واریانت برای جاده‌های استاندارد در جنگل‌های شمال ایران بوده است. لوفلر، اچ، جی، (1984) در مقاله‌ای تحت عنوان طبقه‌بندی عوارض زمین برای جنگلداری که در پانزدهیمن گردهمایی فائو ارائه گردید به طبقه‌بندی اراضی برای عملیات جنگلداری و راه کارهای مربوط اشاره نمود و با تعیین قابلیت جنگل با دو عامل به شرح موضوع پرداخت.

الف- شرایط حمل و نقل در داخل جنگل

ب – شرایط زمین

در رابطه با شرایط زمینی بافت خاک، استحکام خاک، قابلیت تراکم، زهکشی و عمق خاک به‌عنوان فاکتورهای تقویت کننده خاک و همین‌طور یخبندان، ناهمواری‌های زمین، شیب و شکل آن مد نظر قرار گرفت.

[1] - H.J.Loffler

مواد و روش‌ها

مواد

مشخصات منطقه مورد مطالعه :

منطقه مورد مطالعه، قطعه شماره 22 از سری 7 حوزه آبخیز 52 (هراز) از حوزه های آبخیز طرح جامع جنگل‌های شمال کشور می‌باشد. جنگل مورد نظر در منطقه محمدآباد، در دامنه‌های جنوبی حوزه جنگلداری آمل از اداره کل منابع طبیعی استان مازندران – ساری، بین طول ˝50 ´21 °52 و ˝40 ´17 °52 شرقی و عرض ˝58 ´23 °36 و ˝10 ´18 °36 شمالی واقع شده‌است. مساحت قطعه مورد نظر 52/3 هکتار بوده که 43/2 هکتار آن قابل بهره‌برداری و فعالیت‌های جنگلداری می‌باشد. ارتفاع از سطح دریای آزاد در قطعه مورد مطالعه بین 270 تا 420 متر می‌باشد. براساس طبقه‌بندی شیب 51/8% از سطح قطعه دارای شیبی معادل0 تا 30 درصد 48/2% از سطح آن نیز شیبی معادل 31تا 60% دارد، نوع سنگ مادری قطعه، کنگلومرای آهکی، مارن و آهک مارن با پایداری ضعیف می‌باشد. تیپ خاک قهوه‌ای شسته شده، پسدوگلی با بافت بسیار ضعیف (Silty clay) و عمق خاک بیشتر از یک متر بوده که در هنگام بارندگی کاملاً هیدرومورف شده و میزان نفوذپذیری آن نیز ضعیف برآورد گردیده است. تیپ توده‌ی جنگلی ممرز – بلوط است که گونه‌های مهم درختی آن ممرز، بلوط، آزاد، انجیلی، افرا و توسکا می‌باشد و در زیر اشکوب دو گونه ازگیل و ولیک نیز دیده شدند. از گونه‌های مهم گیاهی همراه نیز می‌توان به کوله خاس، سیکلامن، سرخس، کارکس، ویولا و تمشک اشاره کرد.

روش‌ها

در تحقیق فوق هدف مطالعه و مقایسه سه روش مختلف برآورد ضریب باربری زمین (CBR) بود. بدین‌منظور ابتدا بایستی براساس طبقه‌بندی فائو از 14 گروه مختلف بافت خاک که در 6 طبقه مختلف خاک که جدول (1) تنظیم گردیده‌اند، گروه‌های مختلف خاک تعیین می‌شدند.

جدول1- طبقه‌بندی گروه‌های مختلف خاک[1]

طبقه	نام گروه (بافت)خاک	انواع مختلف خاک
1	شن و ریگ	شن و ریگ، لومی همراه با شن و ریگ، ماسه‌ای همراه با شن و ریگ
2	ماسه‌ای	ماسه‌ای، ماسه‌ای لومی
3	لومی درشت بافت	لومی ماسه‌ای، لومی سیلتی و لومی با کمتر از 18% رس
4	لومی ریزبافت	سیلتی لومی و لومی با بیشتر از 18% رس و رسی لومی
5	رسی	رسی ماسه‌ای، رسی سیلتی و رسی
6	آلی	مانند انواع تورب

به همین منظور با توجه به مطالعه اولیه در منطقه موردنظر، باید حداقل 14 نمونه خاک تهیه می‌شد، که مقدار هر نمونه خاک براساس رابطه‌ی 1 در نظر گرفته شد.

[1]- مأخذ؛ دستورالعمل فائو (FAO)- 1984

$۲۰۰\ D < W < 600D$ رابطه (1)

D = قطر ذرات خاک به میلی‌متر

w = وزن خاک به گرم

با توجه به رابطه فوق وزن هر نمونه تقریباً باید 0/5 تا 5 کیلوگرم بود. از آنجایی‌که نمونه‌ها بایستی در آزمایش CBR نیز استفاده می‌شدند لذا تمامی نمونه‌ها به وزن 5 کیلوگرم تهیه گردیدند.

نمونه‌های خاک تهیه شده به آزمایشگاه جهت تعیین بافت خاک ارسال گردید و آزمایشات مورد نیاز شامل:

1- دانه‌بندی مکانیکی با استاندارد آشتو 27-72[1] برای خاک‌های درشت دانه؛

2- دانه‌بندی هیدرومتری با استاندارد آشتو 88-72[2] برای خاک‌های ریز دانه؛

پس از تعیین بافت خاک براساس جدول یک گروه‌های مختلف خاک، انجام گردید.

- روش های برآورد ضریب باربری زمین (CBR)

الف – برآورد CBR **براساس جدول‌ها طبقه‌بندی** USCS

پس از تعیین نوع خاک براساس جدول‌های طبقه‌بندی CBR در سیستم USCS، مقدار ضریب باربری خاک-های مختلف شناسایی و به‌عنوان داده‌های شاهد استخراج شدند.

ب- برآورد CBR **در آزمایشگاه**

با توجه به نمونه‌های خاک ارسال شده به آزمایشگاه جهت تعیین بافت خاک، پس از تعیین بافت خاک آزمایش ضریب باربری زمین (CBR) انجام گردید. لازم به ذکر است که برای هر یک از گروه‌های خاک 4 نمونه تهیه شد.

ج – روش برآورد CBR **به‌صورت میدانی (پنترومتر)**[3]

این برآورد به‌وسیله آزمایش فروروندگی ثابت با دستگاه پنترومتر مخروطی انجام شد. برای هر دستگاه رابطه‌ای مشخص برای محاسبه تحمل خاک بر حسب kgf/cm^2 یا برحسب KPa برآورد گردید که تناسب $\frac{1kgf}{cm^2} = 98\ kpa$ برقرار بود. برای دستگاه موردنظر در این آزمایش رابطه‌های زیر برقرار بود.

رابطه قرائت و تحمل پذیری خاک برای مخروط کوچک[4]

$y = 0/0102033\ \ x - 0/003$ رابطه (2)

رابطه قرائت و تحمل‌پذیری خاک برای مخروط بزرگ[5]

$y = 0/020406\ \ x - 0/003$ رابطه (3)

در این روش در محدوده‌ی نمونه‌های خاک تهیه شده 4 مرتبه در فواصل معین و در عمق‌های 5، 10، 15 و 20 سانتی‌متر آزمایش انجام گردیده است.

تجزیه و تحلیل آماری

[1]- PARTICLE SIZE ANALYSIS , AA SHTO* 72-27.
[2] - HYDROMETER ANALYSIS, AASHTO* 72-88.
* - American Association State high way and Transportation officials standard.
[3] - penetrometer

[4] - مخروطی با سطح مقطع $3/23\ cm^2$ که برای اراضی با دانه‌بندی متوسط و بزرگ به‌کار می‌روند.

[5] - مخروطی با سطح مقطع $6/45\ cm^2$ که برای اراضی با دانه‌بندی ریز به کار می‌روند. زاویه مخروط در هر دو نوع 30 درجه با سرعت فرورندگی 1 سانتی‌متر در ثانیه می‌باشد.

در این تحقیق 2 روش مختلف برآورد CBR با مقدار برآوردی CBR که از جدول طبقه‌بندی CBR در سیستم USCS استخراج گردید در قالب یک طرح بلوک کامل تصادفی مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفته‌اند.

با توجه به این‌که 3 متغیر مختلف در یک طرح بلوک کامل تصادفی مورد مقایسه هستند بنابراین برای هر یک از تیمارها (3 روش مختلف) 3 تکرار در نظر گرفته شده بود که تجزیه واریانس با آزمون F در سطح (5% و 1%) و مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون LSD انجام گردید.

نتایج

نتایج به‌دست آمده حاصل از محاسبات برای هر یک از گروه‌های مختلف خاک به شرحی که ارایه خواهد شد می‌باشد.

خاک گروه شن و ریگ

جدول 2- برآورد مقدار CBR در روش‌های مختلف خاک رده شن و ریگ

تیمار / تکرار	شاهد	پنترومتر	آزمایشگاه
1	82/5	84/3	81/64
2	85	86/25	82/45
3	83	78/75	79/02

جدول3- تجزیه واریانس خاک گروه شن و ریگ

منبع تغییر	ss	df	$ms = s^2$	F	$F_{\%5}$	$F_{\%1}$
تیمار T	6/75	2	3/375	2/547	3/88	6/99
بلوک R	43/91	2	21/955	16/ 57**	3/88	6/99
اشتباه E	5/3	4	1/325			
کل G	55/96	8	-			

** - معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

با توجه به F های جدول (5% و 1%) نتیجه‌گیری می‌شود که بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. اما بین بلوک‌ها اختلاف معنی‌دار است و معنی آن این است که یا بلوک‌بندی صحیح انجام نگرفته و یا در عملیات اجرایی نمونه‌برداری شرایط انتخاب یکسان نبوده‌است.

خاک گروه ماسه‌ای

جدول 4- برآورد مقدار CBR در روش‌های مختلف خاک گروه ماسه‌ای

تیمار / تکرار	شاهد	پنترومتر	آزمایشگاه
1	47/5	52/2	46/75
2	42/5	45/45	42/85
3	45	48/75	43/68

جدول 5- تجزیه واریانس خاک گروه ماسه‌ای

منبع تغییر	ss	df	$ms = s^2$	F	$F_{\%5}$	$F_{\%1}$
تیمار T	33/896	2	16/948	26/316**	3/88	6/99
بلوک R	41/138	2	20/569	31/936**	3/88	6/99
اشتباه E	2/576	4	0/644			
کل G	77/61	8				

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

با توجه به F های جدول (5% و 1%) نتیجه‌گیری می‌شود که بین تیمارها و بلوک‌های مختلف اختلاف معنی-داری موجود می‌باشد. با توجه به معنی‌دار بودن اثر تیمارها به مقایسه میانگین‌ها مبادرت می‌گردد. با توجه به وجود شاهد مشخص در بین نمونه‌ها از آزمون LSD برای مقایسه میانگین‌ها نتایج تیمارها استفاده گردید.

جدول 6- مقایسه تیمارهای پنترومتر، آزمایشگاه و شاهد با آزمون LSD (5% و 1% = P)

تیمار	میانگین	d
شاهد	45	± 0
پنترومتر	48/8	$3/8^{**}$
آزمایشگاه	44/43	$-0/57^{ns}$

*، ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 5% و 1%

ns - : معنی‌دار نمی‌باشد.

با توجه به d'[1] محاسبه شده در سطح (5% و 1%) معادل 1/95 و 2/90 مشخص گردید که نتایج حاصل از پنترومتر با نتایج حاصل از آزمایشگاه و شاهد در سطوح ذکر شده دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد.

خاک گروه لومی درشت بافت

جدول 7- برآورد مقدار CBR در روش‌های مختلف خاک گروه لومی درشت بافت

۱- d' عبارتست از : $s\bar{d} = \sqrt{\frac{3MsE}{r}}$

$d'_{(a)} = s\bar{d} \times t_{(a,df)}$

تیمار / تکرار	شاهد	پنترومتر	آزمایشگاه
1	27/5	30/75	28/5
2	25	27	24/75
3	22/5	24	18/78

جدول 8- تجزیه واریانس خاک گروه لومی درشت بافت

منبع تغییر	ss	df	$ms = s^2$	F	$F_{\%5}$	$F_{\%1}$
تیمار T	16/54	2	8/27	$5/09^{*}$	3/88	6/99
بلوک R	76/94	2	38/47	$23/70^{**}$	3/88	6/99
اشتباه E	6/49	4	1/653			
کل G	99/97	8				

* و** معنی‌دار و در سطح احتمال 5% و 1%

با توجه به F های جدول (5% و 1%) نتیجه‌گیری می‌شود که بین تیمارها در سطح 5% و بین بلوک‌ها در سطح 5% و 1% اختلاف بسیار معنی‌دار وجود دارد.

جدول 9- مقایسه میانگین تیمارهای پنترومتر و آزمایشگاه و شاهد با آزمون LSD ($p = 1\%,5\%$)

تیمار	میانگین	$\bar{d}$
شاهد	25	± 0
پنترومتر	27/25	$+2/25^{ns}$
آزمایشگاه	24/01	$-./99^{ns}$

با توجه به d' محاسبه شده در سطح (5%) معادل 3/099 مشخص گردید که نتایج حاصل از پنترومتر با نتایج آزمایشگاه و شاهد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد.

خاک گروه لومی ریز بافت

جدول10- برآورد مقدار CBR در روش‌های مختلف خاک گروه لومی درشت بافت

تیمار / تکرار	شاهد	پنترومتر	آزمایشگاه
1	6/5	7/5	6/85
2	17	19/5	17/48
3	16/5	18/15	16/48

جدول 11- تجزیه واریانس خاک گروه لومی ریز بافت

منبع تغییر	ss	df	$ms = s^2$	F	$F_{\%5}$	$F_{\%1}$

تیمار T	224/73	2	112/365	591/39**	3/88	6/99
بلوک R	5/11	2	2/55	13/42**	3/88	6/99
اشتباه E	0/76	4	0/19			
کل G	230/6	8	-			

با توجه به Fهای جدول(5% و1%) نتیجه‌گیری می‌شود که بین تیمارها و بلوک‌ها در سطوح برآورد شده اختلاف بسیار معنی‌داری وجود دارد. با توجه به معنی‌دار شدن اثر تیمارها به مقایسه میانگین‌ها مبادرت می‌گردد.

جدول 12- مقایسه تیمارها پنترومتر و آزمایشگاه و شاهد با آزمون LSD

تیمار	میانگین	$\bar{d}$
شاهد	13/33	± 0
پنترومتر	15/05	$1/7^{**}$
آزمایشگاه	13/6	$0/27^{ns}$

با توجه به مقادیر d' محاسبه شده در سطح (5% و 1%) معادل 1/061 و 1/58 مشخص گردیده‌است که نتایج حاصل از پنترومتر با نتایج آزمایشگاه و شاهد دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

خاک گروه رسی

جدول 13- برآورد مقدار CBR در روش‌های مختلف خاک گروه رسی

تیمار / تکرار	شاهد	پنترومتر	آزمایشگاه
1	4/5	6	5/45
2	3	4/5	2/84
3	3	3/45	2/68

جدول 14- تجزیه واریانس خاک گروه رسی

منبع تغییر	ss	df	$ms = s^2$	F	$F_{\%5}$	$F_{\%1}$
تیمار T	2/34	2	1/17	6	$3/88^{*}$	6/99
بلوک R	8/83	2	4/415	$22/64^{**}$	3/88	6/99
اشتباه E	0/78	4	0/195			
کل G	11/95	8	-			

با توجه به F های جدول نتیجه‌گیری می‌شود که بین تیمارها فقط در سطح 5% اختلاف معنی‌دار وجود دارد اما بین بلوک‌ها اختلاف بسیار معنی‌داری وجود دارد. با توجه به معنی‌دار بودن تیمارها به مقایسه میانگین‌ها مبادرت می-گردد.

جدول 15- مقایسه تیمارها پنترومتر و آزمایشگاه و شاهد با آزمودن LSD

تیمار	میانگین	$\bar{d}$
شاهد	3/5	± 0
پنترومتر	4/65	$1/15^{**}$
آزمایشگاه	3/66	$0/16^{ns}$

با توجه به d' محاسبه شده در سطح (5% و 1%) معادل 1/0728 و 1/59 مشخص گردیده است که نتایج بدست آمده از پنترومتر با نتایج حاصل از آزمایشگاه و شاهد در سطح 5% اختلاف معنی‌داری دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

به‌طورکلی ظرفیت باربری اراضی برحسب نوع گروه خاک و میزان رطوبت مطلوب متغیر می‌باشد و همان‌طوری‌که بیان گردید روش‌های مختلف برای دستیابی به این ظرفیت وجـود دارد، از جملـه بـرآورد CBR در آزمایشگاه، برآورد به‌وسیله دستگاه پنترومتر در عرصه با توجه به محاسبات انجام گرفته در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و بررسی‌های مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون LSD بین نتایج کسب شده از طبقه‌بندی CBR در سیستم USCS و دو روش فوق‌الذکر در گروه‌های مختلف خاک نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که نتایج حاصل از آزمایشگاه و طبقه‌بندی CBR در سیستم USCS هیچ اختلاف معنی‌داری حتی در سطح اطمینان 99% نداشته و همواره نتایج آزمایشگاه به عنوان نتایج قطعی در برآورد CBR قابل پذیرش است. اما نتایج حاصل از برآورد CBR توسط پنترومتر با برآورد CBR در طبقه‌بندی USCS و آزمایشگاه برای خاک‌های مختلف به شرح ارایه شده در زیر می‌باشد. در گروه‌های خاک شن و ریگ و لومی درشت بافت اختلاف معنی‌داری بین CBR برآوردی با کمک پنترومتر و سایر روش‌ها وجود نداشته و نتایج قابل پذیرش می‌باشد ولی در گروه‌های خاک ماسه‌ای، لومی ریز بافت و رسی بین نتایج حاصل اختلاف معنی‌داری وجود داشته‌است که از آنجایی‌که برآورد CBR به کمک پنترومتر با توجه به این‌که در عرصه‌های طبیعی به‌صورت میدانی انجام می‌گیرد تا حدودی تابع شرایط محیط بوده لذا چنان‌چه خاک منطقه به صورت طبیعی و تراکم، خشک (رطوبت کمتر از شرایط مطلوب) و گاهاً در بافت خاک سنگ، ریشه درختان و سایر متغیرها وجود داشته باشد می‌تواند باعث تغییر در مقدار برآورد CBR گردد که در حین مطالعه چنین مواردی نیز مشاهده گردیده‌است. اما با مقایسه داده‌ها در محدوده‌ی کیفی برای CBR با توجه به این‌که اختلاف معنی‌دار بوده‌است ولی داده‌های به‌دست آمده از روش‌های مختلف از نظر کیفی در دامنه کلاسـه‌هـای مشخص قرار داشته‌اند و این بدان معناست که هر چند نتایج حاصل از برآورد CBR در روش استفاده از پنترومتر با سایر برآوردها متفاوت بوده‌است اما با توجه به محدوده‌ی طبقه‌بندی CBR انجام گرفته یک روش قابل پذیرش می‌باشد.

سپاس‌گزاری

با توجه به این‌که این مقاله بخشی از طرح پژوهشی نگارنده می‌باشد لذا از کلیه همکاران طرح و پرسنل معاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی و ریاست محترم واحد چالوس کمال تشکر را دارم.

منابع

1- آذرنوش، م . 1379. بررسی و ارزیابی عوامل موثر در برنامه‌ریزی امور بهره‌برداری. رساله دکتری. 141ص.

2- آذرنوش،م. 1380. عوامل موثر در تعیین ماشین‌آلات چوبکشی. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی، شماره4، ص70-51.

3- افتخاریان، ل و همکاران. 1377. آزمایشگاه مکانیک خاک. دانشگاه هرمزگان، ص 245-231.

4- افلاکی، الف. 1374. آزمایشگاه مکانیک خاک، دانشگاه علم و صنعت، ص 54-32.

5- زارعی، ع(Dr . Hoshino) .1381. دستورالعمل آزمایشات آزمایش مکانیک خاک. نسبت باربری کالیفرنیا.

6- ساریخانی، ن. 1379. راهنما طرح، اجرا و بهره‌برداری راه‌های جنگلی. نشریه 131، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ص 13-1.

7- صیفیاری، ش. 1370. بررسی قابلیت‌های مکانیک خاک برای حمل و نقل و جاده‌سازی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

8- مخدوم، م. 1374. شالوده آمایش سرزمین. چاپ دوم، شماره 2203، انتشارات دانشگاه تهران،ص 295.

9- مجنونیان، ب. 1367. نتایج اولیه بررسی خواص مکانیک خاک جنگل خیررودکنار جهت استفاده کاربردی در جاده سازی. مجله منابع‌طبیعی ایران، شماره 42، ص :113-105.

10-هاشمی، ج. 1370. طبقه‌بندی اراضی جهت برنامه‌ریزی عملیات بهره‌برداری در سری پـاتوم. پایـان نامـه کارشناسی‌ارشد دانشگاه تهران، ص130.

11-ولی زاده، م و مقدم، م. 1373. طرح‌های آزمایش در کشاورزی(1). انتشارات پیشتاز علم، ص 350.

11- FAO, IRAN. 1973. forest road construction problem the Caspian region.

12- FAO .1983. forestry paper , logging and transport in steep terrain.

13- FAO. 1984. the terrain classification for forestry Tim/ EFC/wp.1/p,51-34p.

14- FAO. 2000. forest harvesting bulletin. vol10, p:3-4.

15- Marphy, A.A. 1984. the minimizing forest road construction environment impact 85. Maine agricultural experiment station . Upton, main, 1035,p:5-11.

16- Warrene, h. 1985. forest transportation systems forest soils engineering. collage of forest resources university of Maine, p: 55.