



دانشگاه گوارن کشاورزی و منابع طبیعی گیلان

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و سوم، شماره ششم، ۱۳۹۵

<http://jwsc.gau.ac.ir>

## معادله‌های جدید برای برآورد عامل مدیریت پوشش گیاهی در اراضی جنگلی تحت تأثیر آتش‌سوزی در شمال غرب استان گیلان

علی اکبرزاده<sup>۱</sup>، شجاع قربانی‌دشتکی<sup>۲</sup>، مهدی نادری‌خوراسگانی<sup>۲</sup>

جهانگرد محمدی<sup>۳</sup> و روح‌الله تقی‌زاده مهرجردی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری گروه خاکشناسی، دانشگاه شهرکرد، آدانشیار گروه خاکشناسی، دانشگاه شهرکرد،

<sup>۲</sup> استاد گروه خاکشناسی، دانشگاه شهرکرد، <sup>۳</sup> استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۷/۴

### چکیده

**سابقه و هدف:** تخمین صحیح عامل مدیریت پوشش گیاهی (C) برای پیش‌بینی قابل اطمینان هدررفت خاک ضروری است. به دلیل تغییرپذیری مکانی که در میزان فرسایش و ویژگی‌های پوشش گیاهی در مقیاس‌های وسیع وجود دارد، امکان استفاده از جدول‌ها و معادله‌های رگرسیونی موجود در تخمین عامل مدیریت پوشش گیاهی برای مناطق دیگر محدود می‌باشد. تاکنون مطالعه‌ای برای برآورد عامل مدیریت پوشش گیاهی در جنگل‌های شمال کشور انجام نشده است. هدف اصلی از انجام این پژوهش استخراج معادله‌های (مدل‌های) رگرسیونی جدید برای تخمین عامل مدیریت پوشش گیاهی با استفاده از روش‌های سنجش از دور و پژوهش‌های میدانی در بخش‌هایی از اراضی جنگلی استان گیلان بود.

**مواد و روش‌ها:** در قطعه‌هایی در داخل محدوده ۱۵ ناحیه آسیب‌دیده در اثر آتش‌سوزی و ۱۵ منطقه نسوخته مجاور آن‌ها، در پنج زیر واحد اراضی مختلف، برخی ویژگی‌های پوشش گیاهی، ویژگی‌های خاک و میزان فرسایش اندازه‌گیری شدند. با استفاده از معادله جهانی اصلاح شده هدررفت خاک مقدار فرسایش نیز در هر ۳۰ قطعه تخمین زده شد. با استفاده از مقادیر فرسایش مشاهداتی و بقیه عامل‌های معادله جهانی اصلاح شده هدررفت خاک مقدار واقعی عامل مدیریت پوشش گیاهی برای تمامی قطعه‌ها محاسبه گردید. برای بررسی تفاوت ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده بین زیرواحدهای اراضی و نقاط آتش‌سوزی و شاهد از طرح آزمایشی کرت‌های خرد شده در مکان استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که میانگین مقدار واقعی عامل مدیریت پوشش گیاهی به ترتیب در مکان‌های نسوخته و سوخته در پنج زیر واحد اراضی بسته به میزان تراکم پوشش گیاهی و تخریب اراضی جنگلی در اثر شدت سوختن و میزان فعالیت‌های انسان و دام بین ۰/۰۵ تا ۰/۱۴ و ۰/۱۳ تا ۰/۲۴ متغیر بود. به‌طورکلی مقادیر تخمین عامل مدیریت پوشش گیاهی در تمام قطعه‌ها بیش از عامل مدیریت پوشش گیاهی واقعی بود. همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد که

\* مسئول مکاتبه: [ghorbani-sh@agr.sku.ac.ir](mailto:ghorbani-sh@agr.sku.ac.ir)

تخریب پوشش گیاهی در اثر آتش‌سوزی به‌طور معنی‌داری عامل مدیریت پوشش گیاهی (تخمینی و واقعی)، عامل فرسایش‌پذیری خاک و فرسایش‌های مشاهداتی و تخمینی را تغییر داد. برای دستیابی به معادله‌های جدید هم‌بستگی بین عامل مدیریت پوشش گیاهی واقعی و ویژگی‌های مختلف پوشش گیاهی و رطوبتی خاک بررسی شد. ابتدا رابطه بین عامل مدیریت پوشش گیاهی واقعی و شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی به شکل یک مدل خطی جدید برای منطقه استخراج شد. سپس نتایج رگرسیون چندمتغیره با روش گام به گام نشان داد که در بین ویژگی‌های مختلف پوشش گیاهی و رطوبتی خاک ضخامت لاشبرگ، تاج پوشش آسمانه، قطر برابر سینه درختان، رطوبت اشباع و رطوبت نقطه پژمردگی دایم بهترین متغیرها برای تخمین عامل مدیریت پوشش گیاهی در منطقه بودند.

**نتیجه‌گیری:** ارزیابی فرسایش خاک در منطقه جنگلی مورد مطالعه با استفاده از مدل‌های موجود در تخمین عامل مدیریت پوشش گیاهی از دقت کافی برخوردار نبود و باعث اشتباه در تخمین فرسایش و هدررفت خاک شد. از معادله‌های استخراج شده در این پژوهش می‌توان برای تخمین صحیح عامل مدیریت پوشش گیاهی در سایر اراضی دارای ویژگی‌های پوشش گیاهی مشابه با منطقه مورد بررسی استفاده کرد.

**واژه‌های کلیدی:** اراضی جنگلی، تاج پوشش، رطوبت خاک، ضخامت لاشبرگ، فرسایش خاک

#### مقدمه

بیش‌ترین تأثیر را در میزان فرسایش خاک و تولید رسوب نسبت به سایر عوامل دارند (۹، ۱۰، ۴۵). عامل مدیریت پوشش گیاهی عبارت است از نسبت مقدار خاک از بین رفته از زمین دارای یک پوشش گیاهی خاص به خاک فرسوده شده از همان قطعه هنگامی که عاری از پوشش یا باقی‌مانده گیاهی باشد. به‌عبارت دیگر این عامل اثرات پوشش نباتی و بقایای پوشش سطح خاک را بر میزان فرسایش بیان می‌کند (۶۷). مقدار این عامل وابسته به نوع پوشش گیاهی، مرحله رشد و درصد سطح پوشش می‌باشد. حدود آن بین صفر (پوشش گیاهی کامل خاک) تا ۱ (خاک لخت) متغیر است. در معادله جهانی اصلاح‌شده هدررفت خاک برای محاسبه عامل مدیریت پوشش گیاهی از ۵ عامل فرعی شامل کاربری (مدیریت) قبلی، پوشش آسمانه، پوشش سطحی (بقایای گیاهی)، ناهمواری (زبری) سطحی و رطوبت خاک استفاده می‌شود (۴۷). بنابراین محاسبه عامل مدیریت پوشش گیاهی بسیار پیچیده، وقت‌گیر، پرهزینه و مشکل می‌باشد (۵۵).

با استفاده از معادله (مدل) جهانی اصلاح‌شده هدررفت (تلفات) خاک<sup>۱</sup> که یکی از مشتقات مهم معادله جهانی هدررفت خاک<sup>۲</sup> است، از طریق محاسبه شش عامل که نشان‌دهنده نیروی فرساینده باران، فرسایش‌پذیری خاک، طول شیب، درجه شیب، پوشش گیاهی و عملیات مدیریتی است، میزان فرسایش خاک را در مناطق وسیع مانند مقیاس حوضه آبخیز می‌توان تخمین زد. با استفاده از این مدل می‌توان میزان هدررفت خاک را در شرایط مختلف پوشش گیاهی مانند اراضی زراعی، مراتع، جنگل‌های دست‌نخورده و جنگل‌های آسیب‌دیده (تخریب‌شده) برآورد کرد. عامل مدیریت پوشش گیاهی<sup>۳</sup> یکی از عوامل مؤثر در فرسایش آبی در این معادله است (۴۵، ۴۸). بررسی‌های مختلف نشان داده است که دو عامل مدیریت پوشش گیاهی و درجه و طول شیب<sup>۴</sup>

- 1- Revised universal soil loss equation (RUSLE)
- 2- Universal soil loss equation (USLE)
- 3- Cover-management (C) factor
- 4- Slope length and steepness (LS) factor

برای تخمین عامل مدیریت پوشش گیاهی از شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی معرفی شده‌اند (۱۴، ۲۱، ۲۴، ۲۹، ۶۳). استفاده از این معادله‌های رگرسیونی برای مناطق دیگر همواره مناسب نیست. زیرا سنگ‌ها و خاک بایر واکنش‌های طیفی مشابهی در دو باند مذکور دارند. بنابراین در مکان‌هایی که پوشش گیاهی ضعیفی وجود دارد و یا پوشش گیاهی موجود به هر دلیلی تخریب شده باشد این معادله‌ها از دقت کمی برخوردار هستند (۱۳، ۶۵). بنابراین بسیاری از پژوهشگران برای تخمین عامل مدیریت پوشش گیاهی در ارزیابی فرسایش خاک اقدام به انجام آزمایش‌های مستقیم در منطقه مورد مطالعه می‌کنند. بدین‌صورت که از هم‌بستگی موجود بین عامل مدیریت پوشش گیاهی با ویژگی‌های پوشش گیاهی (۴۳) و رطوبتی خاک (۲) منطقه، مدل‌هایی برای تخمین این عامل استخراج می‌شود.

بیش‌تر پژوهش‌های انجام گرفته در دنیا برای تخمین مستقیم عامل مدیریت پوشش گیاهی مربوط به اراضی زراعی (کشاورزی) و در مقیاس کرت‌های کوچک و با انجام آزمایش‌های شبیه‌سازی باران می‌باشد. زیرا در مقیاس‌های وسیع‌تر مانند اراضی جنگلی استخراج مستقیم عامل مدیریت پوشش گیاهی بسیار پیچیده، وقت‌گیر، پرهزینه و مشکل است (۵۵). هنوز پژوهش‌های زیادی در ارتباط با تأثیر ویژگی‌های خاک از قبیل رطوبت و ناهم‌واری بر عامل مدیریت پوشش گیاهی در معادله جهانی اصلاح‌شده هدررفت خاک شده در دنیا انجام نگرفته است. تنها منبع در دسترس تا این زمان کارهای انجام شده به‌وسیله ابوحمد و همکاران (۲۰۰۵) می‌باشد که از مکش رطوبتی خاک به‌عنوان تنها پارامتر مستقل در استخراج معادله‌ای برای تخمین عامل مدیریت پوشش گیاهی برای نواحی شرق دریای مدیترانه استفاده کردند (۲).

همیشه تلاش بر آن بوده است تا مقدار عامل مدیریت پوشش گیاهی برای هر منطقه به‌طور آزمایشی تعیین شود. به‌عنوان مثال ویشمایر و اسمیت (۱۹۷۸) با انجام آزمایش‌هایی در مناطق شرق امریکا (کوه‌های راکي)، جدول‌هایی را برای مناطق جنگلی (دست‌خورده و دست‌نخورده) عرضه کردند. در این جدول‌ها مقادیر ثابتی برای عامل مدیریت پوشش گیاهی در معادله جهانی هدررفت خاک با توجه به ویژگی‌های پوشش گیاهی جنگل از قبیل نوع، ارتفاع و درصد پوشش آسمانه و کف جنگل ذکر شده است (۶۷). برخی از پژوهشگران استفاده از روش‌های غیرمستقیم مانند روش‌های سنجش از دور را برای محاسبه عامل مدیریت پوشش گیاهی در ارزیابی فرسایش خاک به روش‌های مستقیم ترجیح می‌دهند. در روش‌های غیرمستقیم از برخی ویژگی‌های مرتبط با پوشش گیاهی که از راه سنجش از دور به‌دست می‌آید نسبت به استخراج عامل مدیریت پوشش گیاهی اقدام می‌شود. یکی از شاخص‌هایی که برای اندازه‌گیری مقدار پوشش سبز گیاهان استفاده می‌شود و از تصاویر ماهواره‌ای قابل استخراج است، شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی<sup>۱</sup> نام دارد. این شاخص به‌وسیله رابطه‌ای (رابطه ۱) که بین باندهای قرمز<sup>۲</sup> و مادون قرمز نزدیک<sup>۳</sup> سنجنده ماهواره‌ها وجود دارد، محاسبه می‌شود (۲۴).

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$

هم‌بستگی بین عامل مدیریت پوشش گیاهی و شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی توسط پژوهش‌های مختلف ثابت شده است (۱۵، ۲۴). معادله‌های رگرسیونی زیادی در نقاط مختلف جهان

- 1- Normalized difference vegetation index (NDVI)  
2- Red  
3- NIR

مدیریت پوشش گیاهی برای اراضی کشاورزی دیم، کشاورزی آبیاری و مرتعی به ترتیب ۰/۱۸، ۰/۱۲ و ۰/۲۲ بود (۶). پاناگوس و همکاران (۲۰۱۵) با اندازه‌گیری متغیرهای میزان لاشبرگ، درصد سطح پوشش گیاهان و میزان ناهمواری‌های ایجاد شده در اثر عملیات کشت و زرع عامل مدیریت پوشش گیاهی را در مقیاس چندین کشور اروپایی برآورد نمودند (۴۳). تانیاس و همکاران (۲۰۱۵) میزان عامل مدیریت پوشش گیاهی را در مقیاس حوضه آبخیز در جنوب ترکیه با اندازه‌گیری ویژگی‌های مختلف پوشش گیاهی، کاربری قبلی، ناهمواری سطحی و نسبت تحویل رسوب با استفاده از روش‌های سنجش از دور و بانک‌های اطلاعاتی بین ۱ تا ۰/۰۰۱ تخمین زدند (۶۰). جنت‌علیپور و همکاران (۲۰۱۶) عامل مدیریت پوشش گیاهی را با استفاده از شبیه‌ساز باران و شاخص‌های گیاهی (NDVI و SAVI) به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای در بخش‌هایی از اراضی شمال ایران با کاربری کشاورزی برآورد نمودند. نتایج نشان داد که عامل مدیریت پوشش گیاهی به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای با عامل مدیریت پوشش گیاهی به دست آمده از شدت‌های بارش بالاتر آزمایش‌های شبیه‌سازی باران ارتباط بیشتری داشت (۲۳).

ارزیابی فرسایش خاک در مناطق جنگلی شمال کشور با استفاده از جدول‌ها و معادله‌های رگرسیونی موجود در محاسبه عامل مدیریت پوشش گیاهی اغلب از دقت کافی برخوردار نیست. برای محاسبه صحیح عامل مدیریت پوشش گیاهی و فرسایش با استفاده از جدول‌ها و معادله‌های موجود باید توجه داشت که دو منطقه تقریباً از نظر بیش‌تر ویژگی‌های پوشش گیاهی مشابه هم باشند. در غیر این صورت اشتباه در تخمین فرسایش و هدررفت خاک اجتناب‌ناپذیر

اغلب پژوهش‌های انجام شده در این زمینه مربوط به اندازه‌گیری ویژگی‌های پوشش گیاهی با استفاده از روش‌های مستقیم و سنجش از دور است. بنابراین در پژوهش‌های انجام شده در مقیاس‌های وسیع، به دلیل کم بودن دقت روش‌های سنجش از دور و سختی و هزینه‌بر بودن محاسبه مستقیم، از وارد کردن ویژگی‌های رطوبتی و ناهمواری خاک در تخمین عامل مدیریت پوشش گیاهی صرف‌نظر و تنها به اندازه‌گیری ویژگی‌های گیاهی اکتفا می‌شود (۶۰). به عنوان مثال ورستران و همکاران (۲۰۰۲) و نیاکاتاوا و همکاران (۲۰۰۷) درصد سطح پوشش گیاهان را به دلیل بیش‌ترین تأثیر در کاهش میزان فرسایش خاک به عنوان بهترین ویژگی در تخمین عامل مدیریت پوشش گیاهی معرفی کردند (۴۱، ۶۴). ژانگ و همکاران (۲۰۰۳) از درصد سطح پوشش، ارتفاع گیاهان و شاخص سطح برگ برای برآورد عامل مدیریت پوشش گیاهی در برخی از اراضی جنگلی و مراتع در چین استفاده کردند (۷۱). اوزهان و همکاران (۲۰۰۵) میزان عامل مدیریت پوشش گیاهی را در ترکیب با عامل روش‌های حفاظتی بر اساس ویژگی‌های مختلف پوشش گیاهی و روش‌های حفاظتی اجرا شده در بخش‌هایی از اراضی جنگلی در ترکیه بین ۰/۰۲ تا ۰/۰۱ بسته به نوع اکوسیستم جنگل محاسبه کردند (۴۲). صادقی و همکاران (۲۰۰۷) میزان عامل مدیریت پوشش گیاهی را در بخش‌هایی از اراضی مرتعی مرکز ایران با اندازه‌گیری درصد تاج پوشش گیاهان و درصد پوشش گیاهی سطح زمین و محاسبه میزان رسوب حاصل از باران طبیعی در منطقه حدواسط مرتع ۰/۰۱۹ تا ۰/۰۷۲ برآورد نمودند (۵۲). باقرزاده (۲۰۱۴) عامل مدیریت پوشش گیاهی را با استفاده از روش‌های غیرمستقیم سنجش از دور برای بخش‌هایی از اراضی شمال شرق ایران با کاربری‌های مختلف برآورد کرد. نتایج نشان داد که میزان عامل

### مواد و روش‌ها

**معرفی منطقه مورد مطالعه:** برای انجام این پژوهش، منطقه جنگلی کانرود به مساحت ۲۱/۵۴ کیلومترمربع در شمال غربی استان گیلان انتخاب شد (شکل ۱). اقلیم این منطقه بر اساس روش آمبرژه از نوع مدیترانه‌ای مرطوب معتدل است. این منطقه از شمال به رودخانه کانرود، از جنوب به جنگل‌های لوندویل، از شرق به روستاها و مزارع خسرومحل، جوزی محل و قنبرمحل و از غرب به جنگل‌ها و مراتع بیلاقی لاتون محدود می‌گردد. میانگین بارندگی و دمای سالانه این منطقه (با میانگین ارتفاع حدود ۶۴۵ متر از سطح دریا)، به ترتیب حدود ۹۱۴ میلی‌متر و ۱۳/۱ درجه سلسیوس است. همچنین رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک این منطقه به ترتیب یودیک<sup>۱</sup> و مزیک<sup>۲</sup> می‌باشد. گونه‌های درختی غالب این جنگل در قسمت‌های مختلف ممرز<sup>۳</sup>، خرمنندی<sup>۴</sup>، انجیلی<sup>۵</sup>، کاج<sup>۶</sup>، توسکا<sup>۷</sup>، راش<sup>۸</sup> و افرا<sup>۹</sup> می‌باشند.

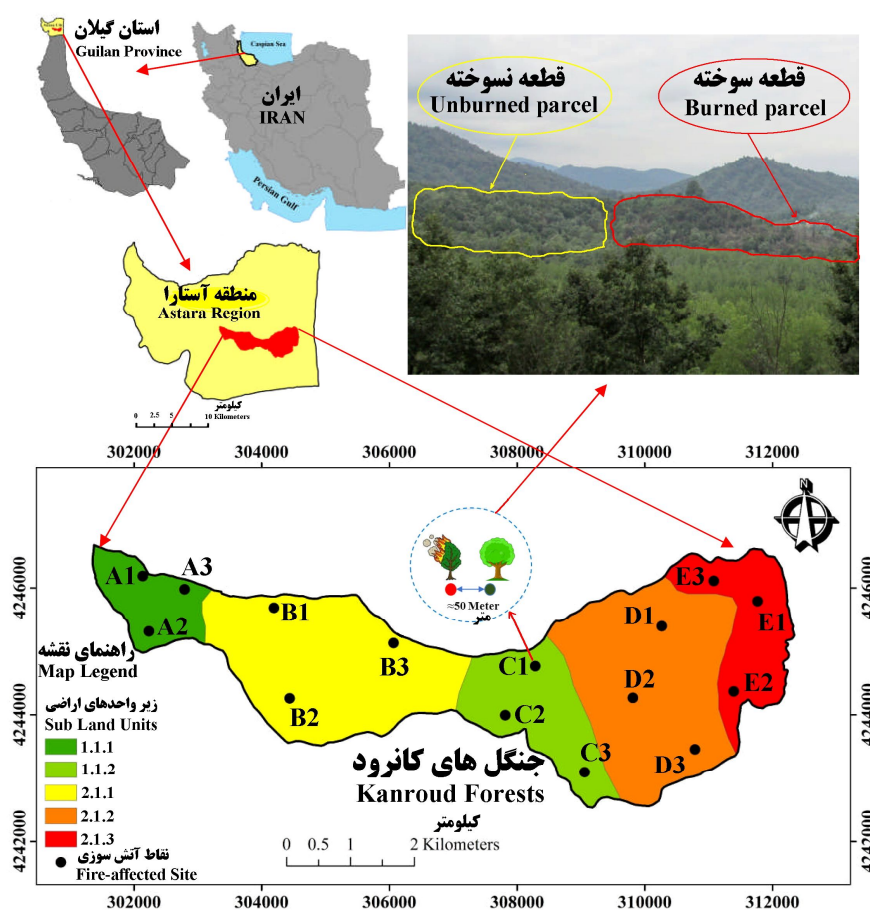
**شناسایی نقاط مورد مطالعه:** ابتدا نقشه اجزای واحدهای اراضی منطقه کانرود از منابع موجود تهیه شد (۱). بر اساس نقشه موجود، پنج زیرواحد اراضی مختلف در منطقه وجود داشت (شکل ۱). پس از بازدیدهای میدانی، در هر کدام از زیرواحدهای اراضی سه ناحیه (در مجموع ۱۵ ناحیه) که در زمان‌های مختلف در اثر آتش‌سوزی تخریب شده بود، شناسایی شدند. در مجاور مناطق سوخته، مناطق بدون آتش‌سوزی نیز وجود داشت که به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. نقاط شاهد طوری انتخاب شدند که از نظر توپوگرافی،

خواهد بود. بسیاری از این جدول‌ها و معادله‌ها برای مناطقی از جهان تهیه و استخراج شده‌اند که از نظر بیش‌تر ویژگی‌های اقلیمی، هیدرولوژی، پوشش گیاهی و خاک با جنگل‌های شمال کشور بسیار متفاوت هستند. علاوه بر این به دلیل تغییرپذیری مکانی که در پارامترهای فرسایش و ویژگی‌های پوشش گیاهی در مقیاس‌های وسیع وجود دارد، امکان استفاده از این جدول‌ها و معادله‌ها رگرسیونی برای مناطق دیگر محدود می‌باشد (۴). طبق آمار موجود بسیاری از نقاط جنگلی در استان گیلان به دلیل بهره‌برداری‌های غیرمجاز و آتش‌سوزی‌های گسترده در معرض تخریب جدی قرار دارند و کاملاً دست‌خورده هستند (۲۲، ۳۹، ۴۰). این موضوع خود پیچیدگی محاسبه عامل مدیریت پوشش گیاهی را برای جنگل‌های استان گیلان با استفاده از جدول‌ها و معادله‌های رگرسیونی موجود نشان می‌دهد. بنابراین نیاز به وجود معادله‌های جدیدی که توسط آن‌ها بتوان این عامل را به‌آسانی و با دقت بالا برای مناطق جنگلی شمال کشور تخمین زد، احساس می‌شود. هدف از انجام این پژوهش استخراج معادله‌های (مدل‌های) رگرسیونی جدید برای تخمین عامل مدیریت پوشش گیاهی با استفاده از روش‌های سنجش از دور و پژوهش‌های میدانی در بخش‌هایی از مناطق جنگلی استان گیلان بود. در این پژوهش تلاش بر این بود تا با مطالعه وضعیت پوشش گیاهی و ویژگی‌های رطوبتی خاک در ۱۵ ناحیه آسیب‌دیده در اثر آتش‌سوزی و ۱۵ ناحیه دست‌نخورده مجاور آن‌ها بهترین متغیرها برای بسط روابط رگرسیونی در تخمین عامل مدیریت پوشش گیاهی معرفی شوند. همچنین بررسی تأثیر تخریب جنگل در اثر آتش‌سوزی بر برخی عوامل مؤثر در فرسایش خاک از دیگر اهداف این پژوهش بود.

- 1- Udic
- 2- Mesic
- 3- *Carpinus betulus* L.
- 4- *Diospyros lotus* L.
- 5- *Parrotia persica* (DC.) C.A. Mey.
- 6- *Pinus taeda* L.
- 7- *Alnus subcordata* C.A. Mey.
- 8- *Fagus orientalis* Lipsky
- 9- *Acer velutinum* Boiss.

فاصله (پس از تصحیح شیب) (۵۹)، در مجموع ۳۰ قطعه یا پارسل با اشکال مختلف مورد مساحی قرار گرفتند (شکل ۱). قطعه‌های جداشده در اجزای واحدهای اراضی 1.1.1، 2.1.1، 1.1.2، 2.1.2 و 2.1.3 به ترتیب با حروف A، B، C، D و E نام‌گذاری شدند (شکل ۱). واژه‌های O و F درج شده در مقابل حروف A، B، C، D و E به ترتیب به معنی جنگل آتش‌گرفته و منطقه شاهد مجاور آنهاست (جدول‌های ۵ تا ۸).

پوشش گیاهی و دیگر عوامل مؤثر بر ویژگی‌های خاک شرایط یکسانی با مناطق سوخته مجاور خود دارا بودند. در شکل ۲ نمایی از داخل یک جنگل سوخته و جنگل نسوخته (شاهد) مجاور آن ارایه شده است. در داخل محدوده نقاط آتش‌سوزی و شاهد با کمک عوارض طبیعی داخل جنگل نظیر یال، دره و جاده‌های موجود و استفاده از متر لیزری مدل پرکسیسو و شیب‌سنج سونتو، برای تبدیل فاصله شیب‌دار به فاصله افقی شیب در مسیر هر اندازه‌گیری



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه با تفکیک زیرواحدهای اراضی به همراه نقاط آتش‌سوزی.

Figure 1. Location of the study area with separated sub land units along with the fire-affected sites.

شیب عمومی آنها زیاد تا خیلی زیاد است و دارای بیرون‌زدگی‌های فراوان سنگی هستند. خاک این اراضی تکامل نیافته و کم‌عمق و دارای تیپ پروفیلی

زیرواحدهای اراضی 1.1.1 و 1.1.2 (قطعه‌های A و C) شامل تپه‌های نسبتاً بلند تا کوه کمی بلند می‌باشند. مواد مادری آنها توف‌های آندزیتی است.

نوع *Leptic Phaeozems* و *Lithic Hapludolls* طبقه‌بندی می‌شوند. زیرواحد اراضی 2.1.3 (قطعه E) شامل تپه‌های کوتاه تا بلند می‌باشد. مواد مادری آن از نوع لایه‌های ماسه‌سنگ و سیلت‌استون است. شیب عمومی این اراضی کم تا متوسط می‌باشد و به‌ندرت دارای بیرون‌زدگی سنگی است. خاک این اراضی تکامل‌یافته نسبتاً عمیق تا عمیق و دارای تیپ پروفیلی ABC است. خاک این اراضی بر اساس کلید رده‌بندی جدید امریکایی و WRB به‌ترتیب از نوع *Haplic Luvisols* و *Typic Argiudolls* طبقه‌بندی می‌شود.

AC تا A(B)C می‌باشند. خاک‌های این اراضی بر اساس کلید رده‌بندی جدید امریکایی (۵۷) و WRB (۶۸) به‌ترتیب از نوع *Lithic Udorthents* و *Dystric Leptosols* طبقه‌بندی می‌شوند. زیرواحدهای اراضی 2.1.1 و 2.1.2 (قطعه‌های B و D) شامل تپه‌های کمی بلند تا کوه‌های بلند می‌باشند. مواد مادری آن‌ها توف، آندزیت و بازالت است. شیب عمومی آن‌ها متوسط تا کمی زیاد با بیرون‌زدگی‌های کم تا متوسط سنگی هستند. خاک این اراضی کم تا تکامل‌یافته تا تکامل‌یافته کم‌عمق و دارای تیپ پروفیلی A(B)C تا ABC است. خاک این اراضی بر اساس کلید رده‌بندی جدید امریکایی و WRB به‌ترتیب از



شکل ۲- نمایی از داخل یک جنگل سوخته و جنگل نسوخته مجاور آن و اندازه‌گیری فرسایش سطحی و شیبی با روش مشاهده‌اتی.

Figure 2. A view from inside a burned forest and its adjacent unburned forest and measurement of surface and rill erosion using visual method.

$B_1, B_2, B_3, C_1, C_2, C_3$  و  $D_1$  بود. همچنین کاج گونه گیاهی غالب قطعه  $D_2$  و انجیلی گونه غالب قطعات  $D_3, E_1, E_2$  و  $E_3$  بود.

اندازه‌گیری فرسایش خاک با روش‌های مشاهده‌ای: در هر یک از قطعه‌های جدا شده فرسایش‌های سطحی و شیبی با توجه به علائم شاخص آن‌ها با روش‌های مشاهده‌ای شناسایی و اندازه‌گیری شدند. به این منظور، تجمع خاک در بالادست گیاهان، سنگ‌ها، حصارها و موانع، بیرون افتادگی ریشه‌ها و یقه‌های گیاهی و همه شیارها در صورت وجود در هر یک از قطعه‌های جدا شده در داخل محدوده نقاط آتش‌سوزی و شاهد به دقت شناسایی شدند (۵۱). در هر قطعه فرسایش سطحی با استفاده از خط‌کش در نزدیکی یقه درختان، گیاهان و نرده‌های نصب شده در منطقه به صورت تصادفی اندازه‌گیری (شکل ۲) و پس از میانگین‌گیری به کل مساحت آن قطعه تعمیم داده شد. از آنجایی که کاربری اصلی همه قطعات جدا شده در سال‌های گذشته بر اساس منابع موجود (۱) و عکس‌های هوایی جنگل بوده است معلوم می‌شود که فرسایش مشاهده شده در طول حیات درختان موجود در هر قطعه صورت گرفته است. بدین صورت که میانگین میزان فرسایش سطحی اندازه‌گیری شده (به سانتی‌متر) در هر قطعه در ۱۰ ضرب شد و عدد به دست آمده بر میزان سن (عمر) متوسط درختان (به سال) همان قطعه تقسیم شد تا میزان فرسایش سطحی بر حسب میلی‌متر در سال محاسبه شود. سپس مقادیر به دست آمده در ۱۰ و میزان چگالی ظاهری (بر حسب تن بر مترمکعب) همان قطعه ضرب شد تا میزان فرسایش سطحی بر حسب تن در هکتار در سال محاسبه شود. همچنین مقدار کل فرسایش شیبی در صورت وجود در یک قطعه با استفاده از خط‌کش، ژالن و متر نواری و با لحاظ کردن وضعیت هندسی شیارها و چگالی ظاهری خاک اندازه‌گیری شد (شکل

اندازه‌گیری ویژگی‌های پوشش گیاهی: با روش آماربرداری ۱۰۰ درصد تمام گونه‌های درختی و درختچه‌ای زنده (خشک نشده) سالم و ناسالم (آسیب دیده) موجود در هر قطعه (پارسل) که از حد شمارش عبور کرده بودند، اندازه‌گیری شدند. در این روش قطر برابر سینه همه درختانی که از حد شمارش (۷/۵ سانتی‌متر) بزرگ‌تر بود در طبقه‌های قطری یک سانتی‌متری اندازه‌گیری شدند. با شمارش تعداد (فراوانی) درختان موجود در هر قطعه و با مشخص بودن مساحت قطعه‌ها، تعداد درخت در واحد سطح محاسبه شد. درصد تاج پوشش درختان با اندازه‌گیری دو قطر بزرگ و کوچک تاج درختان و محاسبه سطح تاج درختان تعیین شد. قطر برابر سینه درختان با استفاده از نوار قطر سنج (کالیپر) اندازه‌گیری شد. ارتفاع کامل درختان با استفاده از شیب‌سنج سونتو و دستگاه بلندیاب اندازه‌گیری شد. ضخامت لاشبرگ به صورت تصادفی در چندین نقطه اندازه‌گیری شد (۳۶، ۷۲، ۷۳). نتیجه اندازه‌گیری هر یک از ویژگی‌های مذکور در یک قطعه به صورت میانگینی از آن ویژگی برای آن قطعه گزارش شد. متوسط سن درختان در هر منطقه توسط مجموعه‌ای از روش‌های مختلف از قبیل نظر کارشناسی متخصصان جنگل و ساکنان محلی، منابع موجود در تعیین تاریخچه کاشت گونه‌های دست‌کاشت استان گیلان (۲۰، ۳۴، ۵۰)، رابطه موجود بین سن با ارتفاع و قطر یک گونه درختی (۳۱)، شمارش دوایر رویشی درختان قطع شده در صورت وجود در منطقه (۳۲) و مته سال‌سنج (این روش فقط برای تعداد کمی از درختان هر منطقه برای جلوگیری از آسیب به آن‌ها استفاده شد) (۷، ۱۶) محاسبه شد. درصد لاشبرگ در هر قطعه با ایجاد چهار میکروپلات، هر یک به مساحت حدود دو مترمربع، در چهار جهت اصلی جغرافیایی تعیین شد (۵۶). ممرز گونه غالب موجود در قطعات  $A_1, A_2, A_3$



(۲) (۵۳). بنابراین امکان محاسبه حجم کل مواد فرسوده شده ناشی از فرسایش‌های سطحی و شیاری در هر یک از قطعه‌های مورد مطالعه از طریق جمع آن‌ها با یکدیگر مهیا شد تا برای استخراج عامل مدیریت پوشش گیاهی واقعی مورد استفاده قرار گیرد. **اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک:** در این پژوهش ۳۰ تیمار شامل ۱۵ تیمار تحت تأثیر آتش‌سوزی و ۱۵ تیمار شاهد (بدون آتش‌سوزی) مجاور آن‌ها انتخاب شد. برای هر کدام از تیمارهای ذکر شد، سه تکرار در نظر گرفته و آزمایش‌های مربوطه در هر تکرار انجام شد. بنابراین، تعداد نقاط برای اندازه‌گیری نفوذپذیری نیمرخ (پروفیل) و چگالی ظاهری خاک ۹۰ نقطه و تعداد نمونه‌های خاک برای پژوهش‌های آزمایشگاهی ۹۰ نمونه بود که جامعه آماری این پژوهش را تشکیل دادند. بر اساس پژوهش‌های مشابه انجام گرفته در مناطق جنگلی، قبل از انجام آزمایش‌ها و نمونه‌برداری هر گونه خاکپوش، لاشبرگ یا خاکستر با دقت توسط برس کنار زده شد (۷۰). نمونه‌برداری از ۱۵ سانتی‌متری سطح خاک توسط سیلندر نمونه‌برداری انجام شد. بخشی از نمونه‌ها برای اندازه‌گیری رطوبت اولیه خاک بلافاصله به آزمایشگاه انتقال داده شدند. بخش دیگر نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن در فضای آزاد و خارج کردن ذرات سنگریزه و ریشه‌ها از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند تا آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی بر روی آن‌ها صورت گیرد. اندازه‌گیری توزیع اندازه ذرات خاک با روش الک و رسوبگذاری (هیدرومتری) انجام شد (۱۹). ماده آلی خاک با روش واکلی-بلاک اندازه‌گیری شد (۳۸). رطوبت اولیه جرمی و اشباع خاک با روش وزنی اندازه‌گیری شد. رطوبت جرمی خاک در پتانسیل‌های ماتریک ۳۰- (ظرفیت زراعی) و ۱۵۰۰- کیلوپاسکال (نقطه پژمردگی دائم) با استفاده از

دستگاه صفحه‌های فشاری تعیین شد (۲۶). اندازه‌گیری چگالی ظاهری سطح خاک با روش سیلندر انجام گرفت (۱۱). نفوذپذیری نیمرخ خاک با استفاده از استوانه‌های مضاعف اندازه‌گیری شد (۸). **تخمین فرسایش خاک:** از مدل تجربی معادله جهانی اصلاح‌شده هدررفت خاک (رابطه ۲)، برای پیش‌بینی هدررفت خاک از مکان‌های آتش‌سوزی و شاهد استفاده شد.

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (2)$$

که در آن، A متوسط سالانه هدررفت خاک (تن در هکتار در سال)، R عامل فرسایش‌دهی باران (مگاژول میلی‌متر در هکتار ساعت سال)، K عامل فرسایش‌پذیری خاک (تن ساعت در مگاژول میلی‌متر)، LS عامل طول و درجه شیب (بدون واحد)، C عامل مدیریت پوشش گیاهی (بدون واحد) و P عامل روش‌های حفاظتی (بدون واحد) است.

عامل فرسایش‌پذیری خاک با استفاده از رابطه ویشمایر و اسمیت (۱۹۷۸) (رابطه ۳) محاسبه شد (۶۷).

$$100K = 2.1 \times 10^{-4} \times M^{1.14} \times (12 - OM) + 3.25 \times (S - 2) + 2.5 \times (P - 3) \quad (3)$$

که در آن، OM درصد ماده آلی خاک، S کلاس ساختمان خاک، P کلاس نفوذپذیری نیمرخ خاک و M حاصل ضرب مجموع درصد سیلت و شن خیلی‌ریز در ۱۰۰ منهای درصد رس می‌باشد. واحد K در این رابطه بر اساس واحد مرسوم امریکایی بر حسب تن ایگر ساعت در ۱۰۰ ایگر فوت تن‌نیرو اینچ است. به‌منظور تبدیل واحد K از نظام امریکایی به نظام بین‌المللی<sup>۱</sup>، مقادیر K بر عدد ۷/۵۹۳ تقسیم شد.

$$LS = 1.4 \left[ \frac{As}{22.13} \right]^{0.4} \left[ \frac{\sin \beta}{0.0896} \right]^{1.3} \quad (7)$$

که در آن،  $As$  سطح ویژه حوضه یا مساحت دامنه بالادست در واحد عرض خطوط توپوگرافی (مترمربع بر متر) و  $B$  زاویه شیب (درجه) می‌باشد. برای محاسبه عامل  $LS$  از مدل رقومی ارتفاع<sup>۱</sup> حوضه با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر (۳۷) استفاده شد. بدین صورت که از مدل رقومی ارتفاع، نقشه درجه شیب (به کمک تابع *Spatial analyst*)، نقشه جهت جریان<sup>۲</sup> و نقشه جریان تجمعی<sup>۳</sup> توسط نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی<sup>۴</sup> (۱۸) تهیه شد. در نهایت برای به‌دست آوردن  $As$ ، جریان تجمعی در اندازه شبکه‌های مدل رقومی ارتفاع ضرب شد.

برای محاسبه عامل مدیریت پوشش گیاهی، ابتدا تصاویر سال ۲۰۱۵ میلادی باندهای چهار (قرمز) و پنج (مادون قرمز نزدیک) سنجنده ابزار تصویرساز عملیاتی زمین مربوط به ماهواره لندست هشت دریافت شد. از آنجایی که آماربرداری از جنگل و انجام آزمایش‌ها در فصول بهار و تابستان سال ۱۳۹۴ (۲۰۱۵ میلادی) انجام گرفت، تصاویر ماهواره‌ای مربوط به همین بازه زمانی نیز دریافت شد. در نهایت مقادیر شاخص  $NDVI$  محدوده مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار آرداس ای‌مجین (۲۸) از تصاویر ماهواره‌ای محاسبه شد. پس از آزمون (تست) چندین معادله رایج موجود در منابع مانند دی‌یانگ و همکاران (۱۹۹۸) و واندرنیف و همکاران (۱۹۹۹) (۱۴، ۶۳)، در نهایت از مدل ارائه شده توسط لین و همکاران (۲۰۰۲) (رابطه ۸)، که در کشورهای آسیایی بیش‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد، برای تخمین (استخراج) عامل مدیریت پوشش گیاهی استفاده شد (۲۹).

با توجه به این‌که منطقه مورد مطالعه از نظر مساحت، کوچک بوده و فاقد هر گونه ایستگاه ثبت باران می‌باشد، بنابراین الگوی بارندگی با استفاده از ایستگاه‌های باران‌سنجی مجاور آن مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش از داده‌های بارندگی روزانه ۱۷ ایستگاه باران‌سنجی موجود در اطراف منطقه مورد مطالعه با دوره آماری مشترک ۱۱ ساله (مربوط به سال‌های ۱۳۸۲ الی ۱۳۹۲) استفاده شد. به دلیل فقدان آمار کوتاه‌مدت (کم‌تر از یک ساعت) مربوط به شدت و مقدار رگبار در تمام ایستگاه‌های انتخابی، عامل فرساینده‌گی باران برای هر ایستگاه با محاسبه شاخص اصلاح‌شده فورنیه (رابطه ۴)، توسط رابطه‌های ۵ و ۶ (رابطه‌هایی مبتنی بر داده‌های متوسط بارندگی ماهانه و سالانه) و با استفاده از روش زمین‌آماري کریجینگ معمولی و نیم‌تغییرنمای مدل گوسین (به دلیل  $RMSE$  کم‌تر) تخمین زده شد (۴۶).

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{\sum_{i=1}^{12} P} \quad (4)$$

$$R = \frac{0.07397F^{1.847}}{17.2}, F < 55 \text{ mm} \quad (5)$$

$$R = \frac{95.77 - 6.081F + 0.4770F^2}{17.2}, F \geq 55 \text{ mm} \quad (6)$$

که در آن‌ها،  $F$  شاخص اصلاح‌شده فورنیه،  $R$  عامل فرساینده‌گی باران (مگاژول میلی‌متر در هکتار ساعت سال)،  $P_i$  بارندگی ماهانه (میلی‌متر) و  $P$  بارندگی سالانه (میلی‌متر) است.

عامل طول و درجه شیب از رابطه ۷ محاسبه شد

(۳۳)

- 1- Digital elevation model (DEM)
- 2- Flow direction
- 3- Flow accumulation
- 4- ArcGIS version 9.2

جدید در تخمین عامل مدیریت پوشش گیاهی از رگرسیون چندمتغیره با روش گام به گام<sup>۳</sup> استفاده شد.

### نتایج و بحث

نتایج نشان داد که با حرکت از غرب (نواحی کوهستانی) به شرق (نواحی جلگه‌ای) منطقه مورد مطالعه و نزدیک شدن به دریای خزر (شکل ۱) میزان بارندگی‌ها افزایش و ارتفاع و شیب زمین کاهش یافت. افزایش بارندگی‌ها و درجه شیب باعث افزایش عامل‌های فرساینده باران و درجه و طول شیب در معادله جهانی هدررفت خاک می‌شود (۴۸). بنابراین میزان عامل‌های فرساینده باران و طول و درجه شیب نیز متناسب با میزان بارندگی‌ها و شیب زمین تغییر کرد. با کاهش ارتفاع و نزدیک شدن به نواحی مسکونی (در نواحی شرقی) تخریب پوشش جنگل به دست انسان و دام افزایش یافت. بنابراین مقدار NDVI و متوسط سن درختان نیز با حرکت از غرب به شرق منطقه و نزدیک شدن به نواحی مسکونی کاهش یافت. کاهش مقدار NDVI در اثر تخریب پوشش گیاهی توسط پژوهش‌های مختلف ثابت شده است (۱۳، ۶۵).

نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های اندازه‌گیری شده پوشش گیاهی نشان داد که بین پنج زیرواحد اراضی (بین گروه‌ها) اختلاف معنی‌داری از نظر ارتفاع، قطر (در سطح احتمال یک درصد)، تعداد درختان در هکتار و درصد لاشبرگ (در سطح احتمال پنج درصد) وجود داشت. در حالی که تاج پوشش و ضخامت لاشبرگ اختلاف معنی‌داری بین زیرواحدهای اراضی نداشتند. همچنین تمام ویژگی‌های اندازه‌گیری شده پوشش گیاهی بین نقاط آتش‌سوزی و شاهد (داخل گروه‌ها) اختلاف معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) نشان دادند (جدول ۱). نتایج تجزیه واریانس در رابطه با ویژگی‌های خاک نشان داد که بین پنج

$$C = \left( \frac{1 - NDVI}{2} \right)^{1 + NDVI} \quad (۸)$$

در منطقه مورد مطالعه که یک منطقه جنگلی است هیچ‌گونه روش‌های حفاظتی مانند کشت در خطوط تراز، کشت نوری و ترانس‌بندی وجود نداشت. بنابراین عامل روش‌های حفاظتی برای تمامی نقاط مورد مطالعه یک در نظر گرفته شد.

در انتها با داشتن مقدار فرسایش مشاهداتی (مجموع فرسایش‌های سطحی و شیاری) و بقیه عامل‌های معادله جهانی اصلاح‌شده هدررفت خاک (R, K, LS و P) در قطعه‌های آتش‌سوزی و شاهد، مقدار واقعی عامل مدیریت پوشش گیاهی با روش معکوس و با استفاده از رابطه ۹ محاسبه شد.

$$Cr = \frac{A}{R \times K \times LS \times P} \quad (۹)$$

که در آن، A و Cr به ترتیب فرسایش اندازه‌گیری شده (مشاهداتی) و عامل مدیریت پوشش گیاهی واقعی می‌باشند.

**تجزیه و تحلیل‌های آماری:** داده‌های به دست آمده در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ (۵۸) مورد تجزیه و تحلیل نهایی قرار گرفت. برای بررسی تفاوت ویژگی‌های اندازه‌گیری شده بین زیرواحدهای اراضی و نقاط آتش‌سوزی و شاهد از طرح آزمایشی کرت‌های خردشده در مکان استفاده شد. در این روش، تجزیه واریانس ویژگی‌های اندازه‌گیری شده با روش مدل خطی عام<sup>۱</sup> و تحت سنجش‌های تکرار شده<sup>۲</sup> انجام گرفت. همچنین برای مقایسه میانگین‌ها در هر زیرواحد اراضی منحصر به فرد نیز، هر تیمار مربوط به آتش‌سوزی به‌طور جداگانه با مناطق شاهد خود مورد آزمون t نمونه‌های جفت‌شده در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت. برای دست‌یابی به معادله‌های

1- General linear model

2- Repeated measures define factors

3- Stepwise method

رابطه با هیچ‌یک از ویژگی‌های رطوبتی خاک مشاهده نشد (جدول ۳). همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد که همه پارامترهای اندازه‌گیری شده مربوط به فرسایش خاک از قبیل عامل مدیریت پوشش گیاهی (واقعی و تخمینی)، عامل فرسایش‌پذیری خاک و میزان فرسایش خاک (مشاهداتی و تخمینی) اختلاف معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) بین نقاط آتش‌سوزی و شاهد داشتند. از بین پارامترهای مذکور تنها عامل فرسایش‌پذیری خاک اختلاف معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) بین گروه‌ها نشان داد (جدول ۴).

زیرواحد اراضی اختلاف معنی‌داری از نظر میزان شن، رس (در سطح احتمال یک درصد) و سیلت (در سطح احتمال پنج درصد) وجود داشت. در حالی میزان کربن آلی و چگالی ظاهری اختلاف معنی‌داری بین زیرواحدهای اراضی نداشتند. همچنین همه ویژگی‌های مذکور به‌جز میزان سیلت بین نقاط آتش‌سوزی و شاهد اختلاف معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) نشان دادند (جدول ۲). ویژگی‌های رطوبتی اندازه‌گیری شده خاک نیز تنها در داخل گروه‌ها اختلاف معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) داشتند و بین گروه‌ها اختلاف معنی‌داری در

جدول ۱- تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های پوشش گیاهی.

Table 1. Analysis of variance of some plant attributes.

| میانگین مربعات<br>Mean of squares (MS) |                                     |                                 |   |                  |  | درجه آزادی<br>Degree of freedom | منبع<br>Source                  |
|--|-------------------------------------|---------------------------------|---|------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|
| درصد لاشبرگ<br>Percentage of litter    | ضخامت لاشبرگ<br>Thickness of litter | تاج پوشش آسمانه<br>Canopy cover | قطر برابر سینه<br>Diameter at breast height | ارتفاع<br>Height | تعداد درختان در هکتار<br>Number of trees per hectare |                                 |                                 |
| 301.117*                               | 2.059 <sup>ns</sup>                 | 311.550 <sup>ns</sup>           | 73.046**                                    | 52.934**         | 17450.806*   | 4                               | بین گروه‌ها<br>Between subjects |
| 5964.300**                             | 33.075**                            | 5122.133**                      | 203.841**                                   | 76.800**         | 340459.227**   | 1                               | داخل گروه‌ها<br>Within subjects |
| 6265.417                               | 35.134                              | 5433.683                        | 276.887                                     | 129.734          | 357910.033   | 5                               | کل<br>Total                     |

<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ می‌باشند.

<sup>ns</sup>, \*, \*\* are not significant and significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های خاک.

Table 2. Analysis of variance of some soil properties.

| میانگین مربعات<br>Mean of squares (MS) |                            |            |                     |            | درجه آزادی<br>Degree of freedom | منبع<br>Source                  |
|--|----------------------------|------------|---------------------|------------|---------------------------------|---------------------------------|
| چگالی ظاهری<br>Bulk density            | کربن آلی<br>Organic carbon | شن<br>Sand | سیلت<br>Silt        | رس<br>Clay |                                 |                                 |
| 0.01 <sup>ns</sup>                     | 0.643 <sup>ns</sup>        | 126.057**  | 41.169*             | 124.241**  | 4                               | بین گروه‌ها<br>Between subjects |
| 0.123**                                | 11.995**                   | 11.078**   | 0.696 <sup>ns</sup> | 6.22**     | 1                               | داخل گروه‌ها<br>Within subjects |
| 0.133                                  | 12.638                     | 137.135    | 41.865              | 130.461    | 5                               | کل<br>Total                     |

<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ می‌باشند.

<sup>ns</sup>, \*, \*\* are not significant and significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

جدول ۳- تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های رطوبتی خاک.

Table 3. Analysis of variance of some soil moisture characteristics.

| میانگین مربعات<br>Mean of squares (MS)        |                                     |                                |                                 | درجه آزادی<br>Degree of freedom | منبع<br>Source                  |
|---|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| رطوبت پژمردگی دائم<br>Permanent wilting point | رطوبت ظرفیت زراعی<br>Field capacity | رطوبت اشباع<br>Saturated water | رطوبت اولیه<br>Initial moisture |                                 |                                 |
| 12.494 <sup>ns</sup>                          | 48.752 <sup>ns</sup>                | 31.700 <sup>ns</sup>           | 68.469 <sup>ns</sup>            | 4                               | بین گروه‌ها<br>Between subjects |
| 231.185 <sup>**</sup>                         | 750.400 <sup>**</sup>               | 431.681 <sup>**</sup>          | 263.203 <sup>**</sup>           | 1                               | داخل گروه‌ها<br>Within subjects |
| 243.679                                       | 799.152                             | 463.381                        | 331.672                         | 5                               | کل<br>Total                     |

<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ می‌باشند.

<sup>ns</sup>, \*, \*\* are not significant and significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

جدول ۴- تجزیه واریانس برخی پارامترهای فرسایش خاک.

Table 4. Analysis of variance of some soil erosion parameters.

| میانگین مربعات<br>Mean of squares (MS) |                                   |                                   |   |   | درجه آزادی<br>Degree of freedom | منبع<br>Source                  |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|---|---|---------------------------------|---------------------------------|
| فرسایش تخمینی<br>Estimated erosion     | فرسایش مشاهداتی<br>Visual erosion | عامل فرسایش‌پذیری خاک<br>K-factor | عامل مدیریت پوشش تخمینی<br>Estimated C-factor | عامل مدیریت پوشش واقعی<br>Actual C-factor |                                 |                                 |
| 385.253 <sup>ns</sup>                  | 296.138 <sup>ns</sup>             | 9.592×10 <sup>-5</sup> **         | 0.005 <sup>ns</sup>                           | 0.005 <sup>ns</sup>                       | 4                               | بین گروه‌ها<br>Between subjects |
| 1882.426 <sup>**</sup>                 | 1659.12 <sup>**</sup>             | 0.001 <sup>**</sup>               | 0.084 <sup>**</sup>                           | 0.084 <sup>**</sup>                       | 1                               | داخل گروه‌ها<br>Within subjects |
| 2267.679                               | 1955.258                          | 1.096×10 <sup>-3</sup>            | 0.089   | 0.089                                     | 5                               | کل<br>Total                     |

<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ می‌باشند.

<sup>ns</sup>, \*, \*\* are not significant and significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

مقایسه میانگین ویژگی‌های پوشش گیاهی مربوط به قطعه‌های آتش‌سوزی و شاهد نشان داد که آتش‌سوزی باعث کاهش تعداد درختان در هکتار، درصد تاج پوشش و درصد و ضخامت لاشبرگ شد. در حالی که متوسط ارتفاع و قطر برابر سینه درختان در اثر آتش‌سوزی افزایش یافت. درصد لاشبرگ در تمام تیمارهای مربوط به آتش‌سوزی کاهش معنی‌داری (در سطح احتمال پنج درصد) با منطقه شاهد مجاور خود در همه زیرواحدهای اراضی داشت. در سه زیرواحد اراضی (A، C و D) آتش‌سوزی باعث کاهش معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) تاج پوشش آسمانه و ضخامت لاشبرگ و افزایش معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) ارتفاع درختان در مقایسه با شاهد شد. قطر برابر سینه درختان و تعداد درختان

مقایسه میانگین ویژگی‌های پوشش گیاهی مربوط به قطعه‌های آتش‌سوزی و شاهد نشان داد که آتش‌سوزی باعث کاهش تعداد درختان در هکتار، درصد تاج پوشش و درصد و ضخامت لاشبرگ شد. در حالی که متوسط ارتفاع و قطر برابر سینه درختان در اثر آتش‌سوزی افزایش یافت. درصد لاشبرگ در تمام تیمارهای مربوط به آتش‌سوزی کاهش معنی‌داری (در

در هکتار به ترتیب در دو (C و D) و چهار (A، B، C و D) زیر واحد اراضی اختلاف معنی‌داری (در سطح احتمال پنج درصد) بین نقاط آتش‌سوزی و شاهد داشتند (جدول ۵). به‌طور مشابه کاتری و همکاران (۲۰۱۰) نیز تغییرات زیادی در ویژگی‌های مختلف پوشش گیاهی گونه‌های مختلف درختان جنگل از قبیل ارتفاع و قطر برابر سینه درختان در مناطق پس از آتش‌سوزی مشاهده نمودند (۱۲).

مقایسه میانگین برخی ویژگی‌های پوشش گیاهی.

جدول ۵- مقایسه میانگین برخی ویژگی‌های پوشش گیاهی.

Table 5. The mean comparison of some plant attributes.

| مکان<br>Site | تعداد درختان در<br>هکتار (اصلی)<br>Number of tree per<br>hectare (tree) | ارتفاع (متر)<br>Height (m) | قطر برابر سینه<br>(سانتی‌متر)<br>Diameter at breast<br>height (cm) | تاج پوشش آسمانه<br>(درصد)<br>Canopy cover<br>(%) | ضخامت لاشیرگ<br>(سانتی‌متر)<br>Thickness of<br>litter (cm) | لاشیرگ (درصد)<br>Litter (%) |
|--------------|---|----------------------------|--|--|--|-----------------------------|
| AO           | 403.03(14.65) <sup>a</sup>  | 14.30(0.20) <sup>a</sup>   | 20.97(0.40) <sup>a</sup>   | 69.00(1.73) <sup>a</sup>                         | 4.73(0.12) <sup>a</sup>                                    | 62.67(2.08) <sup>a</sup>    |
| AF           | 153.97(45.18) <sup>b</sup>  | 16.00(0.20) <sup>b</sup>   | 23.23(1.86) <sup>a</sup>   | 47.33(5.51) <sup>b</sup>                         | 2.90(0.50) <sup>b</sup>                                    | 29.67(6.11) <sup>b</sup>    |
| BO           | 360.93(18.06) <sup>a</sup>  | 13.23(0.61) <sup>a</sup>   | 19.40(1.01) <sup>a</sup>   | 63.67(2.08) <sup>a</sup>                         | 4.26(0.25) <sup>a</sup>                                    | 56.67(2.31) <sup>a</sup>    |
| BF           | 69.77(46.52) <sup>b</sup>   | 17.43(2.83) <sup>a</sup>   | 26.17(4.25) <sup>a</sup>   | 31.00(14.18) <sup>a</sup>                        | 1.57(1.40) <sup>a</sup>                                    | 18.33(8.62) <sup>b</sup>    |
| CO           | 338.73(15.55) <sup>a</sup>  | 11.83(0.85) <sup>a</sup>   | 18.43(0.50) <sup>a</sup>   | 61.67(1.53) <sup>a</sup>                         | 4.13(0.15) <sup>a</sup>                                    | 52.00(3.00) <sup>a</sup>    |
| CF           | 52.73(37.58) <sup>b</sup>   | 16.80(0.35) <sup>b</sup>   | 25.83(2.61) <sup>b</sup>   | 21.67(13.32) <sup>b</sup>                        | 0.67(1.15) <sup>b</sup>                                    | 13.67(6.35) <sup>b</sup>    |
| DO           | 279.07(23.22) <sup>a</sup>  | 11.03(2.06) <sup>a</sup>   | 17.40(1.60) <sup>a</sup>   | 57.33(0.58) <sup>a</sup>                         | 3.67(0.15) <sup>a</sup>                                    | 44.00(1.73) <sup>a</sup>    |
| DF           | 56.83(18.81) <sup>b</sup>   | 15.10(3.57) <sup>b</sup>   | 24.57(3.23) <sup>b</sup>   | 26.33(7.51) <sup>b</sup>                         | 1.33(0.42) <sup>b</sup>                                    | 16.00(3.00) <sup>b</sup>    |
| EO           | 143.60(75.12) <sup>a</sup>  | 7.60(1.40) <sup>a</sup>    | 13.10(1.06) <sup>a</sup>   | 44.00(10.54) <sup>a</sup>                        | 2.60(0.96) <sup>a</sup>                                    | 30.33(11.50) <sup>a</sup>   |
| EF           | 126.77(83.32) <sup>a</sup>  | 8.67(0.32) <sup>a</sup>    | 15.57(1.44) <sup>a</sup>   | 38.67(14.29) <sup>a</sup>                        | 2.43(1.16) <sup>a</sup>                                    | 27.00(12.00) <sup>b</sup>   |

ویژگی‌های دارای حروف غیرمشترک در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار دارند. اعداد داخل پرانتز انحراف معیار می‌باشند.

Properties having dissimilar letters are significantly different at 0.05 probability level. Numbers in brackets are standard deviations.

مقایسه میانگین ویژگی‌های خاک نشان داد که توزیع اندازه ذرات در هر تیمار مربوط به آتش‌سوزی اختلاف معنی‌داری با منطقه شاهد مجاور خود در هیچ‌کدام از زیر واحدهای اراضی، به‌جز درصد رس و شن در ناحیه D نداشت (جدول ۶). دلیل این امر احتمالاً شدت زیاد هر سه آتش‌سوزی اتفاق افتاده در این ناحیه بود. بنابراین در سایر مناطق مورد مطالعه حرارت‌های زیادی در اثر آتش‌سوزی برای تغییر توزیع اندازه ذرات خاک ایجاد نشده بود. گزارش شده است که تغییر در توزیع اندازه ذرات خاک تنها در شدت‌های بسیار بالای آتش‌سوزی و

در دماهای بسیار بالا اتفاق می‌افتد (۵، ۶). به‌دلیل بالا بودن میزان ماده آلی، تشکیل ساختمان دانه‌ای یا اسفنجی و تخلخل بالا (منافذ زیاد) در سطح خاک، که از ویژگی‌های اراضی جنگلی می‌باشد، میزان چگالی ظاهری در بیش‌تر تیمارهای شاهد مورد مطالعه نسبتاً پایین بود. همچنین میزان کربن آلی و چگالی ظاهری خاک در هر تیمار مربوط به آتش‌سوزی در تمامی زیر واحدهای اراضی افزایش معنی‌داری (در سطح احتمال پنج درصد) با منطقه شاهد مجاور خود داشت (جدول ۶). از دست رفتن کربن آلی در اثر آتش‌سوزی توسط پژوهش‌های

مختلف ثابت شده است (۳۰، ۴۹). افزایش چگالی ظاهری در اثر آتش‌سوزی نیز احتمالاً در نتیجه متلاشی شدن خاکدانه‌های آلی - معدنی و پرشدن منافذ خاک در طی کلوخه‌ای شدن توسط خاکستر یا افزایش کانی‌های رسی آزاد است (۳۹).

جدول ۶- مقایسه میانگین برخی ویژگی‌های خاک.

Table 6. The mean comparison of some soil properties.

| مکان<br>Site | رس (درصد)<br>Clay (%)    | سیلت (درصد)<br>Silt (%)  | شن (درصد)<br>Sand (%)    | کربن آلی (درصد)<br>Organic carbon (%) | چگالی ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)<br>Bulk density (gr cm <sup>-3</sup> ) |
|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--|
| AO           | 18.66(1.80) <sup>a</sup> | 38.77(2.34) <sup>a</sup> | 42.57(0.76) <sup>a</sup> | 3.98(0.07) <sup>a</sup>               | 1.07(0.03) <sup>a</sup>  |
| AF           | 18.17(1.90) <sup>a</sup> | 39.26(2.04) <sup>a</sup> | 42.57(0.94) <sup>a</sup> | 2.67(0.33) <sup>b</sup>               | 1.18(0.04) <sup>b</sup>  |
| BO           | 21.96(1.43) <sup>a</sup> | 38.07(2.64) <sup>a</sup> | 39.97(1.51) <sup>a</sup> | 3.76(0.05) <sup>a</sup>               | 1.11(0.03) <sup>a</sup>  |
| BF           | 21.14(0.91) <sup>a</sup> | 37.19(2.27) <sup>a</sup> | 41.67(1.54) <sup>a</sup> | 1.99(0.42) <sup>b</sup>               | 1.29(0.07) <sup>b</sup>  |
| CO           | 22.23(2.07) <sup>a</sup> | 40.72(2.63) <sup>a</sup> | 37.05(0.61) <sup>a</sup> | 3.55(0.18) <sup>a</sup>               | 1.12(0.03) <sup>a</sup>  |
| CF           | 21.01(1.00) <sup>a</sup> | 40.03(1.74) <sup>a</sup> | 38.96(1.64) <sup>a</sup> | 1.81(0.31) <sup>b</sup>               | 1.31(0.06) <sup>b</sup>  |
| DO           | 23.70(0.80) <sup>a</sup> | 43.47(2.79) <sup>a</sup> | 32.83(2.62) <sup>a</sup> | 3.27(0.14) <sup>a</sup>               | 1.16(0.03) <sup>a</sup>  |
| DF           | 21.75(0.56) <sup>b</sup> | 44.21(2.70) <sup>a</sup> | 34.04(2.43) <sup>b</sup> | 1.88(0.18) <sup>b</sup>               | 1.28(0.04) <sup>b</sup>  |
| EO           | 30.64(1.20) <sup>a</sup> | 38.03(1.93) <sup>a</sup> | 31.34(2.84) <sup>a</sup> | 2.58(0.58) <sup>a</sup>               | 1.21(0.06) <sup>a</sup>  |
| EF           | 30.56(0.54) <sup>a</sup> | 36.84(2.11) <sup>a</sup> | 32.60(2.46) <sup>a</sup> | 2.46(0.59) <sup>b</sup>               | 1.24(0.06) <sup>b</sup>  |

ویژگی‌های دارای حروف غیرمشترک در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار دارند. اعداد داخل پرانتز انحراف معیار می‌باشند.

Properties having dissimilar letters are significantly different at 0.05 probability level. Numbers in brackets are standard deviations.

مقدار رطوبت خاک در مکش‌های مختلف در مناطق سوخته کم‌تر از مناطق غیرسوخته است که می‌تواند در ارتباط با تغییر ماده آلی خاک باشد (۴۰). بنابراین در پژوهش حاضر احتمالاً کاهش ماده آلی خاک در مناطق سوخته میزان رطوبت‌های اشباع، ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم خاک را در مقایسه با شاهد کاهش داد. همچنین وجود لاشبرگ ضخیم‌تر در سطح خاک با ایجاد سایه در سطح خاک مانع از تبخیر و تعرق و هدررفت رطوبت خاک خواهد شد (۳، ۳۵). در نتیجه در مناطقی که ضخامت لاشبرگ بیش‌تر بود میزان رطوبت اولیه خاک نیز افزایش نشان داد.

مقایسه میانگین ویژگی‌های رطوبتی خاک نشان داد که آتش‌سوزی پوشش گیاهی جنگل باعث کاهش معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) رطوبت اشباع، رطوبت ظرفیت زراعی و رطوبت نقطه پژمردگی دائم خاک در مقایسه با شاهد در همه زیرواحدهای اراضی شد. رطوبت اولیه خاک نیز اگرچه در اثر آتش‌سوزی در مقایسه با شاهد کاهش یافت ولی این کاهش در هیچ‌یک از زیرواحدهای اراضی معنی‌دار نبود (جدول ۷). تخریب پوشش گیاهی جنگل به دلیل کاهش میزان لاشبرگ موجود در سطح خاک در نهایت باعث کاهش مواد آلی و ظرفیت نگهداری رطوبت خاک می‌شود (۲۵، ۶۶). همچنین گزارش شده است که

جدول ۷- مقایسه میانگین برخی ویژگی‌های رطوبتی خاک.

Table 7. The mean comparison of some soil moisture characteristics.

| مکان<br>Site | رطوبت اولیه (درصد)<br>Initial moisture (%) | رطوبت اشباع (درصد)<br>Saturated water (%) | رطوبت ظرفیت زراعی (درصد)<br>Field capacity (%) | رطوبت پژمردگی دائم (درصد)<br>Permanent wilting point (%) |
|--------------|--|---|--|--|
| AO           | 37.84(3.32) <sup>a</sup>                   | 49.09(1.80) <sup>a</sup>                  | 43.85(2.11) <sup>a</sup>                       | 21.68(0.86) <sup>a</sup>                                 |
| AF           | 32.38(3.49) <sup>a</sup>                   | 42.19(2.10) <sup>b</sup>                  | 35.37(2.94) <sup>b</sup>                       | 16.27(1.66) <sup>b</sup>                                 |
| BO           | 30.07(5.57) <sup>a</sup>                   | 46.40(2.08) <sup>a</sup>                  | 41.01(4.27) <sup>a</sup>                       | 19.84(2.19) <sup>a</sup>                                 |
| BF           | 26.35(4.20) <sup>a</sup>                   | 35.99(3.36) <sup>b</sup>                  | 28.51(3.04) <sup>b</sup>                       | 12.63(1.49) <sup>b</sup>                                 |
| CO           | 32.43(4.30) <sup>a</sup>                   | 46.19(2.14) <sup>a</sup>                  | 40.70(4.48) <sup>a</sup>                       | 20.09(2.07) <sup>a</sup>                                 |
| CF           | 23.39(2.88) <sup>a</sup>                   | 34.99(2.90) <sup>b</sup>                  | 26.33(1.90) <sup>b</sup>                       | 12.07(1.00) <sup>b</sup>                                 |
| DO           | 31.59(8.61) <sup>a</sup>                   | 43.77(2.04) <sup>a</sup>                  | 37.78(3.50) <sup>a</sup>                       | 17.97(1.83) <sup>a</sup>                                 |
| DF           | 21.09(2.62) <sup>a</sup>                   | 36.50(1.87) <sup>b</sup>                  | 27.03(2.11) <sup>b</sup>                       | 12.87(0.91) <sup>b</sup>                                 |
| EO           | 29.83(3.72) <sup>a</sup>                   | 41.45(3.05) <sup>a</sup>                  | 35.34(4.29) <sup>a</sup>                       | 16.61(2.25) <sup>a</sup>                                 |
| EF           | 28.94(3.14) <sup>a</sup>                   | 39.40(2.98) <sup>b</sup>                  | 31.43(3.30) <sup>b</sup>                       | 14.59(1.80) <sup>b</sup>                                 |

ویژگی‌های دارای حروف غیرمشترک در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار دارند. اعداد داخل پرانتز انحراف معیار می‌باشند.

Properties having dissimilar letters are significantly different at 0.05 probability level. Numbers in brackets are standard deviations.

تخمینی به ترتیب بین ۳/۰۲ تا ۴۰/۱۸ و ۵/۱۱ تا ۴۵/۷۸ تن در هکتار در سال بود (جدول ۸). پژوهش‌های مشابه مختلف نیز تأثیر آتش‌سوزی پوشش گیاهی را در افزایش میزان پارامترهای مختلف فرسایش خاک نشان داده‌اند (۲۷، ۴۴، ۴۹، ۶۹).

عامل مدیریت پوشش گیاهی واقعی، که با جایگزین کردن مقادیر فرسایش مشاهداتی به جای فرسایش تخمینی به دست آمد، دارای مقادیر کم‌تری نسبت به عامل مدیریت پوشش گیاهی تخمینی بود (جدول ۸). مدل مورد استفاده در این پژوهش (۲۹) قادر بود تا با دقت بیشتری نسبت به بقیه مدل‌های آزمون (تست) شده عامل مدیریت پوشش گیاهی را از داده‌های NDVI برآورد کند. هم‌بستگی بالای (دارای ضریب تبیین ۹۹ درصد) بین عامل مدیریت پوشش گیاهی واقعی و تخمینی (شکل ۳ الف)) نیز کارایی مدل مورد استفاده را در برآورد عامل مدیریت پوشش

مقایسه میانگین برخی پارامترهای اندازه‌گیری شده مربوط به فرسایش خاک نشان داد که میزان عامل فرسایش‌پذیری خاک و عامل مدیریت پوشش گیاهی (تخمینی و واقعی) به ترتیب در چهار (A، B، C و D) و سه (A، C و D) زیرواحد اراضی در تیمارهای مربوط به آتش‌سوزی افزایش معنی‌داری (در سطح احتمال پنج درصد) با منطقه شاهد مجاور خود داشتند. میزان فرسایش‌های مشاهداتی و تخمینی نیز در تمام قطعه‌های آتش‌سوزی در مقایسه با شاهد افزایش یافت، ولی این افزایش در هیچ‌یک از زیرواحدهای اراضی معنی‌دار نبود. همچنین مقادیر تخمین فرسایش خاک با استفاده از معادله جهانی اصلاح شده هدررفت خاک در تمامی ۳۰ قطعه مطالعه شده بیش از فرسایش اندازه‌گیری شده (مجموع فرسایش‌های سطحی و شیاری) بود. به طوری که متوسط فرسایش‌های مشاهداتی (اندازه‌گیری شده) و



بررسی شد (جدول ۹). نتایج نشان داد که بین عامل مدیریت پوشش گیاهی واقعی با تعداد درختان در هکتار، تاج پوشش آسمانه و درصد و ضخامت لاشبرگ همبستگی منفی و با قطر برابر سینه درختان همبستگی مثبت وجود داشت. همه متغیرهای مربوط به رطوبت خاک نیز همبستگی منفی با عامل مدیریت پوشش گیاهی واقعی نشان دادند.

گیاهی تأیید می‌کند. به‌طور مشابه آناچه و همکاران (۲۰۱۴) نیز مدل لین و همکاران (۲۰۰۲) را مناسب‌ترین مدل برای برآورد عامل مدیریت پوشش گیاهی در جنگل‌های نواحی حاره برزیل معرفی کردند (۴).

برای دستیابی به نوع عوامل مؤثر بر عامل مدیریت پوشش گیاهی، ماتریس همبستگی عامل مدیریت پوشش گیاهی واقعی و متغیرهای مختلف مربوط به ویژگی‌های پوشش گیاهی و رطوبتی خاک

جدول ۸- مقایسه میانگین برخی پارامترهای فرسایش خاک.

Table 8. The mean comparison of some soil erosion parameters.

| مکان<br>Site | عامل مدیریت<br>پوشش واقعی<br>Actual<br>C-factor | عامل مدیریت<br>پوشش تخمینی<br>Estimated<br>C-factor | عامل فرسایش پذیری خاک<br>(تن ساعت در مگاژول میلی‌متر)<br>K-factor<br>(t h MJ <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> ) | فرسایش مشاهداتی<br>(تن در هکتار در سال)<br>Observed erosion<br>(t ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> ) | فرسایش تخمینی<br>(تن در هکتار در سال)<br>Estimated erosion<br>(t ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> ) |
|--------------|---|---|---|---|--|
| AO           | 0.05(0.00)a                                     | 0.09(0.00)a   | 0.024(0.002)a   | 3.02(0.94)a   | 5.11(1.55)a  |
| AF           | 0.13(0.03)b                                     | 0.16(0.03)b   | 0.032(0.002)b   | 10.53(5.67)a  | 13.17(6.43)a   |
| BO           | 0.06(0.01)a                                     | 0.10(0.01)a   | 0.026(0.001)a   | 4.02(0.23)a   | 6.52(0.41)a  |
| BF           | 0.22(0.08)a                                     | 0.25(0.08)a   | 0.040(0.004)b   | 21.45(11.3)a  | 24.80(11.7)a   |
| CO           | 0.08(0.01)a                                     | 0.11(0.00)a   | 0.028(0.001)a   | 8.36(5.43)a   | 11.73(7.32)a   |
| CF           | 0.24(0.06)b                                     | 0.28(0.06)b   | 0.042(0.001)b   | 40.18(28.62)a   | 45.78(32.03)a  |
| DO           | 0.09(0.01)a                                     | 0.13(0.01)a   | 0.031(0.001)a   | 6.90(2.33)a   | 9.63(3.48)a  |
| DF           | 0.22(0.03)b                                     | 0.25(0.03)b   | 0.045(0.003)b   | 23.75(13.76)a   | 27.67(15.46)a  |
| EO           | 0.14(0.04)a                                     | 0.18(0.04)a   | 0.030(0.002)a   | 7.43(5.30)a   | 9.24(6.71)a  |
| EF           | 0.16(0.06)a                                     | 0.20(0.06)a   | 0.030(0.002)a   | 8.2(6.15)a  | 10.01(7.36)a   |

ویژگی‌های دارای حروف غیرمشترک در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار دارند. اعداد داخل پرانتز پراکنش انحراف معیار می‌باشند.

Properties having dissimilar letters are significantly different at 0.05 probability level. Numbers in brackets are standard deviations.

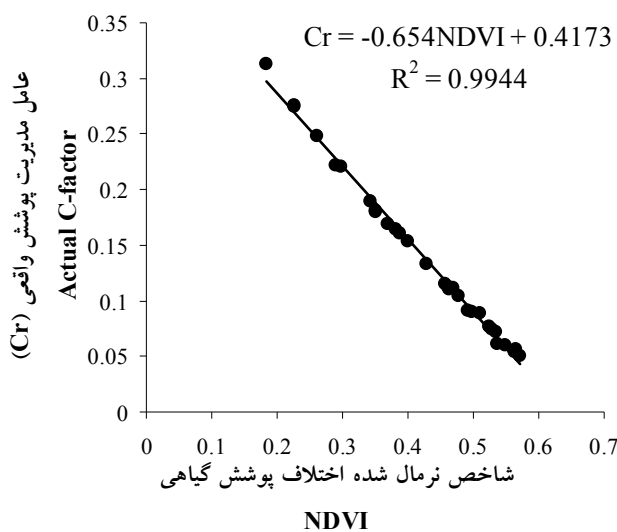
جدول ۹- ضریب همبستگی پیرسون بین برخی خصوصیات اندازه‌گیری شده.

Table 9. Pearson correlation coefficient among some measured properties.

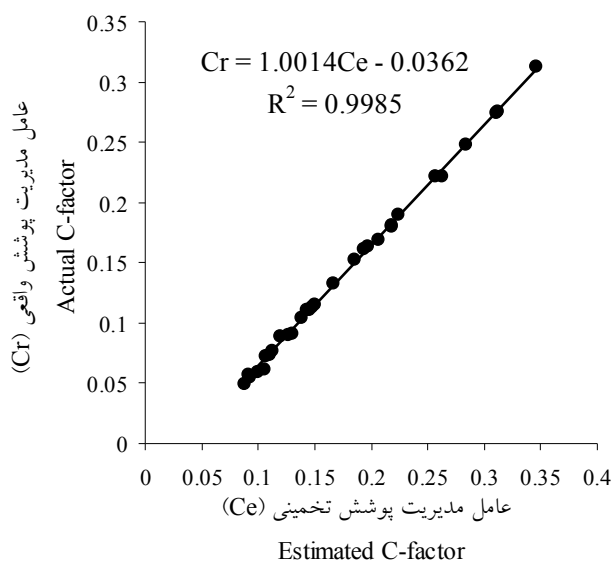
|     | NO                    | H                     | D                     | Ca       | TL       | PL       | IM       | SP       | FC       | PWP      | Cr |
|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----|
| NO  | 1                     |                       |                       |          |          |          |          |          |          |          |    |
| H   | -0.211 <sup>n.s</sup> | 1                     |                       |          |          |          |          |          |          |          |    |
| D   | -0.380*               | 0.951**               | 1                     |          |          |          |          |          |          |          |    |
| Ca  | 0.951**               | -0.305 <sup>n.s</sup> | -0.505**              | 1        |          |          |          |          |          |          |    |
| TL  | 0.941**               | -0.312 <sup>n.s</sup> | -0.513**              | 0.993**  | 1        |          |          |          |          |          |    |
| PL  | 0.994**               | -0.249 <sup>n.s</sup> | -0.426*               | 0.968**  | 0.962**  | 1        |          |          |          |          |    |
| IM  | 0.676*                | -0.215 <sup>n.s</sup> | -0.346 <sup>n.s</sup> | 0.726**  | 0.714**  | 0.679**  | 1        |          |          |          |    |
| SP  | 0.943**               | -0.268 <sup>n.s</sup> | -0.464**              | 0.966**  | 0.958**  | 0.954**  | 0.723**  | 1        |          |          |    |
| FC  | 0.931**               | -0.259 <sup>n.s</sup> | -0.449*               | 0.939**  | 0.932**  | 0.940**  | 0.722**  | 0.985**  | 1        |          |    |
| PWP | 0.949**               | -0.255 <sup>n.s</sup> | -0.437*               | 0.939**  | 0.933**  | 0.955**  | 0.719**  | 0.986**  | 0.992**  | 1        |    |
| Cr  | -0.926**              | 0.352 <sup>n.s</sup>  | 0.553**               | -0.990** | -0.990** | -0.946** | -0.711** | -0.960** | -0.927** | -0.925** | 1  |

:PWP, رطوبت ظرفیت زراعی, FC, رطوبت اشباع, SP, رطوبت اولیه, IM, رطوبت اولیه, D, درصد لاشبرگ, PL, ضخامت لاشبرگ, TL, ضخامت آسمانه, Ca, تاج پوشش آسمانه, n.s, \* , \*\* , \*\*\* are not significant and significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

No: Number of trees per hectare; H: Height of trees, D: Diameter at breast height, Ca: Canopy cover, TL: Thickness of litter, IM: Initial moisture, SP: Saturated water content, FC: Field capacity, PWP: Permanent wilting point and Cr: Actual C-factor. n.s, \*, \*\*, \*\*\* are not significant and significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.



(الف) A



(ب) B

شکل ۳- رابطه بین عامل مدیریت پوشش واقعی (Cr) و (الف) شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی و (ب) عامل مدیریت پوشش تخمینی (Ce).

Figure 3. Relation between actual C-factor (Cr) and (A) NDVI and (B) estimated C-factor (Ce).

رگرسیون چندمتغیره خطی بین عامل مدیریت پوشش گیاهی واقعی و ویژگی‌های اصلی پوشش گیاهی (تعداد درختان در هکتار، تاج پوشش، قطر و درصد و ضخامت لاشبرگ) و رطوبتی خاک (رطوبت اولیه، رطوبت اشباع، رطوبت ظرفیت زراعی و رطوبت پژمردگی دائم) با روش گام به گام مورد

به منظور استخراج معادلاتی برای تخمین عامل مدیریت پوشش گیاهی ابتدا با داشتن مقادیر شاخص NDVI و عامل مدیریت پوشش گیاهی واقعی مربوط به ۳۰ منطقه مورد بررسی، رابطه بین این دو به شکل یک مدل (معادله) خطی جدید برای منطقه مورد مطالعه استخراج شد (شکل ۳ (ب)). سپس رابطه‌های

و ۱۵ منطقه نسوخته مجاور آن‌ها در جنگل‌های شمال غرب استان گیلان، نشان داد که تخریب پوشش گیاهی در اثر آتش‌سوزی نقش قابل‌توجهی در افزایش میزان فرسایش خاک داشت. همچنین بررسی فرسایش‌های تخمینی و اندازه‌گیری شده (مشاهداتی) در قطعه‌های سوخته و شاهد نشان داد که مقادیر تخمین فرسایش خاک در تمامی قطعه‌ها بیش از فرسایش اندازه‌گیری شده (مجموع فرسایش‌های سطحی و شیاری) بود. عامل مدیریت پوشش گیاهی واقعی، که با جایگزین کردن مقادیر فرسایش مشاهداتی به‌جای فرسایش تخمینی و داشتن سایر عوامل مؤثر در معادله جهانی اصلاح‌شده هدررفت خاک به‌دست آمد، نیز دارای مقادیر کم‌تری نسبت به عامل مدیریت پوشش گیاهی تخمینی بود. در نتیجه به‌دلیل بیش‌تر تخمین زده شدن عامل مدیریت پوشش گیاهی با مدل مورد استفاده، میزان فرسایش نیز بیش از مقدار واقعی آن تخمین زده شد. بنابراین ارزیابی فرسایش خاک در منطقه جنگلی مورد مطالعه با استفاده از مدل‌های موجود در تخمین عامل مدیریت پوشش گیاهی از دقت کافی برخوردار نبود و باعث اشتباه در تخمین فرسایش و هدررفت خاک شد. برای دستیابی به معادله‌های جدید هم‌بستگی بین عامل مدیریت پوشش گیاهی و ویژگی‌های مختلف پوشش گیاهی و رطوبتی خاک بررسی شد. نتایج نشان داد که ضخامت لاشبرگ، تاج پوشش آسمانه، قطر برابر سینه درختان، رطوبت اشباع و رطوبت نقطه پژمردگی دایم بهترین متغیرها برای تخمین صحیح عامل مدیریت پوشش گیاهی در منطقه بودند. تاکنون مطالعه‌ای برای برآورد عامل مدیریت پوشش گیاهی در جنگل‌های شمال کشور انجام نشده است. بنابراین معادله‌های به‌دست آمده از پژوهش حاضر ارزیابی فرسایش خاک در جنگل‌های شمال کشور را تسهیل می‌کنند. در پایان استفاده از معادله‌های استخراج‌شده در این پژوهش برای تخمین صحیح و

بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در بین ویژگی‌های اصلی پوشش گیاهی، تنها ضخامت لاشبرگ، تاج پوشش و قطر برابر سینه درختان و در بین ویژگی‌های رطوبتی خاک نیز تنها رطوبت اشباع و رطوبت نقطه پژمردگی دایم اثر معنی‌داری بر عامل مدیریت پوشش گیاهی واقعی داشتند. بنابراین ضخامت لاشبرگ، تاج پوشش، قطر برابر سینه درختان، رطوبت اشباع و رطوبت نقطه پژمردگی دایم خاک به‌عنوان مهم‌ترین ویژگی‌ها در تخمین عامل مدیریت پوشش گیاهی واقعی برگزیده شدند. سرانجام رابطه عامل مدیریت پوشش گیاهی واقعی و ویژگی‌های اصلی مؤثر بر آن به‌صورت معادله‌های جدید برای منطقه مورد مطالعه استخراج شد (جدول ۱۰). پژوهش‌های اونگر و ویجیل (۱۹۹۸) و سانتی و همکاران (۲۰۰۶) نیز مشخص کرد که میزان باقی‌مانده گیاهی (لاشبرگ) بیش‌ترین اهمیت را در کاهش رواناب و هدررفت خاک داشت (۵۴، ۶۲). به‌طور مشابه صادقی و همکاران (۲۰۰۶) نیز هم‌بستگی زیادی بین برخی ویژگی‌های پوشش گیاهی جنگل مانند درصد تاج پوشش و لاشبرگ سطحی با ویژگی‌های مرتبط با فرسایش خاک مشاهده نمودند (۵۳). دوران و رودریگوئز (۲۰۰۸) نیز درصد تاج پوشش آسمانه گیاهان در اراضی جنگلی و مرتع را به‌عنوان بهترین پارامتر در تخمین میزان فرسایش خاک معرفی کردند (۱۷). کاویان و همکاران (۲۰۱۴) میزان ماده آلی و رطوبت اولیه خاک را به‌عنوان مهم‌ترین متغیرها در تخمین فرسایش خاک اراضی جنگلی معرفی کردند (۲۵).

### نتیجه‌گیری کلی

وضعیت پوشش گیاهی و فرسایش خاک (تخمینی و اندازه‌گیری‌شده)، در قطعه‌هایی (پارسل‌هایی) در داخل محدوده ۱۵ ناحیه آسیب‌دیده در اثر آتش‌سوزی

مطمئن عامل مدیریت پوشش گیاهی و فرسایش خاک در مناطق دارای پوشش گیاهی و خاک مشابه با منطقه مورد بررسی پیشنهاد می‌شود. همچنین پیشنهاد می‌شود که با اندازه‌گیری مستقیم ویژگی‌های دیگر پوشش گیاهی و خاک از قبیل میزان ناهمواری و مقاومت مکانیکی خاک و شاخص سطح برگ گیاهان بتوان معادله‌های دیگری برای تخمین صحیح عامل مدیریت پوشش گیاهی در اراضی جنگلی استخراج کرد.

جدول ۱۰- نتایج رگرسیون چندمتغیره خطی با روش گام به گام در برآورد عامل مدیریت پوشش گیاهی واقعی (Cr).

**Table 10. Results of multiple linear regressions by stepwise method to estimate the actual C-factor (Cr).**

| معادله رگرسیونی خطی<br>Linear regression equation | ضریب تبیین<br>R <sup>2</sup> | F          |
|---|------------------------------|------------|
| Cr = -0.050TL + 0.281                             | 0.980                        | 1392.000** |
| Cr = -0.027TL - 0.002Ca + 0.305                   | 0.983                        | 798.224**  |
| Cr = -0.024TL - 0.002Ca + 0.001D + 0.281          | 0.986                        | 629.340**  |
| Cr = -0.014SP + 0.717                             | 0.921                        | 325.932**  |
| Cr = -0.024SP + 0.015PWP + 0.903                  | 0.936                        | 198.020**  |

Cr: عامل مدیریت پوشش گیاهی واقعی (بدون واحد)، TL: ضخامت لاشبرگ (سانتی‌متر)، Ca: تاج پوشش آسمانه درختان (درصد)، D: قطر برابر سینه درختان (سانتی‌متر)، SP: رطوبت اشباع (درصد) و PWP: رطوبت نقطه پژمردگی دایم (درصد) می‌باشند.  
\* و \*\* به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ می‌باشند.

Cr: Actual C-factor (dimensionless), TL: Thickness of litter (cm), Ca: canopy (%), D: Diameter at breast height (cm), SP: Saturated water (%), PWP: Permanent wilting point (%).

\*, \*\* are significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

### منابع

1. Abbasian, A. 2012. Notebook for revised silviculture project in 7 series of Kanroud. The Company of Tarrahan Alborz Sabz, 342p. (In Persian)
2. Abu Hammad, A., Lundekvam, H., and Borresen, T. 2005. Adaptation of RUSLE in the eastern part of the Mediterranean region. *Environ. Manage.* 34: 6. 829-841.
3. Adekalu, K.O., Olorunfemi, I.A., and Osunbitan, J.A. 2007. Grass mulching effect on infiltration, surface runoff and soil loss of three agricultural soils in Nigeria. *Bioresource Technol.* 98: 912-917.
4. Anache, J.A.A., Bacchi, C.G., and Alves-Sobrinho, T. 2014. Modeling of (R) USLE C-factor for pasture as a function of Normalized Difference Vegetation Index. *Eur. Int. J. Sci. Technol.* 3: 9. 214-221.
5. Are, K.S., Oluwatosin, G.A., Adeyolanu, O.D., and Oke, A.O. 2008. Slash and burn effect on soil quality of an Alfisol: Soil physical properties. *Soil Till. Res.* 103: 4-10.
6. Bagherzadeh, A. 2014. Estimation of soil losses by USLE model using GIS at Mashhad plain, Northeast of Iran. *Arab. J. Geosci.* 7: 211-220.
7. Banj Shafiei, A., Akbarinia, M., Jalali, Gh., and Alijanpour, A. 2009. Effect of forest fire on diameter growth of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and hornbeam (*Carpinus betulus* L.): a case study in Kheyroud forest. *Iran. J. For. Pop. Res.* 17: 3. 464-474. (In Persian)
8. Bauwer, J. 1986. Intake rate: Cylinder infiltrometer. P 341-345, In: A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 1.* 2<sup>nd</sup> ed. In: *Agron. Monogr.* 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

9. Benkobi, L., Trlica, M.J., and Smith, J.L. 1994. Evaluation of a refined surface cover subfactor for use in RUSLE. *J. Range Manage.* 47: 74-78.
10. Biesemans, J., Meirvenne, M.V., and Gabriels, D. 2000. Extending the RUSLE with the Monte Carlo error propagation technique to predict long-term average off-site sediment accumulation. *J. Soil Water Cons.* 55: 35-42.
11. Blake, G.R., and Hartge, K.H. 1986. Bulk Density. P 363-375, In: A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 1. 2<sup>nd</sup> ed.* In: Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
12. Catry, F.X., Rego, F., Moreira, F., Fernandes, P.M., and Pausas, J.G. 2010. Post-fire tree mortality in mixed forests of central Portugal. *For. Ecol. Manage.* 260: 1184-1192.
13. De Asis, A.M., and Omasa, K. 2007. Estimation of vegetation parameter for modeling soil erosion using linear Spectral Mixture Analysis of Landsat ETM data. *ISPRS J. Photogramm.* 62: 309-324.
14. De Jong, S.M., Brouwer, L.C., and Riezebos, H.T. 1998. Erosion Hazard Assessment in the Payne Catchment. Department of Physical Geography, Utrecht University, France.
15. De Jong, S.M., Paracchini, M.L., Bertolo, F., Folving, S., Megier, J., and De Roo, A.P.J. 1999. Regional assessment of soil erosion using the distributed model SEMMED and remotely sensed data. *Catena.* 37: 3-4. 291-30.
16. Devall, M.S., Parresol, B.R., and Wright, J. 1995. Dendroecological analysis of *Corida alliodora*, *Pseudobombax setenatum* and *Annona spraguei* in central Panama. *Iawa J.* 16: 4. 411-424.
17. Durán, Z.V.H., and Rodríguez, P.C.R. 2008. Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. A review. *Agronomy for Sustainable Development.* 28: 65-86.
18. ESRI, 2006. ArcGIS Version 9.2 and the Spatial Analyst Extension. Environmental Systems Research Institute, Redlands, California, USA.
19. Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis. P 383-411, In: A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 1. 2<sup>nd</sup> ed.* In: Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
20. Gorji Bahri, Y., Hematii, A., and Khanjanii Shiraz, B. 2012. Effects of tree density on seedling establishment in loblolly pine stand (Case study: Pylambra, Guilan). *Iran. J. For.* 4: 1. 25-32. (In Persian)
21. Gutman, G., and Ignatov, A. 1998. The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models. *Int. J. Rem. Sens.* 19: 8. 1533-1543.
22. Heidari-pour, H. 2013. Fire in the forests of Guilan province. *Forest, Range and Watershed Org.* Guilan province, 79p. (In Persian)
23. Jennat Alipour, M., Kiani, F., and Alipour, K. 2016. Examination of the relation between cover management factor with vegetation indices in the loess slope land (Case study: Wheat farm in Toshan catchment). *J. Water Soil Cons.* 23: 1. 307-311.
24. Karaburun, A. 2010. Estimation of C factor for soil erosion modeling using NDVI in Buyukcekmece watershed. *Ozean J. Appl. Sci.* 3: 1. 77-85.
25. Kavian, A., Azmoodeh, A., and Solaimani, K. 2014. Deforestation effects on soil properties, runoff and erosion in northern Iran. *Arab. J. Geosci.* 7: 1941-1950.
26. Klute, A. 1986. *Methods of soil analysis, part 1: physical and mineralogical methods, 2<sup>nd</sup> ed.* Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI, 1188p.
27. Larsen, I.J., MacDonald, L.H., Brown, E., Rough, D., Welsh, M.J., Pietraszek, J.H., Libohova, Z., and Benavides-Solorio, J.D.D. 2009. Causes of post-fire runoff and erosion: water repellency, cover, or soil sealing? *Soil Sci. Soc. Am. J.* 73: 1393-1407.
28. LEICA Geosystems. 2003. ERDAS™ field guide (7th ed.) Atlanta, Georgia, USA: LEICA Geosystems GIS and Mapping, LLC, 672p.
29. Lin, C.Y., Lin, W.T., and Chou, W.C. 2002. Soil erosion prediction and sediment yield estimation: the Taiwan experience. *Soil Till. Res.* 68: 143-152.

30. Mataix-Solera, J., Cerdà, A., Arcenegui, V., Jordán, A., and Zavala, L.M. 2011. Fire effects on soil aggregation: A review. *Earth-Sci. Rev.* 109: 44-60.
31. Mirabdollahi Shamsi, M., Bonyad, A., Bakhshandeh Navrood, B., and Torkaman, J. 2013. Study of age effects on growth of beech trees in Lomir forest. *Iran. For. Ecol. J.* 1: 1. 1-15. (In Persian)
32. Mohammadi, A., Moayeri, M.H., and Heydari, H. 2012. Determination of the absolute harvesting age of *Paulownia* even-aged stands in Dr. Bahramnia's Forest Management Project. *Iran. J. For. Pop. Res.* 20: 3. 393-401. (In Persian)
33. Moore, I.D., and Wilson, J.P. 1993. Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: Simplified method of estimation. *J. Soil Water Cons.* 47: 423-428.
34. Mosayeb Neghad, I., Rostami Shahraji, T., Kahneh, E., and Porbabaii, H. 2007. Evaluation of native broadleaved forest plantations in east of Guilan province. *Iran. J. For. Pop. Res.* 15: 4. 311-319. (In Persian)
35. Mulumba, L., and Lal, R. 2008. Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil Till. Res.* 98: 106-111.
36. Namiranian, M. 2007. Measurement of trees and forest biometry. Tehran Univ. Press, 574p. (In Persian)
37. National Cartographic Center. 2010. Research Institute of NCC, Tehran, Iran ([www.ncc.org.ir](http://www.ncc.org.ir)).
38. Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1996. Total carbone, organic carbone, and organic matter. P 961-1010, In: D.L. Sparks (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 3.* 2<sup>nd</sup> ed. In: *Agron. Monogr.* 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
39. Norouzi, M. 2011. Effect of fire on some physico-chemical and micromorphological properties of forest soils in Guilan province. M.Sc. Thesis of soil science, University of Guilan, 126p. (In Persian)
40. Norouzi, M., and Ramezanpour, H. 2012. Effects of flooding and fire on some of soil properties in Lakan forest in Guilan province. *J. Water Soil Sci.* 16: 61. 291-300. (In Persian)
41. Nyakatawa, E.Z., Jakkula, V., Reddy, K.C., Lemunyon, J.L., and Norris, J.B.E. 2007. Soil erosion estimation in conservation tillage systems with poultry litter application using RUSLE 2.0 model. *Soil Till. Res.* 94: 2. 410-419.
42. Özhan, S., Balci, A.N., Özyuvaci, N., Hizal, A., Gökbülak, F., and Serengil, Y. 2005. Cover and management factors for the Universal Soil-Loss Equation for forest ecosystems in the Marmara region, Turkey. *For. Ecol. Manage.* 214: 118-123.
43. Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Alewell, C., Lugato, E., and Montanarella, L. 2015. Estimating the soil erosion cover-management factor at the European Scale. *Land Use Policy.* 48: 38-50.
44. Providali, I., Elsenbeer, H., and Conedera, M. 2001. Post-fire management and splash erosion in a chestnut coppice in southern Switzerland. *For. Ecol. Manage.* 162: 219-229.
45. Renard, K.G., and Ferreira, V.A. 1993. RUSLE model description and database sensitivity. *J. Environ. Qual.* 22: 458-466.
46. Renard, K.G., and Freimund, J.R. 1994. Using monthly precipitation data to estimate the R factor in the revised USLE. *J. Hydrol.* 157: 287-306.
47. Renard, K.G., Foster, G.R., and Weesies, G.A. 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). USDA, Agriculture Handbook, Washington, DC., 384p.
48. Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., and Porter, J.P. 1991. RUSLE: revised universal soil loss equation. *J. Soil Water Cons.* 46: 1. 30-33.
49. Robichaud, P.R. 2000. Fire effects on infiltration rates after prescribed fire in Northern Rocky Mountain forests, USA. *J. Hydrol.* 231-232: 220-229.
50. Sadegh, A. 2011. Effect of harvesting on renewal life of *Pinus taeda* and some soil properties (Case study: silviculture area of *Pinus taeda* in Pylambra of Guilan province). M.Sc. Thesis of silviculture, University of Guilan, 72p. (In Persian)

51. Sadeghi, S.H.R. 1995. Simple visual methods for recognition of sensitive watersheds. Watershed Management Department, Tarbiat Modarres University, 12p. (In Persian)
52. Sadeghi, S.H.R., Pourghasemi, H.R., and Mohammadi, M. 2007. Comparison of accuracy of some soil erosion and sediment yield models in rangeland. *J. Range.* 1: 1. 91-102.
53. Sadeghi, S.H.R., Safaeian, N.A., and Ghanbari, S.A. 2006. Study on the effect of land uses on type and intensity of soil erosion. *J. Agr. Eng. Res.* 7: 26. 85-98. (In Persian)
54. Santhi, C., Srinivasan, R., Arnold, J.G., and Williams, J.R. 2006. A modeling approach to evaluate the impacts of water quality management plans implemented in a watershed in Texas. *Environ. Modell. Softw.* 21: 8. 1141-1157.
55. Schonbrodt, S., Saumer, P., Behrens, T., Seeber, C., and Scholten, T. 2010. Assessing the USLE crop and management factor C for soil erosion modeling in a large, mountainous watershed in Central China. *J. Earth Sci.* 21: 835-845.
56. Shakesby, R.A. 1993. The soil erosion bridge: a device for micro-profiling soil surfaces. *Earth Surf. Proc. Land.* 18: 823-827.
57. Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.
58. SPSS. 1999. Statistics Package for the Social Sciences. Version 16. Base Application Guide. SPSS, Chicago, Illinois, USA.
59. Syahipour, Z., and Golbabaie, F. 2006. The Effect of Sit condition on some mechanical properties of *Picea abies* wood in two regions. Iran. *J. Wood Paper Sci. Res.* 21: 1. 9-21. (In Persian)
60. Tanyas, H., Kolat, C., and Süzen, M.L. 2015. A new approach to estimate cover-management factor of RUSLE and validation of RUSLE model in the watershed of Kartalkaya Dam. *J. Hydrol.* 528: 584-598.
61. Ulery, A.L., and Graham, R.C. 1993. Forest fire effects on soil color and texture. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57: 135-140.
62. Unger, P.W., and Vigil, M.F. 1998. Cover crop effects on soil water relationships. *J. Soil Water Cons.* 53: 3. 200-207.
63. Van der Knijff, J., Jones, R., and Montanarella, L. 1999. Soil erosion risk assessment in Italy. European Soil Bureau, European Commission.
64. Verstraeten, G., Van Oost, K., Van Rompaey, A., Poesen, J., and Govers, G. 2002. Evaluating an integrated approach to catchment management to reduce soil loss and sediment pollution through modelling. *Soil Use Manage.* 18: 4. 386-394.
65. Vrieling, A. 2006. Satellite remote sensing for water erosion assessment: A review. *Catena.* 65: 2-18.
66. Wang, S., Fu, B.J., Gao, G.Y., Yao, X.L., and Zhou, J. 2012. Soil moisture and evapotranspiration of different land cover types in the Loess Plateau, China. *Hydrol. Earth Syst. Sc.* 16: 2883-2892.
67. Wischmeier, W.H., and Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Agriculture handbook No. 537, USDA, Washington, DC, USA. 58p.
68. World Soil Resources Reports. 2014. World Reference Base for Soil Resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
69. Wuest, S.B., Caesar-TonThat, T.C., Wright, S.F., and Williams, J.D. 2005. Organic matter addition, N, and residue burning effects on infiltration, biological, and physical properties of an intensively tilled silt-loam soil. *Soil Till. Res.* 84: 154-167.
70. Zavala, L.M., Granged, A.J.P., Jordán, A., and Bárcenas-Moreno, G. 2010. Effect of burning temperature on water repellency and aggregate stability in forest soils under laboratory conditions. *Geoderma.* 158: 366-374.
71. Zhang, Y., Liu, B.U., Zhang, Q.C., and Xie, Y. 2003. Effect of different vegetation types on soil erosion by water. *Acta Bot. Sin.* 45: 10. 1204-1209.
72. Zobeiry, M. 2005. Forest inventory. Tehran Univ. Press, 401p. (In Persian)
73. Zobeiry, M. 2007. Forest biometry. Tehran Univ. Press, 405p. (In Persian)





Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(6), 2017*  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## **Developing new equations for estimating cover-management factor in fire-affected forest lands in west north of the Guilan province**

**A. Akbarzadeh<sup>1</sup>, \*Sh. Ghorbani Dashtaki<sup>2</sup>, M. Naderi Khorasgani<sup>2</sup>,  
J. Mohammadi<sup>3</sup> and R. Taghizadeh Mehrjardi<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Ph.D. Student, Dept. of Soil Science, University of Shahrekord, <sup>2</sup>Associate Prof., Dept. of Soil Science, University of Shahrekord, <sup>3</sup>Professor, Dept. of Soil Science, University of Shahrekord, <sup>4</sup>Assistant Prof., Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Ardakan

Received: 03/22/2016; Accepted: 09/25/2016

### **Abstract**

**Background and Objectives:** The correct estimation of cover-management (C) factor for accurate evaluating of soil loss is essential. Because of spatial variations in soil erosion parameters and vegetation attributes in large areas, the possibility of applying the available tables and regression equations to estimate the C-factor to other regions is limited. Up to this time, no studies have been done to estimate the C-factor in the forests of northern Iran. The main objective of this study was to develop new equations to estimate the C-factor in some parts of forest lands of the Guilan province using remote sensing methods and field works.

**Materials and Methods:** In parcels separated in 15 fire-affected sites and 15 original forests beside the burned (unburned) sites, in five sub land units, some vegetation attributes, soil properties and erosion rate were measured. The soil erosion was also estimated for all 30 studied parcels using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) model. The actual C-factor were extracted for all the studied parcels (burned and unburned sites) using the measured (observed) erosion and other factors used in the RUSLE model. A split-plot in space design was performed to determine whether the differences between five sub land units (between subjects) and also within burned and control (unburned) sites (within subjects) were significant.

**Results:** The results showed that the average of the actual C-factor in unburned and burned sites in five sub land units depending on plant density and disturbance of forest lands by fire severity and human and animal activity were between 0.05 to 0.14 and 0.13 to 0.24, respectively. In general, the estimated C-factor was more than the actual C-factor in all the studied sites. Moreover, the results of analysis of variance showed that damaging of trees by fire had significant effect on the estimated C-factor, actual C-factor, estimated erosion, measured erosion and soil erodibility factor. To develop new equations for estimating the C-factor, the correlations between the actual C-factor and some vegetation attributes and soil moisture characteristics were investigated. First of all, the relationship between the actual C-factor and the Normalized Difference Vegetation Index was derived as a new equation to estimate the C-factor in the study area. Then, the results of Multiple Linear Regression by stepwise method showed that among all the variables related to vegetation and soil moisture, the thickness of surface litter, canopy cover, diameter of trees at breast height, saturated water and Permanent Wilting Point were the best variables to estimate the C-factor in the study area.

**Conclusion:** The soil erosion assessment using available models to estimate the C-factor had no adequate accuracy and caused errors in soil loss estimation. The models derived in this paper can be used for accurate estimation of the C-factor in other areas having similar crop attributes.

**Keywords:** Canopy cover, Forest lands, Soil erosion, Soil moisture, Thickness of litter

---

\* Corresponding Author; Email: [ghorbani-sh@agr.sku.ac.ir](mailto:ghorbani-sh@agr.sku.ac.ir)

