

اثر مقیاس کرت بر رواناب تحت بارندگی طبیعی (مطالعه موردی: سراوان رشت)

میثاق پرهیزگار^۱، حسین اسدی^{۲*}، سید علی موسوی^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک دانشگاه گیلان

۲. دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳. استادیار، گروه مهندسی آب دانشگاه گیلان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۹/۲۰ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۵/۱۲/۲ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۱۲/۷)

چکیده

یکی از چالش‌هایی که در پیشرفت مطالعات علوم خاک و هیدرولوژی وجود دارد این است که نظریه‌ها برای مقیاس زمانی و مکانی خاصی به کار می‌روند. این تحقیق به منظور بررسی اثر اندازه کرت بر تولید رواناب و کمی کردن اثرات مقیاس انجام شد. برای این هدف، شش کرت آزمایشی با طول ۳ تا ۶۰ متر و عرض ۱ تا ۶ متر در یک دامنه در منطقه سراوان رشت در استان گیلان احداث شد. میزان رواناب در ۱۴ رخداد طبیعی باران از دی‌ماه سال ۱۳۹۴ تا آبان‌ماه ۱۳۹۵ جمع‌آوری و سپس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین با نصب باران‌سنج، ارتفاع باران برای هر کرت اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد رواناب در واحد سطح با افزایش طول کرت به صورت غیر خطی کاهش می‌یابد. مقایسه میانگین بین کرت‌ها نشان داد که کرت‌های با طول بیش‌تر از ۱۰ متر اختلاف معنی‌داری از نظر تولید رواناب با هم ندارند. با این حال کرت‌های زیر ۱۰ متر با کرت‌های بزرگ‌تر اختلاف معنی‌داری از نظر تولید رواناب نشان دادند ($P > 0/05$). براساس نتایج، کرت با طول ۱۰ متر حداقل طول مناسب برای مقیاس‌بندی است. برای مقیاس‌بندی ضریب رواناب دامنه، از یک مدل دو پارامتری استفاده شد. پارامترهای مدل با استفاده از واسنجی مدل با استفاده از داده‌های نه رخداد تعیین شدند. ارزیابی مدل با پنج رخداد باقیمانده، بیان‌گر کارایی مناسب این مدل در کرت‌های کوچک‌تر از ۳۰ متر بود.

واژه‌های کلیدی: ضریب رواناب، کرت‌های فرسایش، مقیاس‌بندی، نفوذپذیری

مقدمه

یکی از چالش‌هایی که در پیشرفت مطالعات علوم خاک و هیدرولوژی وجود دارد این است که نظریه‌ها برای مقیاس زمانی و مکانی خاصی به کار می‌روند، اما آن‌ها نمی‌توانند به راحتی کمیت فرایندها را در مقیاس‌های دیگر پیش‌بینی کنند. یکی از مشکلاتی که ممکن است رخ دهد آن است که همه فرایندها در همه مقیاس‌ها رخ نمی‌دهد و بنابراین به کار بردن دینامیک‌های یک فرایند خاص تنها با در نظر گرفتن یک مقیاس ویژه امکان‌پذیر نیست. زمان و مقدار فرایندهای متفاوت مشاهده شده در علوم خاک و هیدرولوژی بین مقیاس‌ها و وقایع تغییر می‌کند (Tarquis et al., 2011).

دلایل متعددی برای تأکید روی مقیاس وجود دارد. نخست، در حال حاضر خیلی از دانشمندان تشخیص دادند که مقیاس مفهوم محوری برای توصیف و توضیح پیچیدگی‌های وقایع جهان است. مطالعات تجربی نشان می‌دهد که آستانه‌های

متمایز و مشخص می‌توانند درون زنجیره‌ای از مقیاس‌ها شناخته شوند. بنابراین تشخیص این آستانه‌ها و ایجاد قوانین مناسب حاکم بر برهم‌کنش‌هایی که به وقوع می‌یابند، ضروری است. دوم، خیلی از مشکلات محیطی مثل گرم شدن جهانی، جنگل‌زدایی قاره‌ای و مدیریت منطقه‌ای آب نمی‌تواند در یک مقیاس مشاهده‌ای برطرف شود. درک اینکه چطور فرایندها در مقیاس‌های مکانی متنوع عمل می‌کنند و چگونه می‌توانند به هر مقیاسی مرتبط شوند هدف اصلی تحقیقات در هنگام بررسی این پدیده‌های پیچیده است (Marceau and Hay, 1999).

تحقیقات مربوط به حفاظت خاک در دامنه وسیعی از مقیاس‌های مکانی صورت می‌پذیرد که در این زمینه اهداف مطالعه و امکانات موجود یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده مقیاس مطالعه در این گونه تحقیقات می‌باشد. کرت‌های رواناب به دلیل اینکه اغلب ابعاد کوچکی داشته و قابلیت کنترل شرایط در آن‌ها بهتر است، یکی از پرکاربردترین ابزارهای مورد استفاده در تحقیقات حفاظت خاک می‌باشد (Boix-fayos et al., 2006). درحقیقت همه فعالیت‌ها در زمینه مقیاس و مقیاس‌بندی، متکی

در کرت‌ها هستند. با توجه به مطالعات انجام شده و از آنجا که اهمیت مقیاس و اثر آن در ابعاد مختلف کرت هنوز به روشنی مشخص نیست، با ضرورت کمی کردن اثر مقیاس، هدف تحقیق حاضر بررسی اثر مقیاس بر میزان تولید رواناب تحت بارندگی طبیعی با توجه به شرایط اقلیمی و ویژگی‌های خاکی استان گیلان بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این آزمایش در پارک جنگلی سراوان واقع در جنوب استان گیلان با موقعیت جغرافیایی $37^{\circ} 5' 35''$ تا $37^{\circ} 37' 12''$ عرض شمالی و $49^{\circ} 4' 30''$ تا $49^{\circ} 37' 30''$ طول شرقی انجام شده است (شکل (۱)). مساحت این منطقه ۱۴۸۷ هکتار از حوزه جنگلداری رشت است و شامل قسمتی از جنگل‌های کم ارتفاع البرز شمالی در جنوب غربی استان گیلان است. حداقل ارتفاع از دریا ۳۸ متر و حداکثر ۱۵۰ متر می‌باشد. از نظر توپوگرافی شامل قسمتی از تپه ماهورهای کم ارتفاع است و دارای چندین رشته یال کم ارتفاع و دره و آبراهه‌های فصلی و چندین چشمه است. میانگین دمای سالیانه منطقه ۱۶/۳ درجه سلسیوس و متوسط بارندگی ۱۳۵۹ میلی‌متر گزارش شده است (Meteorological organization of Iran, 2009). میانگین سالیانه رطوبت منطقه ۸۱/۵ درصد بوده که در تابستان این مقدار به ۹۴ درصد نیز می‌رسد، این منطقه دارای رژیم رطوبتی بودیک و رژیم حرارتی ترمیک است (Soil and Water Research Institute, 1998). متوسط تلفات خاک در کرت‌های جنگلی به طور متوسط حدود ۸۸ درصد کم‌تر از کرت‌های جنگل‌تراشی شده است (Sharghi, 2014).

احداث کرت‌ها و اندازه‌گیری‌ها

در این تحقیق به منظور اندازه‌گیری رواناب حاصل از باران طبیعی، کرت‌هایی در یک دامنه جنگل‌تراشی شده با شیب متوسط ۱۲ درصد احداث شد که طول کرت‌ها به دلیل در نظر گرفتن اثر مقیاس، متفاوت بودند. جنگل‌تراشی در سال ۱۳۶۸ برای نصب دکل‌های برق فشار قوی انجام شد. در ابتدای کار به دلیل پوشش فراوان و وجود بوته روی دامنه، کل دامنه در مهر سال ۱۳۹۴ با تراکتور شخم سطحی زده شد. سپس علف‌های هرز، ریشه‌ها و بقایای گیاهی آن جمع‌آوری شد. در این دامنه، شش کرت با طول ۳، ۶، ۱۰، ۲۲/۱، ۳۰ و ۶۰ متر، به ترتیب با عرض‌های ۱، ۱، ۱/۲، ۱/۸۳، ۲/۴ و ۶ متر گرفتند (Asadzadeh et al., 2012) در کنار یکدیگر احداث شد و مرکز

به کمی‌کردن عدم قطعیت مرتبط با مدل‌سازی با وجود اندازه‌گیری با تعداد کم است (Guadagnini et al., 2013). اهداف مطالعات فرسایش خاک در مقیاس کرت، خاص و چندگانه هستند و عمدتاً به وسیله تمرکز محققان تعیین می‌شوند. این مطالعات می‌تواند به منظور تعیین روابط بین فرسایش، رواناب و بارندگی و یا نقش واقعی فاکتورهای مؤثر بر رواناب و فرسایش انجام شود (Boix-fayos et al., 2006). اشکال عمده در مطالعه فرسایش خاک در سطح کرت‌های کوچک این است که به علت دارا بودن منطقه آزمایشی کوچک‌تر، معمولاً نمی‌تواند منعکس‌کننده تغییرپذیری و ناهمگنی مکانی از یک منطقه خاص باشد (Bloschl and Sivapalan, 1995). در کرت‌های کوچک با مساحت کم‌تر از ۱ مترمربع، فرایندهای فرسایش آبی عمدتاً توسط بارش و شرایط مورفولوژیکی گونه‌های گیاهی منفرد تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Dunjo et al., 2004). نتایج مطالعه Smets et al (2008) نشان داد در کرت‌های کوچک، تنها فرسایش پاشمانی قابل مشاهده بود و فرسایش شیبی، جریان متمرکز شده و فرسایش خندقی به علت کوتاهی بیش از حد طول کرت به‌ویژه تحت پوشش گیاهی زیاد هیچ شانس برای توسعه نداشتند.

نتایج اندازه‌گیری‌های متعدد نشان می‌دهد که غالباً با افزایش مقیاس مکانی کرت‌های رواناب، حجم رواناب اندازه‌گیری شده در واحد سطح تغییر می‌یابد که در منابع مختلف از این پدیده به‌عنوان اثر مقیاس یاد می‌شود (Bagarello and Parsons et al., 2006; Joel et al., 2002). به این نتیجه رسیدند که با افزایش اندازه کرت از ۰/۲۵ به ۵۰ مترمربع، ضریب رواناب کاهش می‌یابد. در مطالعه دیگری تأکید شد که تأثیر طول کرت روی تولید رواناب به میزان بسیار زیادی بستگی به شرایط سطحی و تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک دارد (Le Bissonnais et al., 1998). همچنین Martin et al. (2013) ثابت کردند که چگونه یک مدل مقیاس‌بندی شده می‌تواند اجازه دستیابی به توزیع اندازه ذرات با جزئیات دقیق را از اطلاعات ناقص دهد.

در کشور نیز مطالعاتی در این زمینه صورت گرفته است. نتایج مطالعه Sadeghi et al. (2013) نشان دادند که کرت‌ها با ابعاد مختلف تأثیر قابل توجهی بر میزان رسوب و رواناب دارند. Asadzadeh et al. (2012) در تحلیل آماری رواناب واحد سطح نشان دادند که هیچ تفاوت معنی‌داری برای کرت‌هایی با طول ۱۵ متر و بزرگ‌تر وجود ندارد، اما در کرت‌هایی با طول ۱۰ متر و کوچک‌تر به‌طور معنی‌داری تفاوت مشاهده شد. آنها نتیجه گرفتند که کرت‌های ۱۵ متر، حداقل طول برای تخمین رواناب

خاکدانه‌ها، همچنین ویژگی‌های شیمیایی از جمله اسیدیته، هدایت الکتریکی، کربن آلی و کربنات کلسیم معادل خاک نیز اندازه‌گیری شد (Sparks, 1996; Carter and Gregorich, 2006; Klute, 1986).

میزان رواناب کرت‌ها در رخدادهای طبیعی باران از دی‌ماه سال ۱۳۹۴ تا آبان‌ماه ۱۳۹۵ بررسی شد. برای اندازه‌گیری باران، از تعداد شش باران‌سنج در کنار کرت‌ها استفاده شد که شامل یک قیف به قطر ۱۰ سانتی‌متر و یک مخزن جمع‌آوری آب باران می‌شد. پس از بارندگی ارتفاع باران باریده برای دامنه مورد نظر به کمک آن تعیین شد.

ثقل کرت‌ها در یک موقعیت شیب قرار داده شد. کرت با طول ۲۲/۱ و عرض ۱/۸۳ به عنوان کرت استاندارد بوده و بقیه کرت‌ها کم‌تر یا بیش‌تر از آن انتخاب شدند. مرز کرت‌ها به وسیله پشته‌های خاکی، شن و سیمن به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر محصور شد. در انتهای هر کرت سیستم جمع‌آوری رواناب قرارداده شد. علف‌ها نیز در طول دوره اندازه‌گیری کنترل و جمع‌آوری شدند. باتوجه به موقعیت کرت‌ها، از نقاط مختلف در اطراف هر کرت نمونه‌هایی از عمق ۰-۲۰ سانتی‌متری خاک برداشته شد و به صورت مخلوط معرف هر کرت، به آزمایشگاه منتقل و هوا خشک شد. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، ویژگی‌های فیزیکی از جمله توزیع اندازه ذرات، جرم مخصوص ظاهری خاک، پایداری



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه به همراه نمایی از دامنه مورد نظر در سراوان رشت

به منظور استفاده از آزمون‌های پارامتریک، نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. بعد از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تحلیل داده‌ها با روش آنالیز واریانس صورت گرفت. در صورت معنی‌دار بودن و تفاوت

جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها

بعد از هر بارندگی طبیعی، حجم رواناب حاصل از هر کرت ثبت گردید. برای به‌دست آوردن رواناب در واحد سطح بر حسب میلی‌متر، حجم رواناب هر کرت بر مساحت آن تقسیم شد. ابتدا

نتایج و بحث

ویژگی‌های خاک و باران

میانگین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده خاک در دامنه مورد نظر برای کرت‌های مختلف در جدول (۱) آمده است. همان‌طور که از داده‌های جدول مشخص است، بافت خاک در تمام کرت‌ها و در دامنه مورد نظر لوم رسی سیلتی بود. میانگین ماده آلی و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در دامنه مورد نظر به ترتیب ۱/۷۵ درصد و ۱/۷۷ میلی‌متر بوده است. کربنات کلسیم معادل خاک در منطقه ناچیز بود، چنان‌که در کرت ۲۲/۱ متر دو درصد، اما در کرت‌های ۶، ۳۰ و ۶۰ متر مقدار آن به ۱ درصد و در کرت ۳ و ۱۰ متر به صفر رسیده است. با توجه به جدول (۱)، میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک در دامنه مورد نظر بعد از عملیات شخم سطحی، ۱/۶۱ به دست آمد. تغییرات هدایت الکتریکی نیز در کرت‌های مختلف کم بوده و رابطه خاصی بین آنها وجود ندارد.

در طول اجرای تحقیق، ۱۴ رخداد بارندگی منجر به تولید رواناب ثبت شد. تاریخ و ارتفاع بارندگی در این رخدادها در جدول (۲) ارائه شده است. بیش‌تر بارندگی‌های ثبت شده، در ماه‌های دی و بهمن رخ داده است که نشان‌دهنده غیر یکنواخت بودن رگبارهای منجر به رواناب است.

بین واریانس کرت‌ها، مقایسه میانگین با آزمون توکی انجام شد. برای بررسی رابطه بین ابعاد کرت و مقدار رواناب از رابطه توانی زیر استفاده شد:

$$R = a A^b \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن، A مساحت کرت بر حسب مترمربع و R میانگین رواناب در واحد سطح بر حسب میلی‌متر می‌باشند (Asadzadeh et al., 2012). همچنین ضرایب a و b به ترتیب پارامتر مقیاس‌بندی (نرمال‌سازی) و توان مساحت می‌باشند. از نرم افزار SPSS16 برای انجام آنالیزهای آماری استفاده شد. همچنین برای انجام مقیاس‌بندی رواناب سطحی از مدل دو پارامتری زیر استفاده شد:

$$Q_h(\lambda) = \frac{\beta \mu}{\mu + \lambda} \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن، Q_h ضریب رواناب دامنه (بدون بعد)، λ طول دامنه بر حسب متر، μ میانگین طول مسیر جریان بر حسب متر و β میانگین بلندمدت ضریب رواناب نقطه‌ای (بدون بعد) می‌باشند (Sheridan et al., 2014). پارامترهای β و μ از طریق واسنجی تعیین می‌شوند. با توجه به اندازه‌گیری رواناب مربوط به ۱۴ رخداد، نتایج مربوط به ۹ رخداد برای واسنجی و ۵ رخداد برای ارزیابی مدل به کار رفت. تفکیک این دو دسته به طور تصادفی انجام شد.

جدول ۱ - ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقه مورد مطالعه

۶۰*۶	۳۰*۲/۴	۲۲/۱*۱/۸۳	۱۰*۱/۲	۶*۱	۳*۱	
۳۲	۳۵	۳۰	۳۶	۳۸	۳۰	رس(درصد)
۵۷	۴۹	۵۱	۴۴	۴۶	۵۱	سیلت(درصد)
۱۱	۱۶	۱۹	۲۰	۱۶	۱۹	شن(درصد)
لومی رسی	لومی رسی	لومی رسی	لومی رسی	لومی رسی	لومی رسی	بافت خاک
سیلتی	سیلتی	سیلتی	سیلتی	سیلتی	سیلتی	ماده آلی
۱/۹۳	۱/۵۷	۱/۵۸	۱/۷۹	۱/۸۵	۱/۸۱	MWD(mm)
۱/۷۵	۱/۸۶	۱/۸۷	۱/۶۱	۱/۸۱	۱/۷۲	
۱/۰۰	۱/۰۰	۲/۰۰	۰	۱/۰۰	۰	CCE(درصد)
۱/۶۸	۱/۶۱	۱/۵۱	۱/۵۶	۱/۶۸	۱/۶۵	ρ_b (g/cm ³)
۵/۴۱	۵/۸۱	۵/۷۳	۵/۷۶	۵/۷۰	۵/۷۱	pH
۰/۲۰	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۲۱	EC (dS/m)

EC و Ph، ρ_b ، CCE، MWD به ترتیب میانگین وزنی قطر خاکدانه، کربنات کلسیم معادل، جرم مخصوص ظاهری، اسیدیته و هدایت الکتریکی است.

داده‌های رواناب

تغییرات داده‌های رواناب در بین کرت‌ها تقریباً بالا است که نشان‌دهنده پراکندگی زیاد آن‌ها است. دلایل مختلفی می‌تواند این روند را تفسیر کند. بخشی اصلی این تغییرات می‌تواند به دلیل ویژگی‌های مختلف رخدادهای بارندگی باشد (جدول (۲)). در این زمینه برخی از پژوهشگران ضریب تغییرات بالای برخی

در جدول (۳) آماره‌های میانگین، حداقل، حداکثر و انحراف معیار مقادیر رواناب در کرت‌ها ارائه شده است. همچنین مقادیر ضریب تغییرات رواناب بین کرت‌ها در رخدادهای مختلف بارندگی در شکل (۲) آمده است. طبق نتایج به دست آمده،

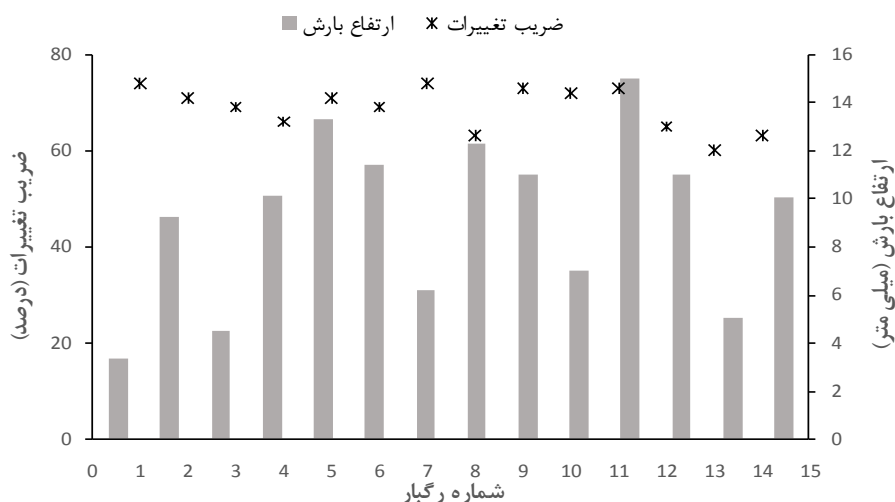
جدول ۲- مشخصات باران‌های منجر به رواناب در منطقه سراوان (دی ۱۳۹۴ تا آبان ۱۳۹۵)

شماره رگبار	تاریخ	ارتفاع بارندگی (mm)
۱	۱۳۹۴/۱۰/۱۰	۳/۳
۲	۱۳۹۴/۱۰/۲۰	۹/۲
۳	۱۳۹۴/۱۰/۲۶	۴/۵
۴	۱۳۹۴/۱۱/۱	۱۰/۱
۵	۱۳۹۴/۱۱/۵	۱۳/۳
۶	۱۳۹۴/۱۱/۱۵	۱۱/۴
۷	۱۳۹۵/۱۱/۲۱	۶/۲
۸	۱۳۹۵/۱/۱۱	۱۲/۳
۹	۱۳۹۵/۲/۴	۱۱
۱۰	۱۳۹۵/۲/۳۰	۷
۱۱	۱۳۹۵/۷/۲۴	۱۵
۱۲	۱۳۹۵/۷/۲۶	۱۱
۱۳	۱۳۹۵/۷/۲۹	۵
۱۴	۱۳۹۵/۸/۳	۱۰

از رخدادهای بارندگی را عامل افزایش ضریب تغییرات رواناب و رسوب بیان کردند (Asadzadeh *et al.*, 2012). بخشی از این تغییرات نیز می‌تواند به دلیل تغییر شرایط سطحی خاک در بین کرت‌ها باشد. در واقع ویژگی‌های سطحی غیر قابل کنترل می‌تواند باعث افزایش ضریب تغییرات شده باشد. در این زمینه، از محتمل‌ترین مواردی که می‌توان به آن‌ها اشاره کرد، وجود چالاب سطحی، پوشش علفی و زمان در تماس بودن جریان آب با سطح خاک است. به عبارتی کرتی که طولانی بوده و و زمان بیشتر آب جاری بر روی آن با خاک در تماس است، آب بیشتر را نفوذ خواهد داد و رواناب کمتری تولید می‌کند. همان‌طور که در جدول (۳) مشخص است، حداکثر میزان رواناب در واحد سطح در کرت ۶۰ متری که معرف کل دامنه و معیار مقایسه است، برابر یک می‌باشد که یکی از دلایل آن می‌تواند وجود چالاب سطحی باشد. در این مورد Boix-fayos *et al.* (2006) اعلام کردند که تغییرات چالاب‌های سطحی باعث افزایش ضریب تغییرات شده است. به بیان دیگر، در رخدادهای بارندگی ظرفیت ذخیره چالابی در بین کرت‌ها به دلیل تغییرات مقدار بارش در زمان‌های متفاوت تغییر کرده است.

جدول ۳- آماره‌های داده‌های رواناب (میلی‌متر) در کرت‌های با ابعاد مختلف

ابعاد کرت (m×m)	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
۳×۱	۳/۴۵	۱۴/۱۲	۶/۱۲	۳/۴۵
۶×۱	۳/۳۴	۱۳/۴۵	۶/۰۰	۳/۳۴
۱۰×۱/۲	۲/۶۶	۱۰/۷۱	۴/۶۷	۲/۶۶
۲۲/۱×۱/۸۳	۱/۳۳	۵/۲۷	۲/۳۵	۱/۳۳
۳۰×۲/۴	۰/۷۸	۳/۰۰	۱/۵۱	۰/۷۸
۶۰×۶	۰/۲۸	۱/۱۳	۰/۵۱	۰/۲۸



شکل ۲- ضریب تغییرات رواناب در واحد سطح بین کرت‌ها در رخدادهای مختلف بارندگی

رابطه ابعاد کرت با عملکرد کرت‌ها

بررسی رابطه بین ابعاد کرت با مقدار رواناب تولید شده در واحد سطح نشان داد که از بین روابط رگرسیونی، روابط توانی به خوبی تغییرات مقدار رواناب را در مقابل تغییرات ابعاد کرت پیش‌بینی می‌کند. بنابراین از معادله (۱) برای پیش‌بینی تغییرات رواناب در مقابل تغییرات طول کرت، برای هر رخدادهای استفاده شد. پارامترهای معادله (۱) برای تمامی رخدادهای منجر به رواناب در کرت‌های مختلف در جدول (۴) ارائه شده است. پارامتر (b) شدت و جهت تغییرات رواناب در برابر ابعاد کرت را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه مقادیر این پارامتر در در تمامی رخدادهای مقداری منفی است، مقدار رواناب با ابعاد کرت رابطه عکس داشته و با افزایش ابعاد کرت، مقدار رواناب کاهش یافته است (Bagarello and Ferro, 2010; Asadzadeh *et al.*, 2012). دلایل این روند می‌تواند افزایش نگهداشت سطحی رواناب و فرصت نفوذ بیشتر در کرت‌های با طول بیشتر باشد. جدول (۴) نشان می‌دهد که مقدار پارامتر (b) در رخدادهای مختلف بارندگی مقدار ثابتی است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این پارامتر تابع بارندگی نیست.

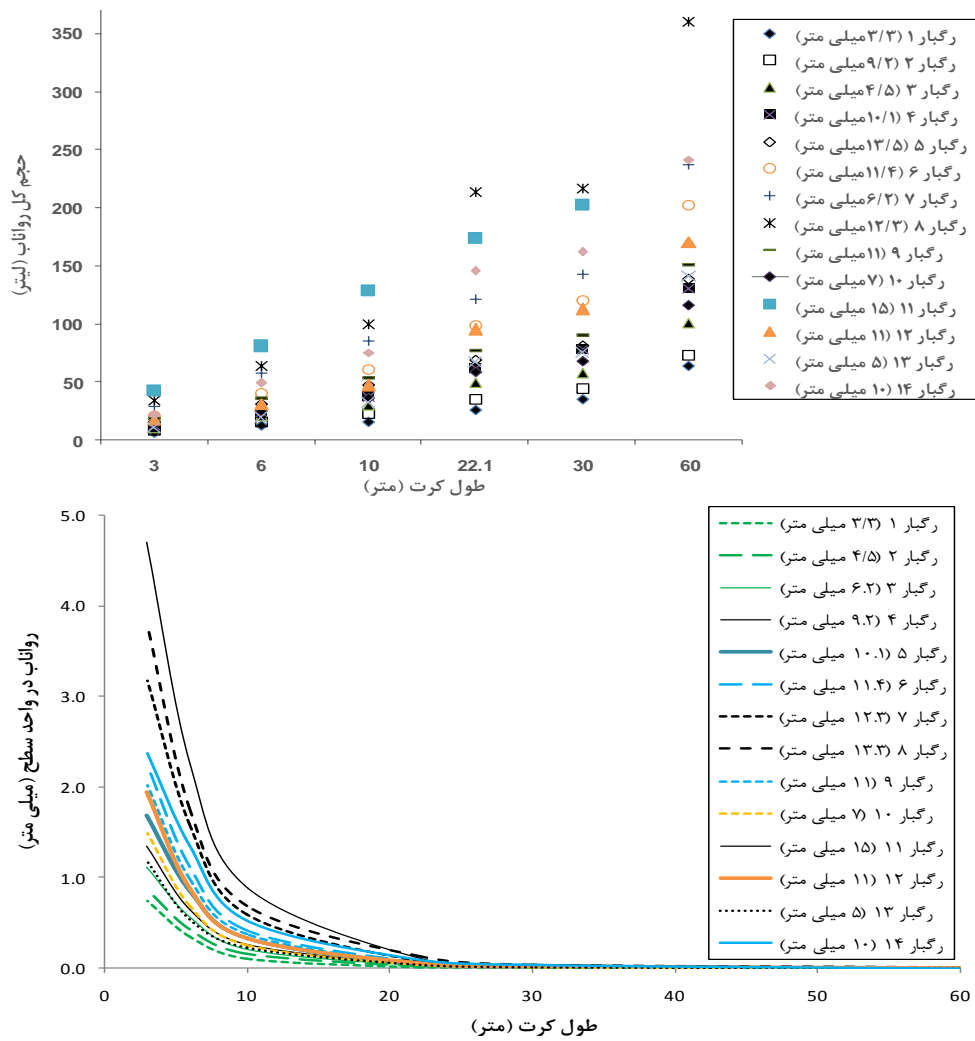
پارامتر a به عنوان پارامتر مقیاس‌بندی در نظر گرفته می‌شود. همان‌طور که مشخص است، پارامتر مقیاس‌بندی مقدار ثابتی نیست و کمیت آن بستگی به میزان بارندگی دارد. ارقام جدول (۴) نشان می‌دهد که پارامتر مقیاس‌بندی در رخدادهای مختلف بارندگی تغییر می‌کند. این پارامتر برای رخدادهای اول کم-ترین مقدار و برای رخدادهای هشتم بیش‌ترین مقدار را داشت. به بیان دیگر، این پارامتر تابع مقدار یا شدت بارندگی است.

جدول ۴- ضرایب رابطه ($R = a A^b$) بین رواناب در واحد سطح و مساحت کرت در رخدادهای بارندگی

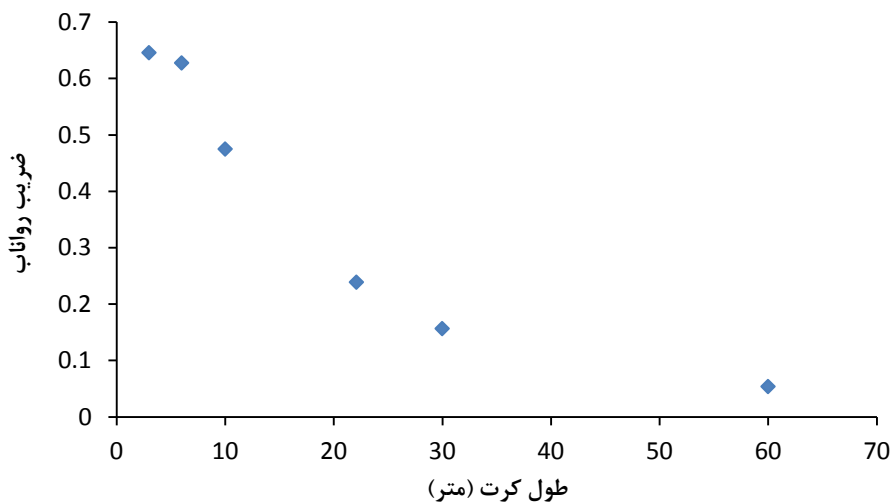
رگیر	a	b	ضریب تعیین
۱	۰/۶۸	-۰/۵۴۹	۰/۹۸۷
۲	۰/۸۰	-۰/۵۵۹	۰/۹۷۱
۳	۰/۹۱۰	-۰/۵۴۸	۰/۹۶۶
۴	۰/۹۶۸	-۰/۵۲۰	۰/۹۶۳
۵	۱/۱۰۹	-۰/۵۷۲	۰/۹۶۴
۶	۱/۲۰۹	-۰/۵۴۴	۰/۹۶۵
۷	۱/۳۹۳	-۰/۵۹۳	۰/۹۶۸
۸	۱/۴۱۶	-۰/۵۱۴	۰/۹۴۶
۹	۱/۱۸۹	-۰/۵۹۰	۰/۹۷۰
۱۰	۱/۰۲۶	-۰/۵۷۱	۰/۹۷۶
۱۱	۱/۵۲۱	-۰/۵۶۱	۰/۹۷۲
۱۲	۱/۱۱۲	-۰/۵۲۲	۰/۹۶۶
۱۳	۰/۸۶۵	-۰/۴۶۳	۰/۹۵۶
۱۴	۱/۲۶۱	-۰/۵۱۱	۰/۹۱۶

شکل (۳) نشان داد بین حجم کل رواناب و میزان رواناب در واحد سطح با طول کرت رابطه مشخصی برقرار است. به طوری که با افزایش طول کرت، مقدار کل رواناب افزایش و میزان رواناب در واحد سطح در تمامی رخدادهای کاهش یافت. افزایش رواناب کل با افزایش اندازه کرت طبیعی و قابل انتظار است، چون کرت‌های بزرگ‌تر باران بیش‌تری دریافت می‌کنند و رواناب بالادست به رواناب پایین‌دست همراه شده و حجم رواناب افزایش می‌یابد، اما همان‌طور که در شکل مشخص است، روند تغییرات به صورت غیر خطی است. همچنین با افزایش حجم و سرعت رواناب، فرصت نفوذ آب در خاک کم شده و با افزایش طول کرت، رواناب افزایش می‌یابد (Cammeraat, 2002).

میانگین ضریب رواناب نیز در کرت‌های ۳، ۶، ۱۰، ۲۲/۱، ۳۰ و ۶۰ متری طی این ۱۰ بارندگی به ترتیب ۰/۵۹، ۰/۴۴، ۰/۲۱، ۰/۱۴ و ۰/۰۴ محاسبه شد که برای کرت با طول ۳ متر، بیش‌ترین و کرت با طول ۶۰ متر کم‌ترین بوده است. این مقادیر نشان می‌دهند که تفاوت از کرت ۳ متری تا ۶۰ متری بسیار زیاد است به طوری که میانگین ضریب رواناب از ۰/۶۱ به ۰/۰۵ کاهش می‌یابد. این موضوع می‌تواند به این دلیل باشد که با افزایش طول کرت، ضریب رواناب به دلیل نفوذ بیشتر، پوشش علفی و چالاب‌های سطحی کاهش می‌یابد. به طوری که ضریب رواناب کرت ۲۲/۱ متر نصف کرت ۱۰ متر و این ضریب برای کرت ۶۰ متری یک سوم کرت ۳۰ متری می‌باشد. در شکل (۴) رابطه بین میانگین ضریب رواناب با طول کرت ارائه شده است. همان‌طور که مشخص است، مقادیر ضریب رواناب با افزایش طول کرت، به صورت نمایی کاهش می‌یابد. این موضوع با مشاهدات برخی دیگر از محققین (Joel *et al.*, 2002) مطابقت دارد. با توجه به اینکه شرایط بقیه متغیرهای هیدرولیکی ثابت بوده است، می‌توان نتیجه گرفت که وجود تفاوت در پاسخ اندازه‌های مختلف کرت به طور نزدیکی مرتبط با الگوی زمانی باران و طول کرت است. به بیانی دیگر، ضریب رواناب به طور دینامیکی با مقدار و مدت بارندگی تغییر می‌کند. شکل (۳) نشان می‌دهد که چه نسبتی از بارندگی به رواناب تبدیل شده است. با افزایش طول کرت ضریب رواناب از ۶۱ درصد در کرت ۳ متری به ۵ درصد در کرت ۶۰ متری رسیده است. بخشی از این تفاوت در پاسخ کرت‌ها، ناشی از تفاوت در هدایت هیدرولیکی اشباع خاک است که در مسیرهای جریان اثر گذاشته و در کل بر پاسخ رواناب- بارش مؤثر است همان‌طور که مشخص است در مجموع، میانگین رواناب در واحد سطح برای کرت ۶۰ متری کم‌ترین و کرت ۳ متری بیش‌ترین است.



شکل ۳ - تغییرات رواناب کل با طول کرت (الف) و رابطه رواناب در واحد سطح با طول کرت (ب)

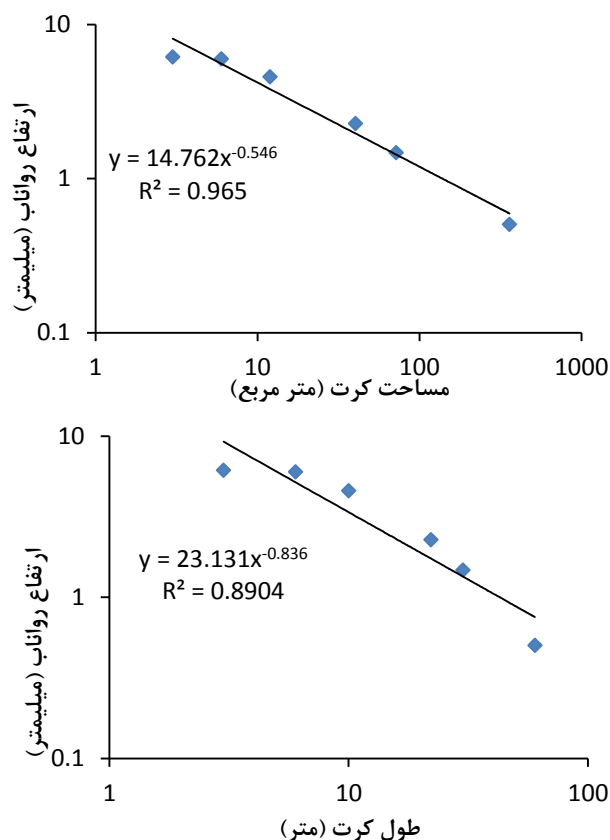


شکل ۴ - رابطه بین ضریب رواناب و طول کرت

در مواردی از مساحت کرت نیز به عنوان اثر مقیاس استفاده شده است (Boix-fayos, 2006; Sadeghi et al., 2013). در شکل (۵) چگونگی تغییرات مربوط به استفاده از مساحت و طول کرت در عملکرد رواناب نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص است، در هنگام استفاده از مساحت کرت، مقدار نما و ضریب معادله از به ترتیب برابر ۰/۵۵- و ۱۴/۸ بوده

استفاده شده است (Boix-fayos, 2006; Sadeghi et al., 2013). در شکل (۵) چگونگی تغییرات مربوط به استفاده از مساحت و طول کرت در عملکرد رواناب نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص است، در هنگام استفاده از مساحت کرت، مقدار نما و ضریب معادله از به ترتیب برابر ۰/۵۵- و ۱۴/۸ بوده

است. با این حال، این مقادیر در زمان استفاده از طول کرت به ترتیب به ۰/۸۴- و ۲۳/۱ رسیده است. ضریب تعیین نیز از ۰/۹۶ به ۰/۸۹ کاهش یافته است. شدت تغییرات رواناب در واحد سطح، زمانی که از طول کرت به عنوان اثر مقیاس استفاده شد، بیش تر است. این نتایج به طور غیرمستقیم نشان دهنده آن است که عرض کرت می تواند تأثیری در روند محاسبات داشته باشد. با این حال تحقیقات دیگری هم نشان دادند که استفاده از طول کرت و در نظر نگرفتن عرض آن، تغییری در محاسبات نمی دهد. در این زمینه *Asadzadeh et al.* (2012) اعلام کردند که اثر عرض بر عملکرد کرت ناچیز بوده و روند تغییرات مشاهده شده را تغییر نمی دهد. همچنین در تحقیق دیگری بیان شد که می توان از طول کرت برای بررسی اثر مقیاس استفاده کرد و عرض کرت تأثیر ناچیزی در محاسبات داشته است (*Bagarello et al.*, 2010).



شکل ۵- مقایسه رابطه طول و مساحت کرت با مقدار رواناب

مقایسه عملکرد کرت‌ها

به منظور مقایسه کرت‌ها از نظر تولید رواناب در تولید رواناب، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی و بعد از اطمینان از توزیع نرمال داده‌ها، اقدام به آزمون یکنواختی واریانس بین کرت‌ها شد. نتایج آزمون واریانس بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین کرت‌ها از نظر تولید

رواناب بود ($P < 0/05$). *Asadzadeh et al.* (2012) نیز در مطالعات خود نشان دادند که بین کرت‌ها تفاوت واریانس وجود دارد و اقدام به انجام مقایسه میانگین بین کرت‌های با ابعاد مختلف کردند. بنابراین با توجه به وجود غیر یکنواختی بین کرت‌ها آزمون مقایسه میانگین توکی برای داده‌های رواناب در کرت‌ها انجام شد (جدول (۵)). نتایج نشان داد که عملکرد کرت‌های با طول بیش تر از ۱۰ متر اختلاف معنی داری با هم از نظر تولید رواناب در واحد سطح نداشته و مشابه می باشد. با این حال شدت رواناب در کرت‌های زیر ۱۰ متر بیش تر از کرت‌های بزرگ تر بوده و با آنها اختلاف معنی دار نشان دادند. برخی از محققین نظیر *Sadeghi et al.* (2013) مشاهده نمودند که کرت‌های با طول ۱۵ یا ۲۰ متر حداقل طول در بهینه سازی ابعاد برای تعمیم به سطوح بزرگ می باشند. *Asadzadeh et al.* (2012) نیز نشان دادند که کرت‌های با طول ۱۰ تا ۱۵ متر قابلیت تخمین عملکرد کرت‌های بزرگ تر را داشتند. با توجه به نتایج به دست آمده که در یک اقلیم مرطوب انجام شده است و مقایسه آن با کار دیگر محققان، می توان کرت‌ها را از نظر تولید رواناب به دو گروه کرت‌های زیر ۱۰ متر با شدت رواناب بیش تر و کرت‌های بالای ۱۰ متر با میزان رواناب کم تر گروه بندی کرد.

به منظور یافتن پارامترهای مناسب برای مقیاس بندی، رابطه بین کرت‌های رواناب با کرت ۶۰ متری به عنوان معرف دامنه مورد نظر بررسی شد (جدول (۶)). در این جدول رابطه رگرسیونی، پارامترهای معادله (۱) و میزان خطای استاندارد برای کرت‌ها ارائه شده است. همان طور که مشخص است، خطای بیش تر کرت‌های ۳ و ۶ متری، نشان می دهد همبستگی خاصی بین این کرت‌ها و دامنه وجود ندارد. با توجه به جدول، پارامتر مقیاس بندی با مقدار ۸/۷۵۸ و پارامتر توان مساحت با مقدار ۰/۲۳۷، حداقل مقدار مناسب برای یافتن معادله به منظور مقیاس بندی می باشند. همچنین رابطه میزان رواناب در واحد سطح برای کرت ۱۰ متر با کل دامنه در شکل (۶) نشان داده شده است. بر اساس نتایج، کرت با طول ۱۰ متر حداقل طول مناسب برای تخمین کرت‌های بزرگ تر است. به بیان دیگر کرت ۱۰ متر حداقل طول برای مقیاس بندی است و هر چقدر کرت بزرگ تر شود، میزان همبستگی با کل دامنه (کرت ۶۰ متر) بیش تر می شود و کرت‌های ۲۲/۱ و ۳۰ متر هم این همبستگی را به خوبی نشان دادند.

مقیاس بندی

هدف از مقیاس بندی ارائه یک مدل برای کمی کردن اثر وابستگی مقیاسی رواناب است. در شکل (۷) رابطه بین میانگین

بیش برآوردی است. در کل شیب خط حدود ۱/۶ است که به طور معنی‌داری متفاوت از خط ۱:۱ است. با کنار گذاشتن داده‌های مربوط به کرت ۶۰ متری (شکل ۸ ب))، مشاهده می‌شود که تطابق بسیار خوبی بین مقادیر مشاهده‌ای و برآوردی وجود دارد. شیب خط برازش شده به ۱ و عرض از مبدا آن به صفر بسیار نزدیک است. مقدار ضریب تبیین نیز حدود ۰/۸۱ است. بر این اساس مدل مورد بررسی برای کرت‌های کوچک‌تر از ۶۰ متری دارای کارایی مناسب و برای کرت ۶۰ متری فاقد کارایی است. نکته قابل ذکر این است که حداکثر طول کرت مورد ارزیابی توسط Sheridan et al. (2014) که معادله (۲) را ارائه داده‌اند، ۴۰ متر بوده است.

ضریب رواناب به عنوان تابعی از طول شیب و برازش معادله (۲) برای داده‌های مربوط به واسنجی آمده است. برازش مدل با روش بهینه‌سازی و با کمینه‌کردن RMSE انجام شد. به این ترتیب، مقادیر بهینه متوسط ضریب رواناب نقطه‌ای (β) و میانگین طول مسیر جریان (μ) به ترتیب برابر ۰/۹۶ و ۸/۱۱ متر تعیین شد. برای ارزیابی مدل، مقایسه‌ای بین مقادیر حجم رواناب پیش‌بینی شده از مدل و مقادیر واقعی اندازه‌گیری شده در مزرعه برای پنج رخداد و شش کرت انجام شد (شکل ۸ الف)). نتایج نشان می‌دهد که هرچند در مقادیر کم حجم رواناب که مربوط به کرت‌های کوچک‌تر هستند، تطابق خوبی بین برآورد مدل با مقادیر مشاهده‌ای وجود دارد، در مقادیر زیاد حجم رواناب که مربوط به کرت ۶۰ متری است، مدل دارای

جدول ۵- نتایج آزمون مقایسه میانگین توکی داده‌های رواناب در واحد سطح برای رخدادهای مختلف باران*

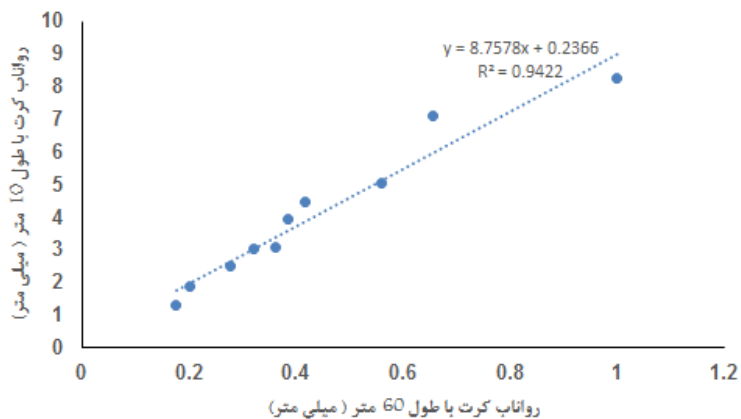
کرت (I)	کرت (J)	تفاوت میانگین (I-J)	سطح معنی‌داری	کرت (I)	کرت (J)	تفاوت میانگین (I-J)	سطح معنی‌داری
۳×۱	۶×۱	۰/۱۵	۱/۰۰	۲۲/۱×۱/۸۳	۳×۱	۳/۸۷*	۰/۰۰۰
۱۰×۱/۲	۱۰×۱/۲	۱/۵۶	۰/۴۸	۶×۱	۶×۱	۳/۷۱*	۰/۰۰۱
۲۲/۱×۱/۸۳	۲۲/۱×۱/۸۳	۳/۸۷*	۰/۰۰	۱۰×۱/۲	۱۰×۱/۲	۲/۳۰	۰/۱۰۷
۳۰×۲/۴	۳۰×۲/۴	۴/۶۷*	۰/۰۰	۳۰×۲/۴	۳۰×۲/۴	۰/۸۰	۰/۹۴
۶۰×۶	۶۰×۶	۵/۶۴*	۰/۰۰	۶۰×۶	۶۰×۶	۱/۷۷	۰/۳۴
۳×۱	۶×۱	-۰/۱۵	۱/۰۰	۳×۱	۳×۱	-۴/۶۷*	۰/۰۰
۱۰×۱/۲	۱۰×۱/۲	۱/۴۰	۰/۶۸	۶×۱	۶×۱	-۴/۵۱*	۰/۰۰
۲۲/۱×۱/۸۳	۲۲/۱×۱/۸۳	۳/۷۱*	۰/۰۰۱	۱۰×۱/۲	۱۰×۱/۲	-۳/۱۰*	۰/۰۰۹
۳۰×۲/۴	۳۰×۲/۴	۴/۵۱*	۰/۰۰	۲۲/۱×۱/۸۳	۲۲/۱×۱/۸۳	-۰/۸۰	۰/۹۴
۶۰×۶	۶۰×۶	۵/۴۸*	۰/۰۰	۶۰×۶	۶۰×۶	۰/۹۶	۰/۸۸
۱۰×۱/۲	۳×۱	-۱/۵۶	۰/۴۸	۶۰×۶	۳×۱	-۵/۶۴*	۰/۰۰
۶×۱	۶×۱	-۱/۴۰	۰/۶۰	۶×۱	۶×۱	-۴/۴۸*	۰/۰۰
۲۲/۱×۱/۸۳	۲۲/۱×۱/۸۳	۲/۳۰	۰/۱۰	۱۰×۱/۲	۱۰×۱/۲	-۴/۰۷*	۰/۰۰۲
۳۰×۲/۴	۳۰×۲/۴	۲/۱۰*	۰/۰۰۹	۲۲/۱×۱/۸۳	۲۲/۱×۱/۸۳	-۱/۷۷	۰/۵۱
۶۰×۶	۶۰×۶	۳/۰۷*	۰/۰۰۰	۳۰×۲/۴	۳۰×۲/۴	-۰/۹۶	۰/۹۳

*مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح ۵٪

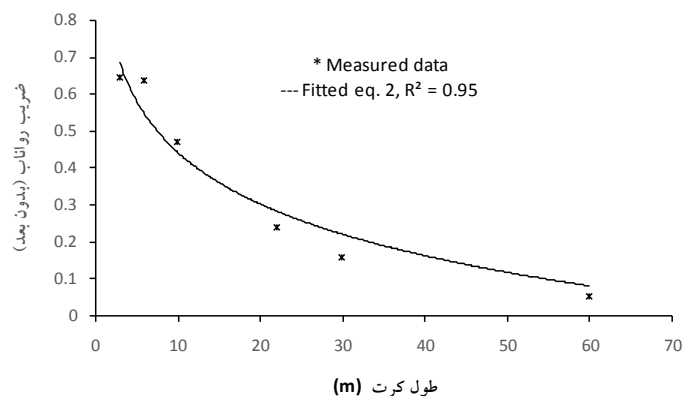
جدول ۶- رابطه رگرسیونی بین کرت‌ها و دامنه مورد نظر (کرت ۶۰ متری)

ابعاد کرت (m)	رابطه رگرسیونی	ضریب تعیین	خطای استاندارد	ضریب همبستگی
۳×۱	$y = 11.773x^{0.417}$	۰/۹۵۱	۰/۷۰۰	۰/۹۶
۶×۱	$y = 11.108x^{0.535}$	۰/۹۲۷	۰/۸۲۰	۰/۹۶
۱۰×۱/۲	$y = 8/758x^{0.237}$	۰/۹۴۲	۰/۵۶۹	۰/۹۷
۲۲/۱×۱/۸۳	$y = 5/406x^{-0.360}$	۰/۹۸۹	۰/۱۴۹	۰/۹۹
۳۰×۲/۴	$y = 3/033x^{-0.030}$	۰/۹۹۹	۰/۰۱۶	۰/۹۹

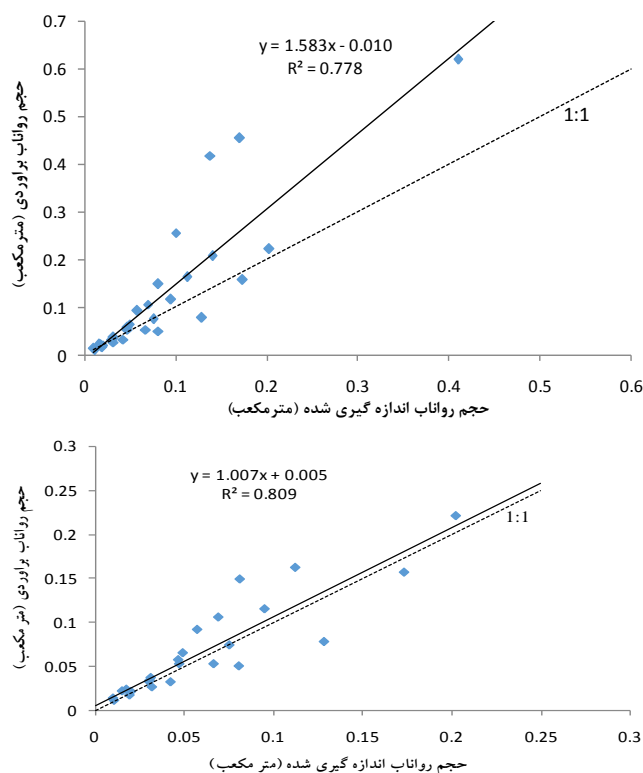
طول کرت x و رواناب y



شکل ۶- مقایسه میانگین مقدار رواناب کرت‌های (۱۰*۲/۱) متر با (۶۰*۶) متر



شکل ۷- رابطه بین متوسط ضریب رواناب (دسته داده‌های واسنجی) با طول کرت و برازش معادله ۲



شکل ۸- مقایسه حجم رواناب مشاهده‌ای (دسته داده‌های ارزیابی) و برآوردی برای (الف) همه کرت‌ها و (ب) کرت‌های کوچک‌تر از ۶۰ متر

نتیجه‌گیری

کرت برای مقیاس‌بندی استفاده کرد. سطح معنی‌داری در این رابطه برابر ۰/۱۱۲ به‌دست آمد ($P > 0/05$) که نشان از عدم وجود اختلاف بین مساحت و طول کرت داشت. آنالیز آماری نشان داد که بین واریانس کرت‌ها با ابعاد مختلف تفاوت وجود دارد و نتایج مقایسه میانگین نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین کرت‌های با طول کم‌تر از ۱۰ متر و کرت‌های بزرگ‌تر بود ($P > 0/05$). در عین حال، کرت‌های با طول بیش‌تر از ۱۰ متر اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. به منظور یافتن پارامترهای مناسب برای مقیاس‌بندی، رابطه بین کرت‌های رواناب با دامنه مورد نظر (کرت ۶۰ متری) بررسی شد. نتایج نشان داد که پارامتر مقیاس‌بندی با مقدار ۸/۷۵۸ و پارامتر توان مساحت با مقدار ۰/۲۳۷، حداقل مقدار مناسب برای یافتن معادله به منظور مقیاس‌بندی می‌باشند. بنابراین با توجه به یافته‌های این تحقیق در مناطق مشابه سراوان رشت، می‌توان از کرت‌های ۱۰ متری به عنوان حداقل طول مناسب برای مقیاس‌بندی و تخمین رواناب کرت‌های بزرگ‌تر استفاده نمود. از سوی دیگر ارزیابی یک مدل دو پارامتری برای مدلسازی اثر مقیاس، نشان داد که این مدل دارای کارایی قابل قبولی در کرت‌های کوچک‌تر از ۳۰ متر است.

این تحقیق با هدف بررسی اثر مقیاس بر تولید رواناب در یک منطقه مرطوب انجام شد. برای این منظور، کرت‌ها با ابعاد مختلف (با طول ۱ تا ۶۰ متر) روی دامنه‌ای واقع در پارک جنگلی سراوان رشت که به علت نصب دکل‌های برق فشار قوی جنگل‌تراشی شده بود، احداث شدند. در این تحقیق، میزان رواناب در رخدادهای طبیعی باران از دی‌ماه سال ۱۳۹۴ تا آبان‌ماه ۱۳۹۵ جمع‌آوری و سپس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج دلالت بر افزایش حجم کل رواناب و کاهش رواناب واحد سطح به صورت غیرخطی همراه با افزایش طول کرت در تمامی رخدادهای داشت. نفوذ بیش‌تر و چالاب‌ها می‌توانند از دلایل کاهش ضریب رواناب در کرت‌های با طول بیش‌تر باشند. نتایج دلالت بر تغییرات زیاد رواناب در کرت‌های مختلف داشت که بخشی از این تغییرات به دلیل ضریب تغییرات تقریباً زیاد بارندگی‌های مختلف بود. از بین روابط رگرسیونی برای کرت‌ها، روابط توانی با ضریب همبستگی بالایی بهترین پیش‌بینی را در ارتباط با تغییرات رواناب در مقابل تغییرات ابعاد کرت‌ها نشان دادند. بررسی اثر عرض کرت بر عملکرد کرت‌ها از نظر تولید رواناب نشان داد که عرض کرت اثر ناچیزی بر رواناب کرت‌ها دارد و می‌توان از طول

REFERENCES

- Asadzadeh, F., Gorgi, M., Vaezi, A., Sokouti, R. and Shorafa, M. (2012). Scale effect on runoff from filed plots under natural rainfall. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*. 12(9), 1148-1152.
- Bagarello, V. and Ferro, V. (2010). Analysis of soil loss data from plots of differing length for the Sparacia experimental area, Sicily, Italy. *Biosystems Engineering*. 105(3), 411-422.
- Bloschl, G. and Sivapalan, M. (1995). Scale issues in hydrological modeling: A review. *Hydrological Processes*, 9(3-4), 251-290.
- Boix-Fayos, C., Mena, M., Rosalén, E., Cases, A. and Castillo, V. (2006). Measuring soil erosion by field plots: Understanding the sources of variation. *Earth Science Reviews*. 78(3-4), 267-285.
- Cammeraat, L. H. (2002). A review of two strongly contrasting geomorphological systems within the context of scale. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27(11), 1201-1222.
- Carter, M.R. and Gregorich. (2006) *Soil Sampling and Methods of Analysis* (2 th ed.). Canadian Society of Soil Science.
- Dunjo, G., Pardini, G. and Gispert, M. (2004). The role of land use-land cover on runoff generation and sediment yield at a micro-plot scale, in a small Mediterranean catchment. *Journal of Arid Environments*, 57(2), 239-256.
- Guadagnini, A., Martinez, F. S. J. and Pachepsky, Y. A. (2013). Scaling in soil and complex porous media. *Vadose Zone*, 15(6), 1539-1663.
- Joel, A., Messing, I., Seguel, O. and Casanova, M. (2002). Measurement of surface water runoff from plots of two different sizes. *Hydrological Processes*, 16(7), 1467-1478.
- Klute, A. (1986). *Methods of Soil Analysis*. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Soil Science Society of America, Wisconsin, USA.
- Le Bissonnais, Y., Benkhadra, H., Chaplot, V., Fox, D., King, D. and Daroussin, J. (1998). Crusting, runoff and sheet erosion on silty loamy soils at various scales and up scaling from m2 to small catchments. *Soil Tillage Research*. 46(1), 69-80.
- Marceau, D. J. and Hay, G. J. (1999). The scale issue in social and natural sciences. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 25(4), 347-356.
- Martin, M. A., Reyes, M. and Taguas, F. J. (2013). On the generative equations of fractal self-similarity in granular media and the related PSD models. *Vadose Zone*, 12(3), 1539-1663.
- Meteorological organization of Iran. (2009). *Climate data of synoptic station*, Retrieved December 3, 2014, from <http://www.irimo.ir/farsi/amar/map/province/gilan.asp>. (In Farsi).
- Parsons, A. J., Brazier, R. E., Wainwright, J. and Powell, D. M. (2006). Scale relationships in hillslope runoff and erosion. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31(11), 1384-1393.
- Sadeghi, S. H. R., Bashari, M. and Rangavar, A. S.

- (2013). Plot sizes dependency of runoff and sediment yield estimates from a small watershed. *Catena*, 102, 55-61.
- Sharghi, S. (2014). Measurement and comparison of water erosion in the cleared and forest lands in Saravan region, Rasht. MSc. dissertation, University of Guilan, Rasht.
- Sheridan, G. J., Noske, P. J., Lane, P. N. J., Jones, O. D., and Sherwin, C. B. (2014). A simple two-parameter model for scaling hillslope surface runoff. *Earth Surface Processes and Landforms*, 39, 1049-1061.
- Smets, T., Poesen, J. and Bochet, E. (2008). Impact of plot length on the effectiveness of different soil-surface covers in reducing runoff and soil loss by water. *Progress in Physical Geography*, 32(6), 654-677.
- Sparks, D. (1996) *Methods of Soil Analysis. Part u. Chemical Methods*. SSSA Book Series No. 5. Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Soil and Water Research Institute. (1998). *moisture regimes Map of Iran soils. Agricultural Research Service, Ministry of Agriculture Jihad*, Retrieved December 3, 2014, from <http://www.swir.ir/>. (In Farsi).
- Tarquis, A. M., de Lima, J., Krajewski, W., Cheng, Q. and Gaonac'h, H. (2011). Nonlinear and Scaling Processes in Hydrology and Soil Science. *Nonlinear. Processes Geophysics*, 18(6), 899-902.