

ناپارامتری و روش‌های هوشمند، برای یافتن الگوی بهینه جهت تعمیم داده‌های نقطه‌ای فرسایش به سطح دامنه و مقیاس‌های بزرگ‌تر، گزینه‌هایی است که کمتر مورد توجه و ارزیابی قرار گرفته‌اند.

واژه‌های کلیدی: کرت‌های فرسایش، تولید رواناب، بزرگ مقیاس‌نمائی، مدل‌سازی چند مقیاسی

مقدمه

به منظور کنترل شرایط حاکم بر مطالعات فرسایش خاک، محدودهای مشخص از سطح یک دامنه یا حوزه آبخیز، از سایر قسمت‌های آن محصور و کرت فرسایشی نامیده می‌شود. علاوه بر این کرت‌های فرسایشی در شرایط آزمایشگاهی نیز استفاده می‌شوند. محققین مختلف برای بررسی پدیده فرسایش، از کرت‌های آزمایشی فرسایش خاک با اندازه‌های بسیار متنوعی از چند صد سانتیمتر مربع تا چندین هکتار، با توجه به هدف آزمایش، ماهیت و نوع تیمارهای مورد نظر برای هر پژوهش و گاهی بدون هیچ دلیل خاصی، استفاده نموده‌اند. در کشور ما نیز این تنوع ابعاد کرت در منابع مختلف مشهود است. جباری و عارفی [۴] از کرت‌های با ابعاد ۰/۵ در ۵ متر برای مطالعه فرسایش رگبار در حوزه کبوتر لانه فرسایش استفاده کرد. گل‌کاریان و همکاران [۵] از داده‌های کرت‌های فرسایش با ابعاد ۲۲/۱×۱/۸ متر جهت ارزیابی کارایی مدل فیزیکی فرسایش و هیدرولوژی مرتع استفاده نمودند. صادقی و همکاران [۶] از کرت‌های آزمایشی با طول‌های ۲، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ متر و عرض ثابت ۲ متر در شیب‌های مختلف استفاده کردند.

درک ما از قابلیت پیش‌بینی فرسایش و رسوب در مقیاس‌های بزرگ، به دلیل منابع عدم اطمینان ناشی از فرآیندهای پیچیده و وابسته به مقیاس و نیز منابع ایجاد خطا ناشی از تعمیم داده از مقیاس کرت به مقیاس آبخیز، ضعیف می‌باشد. از سوی دیگر، تخمین و تعیین فرسایش در ابعاد و مقیاس‌های بزرگ‌تر برای اولویت‌بندی و برنامه‌ریزی حفاظتی ضروری است [۳۱]. داده‌های حاصل از بیشتر کرت‌های فرسایش بویژه کرت‌های کوچک، نمی‌توانند دربردارنده فرسایش‌های شدید و متراکم نظیر فرسایش شیاری و خندقی و یا حتی نهشت رسوب باشند. با این حال نقش اساسی در توسعه مدل‌های مختلف فرسایش داشته‌اند. شناخت منابع اصلی تغییرپذیری داده‌های کرت فرسایش و نیز امکان‌سنجی تعمیم این داده‌ها به مقیاس‌های

بررسی عوامل مؤثر بر تغییرپذیری داده‌های کرت‌های فرسایش و امکان‌سنجی تعمیم به سطح دامنه

یحیی پرویزی^۱ و محمود عرب خدری^۲

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۲

چکیده

عوامل اصلی تغییرپذیری داده‌های فرسایش خاک را می‌توان به دو دسته عوامل فیزیکی و مدیریتی دسته‌بندی نمود. عمده عوامل فیزیکی شامل هندسه سطح (طول دامنه، شکل دامنه، میزان شیب و فاصله از زهکش)، ویژگی‌های سطح (مشخصات خاک، زبری و پوشش سطح و ...)، عوامل محیطی (شرایط اقلیمی، عمق سطح‌ایستابی، رطوبت خاک و رژیم بارش) و عوامل مدیریتی (مدیریت پوشش و کاربری) هستند. برخی تفاوت‌های ماهوی فرآیندهای منجر به فرسایش در سطح کرت نسبت به سطح دامنه ناشی از ابعاد محدود کرت و نوع مدیریت بهره‌برداری از آن، تعمیم‌پذیری نتایج حاصل از داده‌های کرت به دامنه را با تردید مواجه می‌نماید. با این حال اندازه‌گیری‌های فرسایش در سطح کرت به دلیل سهولت و امکان پایش فرسایش در بلندمدت و نیز امکان روندیابی پویای فرسایش و توسعه مدل‌های فرسایش، حائز اهمیت بسیاری است. بعلاوه، طیف گسترده‌ای از مدل‌های شبیه‌سازی فرسایش اعم از تجربی و فرآیندی بر مبنای داده‌های کرتی و آزمایشگاهی توسعه یافته‌اند. لذا روش‌شناسی و چالش‌های برآوردهای فرسایش دامنه به کمک داده‌های کرت‌های فرسایش، در این مقاله مورد کنکاش قرار گرفته است. بررسی منابع و سوابق پژوهشی در جهان نشان‌دهنده آن است که این تلاش‌ها در سه دسته کلی فنون پارامتری تحلیل چندمتغیره، فنون تعمیم مقیاسی یا بزرگ مقیاس‌نمائی و مدل‌سازی چندمقیاسی قابل تقسیم‌بندی است. دسته اخیر (مدل‌سازی چندمقیاسی)، نسبتاً جوان و در حال توسعه است. لذا از تنوع کمتری نسبت به روش‌های آماری و فنون بزرگ مقیاس‌نمائی برخوردار است. هم‌چنین استفاده از روش‌های تشخیص الگو بر مبنای فنون داده‌کاوی نظیر تحلیل‌های غیرخطی

۱- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه

۲- استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

* نویسنده مسئول: yparvizi1360@gmail.com

بزرگتر، از چالش‌های جدی فراروی پژوهش‌گران و از ضرورت‌های کلیدی پژوهش در این زمینه است. دستاوردهای علمی در این زمینه، در این نقطه قرار دارد که جهت تعمیم و استفاده داده‌های کرت به مقیاس دامنه و آبخیز، فنون مفید و راهگشائی برای تعدیل اثرات مقیاسی در ایجاد عدم اطمینان و نیز لحاظ نمودن برخی فرآیندها که در مقیاس بزرگتر فرصت بروز و اثرگذاری پیدا می‌کنند، وجود دارد. در این مقاله، ضمن بررسی منابع تغییرپذیری داده‌های فرسایش و رواناب حاصل از کرت‌های فرسایش، به بررسی برخی روش‌های علمی جهت تعمیم داده‌های کرت به مقیاس‌های بزرگتر و به‌ویژه دامنه، می‌پردازیم.

عوامل مؤثر بر اندازه‌گیری فرسایش در کرت‌ها

هندسه کرت

میزان فرسایش یک دامنه از مشخصات هندسی زمین به ویژه طول و فرم آن تأثیر می‌پذیرد. به این جهت اندازه کرت وابسته به هدف تحقیق و نوع فرآیند مورد مطالعه تعیین می‌شود. مثلاً ویشمایر^۱ و اسمیت^۲ [۵۹] برای ملحوظ کردن فرسایش شیاری، طول ۲۲/۱۳ متر را برای کرت‌های استاندارد در نظر گرفتند. به عبارت دیگر، وابسته بودن فرآیند فرسایش به مقیاس، دلیل اهمیت طول دامنه است. به علاوه اثراندازه دامنه و هم‌چنین کرت در فرسایش بسته به کاربری و ترکیب پوشش نیز متفاوت است [۹]. مشخصات هندسی شیب در کرت و نیز دامنه، در نتایج اندازه‌گیری فرسایش در کرت مؤثر است. یکی از این مولفه‌های هندسه کرت و دامنه، شکل آن‌ها است. مطالعه‌ای توسط سنسوی^۳ و همکاران [۳۴] با هدف تعیین اثرات شکل شیب در مقیاس کرت‌های آزمایشی در تولید رواناب و فرسایش خاک انجام شد. کرت‌های آزمایشی به ابعاد ۱/۸۷ در ۵/۵ متر و در سه شکل شیب یکنواخت، مقعر و محدب و در شیب ۳۰ درصد تحت شرایط باران طبیعی نصب شدند. نتایج نشان‌دهنده بیشتر بودن مقادیر فرسایش و رواناب در کرت‌های یکنواخت نسبت به کرت‌های مقعر و محدب بود. نتایج هم‌چنین نشان داد که کمترین مقادیر رواناب و فرسایش نیز در شیب‌های مقعر به‌وقوع پیوست. هم‌چنین رومکنز^۴ و همکاران [۴۰] نتایج مشابهی را در این زمینه به دست آوردند. در تحقیق دیگری، هانکوک^۵ و همکاران [۲۷] نشان دادند که دامنه‌های مقعر تلفات خاک را نسبت به دامنه‌های یکنواخت حدود ۵ برابر کاهش می‌دهند.

صادقی و همکاران [۶] نقش جهت و طول دامنه را در دقت اندازه‌گیری فرسایش خاک کرت‌های فرسایش مورد بررسی قرار دادند. برای این کار داده‌های ۱۲ کرت آزمایشی با طول‌های ۲، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ متر و در دو دامنه شمالی و جنوبی و شیب متوسط

حدود ۳۰ درصد مورد بررسی قرار گرفت. بررسی نتایج حاصل دلالت بر ارتباط منفی غیرخطی و معنی‌دار تغییرپذیری رسوب در واحد سطح کرت‌های مستقر در دامنه جنوبی با طول شیب داشت. نتایج به دست آمده از کرت‌های مستقر در دامنه جنوبی با نتایج خروجی اصلی حوزه آبخیز تفاوت معنی‌داری داشت. حال آنکه اختلاف مقادیر حاصل از کرت‌های مستقر در دامنه شمالی با خروجی حوزه معنی‌دار نبود. حساسیت کرت‌های مستقر در دامنه جنوبی به طول آنها بسیار زیاد بود. لذا ضرورت استفاده از کرت‌های بزرگ برای دستیابی به تخمین‌های قابل اعتماد برای حوزه آبخیز مربوطه ضروری است. اما استفاده از هر ابعاد یا اندازه کرت در دامنه شمالی تفاوت معنی‌داری را به وجود نیاورد.

نتایج تحقیقات مختلف در مورد اثر طول شیب در فرسایش و رواناب بسته به شرایط مطالعه متفاوت و در برخی موارد نیز با یکدیگر متناقض است. کردا^۶ و همکاران [۱۷]، برای مطالعه اثر اندازه کرت از کرت‌های ۱×۱ تا ۳×۱۶ متر در نرخ فرسایش و رواناب، داده‌های ۱۳ سری کرت را با اندازه‌های متفاوت و کاربری‌های مختلف مقایسه نمودند. نتایج نشان داد رواناب ایجاد شده با افزایش اندازه کرت کاهش یافت. اما رابطه معنی‌داری بین غلظت رسوب و اندازه کرت یافت نشد. لیکن نرخ فرسایش در کرت‌های کوچک بیشتر بود. توماز^۷ و وستنا^۸ [۵۰] اثر دو طول مختلف کرت یک و ۱۰ متر را در اندازه‌گیری فرسایش در شرایط یکسان بررسی کردند. اندازه‌گیری‌ها نشان داد که کرت‌های کوچک رواناب بیشتری، به ویژه در رگبارهای شدید و یا با مدت زمان بیشتر، داشتند (شکل ۱). اما فرسایش خاک در واحد سطح در دو اندازه مختلف کرت تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. این محققین دریافتند که با افزایش طول کرت، تلفات خاک در قسمت‌های فوقانی کرت، به دلیل جایگزین نشدن توسط رسوب ورودی، بیشتر می‌باشد. با این همه، تشکیل شیار در قسمت‌های میانی کرت منبع اصلی تولید رسوب در کرت‌های بزرگ است.

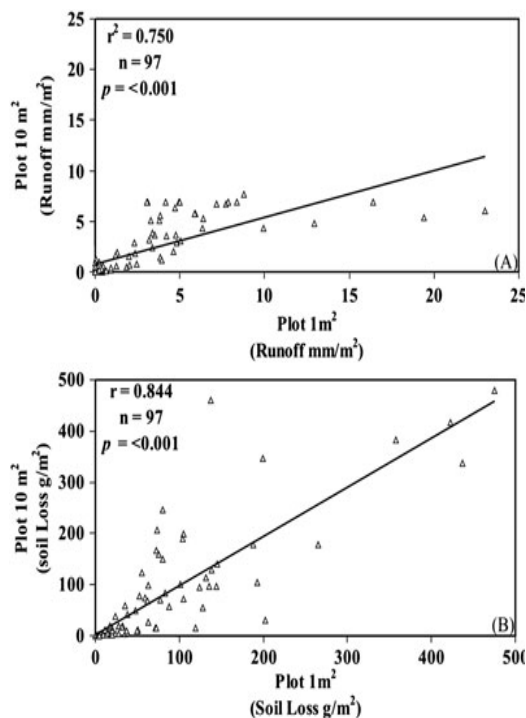
اسدزاده و همکاران [۱] به بررسی اثرات ابعاد کرت بر میزان فرسایش و رواناب تولیدی پرداختند. ابعاد کرت‌های مورد مطالعه با طول ۲، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۲/۱، ۲۵ و ۳۰ متر و عرض ۱، ۱/۲، ۱/۶، ۱/۸۳ و ۲ و ۲/۴ متر بود. آنها بیان کردند که رواناب و رسوب تولید شده در واحد سطح با افزایش مساحت و یا طول کرت به صورت توانی کاهش می‌یابد. کینل^۹ [۳۰] معتقد است، در راستای تعیین اثر طول شیب، کرت‌های کوچک معرفی از قسمت‌های فوقانی دامنه هستند. با این همه بدیهی است که جهت بررسی اثر طول شیب در فرآیند فرسایش باید متغیرهایی نظیر اقلیم و ویژگی‌های خاک را نیز لحاظ نمود. در این راستا نتایج حاصل از مطالعات در اقلیم مدیترانه‌ای بعضاً در تضاد با نتایج مطالعات در مناطق حاره و زیرحاره می‌باشند [۵۰] و

6- Cerda
7- Thomaz
8- Vestena
9- Kinnell

1- Wischmeier
2- Smith
3- Sensoy
4- Römken
5- Hancock

۵۵]. مناطق حاره و زیرحاره دارای بارندگی ۵ برابر و فرسایش ۲ تا ۳ برابر مناطق مدیترانه‌ای هستند. بعلاوه از اثرات برهمکنش کاربری و مدیریت و طول دامنه نیز نباید غافل بود.

در خصوص بررسی اثر درجه شیب در رواناب جمع‌آوری شده، مطالعه‌ای توسط پرویزی و یوسفی [۳] در سه کرت مرتعی با ابعاد ۳ در ۱۰ متر که در شیب‌های ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درصد نصب گردید بود، انجام گردید. داده‌های رواناب تجمعی در هر یک از کرت‌ها نشان داد، با افزایش شیب از ۲۵ به ۴۵ درصد میزان رواناب حدوداً ۳۰ درصد افزایش یافت. اما تفاوت میزان رواناب تولیدی در دو شیب ۲۵ و ۳۵ درصد معنی‌دار نبود. در پژوهش دیگری پرویزی [۲] اثر درجه شیب را در تولید رواناب و فرسایش خاک در کاربری زراعت دیم به کمک کرت‌های ۳ در ۱۰ متر مربعی در شیب‌های ۶، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ درصد و در جهت‌های شمالی و شرقی بررسی نمود. نتایج نشان داد با توجه به اعمال مدیریت‌های مختلف و نیز لحاظ نمودن عامل زمان، پیچیدگی بیشتری بر فرآیند فرسایش در شیب‌های مختلف حاکم بود. اما با افزایش شیب، رواناب و فرسایش زیاد شد.



شکل ۱- مقایسه روند تولید رواناب (بالا) و فرسایش خاک (پائین) در دو کرت یک و ۱۰ مترمربعی [۵۰]

مدیریت کاربری

مدیریت خاک و مدیریت کاربری از منظر فرسایش خاک، با تغییر در ویژگی‌های زبری سطح در تعدیل انرژی جنبشی باران و تغییر پارامترهای هیدرولیک جریان سطحی، به نحو بسیار بارزی در تشدید یا تعدیل پدیده فرسایش در همه سطوح، به‌ویژه سطح

کرت‌های فرسایش خاک، مؤثر می‌باشد. وانمیرک^۱ و همکاران [۵۶] به مقایسه داده‌های حاصل از ۷۷۷ کرت فرسایش در شیب‌های ۲ تا ۷۳ درصد با مقادیر برآوردی از آنها و همچنین با داده‌های رسوب‌دهی حاصل از دبی رسوب ۱۷۴۹ حوزه کوچک، که کرت‌ها در آنها پراکنده بودند، پرداختند. میزان فرسایش اندازه‌گیری شده در این کرت‌ها حدود ۵ برابر مقادیر فرسایش برآورد شده در این کرت‌ها بود. این محققین عامل اصلی این اریبی برآورد شدید را نادیده گرفتن نقش مدیریت کاربری در فرآیند شبیه‌سازی در کرت‌ها عنوان کردند. داده‌های رسوب در واحد سطح حاصل از رسوب‌سنجی آبخیزهای کوچک نیز بیش از مقادیر برآوردی کرت‌ها بود. این تفاوت در برخی مناطق بویژه مناطق با اقلیم مدیترانه تا ۱۰ برابر نیز می‌رسید.

پرویزی [۲] اثر درجه شیب، مدیریت کشت و کار و تناوب در تولید رواناب و فرسایش خاک برای کاربری دیم به کمک کرت‌های ۳ در ۱۰ متر مربعی بررسی کرد. کرت‌ها در شیب‌های ۶، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ درصد و در جهت‌های شمالی و شرقی نصب گردیدند. نتایج نشان داد با توجه به اعمال مدیریت‌های مختلف و نیز لحاظ نمودن عامل زمان، پیچیدگی بیشتری بر فرآیند فرسایش در شیب‌های مختلف حاکم بود. ولی به هر حال با افزایش شیب، رواناب و فرسایش زیاد شد. اما تغییرپذیری زمانی رواناب تابع مدیریت اعمال شده و نیز فصل رشد بود. از جمله نقاط ضعف تناوب‌های رایج خالی ماندن و لخت شدن خاک در فصولی از سال بویژه و آخر زمستان و اوائل بهار است. در شیب ۱۲ درصد با شخم خلاف شیب کمترین بارندگی با مقدار تجمعی ۵ میلی‌متر برای شروع رواناب لازم بود. به عبارتی حداکثر مقاومت پشته‌های ناشی از شخم در مقادیر تا ۵ میلی‌متر بارش می‌تواند باشد. صادقی و همکاران [۷] تحقیقی را در خصوص بررسی اثر پوشش سطح بر میزان رواناب و فرسایش کرت‌های آزمایشی انجام دادند. ایشان بیان نمودند که افزودن کاه و کلش به سطح، میزان رواناب ناشی از دو رگبار با شدت ۵۰ و ۹۰ میلی‌متر را به ترتیب ۹۰ و ۹۶ درصد کاهش می‌دهد و هدر رفت خاک را کاملاً متوقف می‌کند.

ویژگی‌های خاک و اقلیم

برخی محققین بیان می‌کنند که تولید رواناب در هر دو مقیاس کرت و دامنه در مناطق خشک و نیمه‌خشک بیشتر توسط ویژگی‌های سطح کنترل می‌شود تا ویژگی‌های باران [۱۷ و ۴۲]. زبری سطح سرعت جریان سطحی را کاهش داده، در حالی که ذخیره سطحی و ظرفیت نفوذ را افزایش می‌دهد [۲۹]. این در حالی است که تشکیل سله سطحی نفوذپذیری را کاهش و با افزایش جریان سطحی، سطح را مستعد ایجاد شیار می‌نماید [۴]. در کرت‌های بزرگ با سطح بزرگ یا در دامنه، تشکیل سله سطحی بیشتر شایع می‌باشد. در پی تشکیل سله سطحی اولین فرآیندهای وقوع هدرکت یا پله شیار بوقوع

می‌پیوندند. با افزایش طول کرت متوسط ارتفاع هدکت شیار نیز بیشتر می‌شود. به علاوه متوسط اندازه خاک‌دانه‌های انتقالی نیز با طول‌تر شدن طول کرت، افزایش می‌یابد. همچنین فراوانی ذرات درشت در رسوب انتقالی در کرت‌های بزرگ بیشتر از ذرات ریز نسبت به کرت‌های کوچک است. این در حالی است که اگر فرسایش پاشمانی توام با رواناب باشد، بطور مؤثری ذرات درشت‌تر را انتقال می‌دهد [۵۰].

واعظی و قره‌داغلی [۸] رابطه میزان گسترش فرسایش شیاری و مشخصه‌های شیار با مشخصه‌های شیب دامنه (تندی و طول شیب) و ویژگی‌های خاک در حوزة آبخیز زنجارود بررسی کردند. تمام مشخصه‌های شیار به جز طول آن همبستگی معینار با تندی شیب و ویژگی‌های خاک شامل توزیع اندازه ذرات، نسبت جذب سدیمی، پایداری خاکدانه و هدایت هیدرولیکی اشباع نشان دادند. عمق شیار بالاترین رابطه با تندی شیب و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک داشت. مورگان^۱ [۳۵] معتقد است که ذرات با اندازه ۰/۲۵ تا ۰/۶۳ میلی‌متر به اثرات برخورد قطرات باران و در نتیجه پاشمان شدیداً وابسته می‌باشند. همچنین در جریان‌ات سطحی ذرات با قطر ۰/۳ تا ۰/۱ میلی‌متر بیشترین استعداد تفکیک شدن را دارند. این جریان‌ات برای تفکیک ذرات با قطر بیش از یک میلی‌متر کفایت نمی‌کند.

تأثیر اقلیم نیز در واکنش کرت‌ها به تغییر ابعاد، توسط محققین مختلف بیان گردیده است. توماز و وستنا [۵۰] در مناطق حاره و زیرحاره نتیجه گرفتند که میزان رواناب تولیدی در بارندگی‌های بیش از ۳۰ میلی‌متر تجمعی در کرت‌های کوچک یک متر مربعی، حدود ۵۳ درصد بیشتر از کرت‌های با طول بیش از ۱۰ متر است. بدیهی است این نتایج به شدت متأثر از رطوبت اولیه خاک قبل از آغاز بارندگی خواهد بود. در مقابل باگارلو^۲ و فرو^۳ [۹] در مناطق نیمه‌خشک افزایش حدود سه برابری در میزان فرسایش با افزایش مساحت و طول کرت به دست آوردند. همچنین بویکس^۴ و همکاران [۱۰] دریافتند که فرسایش در واحد سطح از کرت‌های یک متر مربعی حدود ۵۶ درصد کرت‌های ۳۰ متر مربعی است. در پژوهش دیگری و اندیجک^۵ و برویجنزل^۶ [۵۳] نشان دادند که در مناطق مرطوب عوامل اصلی کنترل‌کننده رواناب و فرسایش در مقیاس دامنه، پوشش گیاهی و ظرفیت نفوذپذیری خاک است که این دو متغیر نیز تابع درجه شیب بودند. لذا بیان داشتند که خلاء اصلی علمی، کمبود داده و روش تحلیل در مرحله مدل‌سازی برای بزرگ مقیاس نمائی نتایج فرسایش از مقیاس دامنه کوچک به مقیاس آبخیز کوچک، چگونگی دخیل نمودن درجه شیب در این فرآیند است.

تأثیر اقدامات مدیریتی و نقش آنها در تغییرات فرسایش خاک در کرت‌های فرسایش توسط برخی محققین بررسی شده است. اثر

- 1- Morgan
- 2- Bagarello
- 3- Ferro
- 4- Boix
- 5- Van Dijk
- 6- Bruijnzeel

شخم حفاظتی توسط مابیت^۷ و همکاران [۳۲] به کمک کرت‌های فرسایش به ابعاد ۳ در ۱۵ متر در اتریش بررسی گردید. آنان دریافتند که اعمال مدیریت بدون شخم و شخم حفاظتی، میزان فرسایش را به ترتیب ۱۰ و ۷/۵ برابر نسبت به شخم سنتی کاهش داد. همچنین سیمونیکس^۸ و همکاران [۴۳] با بررسی داده‌های فرسایش حاصل از کرت‌های دامنه‌ای به ابعاد حدود ۱۵۰ متر مربع در خاک‌های مختلف و پوشش گیاهی متفاوت، نشان دادند که تأثیر نوع خاک در مقیاس دامنه در فرسایش خاک تعیین‌کننده است. به نحوی که بیشترین تولید رسوب مشاهده شده منطقه در میان کرت‌ها در کرت‌هایی با خاک سیلتی و تشکیلات بدلند وجود داشت.

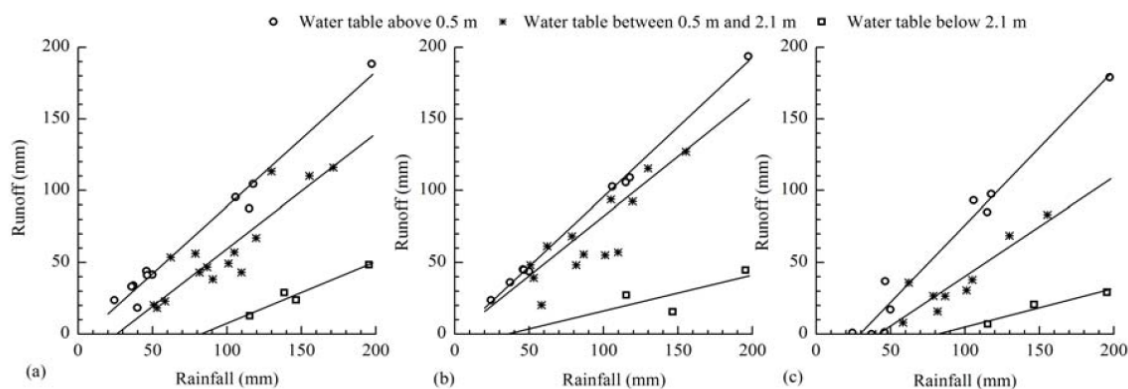
مقایسه داده‌های فرسایش در کرت و دامنه

در مناطق مختلف جهان میزان فرسایش و تولید رواناب در مقیاس‌های مختلف، از ابعاد کرت‌های کوچک گرفته تا آبخیزهای کوچک با ابعاد بیش از هزار هکتار اندازه‌گیری گردیده است. بررسی نتایج تحقیقاتی که در دو مقیاس کرت و دامنه با ابعاد کوچک تا بزرگ انجام یافته عمدتاً نمایانگر روند و فرآیندهای متفاوت در این دو مقیاس مطالعاتی است. برخی از این فرآیندها بعضاً در یک مقیاس منجر به افزایش یا کاهش رواناب و فرسایش در مقیاس دیگر می‌شوند. اگرچه فرآیندهای اصلی فرسایش در هر دو مقیاس دامنه و کرت، فرسایش شیاری و بین شیاری است. با این حال ویژگی‌های هندسه سطح متفاوت این دو مقیاس و نیز اثرات متفاوت هیدرولیک جریان سطحی در این دو مقیاس منجر به تفاوت در کمیت رواناب و فرسایش در مقیاس دامنه نسبت به مقیاس کرت خواهد شد. اما برخی محققین نیز در تحقیقات خود نتایج متفاوتی را از حیث فرسایش و نیز رواناب در این دو مقیاس مشاهده نکرده‌اند که در ادامه به برخی از آنها می‌پردازیم.

فرآیندهای اساسی فرسایش در مقیاس‌های آزمایشگاهی، کرت، دامنه و همچنین در مقیاس‌های آبخیزهای کوچک و بزرگ با موضوعاتی همچون تولید رسوب مطالعه گردیده است [۱۳]. مدل‌های فرسایش نیز مستقیماً از میان این مطالعات اعم از مدل‌های مبتنی بر پایگاه داده^۹ نظیر USLE [۵۹] و مدل‌های فرآیندی پیچیده نظیر EUROSEM [۳۵] و WEPP [۳۶] توسعه یافته‌اند. چرا که توسعه مدل‌ها به ما امکان داد تا بتوانیم فاکتورهای پایه‌ای که فرآیندهای فرسایش را در مقیاس کرت و مزرعه کنترل می‌کنند سازماندهی کنیم.

بررسی و مقایسه داده‌های اندازه‌گیری فرسایش در مقیاس‌های مختلف نشانگر تأثیرات متفاوت فاکتورهای توپوگرافی و مدیریتی در میزان فرسایش خاک در مقیاس‌های مختلف است. چیگور^{۱۰} و همکاران [۱۹] فرآیندهای فرسایش را در ۳ مقیاس کرت‌های یک

- 7- Mabit
- 8- Simonneaux
- 9- Data-Based Model
- 10- Cheggour



شکل ۲- نمودارهای روابط بارندگی- رواناب تولیدی در سه مقیاس کرت (c) دامنه (b) و آبخیز کوچک (a) [۲۶]

مجددا کاهش می‌یابد. آنها دریافتند که حداکثر میزان رسوب در کرت‌های با طول ۷ متر به‌وقوع می‌پیوندد. ایشان بیان داشتند که این روند متأثر از اثر متقابل دو عامل فاصله انتقال ذرات و هم‌چنین کاهش ضریب رواناب با افزایش طول کرت می‌باشد. لذا بیان داشتند که نمی‌توان به سادگی داده‌های حاصل از کرت را به مقیاس دامنه و حوزه تعمیم داد. بسیاری از تحقیقات به‌ویژه در مناطق مدیترانه‌ای نشان‌دهنده این است که مقادیر فرسایش و رسوب تولیدی در دامنه و حوزه‌های کوچک به مراتب بیش از مقادیر فرسایش اندازه‌گیری شده در کرت‌های فرسایش است. این امر ناشی از نقش دیگر اشکال فرسایش به‌ویژه فرسایش خندقی، زمین لغزش و فرسایش کنار رودخانه‌ای در تولید رسوب می‌باشد [۱۰، ۲۲ و ۵۵]. اسپرر و همکاران [۴۱] نتایج مدل CATFLOW-SED در برآورد فرسایش به کمک داده‌های واقعی در سه مقیاس کرت، دامنه و آبخیز ارزیابی کردند. نتایج آنان نشان داد که جهت ارتقاء صحت و دقت برآورد مدل در بخش دامنه باید آنالیز حساسیت فاکتورهای ورودی را انجام داد. برای این کار از تحلیل چندمتغیره آنالیز فاکتور استفاده نمودند. هم‌چنین هان و همکاران [۲۶] تولید رواناب را در سه مقیاس کرت بزرگ (۱۶۰۰ مترمربع)، مزرعه ۶ هکتاری و آبخیز کوچک ۱۳۶ هکتاری برای ۳۰ رگبار مقایسه کردند. آنان دریافتند رواناب در واحد سطح در دو مقیاس مزرعه و آبخیز به‌طور معنی‌داری در همه وقایع بارندگی بیش از مقیاس دامنه یا کرت بزرگ بود (شکل ۲) که دلیل آن را اضافه شدن جریان زیر قشری دانستند. هم‌چنین ایشان نشان دادند که ضریب رواناب در سه مقیاس به ترتیب در کرت کمترین و در مزرعه بیشترین بود و در مقیاس آبخیز ضریب رواناب بین این دو مقیاس قرار داشت. این در حالی است که نتایج تحقیقات کردان و همکاران [۱۷] و وان‌دگیسن^۶ و همکاران [۵۴] بیانگر رابطه معکوس ضریب رواناب با مساحت بود. آنان دلیل این امر را اثر جریان زیرقشری به‌ویژه در مقیاس مزرعه و کرت بزرگ دانستند. در حالی است که در مقیاس کرت‌های کوچک عنصر اصلی در وقوع

مترمربعی، دامنه‌های ۱۵۰ مترمربعی و رسوب خروجی حوزه آبخیز مقایسه نمودند. در مقیاس کرت‌های کوچک عامل اصلی تغییرپذیری فرسایش، نفوذپذیری سطحی و درصد خاک لخت بود. در مقیاس دامنه عامل اصلی تولید رسوب (۹۵ درصد سهم رسوب کل دامنه) مربوط به دامنه‌های با خاک سیلتی و اراضی فرسایش‌پذیر بود. هم‌چنین رسوب‌دهی حوزه با کمیت فرسایش در دو مقیاس کرت و دامنه همخوانی نداشت و حدود ۳۰ درصد بیشتر از ارقام دو مقیاس دیگر بود که می‌تواند مربوط به فرسایش در آبراه‌های اصلی و خندق‌ها باشد. مورگان و همکاران [۳۵] بیان کرد برای فرسایش خاک کرت‌هایی با طول حداقل ۱۰ متر ضروری است و این فاصله را برای آغازش رواناب و توسعه شیار کافی می‌داند. لذا در کرت‌های کوچکتر فرآیندهای قابل‌اندازه‌گیری نفوذ و پاشمان است و رواناب فرصت وقوع پیدا نمی‌کند. با این حال در کرت‌های با خاک‌های فرسوده یا کرت‌هایی که در دراز مدت داده برداشت نموده‌اند، ممکن است روند معکوس مشاهده شود. زیرا یک لایه مقاوم به فرسایش در سطح آنها تشکیل شده است. لذا رواناب تولیدی در این مقیاس در کرت‌های کوچک نسبت به کرت‌های بزرگ، به‌ویژه در وقایع بارندگی طولانی، افزایش یافته و رسوب کمتر می‌شود [۵۰]. کردان و همکاران [۱۸] مقادیر فرسایش را برای مقیاس‌های کرت‌های فرسایش، دامنه‌های تا حداکثر ۹۰ هکتاری و آبخیزهای کوچک تا ۱۱۰ هکتاری مقایسه نمودند. در هر سه بخش که شیب نسبتاً مشابهی داشتند کاهش معنی‌داری در ضریب رواناب با افزایش مساحت مشاهده شد. جول و همکاران [۲۹] کرت‌ها نیم متر مربعی را با کرت‌های ۵۰ متر مربعی مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که رواناب تولیدی کرت‌های بزرگ حدود ۴۰ درصد رواناب تولیدی کرت‌های کوچک است. پارسونز^۳ و همکاران [۳۷] نیز داده‌های ۸ کرت با طول ۲ تا ۲۷/۸ متر را در ۱۰ رگبار منجر به تولید رواناب و فرسایش مقایسه نمودند. نتایج نشان داد که با افزایش طول کرت میزان رسوب خروجی افزایش می‌یابد. ولی در طول‌های بلندتر

4- Scherer
5- Han
6- Van de Giesen

1- Cerdan
2- Joel
3- Parsons

رواناب صرفا جریان سطحی است.

گارسیا^۱ و همکاران [۲۴] و پنا^۲ و همکاران [۳۸] اظهار نمودند که عمق سطح ایستابی در شروع و تولید رواناب تولیدی نقش کلیدی دارند. زیرا این عمق هم در تعیین میزان رطوبت اولیه خاک و هم در تعیین میزان جریان زیرقشری مؤثر است.

تعمیم داده‌های کرت به دامنه

محققین زیادی تلاش نموده‌اند تا اندازه‌گیری‌های فرسایش در مقیاس کرتی را به شیوه‌های گوناگون در مقیاس‌های بزرگتر مانند مقیاس دامنه به کار برند [۱۷ و ۲۸]. برخی از محققین معتقدند که نتایج حاصل از کرت‌های کوچک فرسایش قابل تعمیم یا قابل مقایسه با داده‌های حاصل در مقیاس بزرگتر خواهد بود [۱۱]. اما برخی دیگر از محققین خلاف این نظر را دارند و معتقدند داده‌های حاصل با مقیاس‌های مختلف قابل مقایسه با یکدیگر نیستند [۹]. کامیرات^۳ و استروزیندر^۴ [۱۵] بیان کردند در کرت‌هایی با مقیاس کوچک (در مقیاس کرت‌های به ابعاد ۱ در ۱ متر) فرسایش ناشی از شدت بارندگی، ظرفیت نفوذ و ویژگی‌های فیزیکی خاک (فرآیندهای بین شیار) است. با افزایش طول شیب متغیرهایی نظیر هیدرولیک جریان سطحی، دینامیک رطوبت خاک و به طور کلی فرآیندهای شیار حاکم خواهند شد. این تفاوت‌ها تلفیق و تعمیم داده‌ها را برای مقیاس‌های مختلف دشوار می‌کند. باگارلو و فرو [۹] دریافتند که افزایش اندازه کرت یا دامنه ابتدا منجر به کاهش رواناب می‌شود. این در حالی است که با افزایش اندازه کرت روند متفاوتی حاکم می‌گردد (یعنی یک رابطه غیرخطی). لذا نمی‌توان به سهولت داده‌های یک مقیاس را به مقیاس بزرگتر تعمیم داد.

یایر^۵ و راز-یاسیف^۶ [۶۰] مشاهده کردند که در اثر تغییر مقیاس کرت از کرت کوچک ۱/۴ متر مربعی به کرت بزرگ ۳۲ مترمربعی کاهش شدیدی در ضریب رواناب مشاهده می‌گردد. نشان دادند که در مقیاس دامنه رواناب در واحد سطح کاهش می‌یابد و دلیل این فرآیند را از رابطه بین زمان تمرکز و طول دوره بارش توجیه نمودند. فاکتورهای متعدد و پیش‌بینی نشده‌ای در ایجاد عدم اطمینان در تعمیم داده از مقیاس کوچک به مقیاس بزرگتر مؤثر می‌باشند. داده‌های حاصل از کرت‌ها به دلیل مقیاس کوچک نمی‌توانند نشان‌دهنده فرسایش‌های شدید و متراکم نظیر فرسایش شیار و خندقی و یا حتی نهشت رسوب باشد. همچنین در تغییر مقیاس به مقیاس بزرگتر، بیشتر جزئیات زمانی مربوط به فرسایش از دست می‌رود. یعنی اگرچه در مقیاس‌های بزرگتر، جزئیات خوبی از وضعیت فرسایش و چشم‌انداز مکانی آن ارائه می‌گردد. اما این داده‌ها دوره زمانی را پوشش داده و یا فقط نرخ متوسط فرسایش را در بازه

- 1- Garcia
- 2- Penna
- 3- Cammeraat
- 4- Stroosnijder
- 5- Yair
- 6- Raz-Yassif

زمانی ارائه می‌دهند و مشخص نمی‌کنند وضعیت پویائی فرسایش چگونه بوده است و همچنین قادر به بیان وقایع حدی نیستند. علاوه بر این صحت پیش‌بینی‌های مربوط به پراکندگی مکانی فرسایش نیز به دلیل ضرورت‌های آماری تقلیل می‌یابد [۴۹ و ۵۷]. در تحقیقی، بروکس^۷ و بول^۸ [۱۴] جهت بزرگ مقیاس نمائی داده‌های هدایت هیدرولیکی خاک (به عنوان متغیر کلیدی در نفوذپذیری خاک که در فرآیند تولید رواناب و فرسایش خاک)، دریافتند که متوسط داده‌های نقطه‌ای با هدایت هیدرولیکی خاک در مقیاس دامنه همخوانی ندارد. چون داده‌های نقطه‌ای حدودا ۲ برابر کمتر از هدایت هیدرولیکی دامنه می‌باشند. این تفاوت به‌ویژه در خاک سطحی بیشتر بود. لذا نتیجه گرفتند که متوسط اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای با مقیاس کوچک نمی‌تواند معرفی از مقیاس دامنه باشد و دلیل این امر را مکانیزم‌های متفاوت دخیل در دو مقیاس دانستند.

جهت رفع موانع و چالش‌های گفته شده که منجر به عدم اطمینان در استفاده و تعمیم داده‌های فرسایش رواناب حاصل از کرت به مقیاس دامنه و بالاتر می‌گردد، برخی پژوهش‌ها در جهان انجام گردیده است. بررسی پژوهش‌های انجام شده و فنون استفاده شده توسط محققین نشان داد که این روش‌ها در دو محور بزرگ مقیاس نمائی و فنون مربوطه و نیز مدل‌سازی چند مقیاسی که جهت استفاده از داده‌های متنوع و چندمقیاسی جهت پیش‌بینی فرسایش در مقیاس‌های بالاتر توسعه یافته‌اند، قابل دسته‌بندی است. همچنین استفاده از فنون داده‌کاوی به‌ویژه استفاده از روش‌های ناپارامتری تشخیص الگو نظیر روش‌های هوش مصنوعی از دیگر پژوهش‌هایی است که در این زمینه پتانسیل بررسی و کار را دارند. در ادامه به شرح تعدادی از این روش‌ها می‌پردازیم.

بزرگ مقیاس نمائی^۹

رهیافت مهمی که می‌توان برای تعمیم داده‌های مقیاس کرت به دامنه به آن اتکا نمود و به کمک روش‌های استاندارد آن، منابع عدم اطمینان در این مسیر را کاهش داد، استفاده از فنون تعمیم مقیاس و به‌ویژه بزرگ مقیاس نمائی است. بزرگ مقیاس نمائی اشاره به فرآیندی دارد که طی آن برون‌یابی اطلاعات و داده از یک مقیاس کوچک به مقیاس بزرگتر با استفاده از فرآیند تجمیع اطلاعات انجام می‌پذیرد. در مقابل کوچک مقیاس نمائی^{۱۰} نیز فرآیندی است که برون‌یابی اطلاعات از مقیاس بزرگ به مقیاس کوچک در طی فرآیند تجزیه اطلاعات انجام می‌شود [۴۸ و ۵۲]. چالش اصلی در بزرگ مقیاس نمائی فرسایش خاک از مقیاس کرت به دامنه مربوط به طبیعت داده‌ها و همچنین پوشش مکانی داده‌ها می‌باشد. کوشش‌ها برای توسعه مدل‌های فرآیندی فرسایش عمدتا مبتنی بر روابط ریاضی و مکانیکی است که بر مبنای داده‌های مشاهداتی در مقیاس

- 7- Brooks
- 8- Boll
- 9- Upscaling
- 10- Downscaling

$$x \rightarrow F_X(x) = P(X \leq x) \quad (1)$$

تابع توزیع تجمعی را می‌توان به صورت رابطه ۲ بر اساس تابع چگالی احتمال نیز تعریف کرد.

$$P(x) = \int_{-\infty}^x p(t) dt \quad (2)$$

تمام توابع توزیع تجمعی صعودی (ولی نه لزوماً صعودی) و از راست پیوسته هستند. یعنی:

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} F(x) = 0, \quad \lim_{x \rightarrow +\infty} F(x) = 1 \quad (3)$$

در روش تطبیق CDF شاخص‌های پراکندگی مهم برای توابع CDF هر نقطه نظیر میانگین، انحراف معیار و چولگی، به کمک CDF میانگین نقاط اصلاح می‌شوند. در روش تطبیق توابع CDF منحنی تابع توزیع تجمعی یک متغیر توسط یک منحنی CDF مرجع اصلاح می‌گردد. شکل ۳ نمونه توابع CDF برای نقاط مشاهده‌ای، تابع تطبیق CDF و تابع نقاط مشاهده‌ای اصلاح شده بر مبنای تابع تطبیق مربوطه برای دو نقطه در مطالعه هان و همکاران [۲۵] نشان داده شده است. روش کار به ترتیب عبارت است از:

۱- مرتب نمودن نزولی دو سری داده اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای و متوسط مزرعه‌ای

۲- محاسبه اختلاف بین هر دو سری عدد از داده‌های مرتب شده (داده از هر نقطه از متوسط مزرعه‌ای مرتب شده مربوطه کسر شود)

۳- یافتن و برازش تابع چندجمله‌ای^۳ مناسب برای داده‌های نقاط مرتب شده و تفاضل مربوطه با استفاده از روش بهینه‌سازی کمترین مربعات. این تابع یک عملگر مشاهده‌ای برای هر سری داده است و برای برداشتن اختلافات سیستماتیک بین اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای و متوسط مزرعه‌ای به کار می‌رود.

۴- محاسبه متوسط تخمینی مزرعه‌ای یا دامنه‌ای با استفاده از اختلاف تخمینی

چندین روش آماری نیز توسط دیلانوی^۴ و همکاران [۱۲] برای بزرگ مقیاس‌نمایی کردن اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای رطوبت خاک به متوسط مزرعه‌ای آزمون گردید. آنها نیز تابع توزیع تجمعی را همراه با یک رابطه خطی ساده موفق‌ترین روش بزرگ مقیاس‌نمایی و رسیدن به متوسط مزرعه‌ای تشخیص دادند. رهیافت‌های آماری دیگر برای تعمیم داده‌های کرت به سطح دامنه با مقیاس بزرگتر استفاده از روش‌های اختلاف نسبی میانگین و یا اختلاف مطلق میانگین‌ها می‌باشد. در این رهیافت یک مقدار میانگین دامنه‌ای معرف تعیین می‌گردد به گونه‌ای که یک اختلاف نسبی میانگین غیر صفر به دست آید. در این شرایط از داده‌های کرتی که داده‌های بیشتر و پایدارتری داشته‌اند برای تهیه میانگین دامنه‌ای معرف استفاده می‌شود. این داده‌ها به عنوان اپراتور مشاهده‌ای یا داده‌های تطبیقی

فلوم‌های آزمایشگاهی و یا کرت‌های مزرعه‌ای به دست آمده است. هم‌چنین مدل‌های فرسایش با مبنای تجربی نظیر USLE مبتنی بر روابطی است که از داده‌های مقیاس کرت توسعه یافته‌اند. بنابراین بزرگ مقیاس‌نمایی به یک عرصه بزرگتر، منجر به از دست رفتن صحت و تراکم مشاهدات داده‌های استفاده شده برای تعریف و توسعه پارامترهای مدل می‌شود. این موضوع تناسب کاربرد مدل را برای مقیاس جدیدی که متفاوت از مقیاسی است که مدل در آن توسعه یافته است را زیر سوال می‌برد [۱۳، ۱۶ و ۵۱].

مشکل اصلی دیگر، تعمیم مقیاس کرت به دامنه می‌تواند موضوع تجمع جریان سطحی در دامنه داشت باشد. همین مسئله تعمیم داده یا بزرگ مقیاس‌نمایی از سطح دامنه به چشم‌انداز و حوزه دشوارتر می‌نمایاند. برای حل این مشکل راهکارهای مختلفی در منابع علمی مورد بررسی قرار گرفته است. یکی از رهیافت‌های مفید، به کار بردن همبستگی محیطی است. در این رهیافت، فرض بر آن است که شرایط محیطی مشابه منجر به خروجی‌های یکسانی می‌شود. جهت حل معضلات و محدودیت‌های مربوط به تعمیم مقیاس کرت به دامنه، برخی از روش‌ها و فنون بزرگ مقیاس‌نمایی، که در مناطق مختلف جهان در عرصه‌های مختلف از جمله در مطالعات مقیاسی فرسایش به کار رفته است، در ادامه مرور خواهد شد.

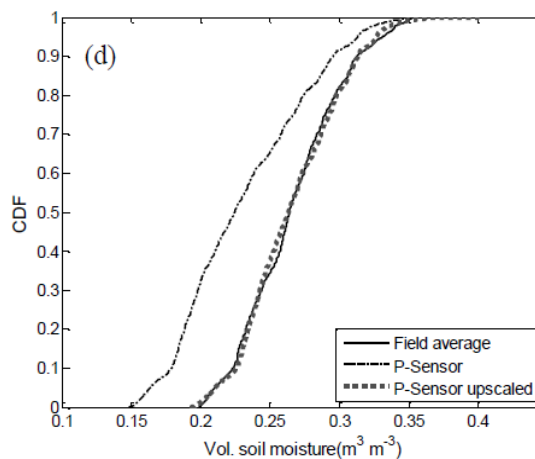
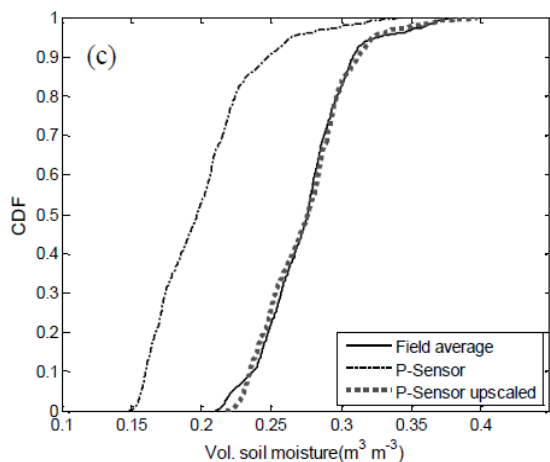
۴-۲- برخی فنون بزرگ مقیاس‌نمایی

یکی از فنون آزمایش شده بزرگ مقیاس‌نمایی استفاده از رهیافت‌های آماری است. که در زمینه‌های مختلف به‌ویژه در بوم‌شناسی چشم‌انداز^۱ و هم‌چنین در فرآیندهای هیدروژئومورفولوژی نظیر فرسایش به کار رفته است. در ادامه به برخی از مصادیق این فنون و بیان نتایج پژوهش‌های مربوطه پرداخته می‌شود.

هان و همکاران [۲۵] از یک رهیافت تحلیلی و آماری موسوم به روش تطبیق توابع توزیع تجمعی^۲ برای بزرگ مقیاس‌نمایی و تعمیم داده‌های رطوبت خاک نقطه‌ای به سطح مزرعه و هم‌چنین پیش‌بینی برخی پاسخ‌های هیدروژئومورفولوژی در سطح مزرعه نظیر جریان زیرقشری و رواناب استفاده نمودند که می‌تواند برای همین فرآیند در مورد فرسایش خاک نیز مورد آزمون قرار گیرد. در این تحلیل میانگین و واریانس داده‌های مکانی و رابطه‌این دو متغیر در بزرگ مقیاس‌نمایی بسیار مهم است. لذا باید این دو متغیر با روش بهینه از داده‌های نقطه‌ای تعیین شوند. برای این کار از توابع توزیع تجمعی استفاده می‌شود. توابع توزیع تجمعی تابعی است غیر صفر و صعودی که برد آن بازه [۰، ۱] بوده و احتمال آنکه متغیر تصادفی X دارای مقداری کوچک‌تر از x باشد را نشان می‌دهد و با استفاده از روابط (۱) تا (۳) محاسبه می‌گردد.

3- Polynomial
4- De Lannoy

1- Landscape ecology
2- Cumulative Distribution Functions (CDF)



شکل ۳- نمودارهای واقعی مشاهداتی، تطبیقی و بزرگ مقیاس نمائی شده رطوبت خاک مربوط به دو نقطه معرف در سطح یک دامنه [۲۵]

که در آن HSLRi نسبت تلفات خاک دامنه برای ماه ام است که از روش مجموع وزنی برای تیپ‌های پوششی مختلف و با داشتن مقادیر کرتی SLR و درصد پوشش هر تیپ یا کرت در کل دامنه محاسبه می‌شود. هم‌چنین SDRE فرساینده‌گی باران برای دامنه یا منطقه مورد بررسی است که معادل R یا شاخص فرساینده‌گی باران ماهانه است و از رابطه (۶) محاسبه می‌شود.

$$R = ۸,۳۴۶۲ \cdot \text{rain}_9 \quad (۶)$$

که در آن rain_9 مجموع نزولات بارندگی روزانه در ماه و برای روزهایی که ارتفاع بارندگی بیش از ۹ میلی‌متر است، می‌باشد. ماکاری و همکاران [۳۳] پیشنهاد کردند برای رفع مشکلات بزرگ مقیاس نمائی فرسایش از سطح کرت به دامنه، از روش‌های کیفی ارزیابی فرسایش در تلفیق با روش‌های کمی استفاده شود.

تعریف و استفاده از شاخص‌های تلفیقی چند مقیاسی یکی دیگر از رهیافت‌های تعمیم مقیاسی یا بزرگ مقیاس نمائی داده‌های فرسایش خاک بین مقیاس‌های مختلف از جمله بین مقیاس کرت و دامنه می‌باشد. ژائو و همکاران [۶۱] یک روش کیفی ارزیابی بر مبنای تعریف شاخص تلفیقی با عنوان شاخص چند مقیاسی ارزیابی فرسایش^۳ (SLEI) برای بزرگ مقیاس نمائی فرسایش استفاده کردند و آن را با نتایج مدل RUSLE مقایسه نمودند. این شاخص یک مدل فرسایش نیمه تجربی است که مبتنی بر تلفیق تئوری فرآیند الگوی مقیاسی در بوم‌شناسی چشم‌انداز و برخی فاکتورهای مدل RUSLE به کمک برخی روش‌های محاسباتی می‌باشد. در این مدل از روش‌های انتقال مقیاسی استفاده می‌شود، یعنی بسته به مقیاس مورد ارزیابی از معادلات مختلف با فاکتورهای متفاوت استفاده می‌نماید. در نهایت یک ارزیابی نیمه کمی از فرسایش خاک ارائه داده که مزیت آن استفاده از پارامترهای کمتر می‌باشد. شاخص بدون بعد ارزیابی تلفات خاک در مقیاس دامنه یا آبخیز کوچک SLH که

استفاده می‌شوند [۲۸ و ۴۵]. روش‌های محاسباتی از جمله دیگر رهیافت‌های بزرگ مقیاس نمائی هستند که در برخی پژوهش‌ها از فنون آن استفاده شده است. در پژوهشی ژائو و همکاران [۶۲] برای تعمیم داده‌های مقیاس کرتی ضریب پوشش گیاهی معادله USLE به مقیاس منطقه از معادله محاسباتی شیب-مقیاس استفاده کردند. داده‌های استفاده شده شامل مقادیر نسبت تلفات خاک (SLR)، که در معادله RUSLE معادل مقادیر کمی معادله بدون لحاظ نمودن فاکتور R می‌باشد، و نیز ضریب EI می‌باشد. این ضریب توزیع فصلی فرساینده‌گی باران است و با روش ویشمایر و اسمیت به صورت جمع جبری مقادیر حاصلضرب انرژی جنبشی رگبار در حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای تعیین و به صورت جمع جبری ماهانه محاسبه می‌شود. بدین ترتیب که برای مقیاس کرت مقدار فاکتور C با رابطه (۴) محاسبه می‌گردد.

که در آن مقدار SLRi نسبت تلفات خاک برای پریود زمانی i ، مقدار EI_i درصد EI در دوره زمانی i ، n تعداد دوره یا دوره‌های استفاده شده در مجموع دوره زمانی مورد نظر (مثلاً تعداد ماه‌ها) و EIt مجموع درصد‌های EI برای کل دوره زمانی مورد نظر می‌باشند. لذا در این روش باید مقادیر SLR برای کرت‌های مورد بررسی و نیز مقادیر ماهانه فرساینده‌گی باران موجود باشد. حال برای محاسبه فاکتور مورد نظر، که در تحقیق ژائو و همکاران [۶۲] ضریب C بود، در مقیاس دامنه بزرگ یا منطقه‌ای که کرت‌ها در آن قرار دارند از رابطه (۵) استفاده می‌شود

$$C = (\text{SLR}_1 \cdot EI_1 + \text{SLR}_2 \cdot EI_2 + \dots + \text{SLR}_i \cdot EI_i + \dots + \text{SLR}_n \cdot EI_n) / EIt \quad (۴)$$

$$CH = \frac{\sum_{(i=1)}^n \text{HSLR}_i \cdot \text{SDRE}_i}{\sum \text{SDRE}} \quad (۵)$$

2- Macary

3- Soil Loss Evaluation Index

1- Zhao

در این مدل برای کل دامنه محاسبه می‌گردد بین صفر و یک تعریف می‌شود و به کمک رابطه (۷) محاسبه می‌شود.

$$SL_H = \sum (D_m \cdot H_m \cdot S_m \cdot R_m \cdot K_m \cdot C_m) / (D_m \cdot H_m \cdot S_m \cdot R_m \cdot K_m) \quad (7)$$

که در آن D_m شاخص پراکندگی مکانی فاصله افقی تلفات خاک، H_m شاخص پراکندگی مکانی فاصله عمودی تلفات خاک، S_m شاخص پراکندگی مکانی شدت یا درجه شیب، بوده و R_m ، K_m و C_m به ترتیب مقادیر پراکندگی مکانی فاکتورهای فرسایش باران، فرسایش پذیری خاک و شاخص مدیریت و پوشش می‌باشند.

مقادیر نزدیک به یک و نزدیک صفر، بیانگر آن است که روند فرسایش به ترتیب روند افزایشی است و کاهشی است. مبنای شاخص D_m آن است که هرچه نقطه مورد نظر (در اینجا محل کرت) به زهکش دامنه مورد ارزیابی نزدیکتر باشد، سهم آن در تلفات خاک خروجی و رسوب کل دامنه بیشتر است. برای محاسبه مقادیر نقطه‌ای شاخص‌های D_m و H_m از روابط (۸) و (۹) استفاده می‌شود.

$$D_i = (D_{max} - d_i) / D_{max} \quad (8)$$

$$H_i = (H_{max} - h_i) / H_{max} \quad (9)$$

که در آنها D_i و H_i به ترتیب شاخص فاصله افقی و عمودی تلفات خاک نقطه مورد نظر از زهکش دامنه و بین صفر و یک می‌باشند. یعنی هرچه نقطه به زهکش نزدیکتر باشد به یک نزدیکتر است. مقادیر D_{max} ، d_i ، h_i و H_{max} به ترتیب فواصل افقی و عمودی تلفات خاک از نقطه به زهکش و حداکثر فاصله افقی و عمودی در دامنه مورد نظر از زهکش می‌باشد. هم‌چنین شاخص‌های $RUSLE$ ، C_m و S_m ، R_m ، K_m توسط روابط موجود در مدل برای نقطه مورد نظر محاسبه و تعیین می‌شوند. نقطه قوت دیگر این رهیافت امکان برآورد پخشی و مکانی فرسایش و تهیه نقشه فرسایش خاک در محیط‌های GIS می‌باشد. هم‌چنین شاخص‌های پوشش و شاخص‌های فاصله افقی و عمودی تلفات خاک و شیب را می‌توان با داده‌های رقمی تعیین و در مقیاس گسترده نقشه مقایسه‌ای و نیمه کمی تلفات خاک ترسیم نمود.

در پژوهش دیگری دایویس^۱ و همکاران [۲۱] یک روش بزرگ مقیاس نمائی مبتنی بر تجمع داده‌های نقطه‌ای خاک و داده‌های غیر نقطه‌ای توپوگرافی، سنجش از دور و هیدرولوژی برای ارزیابی پتانسیل تخریب خاک در یک مقیاس بالاتر و استفاده از آن برای مدل‌سازی مکانی در یک سامانه اطلاعات جغرافیائی (GIS) توسعه دادند. از آنجا که داده‌های مورد استفاده دارای مقیاس یکسان نبودند از یک شاخص تلفیق وزنی در محیط GIS استفاده نمودند و شاخص را به واحدهای نقشه تعمیم دادند. کینگ^۲ و همکاران [۳۰]

1- Davies
2- King

مطالعه‌ای را با هدف تهیه نقشه فرسایش به کمک یک رهیافت بزرگ مقیاس نمائی مبتنی بر دسته‌بندی و تطبیق با شرایط منطقه‌ای داده‌های فرسایش کرتی انجام دادند. مراحل این رهیافت شامل توصیف مختصر داده‌ها، تحلیل تناسب مدل برای انتخاب مدل فرسایشی که برای مقیاس مورد نظر کاربرد داشته باشد، تحلیل اثر تغییر در وضوح مکانی داده‌ها در مقیاس جدید در کمیت فرسایش و تحلیل صحت داده‌ها و صحت‌سنجی برآورد مدل در مقیاس جدید بودند.

مدل سازی چندمقیاسی

امکان‌سنجی طراحی و توسعه مدل‌هایی که بتوانند در مقیاس‌های مختلف با دقت قابل قبولی فرسایش خاک را شبیه‌سازی و تخمین بزنند رهیافت دیگری است که در سال‌های اخیر مورد توجه پژوهش‌گران قرار گرفته است. یکی از این مدل‌ها، مدل موسوم به مدل‌ارزیابی فرسایش رواناب و عناصر غذائی دامنه چشم‌انداز (MAHLERAN) است [۵۸]. مدل MAHLERAN، مدلی است که برای تخمین فرسایش و رسوب در مقیاس‌های مختلف طراحی و بسط داده شده و بر مبنای رهیافت یا تئوری انتقال-فاصله L ذره است. این محققین با آنالیز حساسیت ورودی‌های مدل بر مبنای خروجی پیش‌بینی شده نشان دادند که مقیاس مکانی یکی از منابع اصلی ایجاد خطا و عدم اطمینان در برآورد این مدل است. ارزیابی مدل توسط همین محققین، نشان از ضریب کارائی ۰/۹ با خطای قابل قبول می‌باشد. کوپر^۵ و همکاران [۲۰] مدل MAHLERAN را برای ارزیابی جامع ریسک فرسایش در مقیاس‌های مختلف از مقیاس کرت تا حوزه‌های بزرگ با عنوان نسخه MAHLERAN-Mic طراحی کردند. نقطه ضعف این مدل آن است که هرچه مقیاس ارزیابی بزرگتر باشد، نیاز به داده‌های منطقه‌ای بیشتری دارند.

شریدان^۶ و همکاران [۴۲] یک مدل فرآیندی ساده بر مبنای داده‌های کرت برای فرسایش بین شیاری و داده‌های فلوام آزمایشگاهی برای فرسایش شیاری توسعه دادند. آنان نتایج این مدل را به سطح دامنه با شیب‌های ۴۴ و ۷۵ درصد و با طول دامنه ۷۰ و ۱۳۰ متر توسعه دادند و توانستند با این مدل فرسایش خاک را در سطح دامنه با دقت قابل قبولی پیش‌بینی کنند. ارزیابی مدل در سطح دامنه نشان داد که مدل میزان فرسایش را در هر دو طول ۷۰ و ۱۲۰ متر با دقت قابل قبول $R^2 = 0.7$ پیش‌بینی نمود. این دقت و کارائی در شیب‌های تندتر و دامنه‌های کوتاه‌تر، بیشتر بود.

استفاده از روش‌های داده کاوی

در صورتی که در فرآیند بزرگ مقیاس نمائی داده‌های فرسایش خاک از مقیاس کرت به مقیاس‌های بالاتر، داده‌های با مقیاس

3. Model for Assessing Hillslope-Landscape Erosion, Runoff And Nutrients
4. Transport-Distance
5- Cooper
6- Sheridan

10- Boix, F.C., Martínez, M.M., Calvo, C.A., Castillo, V. and Albaladejo, J. 2005. Concise review of interrill erosion studies in SE Spain (Alicante and Murcia): erosion rates and progress of knowledge from the 1980s. *Land Degradation and Development*, 16:517-528

11- Boix, F.C., Martínez, M.M., Arnau, R.E., Calvo, C.A., Castillo, V. and Albaladejo, J. 2006. Measuring soil erosion by field plots: understanding the sources of variation. *Earth Science Reviews*, 78:267-285. DOI. 10.1016/j.earscirev.2006.05.005

12- Bryan, R.B. 2000. Soil erodibility and processes of water erosion on hillslope. *Geomorphology*, 32: 385-415.

13- Brazier, R.E., Parsons, A.J., Wainwright, J. and Hutton, C. 2009. Issues of upscaling in space and time with soil erosion models. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 11:1235.

14- Brooks, E.S. and Boll, J. 2004. A hillslope-scale experiment to measure lateral saturated hydraulic conductivity. *Water Resources Research*, 40: 1-10, doi:10.1029/2003WR002858, 2004

15- Cammeraat, L.H. 2004. Scale dependent thresholds in hydrological and erosion response of a semi-arid catchment in southeast Spain. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 104: 317-332. DOI.10.1016/j.agee.2004.01.032

16- Cerdan, O., Le Bissonnais, Y., Govers, G., Lecomte, V., van Oost, K., Couturier, A., King, C. and Dubreuil, N., 2004. Scale effect on runoff from experimental plots to catchments in agricultural areas in Normandy. *Journal of Hydrology*, 299: 4-14. DOI. 10.1016/j.jhydrol.2004.02.017

17- Cerdà, A., Bodí, M.B., Burguet, M., Segura, M. and Jovani, C. 2009. The plot size effect on soil erosion on rainfed agriculture land under different land uses in eastern Spain. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 11, -185-1.

18- Cerdan, O., Govers, G., Le Bissonnais, Y., Van Oost, K., Poesen, J., Saby, N., Gobin, A., Vacca, A., Quinton, J., Auerswald, K. and Dostal, T.M. 2010. Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: a study based on erosion plot data. *Geomorphology*,

متنوع داشته باشیم از روش‌های ناپارامتری نظیر شبکه عصبی مصنوعی، منطق فازی، درخت طبقه‌بندی و تصمیم (CART)، هوش مصنوعی و دیگر روش‌های ناپارامتری غیرخطی و روش‌های موسوم به جعبه سیاه و فنون هوشمند دیگری توان برای تشخیص الگو بین مقیاس‌های مختلف و شبیه‌سازی فرسایش استفاده نمود. هم‌چنین رهیافت‌هایی نظیر تئوری فراکتالی، رهیافت سیستم‌های دینامیک غیرخطی، رهیافت ترکیب و پانارچی نیز به عنوان فنون بزرگ مقیاس‌نمائی برای داده‌های فرسایش خاک پیشنهاد گردیده است [۱۶، ۴۴ و ۴۷]. زمینه‌های عنوان شده در منابع علمی به ندرت کار شده است و جا دارد ظرفیت این روش‌ها در تشخیص الگو و شبیه‌سازی روابط بین داده‌های چندمقیاسی و در نهایت امکان‌سنجی تعمیم داده‌های نقطه‌ای به مقیاس دامنه مورد تحقیق قرار گیرد.

منابع

- ۱- اسدزاده، ف.، گرجی، م.، واعظی، ع.، سکوتی، ر. و میرزایی، س. ۱۳۹۲. اثر اندازه کرت بر میزان رواناب و رسوب اندازه‌گیری شده ناشی از رگبارهای طبیعی. ۲(۴): ۷۹-۸۱.
- ۲- پرویزی، ی. ۱۹۹۳. بررسی کارائی مدل فیزیکی WEPP در پیش‌بینی رواناب و فرسایش خاک در کاربری دیم در شرایط نیمه‌خشک. مجله پژوهش‌های خاک، ۲۸(۱): ۱۱۳-۱۲۶.
- ۳- پرویزی، ی. و یوسفی، م. ۱۹۹۲. پیش‌بینی دینامیک تولید روان‌آب و آنالیز اثر شیب و نوع پوشش مرتعی به کمک مدل فرآیندی WEPP. پژوهش‌های آبخیزداری، ۱۰۱: ۱۶۸-۱۷۵.
- ۴- جباری، ا. و عارفی، م. ۱۳۸۴. برآورد فرسایش و تولید رسوب با استفاده از اندازه‌گیری یک رگبار. ۸۴: ۵۴-۷۴.
- ۵- گلکاریان، ع.، داودی مقدم، د. و نقیعی، ا. ۱۳۹۲. کارایی مدل فرسایش و هیدرولوژی مرتع در برآورد میزان رسوب دامنه‌های مرتعی مناطق خشک (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شهیدنوری کاخک). نشریه مرتع و آبخیزداری، ۶۶(۳): ۴۵۷-۴۶۷.
- ۶- صادقی، ح.، بشری سه قلع، م. و رنگ‌آور، ع. ۱۳۸۷. مقایسه تغییرات رسوب با جهت دامنه و طول کرت در برآورد فرسایش خاک ناشی از رگبارها. مجله آب و خاک، ۲۲(۲): ۲۳۰-۲۳۹.
- ۷- صادقی، ح.، شریفی مقدم، ا. و غلامی، ل. ۱۳۹۳. اثر کاهو کلش رنجبر تولید رواناب سطحی و هدر رفت خاک در کرت‌های کوچک. حفاظت منابع آب و خاک، ۳(۴): ۷۳-۸۳.
- ۸- واعظی، ع. و قره‌داغلی، ح. ۱۳۹۲. کمی‌سازی گسترش فرسایش شیاری در خاک‌های مارنی درحوزه آبخیز زنجان‌رود در شمال.

9- Bagarello, V. and Ferro, V. 2004. Plot-scale measurement of soil erosion at the experimental area of Sparacia (southern Italy). *Hydrological Processes*, 18: 141-157. DOI. 10.1002/hyp.1318

- 26- Han, S., Xu, D. and Wang, S. 2012. Runoff formation from experimental plot, field, to small catchment scales in agricultural North Huaihe River Plain, China. *Hydrology and Earth System Science*, 16, 3115–3125, DOI:10.5194/hess-16-3115-2012.
- 27- Hancock, G.R., Loch, R.J. and Willgoose, G.R. 2003. The design of post-mining landscapes using geomorphic principles. *Earth Surface Processes and Landforms*, 28: 1097-1110.
- 28- Harms, T.E. and Chanasyk, D.S. 2000. Plot and small-watershed scale runoff from two reclaimed surface-mined watersheds in Alberta. *Hydrological Processes*, 14: 1327–1339. DOI: 10.1002/(SICI)1099-1085(200005)14:7<1327::AID-HYP63>3.0.CO;2-7
- 29- Joel, A., Messing I, Seguel O, and Casanova M., 2002. Measurement of surface water runoff from plots of two different sizes. *Hydrological Processes* 16: 1467–1478. DOI: 10.1002/hyp.356
- 30- King, D., Fox, D.M., Daroussin, J., Le Bissonnais, Y. and Danneels, V. 1998. Upscaling a simple erosion model from small areas to a large region. *Nutrient cycling and Agroecosystems*, 50: 143-149.
- 31- Lu, H., Prosser, P., Moran, J. and Callant, J. 2003. Predicting sheetwash and rill erosion over the Australian continent. *Australian Journal of Soil Resource*, 41: 1037-1062.
- 32- Mabit, L., Klik, A., Toloza, A. and Benmansour, M. 2009. Measurements of the effectiveness of conservation agriculture at the field scale using radioisotopic techniques and runoff plots. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 11: 4507.
- 33- Macary, F., Almeida-Dias, J., Rui-Figueira, J. and Roy, B. 2014. "A multiple criteria decision analysis model based on Electre Tri-C for erosion risk assessment in agricultural areas", *Environmental Modelling & Assessment*, 19: 221-242.
- 34- Martí-Bono, C. and Alatorre, L.C. 2010. From plot to regional scales: interaction of slope and catchment hydrological and geomorphic processes in the Spanish Pyrenees. *Geomorphology*, 120: 248–257. DOI:10.1016/j.geomorph.2010.03.038.
- 35- Morgan, R.P.C., Quinton, J.N., Smith, R.E., 122:167–177
- 19- Cheggour, A., Simonneaux V. and Roose, E. 2009. Erosion measurements at various scales in a semi-arid mountainous catchment-case of the Rheraya watershed, High Atlas, Morocco. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 11: 14000
- 20- Cooper, J.R., Wainwright, J., Parsons, A.J., Onda, Y., Fukuwara, T., Obana, E., Kitchener, B., Long, E.J. and Hargrave, G.H. 2012. A new approach for simulating the redistribution of soil particles by water erosion: a marker-in-cell model, *Journal of Geophysical Research – Earth Surface*, 117, F04027, doi:10.1029/2012JF002499
- 21- Davies, P.J., Fitzpatrick, R.W., Bruce, D.A., Spouncer, L.R. and Merry, R.H. 2002. Land degradation assessment in the Mount Lofty Ranges: upscaling from points to regions via a toposequence. In: McVicar, T.R., Li Rui, Walker, J., Fitzpatrick, R.W. and Liu Changming (eds), *Regional Water and Soil Assessment for Managing Sustainable Agriculture in China and Australia*, ACIAR Monograph No. 84, 291–303.
- 22- De Vente, J. and Poesen, J. 2005. Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale: Scale issues and semiquantitative models. *Earth Science Review*, 71: 95–125
- 23- De Vente, J., Poesen, J., Bazzoffi, P., Van Ropaey, A.V. and Verstraeten, G. 2006. Predicting catchment sediment yield in Mediterranean environments: the importance of sediment sources and connectivity in Italian drainage basins. *Earth Surface Processes And Landforms*, 31: 1017-1034
- 24- García-Ruiz, J.M., Lana-Renault, N., Beguería, S., Lasanta, T., Regúes D, Nadal-Romero, E., Serrano-Muela, P., López-Moreno, J.I., Alvera B, Graeff, T., Zehe, E., Blume, T., Francke, T. and Schröder, B. 2012. Predicting event response in a nested catchment with generalized linear models and a distributed watershed model, *Hydrol. Process*, DOI:10.1002/hyp.8463.
- 25- Han, E., Merwade V. and Heathman G. December 2011. Soil Moisture Data Assimilation at Multiple Scales and Estimation of Representative Field Scale Soil Moisture Characteristics. Ph.D. Thesis, Purdue University, Pp.155.

- of scaling relations in drainage basin sediment budgets. *Geomorphology*, 80: 8–19. DOI:10.1016/j.geomorph.2005.09.004.
- 45- Stroosnijder, L. 2005. Measurement of erosion: is it possible. *Catena*, 64:162–173. DOI. 10.1016/j.catena.2005.08.004.
- 46- Rheraya catchment, High Atlas, Morocco. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 11: 2203-2204.
- 47- Sensoy, H. and Kara, O. 2014. Slope shape effect on runoff and soil erosion under natural rainfall conditions. *Journal of Biogeosciences and Forestry*, 7: 110-114. doi: 10.3832/ijfor0845-007.
- 48- Slaymaker, O. 2006. Towards the identification of scaling relations in drainage basin sediment budgets. *Geomorphology*, 80(1-2):8-19.
- 49- Starks, P.J., Heathman, G.C., Jackson, T.J. and Cosh, M.H. 2006. Temporal stability of soil moisture profile. *Journal of Hydrology*, 324(1-4): 400-411.
- 50- Thomaz, E.L. and Vestena, L.R. 2011. Measurement of runoff and soil loss from two differently sized plots in a subtropical environment (Brazil). *L.R. Earth Surf. Process. Landforms* (2011).
- 51- Tilahun, A., Guzman, C.D., Zegeye, A.D., Engda, T.A., Collick, A.S., Rimmer, A. and Steenhuis, T.S. 2013. An efficient semi-distributed hillslope erosion model for the subhumid Ethiopian Highlands. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17: 1051–1063. doi:10.5194/hess-17-1051-2013
- 52- Ülo, M., Felix, M. and Thomas, W. 2005. Functional and structural landscape indicators: Upscaling and downscaling problems. *Ecol. Indic.*, 5:267–272.
- 53- Van Dijk, A.I.J.M. and Bruijnzeel, L.A. 2009. Scale and processes dominating soil erosion and sediment transport: case studies from Indonesia and Australia. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 11: 3547.
- 54- Van de Giesen, N., Stomph, T. J., Ajayi, A. E. and Bagayoko, F. 2010. Scale effects in Hortonian surface runoff on agricultural slopes in West Africa: Field data and models, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 142: 95–101.
- 55- Vanmaercke, M., Poesen, J., Verstraeten, G., Govers, G., Poesen, J.W.A., Auerswald, K., Chisci, G., Torrid, D. and Styczen, M.E. 1998. The European soil erosion model (EUROSEM): a dynamic approach for predicting sediment transport from fields to small catchments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 23: 527-544.
- 36- Nearing, M.A., Foster, G.R., Lane, L.J. and Finkner, S.C. 1989. A process-based soil erosion model for USDA Water Erosion Prediction Project technology. *Trans. ASAE*, 32(5): 1587-1593.
- 37- 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.
- 38- Penna, D., Tromp-van Meerveld, H.J., Gobbi, A., Borga, M. and Dalla Fontana, G. 2011. The influence of soil moisture on threshold runoff generation processes in an alpine headwater catchment, *Hydrology and Earth System Science*, 15: 689–702, DOI:10.5194/hess-15-689-2011.
- 39- Richard, H., Merry De Lannoy, G.J.M., Houser, P.R., Verhoest, N.E.C., Pauwels, V.R.N. and Gish, T.J. 2007. Upscaling of point soil moisture measurements to field averages at the OPE3 test site. *Journal of Hydrology*, 343(1-2): 1-11.
- 40- Romkens, M.J.M., Helming, K. and Prasad, S.N. 2001. Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness, and soil water regimes. *Catena*, 46: 103-123.
- 41- Scherer, U., Zehe, E. and Träbing, K. 2009. Upscaling of a process based erosion model using systematic hillslope and parameter variations. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 11:12159.
- 42- Sheridan, G., Lane, P. and Noske, P. 2005. Development of a hillslope model for predicting erosion and water quality impacts of wildfire in SE Australia. Report for School of Forest and Ecosystem Science, The University of Melbourne.
- 43- Simonneau, V., Deschamps, C., Cheggour, A. and Le Bissonnais, Y. 2009. Modeling erosion and catchment's sediment exports based on erosion plot's measurements using the STREAM model.
- 44- Slaymaker, O. 2006. Towards the identification

- 60- Zhao, W.W., Fu, B.J. and Chen, L.D. 2012. A comparison of the soil loss evaluation index and the RUSLE Model: a case study in the Loess Plateau of China. *Hydrology Earth System Science Discuss*, 9: 2409–2442. doi:10.5194/hessd-9-2409-2012.
- 61- Yair, A. and Raz-Yassif, N. 2004. Hydrological processes in a small arid catchment: scale effects of rainfall and slope length. *Geomorphology*, 61: 155–169. DOI. 10.1016/j.geomorph.2003.12.003.
- 62- Zhao, W., Fu, B.J. and Qiu, Y. 2013. An Upscaling method for cover-management factor and its application in the Loess Plateau of Chin. *International Journal Environmental Resource Public Health*, 10: 4752-4766. DOI:10.3390/ijerph10104752.
- 63- Zhang, X., 2002. Scaling land surface parameters for global-scale soil erosion estimation. *Water Resource Research*, 38(9): 1180. DOI:10.1029/2001WR000356, 2002.
- 64- Zhang, X.C.J. 2010. Tempo-spatial downscaling of multiple GCMs projections for soil erosion risk analysis at El Reno, Oklahoma, USA. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 12:2499.
- DeVente, J. and Ocakoglu, F. 2011. Sediment yield in Europe: Spatial patterns and scale dependency. *Geomorphology*, 130:142–161.
- 56- Vanmaercke, M., Maetens, W., Poesen, J., Jankauskas, B., Jankauskiene, G., Verstraeten, G. and DeVente, J. 2012. Regional comparison of hillslope erosion rates with catchment sediment yields for Europe. *Journal of Soils and Sediments*, 12: 586-602.
- 57- Van Oost, K. and Fiener, P. 2009. Soil erosion by surface runoff at the landscape scale: Is event size important?. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 11: 7731.
- 58- Wainwright, J., Parsons, A.J., Müller, E.N., Brazier, R.E., Powell, D.M. and Fenti, B. 2008. A transport-distance approach to scaling erosion rates: 1. background and model development; 2. Sensitivity and evaluation of MAHLERAN; 3. Evaluating scaling characteristics of MAHLERAN, *Earth Surface Processes and Landforms*, 33: 813–826, 962–984, 1113–1128. DOI:10.1002/esp.1624, 10.1002/esp.1623, 10.1002/esp.1622.
- 59- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses. United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook No 537.

*Abstract*

Study the Main Factors Affecting Variability of Erosion Plots data and the Feasibility of Its extension to Hillslope Scale

Y. Parvizi^{1*} and M. Arab Khedri²

Received: 2014.12.22

Accepted: 2015.07.24

The main factors that control the variability of water erosion could be classified into physical and management parameters. The physical factors include slope geometry (length, steepness and shape of slope and distance from drainage), surface properties (soil properties, roughness and cover of surface and etc.), and environmental factors (climate condition, water table depth, and soil moisture and precipitation regime) and main management factors include vegetation and land use parameters. Some substantial differences that control erosion processes in plot surface comparing hillslope surface, arising from limited dimension of plot and kind of its exploitation. These encounter generalizability of the plots data to hillslope scale with uncertainty. However, erosion measurement in plot scale, because of the ease and possibility of monitoring the long-term erosion, possibility of dynamic tracing of erosion and erosion models development, is very important. In addition, a wide range of simulation erosion models, both empirical and process based models, were developed based on plot size data. Therefore, in this article, methodology and challenges hillslope erosion estimates using erosion plot data explored. Study of the world's background researches indicate that these efforts can be classified in three categories including multivariate parametric analysis, scaling generalization or up scaling and multi-scale modeling techniques. Multi-scale modeling techniques are relatively young and in an existing stage. Therefore, have less diversity comparing statistical and up scaling methods. The use of pattern recognition techniques, based on data mining techniques including nonlinear non parametric analysis and intelligent methods, for finding optimum model for generalized point based erosion data to hillslope and wider scales are the options that fewer have been evaluated.

Keywords: *Erosion plots, Runoff, Up-scaling, Multi- scale modeling*

1. Assistant professor, Agriculture and Natural Resource Research and Education Center of Kermanshah

* Corresponding author: yparvizi1360@gmail.com

2. Assistant professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute