DOI: 10.22059/ijswr.2018.241248.667753 تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۹، شماره ۵، آذر و دی ۱۳۹۷ (ص ۱۰۸۲-۱۰۷۱)

Investigating the Role of Buffer Strips in Reducing Erosion and Sediment Using the WEPP Model: A Case Study of a Loess Hillslope in Erfan Suburb –Gorgan, Iran

ALI JABALE[1], ALI NAJAFINEJAD[2*], MOHSEN HOSSEINALIZADEH[3], ALI MOHAMMADIAN BEHBAHANI[4] AND ALI GOLKARIAN[4]

1. MSc. Student, Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran
2. Associate Prof., Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran
3. Assistant Prof., Dept. of Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran
4. Assistant Prof., Dept. of Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran
5. Assistant Prof., Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

(Received: Oct. 27, 2017- Revised: Dec. 31, 2017- Accepted: Apr. 3, 2018)

ABSTRACT

Existence of susceptible agricultural lands with loess deposits in the South and West of Gorgan, with plowing in down-slope direction and failure in promoting contour plowing based methods have led to use alternative control practices such as cultivating buffers in the marginal lands. The under-studied hillslope with an area of 5.1 hectares includes four long agricultural lands and three permanent vegetation buffer strips between them with an average width of 7 meters and a field under fallow with 55 meters length located in the down slope. In this study, the climate files of the WEPP model were built by using the BPCDG software for the year 2015 based on the data of the recording rain-gauge in the Hashem Abad synoptic station. To increase the accuracy of the model, the slope file was created using a digital survey camera with a resolution of 0.2 meter. In order to verify the WEPP model, the plot observation data of a rainfall simulator were used. Then two cases of lack and existence of current buffer strips in the hillslope were evaluated by the WEPP model. WEPP model estimated the amount of erosion and the specific sediment for the existing buffers modes in hillslope to be 27.36 and 18.08 tons per hectare per year respectively, and for the scenario of a lack of buffer strips, they were estimated to be 37.11 and 35.28 tons per hectare per year, respectively. Also, the model estimated runoff rate for the existence and lack of buffer strip scenarios to be 32.66 and 40.54 mm, respectively. The results showed that the buffer zones in the under-studied hillslope have decreased the amount of erosion and sediment to 9.75 and 17.20 tons per hectare per year respectively, as well as reduce the runoff rate 7.88 millimeter per year. Therefore, the buffer zones were able to control a significant amount of sediment (49 percent), which cause remarkable damages in the downward.

Keywords: Loess, Buffer strip, Gorgan, WEPP hillslope model, BPCDG.

* Corresponding Author; Email: najafinejad@gau.ac.ir

بررسی نقش مناطق حائل گیاهی در کاهش میزان فرسایش و تولید رسوب با استفاده از مدل WEPP، مطالعه موردی: یک دامنه لسی زراعی در شهرک عرفان گرگان

علی جبله[۱]، علی نجفی‌نژاد[۲*]، محسن حسینعلی‌زاده[۳]، علی محمدیان بهبهانی[۴] و علی گلکاریان[۵]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۲. دانشیار گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۳. استادیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۴. استادیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۵. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(تاریخ دریافت: ۵/ ۸/ ۱۳۹۶- تاریخ بازنگری: ۱۰/ ۱۰/ ۱۳۹۶- تاریخ تصویب: ۱۴/ ۱/ ۱۳۹۷)

چکیده

وجود اراضی کشاورزی حساس لسی در جنوب و غرب شهر گرگان، شخم در جهت شیب این دامنه‌ها و عدم موفقیت در ترویج روش‌های زراعی مبتنی بر شخم در راستای خطوط تراز سبب شده است که استفاده از اقدامات کنترلی جایگزین، مانند کشت نوارهای بافر حاشیه اراضی مورد توجه قرار گیرد. دامنه مورد مطالعه با مساحت ۵/۱ هکتار متشکل از ۳ زمین کشاورزی متوالی و ۴ منطقه بافر گیاهی دائمی شامل ۳ نوار حدفاصل اراضی کشاورزی با متوسط ضخامت ۷ متر و یک قطعه زمین آیش به طول ۵۵ متر در پایین‌دست دامنه می‌باشد. در این تحقیق با استفاده از داده‌های باران‌نگار ثبات و ایستگاه سینوپتیک هاشم‌آباد گرگان، فایل اقلیم مدل WEPP توسط برنامه BPCDG برای سال ۲۰۱۵ ساخته شد. همچنین به‌منظور افزایش دقت نقشه طبقات ارتفاعی دامنه، فایل شیب مدل نیز با استفاده از دوربین‌های نقشه‌برداری دیجیتالی با قدرت تفکیک ۰/۲ متر تهیه شد. برای واسنجی مدل WEPP از نتایج شبیه‌ساز باران در سطح پلات استفاده شد. سپس مدل WEPP برای دو حالت با و بدون وجود نوارهای بافر فعلی دامنه اجرا شده و نتایج آن مورد ارزیابی قرار گرفت. مدل WEPP مقدار تلفات خاک و رسوب ویژه دامنه مورد مطالعه را در سناریوی با بافرهای دامنه به ترتیب ۲۷/۳۶ و ۱۸/۰۸ تن در هکتار در سال و در سناریوی بدون بافرهای دامنه، به ترتیب ۳۷/۱۱ و ۳۵/۲۸ تن در هکتار در سال برآورد کرد. همچنین مدل، ارتفاع رواناب دامنه در این دو سناریو را به ترتیب ۳۲/۶۶ و ۴۰/۵۴ میلی‌متر برآورد کرد. نتایج نشان داد که مناطق بافری در دامنه مورد مطالعه، توانسته‌اند میزان فرسایش و رسوب را به ترتیب ۹/۷۵ و ۱۷/۲۰ تن در هکتار و ارتفاع رواناب دامنه را ۷/۸۸ میلی‌متر در سال کاهش دهند؛ بنابراین مناطق بافر دامنه توانسته‌اند حجم قابل توجهی از رسوب (۴۹ درصد) که در مناطق پایین‌دست دامنه باعث ایجاد خسارات چشمگیر می‌شوند را مهار کنند.

واژه‌های کلیدی: بافر گیاهی، گرگان، لس، مدل دامنه، BPCDG، WEPP

مقدمه

انسان با تخریب مناطق بالادست، خطر بزرگی را برای محل سکونت خود ایجاد می‌کند که کنترل آن از دسترس او خارج است. فرسایش خاک و تولید رسوب ناشی از آن، از مهم‌ترین عواملی است که منابع آب و خاک را به‌طور جدی تهدید می‌کند. فرسایش شامل گروهی از فرآیندهایی است که سبب می‌شود مواد خاکی برداشته و حمل شوند (Talebi and Abbasi, 2016).

ازجمله مدل‌هایی که در مدل‌سازی حالت‌های بافر در فرسایش و رسوب کاربرد دارد، مدل پروژه پیش‌بینی فرسایش آبی (WEPP)[1] می‌باشد. این مدل، یک مدل شبیه‌سازی پیوسته، فرآیندمحور و توزیعی است که با استفاده از داده‌های آب و هوایی و اطلاعات سایر زیرمدل‌ها، فرآیندهای رواناب، فرسایش و رسوب را شبیه‌سازی می‌کند. مدل WEPP در دو مقیاس دامنه و حوضه آبخیز قابل استفاده بوده و قادر است میزان فرسایش، رسوب و رواناب را در سال‌های متوالی و یا برای یک رگبار برآورد کند (Ahmadi *et al*., 2007).

یکی از ورودی‌های مهم مدل WEPP که در برآورد فرسایش نقش ویژه‌ای دارد، فایل اقلیم می‌باشد. این فایل برای معرفی به مدل نیازمند داده‌های ساعتی و روزانه معیارهای

* نویسنده مسئول: najafinejad@gau.ac.ir

1. Water Erosion Prediction Project

دمایی و زمان شروع و خاتمه بارندگی می‌باشد؛ اما به دلیل عدم وجود یا دسترسی به این داده‌ها در کشور، اغلب محققان (Madadi and Piroozi, 2016، Ahmadi *et al*., 2007 و Pajoohesh, 2016) از روش جایگذاری داده‌های متوسط دما و بارش در کلیژن ایستگاه مشابه در آمریکا استفاده می‌کنند که به دلیل تنوع اقلیم و پارامترهای اقلیمی در ایران و آمریکا، انجام این کار با خطای زیادی همراه است. مدل WEPP برای پذیرش دو نوع متفاوت از فایل‌های اقلیمی طراحی‌شده است: فرمت کلیژن[1] (مولد اقلیم) استاندارد (با فرض رگباری به شکل تابع نمایی دوگانه) و داده نقطه شکست[2] (Abbasi and Talebi, 2016). فایل اقلیمی مدل WEPP به فرمت کلیژن به داده‌های زیادی نیاز دارد و ساخت آن کار راحتی نیست (Flanagan and Livingston, 1995). برای این منظور Gete *et al*., (1999) برنامه کامپیوتری مستقل تولیدکننده داده اقلیمی نقطه شکست (BPCDG)[3] را توسعه دادند که فایل ورودی اقلیم را با استفاده از مجموعه داده هواشناسی روزانه مشاهداتی در فرمت قابل‌قبول WEPP تولید می‌کند.

بر اساس تعریف سرویس حفاظت منابع طبیعی دپارتمان کشاورزی ایالات‌متحده (NRCS)[4] یک منطقه حائل (بافر گیاهی) عبارت است از " مرزی از گیاهان دائمی در امتداد لبه‌های زمین‌های زراعی که در زمان عبور رواناب از عرض آن می‌تواند به‌عنوان یک بافر عمل کند". نوارهای فیلتر گیاهی (VFS[5]) یک روش مدیریت بهینه کشاورزی از نظر صرفه‌جویی در هزینه و مقرون به صرفه بودن تله‌اندازی رواناب و رسوب در مناطق منبع، محسوب می‌شود (Pan *et al*., 2017). عوامل زیادی بر کارایی بافرها تأثیر می‌گذارد که از آن جمله می‌توان به شیب، مشخصات بارندگی، نفوذپذیری خاک و نوع گیاه در بافر اشاره کرد.

عمده مطالعات صورت گرفته بر روی بافرها در جهان مربوط به بررسی اثرات و نقش آن‌ها در کاهش رواناب و فرسایش خاک، کاهش هدررفت مواد غذایی خاک، کاهش انتقال علف‌کش‌ها و افزایش کیفیت منابع آب خروجی از حوضه می‌باشد (Mahesh and Roy., 2009; Sheila, 2012; Stehle *et al*., 2016). محققانی همچون Dosskey *et al*., (1997) با استفاده از مدل VFS، Hossein *et al*., (2007) و Ghadiri *et al*., (2008) با مدل GUSED-VBS و در نهایت Pasandide Fard, (2012) با استفاده از مدل L-THIA به بررسی نقش نوارهای بافر در کاهش آلودگی‌های غیر نقطه‌ای ازجمله رسوب، در خاک‌های مختلف و اراضی مسطح پرداخته‌اند.

با مروری بر داده‌های به‌دست‌آمده از تحقیقات انجام‌شده در دهه‌های گذشته در زمینه‌ی اجرای نوارهای بافر گیاهی در منطقه ونتو ایتالیا، نتایج نشان‌دهنده‌ی کاهش رواناب کل تا ۳۳٪، کاهش هدررفت نیتروژن تا ۴۴٪ و هدررفت فسفر تا ۵۰٪ توسط نوارهای بافر جوان در مقایسه با نواحی بدون بافر بود (Borin *et al*., 2010). Pan *et al*., (2017) به بررسی دینامیک تجمع رواناب و رسوب در کارایی نوارهای فیلتر گیاهی با استفاده از مدل‌سازی در محیط آزمایشگاهی پرداختند. آنها نتیجه گرفتند که هم خواص فیزیکی خاک و هم خصوصیات پوشش گیاهی در خصوص ویژگی‌های گونه‌ای و کارایی متغیرهای موقتی نوارهای فیلتر گیاهی، باید مورد توجه قرار گیرد. Mullan *et al*., (2016) اثر نوارهای بافر چمنی واقع در کمربند لس بلژیک بر مدیریت سیل در تغییر اقلیم را با استفاده از مدل WEPP در چند اقلیم متفاوت شبیه‌سازی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که نوارهای بافر به‌عنوان یک اقدام کاهش‌دهنده سیل با گل‌آلودگی زیاد، باعث افزایش توانایی مدیریت سیل شده و بازنگری این اقدامات، مؤثرترین راه برای محاسبه اثرات ناشی از تغییر اقلیم در برنامه‌ریزی کاهش خطر در آینده می‌باشد. Lobo and Bonilla., (2017) رویکرد مدل‌سازی رابطه بین طراحی نوارهای فیلتر گیاهی و ترکیبات رسوب با استفاده از مدل WEPP را بررسی کردند. بر این اساس آنها مدل فیزیکی SCVFS[6] را برای پیش‌بینی کارایی به دام انداختن رس، سیلت و ماسه توسط نوارهای فیلتر گیاهی توسعه دادند. این مدل را می‌توان به راحتی با بسیاری از مدل‌های فرسایش موجود که فرسایش خاک را به صورت روزانه برآورد می‌کنند، ترکیب کرد.

Flanagan *et al*., (2010) با استفاده از مدل WEPP به ارزیابی بهترین شیوه‌های مدیریت (BMP)[7] در جنوب هند پرداختند. آن‌ها روش‌های مختلف ازجمله تناوب محصولات اصلاح‌شده، استفاده از شخم حفاظتی، کشت نواری و نوارهای بافر را به‌عنوان مؤثرترین حفاظت جایگزین معرفی کردند. Seyed Olama *et al*., (2016) به مطالعه اثر فرسایش شخم بر میزان جابجایی و توان تولید خاک در ارضی دیم جنوب استان گیلان پرداختند. آنها اختلاف ارتفاع ایجاد شده و حجم خاک جابجا شده در بین قطعات اراضی زراعی را ناشی از شخم دانستند و

1. CLIGEN (Climate Generator)
2. Break Point Data
3. Break Point Climate Data Generator
4. Natural Resources Conservation Service
5. Vegetative filter strips
6. Sediment Composition Vegetative Filter Strip
7. Best Management Practices

حجم خاک جابجا شده در محل این اختلاف ارتفاع، در جهت شیب و جهت جانبی به ترتیب بین ۸ تا ۳۶ و ۵ تا ۲۲ تن در هکتار برآورد شد.

Tolabi *et al*., (2015) کارایی مدل WEPP را در حوضه آبخیز سولاچای اردبیل ارزیابی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که مقادیر برآوردی رسوب در حالت‌های دامنه و حوضه آبخیز مدل به مقدار رسوب مشاهده‌ای نزدیک‌تر بوده و نسبت به حالت مسیر جریان، نتایج قابل‌قبول‌تری را ارائه می‌دهد. Abbasi Jondani (2013) کارایی مدل دامنه WEPP را در برآورد رواناب، فرسایش و رسوب در حوضه‌های آبخیز مناطق نیمه‌خشک بررسی کرد. نتایج این تحقیق نشان داد مدل دامنه WEPP زمانی می‌تواند در منطقه مطالعاتی کارایی نسبتاً مناسب داشته باشد که برای رگبارهایی با شدت بالا اجرا شود.

Abbasi Jondani *et al*., (2015) فایل اقلیم مدل WEPP را برای پایگاه تحقیقاتی سنگانه استان خراسان رضوی با استفاده از برنامه BPCDG بومی‌سازی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که مدل قادر است تا این فایل اقلیمی را شناسایی کرده و اطلاعات آن را به‌درستی بخواند. همچنین این عمل باعث افزایش دقت نتایج مدل می‌شود. در نهایت آنها توصیه کردند برای اجرای مدل WEPP در ایران بهتر است فایل اقلیم مدل به روش برنامه BPCDG ساخته شود. نتایج محققان نشان می‌دهد که با استفاده از برنامه BPCDG برای ساخت فایل اقلیم مدل WEPP می‌توان نتایج مدل را بهبود بخشید (Raclot and Albergel, 2006; Singh *et al*., 2012).

Seyedalipour *et al*., (2014) میزان فرسایش اراضی لسی تپه‌ماهوری حوضه آبخیز آق‌امام را با استفاده از روش ^{137}Cs مقدار ۱۰/۷۸ تن بر هکتار در سال برآورد کردند. Babanejad Afghan *et al*., (2010) میزان رسوب با مرجع لس در حوضه شصت کلاته استان گلستان را با استفاده از روش ^{137}Cs و Pb_{210} ، مقدار ۶۸ تن بر هکتار در سال ارزیابی کردند.

نتایج پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد که کاربری زمین و شیب در میزان رواناب، فرسایش خاک و هدررفت عناصر غذایی مهم هستند (Abbasi *et al*., 2016). نهشته‌های لسی از نظر حاصلخیزی و حساسیت بالا به فرسایش از اهمیت زیادی برخوردار هستند و به‌عنوان خاک‌های موروثی به شمار می‌روند (Ownegh and Nohtani, 2004). دامنه‌های لسی واجد شرایط، باعث تشدید فرسایش پایپینگ و خندقی موقتی شده و مساحت زیادی از زمین‌های کشاورزی را در حوضه ایکی‌آغزلی استان گلستان از دسترس خارج کرده و خسارات مالی و جانی زیادی را به انسان وارد کرده‌اند (Jalali fard *et al*., 2016; Zarei *et al*., 2016).

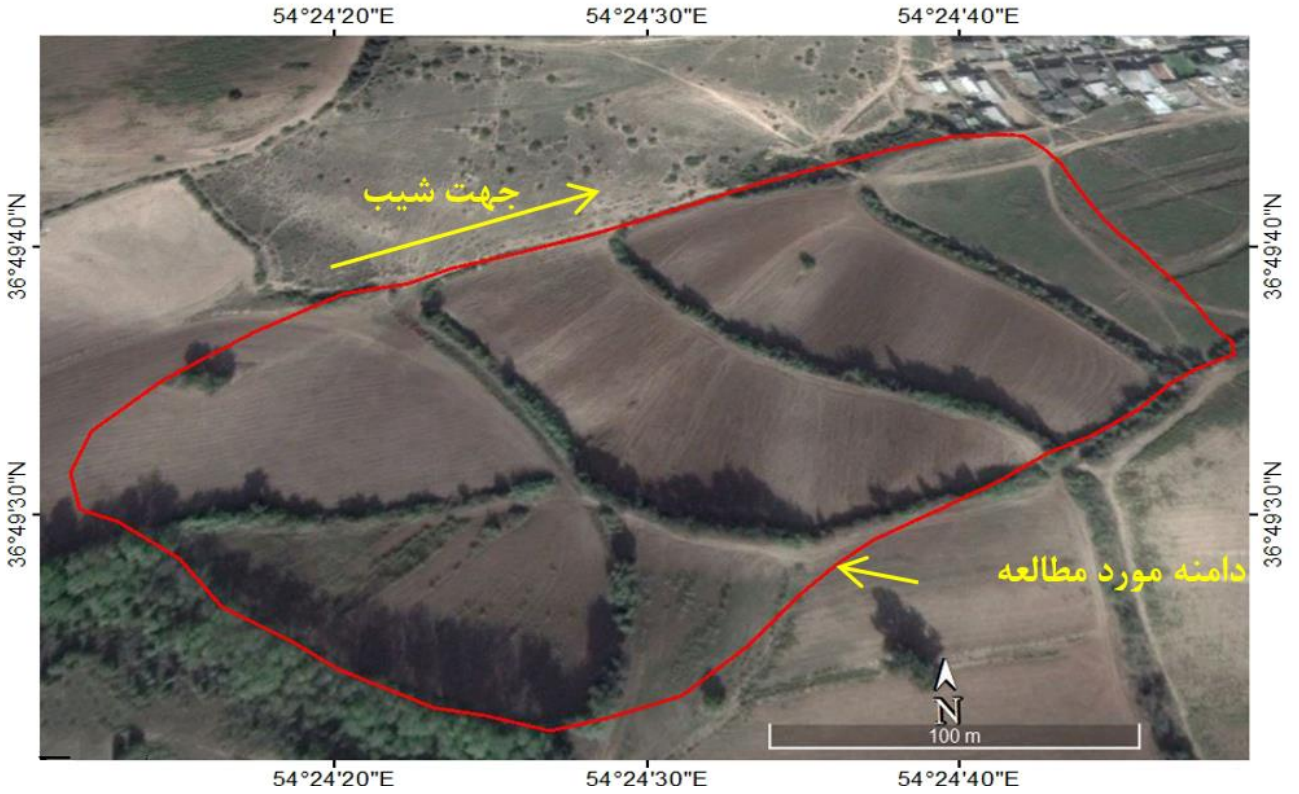
لس‌های استان گلستان با مساحتی حدود ۳۸۸ هزار هکتار (۱۷ درصد سطح استان) را در بر گرفته‌اند (Rezaiy *et al*., 2011). بیش از ۷۳ هزار هکتار (۱۹ درصد) از این لس‌ها را زمین‌های کشاورزی و بیش از ۲۰۹ هزار هکتار (۵۴ درصد) آن را اراضی مرتعی تشکیل می‌دهد (Jafari Ardakani *et al*., 2009). به دلیل شرایط اقلیمی مناسب در لس‌های استان گلستان انواع کاربری‌های زراعی، جنگل و مرتع در این نهشته‌ها وجود دارد. نوع کشت در اراضی لسی بیشتر به صورت دیم بوده و اغلب به کشت گندم، جو، پنبه و آفتابگردان اختصاص دارند. مطالعه اراضی لسی شیبدار استان گلستان مخصوصاً با کاربری زراعی به دلیل حاصلخیزی بالا و از طرفی حساس‌بودن نسبت به فرسایش و ایجاد رواناب به‌ویژه در فصل تابستان، دارای اهمیت فراوانی است. دامنه‌های اطراف شهر گرگان نیز از این قاعده مستثنی نیستند. به‌طوری‌که رواناب‌ها و متعاقب آن رسوبات ایجادشده از دامنه‌های جنوبی و غربی شهر گرگان مستقیماً وارد شهر شده و خسارات زیادی را به منازل مسکونی و تأسیسات وارد می‌کند. به‌عنوان مثال طبق مدارک نمایندگی بیمه دی در استان گلستان، میزان خسارت واردشده در اثر سیل‌های ناشی از دو رگبار شدید در ۱۲ و ۱۷ شهریورماه سال ۱۳۹۵ به شهر گرگان، مبلغ ۲ میلیارد تومان می‌باشد. البته این مبلغ از خسارت، بخشی از خسارت واقعی این رگبار می‌باشد که مشمول قرارداد بیمه حوادث غیرمترقبه شهرداری گرگان با بیمه دی شده است. شهر گرگان در سال ۲۰۱۵ میلادی با متوسط بارندگی ۶۰۵ میلی‌متر، ۲۶ واقعه با شدت بالای ۱۰ میلی‌متر بر ساعت را به خود اختصاص داده است. هدف این تحقیق بررسی نقش و میزان اثر نوارهای بافر گیاهی حدفاصل بین زمین‌های کشاورزی واقع در دامنه‌های حساس لسی غرب شهر گرگان در کاهش میزان فرسایش و تولید رسوب با استفاده از شبیه‌سازی دو سناریوی وجود و عدم وجود نوارهای بافر، در مدل دامنه WEPP می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردپژوهش

دامنه موردمطالعه با شرایط آب و هوایی مرطوب در جنوب غربی شهرستان گرگان واقع‌شده است که مساحتی حدود ۵/۱ هکتار را شامل می‌شود. متوسط بلندمدت بارندگی منطقه موردمطالعه ۷۵۶ میلی‌متر در سال می‌باشد (Jafari, 2015). این دامنه با کاربری کشاورزی (زراعت جو بهاری)، در بالادست مناطق مسکونی شهرک عرفان واقع شده است. دامنه مورد

تحقیق، در محدوده جغرافیایی ″۳۲ ´۴۹ °۳۶ تا ″۳۶ ´۴۹ °۳۶ عرض شمالی و ″۲۶ ´۲۴ °۵۴ تا ″۴۱ ´۲۴ °۵۴ طول شرقی واقع شده که در طول زمان (بیش از ۵۰ سال) به استناد اظهارات مردم محلی در آن تغییر کاربری از جنگل پهن برگ (گونه انجیلی) به کشاورزی، صورت گرفته است. در این تغییر کاربری‌ها، مرز بین دو زمین کشاورزی به‌صورت تراس‌هایی با پوشش درختی و درختچه‌ای درآمده و نوارهای حائل را تشکیل داده است (شکل ۱). این نوارهای بافر ترکیبی از گونه‌های درخت انجیلی، تمشک جنگلی، نی و انار جنگلی می‌باشند. متوسط شیب محل نوارهای بافر ۵۹ درصد می‌باشد. در گذشته این نوارها از دید مالکان اراضی واقع در دامنه مورد مطالعه، صرفاً نقش حریم را داشته و جنبه‌های حفاظتی آن‌ها مورد توجه کشاورزان قرار نگرفته بود. همچنین قطعه پایین دست دامنه که مدت ۴ سال است مورد عملیات خاک‌ورزی قرار نگرفته است نیز به عنوان یک منطقه بافر در نظر گرفته شد. زمین مورد نظر دارای ۸۰ درصد پوشش گیاهی از جنس گراس‌های دائمی می‌باشد. موقعیت سه نوار بافر از بالای دامنه به ترتیب ۱۱۵، ۱۸۶ و ۲۸۵ متر و طول آنها به ترتیب ۷، ۶ و ۸ متر می‌باشد. قطعه زمین آیش نیز با طول ۵۵ بعد از آخرین نوار بافر در پایین دامنه قرار دارند.



شکل ۱. نقشه موقعیت دامنه موردمطالعه و نوارهای بافر در سال ۲۰۱۵

روش اجرای این پژوهش، ترکیبی از عملیات میدانی، تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی، مدل‌سازی و ارزیابی روش‌های حفاظتی بر پایه‌ی نوارهای بافر با استفاده از شبیه‌سازی سناریو-های وجود و عدم وجود نوارهای بافر در مدل WEPP می‌باشد. جهت اجرای مدل WEPP، ابتدا باید چهار فایل زیر تهیه و به مدل معرفی شود.

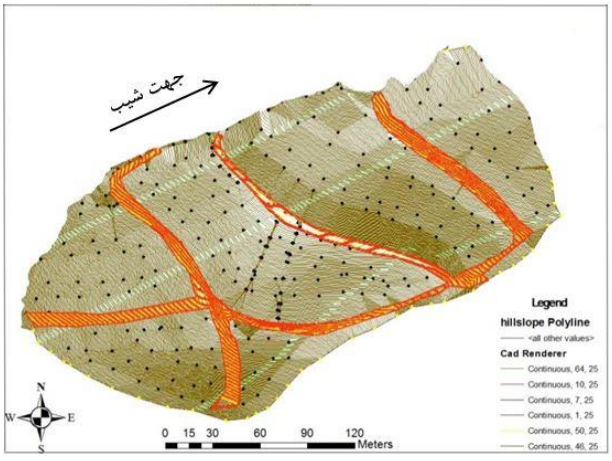
فایل خاک: دامنه موردنظر دارای خاک لسی با بافت سیلتی رسی می‌باشد. جهت تهیه فایل خاک باید پروفیل خاک را به‌صورت افق‌های ژنتیکی برداشت کرد. بدین منظور ابتدا دامنه مورد مطالعه از نظر نوع مدیریت به ۲ واحد کاری همگن شامل زراعت و بافر تقسیم شد و در هرکدام نسبت به حفر پروفیل و تشریح افق‌ها و نمونه‌برداری از آن اقدام شد (Golkarian, 2004). تفکیک و تشریح افق‌های مختلف خاک توسط متخصص رده‌بندی خاک صورت گرفت.

با استفاده از نتایج نمونه‌های خاک در آزمایشگاه و روابط مدل، پنجره مربوط به ویژگی‌های خاک مدل تکمیل و ذخیره شد (جدول ۱). قابل ذکر است معیارهای ستون هشتم الی یازدهم در جدول (۱) توسط مدل WEPP و بر اساس درصد رس، ماسه و تراکم حجمی خاک خشک خاک محاسبه می‌شود (Golkarian, 2004).

جدول ۱. معیارهای موردنیاز فایل خاک زراعت مدل WEPP

افق	ضخامت (میلی‌متر)	ماسه (درصد)	رس (درصد)	ماده آلی (درصد)	CEC (meq/100g)	سنگ (درصد)	فرسایش‌پذیری بین شیاری (Kg*s/m^4)	فرسایش‌پذیری شیاری (s/m)	نیروی تنش برشی بحرانی (pa)	جریان هیدرولیکی مؤثر (mm/h)
A	۴۶۰	۱۶/۹	۱۴/۱	۱/۹	۲۸/۰	۰	۵/۰۵۷e+۰۰۶	۰/۰۱۰۵	۲/۵	۲/۵۴
BK	۷۶۸	۳۴/۸	۱۳/۳	۰/۹	۲۰/۵	۰				
CK	۶۵۱	۵/۸	۱۷/۱	۰/۷	۲۲/۳	۰				

فایل شیب: در مدل WEPP عوامل توپوگرافی وارد مدل می‌شوند. از بین عوامل توپوگرافی، عامل مقدار (تندی) شیب، طول دامنه و جهت دامنه باید در پنجره مربوطه وارد شود. جهت تهیه نقشه شیب و جهت دامنه، ابتدا نقشه طبقات ارتفاعی و موقعیت نوارهای بافر دامنه با استفاده از نقشه‌برداری با دوربین دیجیتالی توتال استیشن نیکون با قدرت تفکیک ۰/۲ متر تهیه گردید. نقشه‌ها جهت کنترل نقاط ثبت‌شده توسط دوربین، وارد نرم‌افزار Autodesk AutoCAD شد. درنهایت نقشه‌های خروجی وارد محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) شد و با توجه به آن فایل شیب مدل تهیه و ذخیره شد. دامنه موردنظر با طول ۳۴۱/۱۳ متر دارای متوسط شیب ۳۰/۷۷ درصد و متوسط عرض ۱۵۰ متر می‌باشد (شکل ۲).



شکل ۲. نقشه موقعیت دقیق اراضی و نوارهای بافر دامنه، تهیه‌شده توسط دوربین دیجیتالی

فایل اقلیم: بخش اقلیم مدل WEPP یکی از اصلی‌ترین قسمت‌های ورودی مدل می‌باشد که تأثیر بسیار زیادی در افزایش کارایی این مدل و صحت نتایج خروجی مدل دارد. در این تحقیق فایل اقلیم مدل WEPP توسط برنامه مستقل BPCDG (تولیدکننده داده اقلیمی نقطه شکست) برای شهر گرگان تهیه گردید. جهت ساخت فایل اقلیم توسط برنامه BPCDG، چهار فایل ورودی موردنیاز برنامه با استفاده از داده‌های ثبت‌شده در ایستگاه هواشناسی هاشم‌آباد گرگان واقع در ۱۰ کیلومتری شهر گرگان و ۸ کیلومتری دامنه موردمطالعه و همچنین باران‌نگار ثبات نصب‌شده در پردیس دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (حدفاصل بین ایستگاه هواشناسی هاشم‌آباد و دامنه موردمطالعه) برای سال ۲۰۱۵ محاسبه شد که در آن مجموع بارندگی شهر گرگان در سال ۲۰۱۵ حدود ۶۰۵ میلی‌متر محاسبه گردید و بیشترین مقدار بارندگی مربوط به ماه اکتبر (مهر) با ۱۰۸ میلی‌متر بوده و ماه ژوئن فاقد بارندگی بوده است. چهار فایل ورودی برنامه BPCDG به این شرح است.

۱- **فایل داده‌های ورودی باران:** داده‌های موردنیاز برای ساخت این فایل شامل تاریخ، زمان شروع و خاتمه بارندگی، میزان و شدت بارندگی می‌باشد. این فایل با استفاده از داده‌های باران‌نگار ثبات (با بازه‌های ۱۰ دقیقه‌ای)، تکمیل شد. **۲- فایل ورودی داده‌های دما و باد:** جهت تکمیل این فایل به داده‌های روزانه حداقل و حداکثر دما و سرعت و جهت باد در ساعت هشت و هجده هر روز نیاز می‌باشد. **۳- فایل ورودی تابش و دمای نقطه شبنم:** با توجه به اینکه برنامه‌ی BPCDG داده‌های شدت تابش برحسب لانگلی و دمای نقطه شبنم برحسب درجه سانتی‌گراد را هم به‌صورت روزانه و هم به‌صورت ماهانه پذیرش می‌کند. در این مطالعه جهت ساخت فایل تابش و نقطه شبنم از داده‌های روزانه ایستگاه هواشناسی هاشم‌آباد گرگان استفاده شده است. **۴- فایل ورودی موقعیت ایستگاه:** این فایل شامل اطلاعات ایستگاه مورد نظر شامل نام ایستگاه، طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، تعداد سال‌های ثبت‌شده و سال شبیه‌سازی می‌باشد. پس از ساخت چهار فایل موردنظر، برنامه BPCDG اجرا شد و فایل اقلیم تولید گردید. پارامترهای اصلی فایل اقلیم به صورت متوسط ماهانه در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲. متوسط معیارهای اقلیمی دامنه مورد مطالعه در سال ۲۰۱۵ میلادی

ماه	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
بارندگی (mm)	۹۲/۳	۴۲/۴	۷۶/۲	۵۹/۲	۱۷/۲	۰/۰	۵۰/۰	۱۷/۰	۵۱/۴	۱۰۷/۹	۹۵/۲	۳۶/۶
حداقل دما (C^o)	۱/۸	۴/۵	۵/۰	۸/۶	۱۵/۵	۲۱/۷	۲۳/۲	۲۲/۹	۱۹/۴	۱۴/۰	۶/۳	۳/۶
حداکثر دما (C^o)	۱۳/۳	۱۴/۰	۱۵/۱	۲۲/۳	۲۹/۷	۳۳/۹	۳۳/۶	۳۴/۴	۳۱/۹	۲۵/۴	۱۷/۸	۱۴/۵
تشعشع خورشیدی (Langleys)	۱۶۵	۱۳۹	۱۹۱	۲۳	۲۶۲	۲۶۴	۲۸۲	۲۷۵	۲۸۱	۲۰۹	۱۸۶	۱۴۹

فایل مدیریت: فایل مدیریت شامل اطلاعات مربوط به رشد گیاه، عملیات شخم، شرایط اولیه گیاه در اول ژانویه (غیر قابل تغییر)، اثرات سطحی توالی‌های شخم، خطوط تراز، معیارهای زهکشی و حالت‌های مدیریتی می‌باشد. این اطلاعات یا به صورت مستقیم قابل اندازه‌گیری می‌باشند یا داده‌های آنها در کشور موجود نمی‌باشد. داده‌های گروه اول مانند تراکم حجمی خاک خشک، تاج پوشش ابتدائی، عمق لایه کشت، فضای ردیف‌های گیاهی، شاخص درو، دمای بهینه برای رشد گیاه و مقدار تولید بهینه، در عرصه و آزمایشگاه محاسبه شد. داده‌های گروه دوم مانند نسبت انرژی به بیوماس، ضریب کاهش تشعشع، ضریب پوشش، شاخص سطح برگ، بیوماس باقی‌مانده بعد از پیرشدگی، تحمل گیاه به خشکی و فاکتور نسبت دارسی ویسباخ از طریق روابط مدل، اطلاعات و داده‌های موجود از منطقه و پایگاه داده گیاهان مشابه در مدل WEPP تهیه شد. در پنجره مربوط به عملیات شخم نیز اطلاعاتی از قبیل عمق شخم، نوع دستگاه، فاصله پشته‌ها و تعداد ردیف‌های شخم وارد مدل گردید. اعمال نوارهای افقی بافر از طریق پنجره اصلی مدل و در بخش مدیریت پروفیل دامنه صورت می‌گیرد. دامنه مورد مطالعه متشکل از سه زمین کشاورزی تحت کشت جو و سه ردیف بافر با متوسط ضخامت ۷/۴ متر می‌باشد. همچنین در این مدل قطعه چهارم زمین کشاورزی که در پایین‌دست دامنه قرارگرفته و به مدت ۴ سال مورد شخم ورزی قرار نگرفته است، به‌عنوان یک نوار بافر در نظر گرفته شد. جهت ساخت فایل مدیریت، ابتدا ۵ واحد کاری همگن ازنظر کاربری و نوع گیاه در سال ۲۰۱۵ در دامنه موردمطالعه تعیین شد. این ۵ واحد شامل زراعت جو، آیش یکساله، آیش ۴ ساله (قطعه چهارم) و دو نوع نوار بافر می‌باشد. مشخصات تهیه‌شده برای زراعت جو در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲. جدول زمان‌بندی فایل مدیریت اراضی کشت جو در مدل WEPP

تاریخ	نوع عملیات	نام	توضیحات
۱/۱/۲۰۱۵	شرایط اولیه	آیش	پس از برداشت جو و عملیات دیسک
۱/۲/۲۰۱۵	شخم دوگانه	گاوآهن-دیسک	به‌ترتیب متوسط عمق ۲۵ و ۱۲ سانتی‌متر
۵/۲/۲۰۱۵	رشد گیاه یکساله	جو بهاری	ظاهرشدن گیاه در سطح زمین
۵/۶/۲۰۱۵	برداشت محصول	جو بهاری	برداشت دستی تاج پوشش از ارتفاع ۳ سانتی‌متری
۱۵/۶/۲۰۱۵	شروع چرا	دام گوسفندی	۳۰ رأس
۲۰/۹/۲۰۱۵	پایان چرا	دام گوسفندی	۳۰ رأس
۲۱/۹/۲۰۱۵	شخم	دیسک	متوسط عمق ۱۲ سانتی‌متر

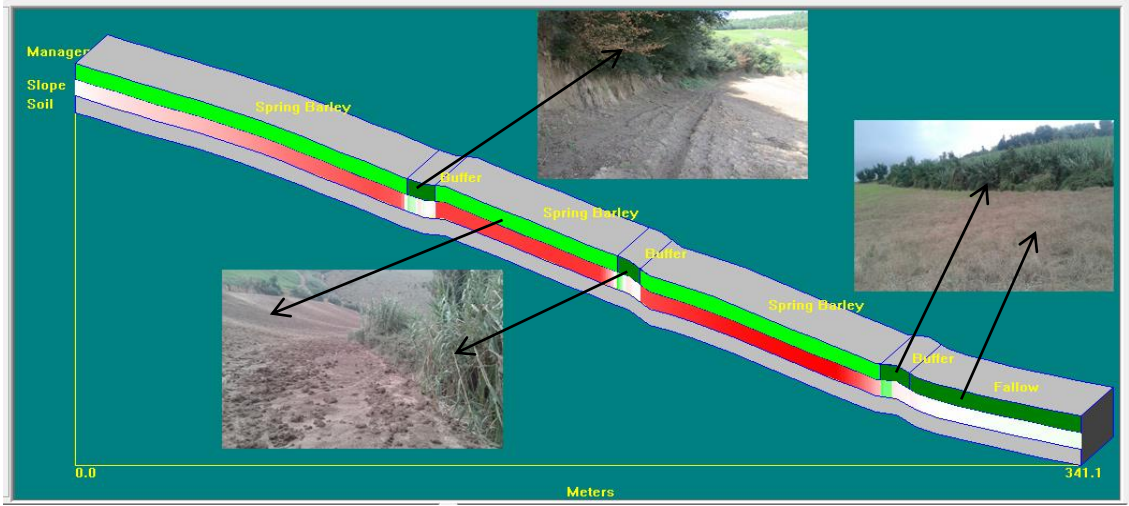
به دلیل چرای دام در محدوده مورد مطالعه، فایل اطلاعات مربوط به چرا از قبیل تاریخ شروع و پایان چرا، تعداد دام، مساحت عرصه، وزن بدن و قابلیت هضم‌پذیری نیز ساخته و در برنامه مدیریتی لحاظ شد. نمایی از دامنه و محدوده مورد مطالعه به همراه تصاویر مربوط به اراضی و بافرها در شکل (۳) آورده شده است.

واسنجی مدل WEPP: با توجه به عدم وجود ایستگاه هیدرومتری در پایین‌دست دامنه، مدل WEPP با استفاده از نتایج شبیه‌ساز باران واسنجی شد. بدین منظور شبیه‌ساز باران با پلات‌های ۲ مترمربعی در ۳ نقطه از کاربری زراعت دامنه با سه شیب متفاوت در تاریخ ۲۰۱۷/۶/۱۱ اجرا شد. شدت رگبار ایجاد شده نیز بر اساس حداکثر شدت سالانه (در سال ۲۰۱۵) منطقه انتخاب شد. جدول (۳) مقادیر رواناب و رسوب مشاهده‌ای در خروجی پلات را نمایش می‌دهد.

پس از اندازه‌گیری حجم رواناب و غلظت رسوب در خروجی پلات‌ها، شرایط مشابه (پلات‌هایی با مساحت ۲ مترمربع و کاربری زراعت جو) در مدل WEPP شبیه‌سازی شدند. در ابتدا مقادیر بیش از حجم رواناب و رسوب مشاهده‌ای توسط مدل

برآورد شد؛ سپس در ادامه با تغییر پارامترهای حساس پوشش گیاهی از قبیل نسبت انرژی به بیوماس، شاخص درو، دمای پایه هوای روزانه، ضریب کاهش تشعشع و مقدار محصول بهینه، نتایج مدل به مقادیر مشاهده‌ای نزدیک شد. پارامترهای ذکر شده در بالا بر اساس آنالیز حساسیت دستی مدل WEPP انتخاب شد.

درنهایت اثر مناطق بافر بر میزان فرسایش و رسوب در دو سناریوی حفاظتی وجود و عدم وجود مناطق بافر دامنه با استفاده از مدل WEPP مورد شبیه‌سازی و مقایسه قرار گرفت. در سناریوی عدم وجود نوارهای بافر، فقط پوشش گیاهی این نوارها حذف شد و سایر مشخصات پروفیل دامنه از قبیل طول و شیب دامنه و تراس‌ها ثابت در نظر گرفته شد.



شکل ۳. پروفیل ساخته‌شده با مدل WEPP برای شرایط فعلی دامنه

جدول ۳. مقادیر رواناب و رسوب تولیدشده توسط شبیه‌ساز باران

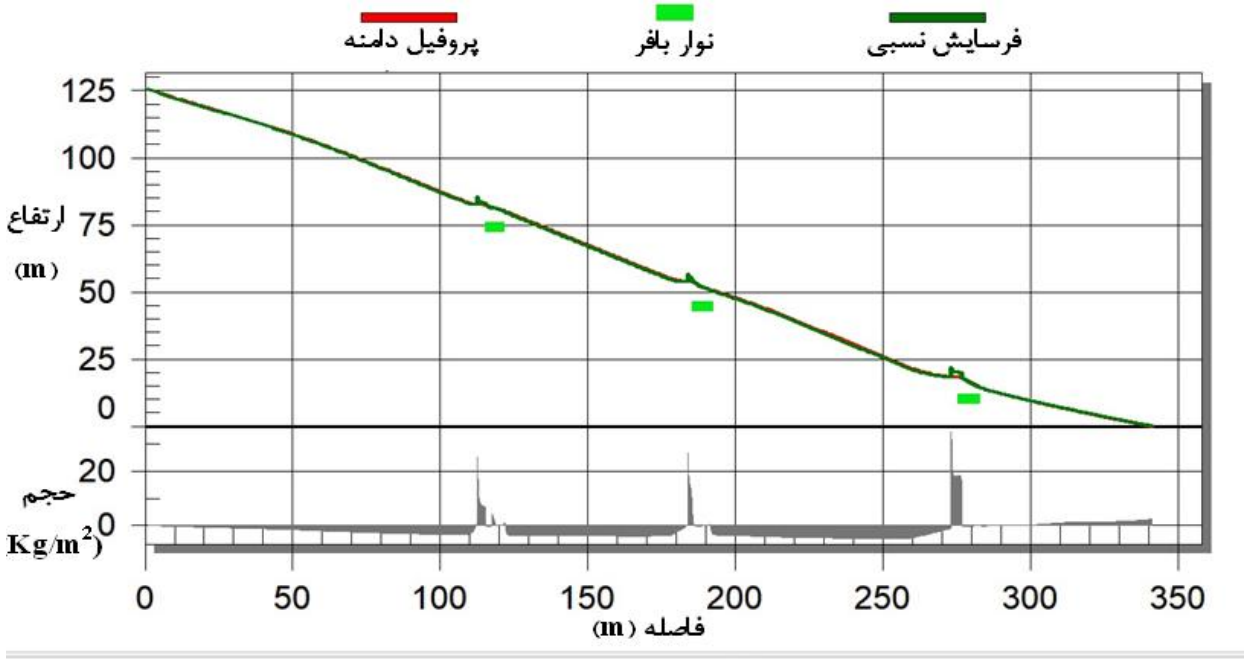
شماره پلات	شدت (mm/h)	مدت (min)	شیب (%)	حجم رواناب اندازه‌گیری شده (l/m^2)	وزن رسوب اندازه‌گیری‌شده (g/m^2)
۱	۴۰	۳۰	۲۲/۸	۶/۹	۱۵۵
۲	۴۰	۳۰	۱۹/۸	۵/۴	۱۱۹
۳	۴۰	۳۰	۳۰	۷/۶	۱۷۲

نتایج و بحث

پس از تکمیل ورودی‌های مدل WEPP ابتدا وضعیت کنونی دامنه (سال ۲۰۱۵ میلادی) در مدل شبیه‌سازی شد. در سناریوی دیگر وضعیت کنونی دامنه با آیش درنظر گرفتن مناطق بافر و سایر خصوصیت سناریوی اول شبیه‌سازی شد. در نهایت مقدار تلفات خاک و رسوب ناشی از رگبارهای شدید و شخم اراضی در طول دامنه در هر دو سناریو با هم مقایسه شد.

حالت وجود نوارهای بافر دامنه: در این سناریو وجود مناطق بافر فعلی عمود بر جهت دامنه برای یک سال شبیه‌سازی شده و مقادیر هدررفت و جابجایی خاک ناشی از بارندگی و شخم اراضی در طول دامنه به ترتیب ۲۷/۳۶ و ۱۸/۰۸ تن در هکتار در سال برآورد شد (شکل ۴). در این سناریو ۳ زمین کشاورزی دامنه تحت کشت جو بهاری و آخرین قطعه دامنه دارای کاربری آیش و پوشش گیاهی دائمی (۸۰ درصد) بوده است.

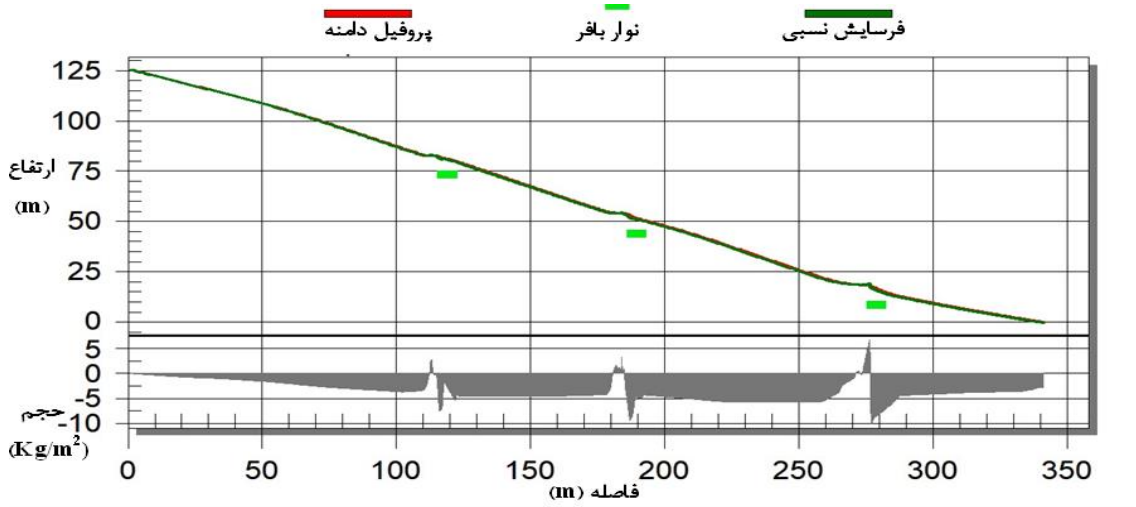
اطلاعات نمایش داده‌شده در شکل (۴) شامل متوسط سالیانه میزان برداشت و ته‌نشست شدن خاک در نقاطی در امتداد پروفیل طولی دامنه می‌باشد. خط قرمزرنگ پروفیل واقعی توپوگرافی منطقه می‌باشد، به‌طوری‌که قرارگیری خط آبی در زیر خط قرمز نشان‌دهنده برداشت خاک و قرار گرفتن آن در بالای خط قرمز، نمایانگر نهشته شدن و رسوب‌گذاری می‌باشد که این رسوب-گذاری در قبل و محل بافرها به‌خوبی نمایش داده شده است. منطقه سایه‌دار در پایین نمودار نیز همان اطلاعات نمایش داده شده را با نرخ‌های واقعی روی محور y نمایش می‌دهد. اگر این مناطق سایه‌دار در زیر خط صفر باشند فرسایش و اگر در بالای خط صفر باشند رسوب‌گذاری اتفاق افتاده است.



شکل ۴. میزان و موقعیت فرسایش نسبی و رسوب دامنه در حالت وجود بافر

همان‌طور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود در قبل از مناطق بافر، عمل ته‌نشست رسوب و در طول زمین‌های کشاورزی عمل برداشت خاک اتفاق افتاده است. به‌طوری‌که حداکثر برداشت و ته‌نشست ذرات خاک در فواصل ۲۵۸ و ۱۱۲ متری از بالای دامنه رخداده که به ترتیب معادل ۵/۰ و ۳۴/۸ کیلوگرم بر مترمربع می‌باشد. ارتفاع رواناب برآورد شده در خروجی دامنه در این سناریو معادل ۳۲/۶۶ میلی‌متر می‌باشد. همچنین در طول قطعه چهارم زمین کشاورزی که به دلیل پوشش‌های یکنواخت گراس‌های چندساله بر روی آن، به‌عنوان یک منطقه بافر عمل کرده است، عمل رسوب‌گذاری اتفاق افتاده است. به‌طوری‌که میزان رسوب به دام افتاده در چهار بافر دامنه با ضخامت‌های مختلف، نشان‌دهنده‌ی رابطه مستقیم ضخامت نوار بافر با میزان رسوب فیلتر شده توسط همان بافر می‌باشد. نوار بافر سوم (از بالای دامنه) به دلیل ضخامت بیشتر و موقعیت بهتر نسبت به دو نوار بالادست خود، حجم رسوب بیشتری را انباشته کرده است.

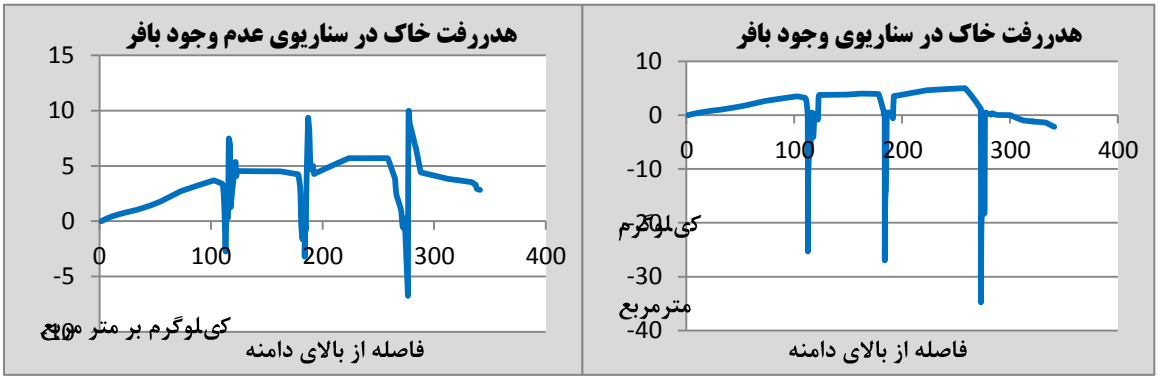
حالت عدم وجود نوارهای بافر در دامنه موردنظر: در این سناریو ابتدا ۴ منطقه بافر روی پروفیل دامنه، با کاربری آیش جایگزین و سپس مدل با تمام شرایط قبلی برای دامنه موردنظر اجرا شد (شکل ۵). به عبارتی ۳ زمین کشاورزی بالادست دامنه تحت کشت جو بهاری و ۴ منطقه بافر دامنه با کاربری آیش با ۱۰ درصد پوشش گیاهی در مدل WEPP شبیه‌سازی شدند.



شکل ۵. نمودار موقعیت و میزان فرسایش نسبی و رسوب دامنه در حالت عدم وجود بافر

در این حالت با استفاده از مدل دامنه WEPP، مقادیر هدر رفت خاک و میزان فرسایش خاک در طول دامنه به ترتیب ۳۷/۱۱ و ۳۵/۲۸ تن در هکتار در سال برآورد شد. بیشترین کنش خاک دامنه در فاصله ۲۷۷ متری از بالای دامنه و بیشترین تهنشست خاک در فاصله ۲۷۵ متری از بالای دامنه اتفاق افتاده است. مدل ارتفاع رواناب دامنه، در صورت عدم وجود مناطق بافر دامنه را معادل ۴۰/۵۴ میلی‌متر برآورد کرد. تجمع رسوب در فاصله‌های ۱۱۲، ۱۸۲ و ۲۷۵ متری از بالای دامنه، ناشی از کاهش ناگهانی شیب قبل از تراس‌ها می‌باشد. از آنجایی که در این سناریو نسبت به سناریوی قبل پروفیل شیب دامنه تغییر داده نشد، بنابراین مقدار رسوب تجمع یافته در قبل از محل بافرهای سابق در این سناریو، ناشی از حضور همین تراس‌ها می‌باشد. به عبارتی اختلاف مقدار رسوب تجمع یافته در قبل از ۳ نوار بافر در این دو سناریو را می‌توان صرفاً به حضور نوارهای بافر نسبت داد. همچنین انباشت رسوب و حفظ خاک توسط نوارهای بافر از یک طرف و شخم مناطق پایین‌دست این نوارها از طرف دیگر در طول زمان این تراس‌ها را به وجود آورده است.

نمودارهای هدررفت خاک دامنه نیز نشانگر منفی شدن مقادیر هدررفت خاک در قبل از مناطق بافر دامنه می‌باشند؛ اما این مقادیر در حالت عدم حضور نوارهای بافر، در محل این نوارها به طور ناگهانی چند برابر شدند (شکل ۶).



شکل ۶. نمودار هدررفت خاک در طول دامنه در دو سناریوی وجود و عدم وجود بافر

همان‌طور که در شکل‌های (۴ تا ۶) مشاهده گردید بافرهای موجود در دامنه توانسته‌اند هم از طریق کاهش شیب در قبل نوارها (در اثر تجمع رسوب در بلندمدت) و هم از طریق فیلتر کردن رواناب در داخل خود، در طول یک سال میزان هدررفت و جابجایی خاک در اثر شخم و رگبارهای شدید را به ترتیب ۲۶ و ۴۹ درصد کاهش دهند. این مهم با نتایج محققانی نظیر Flanagan *et al.*, 2010; Mullan *et al.*, 2016 همخوانی دارد. مدل WEPP میزان رسوب خروجی دامنه لسی مورد مطالعه را معادل ۱۸/۰۸ تن در هکتار در سال برآورد کرد که این مهم به نتایج تحقیق Seyedalipour *et al.*, (2014) که مقدار رسوب اراضی لسی را ۱۰/۷۸ تن در هکتار در سال برآورد کردند نزدیک است. همچنین با بازدید از دامنه موردنظر مشاهده شد که در قبل و محل نوارهای بافر، شکست شیب اتفاق افتاده و حجم زیادی از رسوبات در طول زمان در این مکان‌ها انباشته شده است که این ادعا خود می‌تواند تأیید کننده نتایج مدل باشد (شکل ۷).

شکل ۷. رسوب تجمع یافته و کاهش شیب در قبل از نوار بافر

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که نوارهای بافر گیاهی واقع‌شده در حدفاصل اراضی کشاورزی شیب‌دار لسی، نقش بسیار مهمی را در کاهش میزان فرسایش و رسوب تولیدشده در دامنه موردمطالعه دارند. این نوارها در برابر رواناب‌های شدید، همچون سدهای طبیعی عمل می‌کنند. یعنی علاوه بر کاهش سرعت رواناب، حجم زیادی از رسوب معلق عبوری را فیلتر کرده و انباشته می‌کنند. این عمل فیلتر و انباشته کردن خاک توسط بافرها در طول زمان تراس‌های بین اراضی را به وجود آورده است. سه نوار بافر مورد مطالعه توانسته‌اند میزان ایجاد فرسایش و هدررفت خاک ناشی از رگبارهای شدید و شخم اراضی کشاورزی را در دامنه مورد تحقیق به ترتیب ۱۳/۲ و ۵۶/۲ تن در هکتار در سال کاهش دهند. بنابراین نوارهای بافر گیاهی تأثیر کمتری بر میزان فرسایش ایجادشده بر روی دامنه‌ها در مقایسه با کارایی بسیار مناسب آن‌ها در کنترل رسوب دارند که این موضوع ناشی از مساحت کم بافرها، شیب زیاد دامنه، فرسایش‌پذیری زیاد لس و رسیدن رواناب به آستانه فرسایش در فاصله بین دو ردیف بافر است. به عبارتی موقعیت فعلی نوارهای بافر بیشترین نقش را در فیلتر رواناب و انباشت رسوب ایفا کرده و برای کاهش فرسایش (که اهمیت آن از رسوب به مراتب بیشتر است) باید نوارهای بافر متناسب با موقعیت اراضی و درنظر گرفتن آستانه فرسایش به‌طور بهینه‌ای طراحی شوند. به‌طورکلی نتایج نشان‌دهنده نرخ بالای فرسایش ناشی از شخم در اراضی زراعی لسی می‌باشد. در این مطالعه نتایج مدل WEPP به‌خوبی نقش بافرهای گیاهی را به‌عنوان یک سناریوی حفاظتی کم‌هزینه، کاربردی و قابل‌اجرا در اراضی شیب‌دار لسی محدوده موردمطالعه را در کاهش میزان رسوب، شبیه‌سازی کرد. نتایج نشان داد که در شرایط فعلی دامنه، حفظ و ترمیم وضعیت موجود در اراضی همراه با بافر، طراحی و توسعه این نوارهای حائل گیاهی در سایر اراضی فاقد بافر و عدم شخم ورزی غیرضروری اراضی شیب‌دار به‌عنوان بهترین شیوه مدیریتی پیشنهاد می‌گردد. در این مطالعه سه فایل اقلیم، خاک و توپوگرافی مدل با دقت بالایی تهیه شد. بنابراین در صورت وجود عدم قطعیت در نتایج مدل می‌توان آن را متأثر از فایل مدیریت زراعی دانست. از مهمترین محدودیت‌های مدل WEPP در این مطالعه می‌توان به محدودیت برنامه BPCDG، در ساخت فایل اقلیم برای مدت بیش از یک سال اشاره کرد. همچنین نبود پایگاه داده گیاه برای ساخت فایل مدیریت و داده‌های تشعشع خورشیدی و دمای نقطه شبنم برای ساخت فایل اقلیم در همه ایستگاه‌های کشور، نیز از سایر محدودیت‌های مدل می‌باشد.

REFERENCES

Abbasi, M., Najafi Nejad, A. Sheikh V.B. and Azim Mohseni, M. (2016). Changes in runoff, Soil and nutrient loss in different vegetation cover type in Loess lands. Case study: Kechik Watershed, Golestan province. *Journal of Water and Soil Conservation*, 23(3): 91-108. (In Farsi)

Abbasi Jondani, Sh. (2013). Evaluation the efficiency of WEPP model in estimated of runoff, erosion and sedimentation of Watersheds in semi-arid areas. Case Study: Sanganh Watershed, Khorasan Razavi province. MSc. Thesis. Faculty of Natural Resources and Desert study. Yazd University, 152 pages. (In Farsi)

Abbasi Jondani, Sh., Talebi, A. and Abbasi, A.A. (2015). Localization of climate file of Water Erosion Prediction Project Model (WEPP). Case study: research base Sanganeh, Khorasan Razavi province. *Journal of Water and Soil Conservation*, 22(1): 171-190. (In Farsi)

Abbasi, Sh. and Talebi, A. (2016). Water erosion Modeling using WEPP family Models. Vol.2, Model Run. Yazd University. (In Farsi)

Ahmadi, H., Jafari, M. Golkarian, A. Abrisham, A. and Laflen, J. (2007). Estimation of water erosion and sediment by using WEPP model in the Bararyh Nishabur Watershed. *Journal of Pajouhesh Va Sazandg*i, 75: 161-172. (In Farsi)

Babanejad Afghan, N., Izadpanah, A. and Asghar Zadeh, F. (2010). Assessment of Soil erosion and sediment by ^{137}Cs and 210Pb in Shastkalate Watershed of Golestan Province. MSc. Thesis. Gorgan University of Agricaltioral Scinces and Natural Resources. Faculty of Water and Soil Engineering, 121 pages. (In Farsi)

Borin, M., Passoni, M. Thiene, M. and Tempesta, T. (2010). Multiple functions of buffer strips in farming areas. Europe. *Journal* of *Agronomy*, 32:103-111.

Dosskey, M., Schultz, D. and Isenhart, T. (1997). How to design a riparian buffer for agricultural land. Iowa State University. Department of Forester. University of Nebraska – Lincoln, 5 pages.

Flanagan, D.C. and Livingsto, S.J. (1995). USDA-Water Erosion Prediction Project: WEPP User Summary. USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette, NSERL Report No: 11.

Flanagan, D.S., Elliot, W.J. Frankenberger, J.R. and Huang, C. (2010). WEPP model applications for evaluations of best management practices. USDA-Agricultural Research Service from: https://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_2010_flanagan_d001.pdf.

Gete, Z., Winter. T. and Flanagan, D.C. (1999). BPCDG: Breakpoint Climate Data Generator for WEPP Using observed standard weather data sets. WEPP Technical Support, USDA-ARS NSERL.

Ghadiri, H., Janet, H. Rose, C. Yu, B. and Abedinia, M. (2008). Predicting vegetation buffer efficiency in reducing runoff transport of sediments and nutrients. Australian River Institute, Griffith University, 4 pages.

Golkarian, A. (2004). Estimation of water erosion and sediment using WEPP model in the watershed. Tehran University. MSC. Thesis, 242 pages. (In Farsi)

Hossein, J., Truong, P. Ghadiri, H. Yu, B. and Rose, C. (2007). *Vetiver* buffer strips: Modelling their effect on sediment and nutrient reduction from surface flow. Centre for Riverine Landscapes. Faculty of Environmental Sciences, Griffith University, 13 pages.

Jafari, R. (2015). Simulation of runoff using GIS based models of LISEM and EUROSEM in western sub-catchment of Shahrak-e-Behzisti, Gorgan. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Faculty of Rangeland and Watershed Management. MSC. Thesis. 108 pages. (In Farsi)

Jafari Ardakani, A., Bayat, R. Peyrovan, H.R. Shariat Jafari, M. and Charkhabi, A.H. (2009). Sediment yield and erosion rate of loess deposits of Golestan province in Iran. Iranian Conference of Engineering Geology and the Environment, 4: 1161-1172. (In Farsi)

Jalali fard, A., Hosseinali Zadeh, M. Komaki, Ch.B. and Azim-mohseni, M. (2016). Determine the volume of losses from piping erosion in Loess Iki Aghzly Golestan Province. National Conference on Sustainable Management of Soil and Environmental Resources, 2: 841-851. (In Farsi)

Lobo, G.P. and Bonilla, C.A. (2017). A modeling approach to determining the relationship between vegetative filter strip design and sediment composition. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 237: 45-54

Madadi, A. and Piroozi, E. (2016). Estimation of soil erosion and sediement yield in Lay Chay basin. *Scientific Journals Management System, Researches in Geographical Sciences*. 16(42): 177-195. (In Farsi)

Mahesh, S. and Roy, R.Gu. (2009). Modeling the effects of riparian buffer zone and contour strips on stream water quality. *Ecological Engineering Journals*, 35: 1167-1177.

Mullan, D., Vandaele, K. Boardman, J. Meneely, J. and Crossley, L.H. (2016). Modeling the effectiveness of grass buffer strips in managing muddy floods under a changing climate. *Journal of Geomorphology*, 270: 102-120.

Ownegh, M. and Nohtani, M. (2004). Relationship between geomorphology units and erosion and sediment in Kashidar basin. *Journal Agric. Natur. Sci*, 11(1): 157-170. (In Farsi)

Pajoohesh, M. (2016). Comparison of efficiency MPSIAC and WEPP models with sediment observation to estimate the amount of soil erosion and sediment (Case study: gojan chal namad watershed Chaharmahal VA Bakhtyari province). *Journal of Quantitative Geomorphological Researches*. 4(4): 150-165. (In Farsi)

Pan, D., Gao, X. Dyck, M. Song, Y. Wu, P.and Zhao, X. (2017). Dynamics of runoff and sediment trapping performance of vegetative filter strips: Run-on experiments and modeling. *Science of the Total Environment*. 593-594: 54-64.

Pasandide Fard, Z. (2012). Modeling the non-point pollution using geographic information systems (GIS) to provide the best management practices (BMP) in Gorganrud Watershed. MSc. Thesis. Gorgan University of Agricaltioral Scinces and Natural Resources, 139 pages. (In Farsi)

Raclot, D. and Albergel, J. (2006). Runoff and water erosion modeling using WEPP on a mediterranean cultivated catchment. *Phys. Chem. Earth*, 31: 1038-1047.

Rezaiy, H., Lashkar Por, Gh. Rahnama Rad, J. and Pirandokh, R. (2011). Assessment the Loess of Golestan province, according to Engineering Geology. *Journal of Geotechnical Geology Zahedan Branch*. Islamic azad University, 7(1): 29-40. (In Farsi)

Seyedalipour, H., Feiznia, S. Ahmadi, H. Zare, M.R. and Hosseinali Zadeh, M. (2014). Comaprison of soil erosion by ^{137}Cs and RUSLE-3D for Loess deposits North-East of Iran. Study area: Agh-Emam Catchment. *Journal of Water and Soil Conservation*, 21(5): 27-47. (In Farsi)

Seyed Olama, S.N., Asadi, H. and Zavareh, M. (2016). Effect of tillage erosion on soil displacement and productivity (Case Study: Tutkabon, Guilan). *Iranian journal of soil and water research*. 46(4): 769-780. (In Farsi)

Sheila, M. (2012). Evaluating best management practices for minimized pesticides transport with the wepp-ui model. A Thesis Presented to the Faculty of the Graduate School of Cornell University. MSC. Thesis, 99 pages.

Singh, R.K., Panda, R.K. Satapathy K.K. and Ngachan, S.V. (2012). Runoff and sediment yield modelling for a Treated hilly Watershed in eastern Himalaya using the Water Erosion Prediction Project Model. *Water Resour Manage*, 26: 643-665.

Stehle, S., Dabrowski, J.M. Bangert, U. and Schulz, R. (2016). Erosion rills offset the efficacy of vegetated buffer strips to mitigate pesticide exposure in surface waters. *Science of the Total Environment Journals*, 545-546: 171-183.

Talebi, A. and Abbasi, Sh. (2016). Water erosion Modeling using WEPP family Models. Vol.1, Model structure. Yazd University. (In Farsi)

Tolabi, S., Abedini, M. and Esmaeli Ory, A. (2015). The Evaluation Efficiency of WEPP Model to Predict Sediment Yield in Sulachai Watershed in Ardabil. *Journal of Watershed Management Research*, 6(12): 184-192. (In Farsi)

Zarei, H., Najafi Nejad, A. Hosseinali Zade, M. and Alipor, K. (2016). Volume losses from ephemeral gully erosion in agricultural lands in Golestan Province Watershed Iki Aghzly. National Conference on Sustainaible Management of Soil and Environmental Resources, 2: 353-355. (In Farsi)