

## برآورد مقدار هدررفت خاک ناشی از فرسایش های سطحی و آبکندی در حوزه آبخیز دشت جیحون شهرستان بندر خمیر

مهتاب زمانی راد<sup>۱\*</sup>، میثم صمدی<sup>۲</sup>، امیرپیام مسلم<sup>۳</sup>، علیرضا کمالی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دکتری مهندسی منابع آب، اداره مهندسی و مطالعات، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان هرمزگان، بندرعباس  
<sup>۲</sup>دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، گروه منابع طبیعی و آبخیزداری، شرکت مهندسی مشاور ایده پردازان توسعه، تهران  
<sup>۳</sup>کارشناسی مرتع و آبخیزداری، گروه منابع طبیعی و آبخیزداری، شرکت مهندسی مشاور ایده پردازان توسعه، تهران  
<sup>۴</sup>دکتری هواشناسی مخاطرات اقلیمی، اداره مهندسی و مطالعات، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان هرمزگان، بندرعباس  
✉ ایمیل نویسنده مسئول: iut\_mahtab82@yahoo.com

### چکیده:

هدف از تحقیق حاضر، برآورد مقدار هدررفت خاک ناشی از فرسایش های سطحی و آبکندی در حوزه آبخیز دشت جیحون شهرستان بندر خمیر می باشد. بدین منظور جهت برآورد فرسایش های سطحی از مدل های WaTEM/SEDEM و RUSLE استفاده شد. جهت برآورد مقدار فرسایش آبکندی ابتدا بر روی آبکندهای منطقه تصویربرداری پهپاد با GSD ۳ سانتی متر انجام شده و نقشه گسترش آبکندها استخراج شد. سپس با اندازه گیری مشخصات مورفومتریک آبکندها، مقدار هدررفت خاک ناشی از فرسایش آبکندی برآورد گردید. نتایج نشان داد، متوسط فرسایش خاک ناشی از فرسایش های سطحی در منطقه مورد مطالعه به طور متوسط حدود ۳/۴۰ تن در هکتار در سال است. مقدار کل هدررفت خاک در اثر فرسایش آبکندی به طور متوسط حدود ۵۲ هزار تن در سال، برآورد شد. بر این اساس میانگین ۵۶ ساله (دوره ۱۴۰۲-۱۳۴۶) هدررفت خاک در اثر فرسایش آبکندی حدود ۱۲ تن در هکتار در سال محاسبه شد. در نهایت مقدار کل سالانه هدررفت خاک در اثر انواع فرسایش در حوزه آبخیز جیحون، معادل حدود ۱۵/۴ تن از هر هکتار در سال برآورد شد.

واژگان کلیدی: فرسایش، آبکند، WaTEM/SEDEM، RUSLE، پهپاد

### ۱- مقدمه

فرسایش خاک بعنوان مهمترین عامل تخریب خاک (Panagos et al, 2015) و یک عنصر کلیدی در بسیاری از مناطق دنیا معرفی شده است (Sidle et al, 2019). فرآیند فرسایش خاک شامل جداسازی، انتقال و ته نشینی رسوبات در محلی دیگر است (Foster et al., 1977; Wischmeier and Smith, 1978). فرسایش به دو رده کلی آبی و بادی تقسیم می شود. انواع فرسایش آبی عبارتند از پاشمان، ورقه ای

# هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8<sup>th</sup> Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024  
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲  
دانشگاه هرمزگان

(سطحی یا بین شیاری)، شیاری، آبکندی و آبراهه ای. فرسایش آبی می تواند در سرتاسر دنیا به عنوان یک از مهمترین عوامل برای جابجایی توده خاک مشاهده می شود. مدل های فیزیکی فرسایش خاک موجود هم از نظر تعداد و هم از نظر جنبه دقت زمانی و مکانی متغیرها نیاز داده ای فراوانی دارند؛ بنابراین فقدان و یا کمبود داده های ورودی موانعی را در کاربرد موفقیت آمیز مدل های فیزیکی برآورد فرسایش خاک به وجود می آورد. از طرف دیگر مدل های تجربی با نیاز داده ای کم، برای مناطق ویژه ای واجد کورت های فرسایشی طراحی شده اند (Nigel and Rughooputh, 2010). مدل RUSLE به طور گسترده ای در سراسر جهان مورد استفاده قرار می گیرد (Amore et al, 2004). Getu و همکاران (۲۰۲۲) به برآورد شدت فرسایش با استفاده از مدل RUSLE و GIS در حوزه آبخیز مگج، اتیوپی پرداختند. نتایج نشان داد میانگین سالانه هدررفت خاک حوضه ۳۲/۸۴ تن در هکتار در سال می باشد. از طرف دیگر مدل WaTEM/SEDEM مدل فرسایش خاک و رسوب دهی با توزیع مکانی می باشد که مدل فرسایش آبی و خاک ورزی (WaTEM) و مدل تحویل رسوب SEDEM را ترکیب می کند. این مدل براساس معادله تجدیدنظر شده جهانی هدررفت خاک (RUSLE) استوار است و جهت پیش بینی تحویل رسوب در شبکه زهکشی از معادله ظرفیت انتقال رسوب استفاده می نماید (Verstraeten et al., 2002). پژوهش های انجام شده به کمک این مدل نشان دهنده تخمین های درست از توزیع مجدد خاک رسوب گذاری شده و نسبت تحویل رسوب در اراضی تپه ای بوده است (Haregeweyn et al, 2013). حسینعلی زاده و علی نژاد (۱۳۹۸) به بررسی کارایی مدل WaTEM/SEDEM جهت برآورد فرسایش در زیرحوضه نمونه کچیک مراوه تپه واقع در استان گلستان پرداختند. نتایج نشان داد که میانگین فرسایش و رسوب برای کل حوضه به ترتیب ۱/۴۶ و ۰/۸۵ تن در هکتار در سال و میزان تحویل رسوب ۰/۵۸ برآورد شده است. در تحقیق حاضر از سه روش به منظور برآورد فرسایش و رسوب حوزه آبخیز جیحون استفاده شد. با توجه به اینکه حوضه از دو بخش آبکندی و غیر آبکندی تشکیل شده است و مدل های رایج توانایی برآورد فرسایش آبکندی را ندارند، لذا فرسایش آبکندی به صورت جداگانه و با استفاده از تصاویر پهپاد برآورد شده و فرسایش سطحی با استفاده از مدل های WaTEM/SEDEM و RUSLE برآورد شده و در نهایت برآورد کلی از فرسایش های سطحی و آبکندی برای کل حوضه ارائه شد.

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز جیحون به مساحت ۲۰۲۷۶/۷۶ هکتار در مختصات جغرافیایی ۳۵° ۵۶' تا ۲۱° ۱۱' ۵۵' طول شرقی و ۳۹° ۱۳' ۲۷' تا ۴۰° ۲۰' ۲۷' عرض شمالی قرار دارد. بیش ترین و کم ترین ارتفاع منطقه به ترتیب ۱۲۲۹/۷۳ و ۲۹۷/۸۸ متر است. حوزه آبخیز جیحون در استان هرمزگان و شهرستان بندرخمیر واقع شده است. روستاهای داخل منطقه شامل دشت جیحون و تنگه دالان می باشد.

### ۲-۲- برآورد مقدار فرسایش های سطحی با استفاده از مدل WaTEM/SEDEM

برای برآورد میزان فرسایش های سطحی (ورقه ای و شیاری) در منطقه مورد مطالعه از مدل WaTEM/SEDEM، استفاده شد. ورودی های مدل عبارتند از: ۱) مدل رقومی ارتفاع (DEM): به منظور تهیه نقشه DEM محدوده از نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور استفاده شد. ۲) رتبه بندی آبراهه (Stream Order): جهت تهیه نقشه رتبه بندی آبراهه ها از نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور استفاده شد. به منظور رتبه بندی آبراهه ها نیز از متداول ترین روش یعنی روش استرالر استفاده شد. ۳) نقشه طبقه بندی اراضی (Parcel Map): این نقشه مجموع نقشه کاربری اراضی و نقشه رودخانه های منطقه می باشد که طبق راهنمای مدل برای هر طبقه کد مخصوص به خود (مناطق مسکونی و غیرقابل فرسایش: ۱-، رودخانه و آبراهه: ۲-، مناطق خارج از محدوده: صفر، اراضی کشاورزی: ۱۰، باغات: ۱۰۰۰۰ و مراتع: ۲۰۰۰۰) اختصاص پیدا می کند و پارامترهای مدل RUSLE شامل: ۴) فرساینده گی باران (R): برای برآورد فرساینده گی باران

از آمار بارندگی ۲۳ ساله ایستگاه‌های تنگ دالان و ایلچی استفاده شد. عامل فرساینده‌گی بر حسب مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت سال ( MJ  $\text{mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{y}^{-1}$  ) از معادله رینارد و فریموند (Renard and Freimund, 1994) برآورد شد:

$$R - \text{Factor} = 0.07397MF^{1.847} \quad (1)$$

که در آن، MF شاخص فورنیه اصلاح شده است و از معادله زیر محاسبه می‌شود:

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

که در آن، MF شاخص فورنیه اصلاح شده،  $P_i$  بارش ماهانه و  $P$  متوسط بارندگی در دوره‌ی ۲۳ ساله می‌باشد.

(۵) عامل پوشش گیاهی (C): در منطقه مورد مطالعه عامل C با استفاده از شاخص SAVI (معادله ۴) که متناسب با مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد، محاسبه و نقشه آن در محیط ArcMap تهیه شد.

$$SAVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED+L} (1+L) \quad (3)$$

که در آن، SAVI شاخص گیاهی با تعدیل اثر خاک، NIR میزان انعکاس تصویر در باند مادون قرمز نزدیک، RED میزان انعکاس تصویر در باند قرمز و L فاکتور تصحیح برای تراکم‌های مختلف پوشش گیاهی بعد از محاسبه شاخص‌های گیاهی تصاویر ماهواره‌ای در دو تاریخ متفاوت از صفر تا یک تعیین می‌شود، عدد صفر نشان‌دهنده منطقه با پوشش گیاهی بالا، ۰/۵ مختص پوشش گیاهی متوسط و عدد یک برای مناطق با پوشش گیاهی خیلی کم می‌باشد.

$$C = \frac{(1-SAVI)}{2} \quad (4)$$

در اینجا نیز C عامل پوشش گیاهی و SAVI شاخص گیاهی مذکور است. (۶) عامل فرسایش پذیری خاک (K): عامل فرسایش پذیری خاک بر اساس نقاط مطالعاتی پروفیل‌های مطالعه خاکشناسی (ایده پردازان توسعه، ۱۴۰۲) با استفاده از رابطه شارپ و ویلیامز (۱۹۹۷) (معادله ۵) برآورد شد:

$$K = \left( 0.2 + 0.3e^{\left[ -0.0256SAN \left( 1 - \frac{SIL}{100} \right) \right]} \right) \times \left( \frac{SIL}{CLA+SIL} \right)^{0.3} \times \left[ 1 - \frac{0.25C}{C + e^{(8.72-2.95C)}} \right] \times \left[ 1 - \frac{0.7SN_1}{SN_1 + e^{(22.9SN_1-5.51)}} \right] \quad (5)$$

که در آن، SAN درصد شن و ماسه، درصد ماده آلی، SIL درصد سیلت،  $SN_1 = (1 - SAN/100)$ ، CLA درصد رس و OM درصد ماده آلی می‌باشد. (۷) عامل توپوگرافی (LS): عامل توپوگرافی با استفاده از نقشه DEM و در نرم افزار SAGA GIS تهیه شد. (۸) عامل حفاظتی (P): این عامل که نشان‌دهنده عملکرد حفاظتی می‌باشد با استفاده از نظر کارشناسی تعیین گردید. نقشه‌های پارامترهای ورودی مدل پس از تهیه در محیط نرم افزار ArcMap، به فرمت ورودی ایدریسی (\*.rst) درآمدند. در این مدل لازم است کل داده‌های ورودی دارای پیکسل سائز یکسان ۲۰ در ۲۰ متر و تعداد ردیف و ستون‌های برابر بوده، به نحوی که تمام سلول‌ها کاملاً بر هم منطبق باشند.

## ۲-۳- تهیه نقشه واحدهای همگن فرسایش‌های سطحی با استفاده از مدل RUSLE

مدل RUSLE (Renard et al., 1991) طبق مطالعات انجام‌شده از توسعه معادله جهانی هدررفت خاک که جهت برآورد نرخ فرسایش شپاری و ورقه‌ای در اراضی کشاورزی توسط ویشمایر و اسمیت ۱۹۷۸، در ۲۶ ایالت آمریکا با جمع‌آوری اطلاعات فرسایش خاک از ۳۶ ایستگاه تحقیقاتی به دست آمده بود، حاصل شده است. در این مدل پس از ضرب لایه‌ها در محیط نرم افزار Arcmap، مقدار متوسط هدررفت خاک بر حسب تن بر هکتار به دست آمد.

# هشتمین همایش ملی انجمن رسوب‌شناسی ایران



**8<sup>th</sup> Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024**  
**University of Hormozgan**

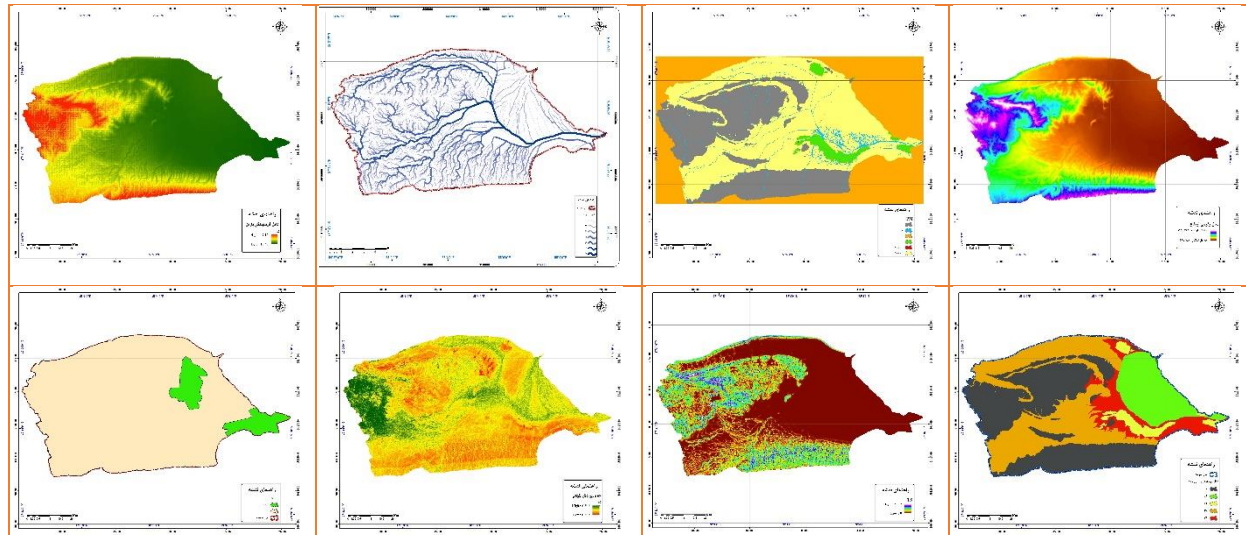
۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲  
 دانشگاه هرمزگان

## ۲-۴- برآورد مقدار فرسایش آبکندی با استفاده از تصاویر پهپاد

به منظور برآورد مقدار فرسایش آبکندی ابتدا بر روی آبکندهای حوضه، ابتدا با استفاده از پهپاد پهپاد سحاب E2 با GSD ۳ تا ۶ سانتی متر تصویربرداری انجام شد سپس نقشه گسترش آبکندهای منطقه از روی تصاویر ارتوفتوی پهپاد استخراج گردید. ویژگی‌های مورفومتری آبکندها شامل عمق با استفاده از DSM پهپاد و در نرم افزار Global Mapper در ۴۸۱ نقطه از آبکندها اندازه‌گیری شد. جهت تعیین کل هدر رفت خاک ناشی از فرسایش آبکندی از متوسط عمق و گسترش سطحی آبکندها شد. همچنین جهت تعیین تناژ فرسایش آبکندی از مقدار گسترش فرسایش آبکندی در بازه زمانی ۱۳۷۷ تا ۱۴۰۲ استفاده شد. بدین منظور نقشه گسترش آبکندها در سال ۱۳۴۶ با استفاده از عکس‌های هوایی سازمان نقشه‌برداری با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ تهیه و با نقشه گسترش آبکندها در سال ۱۴۰۲ مقایسه و میزان گسترش آبکندها محاسبه گردید. سپس با استفاده از متوسط عمق و گسترش سطحی آبکندها مقدار تناژ فرسایش آبکندی به دست آمد.

## ۳- نتایج

نقشه‌های پارامترهای ورودی مدل‌های WaTEM/SEDEM و RUSLE که در محیط نرم افزار ArcMap تهیه شده است در شکل زیر نشان آورده شده است.



شکل ۱: ورودی‌های مدل‌های WaTEM/SEDEM و RUSLE

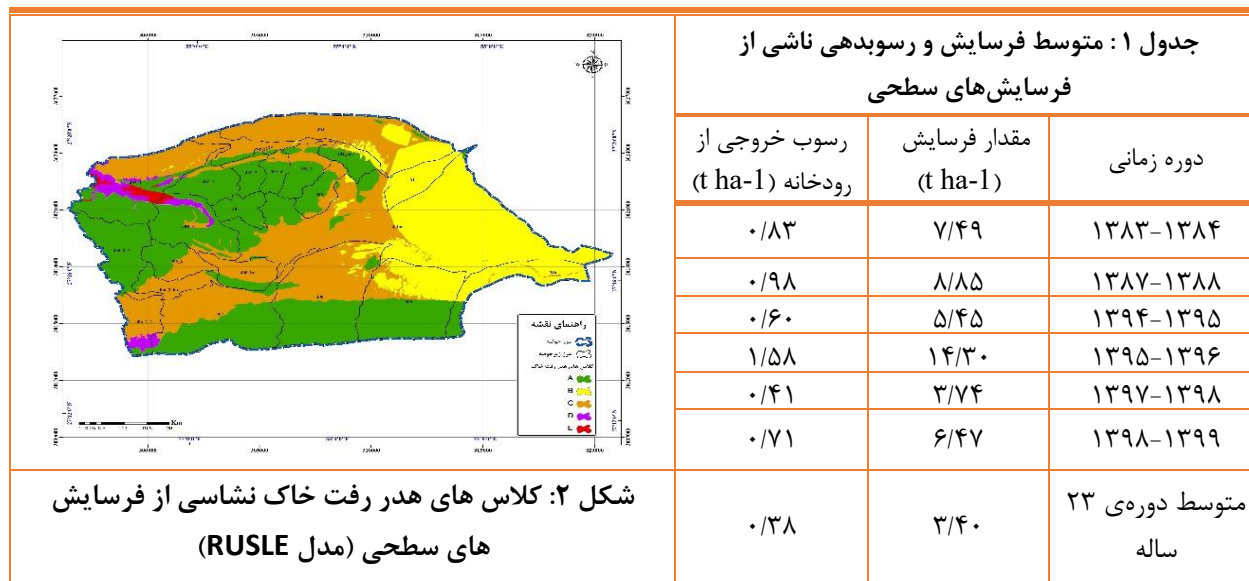
با اجرای مدل WaTEM/SEDEM 2004 برای متوسط دوره‌ی ۲۳ ساله و همچنین سال‌های پربارش (اوج فرسایندها) متوسط هدررفت خاک و رسوبدهی ناشی از فرسایش‌های سطحی محاسبه شد که نتایج حاصل در جدول شماره (۱) آمده است. در مدل RUSLE پس از ضرب لایه‌ها در محیط نرم افزار Arcmap، مقدار متوسط هدررفت خاک طبق نقشه زیر ۳/۳ تن بر هکتار به دست آمد.

# هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران

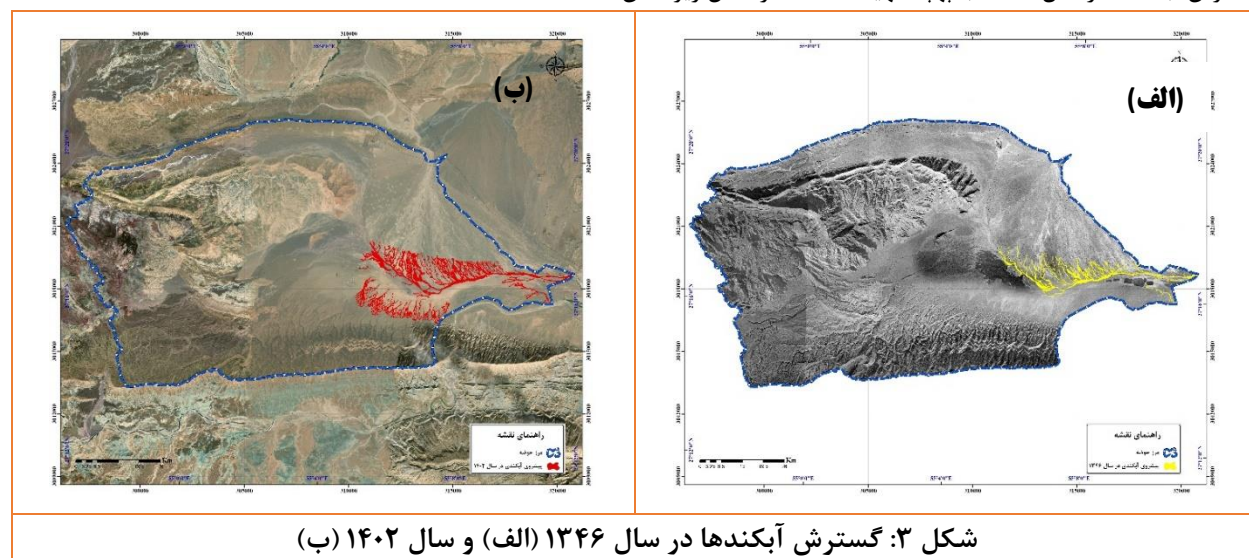


**8<sup>th</sup>** Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024  
**University of Hormozgan**

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲  
دانشگاه هرمزگان



بر اساس این نقشه، مناطق با فرسایش کلاس A ۰-۲ تن در هکتار در سال، مناطق با فرسایش کلاس B ۲-۵ تن در هکتار در سال، مناطق با فرسایش کلاس C ۵-۸ تن در هکتار در سال، مناطق با فرسایش کلاس D ۸-۱۰ تن در هکتار در سال و مناطق E ۱۰-۱۳ تن در هکتار در سال فرسایش دارند. نقشه گسترش آبکندها در سال ۱۳۴۶ با استفاده از عکس های هوایی سازمان نقشه برداری با مقیاس ۱:۲۰۰۰ و نقشه گسترش آبکندها در سال ۱۴۰۲ با پهپاد تهیه شده که در شکل زیر نشان داده شده است.



# هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



**8<sup>th</sup> Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024**  
**University of Hormozgan**

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲  
دانشگاه هرمزگان

بررسی روند ۵۶ ساله گسترش آبکندهای حوزه آبخیز جیحون نشان می‌دهد در طی این ۵۶ سال این آبکندها ۱۹۳/۷۵ هکتار پیشروی داشته است که در اثر آن حجم خاکی معادل ۱,۹۵۶,۸۸۹ متر مکعب معادل ۲,۹۳۵,۳۳۳ تن فرسایش پیدا کرده و از دسترس خارج شده است.

| جدول ۲: برآورد فرسایش آبکندی در بازه زمانی ۵۶ ساله (۱۳۴۶ تا ۱۴۰۲) |                                        |                                                         |                                                           |                               |                                                                |                                                          |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| سطح آبکند<br>در سال<br>۱۳۴۶<br>(هکتار)                            | سطح آبکند<br>در سال<br>۱۴۰۲<br>(هکتار) | گسترش آبکندها<br>بین سال‌های<br>۱۳۴۶ تا ۱۴۰۲<br>(هکتار) | گسترش آبکندها<br>بین سال‌های<br>۱۳۴۶ تا ۱۴۰۲<br>(مترمربع) | میانگین<br>عمق آبکند<br>(متر) | حجم فرسایش<br>آبکندی در سری<br>زمانی ۱۳۴۶ تا<br>۱۴۰۲ (مترمکعب) | وزن خاک از دست<br>رفته در سری زمانی<br>۱۳۴۶ تا ۱۴۰۲ (تن) |
| ۱۳۲/۶۴                                                            | ۳۲۶/۳۹                                 | ۱۹۳/۷۵                                                  | ۱,۹۳۷,۵۱۳                                                 | ۱/۰۱                          | ۱,۹۵۶,۸۸۹                                                      | ۲,۹۳۵,۳۳۳                                                |

مقدار کل هدر رفت خاک در اثر فرسایش آبکندی در حوزه آبخیز جیحون، در جدول (۳) آورده شده است. با توجه به این جدول، مقدار کل حجم فرسایش آبکندی برابر با ۳,۲۹۶,۵۲۳ مترمکعب بوده که با فرض وزن مخصوص ۱/۵ برای خاک‌های منطقه، مقدار هدررفت خاک در اثر فرسایش آبکندی در حوضه، برابر با ۴,۹۴۴,۷۸۴ تن می‌باشد.

| جدول ۳: برآورد فرسایش آبکندی در بازه زمانی ۵۶ ساله (۱۳۴۶ تا ۱۴۰۲) |                                |                            |                                |                           |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| سطح آبکندهای<br>حوضه (هکتار)                                      | سطح آبکندهای<br>حوضه (مترمربع) | میانگین عمق<br>آبکند (متر) | حجم فرسایش<br>آبکندی (مترمکعب) | مقدار هدر رفت<br>خاک (تن) |
| ۳۲۶/۳۹                                                            | ۳,۲۶۳,۸۸۴                      | ۱/۰۱                       | ۳,۲۹۶,۵۲۳                      | ۴,۹۴۴,۷۸۴                 |

بررسی گسترش آبکندها در دوره زمانی ۵۶ ساله از سال ۱۳۴۶ تا ۱۴۰۲ نشان می‌دهد مجموع ۵۶ ساله گسترش سطحی این آبکندها ۱۹۳/۷۵ هکتار بوده است. مقدار کل هدررفت خاک در اثر فرسایش آبکندی به طور متوسط حدود ۵۲ هزار تن در سال، برآورد شد. هرچند مساحت حوزه آبخیز جیحون (۲۰۲۷۶/۷۶ هکتار) مشخص است اما به منظور برآورد میزان هدررفت خاک در واحد سطح ناشی از فرسایش آبکندی ضروری بود مساحت محدوده آبخیز آبکندها تعیین شود. بر این اساس مساحت حوزه آبکندهای محدود مطالعات حدود ۴۴۰۹ هکتار تعیین شد. بر این اساس میانگین ۵۶ ساله (دوره ۱۳۴۶-۱۴۰۲) هدررفت خاک در اثر فرسایش آبکندی حدود ۱۲ تن در هکتار در سال محاسبه شد. بر اساس مدلسازی و برآوردهای انجام شده، میانگین هدررفت خاک ناشی از فرسایش‌های سطحی در حدود ۳/۴ تن در هکتار در سال در سال برآورد شد. مقدار کل سالانه هدررفت خاک در اثر انواع فرسایش در حوزه آبخیز جیحون، معادل حدود ۱۵/۴ تن از هر هکتار در سال برآورد شد.

## ۴- بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر از سه روش به منظور برآورد فرسایش و رسوب حوزه آبخیز جیحون استفاده شد. با توجه به اینکه حوضه از دو بخش آبکندی و غیر آبکندی تشکیل شده است و مدل‌های رایج توانایی برآورد فرسایش آبکندی را ندارند، لذا فرسایش آبکندی به صورت جداگانه و با استفاده از تصاویر پهپاد برآورد شده و در نهایت برآورد کلی از فرسایش‌های سطحی و آبکندی برای کل حوضه ارائه شد. بدین منظور از مدل WaTEM/SEDEM که توانایی برآورد رسوب را نیز دارد استفاده شد. از طرف دیگر با توجه به اینکه مدل WaTEM/SEDEM نقشه ارائه نمی‌دهد لذا از مدل RUSLE بدین منظور استفاده شد. در بخش فرسایش آبکندی نیز از روش مبتنی بر مورفومتری آبکندها استفاده شد و با استفاده از سطح و عمق آبکندها میزان هدر رفت خاک در اثر فرسایش آبکندی برآورد گردید. بر اساس مدل‌سازی و برآوردهای انجام

# هشتمین همایش ملی انجمن رسوب‌شناسی ایران



**8<sup>th</sup>** Symposium of Sedimentological  
Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024  
**University of Hormozgan**

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲  
دانشگاه هرمزگان

شده با استفاده از مدل‌های WaTEM/SEDEM و RUSLE. میانگین هدررفت خاک ناشی از فرسایش‌های سطحی در حدود ۳/۴ تن در هکتار در سال و هدررفت خاک در اثر فرسایش آبکندی حدود ۱۲ تن در هکتار در سال می‌باشد. در نتیجه مقدار کل سالانه هدررفت خاک در اثر انواع فرسایش در حوزه آبخیز جیحون، معادل ۱۵/۴ تن از هر هکتار در سال برآورد شد. با توجه به کاربری‌های حوزه، در حدود ۴۰ درصد از سطح حوزه برونزد سنگی و مناطق غیر قابل فرسایش بوده و عملاً فرسایشی ندارند. از طرف دیگر اصلی‌ترین مناطق فرسایشی حوزه مربوط به آبکندها بوده که ۱/۶۱ درصد حوزه را شامل می‌شود از طرفی خود این آبکندها نیز عمدتاً از نوع آبکندهای کم‌عمق بوده و در مقایسه با آبکندهای بسیار عمیق و دائمی توان رسوب‌زایی کم‌تری دارند. در نتیجه محدوده باقیمانده شامل حدود ۵۵ درصد از سطح حوزه می‌باشد که مراتع با پوشش گیاهی دارای حدود ۲۰ درصد تاج پوشش را در برمی‌گیرد. این مراتع نیز با برخورداری از سنگریزه، از فرسایش شدید در امان بوده و در نتیجه میانگین فرسایش‌های سطحی در سطح این مراتع را کاهش می‌دهد. لذا نتایج تحقیق حاضر با تحقیق اکبریان و همکاران (۱۳۹۱) که در خصوص فرسایش دشت جیحون صورت پذیرفته است، همخوانی دارد.

## مراجع

- اکبریان، محمد، کابلی، سید حسن، مرادی، نواز، ۱۳۹۱. مقایسه عملکرد فرسایش‌های آبی و بادی در تخریب اراضی مناطق خشک و نیمه خشک (مطالعه موردی: دشت جیحون شهرستان خمیر، استان هرمزگان). نشریه علمی - پژوهشی مرتع و آبخیزداری. 433-448 (4): 65.
- حسینعلی زاده، محسن، علی نژاد، محمد. بررسی کارایی مدل WaTEM/SEDEM جهت برآورد فرسایش آبی و خاک‌ورزی (مطالعه موردی: زیر حوزه نمونه کچیک؛ مراوه‌تپه - استان گلستان). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. 163-178. 27(2): 1399.
- Amore, E., C. Modica, M.A. Nearing, V.C. Santoro. 2004. Scale effect in USLE and WEPP application for soil erosion computation from three Sicilian basins. *Journal of Hydrol.* 293, 100-114.
- Foster, G.R., Meyer, L.D., Onstad, C.A., 1977, Erosion equation derived from basic erosion principles, *Trans. Am. Soc. Agri. Eng.*, 20, 678-682.
- Getu, L. A., Nagy, A., Addis, H. K. 2022. Soil loss estimation and severity mapping using the RUSLE model and GIS in Megech watershed, Ethiopia. *Environmental Challenges.* 8, 100560.
- Haregeweyn, N., Poesen, J., Verstraeten, G., Govers, G., de Vente, J., Nyssen, J., Moeyersons, J. 2013. Assessing the performance of a spatially distributed soil erosion and sediment delivery model (WATEM/SEDEM) in Northern Ethiopia. *Land Degradation & Development.* 24 (2), 188-204.
- Nigel, R. and Rughooputh, S.D., 2010. Soil erosion risk mapping with new datasets: An improved identification and prioritization of high erosion risk areas. *Catena*, 82(3), pp.191-205.
- Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., Montanarella, L., Alewell, C., 2015, the new assessment of soil loss by water erosion in Europe, *Environ. Sci. Policy*, 54, 438-447.
- Renard, K. G., & Freimund, J. R. 1994. Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Journal of hydrology*, 157(1-4), 287-306.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., Porter, J.P., 1991. RUSLE: revised universal soil loss equation. *J. Soil Water Conserv.* 46, 30-33.
- Sidle, R.C., Jarihani, B., Kaka, S.I., Koei, J., Al-shaibani, A., 2019, Hydrogeomorphic processes affecting dryland gully erosion: Implications for modelling, *Progr. Phys. Geogr. Earth Environ.*, 43(1), 46-64.
- Verstraeten, G., Van Oost, K., Van Rompaey, A., Poesen, J., Govers, G. 2002. Evaluating an integrated approach to catchment management to reduce soil loss and sediment pollution through modelling. *Soil Use Manag.* 18, 386-394.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978, Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning, *Predict. Rainfall Eros. Losses- A guide Conserv. Plan*, 537, 62-67.