



برآورد میزان رسوبگذاری در ایستگاه پخش سیلاب گناباد با استفاده از داده- های راداری سنتینل

ایرج شکری^{۱*} میثم داودآبادی^۲ کورش کمالی^۲ عبدالنبی عبده کلاهچی^۴

- ۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد موسسه آموزش عالی غیردولتی غیرانتفاعی حکمت قم و کارشناس پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
- ۲- استادیار موسسه آموزش عالی حکمت قم
- ۳- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
- ۴- عضو هیات علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
(irajshokri1113@gmail.com)

چکیده

بررسی روند رسوبگذاری خاک در پروژه‌های پخش سیلاب بر آبخوان می‌تواند در فرآیند طراحی سازه‌ها و همچنین مدیریت شبکه‌های پخش سیلاب مؤثر باشد. در میان روش‌های مختلف برآورد فرسایش خاک و رسوب، تداخل سنجی تفاضلی راداری به دلیل پوشش وسیع تصاویر ماهواره‌ای، بهنگام بودن و پایین بودن هزینه آنها نسبت به سایر روش‌های میدانی، روشی کارآمد در اندازه‌گیری جابجایی سطح زمین است. بدین سبب از این تکنیک در شناسایی و برآورد میزان فرسایش خاک و رسوبگذاری عرصه پخش سیلاب بر آبخوان گناباد استفاده شد. نتایج نشان داد که انطباق خوبی بین مقادیر رسوب محاسبه‌ای و مشاهده‌ای وجود دارد. بطوری‌که روابط متغیر فرسایش و رسوب با نمونه‌های مشاهده‌ای، دارای ضریب تشخیص ۰٫۶ درصد و ضریب همبستگی قوی ۰٫۷۸ بود. همچنین با در نظر گرفتن ابعاد پیکسل سائز مدل رقوم ارتفاعی ۱۰ متر حاصله از پردازش اینترفرومتری راداری، در مساحت ۱۲۸۰ هکتاری فاز ۲ عرصه پخش سیلاب، کل رسوبگذاری ۲۶۷۰۳۸۵ مترمکعب با متوسط افزایش رسوب ۰٫۲۸ متر برآورد گردید. لذا استفاده از تصاویر راداری سنتینل-۱، برای مناطق هموار و بدون عوارض مسطحاتی و یا عوارض مسطحاتی بیشتر از ۱۰ متر بسیار مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: رسوب گذاری، تداخل سنجی تفاضلی، سنجش از دور، گناباد

مقدمه

ورود حجم زیادی از سیلاب محتوی بار معلق موجب رسوبگذاری در شبکه‌های پخش سیلاب می‌شود. شناخت تغییرات مکانی ضخامت رسوب، زمینه را در ارائه پیشنهادات راهبردی و بهینه‌سازی طراحی شبکه‌ها فراهم خواهد نمود. لذا ضرورت دارد میزان این تغییرات در طول زمان بررسی شده و با استفاده از نتایج به دست آمده، روش مناسبی در راستای افزایش بهره‌وری این طرح‌ها ارائه گردد (طغرلی، ۱۳۸۴). از سوی دیگر پدیده فرسایش آبی حاصل اثرات متقابل مجموعه عواملی است که در طول زمان و مکان تغییر نموده و هیچ مدل ساده‌ای وجود ندارد که بتواند تمام این عوامل را مورد بررسی قرار دهد (محمودآبادی و همکاران، ۱۳۸۴). مدل‌های زیادی جهت تعیین میزان رسوب به طور مستقیم وجود دارند که در میان آنها مدل MPSIAC به دلیل لحاظ نمودن فاکتورهای بیشتر نسبت به سایر مدل‌ها برای برآورد رسوب حوزه در نظر گرفته شده است (بیات و همکاران،

* نویسنده مسئول: ایرج شکری irajshokri1113@gmail.com

سامانه های سطوح آبگیر باران



انجمن بین‌المللی سنجش از دور



(۱۳۸۵). باتوجه به توسعه روزافزون فن آوری، هر روزه روشها و ابزارهای جدید از جمله فن آوری تداخل سنجی تفاضلی یا تداخل سنجی راداری (InSAR) معرفی شده است (غضبان، ۱۳۸۸) و (Keller & DeVecchio, 2012). در تداخل سنجی راداری، فاز حاصل از دو تصویر گرفته شده از یک منطقه معین جهت تولید تداخل نگار، تداخل داده می شود. در واقع، تداخل نگار حاصل ضرب مختلط دو تصویر راداری است. اختلاف فاز موجود در دو تصویر به صورت لبه یا حاشیه در تداخل نگار نمایش داده شده که هر حاشیه یا لبه مشاهده شده به اختلاف فازی مربوط است. تداخل نگار فراهم شده به روش InSAR قابلیت نمایش تغییرات ارتفاعی و ناهمواری ها را دارد.

حقیقت مهر و همکاران (۱۳۹۰) فرونشست دشت هشتگرد را با استفاده از روش تداخل سنجی راداری و سامانه موقعیت یابی جهانی اندازه گیری کرده و آهنگ قابل توجه فرونشست ۴۷ میلی متر در ماه را شناسایی و علت رخداد آن را استخراج بی رویه آب های زیرزمینی این منطقه بیان نمودند. شریفی کیا (۱۳۹۱) فرونشست دشت نوق - بهرمان را با استفاده از تصاویر ماهواره ای Envisat و ماهواره های ژاپنی ALOS در بازه زمانی ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹ با روش تداخل سنجی متداول مطالعه نمود و نرخ سالیانه ۳۰ سانتی متر در سال را برای این دشت برآورد نمود. راستگو و همکاران (۱۳۸۵) مقدار فرسایش و رسوب حوزه آبخیز تنگ کنشتبا مدل های MPSIAC و EPM۳ را به کمک GIS برآورد کردند و نتیجه گرفتند که مدل MPSIAC نتایج بهتری را نسبت به مدل EPM برای حوزه مورد نظر ارائه داده است. هدف از این تحقیق برآورد فرسایش و رسوب با داده های ماهواره ای و سامانه اطلاعات جغرافیایی با استفاده از مدل MPSIAC در حوزه آبخیز مورد نظر و بررسی میزان همخوانی رسوب برآورد شده از طریق مدل تجربی MPSIAC با رسوب اندازه گیری شده در ایستگاه رسوب سنجی نهارخوران، شناسایی و اولویت بندی عوامل خطر به ترتیب اهمیت آنها بوده است. دوانتری و همکارانش در سال ۲۰۱۶ اولین پایش تغییرات سطح زمین با استفاده از داده های راداری سنتینل-۱ را انجام دادند. در طی این تحقیق، توانایی داده های سنتینل-۱ در آشکارسازی میزان تغییرات سطح توسط روش های پیشرفته ی تداخل سنجی تفاضلی بررسی شد.

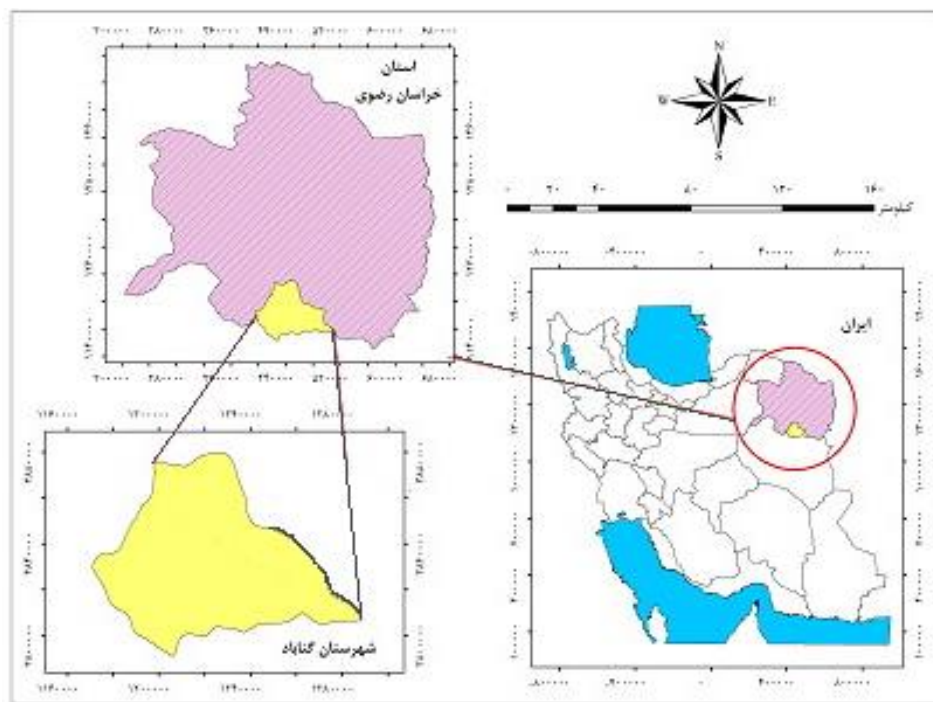
در مکزیک از داده های سنتینل-۱ جهت تعیین نرخ سالانه فرونشست به وسیله ی تداخل سنجی راداری به روش طول خط مبنای کوتاه متناوب (ISBAS) استفاده شده است. در این بررسی با تشکیل تداخل نما از بین ۱۸ تصویر سنتینل-۱ در بازه زمانی ۳ اکتبر ۲۰۱۴ تا ۷ می ۲۰۱۵ نرخ فرونشست ۲۴ سانتی متر در سال برآورد شد (Soweter et al., 2016). Shrestha و همکاران (۱۹۹۶) با انجام یک مطالعه موردی در منطقه یوتا در تایلند میزان نرخ فرسایش خاک را با استفاده از مدل USLE و با استفاده از سیستم های GIS و RS مورد بررسی قرار دادند که میزان نرخ فرسایش را از ۰ تا ۲۷۹/۲۳ برآورد نمودند. در این تحقیق، با استفاده از داده های راداری ماهواره ای و استفاده از فناوری سنجش از دور راداری و برخی مشاهدات صحرایی (پخش سیلاب)، میزان فرسایش خاک و رسوب برآورد شده که بدین منظور از تصاویر ماهواره ای مایکروویو سنجنده های SAR مربوط به دو بازه زمانی استفاده بهره گیری شده است.

مواد و روش ها

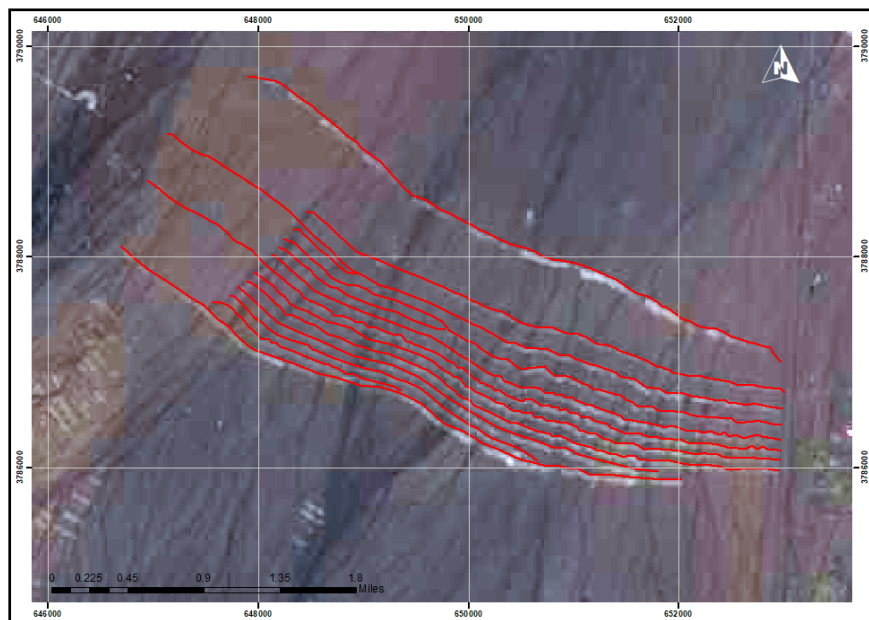
منطقه اجرای پژوهش در ۱۵ کیلومتری حاشیه جاده گناباد به فردوس و گناباد به کاخک و در عرض های جغرافیایی شمالی ۵۵° ۰۵' ۳۴" تا ۱۵° ۱۱' ۳۴" و طول های جغرافیایی شرقی ۵۸° ۵۸' ۹" تا ۵۸° ۶۶' ۲۰" می باشد (شکل ۱). ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۴۰۰ متر، شیب متوسط آن ۲ تا ۳ درصد، متوسط بارندگی ۱۶۰ میلی متر، متوسط درجه حرارت سالانه ۱۶/۱ درجه سانتیگراد، تبخیر و تعرق پتانسیل ۲۷۷۴ میلی متر، میانگین حجم رواناب سالانه ۶۰۴/۶ میلیون مترمکعب، شوری خاک سطحی ۱/۸ دسی زیمنس بر متر و عمق سطح ایستابی در ۱۲۰ متری سطح خاک می باشد. این ایستگاه در دو فاز مختلف در دو طرف جاده گناباد - فردوس اجرا شده است (شکل ۲). فاز یک با وسعت ۷۵۰ هکتار در غرب جاده گناباد - فردوس و فاز

سامانه های سطوح آبگیر باران

دو در سطح ۱۷۰۰ هکتار حد واسط جاده گناباد-کاخک و گناباد - فردوس اجرا شده است. شکل ۳ نیز تصویر پهنا سیلگیری عرصه پخش سیلاب بر آبخوان گناباد را نشان می‌دهد.

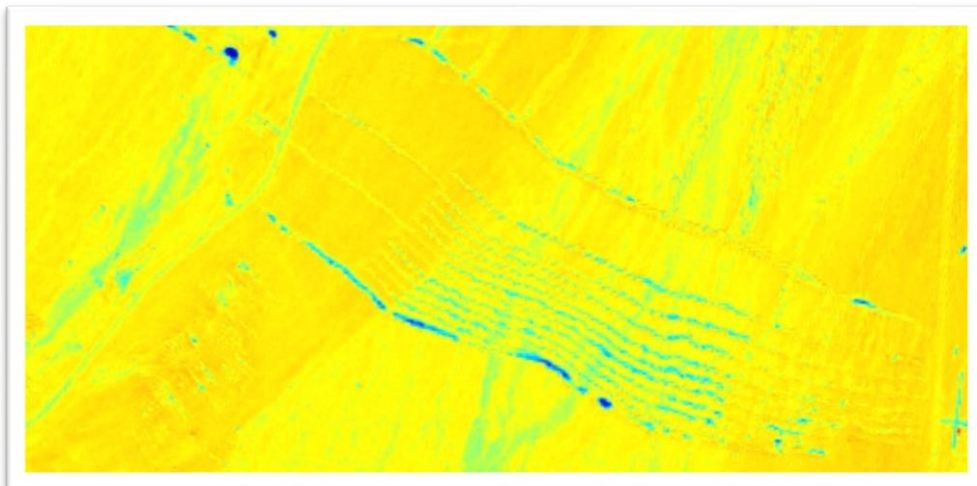


شکل ۱- موقعیت عرصه پخش سیلاب در استان خراسان رضوی



شکل ۲- موقعیت عرصه پخش سیلاب و محل اجرای تحقیق (تصویر ماهواره ای سنتینل-۱ اردیبهشت ۱۴۰۰)

همین کنفرانس بین‌المللی سامانه های سطوح آبگیر باران



شکل ۳- تصویر پهنه سیلگیری عرصه پخش سیلاب بر آبخوان گناباد (تصویر ماهواره ای سنتینل-۱ اردیبهشت ۱۴۰۰)

در این تحقیق به منظور برآورد میزان فرسایش خاک و رسوبگذاری با اجرای روش تداخل سنجی راداری از داده‌های راداری SLC مدل روبش IW ماهواره سنتینل-۱ استفاده شد. با گردآوری تصاویر مناسب سنتینل-۱ و سایر اطلاعات مورد نیاز و انتخاب و ثبت دقیق هندسی زوج تصاویر مناسب نسبت به یکدیگر، حذف اثر توپوگرافی، فیلترگذاری و حذف سایر خطاهای موجود و تبدیل فاز مطلق به نقشه‌ی مدل رقوم ارتفاعی (DEM) برآورد میزان فرسایش خاک و رسوبگذاری انجام شد. همچنین به منظور صحت‌سنجی، اندازه‌گیری فرسایش و رسوب پس از جانمایی و استخراج مختصات مورد نظر از داده‌های راداری، با استفاده از یک دستگاه GPS در فاز ۲ عرصه پخش سیلاب بر آبخوان گناباد انجام گردید.

نتایج

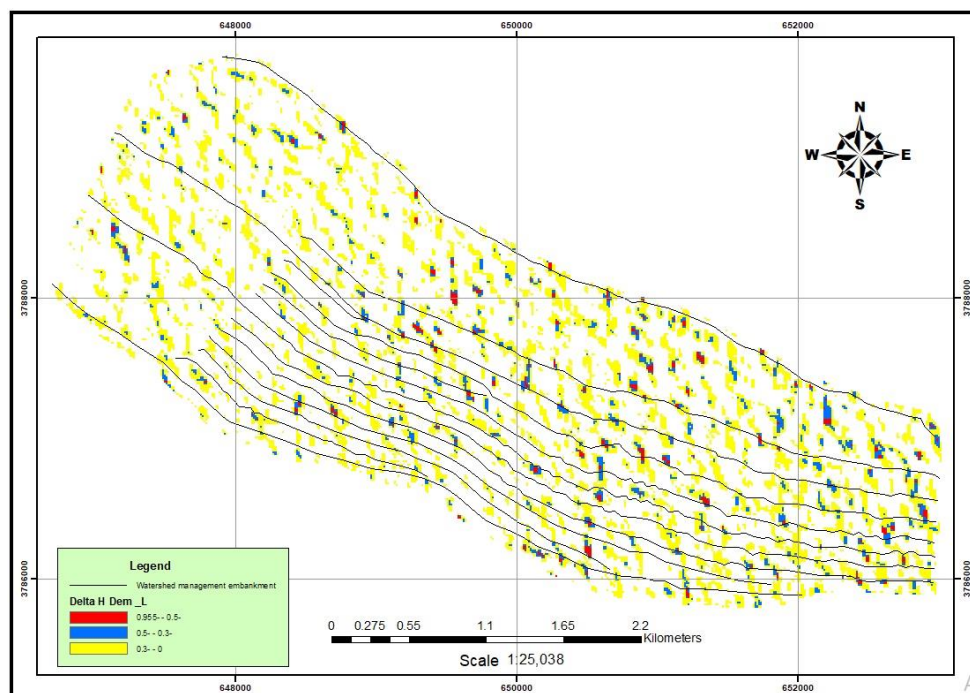
تاثیر وقوع سیلاب اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۰ در منطقه گناباد در افزایش حجم رسوبات ناشی از وقوع آنها در عرصه پخش سیلاب بر آبخوان بررسی شد. در سناریوی اول، تهیه مدل رقومی ارتفاعی عرصه برای شرایط قبل از سیلاب (سال ۲۰۲۰) صورت گرفت. سناریوی دوم برای شرایط بعد از وقوع سیلاب بوده و در آن تهیه مدل رقومی ارتفاعی عرصه برای سال ۲۰۲۱ با در نظر گرفتن تاثیر وقوع سیلاب شناسائی شده (از طریق پردازش اینترفرومتری) صورت گرفت. لذا اختلاف مدل رقومی ارتفاعی عرصه شناسائی شده در دو بازه زمانی قبل از سیلاب و بعد از سیلاب در قالب فرسایش و رسوب در نظر گرفته شده است. مطابق نتایج حاصله متوسط ارتفاع افزایش رسوبگذاری ۰/۲۱ (مترمکعب)، کل حجم رسوبگذاری ۲۱۲۵۰۱۲ (مترمکعب) و کل عملیات فرسایش و رسوب در داخل عرصه ۳۲۱۵۷۵۸ (مترمکعب) در داخل فاز ۲ عرصه پخش سیلاب بر آبخوان گناباد که مساحتی معادل ۱۲۸۰۵۷۲۲ مربع داشته بوده است. نقشه‌های فرسایش و رسوب نیز در شکل‌های (۴) و (۵) نشان داده شده است. کل عملیات رسوب در داخل عرصه ۲۶۷۰۳۸۵ مترمکعب و کل مساحت محدوده رسوب در داخل عرصه ۹۶۹۴۸۹۳ مترمربع و متوسط افزایش رسوب ۰/۲۸ متر برآورد شد.

به منظور صحت سنجی، اندازه‌گیری فرسایش و رسوب پس از جانمایی و استخراج مختصات مورد نظر از داده‌های راداری، با استفاده از یک دستگاه GPS در فاز ۲ عرصه پخش سیلاب بر آبخوان گناباد انجام گرفت. در مقایسه مقادیر داده‌های راداری با داده‌های مشاهده زمینی، میانگین داده‌های راداری معادل ۰,۲۶۱ و میانگین داده‌های مشاهده معادل ۰,۲۰۶ و در کل درصد اختلاف بین داده‌های مشاهده و داده‌های راداری معادل ۲۶,۸٪ درصد برآورد گردید.

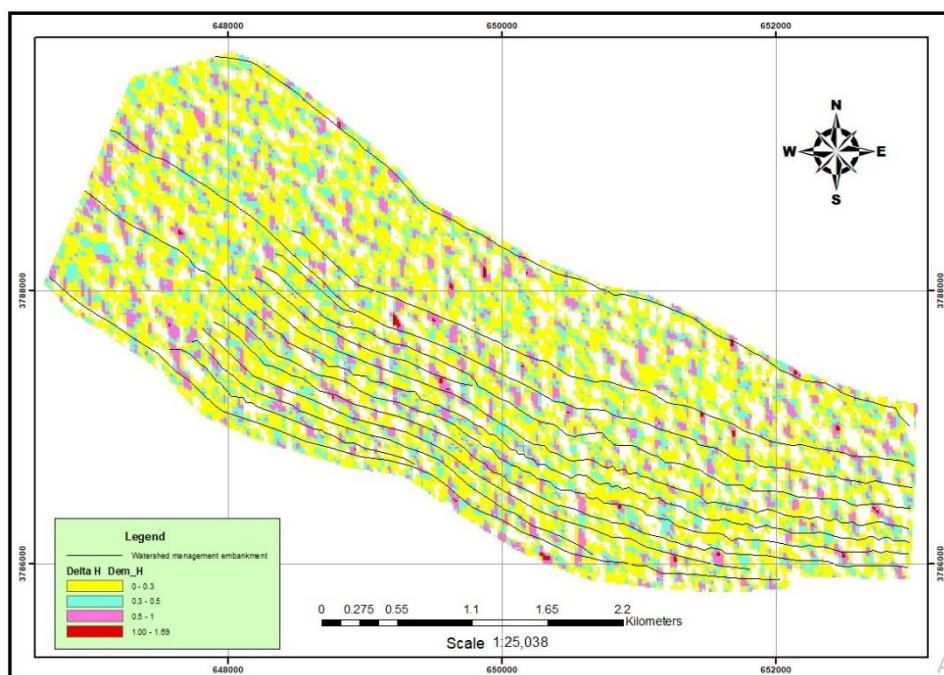
سامانه های سطوح آبگیر باران



متوسط رسوب و فرسایش اندازه‌گیری شده (در این سیلاب) در عرصه معادل ۰,۲۱ متر مکعب بوده است. در این تحقیق، روابط متغییر فرسایش و رسوب، بین نمونه دارای ضریب تشخیص در حدود ۰,۶ درصد و ضریب همبستگی آنها در حدود ۰,۷۸ معنی دار می باشد (شکل ۶).

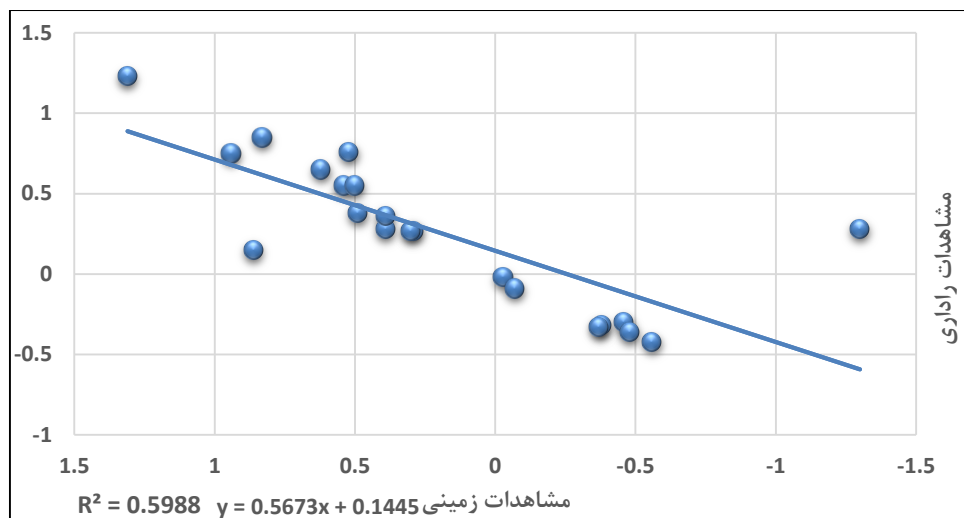


شکل ۴- نقشه پراکنش فرسایش در محدوده فاز ۲ عرصه پخش سیلاب بر آبخوان گناباد



شکل ۵- نقشه پراکنش رسوبگذاری در محدوده فاز ۲ عرصه پخش سیلاب بر آبخوان گناباد

سامانه های سطوح آبگیر باران



شکل ۶- رگرسیون خطی مقادیر داده های راداری و داده های مشاهده

نتیجه گیری

مقایسه نتایج برآورد شده فرسایش و رسوبگذاری با داده های مشاهده ای در محل عرصه پخش سیلاب گناباد نشان داد که انطباق خوبی بین مقادیر رسوب محاسبه ای و مشاهده ای وجود دارد. روابط متغیر فرسایش و رسوب با نمونه های مشاهده ای، دارای ضریب تشخیص در حدود ۰,۶ درصد و ضریب همبستگی آنها در حدود ۰,۷۸، تشخیص تشخیص داده شد. در عرصه های پخش سیلاب با وجود خاکریزهایی با فواصل متغیر ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر و با عرض حدوداً ۵ متر (در پاشنه) و همچنین وجود کانال های آبرسان و کانال های پخش و گسترشی در دو طرف خاکریز که جریان سیلگیری موجب فرسایش و رسوبگذاری در این کانال ها و لبه های پخش می گردد، و از طرفی با در نظر گرفتن ابعاد پیکسل سائز مدل رقوم ارتفاعی ۱۰ متر حاصله از اینترفرومتری راداری، جهت برآورد احجام فرسایش و رسوبگذاری در عرصه های پخش سیلاب از دقت نسبتاً مناسبی برخوردار نمی باشد. برآورد احجام با دقت خوب، با استفاده از تصاویر راداری سنتینل-۱، برای مناطق هموار بدون عوارض مسطحاتی و یا عوارض مسطحاتی بیشتر از ۱۰ متر مناسب تر است. دستاوردهای این پژوهش از منظر روش شناسی با پژوهشهای داخل و خارج از کشور مورد مقایسه قرار گرفت. (جدول شماره ۱) مقایسه این پژوهش با پژوهشهای مشابه نشان داد که تحقیق حاضر از منظر روش شناسی در نوع بی سابقه و دارای نوآوری در زمینه برآورد میزان رسوبگذاری با استفاده از داده های راداری سنتینل-۱ است.

سامانه های سطوح آبگیر باران



جدول شماره ۱- جدول مقایسه تحقیقات مشابه

پژوهشگر	تصویر مورد استفاده	روش تحلیل	دست‌آورد
محمودآبادی و همکاران، ۱۳۸۴	ETM	MPSIAC	تهیه نقشه فرسایش خاک
حقیقت مهر و همکاران، ۱۳۹۰	سنتینل-۱	تداخل سنجی	فرونشست ۴۷ میلی‌متر در ماه
صالحی و همکاران، ۱۳۹۱	ENVISAT	تداخل سنجی	نرخ فرونشست دشت مهاباد جنوبی در بازه زمانی ۲۰۰۳-۲۰۰۶، ۸٫۲ سانتی‌متر
شریفی کیا، ۱۳۹۱	ENVISAT	تداخل سنجی	فرونشست دشت نوق- بهرمان در بازه زمانی ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹ و نرخ سالیانه ۳۰ سانتی‌متر در سال
میرشاهی و همکاران، ۱۳۹۲	TerraSAR-X	تداخل سنجی	فرونشست منطقه‌ی جنوب غرب تهران، بیشینه‌ی فرونشستی به اندازه‌ی ۱۲ سانتی‌متر
بابایی و همکاران، ۱۳۹۵	ASAR	PSI و SBAS	فرونشست دشت قزوین، بیشینه دامنه‌ی فرونشستی حدود ۳۰ تا ۳۵ میلی‌متر در سال
بالاکور پیسنگ و همکاران، ۲۰۱۷	تصاویر اپتیکی	فتوگرامتری حرکت	تخمین کمی از تغییرات در سطوح زمین ناشی از فرسایش آبی
دوانتری و همکاران، ۲۰۱۶	سنتینل-۱	تداخل سنجی	آشکارسازی میزان تغییرات سطح

مراجع

- [۱] طغرلی، ن. م. بنی اسد، آ. مهدی پور و م. علیزاده. بررسی اثرات پخش سیلاب بر روند تغییرات میزان نفوذپذیری خاک، دومین کنفرانس سراسری آب‌خیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، صفحات ۷۲۱ تا ۷۲۴. ۱۳۸۴.
- [۲] محمودآبادی، م.، رفاهی، ح.، چرخابی، ا. ج. ۱۳۱۴، تهیه نقشه فرسایش خاک با استفاده از تصاویر ماهواره سنجنده ETM و سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوزه آبخیز گل آباد اصفهان، مجموعه مقالات چهارمین همایش ژئوماتیک ۸۴، صص ۱۳۸۴.۷
- [۳] بیات، ر.، رفاهی، ح.، درویش صفت، ع. و سرمیدیان، ف. ۱۳۱۴، بررسی کارایی مدل های EPM و MPSIAC در برآورد رسوب حوضه آبخیز طالقان به کمک GIS. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳، شماره ۲۳، صفحه ۳۵-۳۷، ۱۳۸۵
- [۴] غضبان، زمین شناسی زیست محیطی. تهران: دانشگاه تهران ۱۳۸۸.
- [۵] راستگو، س.، ب. قهرمان، ح. ثنایی نژاد، ک. د اوری، س. خدانشناس ۱۳۸۵، برآورد فرسایش و رسوب حوضه تنگ کنشت با مدل های تجربی P و P I به کمک I، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۹۱، ۱۰۴-.

[6] N. Devanthery, M., Crosetto, O., Monserrat, M., & Cuevas-González (2016). Deformation monitoring using Sentinel-1 SAR data, JISDM 2016.

[7] Keller, E. A., & DeVecchio, D. E. (2012). Natural Hazards: Earth's Processes as Hazards, Disasters, and Catastrophes (Third ed.). Prentice Hall: Pearson Education, Inc 2012.

[8] حقیقت مهر، پ.، مطالعه فرونشست سطح زمین ناشی از استخراج آب های زیرزمینی و چاه های نفتی به کمک تداخل سنجی راهداری، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ۱۳۹۸.

[9] شریفی کیا، م. تعیین میزان و دامنه فرونشست زمین به کمک روش تداخل سنجی راداری (D-InSAR) در دشت نوق- بهرمان. برنامه ریزی و آمایش فضا، ۱۶ (۳)، ۵۵-۷۸. ۱۳۹۱.

[10] Sowter, A., Amat, M. B., Cigna, F., Marsh, S., Athab, A., & Alshammari, L. Mexico City land subsidence in 2014-2015 with Sentinel-1 IW TOPS: Results. 2016.

Estimation of sedimentation rate in Gonabad flood distribution station using Sentinel-1 Satellite data

Iraj Shokri¹, Meysam Davoodabadi Farahani², Kourosh Kamali³

1. Graduated from Hekmat Qom Non-Governmental Institute of Higher Education and expert of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization
2. Assistant Professor, Department of Remote Sensing, Hekmat Institute of Higher Education, Qom, Iran
3. Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization

*Corresponding Author's E-mail (irajshokri1113@gmail.com)

Abstract

Examining the process of soil deposition in flood spreading projects on the aquifer can be effective in the process of designing structures as well as managing flood spreading networks. Among the various methods for estimating soil erosion and sediment, radar differential interferometry is an efficient method for measuring ground surface displacement due to the extensive coverage of satellite images, their timeliness and low cost compared to other field methods. Therefore, this technique was used in identifying and estimating the rate of soil erosion and sedimentation in the flood spreading area of Gonabad aquifer. The results showed that there is a good agreement between the calculated and observed sediment values. The variables of erosion and sediment with the observed samples had a detection coefficient of 0.6% and a strong correlation coefficient of 0.78. Also, considering the pixel size of the 10-meter-high model figure obtained from radar interferometer processing, in an area of 1280 hectares of phase 2 flood spreading area, the total sedimentation was estimated at 2670385 cubic meters with an average sediment increase of 0.28 meters. Therefore, the use of Sentinel-1 radar images is very suitable for smooth areas without surface features or surface features more than 10 meters.

Key words: Sedimentation, Interferometry, Remote Sensing, Gonabad