نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال نهم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱.

صفحات ۱۰۳- ۱۱۸

تعیین مناطق مستعد سیلاب با استفاده تصاویر راداری Sentinel-۱ (مطالعه موردی، سیلاب فروردین ۱۳۹۸، رودخانه کشکان، استان لرستان)

کاوه قهرمان[۱]؛ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه Eötvös Loránd، بوداپست، مجارستان.

محمدعلی زنگنه اسدی؛ دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

دریافت مقاله : ۱۴۰۰/۰۹/۱۲ پذیرش نهایی:۱۴۰۱/۰۹/۱۱

چکیده

خسارات ناشی از سیلاب در سرتاسر جهان باعث شده است تا از این رخداد طبیعی به عنوان یکی از مهمترین بلایای طبیعی نیز یاد شود. امروزه همراه با پیشرفت فناوری، انسان قادر است مناطق مستعد سیلاب را تعیین و از جنبه‌های گوناگون مورد بررسی قرار دهد. در این تحقیق با بهره‌گیری از تصاویر راداری ماهواره سنتینل-۱ و روش آستانه‌گذاری Otsu، مناطق سیل‌زده و مستعد سیلاب با توجه به سیلاب‌های فروردین ماه ۱۳۹۸ در محدوده رودخانه کشکان تعیین گردید. حدود آستانه Otsu در این حقیق، در نرم افزار متلب محاسبه شدند. همچنین مراحل پیش‌پردازش و پردازش تصاویر راداری در نرم افزار SNAP صورت گرفت. براساس نتایج، میانگین بارش روزانه معادل ۴۷/۴۶ میلی‌متر باعث شده تا ۶/۵۱ درصد از منطقه مورد مطالعه در کلاس مناطق سیل‌زده قرار بگیرد، این در حالی است که با حدود ۳۱ میلی‌متر بارندگی، ۳/۶۹ درصد از منطقه در کلاس سیل‌زده قرار گرفته است. همچنین نتایج نشان داد که محل پیچان‌رودها از مهمترین مناطق مستعد سیلاب در مسیر رودخانه کشکان به شمار می‌روند. حفظ حریم رودخانه و عدم ساخت‌وساز و فعالیت انسانی در مناطق مئاندری می‌تواند حجم خسارات ناشی از سیلاب را کاهش دهد. یافته‌های تحقیق نشان داد که تصاویر راداری ابزاری مفید و قدرتمند در تعیین مناطق سیل‌زده خصوصاً برای بررسی‌های سریع و نزدیک به زمان وقوع پدیده (Near Real Time) هستند.

واژه‌های کلیدی: سیلاب، تصاویر راداری، ماهواره سنتینل-۱، رودخانه کشکان

[۱] . نویسنده مسئول: Email:kevingh۷۰@gmail.com

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.7.7]

مقدمه

علیرغم وقوع بلایای طبیعی در تمام مناطق کره زمین، تعدد بروز آنها در قاره آسیا بیشتر از تمام نقاط جهان است؛ به طوری که تقریباً ۵۰ درصد از فجایع عمده طبیعی در این قاره رخ می‌دهد (پوراحمد، ۱۳۸۱). پدیده‌های طبیعی زمانی به عنوان بلایای طبیعی تلقی می‌شوند که خسارات جانی یا مالی برای انسان دربرداشته باشند (لاجوردی و همکاران،۱۳۹۲). طبق آمار ارائه شده توسط سازمان صلیب سرخ، ۹۰ درصد از خسارات ناشی از وقوع رخدادهای طبیعی در اثر جاری شدن سیلاب بوده است (یمانی و همکاران، ۱۳۹۱). در طول تاریخ، سیلاب به‌عنوان مخاطره‌ای طبیعی-انسانی، رایج‌ترین، پرهزینه‌ترین و مرگبارترین بلای طبیعی بوده است (نیری و همکاران، ۱۳۹۵؛ کرم و همکاران، ۱۳۹۴). ایران نیز ازجمله کشورهای پرخطر به لحاظ وقوع سیلاب به‌شمار می‌رود، به‌طوری که تا سال ۱۳۸۱ درحدود ۴۶۷ فقره سیل توسط ایستگاه‌های هیدرومتری کشور به ثبت رسیده است (نگارش و همکاران، ۱۳۹۲) و همچنین بین سال‌های ۱۳۶۱ تا ۱۳۷۱، ۶۳۰ نفر در اثر وقوع سیلاب در کشور جان خود را از دست داده‌اند (دستورانی و همکاران، ۱۳۹۳). باوجود تلاش برای کاهش آسیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری جامعه، میزان خسارات اعم از مالی و جانی روند افزایشی دارد (رمضان‌زاده لسبوئی و همکاران، ۱۳۹۳). محققان علاوه بر عوامل طبیعی ازجمله بارش‌های رگباری، عوامل انسانی همچون تخریب پوشش گیاهی، ازبین بردن خاک، عدم مدیریت کارآمد، تخریب مراتع و جنگل ها و تجاوز به حریم رودخانه را از مهمترین عوامل وقوع و خسارت‌زایی سیلاب‌ها در کشور به شمار می‌آورند (لاجوردی و همکاران،۱۳۹۲؛ مزیدی و کوشکی، ۱۳۹۲؛ یمانی و عنایتی، ۱۳۸۴؛ زنگنه‌اسدی و همکاران، ۱۴۰۰). بطور کلی سیلاب پدیده‌ای چندبعدی است و عوامل متعددی در وقوع، گسترش و خسارات ناشی از آن دخالت دارند. برهمین اساس طیف گسترده‌ای از مطالعات، ازجنبه‌های مختلف و با ابزار و روش‌های متعدد پدیده سیلاب را مورد بررسی قرار داده‌اند. ازجمله ابزارهای کارآمد و نوظهور در بررسی‌های مربوط به سیلاب، استفاده از تصاویر راداری است. تصاویر SAR[۱] و نقشه‌های مناطق سیل‌زده که توسط تصاویر راداری تهیه می‌شوند، اطلاعات با ارزش و معتبری در دسترس محققان قرار می‌دهند (Twele et al., ۲۰۱۶)؛ علاوه براین، استفاده از نقشه‌های بدست آمده از این تصاویر به مدیریت بحران و انجام اقدامات پیشگیرانه در مقابله با سیلاب کمک درخور توجهی می‌کند (Voigt et al., ۲۰۰۷). استفاده از تصاویر راداری در هر نوع شرایط آب و هوایی و در سری‌های مختلف زمانی، باعث شده تا این تصاویر در بررسی سیلاب، جایگاه ویژه‌ای داشته باشند (Amitrano et al., ۲۰۱۸). ماهواره Sentinel-۱ بخشی از برنامه کوپرنیکوس[۲]، متعلق به سازمان فضایی اروپا[۳] است که به دلیل حساسیت نسبت به سیگنال‌های بازپراکنش[۴]، کاربرد زیادی در تهیه نقشه‌های مناطق مستعد سیلاب و نقشه مناطق سیل‌زده دارد (Henry et al., ۲۰۰۶).

محققان متعدد ایرانی و خارجی سیلاب را از جنبه‌های مختلف و با استفاده از روش‌ها و ابزارهای متفاوت مورد بررسی قرار داده‌اند که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود. ویشنو و همکاران (Vishnu et al., ۲۰۲۰) در مطالعه‌ای سیلاب‌های آگوست سال ۲۰۱۸ در منطقه کرالا در هند را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دوری

۱. Synthetic Aperture Radar
۲. Copernicus
۳. European Space Agency (ESA)
۴. Backscatter

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.7.7]

مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که خطواره‌های زمین‌شناختی علاوه بر نفوذ آب به داخل زمین، به عنوان مجرایی برای انتقال سریع دبی و جریان نیز عمل می‌کنند. اودین و همکاران (Uddin et al., ۲۰۱۹) نقشه مناطق سیل‌زده در بنگلادش را با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل تهیه کردند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در منطقه مورد مطالعه، در ماه‌های آوریل، ژوئن و آگوست به ترتیب ۲/۰۱ ٪ ، ۴/۵۳ ٪ و ۷/۰۱ ٪ از اراضی دچار سیلاب شده‌اند. مارتینیس و همکاران (Martinis et al., ۲۰۱۸) با استفاده از تصاویر راداری ماهواره سنتینل، اقدام به تهیه نقشه‌های بهبود یافته‌ی سیل در مناطق خشک کردند. براساس نتایج این تحقیق، دقت طبقه‌بندی تصاویر راداری از عوامل متعددی از جمله طول سری زمانی استفاده شده تأثیر می‌پذیرد. همچنین نتایج نشان داد که نقشه‌های تهیه شده توسط روش Sand Exclusion Layer که در این تحقیق ارائه شده است، نسبت به روش‌های معمول، دارای ۵ ٪ بهبود در دقت کلی است. بیورسیتا و همکاران (Bioresita et al., ۲۰۱۸) روشی خودکار برای تهیه نقشه پهنه‌های آبی و سیلاب با استفاده از تصاویر راداری سنتینل ارائه دادند. نتایج نشان داد که دقت کلی نقشه‌های تهیه شده با روش خودکار معادل ۹۸ ٪ می‌باشد و بنابراین می‌توان از این روش برای تهیه سریع نقشه‌های مناطق سیل‌زده بهره برد. تاووس و همکاران (Tavus et al., ۲۰۱۸) کارآمدی تصاویر ماهواره سنتینل در ایجاد نقشه‌های سیلاب در مناطق شهری را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تصاویر راداری قادراند داده‌های دقیق و قابل اعتماد برای بررسی سیلاب را در اختیار محققان و برنامه‌ریزان قرار دهند.

در ایران، رضایی و همکاران (۱۳۹۳) گستره سیل رودخانه مرغک را در محیط HEC-geoRAS تعیین کردند. براساس نتایج این تحقیق، بهترین محل برای تهیه مقاطع در مدل مورد استفاده، پایین‌دست رودخانه تا بازه انتهایی آن می‌باشد. قهرودی تالی و درفشی (۱۳۹۳) آشفتگی در الگوی خطر سیلاب در کلانشهر تهران را با استفاده از مدل SCS(CN) مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که بالاتر بودن میزان D_{AP} و D_P از عدد یک، حاکی از افزایش کیاس یا بی‌نظمی در الگوی خطر سیلاب شهر تهران است و آشفتگی از رده خطر خیلی کم به سمت رده خطر خیلی زیاد افزایش می‌یابد. بر این اساس افزایش آشفتگی همزمان با بزرگ شدن مخاطره سیلاب نشان می‌دهد که امکان پیش‌بینی نحوه گسترش سیلاب و تعیین مناطق در معرض خطر فراهم نیست. جباری و خزائی (۱۳۹۰) آب‌گرفتگی دشت کرمانشاه را با استفاده از نقشه‌های ژئومورفولوژیک پیش‌بینی کردند. براساس نتایج این تحقیق، در دشت کرمانشاه، پشته‌های موازی، تالاب‌های خلفی و چاک‌ها نقش مهمی در سیل‌گیری ایفا می‌کنند؛ با این حال رسوبگذاری جریانات گلی در پلیئستوسن و فرسایش آبراهه‌ای که بعداً رخ داده، عامل مهمی در توزیع آب در هنگام وقوع سیلاب است. آبیل و همکاران (۱۳۹۸) در تحقیقی مناطق بالقوه درمعرض خطر سیل را در شهر زاهدان با استفاده از روش AHP مطالعه کردند. نتایج نشان داد که ۱ درصد از محدوده شهر در پهنه خطر خیلی زیاد، ۱۷ درصد در محدوده نسبتاً زیاد، ۴۲ درصد در محدوده عادی، ۲۸ درصد در محدوده کم‌خطر و ۱۲ درصد در محدوده خیلی کم‌خطر قرار دارد.

متأسفانه سیلاب بهار ۱۳۹۸ در مناطق غربی کشور خسارات زیادی برجای گذاشت. بخش‌های زیادی از استان لرستان، خصوصاً مناطقی که در مسیر رودخانه کشکان قرار داشتند، ازجمله مهم‌ترین مناطق متأثر از این سیلاب بودند. در این پژوهش تلاش شده است مناطق متأثر از سیل با ابزاری جدید و دقیق مورد بررسی قرار گیرد. هدف از این پژوهش تعیین مناطق پرخطر و مستعد سیلاب در مسیر رودخانه کشکان، با استفاده از تصاویر راداری است، تا بتوان از این ابزار در اتخاذ

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.7.7]

تدابیر و برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای کارآمد به منظور کاهش آثار مخرب سیل و مدیریت و آمایش صحیح سرزمین در مناطق مختلف کشور استفاده کرد.

داده‌ها و روش کار

- **قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه**

محدوده مورد مطالعه در این تحقیق شامل بخشی از رودخانه کشکان از حدود شهرستان معمولان تا محل اتصال این رود به رودخانه سیمره، بعد از شهرستان پلدختر، می‌شود (شکل ۱). این رودخانه یکی از پرآب‌ترین و مهمترین شعب کرخه محسوب می‌شود که وظیفه زهکشی بخش زیادی از مناطق کوهستانی استان لرستان را برعهده دارد. متوسط دبی سالانه رودخانه کشکان براساس داده‌های ایستگاه پل کشکان، ۳۳/۲ مترمکعب بر ثانیه و مقدار دبی ویژه آن ۹/۰۲ لیتر بر ثانیه در هر کیلومترمربع محاسبه شده است (حسینی و همکاران، ۱۳۹۴). حدود یک سوم مساحت استان لرستان، حوضه آبریز این رودخانه را تشکیل می‌دهد (سوری‌نژاد، ۱۳۸۱). براساس طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه، حوضه آبریز رودخانه کشکان در اقلیم نیمه مرطوب سرد قرار گرفته است. طول رودخانه در محدوده مورد مطالعه حدود ۱۰۰ کیلومتر است. حداکثر و حداقل ارتفاع در بازه مورد مطالعه به ترتیب ۱۷۵۹ و ۵۳۱ متر است (مستخرج از مدل رقومی ارتفاعی منطقه مورد مطالعه). به طور کلی ۲ منطقه شهری (معمولان در شمال و پلدختر در جنوب) و ۳۱ روستا در محدوده مورد مطالعه در این تحقیق قرار گرفته‌اند.

- **روش کار**

- **تصاویر راداری ماهواره سنتینل**

قابلیت عبور از ابر، عدم نیاز به منابع نوری و بنابراین توان تصویربرداری در ۲۴ ساعت شبانه روز و در هر شرایط آب‌وهوایی باعث شده است تا محققان در سرتاسر دنیا از این تصاویر به عنوان ابزاری کارآمد در بررسی سیلاب استفاده کنند (Uddin et al., ۲۰۱۹). ماهواره سنتینل-۱، متعلق به سازمان فضایی اتحادیه اروپا (ESA[۱]) است و در قالب برنامه کوپرنیکوس[۲] در مدار زمین قرار گرفته است. این ماهواره شامل دو سنجنده ۱A و ۱B است و تصاویر راداری را در بازه زمانی ۶ روزه در اختیار کاربران قرار می‌دهد (Twele et al., ۲۰۱۶). در این مطالعه، برای تعیین مناطق سیل‌زده، از تصاویر راداری، GRDH[۳] ماهواره سنتینل-۱، با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر، استفاده شده است. ویژگی‌های تصاویر مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است. با استفاده از روش آستانه‌گذاری Otsu، مناطق سیل‌زده از سایر عوارض تفکیک شدند. داده‌های مربوط به میانگین بارش روزانه از وبگاه power.larc.nasa.gov دریافت شد (جدول ۱). در مراحل بعدی به منظور تعیین مناطق سیل‌زده، فرایندهای پیش پردازش، پردازش داده‌ها و استخراج نقشه مناطق سیل‌زده صورت پذیرفت (شکل ۲) که در ادامه به آنها اشاره می‌شود. در این تحقیق از نرم‌افزار SNAP به منظور اعمال مراحل پردازشی بر روی تصاویر راداری، نرم افزار MATLAB برای اعمال آستانه‌گذاری روش Otsu و نرم افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی از

[۱] European Space Agency
[۲] Copernicus
[۳] Ground Range Detected High-resolution

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.7.7]

جمله ARCMAP و QGIS برای تهیه نقشه مناطق سیل‌زده و مستعد سیلاب استفاده شد. از مدل رقومی ارتفاعی نیز به منظور تهیه نیمرخ‌های عرضی (شکل ۶) در طول مسیر رودخانه استفاده شد.

- **پیش پردازش و پردازش**

مناطق مستعد سیلاب و سیل‌زده در محدوده مورد مطالعه از طریق تعیین تفاوت ضریب بازپراکنش (γ° Gamma) بین آب و خشکی و با استفاده از الگوریتم آستانه‌یابی Otsu (Otsu, ۱۹۷۹) مشخص شدند. حدود آستانه برای تصاویر استفاده شده در این تحقیق در جدول ۲ ارائه داده شده است. ازآنجایی که سطح آب (از نظر تئوریک) دارای هیچ ناهمواری نیست، تابش ورودی، بعد از برخورد با سطح آب از سنجنده دور می‌شود؛ بنابراین ضریب بازپراکنش سطح صاف آب کمتر از سطح ناهموار زمین خواهد بود (Brisco, ۲۰۱۵). مراحل پیش‌پردازش و پردازش تصاویر در ادامه به طور خلاصه توضیح داده شده‌اند.

تصحیح اطلاعات مداری ماهواره

اولین مرحله پیش پردازش، بعد از وارد کردن داده‌ها، تصحیح و اعمال موقعیت و سرعت دقیق ماهواره بر داده‌های موجود است. بردارهای مداری که در فراداده تصاویر SAR وجود دارند، از دقت کافی برخوردار نیستند. اطلاعات دقیق مداری ماهواره چند روز بعد از تصویربرداری مشخص می‌شود و چند روز تا چند هفته بعد از تولید محصول در دسترس قرار می‌گیرد. بر این اساس در نرم‌افزار SNAP این امکان تعبیه شده است تا داده‌های دقیق مربوط به هر تصویر دانلود شود و اطلاعات دقیق بر روی تصاویر اعمال گردد. این داده‌ها شامل اطلاعات دقیق موقعیت و سرعت ماهواره می‌شود.

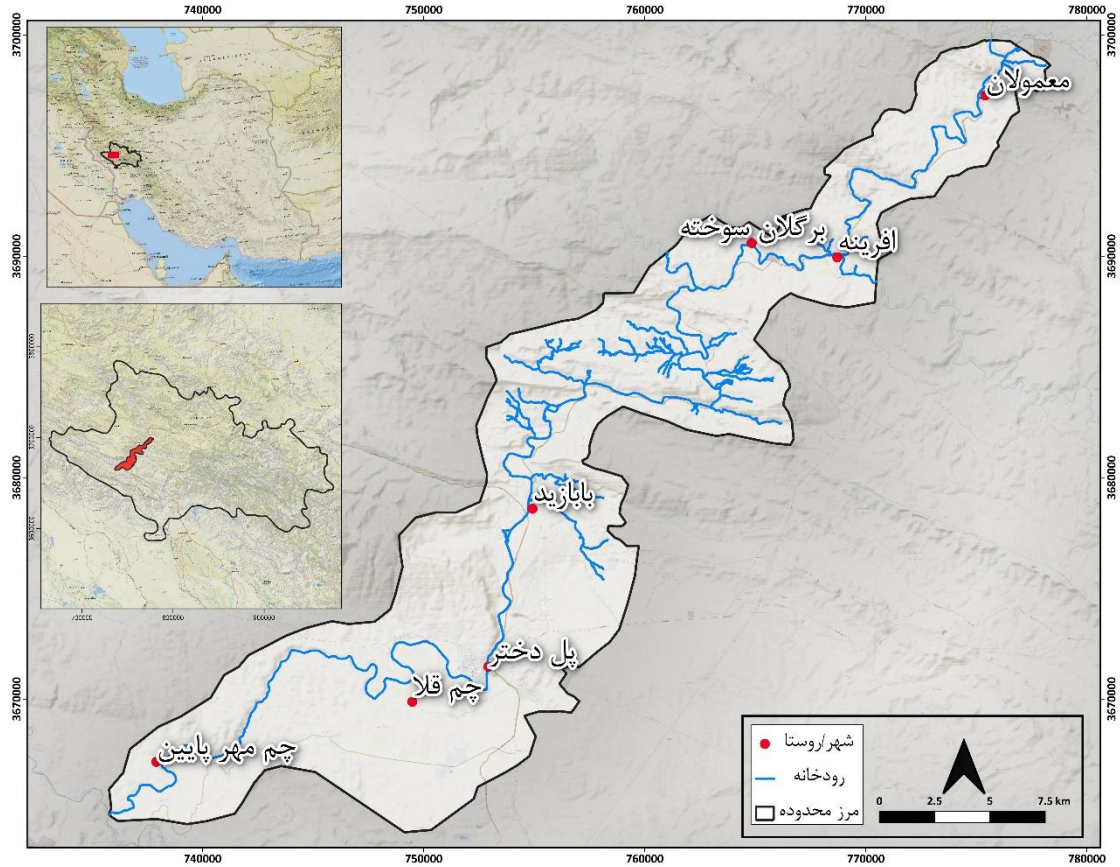
- **تصحیح اختلال حرارتی**[۱]

در مرحله بعد، اختلال حرارتی موجود در تصاویر سطح یک ماهواره سنتینل تصحیح شد. تصاویر Sentinel-۱ تحت تأثیر نویز حرارتی، دارای نوعی اختلال هستند. این اختلال خصوصاً در قطبش‌های متقاطع بیشتر مشهود است. با استفاده از ابزار موجود در نرم افزار اسنپ، نویز حرارتی تصاویر حذف شد. با این کار سیگنال‌های بازپراکنش نرمال شده و در نتیجه عدم پیوستگی در تصاویر نیز از بین می‌رود.

۱. Thermal noise

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.7.7]



شکل ۱. نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان لرستان (منبع: نویسندگان)

- **کالیبره کردن تصاویر**

به فرآیندی که طی آن مقادیر دیجیتالی پیکسل‌ها به بازپراکنش‌های رادیومتریکی تبدیل می‌شوند، فرایند کالیبره کردن می‌گویند (Filipponi, ۲۰۱۹). در این پژوهش تمام تصاویر SAR کالیبره شدند تا مقادیر شدت (یا Intensity) به مقادیر سیگما تبدیل شوند. مقادیر سیگما قدرت بازتاب در سطح مقطع هندسی در یک محیط رسانا را نمایش می‌دهند.

- **حذف اسپکل**

اسپکل[۱] پدیده‌ای دانه‌ای در تصاویر SAR است؛ که به دلیل همدوس بودن سیستم تصویربرداری SAR، در این تصاویر پدید می‌آید (فرهادیانی، ۱۳۹۷). این اختلال باعث کاهش قدرت تفکیک رادیومتریک تصاویر SAR می‌شود (Argenti et al.، ۲۰۱۳). در این مطالعه از فیلتر Lee برای حذف اسپکل استفاده شد. این فیلتر به دلیل توانایی حفظ لبه‌های تصویر، ویژگی‌های خطی و ...، در مقایسه با سایر فیلترهای موجود، بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Lee et al., ۱۹۹۴).

۱. Speckle

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.7.7]

- **تصحیح توپوگرافی**

به دلیل زاویه دید خاص تصاویر SAR، این تصاویر داری اعوجاج هستند. بنابراین تصحیح توپوگرافی برای از بین بردن اعوجاج و از طرفی تصحیح دقیق موقعیت هندسی تصاویر با دنیای واقعی، بر تمامی تصاویر اعمال شد. در فرایند تصحیح توپوگرافی، از مدل رقومی ارتفاعی برای تعیین موقعیت دقیق هر پیکسل استفاده شد.

- **تبدیل به دسیبل**

در آخرین مرحله پیش‌پردازش، ضریب باز پراکنش، به دسیبل (dB) تبدیل شد. این فرایند از طریق یک تغییر شکل لگاریتمی در نرم‌افزار SNAP صورت پذیرفت.

جدول ۱. ویژگی‌های تصاویر راداری استفاده شده در این تحقیق

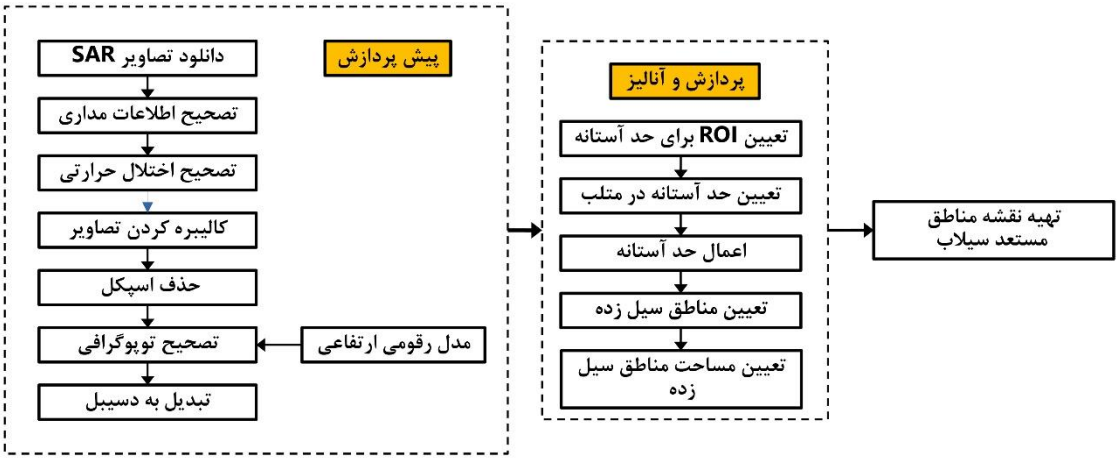
ردیف	تاریخ تصویر	حالت تصویر	نوع تصویر	PASS	قطبش (Polarization)
۱	۱۳۹۸/۱/۵	IW	GRDH	Ascending	VV
۲	۱۳۹۸/۱/۱۱	IW	GRDH	Ascending	VV
۳	۱۳۹۸/۱/۱۳	IW	GRDH	Descending	VV

- **استخراج مناطق مستعد سیلاب و سیل‌زده**

در این مطالعه با استفاده از روش آستانه‌گذاری Otsu مناطق مستعد سیلاب و سیل‌زده مشخص، و پراکندگی این مناطق در محدوده مورد مطالعه نمایش داده شد. شکل ۲ فرایند تعیین مناطق مستعد سیلابِ استفاده شده در این تحقیق را نمایش می‌دهد. روش‌های آستانه‌گذاری در تعیین مناطق سیل‌زده توسط تصاویر SAR به طور گسترده توسط محققین مورد استفاده قرار گرفته است (Fan and Lei، ۲۰۱۲؛ Long et al. ،۲۰۱۴). روش Otsu یکی از شناخته شده ترینِ این روش‌ها است. در روش‌های آستانه‌گذاری، هیستوگرام هر تصویر با توجه به میزان ترکیب خاکستری، به ۲ بخش تقسیم می‌شود. هرچه میزان خاکستری بودن بیشتر باشد (یعنی پیکسل به سمت تیرگی میل کند) آن پیکسل نشان‌دهنده آب است و برعکس پیکسل‌های دارای تن خاکستری روشن (یعنی پیکسل‌های که به سفیدی میل می‌کنند) نشان‌دهنده زمین (Land) هستند. مهمترین ویژگی روش Otsu، تعیین خودکار حد آستانه برای تصاویر است. در این روش، حد آستانه براساس واریانس حداقلی درون کلاسی و واریانس حداکثری بین کلاسی تعیین می‌شود (Otsu, ۱۹۷۹). در این مطالعه، با استفاده از نرم‌افزار متلب، الگوریتم Otsu بر تصاویر دسیبل شده اعمال گردید و حد آستانه تعیین شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار SNAP، مقادیر کوچکتر از حد تعیین شده، از تصاویر استخراج گردید. سایر محاسبات ازجمله اندازه‌گیری مساحت مناطق سیل زده، تهیه نقشه مناطق مستعد سیلاب و .... در نرم‌افزارهای ArcGIS و QGIS صورت گرفت.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.7.7]



شکل ۲. نمودار فرایند تهیه نقشه مناطق سیل‌زده

شرح و تفسیر نتایج

به منظور تعیین مناطق مستعد سیلاب در محدوده مورد مطالعه، ابتدا نقشه سیلاب با استفاده از تصاویر راداری برای روزهای ۵، ۱۱ و ۱۳ فروردین ۱۳۹۸ تهیه شد. سپس برای بررسی علت گسترش جانبی سیلاب، در مناطقی که طبق نقشه، پهنه وسیعتری به زیرآب رفته بود، نیمرخ عرضی رودخانه با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی با قدرت تفکیک مکانی ۱۲/۵ متر و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شد (شکل ۷ الف).

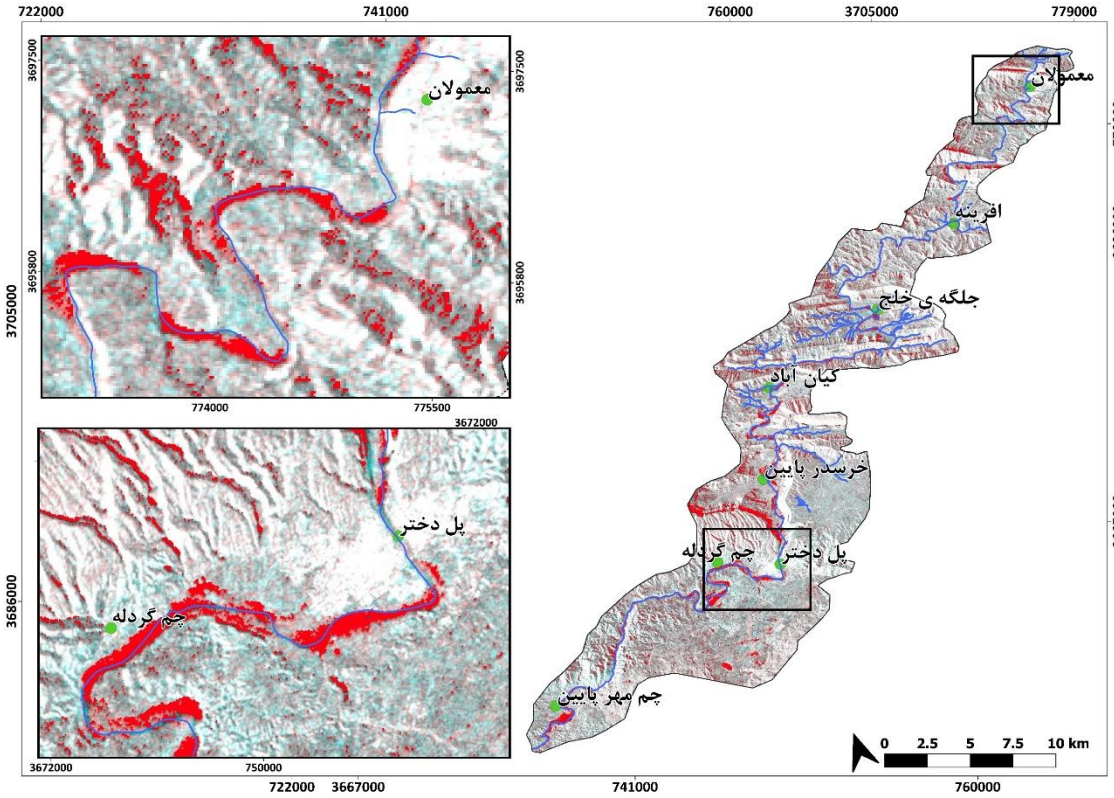
جدول ۲. حدود آستانه تعیین شده، مساحت و درصد مساحت مناطق سیل‌زده و میزان بارش در هر زور

تاریخ تصویر	حد آستانه Otsu	مساحت مناطق سیل‌زده (km^2)	درصد مساحت مناطق سیل‌زده	میانگین بارش روزانه (mm)
۱۳۹۸/۱/۵	-۱۶/۲۵۵۵	۲۳/۰۲	۶/۵۱	۴۷/۴۶
۱۳۹۸/۱/۱۱	-۱۶/۵۵۸۴	۱۴/۱۲	۳/۹۶	۳۱/۶۴
۱۳۹۸/۱/۱۳	-۱۶/۴۹۵۸	۲۵/۷	۷/۲۱	صفر (بارندگی روز قبل: ۶۳/۲۸)

- **پنجم فروردین ماه**

بارندگی در روز پنجم فروردین ۱۳۹۸ منجر به وقوع سیلاب در محدوده مورد مطالعه شد. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، پیکسل‌های قرمز رنگ نشان‌دهنده مناطق سیل‌زده هستند. حد آستانه برای تعیین مناطق سیل‌زده در تصویر پنجم فروردین ماه معادل ۱۶/۲۵۵۵- تعیین شد (جدول ۲). میانگین بارش روزانه در این روز، ۴۷/۴۶ میلی‌متر بوده است. این مقدار بارش سبب شده است تا ۲۳/۰۲ کیلومترمربع از مجموع مساحت محدوده مورد مطالعه (۳۵۶ کیلومترمربع) جزو مناطق سیل‌زده تشخیص داده شود. بنابراین درمجموع تحت تأثیر این میزان بارش، ۶/۵۱ درصد از منطقه دچار سیل شده است. با توجه به شکل ۳، پراکندگی پیکسل‌های نشان‌دهنده سیل، عموماً در حریم رودخانه کشکان، خصوصاً در محل پیچان‌رودها است. نیمرخ‌های عرضی رودخانه در محل پیچان‌رودها (شکل ۶) نشان می‌دهد که اراضی اطراف کانال در محل خمیدگی، جزو مهمترین مناطق سیل‌زده هستند. خط‌چین آبی رنگ در شکل ۶، ارتفاع و فاصله مناطق سیل‌زده نسبت به بستر فعال، در پنجم فروردین ماه را نشان می‌دهد.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.7.7]

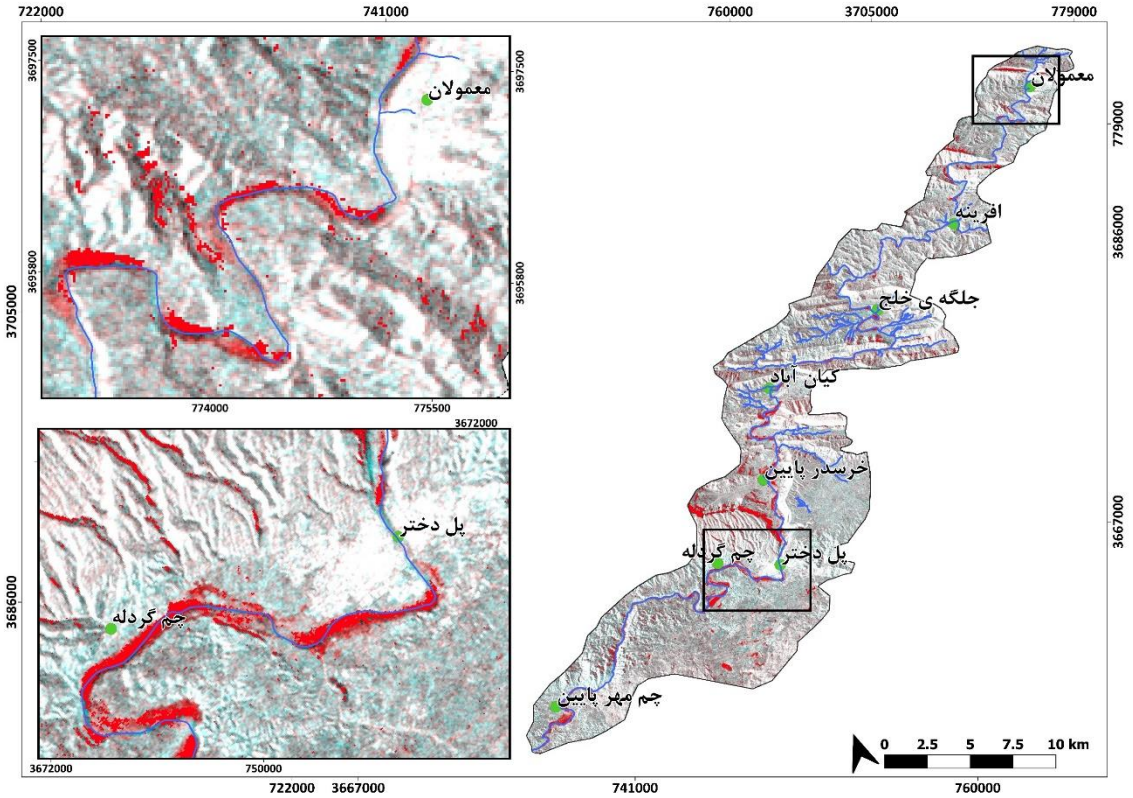


شکل ۳. نقشه مناطق سیل‌زده در روز پنجم فروردین ۱۳۹۸. پیکسل‌های قرمز رنگ نشان‌دهنده مناطق سیل‌زده هستند. گرچه در مناطق دورتر از رودخانه (مانند دامنه‌ها) نیز مناطق سیل‌زده قابل شناسایی هستند، بااین‌حال، بیشترین پیکسل‌های مربوط به مناطق سیل‌زده در محدوده رودخانه کشکان قرار دارند.

- **یازدهم فروردین ماه**

میزان بارندگی در یازدهم فروردین، حدود ۳۲ میلی‌متر بوده (جدول ۱)، که نسبت به پنجم فروردین به میزان قابل توجهی کاهش پیدا کرده است. با این‌حال، کماکان اراضی اطراف رودخانه کشکان، خصوصاً در محل پیچان‌رودها تحت تأثیر جریان آب قرار گرفته‌اند و طبق نقشه ۴، جزو مناطق سیل‌زده محسوب می‌شوند. در مجموع، مناطق سیل‌زده در مقایسه با سیلاب روز ۵ فروردین کاهش چشمگیری پیدا کرده است به‌طوری که ۱۴/۱۲ کیلومتر از مساحت منطقه جزو مناطق سیل‌زده تعیین شده است. میزان بارندگی نیز نسبت به حادثه سیل قبلی حدود ۱۵ میلی‌متر کاهش یافته است؛ با این‌حال، همانطور که در شکل ۴ نیز نمایش داده شده است، محل مئاندرها از مهمترین مناطق سیل‌زده به‌شمار می‌روند. باید به این نکته توجه داشت که گرچه در پیچان‌رودها به طور طبیعی آب در دامنه محدب تجمع می‌یابد، نقشه مناطق سیل‌زده و نیمرخ‌های ارائه شده در شکل ۶ نشان می‌دهند که در رودخانه کشکان جریان آب فراتر از بستر اصلی کانال در جریان بوده و مناطق کجاور کانال (خصوصاً در محل پیچان‌رود) را مغروق ساخته است. خط‌چین سبز رنگ در شکل ۶ نشان‌دهنده فاصله دورترین پیکسل‌های سیلابی نسبت به بستر فعال و ارتفاع آنها است. اگرچه مقدار بارش در این روز کمتر از سیلاب قبلی بوده، احتمالاً به‌دلیل دبی بالا رودخانه که ناشی از بارش در روزهای قبل بوده و نیز نفوذ کمتر، بارش ۳۲ میلی‌متری منجر به وقوع سیلاب مجدد در روز یازدهم فروردین ماه شده است.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.7.7]



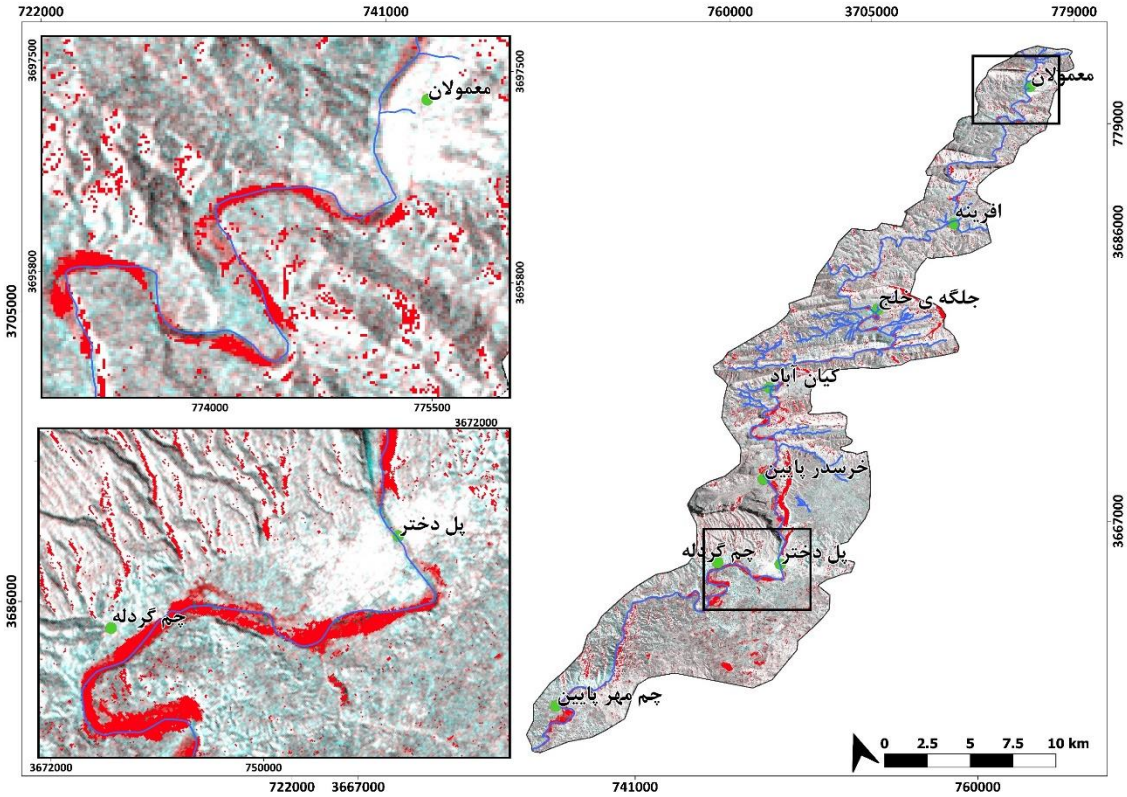
شکل ۴. نقشه مناطق سیل‌زده در روز یازدهم فروردین ۱۳۹۸. پیکسل‌های قرمز رنگ نشان‌دهنده مناطق سیل‌زده هستند.

- **سیزدهم فروردین ماه**

در روز دوازدهم فروردین ۱۳۹۸، سیلاب بزرگ دیگری در منطقه مورد مطالعه رخ داد. متأسفانه تصویر ماهواره‌ای مربوط به روز دوازدهم در دسترس نبود؛ بنابراین در این مطالعه از تصویر روز بعد استفاده شده است. میزان بارندگی در روز وقوع سیلاب حدود ۶۳ میلی‌متر ثبت شده است. علی‌رغم اینکه نقشه تهیه شده (شکل ۵) متعلق به روز بعد از بارندگی است، می‌توان مناطق سیل‌زده را به دلیل وجود رطوبت بیشتر یا بالابودن دبی در اثر بارندگی شدید در روزهای قبل، در نقشه مشاهده کرد، به طوری که افزون بر ۲۵ کیلومترمربع (جدول ۲) از منطقه موردمطالعه در سیزدهم فروردین جزو مناطق سیل‌زده تعیین شده است. پراکندگی پیکسل‌های سیلابی نشان‌دهنده پهنه‌های سیلابی، خصوصاً در محل مئاندرها است.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.7.7]

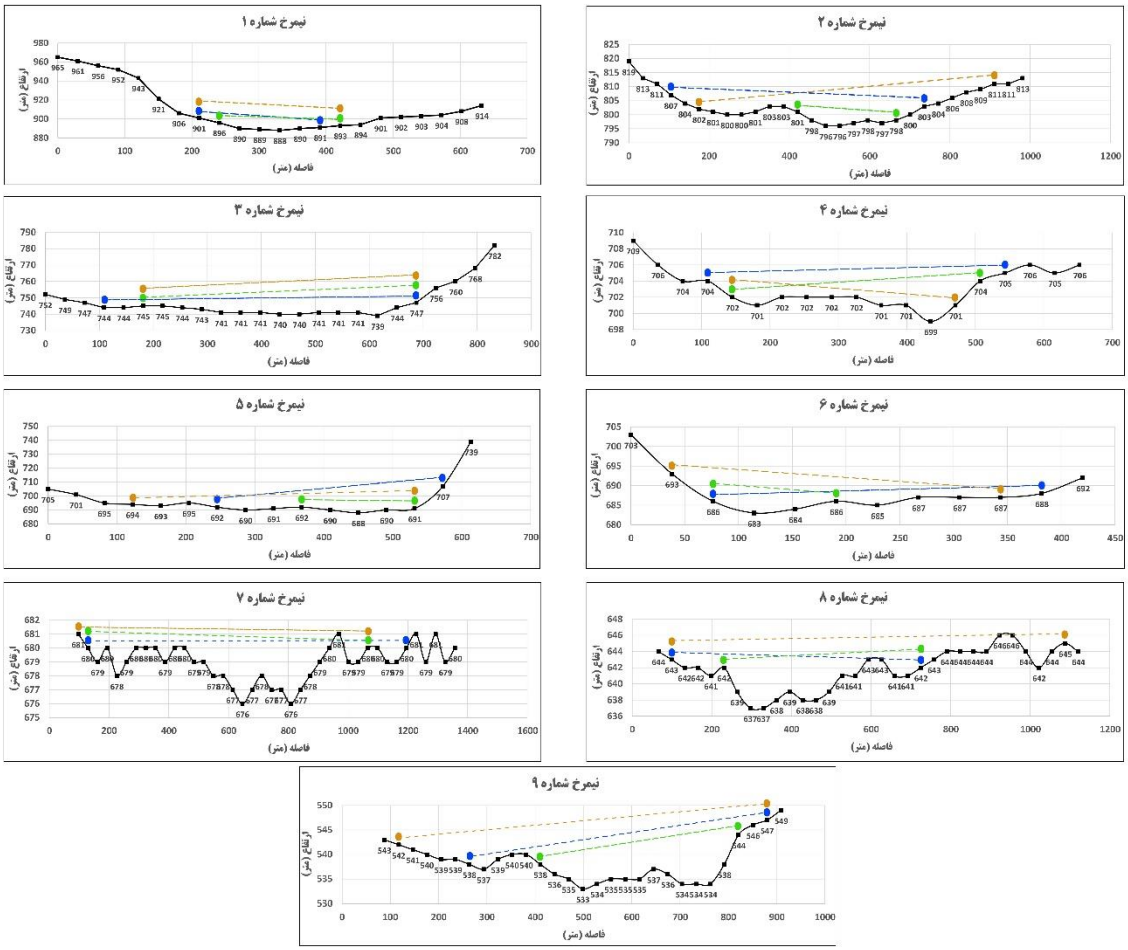


شکل ۵. نقشه مناطق سیل‌زده در روز سیزدهم فروردین ۱۳۹۸. پیکسل‌های قرمز رنگ نشان‌دهنده مناطق سیل‌زده هستند.

گرچه هدف از این مطالعه بررسی عوامل وقوع یا تشدید سیلاب در محدوده مورد مطالعه نیست، با این‌حال با توجه به نقشه‌های مناطق سیل‌زده، مشخص شد که محل خمیدگی‌ها از مناطق پرخطر در محدوده رودخانه کشکان به شمار می‌روند. علاوه بر لزوم توجه به عدم ساخت‌وساز و فعالیت کشاورزی در محدوده دشت سیلابی، باید توجه داشت که شناخت پیچان‌رودها و بررسی نحوه تأثیر ژئومورفولوژی و هیدرولیک در آنها می‌تواند نقش مهمی در کاهش خسارات سیلاب‌های احتمالی در آینده داشته باشد. دینامیک رودخانه‌ها معمولاً از طریق نیمرخ‌های عرضی آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد (Kasvi et al., ۲۰۱۷). بررسی مورفولوژی پیچان‌رودها می‌تواند دلیل مستغرق شدن مناطق اطراف خمیدگی‌ها را توجیه کند. به طورکلی، میزان تکامل پیچان‌رود (یا به عبارتی خمیدگی) یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار بر شدت سیل در محل خمیدگی محسوب می‌شود (Kasvi et al., ۲۰۱۵). فرایندهای هیدرولیکیِ بین خمیدگی‌ها نیز از اهمیت بالایی برخوردار هستند (Ottevanger et al., ۲۰۱۲). به طور کلی مئاندرها از یک دماغه (Point bar) با شیب ملایم که به بخش محدب مئاندر متصل است، و یک بخش عمیق که به قسمت مقعر کانال متصل است، تشکیل می‌شوند (MCgowen et al., ۱۹۷۰) (شکل ۷ب). در ورودی خم، هسته پرسرعت جریان (High Velocity Core) در محل ساحل داخلی قرار دارد. این هسته به تدریج به سمت ساحل خارجی در طول خمیدگی متمایل می‌شود و درنهایت به سمت دماغه و خمیدگی اصلی حرکت می‌کند (Dietrich et al., ۱۹۸۴). سرعت زیاد آب منجر به افزایش ارتفاع جریان در ساحل مقعر می‌شود. از طرفی در هنگام سیلاب که دبی بالاست، جریان قادر است تا مسیر خود را صاف کرده و از روی دماغه عبور کند. نقشه‌های مناطق سیل‌زده در این تحقیق نیز با این موضوع مطابقت دارند به‌طوری که در هر سه نقشه مناطق سیل‌زده، دماغه و

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.7.7]

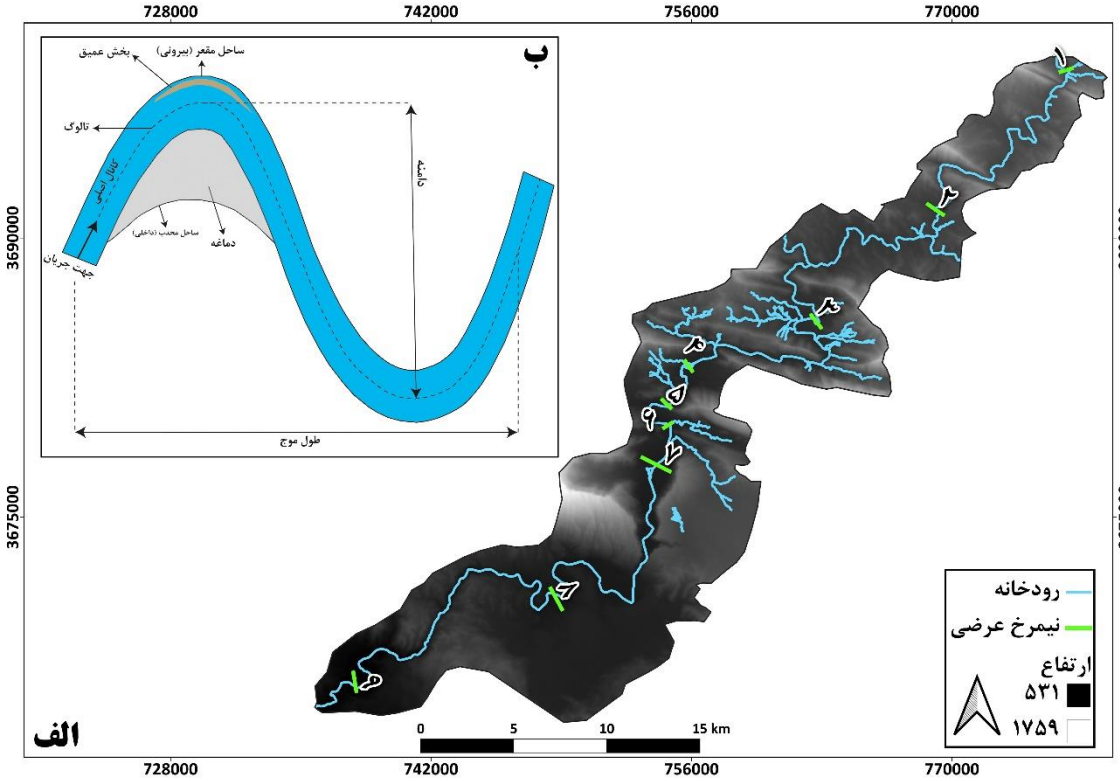
ساحل مقعر جزو مناطق زیر آب رفته بوده‌اند. همچنین توضیحات بالا دلیل تفاوت ارتفاع نقاط زیر آب رفته در سمت چپ و راست نیمرخ‌ها را توجیه می‌کند.



شکل ۶. نیمرخ عرضی پیچان‌رودها در محدوده مورد مطالعه. خط چین آبی متعلق به پنجم فروردین، خط چین سبز متعلق به یازدهم و خط چین قرمز متعلق به سیزدهم فروردین ۱۳۹۸ است. در نیمرخ‌ها به فاصله و ارتفاع در قسمت چپ و راست توجه شود.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.7.7]



شکل ۷. الف) موقعیت نیمرخ‌های عرضی در محدوده مورد مطالعه ب) نمای شماتیک مئاندر و عناصر اصلی آن منبع: نگارندگان (برگرفته از kasvi et al., ۲۰۱۷)

نتیجه‌گیری

تصاویر راداری رایگان ماهواره سنتینل به دلیل در دسترس بودن، قدرت تفکیک مکانی و زمانی مناسب، قدرت تصویربرداری در شرایط نامناسب آب‌وهوایی و...، به‌طور گسترده‌ای برای تعیین مناطق سیل‌زده در سراسر دنیا مورداستفاده قرارگرفته‌اند. در این تحقیق نیز با استفاده از تصاویر GRDH ماهواره سنتینل-۱ و با استفاده از روش آستانه‌گذاری Otsu، مناطق سیل‌زده در حوادث سیلاب فروردین ماه ۱۳۹۸ در مسیر رودخانه کشکان، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که محل پیچان‌رودها از مهمترین مناطق مستعد سیلاب در محدوده مورد مطالعه هستند. بیشترین پیکسل‌های سیلابی در سواحل مئاندرها قابل مشاهده هستند. مورفولوژی پیچان‌رودها و دینامیک رودخانه از اهمیت ویژه‌ای در این موضوع برخوردارند. حفظ حریم رودخانه و عدم ساخت و ساز خصوصاً در مناطق مئاندری می‌تواند خسارات ناشی از سیلاب را تا حد زیادی کاهش دهد. به طور کلی عوامل مختلفی در شکل گیری پدیده سیلاب و خسارات ناشی از آن اثرگذارند. با این‌حال هدف از این تحقیق تعیین مناطق سیل‌زده و مستعد سیلاب (با توجه به مناطق سیل‌زده در رخدادهای قبلی) با استفاده از روش‌های نوین و در مدت زمان کم و با دقت بالا بوده است؛ تا بتوان از این ابزار در راستای پهنه‌بندی دقیق‌تر و برنامه‌ریزی‌های کارآمد در آینده، بهره برد. نتایج نشان داد که تصاویر راداری ابزاری مفید و قدرتمند و قابل اعتماد در تعیین مناطق سیل‌زده خصوصاً برای بررسی‌های سریع و نزدیک به زمان وقوع پدیده (Near Real Time) هستند.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.7.7]

منابع

آبیل، ابولفضل؛ تقی طاوسی و محمود خسروی. ۱۳۹۸. تحلیل مناطق بالقوه در معرض مخاطرهٔ سیلاب شهری مطالعهٔ موردی: شهر زاهدان. *فصلنامه جغرافیا و توسعه*، **۵۴**: ۹۱-۱۰۶.

پوراحمد، احمد. ۱۳۸۱. نقش ساختار جغرافیایی در سیل مرداد ماه ۱۳۷۸ شهر نکا. *محیط شناسی*، **۲۹**.

جباری، ایرج؛ و علی خزائی. ۱۳۹۰ .پیش‌بینی آب‌گرفتگی دشت کرمانشاه با استفاده از نقشه‌های زمین ریخت. *فصلنامه جغرافیا و توسعه*، **۲۲**: ۷۳-۸۸.

حسینی، سید موسی؛ منصور جعفر بیگلو، مجتبی یمانی و فاطمه گراوند. ۱۳۹۴. پیش‌بینی سیلاب‌های تاریخی رودخانه کشکان با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. **۱**: ۱۳۳-۱۱۸.

دستورانی، محمدتقی؛ مهدی حیات زاده، علی فتح زاده و محمدعلی حکیم زاده. ۱۳۹۳. بررسی کارایی روابط تجربی در برآورد دبی اوج سیلاب در مناطق بیابانی ایران مرکزی. *جغرافیا و توسعه*، **۳۶**: ۱۴۵ -۱۶۰.

رضایی، پرویز؛ خسرو تاجداری و سید اسماعیل میرقاسمی. ۱۳۹۳. تعیین گستره سیل رودخانه مرغک در محیط HEC-GeoRAS. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*. **۲**: ۴۵-۲۹.

رمضان‌زاده سلبوئی، مهدی؛ علی عسگری و سیدعلی بدری. ۱۳۹۳. زیرساخت‌ها و تاب‌آوری در برابر بلایای طبیعی با تأکید بر سیلاب. منطقه مورد مطالعه: مناطق نمونه گردشگری چشمه کیله تنکابن و سردآبرود کلاردشت. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*. **۱**: ۵۲-۳۵.

زنگنه‌اسدی، محمدعلی؛ ابوالقاسم امیراحمدی و مهناز ناعمی تبار. ۱۴۰۰. ارزیابی کارایی مدل ویکور، L-THIA و شبکع عصبی مصنوعی در تحلیل منطقه‌ای سیلاب (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی). *اکوهیدرولوژی*. **۱**: ۱۰۸-۸۹.

سوری‌نژاد، علی. ۱۳۸۱. برآورد حجم رواناب حوضه آبریز رودخانه کشکان با استفاده از GIS. *پژوهش‌های جغرافیایی*. **۴۳**: ۸۰-۵۷.

فرهادیانی، رامین؛ عبدالرضا صفری و سعید همایونی. ۱۳۹۷. کاهش اسپکل در تصاویر راداری دریچه مصنوعی در حوزه موجک با استفاده از توزیع لاپلاس. *مهندسی فناوری اطلاعات مکانی*. **۴**: ۱۶۲- ۱۴۹.

قهرودی‌تالی، منیژه؛ خه‌بات درفشی. ۱۳۹۴. بررسی آشفتگی در الگوی خطر سیلاب در تهران. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*. **۲**: ۱۶-۱.

کرم، امیر؛ امیر صفاری و شیلا حجه فروش‌نیا. ۱۳۹۴. نقش سیلاب و فرایندهای رودخانه‌ای در وقوع مخاطرات محیطی در حوضه‌ی ارکنه‌ی رودخانه‌ی کرج. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*. **۲**: ۶۸-۵۳.

لاجوردی، محمود؛ شهریار خالدی، و شاپور ستاری. ۱۳۹۲. پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی حوضه آبریز مردق چای (آذربایجان‌شرقی). *جغرافیا و برنامه ریزی*، **۴۴**: ۲۳۷-۲۵۵.

مزیدی، احمد؛ و سمیرا کوشکی. ۱۳۹۲. شبیه‌سازی بارش- رواناب و تخمین سیل در حوضه‌ی آبریز خرم‌آباد با مدل–HEC HMS. *فصلنامه جغرافیا و توسعه*، **۴۱**: ۱-۱۰

نگارش، حسین؛ مهدی اژدری مقدم، و محسن آرمش. ۱۳۹۲. کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در شبیه سازی و پیش بینی سیلاب در حوضه آبریز سرباز. *جغرافیا و توسعه*، **۳۱**: ۲۸-۱۵.

نیری، هادی؛ ممند سالاری، و اسرین میرزامرادی. ۱۳۹۵. پتانسیل سیل خیزی حوضه های آبریز استان کردستان با به کارگیری شاخص های مورفومتری و تحلیل های آماری. *پژوهش های ژئومورفولوژی کمی*، **۱۷**: ۱۹۰-۱۸۱.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.7.7]

یمانی، مجتبی؛ زهرا داورزنی و ابوالقاسم دادرسی. ۱۳۹۱. ارزیابی مدل منطق فازی در مقایسه با سایر مدل‌های مفهومی در پهنه‌بندی سیل‌خیزی با تأکید بر ویژگی‌های ژئومورفولوژیک، مورد شناسی: حوضه داورزن. *جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای*. **۲**، ۱۳۴-۱۲۱.

یمانی، مجتبی؛ و مریم عنایتی. ۱۳۸۴. ارتباط ویژگی های ژئومرفولوژیک حوضه ها و قابلیت سیل‌خیزی (تجزیه و تحلیل داده های سیل از طریق مقایسه ژئومرفولوژیک حوضه های فشند و بهجت آباد). *پژوهش های جغرافیایی*، **۵۴**: ۵۷-۴۷.

Amitrano, D.; G. Di Martino, A. Iodice, D. Riccio,and G. Ruello. ۲۰۱۸. Unsupervised rapid flood mapping using Sentinel-۱ GRD SAR images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, ۵۶: ۳۲۹۰-۳۲۹۹.

Argenti, F., Lapini, A., Bianchi, T., Alparone, L. ۲۰۱۳. A tutorial on speckle reduction in synthetic aperture radar images. IEEE Geoscience and remote sensing magazine, ۱(۳), ۶-۳۵.

Bioresita, F.; A. Puissant, A. Stumpf,and J.P. Malet. ۲۰۱۸. A method for automatic and rapid mapping of water surfaces from sentinel-۱ imagery. *Remote Sensing*, ۱۰: ۲۱۷.

Brisco, B. ۲۰۱۵. Mapping and monitoring surface water and wetlands with synthetic aperture radar. *Remote Sensing of Wetlands: Applications and Advances*, ۱۱۹-۱۳۶.

Dietrich, W. E.; and J.D. Smith. ۱۹۸۴. Bed Load Transport in a River Meander. *Water Resources Research*, ۲۰: ۱۳۵۵-۱۳۸۰. doi:https://doi.org/۱۰,۱۰۲۹/WR۰۲۰i۰۱۰p۰۱۳۵۵

Fan, J. L., & Lei, B. ۲۰۱۲. A modified valley-emphasis method for automatic thresholding. *Pattern Recognition Letters*, ۳۳(۶), ۷۰۳-۷۰۸.

Filipponi, F. ۲۰۱۹. *Sentinel-1 GRD preprocessing workflow*. Paper presented at the Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings.

Henry, J. B.; P. Chastanet, K. Fellah, and Y.L. Desnos. ۲۰۰۶. Envisat multi-polarized ASAR data for flood mapping. *International Journal of Remote Sensing*, ۲۷: ۱۹۲۱-۱۹۲۹.

Kasvi, E.; L. Laamanen, E. Lotsari,and P. Alho. ۲۰۱۷. Flow patterns and morphological changes in a sandy meander bend during a flood—Spatially and temporally intensive ADCP measurement approach. *Water*, ۹: ۱۰۶.

Kasvi, E.; M. Vaaja,H. Kaartinen, A. Kukko,A. Jaakkola, C. Flener, H. Hyyppä, J. Hyyppä, and P. Alho. ۲۰۱۵. Sub-bend scale flow–sediment interaction of meander bends — A combined approach of field observations, close-range remote sensing and computational modeling. *Geomorphology*, ۲۳۸: ۱۱۹-۱۳۴. doi:https://doi.org/۱۰,۱۰۱۶/j.geomorph.۲۰۱۵,۰۱,۰۳۹

Lee, J.S.; L. Jurkevich,P. Dewaele, P. Wambacq,and A. Oosterlinck. ۱۹۹۴. Speckle filtering of synthetic aperture radar images: A review. *Remote sensing reviews*, ۸: ۳۱۳-۳۴۰.

Long, S., Fatoyinbo, T. E., & Policelli, F. ۲۰۱۴. Flood extent mapping for Namibia using change detection and thresholding with SAR. *Environmental Research Letters*, ۹, ۱-۹.

Martinis, S.; S. Plank, and K. Ćwik,. ۲۰۱۸. The use of Sentinel-۱ time-series data to improve flood monitoring in arid areas. *Remote Sensing*, ۱۰: ۵۸۳.

Mcgowen, J. H.; and L.E. Garner. ۱۹۷۰. Physiographic features and stratification types of coarse-grained pointbars: modern and ancient examples۱. *Sedimentology*, ۱۴: ۷۷-۱۱۱. doi:https://doi.org/۱۰,۱۱۱۱/j.۱۳۶۵-۳۰۹۱,۱۹۷۰.tb۰۰۱۸۴.x

Otsu, N. ۱۹۷۹. A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE* transactions on systems, man, and cybernetics, ۹(۱), ۶۲-۶۶.

Ottevanger, W.; K. Blanckaert,and W.S.J. Uijttewaal. ۲۰۱۲. Processes governing the flow redistribution in sharp river bends. *Geomorphology*, ۱۶۳: ۴۵-۵۵. doi:https://doi.org/۱۰,۱۰۱۶/j.geomorph.۲۰۱۱,۰۴,۰۴۹

Tavus, B.; S. Kocaman, C. Gokceoglu,and H. Nefeslioglu. ۲۰۱۸. CONSIDERATIONS ON THE USE OF SENTINEL-۱ DATA IN FLOOD MAPPING IN URBAN AREAS: ANKARA (TURKEY) ۲۰۱۸ FLOODS. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*.

Twele, A.; W. Cao, S. Plank, and S. Martinis. ۲۰۱۶. Sentinel-۱-based flood mapping: a fully automated processing chain. *International Journal of Remote Sensing*, ۳۷: ۲۹۹۰-۳۰۰۴.

Uddin, K.; M. Matin, and F. Meyer. ۲۰۱۹. Operational flood mapping using multi-temporal sentinel-۱ SAR images: a case study from Bangladesh. *Remote Sensing*, ۱۱: ۱۵۸۱.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.7.7]

Vishnu, C. L., Rani, V. R., Sajinkumar, K. S., Oommen, T., Bonali, F. L., Pareeth, S., ... & Rajaneesh, A. ۲۰۲۰. Catastrophic flood of August ۲۰۱۸, Kerala, India: Study of partitioning role of lineaments in modulating flood level using remote sensing data. *Remote Sensing Applications*: Society and Environment, ۲۰, ۱۰۰٤۲٦.

Voigt, S.; T. Kemper, T. Riedlinger,R. Kiefl, K. Scholte, and H. Mehl. ۲۰۰۷. Satellite image analysis for disaster and crisis-management support. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*, ٤٥: ۱۵۲۰-۱۵۲۸.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.7.7]