

۱۲ درصد دارای بیشترین درصد آب گرفتگی بودند.

کلیدواژه‌ها: تصاویر رادار، سیل، خسارت، سنتینل-۱، الگوریتم جنگل تصادفی.

مقدمه

سیل بیانگر بزرگ‌ترین فاجعه طبیعی است که ممکن است در اقالیم مختلف رخ دهد و بر محیط‌زیست، کشاورزی و زیرساخت‌ها تأثیر بگذارد [۴]. پایش مناطق سیل‌زده و ارزیابی خسارت سیل گام مهمی در مدیریت شرایط بحرانی است اما همواره با توجه به در دسترس نبودن داده‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی، پیچیدگی مدل‌های هیدرولوژیکی، چالش برانگیز به نظر می‌رسد و داده‌های هوابرد و فضابرد تنها انتخاب واقع بینانه برای بررسی مداوم مناطق بزرگ سیل‌زده می‌باشد [۱۹]. استخراج منطقه سیل‌زده در کم‌ترین زمان ممکن، جهت مدیریت به موقع منطقه سیل‌زده با آگاهی قبلی منطبق بر اطلاعات دقیق استخراج شده از محل، امری بسیار مهم می‌باشد. لذا استفاده از سنجش از دور و به خصوص داده‌های رادار روزنه ترکیبی^۵، ابزاری مناسب جهت استخراج سریع منطقه سیل‌زده می‌باشند [۱۲ و ۹]. پهنه‌های آبی دارای بازپراکنش پایینی در تصاویر سنتینل بوده و به رنگ تیره می‌باشند. اراضی بایر و سنگلاخی به دلیل زبری در سطح‌شان، بازپراکنش بیش‌تری دارند و این امر به جداسازی پهنه آبی و خاک کمک می‌کند [۲۶]. ایجاد سریع نقشه مناطق سیل‌زده با استفاده از داده‌های رادار اطلاعات ارزشمندی را جهت برنامه‌ریزی و مدیریت زود هنگام بلایای طبیعی خصوصاً سیل فراهم می‌کند. تعدادی از محققین به بررسی خسارت سیل و پهنه‌بندی مناطق سیل‌زده با استفاده از داده‌های سنتینل-۱ پرداخته‌اند [۲، ۲۰، ۲۱، ۲۳ و ۲۵]. کانجیان^۶ و همکاران [۸] برای استخراج محدوده سیل از تصاویر رادارست، یک الگوریتم تقسیم‌بندی آستانه را اعمال کردند. در تحقیقی دیگر سورنای^۷ و همکاران [۷]، تصاویر راداری ERS-2^۸ و تصاویر اپتیک IRS^۹، TM^{۱۰} و NOAA^{۱۱} را با

استفاده از تصاویر سنتینل-۱ جهت پایش خسارت سیلاب فروردین ۱۳۹۹، جنوب استان کرمان براساس الگوریتم جنگل تصادفی

فرشاد سلیمانی ساردو^۱، الهام رفیعی ساردوئی^۲، طیه مصباح زاده^۳ و علی آذره^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۹/۲۰

چکیده

ارزیابی خسارت سیل، جهت مدیریت زود هنگام سیل امری ضروریست. در این مقاله چارچوبی جهت برآورد سریع خسارات سیلاب و شناسایی مناطق سیل‌زده در فروردین ۱۳۹۹، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای Sentinel-1 ارائه شده است. در پژوهش حاضر بعد از اعمال پیش‌پردازش‌های لازم در نرم‌افزار SNAP^۵، ضریب پراکنش سیگما صفر هر دو تصویر مربوط به قبل و بعد از وقوع سیل استخراج شد. جهت تفکیک تصویر به دو طبقه آب و غیر آب، از هیستوگرام ضریب پراکنش تصویر استفاده و حد آستانه ۰/۰۱ به دست آمد. سپس با اعمال عملیات ریاضی روی هر دو تصویر ضریب پراکنش، تصویر باینری آب و غیر آب به صورت صفر و یک تهیه و براساس اختلاف دو تصویر، منطقه سیل‌زده مشخص گردید. پس از آشکارسازی مناطق سیل‌زده، تصاویر سنتینل با استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت شده به سه کلاس پهنه آبی قبل از سیل، مناطق سیل‌زده و سایر اراضی طبقه‌بندی شد. نتایج حاکی از صحت بالای روش طبقه‌بندی جنگل تصادفی (ضریب کاپا=۰/۹۲) نسبت به سایر الگوریتم‌ها بود. با روی هم‌گذاری نقشه کاربری اراضی و مناطق سیل‌زده، درصد آب‌گرفتگی هریک از کاربری‌ها مشخص شد. بر طبق نتایج، اراضی بایر، مسکونی و مرتع به ترتیب با میزان ۱۶، ۲۷/۹ و

۱- استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران.

۲- نویسنده مسئول و استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران. پست الکترونیک: ellrafiei@ujroft.ac.ir

۳- دانشیار، گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۴- استادیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران.

5. Synthetic aperture radar (SAR)

6. Cunjian et al.

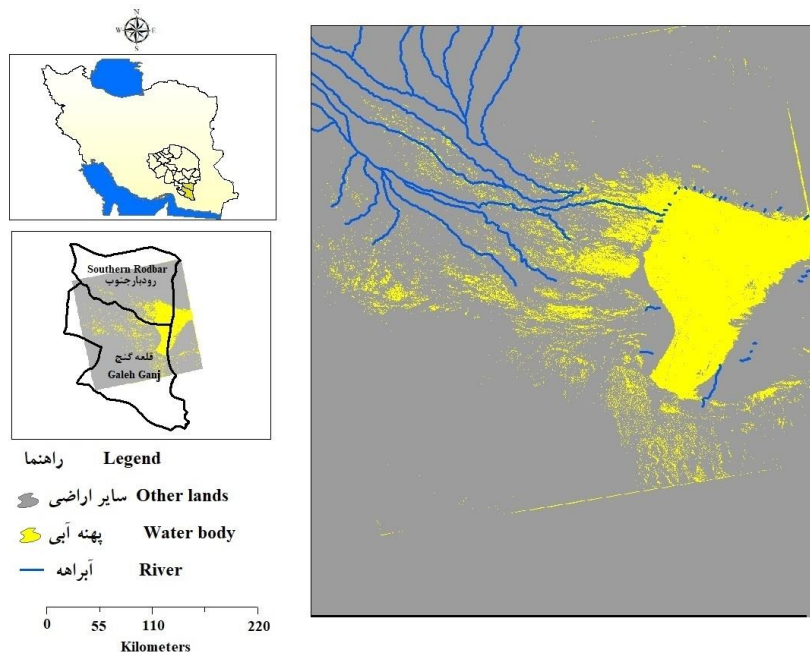
7. Csornai et al.

8. European Remote-Sensing Satellite-2

9. Indian Remote Sensing

10. Thematic Mapper

11. National Oceanic and Atmospheric Administration



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران
Fig 1. The location of the study area in Iran.

یکی از روش‌های یادگیری ماشین است که دارای صحت عملکرد بالایی است. این روش عمومی‌سازی (جنرالیزاسیون) بهتری را به دلیل نمونه‌گیری تصادفی فراهم می‌کند و در نتیجه برآوردهای بهتری را ارائه می‌دهد [۱۴]. در جنوب استان کرمان، طغیان سیل هر ساله باعث ایجاد خسارت بر زیرساخت‌ها، اراضی مسکونی و محصولات کشاورزی شده و بر اقتصادی محلی تأثیر می‌گذارد. از این رو، با توجه به اهمیت بالای استخراج سریع نقشه سیل برای مدیریت منطقه، هدف از این مطالعه، ارائه یک روش برای ارزیابی خسارت سیل (۴ فروردین ۱۳۹۹)، با استفاده از داده‌های سنتینل-۱، در جنوب استان کرمان می‌باشد. این امر به سیاست‌مداران در اتخاذ برنامه‌های مدیریتی مواجهه با چنین سیلاب‌هایی در آینده کمک خواهد کرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با وسعت ۱۳۵۷۷ کیلومترمربع در جنوب استان کرمان در انتهای حوزه آبخیز جازموریان، بین ۵۷ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی و ۲۶ درجه و پنجاه دقیقه تا ۲۸ درجه و پنج دقیقه عرض شمالی قرار گرفته و شهرستان‌های رودبار جنوب و قلعه گنج را در بر می‌گیرد. این منطقه دارای ۵۹۵ روستا شامل روستاهای زهک‌لوت، وکیل‌آباد، جازکلات، چاه گرگ، چاه شور و... می‌باشد. اقلیم منطقه گرم و خشک بوده و دارای حداقل ارتفاع ۳۰۰ و حداکثر ارتفاع ۲۰۵۳ متر از سطح دریا می‌باشد. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را در ایران نشان می‌دهد.

تکنیک آشکارسازی تغییرات برای بررسی سیل در مجارستان در سال ۲۰۰۱ استفاده کردند. استفاده از تصاویر رادار برای استخراج اطلاعات از محیط در سال‌های اخیر با در مدار قرار گرفتن ماهواره سنتینل-۱ توسط سازمان فضایی اروپا برای پایش زمین (که داده‌های آن به صورت مجانی در اختیار کاربران قرار گرفته) و همچنین قابلیت بالای اخذ این داده‌ها در شب و روز و شرایط ابری، بیش‌تر مورد توجه واقع شده است [۹]. بورا^۱ و همکاران [۴] با استفاده از داده‌های راداری ماهواره سنتینل-۱، اقدام به پایش سیل در پارک ملی کازیرانگا هند در طول بارش‌های موسمی سال ۲۰۱۷، نمودند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که داده‌های راداری به دلیل قابلیت نفوذ و حساسیت به رطوبت خاک برای شناسایی مناطق سیل‌زده دارای مزیت بوده و استفاده از این داده‌ها، برای شناسایی مناطق مناسب ساخت پناهگاه‌های حیوانی و پیدا کردن مسیرهای مناسب جهت عملیات امداد و نجات نیز بسیار مفید می‌باشد. پوراگرمی و همکاران [۲۲] در پژوهشی به استخراج سریع محدوده سیل‌زده با استفاده از تصاویر سنتینل، پرداختند. نتایج نشان داد که روش حد آستانه‌گذاری روی تصاویر راداری، روشی سریع و مناسب برای استخراج سریع نقشه سیل می‌باشد. روش‌های مختلفی برای پهنه‌بندی دقیق سیل براساس شدت بازپراکنش پیکسل‌ها وجود دارد که از آن جمله می‌توان به روش آستانه، الگوریتم‌های یادگیری نظارت شده شامل: جنگل تصادفی^۲، کی-نزدیک‌ترین همسایه^۳ و بیشینه درست‌نمایی^۴ اشاره کرد. روش طبقه‌بندی جنگل تصادفی

1. Borah et al.
2. Random Forest (RF)
3. K Nearest Neighbors (KNN)
4. Maximum Likelihood

ماهواره سنتینل-۱، اولین ماهواره از سری ماهواره‌های سنتینل می‌باشد و توسط آژانس فضایی اروپا در ۳ آوریل ۲۰۱۴ پرتاب شده است. تصاویر سنتینل-۱ دارای قدرت تفکیک مکانی 10^*10 متر هستند. این ماهواره خورشید آهنگ بوده و شامل یک زوج سنجنده مدار قطبی (A و B) می‌باشد و قادر است که در شب و روز به جمع‌آوری اطلاعات از سطح زمین بپردازد. این سنجنده در محدوده باند C فعالیت می‌کند و رادار روزنه ترکیبی^۱ می‌باشد [۱۹]. رادار روزنه ترکیبی یکی از روش‌های راداری است که برای نقشه برداری از زمین بدون استفاده از آنتن‌های بزرگ ابداع شده و از یک هواپیما یا یک سکوی فضایی اعمال و در آن یک دهانه موثر آنتن به گونه ترکیبی ایجاد می‌شود [۳]. ویژگی‌های ذکر شده، این امکان را به دو سنجنده سنتینل-۱ می‌دهد تا در تمام شرایط جوی تصویربرداری کند. دو ماهواره A و B هریک با فاصله ۱۸۰ درجه از یکدیگر قرار دارند و تمام کره زمین را در هر ۶ روز تصویربرداری می‌کنند. ماهواره سنتینل-۱ دارای سطوح پردازش مختلفی SLC^۲ و GRD^۳ می‌باشد و در چهار حالت مختلف، تصویربرداری با وضوح قابل قبول تا حد ۵ متری و پوششی در عرض ۴۰۰ کیلومتر را فراهم می‌آورد. مدار قطبی بودن آن و قابلیت قطبش دوگانه این ماهواره باعث تحویل سریع داده‌ها از ماهواره به ایستگاه‌های زمینی شده است. این ماهواره از یک رادار با روزنه مجازی برخوردار است که تصویری با قدرت تفکیک بالا را ارائه می‌دهد [۱۷]. یکی دیگر از فواید مهم استفاده از تصاویر سنتینل، قابلیت آن‌ها برای جداسازی پهنه آبی از سایر کلاس‌ها می‌باشد چرا که استفاده از داده‌های اپتیک در فصل بارانی محدودیت دارد [۱۸، ۱۹ و ۲۴].

بنابراین، این ویژگی‌ها و به خصوص حساس بودن به رطوبت خاک، برای پایش و بررسی سیل تصاویر اخذ شده با این سنجنده بسیار مناسب خواهد بود. در این پژوهش از دو تصویر سنتینل-۱ اخذ شده توسط سری B ماهواره سنتینل-۱ در سطح پردازش اول GRD استفاده شده است. برای شناسایی محدوده سیلابی، یک تصویر سنتینل-۱ در زمان قبل از وقوع سیلاب (۱۳۹۸/۱۰/۱۰) و تصویر دوم در زمان وقوع سیل (۱۳۹۹/۱/۴) استفاده شد. داده‌ها از سایت <https://scihub.copernicus.eu> دانلود و در نرم‌افزار SNAP 6^۴ پردازش شدند. در تحقیق حاضر، قطبش خطی عمودی^۵، به دلیل میزان انرژی در دسترس بیشتر و توانایی بهتر جهت تفکیک مناطق آبی و غیرآبی مورد استفاده قرار گرفت [۲۵]. برای تحلیل خسارت سیل ابتدا همه تصاویر سنتینل پیش‌پردازش شدند.

شکل (۲) مراحل پیش‌پردازش تصاویر سنتینل-۱ را نشان می‌دهد.

1. Synthetic Aperture Radar (SAR)
2. Single Look Complex
3. Ground Range Detected
4. Sentinel Application Platform-Version 6
5. Co-polarization (VV)

با توجه به شکل (۲) مراحل پیش‌پردازش عبارتند از: ورودی و خواندن تصویر در نرم افزار، برش مکانی تصویر به اندازه حدود منطقه مورد مطالعه، استخراج اطلاعات مداری تصویر، حذف خطاهای ناشی از سنجنده، محاسبه مقادیر بازپراکنده شده براساس کالبراسیون سیگما صفر، برطرف نمودن نویزهای اسپکل از روی داده‌های بازپراکنده شده (فیلتر حذف لکه) و انجام تصحیح هندسی تصویر و در نهایت استخراج تصویر خروجی می‌باشند [۶].

کالبراسیون سیگما صفر (سیگمانات)

هدف از کالبره کردن تصاویر سنتینل (کالبراسیون سیگمانات)، تبدیل ارزش پیکسل خام به مقدار بازپخش زمینی آن پیکسل می‌باشد. هرچند تصاویر کالبره نشده برای استفاده کیفی کافی است ولی برای استفاده کمی از داده‌های سنتینل، کالبراسیون الزامی می‌باشد. جدول کالبراسیون گنجانده شده در فایل داده^۶، امکان تبدیل ساده ارزش‌های شدت تصویر را به ارزش سیگما صفر می‌دهد. براساس این جدول، ضریب ثابت کالبراسیون اعمال می‌شود [۱۰].

فیلتر حذف لکه^۷

تصاویر راداری با نوعی اختلال مواجه‌اند که به عنوان نویز اسپکل^۸ شناخته می‌شود و باعث ظاهر شدن دانه‌های ریز و درشت و تداخل سیگنال‌های بازتابیده می‌شود که به بافت فلغل نمکی مشهور است. برای نرم کردن داده لکه‌دار از فیلتر حذف لکه استفاده می‌شود.

فیلتر حذف لکه، یک فیلتر بر مبنای انحراف معیار سیگما می‌باشد که داده‌ها را بر مبنای آماره‌های محاسبه شده در درون پنجره‌های فیلتر منحصر به فردی، فیلتر می‌کند. فیلتر حذف لکه، وضوح و جزئیات تصویر را حفظ کرده و نویز لکه را از بین می‌برد. پیکسل فیلتر شده با ارزش محاسبه شده از پیکسل‌های اطراف، جایگزین می‌شود [۲۷].

تصحیح هندسی

هم‌چنین، داده‌های سنجنش از دوری دارای خطاهای سیستمی و غیر سیستمی به خاطر سیستم سنجنده، حرکات و ناهمواری می‌باشند که برای رفع آن از تصحیحات هندسی استفاده می‌شود. بنابراین تصاویر خام را باید با استفاده از اطلاعات سنجنده، مدل رقومی ارتفاع SRTM^۹ و نقاط کنترل زمینی اصلاح نمود [۱]. با توجه به هموار بودن محیط و اثر ناچیز ناهمواری روی تصویر، از تصحیح اثر ناهمواری چشم پوشی شد. تصاویر دریافتی توسط سازمان ارائه دهنده بر مبنای پارامترهای سنجنده، زمین مرجع شده‌اند. بنابراین فقط باید سیستم تصویر داده GRD را به سیستم جغرافیایی تغییر داد. برای نمونه‌گیری مجدد تصویر، از روش نزدیک‌ترین همسایه به دلیل سرعت بیشتر در اجرای آن، استفاده شد.

پس از پیش‌پردازش هر دو تصویر، جهت شناسایی و تفکیک پهنه‌های آبی و غیرآبی، می‌توان یک حد آستانه انتخاب کرد که برای

6. Look Up Table (LUT)
7. Lee
8. Speckle
9. Shuttle Radar Topography Mission

تهیه آن باید هیستوگرام تصویر را تحلیل کرد. این امر به ایجاد نقشه مناطق سیل زده منطقه مورد مطالعه، کمک خواهد کرد. پیکسل‌های با ضریب بازپراکنش پایین‌تر نشان‌دهنده پهنه‌های آبی و پیکسل‌های با بازپراکنش بالاتر نشان‌دهنده پهنه‌های غیرآبی می‌باشند [۱۵]. پس از برآورد عدد حد آستانه، تصویر ضریب بازپخش با استفاده از عدد مذکور به تصویر باینری تبدیل گردید. برای بازپخش‌های کمتر (آب) عدد ۱ و برای غیر آب عدد صفر اختصاص داده شد. در نهایت تصویری سیاه و سفید با دو عدد صفر (غیر آب) و یک (آب) تهیه گردید. سپس خروجی باینری را به محیط نرم افزار ArcGIS 10.2 انتقال داده و با تبدیل اعداد دارای ارزش ۱ در تصویر باینری به داده برداری، لایه منطقه سیل زده استخراج شد و پهنه‌های آبی برای تصویر قبل از سیل به دست آمدند تا پهنه آبی دائم موجود در منطقه مورد مطالعه را تعیین کنند. به طور مشابه پهنه‌های آبی مربوط به بعد از سیل مشخص شدند و نتایج آن با پهنه‌های آبی دائم منطقه مقایسه گردید و اختلاف دو پهنه آبی قبل و بعد از سیل محاسبه شد تا وسعت مناطق خسارت دیده توسط سیل مشخص گردد. ارزیابی صحت پهنه‌های آبی استخراج شده حاصل از آستانه‌گذاری، تعیین شد. برای ارزیابی صحت، ابتدا نقشه رستر پهنه‌های آبی استخراج شده به فرمت پوینت تبدیل می‌شود. سپس ۲۰۰ نقطه مشاهداتی براساس مشاهدات میدانی و تصاویر گوگل ارث تهیه گردیده و این نقاط روی تصاویر سنتینل توزیع شده و صحت کلی و ضریب کاپا برآورد می‌شود. اگر این حد آستانه به درستی تعریف نشود، در تبدیل تصاویر ضریب بازپخش به تصاویر باینری و نهایتاً استخراج لایه وکتوری سیل و غیر سیل در محیط GIS^۱ اشتباهاتی پیش خواهد آمد [۱۷]. استفاده تنها از روش حد آستانه‌گذاری، جهت جداسازی مناطق سیل زده کافی نبوده و باید با روش‌های دیگر نظیر الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت شده تلفیق شود.

بدین ترتیب پس از شناسایی پهنه‌های آبی و غیرآبی با استفاده از روش آستانه، اقدام به تعیین نمونه تعلیمی گردید. برای این کار و کمک به نمونه برداری‌های آموزشی از تصاویر دسیبل^۲ استفاده شد و تصاویر سیگمانات به تصاویر دسیبل تبدیل گردیدند. در تصویر دسیبل، هیستوگرام تصویر از حالت چوله به حالت نرمال تغییر شکل داده و پدیده‌ها بارزتر دیده می‌شوند. مقادیر سیگمانات کمتر از حد آستانه استخراجی، معادل آب و ارزش‌های سلولی بالاتر از حد آستانه، به عنوان مناطق غیرآبی، مدنظر قرار گرفتند. سپس از الگوریتم طبقه‌بندی نظارت شده جنگل تصادفی، برای طبقه‌بندی تصاویر رادار قبل و بعد از وقوع سیل استفاده شد. در نهایت نقشه خروجی طبقه‌بندی شده، براساس طبقه‌بندی انجام شده روی نقاط کنترل زمینی^۳ (۸۰ نقطه) ارزیابی شد. جهت برداشت میدانی نقاط کنترل زمینی، ۳۰ نقطه به عنوان پهنه آبی قبل از سیلاب، ۲۰ نقطه

به عنوان مناطق سیل زده و ۳۰ نقطه به عنوان سایر اراضی برداشت گردید. همچنین روش‌های پیشینه درست‌نمایی و کی-نزدیک‌ترین همسایه، جهت طبقه‌بندی نظارت شده، استفاده و نتایج حاصل از آن‌ها با روش جنگل تصادفی مقایسه گردید.

الگوریتم جنگل تصادفی، یک الگوریتم یادگیری ماشین ناپارامتری مبتنی بر دسته‌ای از درخت‌های تصمیم است. تعداد بسیاری درخت تصمیم در طبقه‌بندی الگوریتم جنگل تصادفی رشد می‌یابند. پیکسل یا پدیده طبقه‌بندی نشده با توجه به ویژگی‌های همراه خود در یک کلاس گنجانده می‌شود. این امر با عبور دادن پیکسل از میان X درخت تصمیم انجام می‌شود. به گونه‌ای که تعلق پیکسل به یکی از کلاس‌ها (Y تعداد کلاس)، میان درختان تصمیم به رأی گذاشته می‌شود و هر درخت تصمیم رأی خود را در مورد گنجاندن پیکسل در یک کلاس اعلام می‌کند [۱۶]. الگوریتم جنگل، پیکسل به رأی گذاشته شده را به کلاسی که دارای بیش‌ترین رأی درختان جنگل باشد، اختصاص می‌دهد. درختان تصمیم‌گیری، به صورت منفرد از مجموعه نمونه آموزشی رشد می‌کنند. با N بار نمونه‌گیری با جایگزینی، دو سوم از مجموعه داده‌های اصلی برای آموزش یک درخت استفاده می‌شود. N تعداد نمونه‌ها در مجموعه داده‌های اصلی می‌باشد. بدین طریق با استفاده از نمونه‌گیری با جایگزینی، یک سوم باقیمانده داده‌ها در آموزش درخت دخالت نخواهند داشت و از کیسه کنار گذاشته می‌شوند تا برای صحت سنجی درونی الگوریتم مورد استفاده قرار گیرند [۵]. کارایی روش جنگل تصادفی در مورد مجموعه‌های بسیار بزرگ به اثبات رسیده است از این رو می‌تواند در تجزیه و تحلیل داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده قرار گیرد [۱۶].

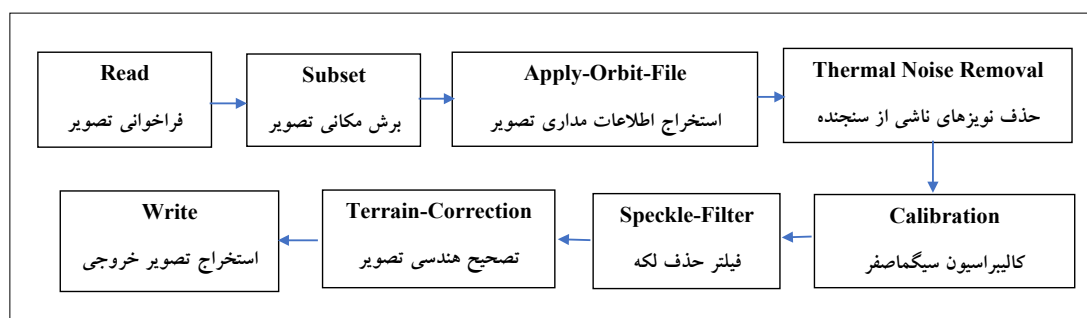
منطقه مورد مطالعه براساس الگوریتم جنگل تصادفی در نرم‌افزار SNAP 6 به ۳ کلاس پهنه آبی، مناطق سیل زده و سایر اراضی طبقه‌بندی شد. در نهایت داده‌های رستر باینری طبقه‌بندی شده، برای تجزیه و تحلیل در محیط ENVI 5.3 با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم‌گیری^۴ پس‌پردازش گردید و طبقه‌بندی مجدد صورت گرفت. روش درخت تصمیم‌گیری، یک روش غیرمتریک برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. در روش‌های غیرمتریک از حد آستانه برای جداسازی پوشش‌های مختلف استفاده می‌شود. این روش، روشی نظارت شده و کاملاً تحت کنترل کاربر است. این امر باعث می‌شود که کلاس‌ها با دقت مطلوب و قابل قبولی از نقشه خروجی استخراج شوند [۲۸].

طبقه‌بندی درختی با تفکیک به طور متوالی داده‌ها در هر میان‌گرم به میان‌گره‌های جدید حاوی زیرمجموعه‌های همگن‌تر پیکسل‌های تعلیمی پیش می‌رود. یک میان‌گرم جدیداً ایجاد شده ممکن است در حالتی که پیکسل‌های تعلیمی حاوی تنها یک کلاس است یا غالبیت پیکسل‌ها با یک کلاس است، ایجاد یک برگ نماید. زمانی که

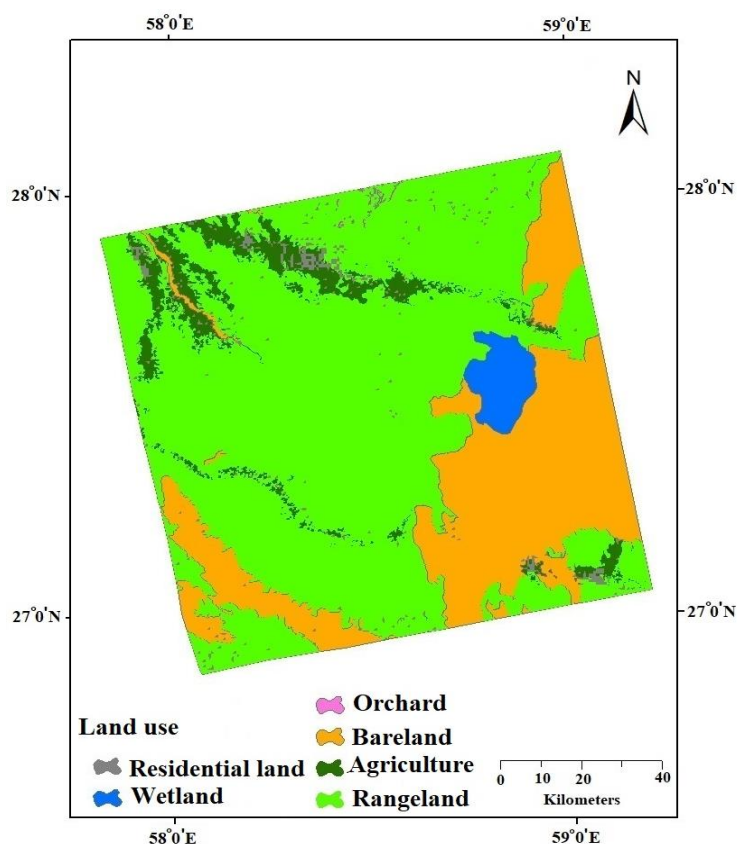
1. Geographic Information System
2. decibels (dB)
3. Ground control points

با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، از اداره منابع طبیعی جنوب کرمان تهیه گردید. شکل (۳) نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در شکل (۴)، فلوچارت مراحل اجرای تحقیق، جهت ارزیابی خسارت سیل ارائه شده است.

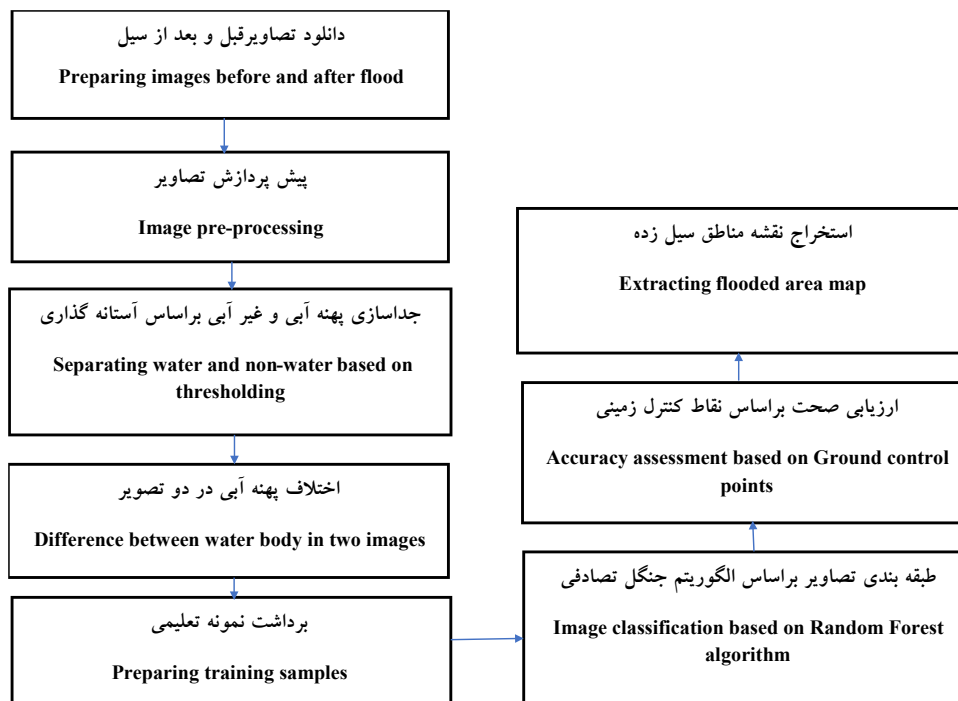
دیگر میان‌گره‌ای برای انشعاب (تفکیک) وجود ندارد، قواعد نهایی طبقه‌بندی درختی شکل می‌گیرد [۱۱]. پس از پس‌پردازش تصاویر در نرم‌افزار ENVI 5.3، نقشه نهایی، به محیط ArcGIS 10.2 منتقل و به فایل بردار تبدیل و داده‌های بردار با نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه جهت برآورد خسارت سیل، روی هم‌گذاری شدند. نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه



شکل ۲- مراحل پیش‌پردازش تصویر
Fig 2. Image pre-processing steps



شکل ۳- کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه
Fig 3. Land use of the study area



شکل ۴- فلوچارت مراحل اجرای تحقیق
Fig 4. Flowchart of the study procedures

جدول ۱- ارزیابی صحت روش حد آستانه گذاری

Table 1. The accuracy assessment of Thresholding method

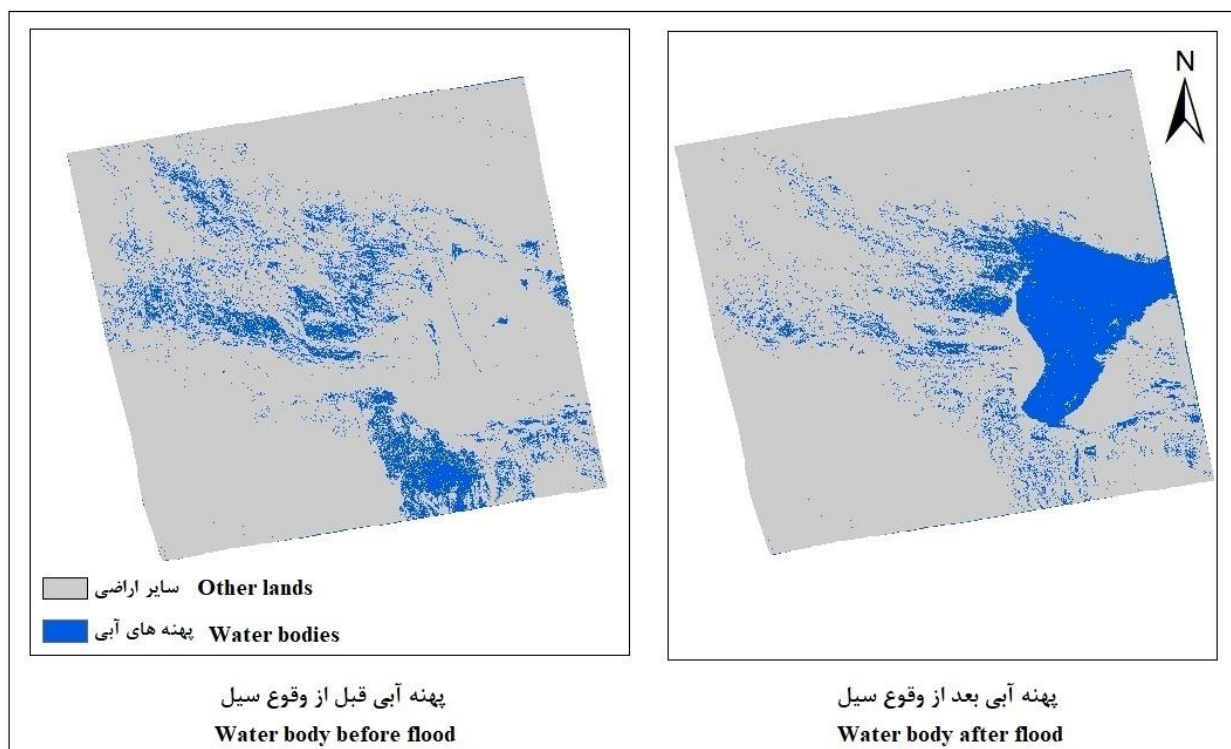
23-03-2020	31-12-2019	داده‌ها Datasets
1948.341	1407.534	مساحت پهنه آبی (کیلومتر مربع) Water body area(km ²)
11628.7	12169.5	مساحت سایر اراضی (کیلومتر مربع) Other lands area(km ²)
94.3	93.7	صحت کلی (درصد) Overall accuracy(percent)
93.1	92.5	ضریب کاپا Kappa coefficient

نشان می‌دهد. بر طبق نتایج، الگوریتم جنگل تصادفی به ترتیب با درصد صحت ۹۵/۶ درصد و ضریب کاپای معادل ۰/۹۲ دارای بهترین عملکرد در طبقه‌بندی تصاویر سنتینل می‌باشد. شکل (۶) مناطق سیل‌زده حاصل از طبقه‌بندی جنگل تصادفی را نشان می‌دهد، در این شکل مناطق سیل‌زده به رنگ زرد و پهنه‌های آبی طبیعی (مسیرهای ورود آب به تالاب جازموریان) به رنگ آبی و سایر اراضی به رنگ خاکستری مشخص شده است. پس از طبقه‌بندی تصاویر، مساحت مناطق سیل‌زده در محیط ArcGIS 10.2 مشخص گردید. جدول (۳) مساحت مناطق سیل‌زده را نشان می‌دهد که به طور کلی ۱۷/۹ درصد منطقه مورد مطالعه را در بر گرفته است.

نتایج

در این تحقیق با تحلیل هیستوگرام تصویر، ارزشی که آب را از غیر آب جدا می‌کند برابر ۰/۰۱ به دست آمد. با توجه به ضرایب بالای کاپا و صحت کلی در هر دو تصویر، آستانه تعیین شده، عدد مناسبی جهت تفکیک پهنه آبی و غیرآبی می‌باشد. نتایج ارزیابی صحت روش حد آستانه‌گذاری در جدول نشان داده شده است. بر طبق نتایج جدول (۱)، مساحت پهنه آبی بعد از وقوع سیلاب افزایش یافته است. شکل (۵) تفکیک مناطق آبی و غیرآبی در محدوده مورد مطالعه را برای قبل و بعد از سیل با استفاده از روش آستانه‌گذاری نشان می‌دهد.

جدول (۲) نتایج طبقه‌بندی پهنه سیلابی را با استفاده از روش‌های پیشینه درست‌نمایی، کی-نزدیک‌ترین همسایه و جنگل تصادفی



شکل ۵- تفکیک مناطق آبی و غیرآبی در محدوده مورد مطالعه برای قبل و بعد از سیل (از راست به چپ)
Fig 5. Separating water and non-water areas in the study area before and after the flood (from right to left)

جدول ۲- ارزیابی صحت الگوریتم‌های طبقه‌بندی تصویر

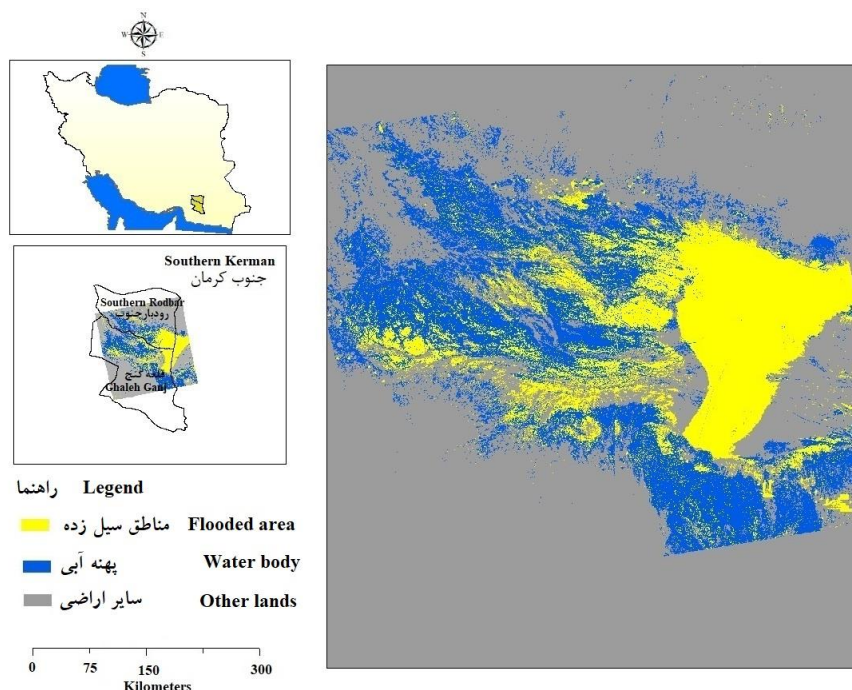
Table 2. The accuracy assessment of image classification algorithms

الگوریتم طبقه‌بندی Classification algorithm	درصد صحت Accuracy(percent)	ضریب کاپا Kappa coefficient
جنگل تصادفی Random Forest	95.6	0.92
کی-نزدیک‌ترین همسایه KNN	83.7	0.78
بیشینه درست‌نمایی Maximum likelihood	92.4	0.89

جدول ۳- مساحت مناطق سیل‌زده

Table 3. The area of Flooded regions.

مساحت (درصد) Area(percent)	مساحت (کیلومتر مربع) Area(km ²)	کلاس Class
22.7	3084.4	بستر آبی قبل از سیل Water bodies
17.9	2429.6	مناطق سیل‌زده Flooded areas
59.4	8063	سایر اراضی Other lands
100.0	13577	مساحت کل Total area



شکل ۶- مناطق سیل زده حاصل از طبقه بندی جنگل تصادفی

Fig 6. Flooded areas using Random Forest classification.

جدول ۴- نتایج ارزیابی خسارت سیل در کاربری های اراضی مختلف

Table 4. Results of flood damage assessment in different land uses.

کاربری اراضی Land use	مساحت کل (کیلومتر مربع) Total Area (km ²)	مساحت آب گرفتگی (کیلومتر مربع) Inundated area (km ²)	درصد آب گرفتگی Inundated area (percent)
اراضی کشاورزی Agriculture lands	853.2	70.26	8.23
اراضی باغی Orchards	16.8	0.21	1.22
اراضی بایر Bare lands	3388.9	946.36	27.93
تالاب Wetland	319.4	318.40	99.70
مرتع Rangeland	8811.7	1064.38	12.08
اراضی مسکونی Residential lands	187	30	16.05
مساحت کل Total area	13577	2429.6	17.9

درصد آب گرفتگی هستند (جدول ۴). با وجود این، بر طبق نتایج بعد از وقوع سیل تالاب کاملاً از آب پر شده و آبیگری شده است. این سیلاب به ترتیب بیشترین خسارات بخش کشاورزی و باغی را به شهرستان های رودبار جنوب، کهنوج، قلعه گنج، فاریاب، عنبرآباد، جیرفت و منوجان وارد کرده و ۵۴۰ میلیارد ریال خسارت به جاده های جنوب کرمان و بیش از پنج هزار میلیارد ریال خسارت به کشاورزان و باغداران وارد ساخته است. بیشترین میزان خسارات به اراضی کشاورزی جنوب کرمان به شهرستان رودبار جنوب و قلعه گنج وارد شده است. سیلاب ۱۲۳ روستای این شهرستان ها را درگیر کرد و بیش از ۲ هزار راس دام بر اثر سیل در این مناطق تلف شدند [۱۳]. نتایج این مطالعه نشان داد که تصاویر سنتینل-۱ در مناطق فاقد آمار و اطلاعات در زمینه خسارت سیل، دارای عملکرد مناسبی برای شناسایی مناطق سیل زده می باشند.

تجزیه و تحلیل خسارت سیل با روی هم گذاری نقشه سیل و نقشه کاربری اراضی انجام و مساحت آب گرفتگی برای هر طبقه کاربری اراضی محاسبه گردید. نتایج ارزیابی خسارت سیل، در جدول ۴ نشان داده شده است. بر طبق نتایج، اراضی مرتعی و بایر بیشترین منطقه مورد را پوشش می دهند (به ترتیب ۶۴ و ۲۴ درصد). مساحت اراضی مسکونی ناچیز بوده و حدود ۱/۲۳ درصد کل منطقه را در بر می گیرد.

جنوب کرمان با جمعیت یک میلیون نفر از شهرستان های جیرفت، عنبرآباد، کهنوج، منوجان، قلعه گنج، فاریاب و رودبار جنوب تشکیل شده است. سیلاب در تاریخ ۴ فروردین ۱۳۹۹، خسارات زیادی به مراتع، اراضی بایر، اراضی کشاورزی، اراضی باغی، اراضی مسکونی، ابنیه ها، زیر ساخت ها و راه ها وارد کرده است و اراضی بایر، مسکونی، مرتع، کشاورزی و باغی به ترتیب دارای ۲۷/۹، ۱۶، ۱۲، ۸/۲۳ و ۱/۲۲

4. Borah, S. B. Sivasankar, T. Ramya, M. N. S. & Raju, P. L. N. 2018. Flood inundation mapping and monitoring in Kaziranga National Park, Assam using Sentinel-1 SAR data. Environmental monitoring and assessment. 190(9): 520.

5. Breiman, L. and A. Cutler. 2017. Avalaibe online at: Random Forests. from http://www.stat.berkeley.edu/~breiman/RandomForests/cc_home.htm.

6. Clement, M. A. Kilsby, C. G. & Moore, P. 2018. Multi-temporal synthetic aperture radar flood mapping using change detection. Journal of Flood Risk Management. 11(2): 152-168.

7. Csornai, G. Nádor, G. László, I. Csekő, Á. Cs, W. Tikász, L. & Martinovich, L. 2004. Evaluation of a remote sensing based regional flood/waterlog and drought monitoring model utilizing multi-source satellite data set including ENVISAT data. In Proc. of the 2004 ENVISAT & ERS Symposium (Salzburg, Austria).

8. Cunjian, Y. Siyuan, W. Zengxiang, Z. & Shifeng, H. 2001. Extracting the flood extent from satellite SAR image with the support of topographic data. In 2001 International Conferences on Info-Tech and Info-Net. Proceedings.1: 87-92.

9. Dadhich, G. Miyazaki, H. & Babel, M. 2019. Applications of sentinel-1 synthetic aperture radar imagery for floods damage assessment: A case study of Nakhon Si Thammarat, Thailand. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences. 1927-1931.

10. El-Darymli, K. McGuire, P. Gill, E. Power, D. & Moloney, C. 2014. Understanding the significance of radiometric calibration for synthetic aperture radar imagery. IEEE 27th Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE).1-6.

11. Ghose, M. K., Pradha, R., Ghose Sucheta, S. 2010, Decision Tree Classification of Remotely, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, vol. 1, pp. 93-101.

12. Hahmann, T. Martinis, S. Twele, A. Roth, A. & Buchroithner, M. 2008. Extraction of water and flood

بحث و نتیجه گیری

سیل در مارس ۲۰۲۰ (۴ فروردین ۱۳۹۹) در جنوب استان کرمان رودبار جنوب و قلعه گنج) منجر به خسارات جانی و مالی زیادی شد [۱۳]. برای مدیریت بهتر و مؤثر این بلایا، اطلاعات درباره خسارت تقریبی سیل می‌تواند برای مدیران دولتی و اقدامات بیمه سیل مفید واقع شود. روش ارائه شده در این مطالعه اطلاعات مفیدی جهت شناسایی مناطق تحت تأثیر سیل و مدیریت سیل در این مناطق فراهم می‌کند. بدین ترتیب این مطالعه چارچوبی را برای آشکارسازی مناطق سیل‌زده با استفاده از داده‌های سنتینل فراهم می‌کند که یک راه حل مقرون به صرفه برای پیش‌زمان واقعی رخداد سیل هست. نتایج این مطالعه نشان داد که تصاویر سنتینل-۱ دارای عملکرد مناسبی برای شناسایی مناطق سیل‌زده می‌باشند که با نتایج مطالعات کاظمی و همکاران [۱۷] و پور اکرمی و همکاران [۲۲] سازگار است. مقدار آستانه سیگما صفر یا ضریب بازپراکنش برای آشکارسازی پهنه‌های آبی و مناطق سیل‌زده، ۰/۰۱ به دست آمد که با نتایج کاظمی و همکاران [۱۷] مطابقت دارد. ارزیابی الگوریتم‌های طبقه‌بندی تصویر حاکی از آن بود که الگوریتم جنگل تصادفی دارای ضریب کاپا و درصد صحت بالاتری (به ترتیب ۰/۹۲، ۹۵/۶ درصد) نسبت به روش کی-نزدیک‌ترین همسایه و بیشینه درست‌نمایی می‌باشد که نتایج یافته‌های ددهیچ^۱ و همکاران [۹]، بایک^۲ و همکاران [۳] حاکی از کارایی بالای این الگوریتم می‌باشد. روی هم‌گذاری نقشه کاربری اراضی و مناطق سیل‌زده، حاکی از آن بود که اکثر مناطق تحت تأثیر سیل به ترتیب اراضی بایر، اراضی مسکونی و اراضی مرتعی بودند. نتایج این تحقیق می‌تواند برای نمایندگی‌های بیمه سیل و سیاست‌مداران دولتی جهت مدیریت ریسک سیل مفید واقع شود.

منابع

1. Abdikan, S. Sanli, F. B. Ustuner, M. and Calò, F. 2016. Land cover mapping using sentinel-1 SAR data. The International Archives of Photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 41: 757-761
2. Ahmed, C. F. and Kranthi, N. 2018. Flood vulnerability assessment using geospatial techniques: Chennai, India. Indian Journal of Science and Technology. 11(6): 215-223.
3. Bayik, C. Abdikan, S. Ozbulak, G. Alasag, T. Aydemir, S. and Sanli, F. B. 2018. Exploiting multi-temporal Sentinel-1 SAR data for flood extend mapping. The International Archives of the Photogrammetry,

1. Dadhich et al.

2. Bayik et al

21. Plank, S. 2014. Rapid damage assessment by means of multi-temporal SAR-A comprehensive review and outlook to Sentinel-1. *Remote Sensing*. 6(6): 4870-4906.
22. Pour Akrami, S. Tavakoli Saboor, S. M. Mohammadi Islam Javi, Z. Ghasemzadeh, A. 2017. Rapid Extraction of Flooded Area Using SAR Images. 24th National Geomatics Conference. pp.1-6.
23. Tavus, B. Kocaman, S. Gokceoglu, C. and Nefeslioglu, H. A. 2018. Considerations on the use of sentinel-1 data in flood mapping in urban areas: Ankara (Turkey) 2018 Floods. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*. 575-581.
24. Tholey, N. Clandillon, S. and De Fraipont, P. 1997. The contribution of spaceborne SAR and optical data in monitoring flood events: Examples in northern and southern France. *Hydrological Processes*. 11(10): 1409-1413.
25. Twele, A. Cao, W. Plank, S. and Martinis, S. 2016. Sentinel-1-based flood mapping: a fully automated processing chain. *International Journal of Remote Sensing*. 37(13): 2990-3004.
26. Vilches, J.-P. 2013. Detection of areas affected by flooding river using SAR images. In *Seminar: Master in Space Applications for Emergency Early Warning and Response*. 40.
27. Yommy, A.-S. Liu, R. and Wu, S. 2015. SAR image despeckling using refined Lee filter. In 2015 7th IEEE International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics. pp. 260-265.
28. Zambon, M. Lawrence, R. Bunn, A. and Powell, S. 2006. Effect of Alternative Splitting Rules on Image Processing Using Classification Tree Analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 72(1):25-30.
- areas from SAR data. In 7th European Conference on Synthetic Aperture Radar. 1-4.
13. Hamshahrionline, 2020. Available at <https://www.hamshahrionline.ir/news/495793> (accessed 22 March 2020). (In Persian).
14. Horning, N. 2010. Random Forests: An algorithm for image classification and generation of continuous fields data sets. In *Proceedings of the International Conference on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences*, Osaka, Japan. 911.
15. Iurist, N. V. Oniga, V. E. Statescu, F. & Marcu, C. 2017. Floods Damage Estimation Using Sentinel-1 Satellite Images. Case Study-Galati County, Romania. *RevCAD Journal of Geodesy and Cadastre*. 22: 115-122.
16. Jahanbakhshi, F. and Ekhtesasi, M. R. 2019. Evaluation of Three Image Classification Methods (Random Forest, Support Vector Machine and the Maximum Likelihood) in Land Use Mapping. *Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)*. 22(4): 235-247
17. Kazemi, M. Nafarzadegan, A. R. Mohammadi, F. 2019. Identification of water bodies and flooded areas using data- Sentinel satellite radar. 4th International Congress of Developing Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism of Iran. Tabriz Islamic Art University in cooperation with Shiraz University and Yasouj University. (In Persian).
18. Kuenzer, C. Guo, H. Huth, J. Leinenkugel, P. Li, X. and Dech, S. 2013. Flood mapping and flood dynamics of the Mekong Delta: ENVISAT-ASAR-WSM based time series analyses. *Remote Sensing*. 5(2): 687-715.
19. Kussul, N. Shelestov, A. and Skakun, S. 2011. Flood monitoring from SAR data. In: *Use of Satellite and In-Situ Data to Improve Sustainability*. Springer, Dordrecht. pp. 19-29.
20. Olen, S. and Bookhagen, B. 2018. Mapping damage-affected areas after natural hazard events using sentinel-1 coherence time series. *Remote Sensing*. 10(8): 1272.

Utilizing Sentinel 1 Images for Monitoring Damage of Flood Event in March 2020, the South of Kerman Province Based on Random Forest Algorithm

F. Soleimani Sardoo¹, E. Rafiei Sardooi², T. Mesbahzadeh³ and A. Azarch⁴

Received: 22-07-2020

Accepted: 10-12-2020

Abstract

Flood damage assessment is often necessary for early flood management. To this end, this paper provides a framework of rapid estimation of flood damage and identification the flooded areas in March 2020 using Sentinel-1 satellite data. To this end, in the present study, after applying the necessary pre-processing in SNAP6 software, the backscattering coefficient, or sigma naught for two images related to before and after the flood occurrence was extracted. The backscattering coefficient histogram was used to separate the image into two classes including water and non-water and the threshold of 0.01 was obtained based on it. Then, by applying mathematical operations on both backscattering images, the binary image of water and non-water was prepared and the flooded areas were determined based on the difference between the two images. After detecting the flooded areas, Sentinel images were classified into three classes including waterbody before flood, flooded area and other lands using supervised classification algorithms. The results indicated the high accuracy of the Random Forest algorithm with kappa of 0.92 compared to other algorithms. By overlaying the land use and flooded areas maps, the inundation percentage for each land use was determined. According to the results, bare lands with 27.9 percent, residential land with 16 percent and rangelands with 12 percent had the highest inundation percentage, respectively.

Keywords: Radar images, Flood, Damage, Sentinel-1, Random forest algorithm.

1. Assistant Professor, Department of Ecological Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Kerman, Iran.

2. Corresponding author and Assistant Professor, Department of Ecological Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Kerman, Iran. Email: ellrafiei@ujiroft.ac.ir

3. Associate Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

4. Assistant Professor, Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, University of Jiroft, Kerman, Iran.