


GES	Journal of Geography and Environmental Studies, 11 (43), Autumn 2022 <a href="https://ges.iaun.ac.ir">https://ges.iaun.ac.ir</a> ISSN: 2008-7845  20.1001.1.20087845.1401.11.43.6.7
-----	---

Research Article

## Detection of Flooded Areas in Golestan Province Using VV, VH and VV + VH Polarizations of Sentinel-1 and Landsat-8 Images

**Amini, Leila**

PhD Student, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

**Argany, Meysam (Corresponding Author)**

Assistant Professor, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran  
[argany@ut.ac.ir](mailto:argany@ut.ac.ir)

**Abdollahi Kakroodi, Ataollah**

Associate Professor, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

### Abstract

Undoubtedly, one of the most destructive natural hazards is floods. Detection of flooded areas for optimal control and management of future floods can be helpful. In this study, using Sentinel-1 and Landsat-8 images to identify flooded areas and determine the sensitivity of different polarizations of VV, VH and VV + VH in separating aqueous and non-aqueous regions in flood 2019 in Golestan province. Therefore, after performing the necessary pre-processing, unsupervised K-means classification and NDWI index were applied to the radar and Landsat images, respectively, and then flooded areas was calculated. Continuous and unprecedented rains, the overflow of the dam, and the clay soil of the region are the most important causes of flooding in this region. According to the digital elevation model (DEM) of the region, the lowlands of the catchment area are known to be the main focus of flood accumulation in the region. Preparation of flood vulnerability map, establishment of flood warning system in reservoirs, dams and downstream rivers is one of the recommended measures to control and deal with floods in the future.

**Keywords:** Flood, Golestan, Polarization, Sentinel-1, Landsat-8.

**Citation:** Amini, L.; Argany, M.; Abdollahi Kakroodi, A. (2022) Detection of Flooded Areas in Golestan Province Using VV, VH and VV + VH Polarizations of Sentinel-1 and Landsat-8 Images, Journal of Geography and Environmental Studies, 11 (43), 94-107. Dor: 20.1001.1.20087845.1401.11.43.6.7

### Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open – access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



مقاله پژوهشی

## شناسایی پهنه‌های آبی ناشی از سیل استان گلستان با استفاده از قطبش‌های $VV+VH$ و $VH$ ، $VV$ تصاویر سنتینل-۱ و لندست-۸

لیلا امینی

دانشجوی دکتری، گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه تهران، تهران، ایران

میثم ارگانی\*

استادیار، گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه تهران، تهران، ایران

عطاءاله عبدالمهی کاکرودی

دانشیار، گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه تهران، تهران، ایران

### چکیده

بی‌شک یکی از مخرب‌ترین مخاطرات طبیعی، سیل است. شناسایی پهنه‌های سیل‌زده جهت کنترل و مدیریت بهینه سیلاب‌های آتی می‌تواند کمک‌کننده باشد. هدف از تحقیق حاضر، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۱ و لندست-۸ جهت شناسایی محدوده‌های سیل‌زده و تعیین حساسیت قطبش‌های مختلف  $VV+VH$  و  $VH$ ،  $VV$  در تفکیک مناطق آبی از غیر آبی در سیلاب ۹۸ در حوضه‌ی آبریز گرگان‌رود واقع در استان گلستان است. از این‌رو، پس از اجرای پیش‌پردازش‌های لازم بر روی تصاویر، طبقه‌بندی نظارت‌نشده K-means بر قطبش‌های مختلف و شاخص NDWI بر تصویر لندست-۸ اعمال شد و مساحت‌های پهنه‌های آبی استخراج شده به‌صورت جداگانه محاسبه گردید. بارش‌های ممتد و بی‌سابقه روزهای پایانی سال ۹۷ و سرریز شدن سد وشمگیر و رسی بودن خاک منطقه از مهم‌ترین عوامل سیلابی شدن این منطقه به شمار می‌رود. با توجه به مدل ارتفاعی رقومی منطقه، مناطق پست حوضه‌ی آبریز کانون اصلی تجمع آب‌گرفتگی سیلاب منطقه شناخته شده است. تهیه نقشه آسیب‌پذیری وقوع سیل، استقرار سامانه هشدار سیل در مخازن، سدها و رودخانه‌های پایین دست از جمله اقدامات و تدابیر توصیه شده در کنترل و مواجهه با سیلاب در آینده محسوب می‌شود.

**کلمات کلیدی:** سیل، گلستان، قطبش، سنتینل-۱، لندست-۸.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۱۱/۱۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۶

نویسنده مسئول: میثم ارگانی، استادیار، گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه تهران، تهران، ایران، [argany@ut.ac.ir](mailto:argany@ut.ac.ir).

بیش از چهل نوع بلایای طبیعی در سطح جهان از سوی کارشناسان و مدیریت بحران و سوانح تشخیص داده شده که سیل و زمین‌لرزه در این میان بیش‌ترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند (Skoufias et al., 2017). هر جریان سطحی آب صرف‌نظر از عامل ایجادکننده آن در صورتی سیل تلقی می‌شود که جریان آب در مقطع رود بیش از جریان عادی باشد؛ تداوم زمانی آن محدود بوده و با بیرون زدن آب از آن و با غرقاب کردن دشت‌های حاشیه‌ی رودخانه همراه است (اردستانی و گلستانه، ۲۰۰۸). سیل یکی از مخرب‌ترین مخاطرات طبیعی که اثرات منفی را در زمینه‌های توسعه اجتماعی-اقتصادی، صنعت، کشاورزی و زیرساخت‌ها از خود بر جای می‌گذارد (Jonkman, 2005; Chan, 2015; Roy et al., 2020). کشور ایران به واسطه شرایط اقلیمی، توپوگرافی و ژئومورفولوژیکی در بسیاری از مناطق، همه ساله در معرض خطر این بلای طبیعی است، به طوری که بیش از ۸۰ درصد وسعت شهرهای ایران در معرض وقوع سیل قرار دارند (معیری و انتظاری، ۲۰۰۸). با مروری بر سیل‌های استان گلستان در دو دهه‌ی اخیر می‌توان دریافت که سیل ویران‌گر در مرداد ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ در پی بارش‌های شدید موجب خسارت‌های سنگینی در بخش‌های اقتصادی نظیر راه‌ها، پل‌ها، مزارع، باغ‌های کشاورزی و تلفات جانی تعدادی از افراد شد. همچنین به گفته‌ی کارشناسان، بارش ۱۳۵ میلی‌متری باران در ظرف یک شبانه روز منجر به وقوع سیلاب در بیستم مرداد ۱۳۸۴ گردید. در اواخر سال ۱۳۹۷ و اوایل ۱۳۹۸ در کشور ایران بارندگی‌های بهاری پیوسته منجر به سیلاب‌های شدید و زیان‌بار گشت. سیلاب ۱۳۹۸-۱۳۹۷ این استان تقریباً بی‌سابقه بوده و در این حادثه مناطقی مانند آق‌قلا، گمیشان، بندر ترکمن، گنبد کاووس که در مسیر رودهایی مانند گرگان‌رود و قره‌سو و چهل‌چای قرار داشتند بر اثر طغیان این رودخانه‌ها خسارت‌هایی دیدند (رجبی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۸). در این میان، شهرها و مراکز جمعیتی، کانون ریسک وقوع سیل قرار گرفتند. قرار گرفتن در معرض سیل، خطر این مخاطره طبیعی را افزایش می‌دهد. بنابراین تهیه نقشه‌های مربوط به محدوده گسترش سیلاب و نواحی که متأثر از آن است، می‌تواند در برنامه‌ریزی توسعه و همچنین سیاست‌های مقابله با سیلاب بسیار موثر واقع شود (Ruzza, et al., 2019). منشأ وقوع سیل به‌طور کلی به دسته طبیعی مانند بارندگی‌های شدید در مدت کوتاه، ذوب سریع برف و یخ و دسته انسانی همچون تخریب پوشش گیاهی، جنگل‌زدایی و تغییر کاربری اشاره کرد (رجبی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۸). پایش خسارات ناشی از وقوع بلایای طبیعی، به مدیریت خطرپذیری در سطح کلان و حل مشکلات آن کمک می‌کند. پایش باید در فواصل زمانی منظم تکرار شود (Gaillard, 2017). راه کارهای پیش‌گیری و کاهش خسارت‌های سیل در سطح ملی شامل برنامه‌ریزی صحیح و مدیریت اقدامات کنترل سیلاب مانند تهیه نقشه آسیب-پذیری وقوع سیل، استقرار سامانه هشدار سیل در مخازن، سدها و رودخانه‌های پایین دست است. رها کردن به موقع آب از مخازن سدها، آموزش همگانی در مواجهه با سیل، احیای ظرفیت تالاب‌ها، سیل‌های طبیعی برای کاهش شدت سیل (به هنگام وقوع سیلاب، سرریز آب رودخانه‌ها و رواناب‌های سطحی‌اند) و لایروبی رودخانه‌ها از جمله اقدامات توصیه شده است (رجبی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۸). جوامع پیشرفته با استفاده از توان علمی و فنی و سازماندهی اصولی توانسته‌اند به مقابله با این بلایا برخاسته و میزان خسارات ناشی از وقوع حوادث را به حداقل کاهش دهند (Montz et al., 2017). تدابیر برخی کشورهای پیشرفته در مقابل سیل موارد زیر را در بر می‌گیرد:

استفاده از سیستم‌های هشدار سیل؛ فقط در کشور آمریکا، ۴۰۰ سیستم هشدار سیل راه‌اندازی شده است که غالباً در ایالت کالیفرنیا متمرکزند (صدر ممتاز و همکاران، ۱۳۸۶). استفاده از سازه‌های متحرک کنترل سیل: در انگلستان، یک سد متحرک از جنس فولاد برای جلوگیری از سیل در امتداد رودخانه تایمز طراحی شده، این سد به‌صورت توخالی است که گاهی برای عبور کشتی‌ها باز می‌شود. در صورت نیاز گاهی با چرخاندن مخزن‌های خروجی میزان آب پشت سد را کنترل می‌کنند تا امنیت رودخانه تایمز حفظ شود (Gric and Hepplewhite, 1983). حدود ۶۰ درصد از جمعیت کشور هلند در پایین‌تر از سطح دریا زندگی می‌کند، بنابراین توسعه‌ی سیستم‌های کنترل سیلاب ضروری است؛ از این‌رو، آن‌ها به‌جای ساخت یک سد معمولی، یک سد با دروازه‌های

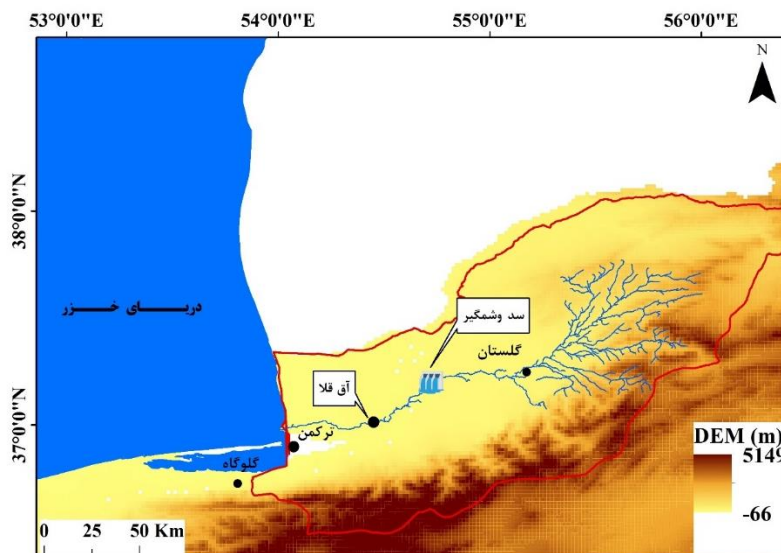
متحرک ساختند که به عنوان یکی از سازه‌های بزرگ متحرک محسوب می‌شود. هنگامی که سطح آب افزایش می‌یابد، دیواره‌های سد به طور هوشمند بسته می‌شود و آب مخازن در امتداد سد را پر می‌کند (Withagen and Feenstra, 2000). استفاده از موتورهای آبی خودکار برای تأمین نیروی دریچه‌ها و دروازه‌های رودخانه: مناطق نزدیک ساحل و در امتداد رودخانه‌های ژاپن در معرض خطر سیل قرار دارند. از این رو، موتورهای آبی خودکار توسعه داده شد، فشار آب نیرویی ایجاد می‌کند که دروازه‌ها در صورت نیاز باز و بسته می‌شوند. موتورهای هیدرولیک برای کنترل نیازی به برق ندارند و می‌توان در مواقع سیل که برق نیز قطع می‌شود از آن‌ها استفاده کرد (Takeuchi, 2002).

استفاده از سنجش از دور و به خصوص داده‌های رادار ابزاری مناسب جهت استخراج منطقه سیل زده در کم‌ترین زمان ممکن، جهت مدیریت به موقع منطقه سیل زده محسوب می‌شود (Hahmann et al., 2008; Dadhich et al., 2019) و می‌تواند به برنامه‌ریزان کمک نمایند تا ارزیابی سریعی از پتانسیل مناطق پرخطر به عمل آید (میراحسنی و ماهینی، ۱۳۹۷). نقشه‌های به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای به خوبی توزیع مکانی و زمانی سیلاب و محدوده سیلاب‌ها را با توان تفکیک‌های مکانی مختلف نشان می‌دهد؛ از این رو، این نقشه‌ها به طور موثر و دقیق امکان ردیابی مناطق سیل زده را میسر می‌سازند (Shen et al., 2019a; Jongman et al., 2015). جهت پایش مناطق سیل زده می‌توان از دو نوع تصاویر ماهواره‌ای - اپتیک و رادار با دریچه مصنوعی (SAR) به کار برد (Shen et al., 2019b; Tong et al., 2018a) سنجنده‌های اپتیک نمی‌توانند در طول دوره سیل به دلیل شرایط بد آب‌وهوایی و پوشش ابر اطلاعات را جمع‌آوری کنند و این در پایش سیل به موقع محدودیت ایجاد می‌کند (Cian et al., 2018). در مقابل، تصاویر رادار توانایی اخذ داده را در هر شرایط آب‌وهوایی و هر زمانی امکان‌پذیر می‌سازد (Cui et al., 2020). تحقیقات متعددی در رابطه با سیل در ایران و جهان صورت گرفته که از جمله می‌توان به مطالعه کاظمی و همکاران در زمینه شناسایی پهنه‌های آبی و محدوده‌های سیل زده با استفاده از داده‌های راداری ماهواره سنتینل ۱ با قطبش VV در استان خوزستان اشاره کرد (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۸). رجبی زاده و همکاران (۱۳۹۸) ضمن بررسی سیل استان گلستان در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۷ و ارائه راه کارهای متعدد، جامع و متناسب با شرایط کشور و به ویژه استان گلستان، به برخی از راه کارهای کشورهای پیشرفته در زمینه مدیریت و کنترل سیلاب اشاره نمودند. سلیمانی ساردو و همکاران (۱۴۰۰) با استفاده از تصاویر سنتینل ۱- خسارت سیلاب فروردین ۱۳۹۹ جنوب استان کرمان را براساس الگوریتم جنگل تصادفی برآورد و درصد آب‌گرفتیگی هر یک از کاربری اراضی بایر، مسکونی و مرتع را تعیین کردند. عمادالدین و قاسمی (۱۴۰۰) از طریق قطبش VV تصاویر راداری به پایش نقشه‌های گسترش سیلاب سیل فرودین ۱۳۹۸ شهرستان آق‌قلا پرداختند و دلایل اصلی سیلابی شدن منطقه را بارندگی شدید، پرشدن سد و شمگیر، شیب کم منطقه، عدم لایروبی رودخانه‌ها، وجود پل‌های زیاد بر روی رودخانه و درصد بالای رس در خاک منطقه ارزیابی کردند. از جمله پژوهش‌هایی که در جهان به موضوع سیل پرداخته شده است از جمله؛ براساس مطالعات انجام شده، علاوه بر ضریب پراکنش، تداخل سنجی توانایی بالایی را در تهیه نقشه سیل در مناطق شهری از خود نشان داده است (Chini et al., 2012; Pulvirenti et al., 2015). چندین مطالعه در زمینه تهیه نقشه سیل براساس ضریب پراکنش SAR انجام شده است (Rimba and Miura, 2017; Tanguy et al., 2017; Twele et al., 2016). تهیه نقشه سیلاب دریاچه پویانگ واقع در چین است که برای اولین بار با استفاده از ضریب پراکنش و تداخل سنجی و الگوریتم طبقه‌بندی شی گرا جنگل تصادفی سیلابی را از مناطق غیرسیلابی را از سری زمانی تصاویر سنتینل ۱- تفکیک نمودند و دقت قطبش‌های مختلف در پایش سیل را مورد ارزیابی قرار دادند (Zhang et al., 2021). طغیان سیل موجب خسارت بر زیرساخت‌ها، اراضی مسکونی و محصولات کشاورزی شده و بر اقتصاد محلی و ملی اثر سوء می‌گذارد. از این رو، تهیه و استخراج نقشه سریع سیل در زمینه برنامه‌های مدیریتی در سیلاب‌های آتی می‌تواند راهگشا باشد.

چنانچه اشاره شد تحقیقات مختلفی در زمینه سیلاب گلستان در اواخر ۱۳۹۷ و اوایل ۱۳۹۸ در داخل کشور صورت گرفته است. برخلاف تحقیقات پیشین که تنها قطبش VV در پایش سیلاب به کار گرفته شد، در این تحقیق هدف آن است که با استفاده از تصاویر راداری ضمن تهیه نقشه سیلاب، علاوه بر نقش قطبش VV در تفکیک کلاس آب از غیر آب، عملکرد قطبش VH و ترکیب آن دو (VV + VH) نیز مورد ارزیابی قرار گیرد سپس مناطق سیلابی حاصل از تصاویر راداری با نقشه سیلاب حاصل از تصویر لندست-۸ که از طریق شاخص NDWI به دست آمده، مورد مقایسه و تحلیل قرار می‌گیرد. هرچند سعی شده که تصویر لندست-۸ و تصویر رادار در زمان سیل حداً امکان از نظر زمانی به هم نزدیک باشد، اما به دلیل ابرناکی، تصاویر لندست-۸ در روز ۱۴ فروردین ۹۸ یعنی ۱۱ روز پس از تصویر راداری اخذ شده است. سپس مناطق سیلابی با مدل ارتفاع رقومی زمین مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد.

### موقعیت جغرافیایی

یکی از حوضه‌های مهم دریای خزر، حوضه‌ی آبریز گرگان‌رود است که در منطقه گرگان و دشت استان گلستان جریان دارد و از حوضه‌های سیل خیز کشور به حساب می‌آید (افشین، ۱۳۷۳؛ گل پرنیان، ۱۳۹۳). استان گلستان با مساحت ۲۰۴۳۸ کیلومتر مربع شامل پنج حوضه‌ی آبخیز گرگان‌رود، اترک، قره‌سو، خلیج گرگان و نکارود است. در مجموع، ۴۵ رودخانه به طول کلی ۲۷۰۰ کیلومتر در این استان جریان دارد. متوسط بارندگی سالیانه‌ی استان در شرایط نرمال حدود ۴۵۰ میلی‌متر است. رودخانه‌ی گرگان-رود آبراهه‌ی اصلی حوضه‌ی گرگان‌رود است و بیش‌ترین حجم آب استان گلستان در آن جریان دارد که به سد وشمگیر و در نهایت به دریای خزر منتهی می‌شود. شهرستان آق‌قلا واقع در استان گلستان که بر سر راه بندر ترکمن به گنبد کاووس قرار گرفته و در سیلاب سال ۹۸ مستقیم و غیرمستقیم تحت تأثیر سیل قرار گرفته است. میانگین بارندگی سالانه آق‌قلا ۳۳۰ میلی‌متر است که در حدود ۴ روز از ۲۷ اسفند تا ۲ فروردین شاهد بارشی برابر یک سوم میانگین بارش سالانه خود بوده است، به طوری که در اول اسفند ۱۳۹۷ مخازن سدهای گلستان و وشمگیر به‌طور کامل از آب پر می‌شوند (گزارش بررسی و تحلیل سیلاب فروردین ۱۳۹۸ مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۳۹۸). شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

### مواد (داده‌ها)

#### تصاویر سنتینل-۱

ماهواره سنتینل-۱ در ۳ آوریل ۲۰۱۴ مأموریت خود را آغاز کرد. این ماهواره قادر است که پدیده‌ها و عوارض را در شب و روز در بدترین شرایط آب‌وهوایی و پوشش عرضی ۴۰۰ متر از سطح زمین تصویربرداری کند (European Union Copernicus, 2019).

سنتینل ۱ شامل دو ماهواره مدار قطبی راداری است که در محدوده باند C تصویربرداری می‌کند و در سه سطح ۰، ۱ و ۲ ارایه می‌شوند. سطح ۱ در دو نوع SLC<sup>۱</sup> و GRD<sup>۲</sup> بوده و در ۴ حالت مختلف SM<sup>۳</sup>، IW<sup>۴</sup>، EW<sup>۵</sup> و WV<sup>۶</sup> قابل دسترسی است. محصولات این ماهواره هم به صورت تک قطبی (VH, VV) و همچنین دو قطبی (HH+HV یا VV+VH) می‌باشند. به غیر از حالت WV که به صورت تک قطبی است، محصولات SM، IW و EV هم به صورت تک قطبی و هم دو قطبی موجود می‌باشند (European Union Copernicus, 2019). در تحقیق حاضر به منظور شناسایی مناطق سیلابی از دو تصویر سنتینل رادار با فرمت GRD و مد IW با پلاریزاسیون‌های VV و VH و ترکیب این دو پلاریزاسیون (VH+VV) استفاده شده است. در جدول ۱. مشخصات تصویر استفاده شده درج شده است. تصویر سنتینل-۱ قبل از سیل در تاریخ ۲۰ اسفند ۹۷ و تصویر بعد از وقوع سیل در تاریخ ۳ فروردین ۹۸ اخذ شده است.

جدول (۱): مشخصات تصویر سنتینل-۱.

NO.	Track	Time Series Period	Product Level	Pass	Polarization	Mode	Orbit
1	137	23-Mar_2019	GRD	Descending	VV, VH	IW	26459
2	137	11-Mar-2019	GRD	Descending	VV, VH	IW	26284

## تصویر لندست-۸

ماهواره لندست ۸ در تاریخ ۱۱ فوریه ۲۰۱۳ راه اندازی شد. این ماهواره محصول همکاری بین ناسا و سازمان زمین شناسی ایالات متحده<sup>۷</sup> است. لندست ۸ دارای دو حسگر، یکی سنسور عملیاتی تصویر ساز سرزمین<sup>۸</sup> و دیگری سنسور حرارتی مادون قرمز<sup>۹</sup> می‌باشد. ابزار تصویر ساز عملیاتی زمین (OLI) در ماهواره لندست ۸ داده‌ها را از نه باند طیفی جمع آوری می‌کند. هفت تا از این نه باند با سنسورهای TM و ETM+ که بر روی ماهواره‌های لندست قبلی قرار داشتند سازگار می‌باشند، که این عمل علاوه بر سازگاری با داده‌های تاریخی لندست، قابلیت‌های اندازه گیری را نیز بهبود داده است (USGS.gov). تصویر قبل از سیل به تاریخ ۱۱ اسفند و تصویر بعد از سیل به ۱۴ فروردین ۹۸ اختصاص دارد.

جدول (۲). مشخصات تصویر لندست-۸

No.	Sensor	DATE_ACQUIRED	LANDSAT_SCENE_ID
1	OLI	2019-03-02	LC08_L1TP_163034_20190302_20190309_01
2	OLI	2019-04-03	LC08_L1TP_163034_20190403_20190421_01

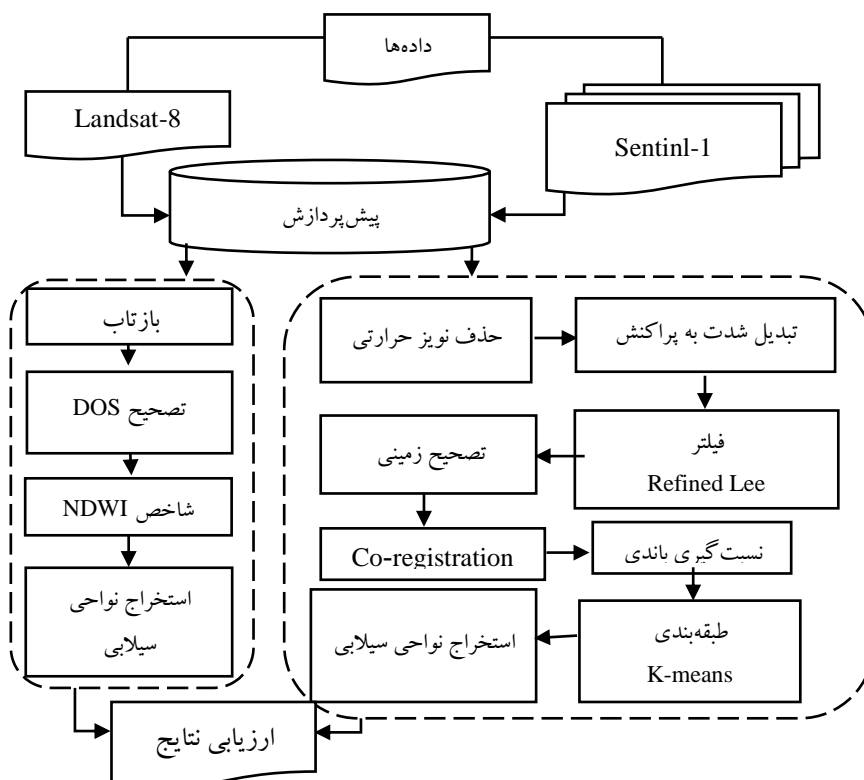
در این مطالعه، سعی شده است که مناطق سیلابی را در پلاریزاسیون‌های مختلف VV و VH و همچنین ترکیب این دو پلاریزاسیون استخراج و دقت هر یک از مناطق سیلابی را با منطقه سیلابی مستخرج از لندست-۸ مقایسه کند. از این رو، ضرورت دارد پیش-پردازش‌هایی را بر روی تصاویر مورد استفاده انجام گیرد. مراحل اجرای این پردازش‌ها در شکل ۲ ترسیم شده است.

1. Single Look Complex (SLC)
2. Ground Range Detected (GRD)
3. Street Map (SM)
4. Interferometric Wide Swath (IW)
5. Extra Wide Swath (EW)
6. Wave SLC
7. USGS
8. OLI: Operational Land Imager
9. TIRS: Thermal Infrared Sensor

## روش‌ها

### پیش‌پردازش تصاویر راداری

نویز حرارتی در سیستم ماهواره‌های SAR و به‌ویژه در قطبش‌های متقاطع<sup>۱</sup> یافت می‌شود و به‌عنوان نویز پس‌زمینه در نظر گرفته می‌شود (Park et al., 2017). اجرای این تصحیح ناپیوستگی بین نوارهای مختلف در یک سین را کاهش می‌دهد. با توجه به تغییر مدار و زاویه دید SAR، هندسه تصویربرداری متفاوت است که این موجب می‌شود برای یک پیکسل مشخص ضریب پراکنش متفاوتی ثبت شود. این تغییر ضرایب پس‌پراکنش باید به روش‌های دقیق اصلاح شود تا فقط پراکنش عارضه موردنظر را شامل شود (Huang and Jin, 2020). تصاویر سطح یک سنتینل-۱ معمولاً از نظر رادیومتری تصحیح نمی‌شوند، به فرآیند تبدیل مقادیر شدت<sup>۲</sup> تصویر به ضریب پس‌پراکنش<sup>۳</sup> تصحیح رادیومتریکی گفته می‌شود. فیلتر اسپیکل، با کاهش اسپیکل‌ها کیفیت تصویر را افزایش می‌دهد. در این روش، همبستگی پیکسل‌های تصویر جهت فیلتر کردن نویز لکه‌ها در نظر گرفته می‌شود. هندسه پهلونگر تصاویر راداری و حرکت وضعی زمین منجر به اعوجاج هندسی و همچنین کوتاه‌شدگی، همپوشانی و سایه می‌شود. تصحیح زمین<sup>۴</sup> با استفاده از DEM تصاویر رادار را تصحیح می‌کند. از آنجایی که تصویر پیش از سیل با تصویر پس از سیل به‌طور همزمان گرفته نمی‌شود پیکسل‌ها با یکدیگر مطابقت ندارند، اجرای تصحیح Co-registration ضرورت پیدا می‌کند (Oliver et al., 2004; Werner et al., 2000). گام بعدی تقسیم تصاویر (قبل و بعد از وقوع سیل) که گاه نسبت‌گیری<sup>۵</sup> نیز نامیده می‌شود که معمولاً به دلیل بالای نسبت‌گیری در بارزسازی خواص طیفی عوارض مختلف و دلیل دیگر حذف و یا کاهش اثرات نامطلوب ناشی از تغییرات نوردهی<sup>۶</sup> همچون اثر توپوگرافی است (Mather, 1999). کلیه مراحل پیش‌پردازش و پردازش تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزارهای ENVI5.3، SNAP8.0 و ArcGIS10.8 انجام شده است.



شکل (۲): مراحل استخراج مناطق سیلابی با استفاده از تصاویر راداری و لندست-۸.

1. Cross-Polarization
2. Intensity
3. Sigma Naught Values
4. Terrain Correction
5. Rationing
6. Illustration

این بخش از مرحله پیش‌پردازش به صورت جداگانه بر روی قطبش‌های VH و VV برای هر دو تصویر قبل و بعد از وقوع سیل انجام شد؛ سپس ترکیب این دو قطبش یعنی VV+VH محاسبه گردید. در نهایت، با استفاده از طبقه‌بندی نظارت‌نشده K-means در هر یک از سه قطبش‌ها، مناطق سیلابی از مناطق غیر سیلابی تفکیک شدند. در این روش طبقه‌بندی، تعداد دسته‌ها تعیین (در این مطالعه، ۱۰ کلاس مشخص گردید) می‌شود، سپس میانگین‌های کلاس اولیه را محاسبه می‌کند که به طور مساوی در فضای داده توزیع شده است، سپس پیکسل‌ها را با استفاده از تکنیک حداقل فاصله به صورت مکرر در نزدیک‌ترین کلاس خوشه‌بندی می‌کند. هر تکرار میانگین کلاس‌ها را مجدداً محاسبه می‌کند و پیکسل‌ها را با توجه به میانگین‌های جدید مجدداً طبقه‌بندی می‌کند. همه پیکسل‌ها به نزدیک‌ترین کلاس طبقه‌بندی می‌شوند، مگر اینکه انحراف استاندارد یا آستانه فاصله مشخص شده باشد، در این صورت ممکن است برخی از پیکسل‌ها در صورتی که معیارهای انتخاب شده را نداشته باشند، طبقه‌بندی نشده باشند. این روند تا زمانی ادامه می‌یابد که تعداد پیکسل‌ها در هر کلاس کمتر از آستانه تغییر پیکسل انتخاب شده تغییر کند یا به حداکثر تعداد تکرار برسد.

### پیش‌پردازش تصویر لندست-۸

سنجنده‌ها شدت تابش الکترومغناطیسی را تحت عنوان درجات روشنایی (DN) ثبت می‌کنند، بنابراین دارای واحد فیزیکی نیستند. برای تبدیل درجات خاکستری به یک واحد فیزیکی، از ضرایب کالیبراسیون که توسط طراحان سنجنده‌ها فراهم شده استفاده می‌شود. از این رو، ضرورت دارد که درجه‌های روشنایی به رادیانس تبدیل شود، در مرحله بعد، از نسبت رادیانس بالارونده ثبت شده در سنجنده به ایرادیانس ورودی با در نظر گرفتن ارتفاع خورشیدی در زمان اخذ تصویر بازتاب ظاهری به دست می‌آید. به منظور تبدیل بازتاب ظاهری به بازتاب واقعی (زمینی) تصحیح اتمسفری نیاز است که تصحیح اتمسفری DOS<sup>۱</sup> بر تصویر اعمال گشته است. با اعمال شاخص NDWI<sup>۲</sup> بر تصویر تصحیح اتمسفری شده، می‌توان پهنه‌های آبی را جدا کرد. در رابطه (۱)،  $R_{Green}$  و  $R_{NIR}$  به ترتیب مقدار بازتاب باند مادون قرمز و باند سبز است.

$$NDWI = \frac{R_{Green} - R_{NIR}}{R_{Green} + R_{NIR}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

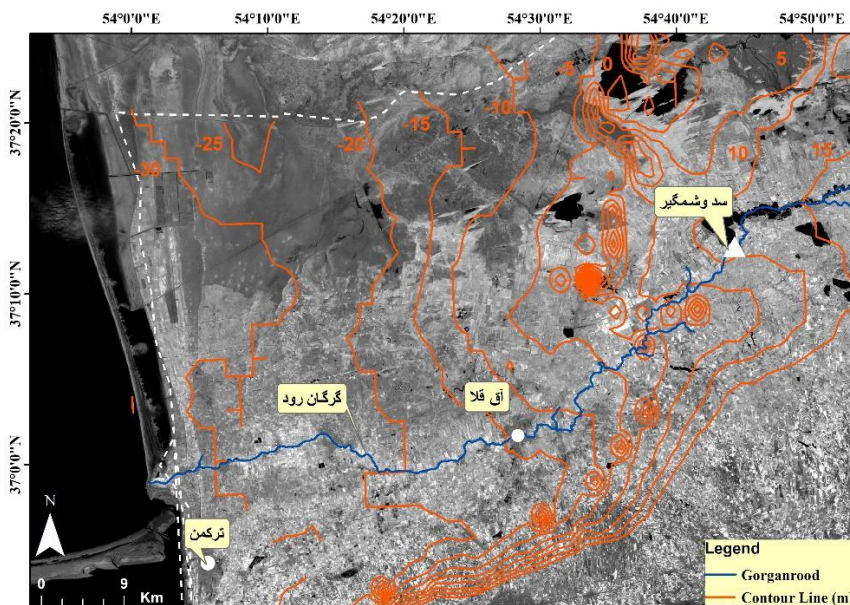
### یافته‌های پژوهش

بر اساس مطالعات انجام شده، تشخیص و تفکیک آب در قطبش HH نسبت با سایر قطبش‌ها و عبور صعودی<sup>۳</sup> بهتر انجام می‌شود (Mahdavi et al., 2018; Gstaiger et al., 2012). لازم به توضیح است که پروداکت GRD دارای دو نوع قطبش VV و VH است و در این تحقیق تنها حساسیت قطبش VV، VH و VV+VH در تفکیک مناطق سیل‌زده در منطقه مورد مطالعه پرداخته و از طرفی در تاریخ‌های مورد بررسی تنها عبور نزولی ماهواره موجود بوده است. تصاویر SAR با قطبش VV به رطوبت حساس‌تر هستند و می‌توانند انواع پوشش زمین مانند باتلاق‌ها و شالیزارها را تفکیک کند (Bao et al., 2018). در مناطق با پوشش گیاهی انبوه قطبش VH توانایی بیش‌تری در استخراج نواحی سیل‌زده دارد. در حوضه گرگان‌رود مورفولوژی حوضه از سمت شمال شرقی در دو جهت اصلی و عمده جنوب به شمال و شرق به غرب شیب دارد، همگرایی جهت شیب زمین از جنوب به شمال و از شرق به غرب موجب تجمع آب در نوار شرق به غرب شد. بارندگی ممتد و شدید روزهای پایانی سال ۱۳۹۷، نهشته‌های سطحی حوضه را اشباع کرد و در ادامه بارندگی، رواناب‌هایی با دبی بسیار زیاد در امتدادی که شیب و مورفولوژی حوضه آن را هدایت می‌کند، به وجود آورده و عدم ظرفیت خاک در جذب باران سبب سیلاب و رواناب گردیده است (رجبی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۸).

1. Dark Object Subtract  
2. Normalized difference water index  
3. Ascending



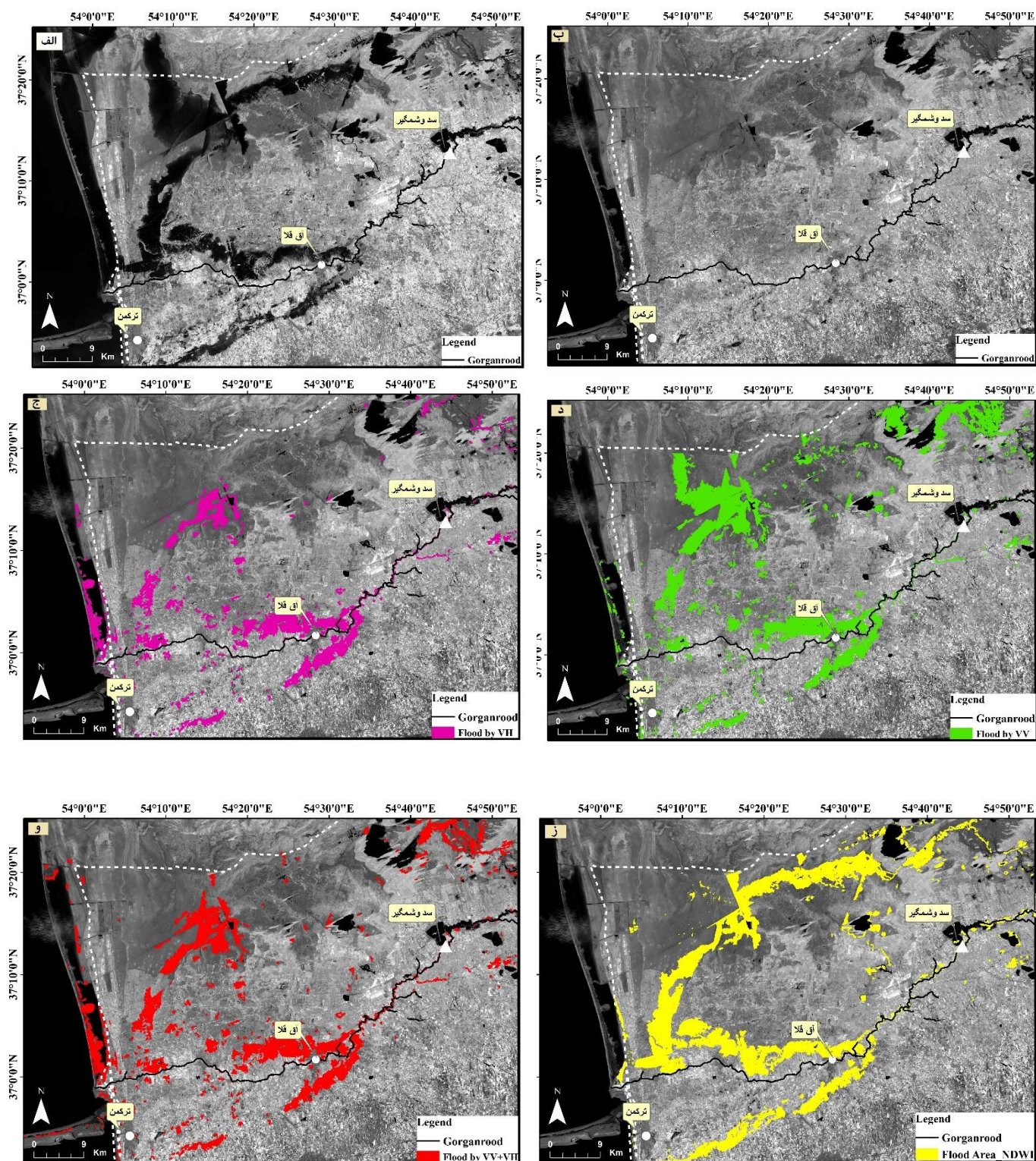
همچنین براساس مطالعات انجام شده کم‌بودن شیب منطقه منجر به آبگرفتگی وسیعی در قسمت شرقی (آق‌قلا) شده و این که آب در قسمت شمالی و با فاصله از رودخانه جمع شده، می‌تواند به علت شیب ملایمی باشد که به سمت شمال و در قسمت شمالی رودخانه وجود دارد (عمادالدین و قاسمی، ۱۳۹۸). چنانچه در شکل ۳ مشاهده می‌شود تغییرات ارتفاعی این منطقه از ۱۵ متر تا ۳۰ متر متغیر است و با حرکت به سمت دریای خزر از ارتفاع کاسته و در نزدیکی ساحل به کمترین میزان خود می‌رسد.



شکل (۳): خطوط منحنی میزان (خطوط نارنجی رنگ) بر روی باند مادون قرمز لندست-۸ نشان داده شده است.

در تصویر راداری، به منظور مقایسه میان توانایی قطبش‌های مختلف  $VH$ ،  $VV$  و مجموع این دو قطبش ( $VV+VH$ ) در تفکیک پهنه‌های آبی، پس از اعمال پیش‌پردازش‌های مناطق آبی از سایر مناطق جداسازی شد و نتایج حاصل از آن با شاخص پهنه‌ی آب تفاضلی نرمال شده (NDWI) به دست آمده از تصویر لندست-۸ بر روی باند مادون قرمز لندست-۸ (قبل از وقوع سیل) نمایش داده شده است. مطابق با شکل ۴، مناطق سیلابی به تفکیک قطبش‌های مختلف نمایان داده شده است. قسمت‌های سبز رنگ، بنفش و قرمز به ترتیب، مناطق سیلابی حاصل از طبقه‌بندی  $k$ -means قطبش‌های  $VH$ ،  $VV$  و  $VV+VH$  را در بر می‌گیرد. ب- مناطق سیلابی مشخص شده از روش شاخص NDWI در تصویر لندست-۸ با رنگ زرد مشخص شده است. چنان در شکل ۴ نیز مشاهده می‌شود نواحی سیلابی در هیر یک از حالات مورد بررسی با یکدیگر متفاوت هستند جهت مقایسه بهتر و دقیق‌تر، مساحت هر یک از نواحی سیل زده به صورت کمی محاسبه شده و بر حسب کیلومتر مربع در قالب نمودار میله‌ای در شکل ۵ ارائه شده است.

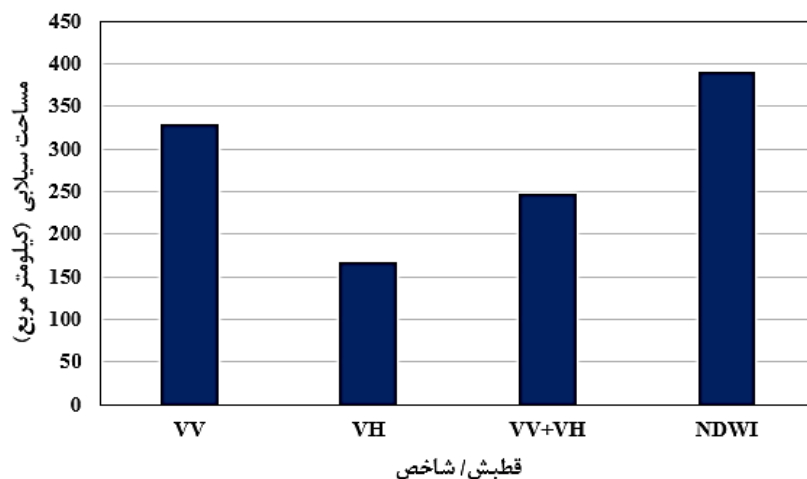




شکل (۴): الف- مناطق سیلابی که به تفکیک قطبش‌های مختلف در تصویر الف نمایان داده شده است. قسمت‌های سبز رنگ، بنفش و قرمز به ترتیب، مناطق سیلابی حاصل از طبقه‌بندی k-means در قطبش‌های VV، VH و VV+VH را در بر می‌گیرد. ب- مناطق سیلابی مشخص شده از روش شاخص NDWI در تصویر لندست-۸ با رنگ زرد مشخص شده است.

از آنجا که آب در باند مادون قرمز دارای انعکاسی پایین و نزدیک به صفر است؛ از این رو به رنگ تیره دیده می‌شود. شکل ۴- الف، تصویر منطقه مورد مطالعه را در باند مادون قرمز نزدیک از تصویر لندست-۸، بعد از وقوع سیل (۱۱ اسفند ۹۷) و ۴-ب قبل از سیل (۱۴ فروردین ۹۸) نشان می‌دهد. در تصویر راداری پهنه‌های سیلابی به صورت جداگانه در هر قطبش‌های مختلف از طریق روش طبقه‌بندی بدون نظارت k-means به دست آمده که در رنگ‌های مختلف نشان داده شده است. مناطق سیل زده حاصل از

قطبش VH با رنگ بنفش (۴-ج)، قطبش VV با رنگ سبز (شکل ۴-د) و قطبش VH+VV با رنگ قرمز متمایز شده‌اند (شکل ۴-و). همچنین مناطق سیل‌زده در تصویر لندست-۸ که از شاخص NDWI استخراج شده با رنگ زرد (شکل ۴-ز) نمایان شده است. همان‌طور که از شکل ۴ مشخص است نقشه سیلاب مستخرج از هر یک از قطبش‌ها و همچنین شاخص NDWI توانسته‌اند نواحی سیل‌زده را به ویژه در پیرامون شهر آق‌قلا با نتیجه تقریباً یکسانی از سایر مناطق جداسازی کنند. در قطبش VV مساحت بیش‌تری با عنوان نواحی سیل‌زده مشخص شده و پس از آن به ترتیب، قطبش VV+VH و VH در رتبه بعد قرار می‌گیرند. در شکل ۵ مساحت مناطق سیلابی به صورت کمی ارایه شده است. بیش‌ترین مساحت مناطق سیلابی نیز به شاخص NDWI تعلق دارد و اختلاف ۱۱ روزه میان تصویر رادار و تصویر لندست-۸، تفاوت میان سطح سیلابی در دو تصویر را توجیه می‌کند. لازم به توضیح است که در تمامی حالات مورد نظر منطقه سیلابی با پهنه‌ی آبی در نظر گرفته شده است. با توجه به شکل ۵، مساحت سیلاب در قطبش VV، VH و VV+VH به ترتیب ۳۲۸/۱۴، ۱۶۶/۳۲ و ۲۴۷/۳۴ کیلومتر مربع برآورد شده و برای شاخص NDWI معادل ۳۸۹/۹۴ کیلومتر مربع است که سهم قطبش VH در تفکیک مناطق آبی از غیر آبی در مقایسه با دو قطبش دیگر کم‌تر می‌باشد.



شکل (۵): مساحت مناطق سیل‌زده در قطبش‌های VV، VH و VV+VH و شاخص NDWI.

## نتیجه‌گیری

یکی از ضعف‌های استفاده از تصاویر اپتیکی، وجود پوشش ابر در آسمان است که تصاویر راداری جایگزین مناسبی برای آن به حساب می‌آید؛ چرا که در هر شرایط آب‌وهوایی و هر لحظه از شبانه‌روز اطلاعاتی را در اختیار کاربران قرار می‌دهند. تصاویر راداری با رفع محدودیت زمانی و مکانی امکان مطالعه سیل و تهیه نقشه محدوده گسترش آن را فراهم ساخته‌اند. در تحقیقات پیشین به منظور استخراج نقشه سیلاب صرفاً قطبش VV در پایش سیلاب به کار گرفته شده است. در این تحقیق سعی شده است حساسیت قطبش‌های مختلف VV، VH و VV+VH در تفکیک مناطق آبی از غیر آبی بررسی شود. در همین راستا، طبقه‌بندی نظارت‌نشده k-means بر هر یک از اعمال شد. نتایج نشان می‌دهد که مساحت ناحیه سیلابی حاصل از شاخص NDWI و قطبش VV نسبت به دو قطبش دیگر بیش‌تر به هم شباهت دارند با توجه به این نتیجه در زمانی که به دلیل ابرناکی تصویر اپتیکی قابل استفاده نباشد استفاده از تصویر رادار و قطبش VV می‌تواند به نتیجه یکسانی منتهی شود. با توجه به مدل ارتفاع رقومی زمین، نتایج حاصل در هر یک از قطبش‌ها و همچنین خروجی به‌دست آمده از شاخص NDWI تصویر لندست-۸ نشان می‌دهد که مناطق پست حوضه‌ی آبریز کانون اصلی تجمع آب گرفتگی سیلاب منطقه شناخته شده‌اند. براساس تحقیقات صورت گرفته، یکی از عوامل مهم در سیلاب استان گلستان، نهشته‌های ریزدانه لس (با ۳۰٪ رس) ذکر شده که در اثر اشباع‌شدگی و عدم نفوذپذیری،



ماندگاری آب سیلاب و پخش شدگی آن در سطح زمین را سبب شده است (گزارش سیلاب گلستان، ۱۳۹۸). همچنین این منطقه از لحاظ توپوگرافیک و زمین‌شناسی نسبتاً مسطح است که سرریز شدن سد و شمشگیر بر اثر بارش‌های پیاپی و هدایت آن به سمت مناطق پست‌تر و تجمع آن را به دنبال داشته (گزارش عملکردی سازمان هلال‌احمر، ۱۳۹۸). از طرفی عدم لایه‌روبی رودخانه‌ها و درصد بالای رس در خاک منطقه و رسوبات رودخانه‌ای از عوامل موثر در سیلاب این منطقه بر شمرده شده است. بنا به گزارش‌های ارایه شده، لایروبی رودخانه، اجرای حفاظت از خاکریز در طرفین رودخانه، افزایش حجم مخزن سدها نقش مهمی در مدیریت و کنترل سیلاب‌های آینده در این منطقه خواهد داشت و تصاویر ماهواره‌ای امکان تهیه نقشه‌های سیلاب را با سرعت و کیفیت بیشتر فراهم ساخته و از این طریق می‌توان نواحی حساس و ریسک‌پذیر در برابر سیل را شناسایی کرد. در نهایت، با توجه به تجربه موفق کشورهای پیشرفته، می‌توان با استقرار سیستم‌های هشدار سیل، سازه‌های متحرک کنترل سیلاب در مناطق پرخطر از تلفات جانی و مالی کاست.

## منابع

- ارdestانی، م؛ گلستانه، م (۱۳۸۷)، بررسی خصوصیات سیلاب‌های رودخانه‌ای و نقش آن در مدیریت سیلاب (مطالعه موردی: مسیل کرکانلو)، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب، تبریز.
- رجبی‌زاده، ی؛ یوب‌زاده، س.ع. و ظهیری، ع (۱۳۹۸)، بررسی سیل استان گلستان در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۷ و ارائه راه کارهای کنترل و مدیریت آن در آینده، اکوهیدرولوژی، دوره ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص ۹۴۲-۹۲۱.
- سلیمانی‌ساردو، ف؛ رفیعی‌ساردوئی، ا؛ مصباح‌زاده، ط و آذر، ع (۱۳۹۹)، استفاده از تصاویر سنتینل-۱ جهت پایش خسارت سیلاب فرودین (۱۳۹۹)، جنوب استان کرمان براساس الگوریتم جنگل تصادفی، نشریه عملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال پانزدهم، شماره ۵۳، تابستان ۱۴۰۰.
- صدرممتاز، ن؛ طیبی، س.ج. و محمودی، م (۱۳۸۶)، مطالعه تطبیقی برنامه‌ریزی مدیریت بلایا در کشورهای منتخب، دوره ۶۵، شماره ۱۳، ص ۱۹-۱۴.
- عمادالدین، س و محمدقاسمی، م (۱۴۰۰)، پایش نقشه‌های گسترش سیلاب با استفاده از تصاویر راداری (SAR) (مطالعه موردی: سیل فروردین ۱۳۹۸، شهرستان آق‌قلا)، نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی، فصلنامه عملی دانشگاه گلستان، سال دوم، شماره ششم، تابستان ۱۴۰۰، صفحات: ۷۹-۹۶.
- کاظمی، م؛ نفرزادگان، ع؛ محمدی، ف (۱۳۹۸)، شناسایی پهنه‌های آبی طبیعی و محدوده‌های سیل زده با استفاده از داده‌های راداری ماهواره سنتینل-۱، چهارمین کنفرانس بین‌المللی توسعه کشاورزی، منابع طبیعی، محیط‌زیست و گردشگری ایران، تبریز، دانشگاه آزاد هنر اسلامی تبریز.
- گزارش عملکرد جمعیت هلال‌احمر استان گلستان در برف، کولاک، سیل و آبگرفتگی، بهار، ۱۳۹۸.
- میراحسنی، م و ماهینی، س (۱۳۹۷)، نقش سنجش از دور و داده‌های آن در چرخه مدیریت بحرانی طبیعی و بحران‌ها. فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، دوره: ۸، شماره: ۳.

Ardestani, M. and Golestaneh, M. (2009). Investigation of river flood characteristics and its role in flood management (Case study: Mesil Kirkanlu). Third Water Resources Management Conference, Tabriz.

Bao, Y.; Lin, L.; Wu, S.; Deng, K.A.K.; Petropoulos, G.P. (2018). Surface soilmoisture retrievals over partially vegetated areas from the synergy of Sentinel-1 and Landsat 8 data using a modified water-cloud model. International. Journal. Appl. Earth Obs. Geoinf. 72, 76-85.

Chan, N.W. (2015). Impacts of disasters and disaster riskmanagement in Malaysia: the case of floods. In: Aldrich, D.P., Oum, S., Sawada, Y. (Eds.), Resilience and Recovery in Asian Disasters, Risks, Governance and Society. Springer (e-Book). ISBN: 978-4-431-55022-8, pp. 239-265.

- Cian, F.; Marconcini, M.; Ceccato, P. (2018). Normalized Difference Flood Index for rapid flood mapping: taking advantage of EO big data. *Remote Sens. Environ.* 209, 712–730.
- Cui, J.; Zhang, X.; Wang, W. (2020). Integration of optical and SAR remote sensing images for crop-type mapping based on a novel object-oriented feature selection method. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 13 (1), 178–190.
- Dadhich, G.; Miyazaki, H. and 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.
- Gaillard, J. (2017). “Natural Hazards and Disasters,” *International. Encycl. Geogr.*
- Gric, J. and Hepplewhite E. (1983). Design and construction of the Thames barrier cofferdams. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers.* 74(2): 191-224.
- Gstaiger, V., Huth, J., Gebhardt, S., Kuenzer, C., Wehrmann, T., (2012). Multi-sensoral and automated derivation of inundated areas using TerraSAR-X and ENVISAT ASAR data. *International. Journal. Remote Sens.* 33, 7291–7304.
- Hahmann, T.; Martinis, S.; Twele, A.; Roth, A. and Buchroithner, M. (2008). Extraction of water and flood areas from SAR data. *International 7th European Conference on Synthetic Aperture Radar.* 1-4.
- Huang, M.; Jin, S. (2020). Rapid flood mapping and evaluation with a supervised classifier and change detection in shouguang using sentinel-1 SAR and sentinel-2 optical data. *Remote Sens.* 12 (13), 2073.
- Jongman, B.; Wagemaker, J.; Romero, B.R. (2015). Early flood detection for rapid humanitarian response: harnessing near real-time satellite and Twitter signals. *ISPRS International Journal. Geo International.* 4 (4), 2246–2266.
- Jonkman, S.N. (2005). Global perspectives on loss of human life caused by floods. *Nat. Hazards* 34 (2), 151–175.
- Mahdavi, S.; Salehi, B.; Granger, J.; Amani, M.; Brisco, B.; Huang, W. (2018). Remote sensing for wetland classification: a comprehensive review. *GIScience Remote Sens* 55, 623–658.
- Mather, P.M. (1999). “Computer Processing of Remotely Sensed Images”, 2<sup>nd</sup> Edition, John Wiley & Sons.
- Mirahsani, M.S. and Mahini, S. (2019). The role of remote sensing and its data in the cycle of natural crisis management and crises *Quarterly Journal of Crisis Prevention and Management Knowledge*, Volume: 8, Issue: 3. <https://civilica.com/doc/793828>.
- Montz, B. E.; Tobin, G. A.; Hagelman, R. R. *Natural hazards.* (2017). explanation and integration. Guilford Publications.
- Rimba, A.; Besse, M.; Fusanori, (2017). Evaluating the extraction approaches of flood extended area by using ALOS-2/PALSAR-2 images as a rapid response to flood disaster. *Journal of Geoscience and Environment Protection* 5 (1), 40–61.
- Roy, R., Gain, A., Hurlbert, M.A., Samat, N., Tan, M.L., Chan, N.W. (2020). Designing adaptation pathways for flood-affected households in Bangladesh. *Environ. Dev. Sustain.*
- Ruzza, G.; Guerriero, L.; Grelle, G.; Guadagno, F.M, and Revellino, P. (2019). Multi-Method Tracking of Monsoon Floods Using Sentinel-1 Imagery. *Water*, 11(11): 2289.
- Shen, X., Wang, D., Mao, K. (2019b). Inundation extent mapping by synthetic aperture radar: a review. *Remote Sensing.* 11 (7), 879.
- Shen, X.; Anagnostou, E.N.; Allen, G.H. (2019a). Near-real-time non-obstructed flood inundation mapping using synthetic aperture radar. *Remote Sensing. Environ.* 221, 302–315.
- Skoufias.; E. Strobl.; E. Tveit, T. B. (2017). “Natural disaster damage indices based on remotely sensed data: an application to Indonesia”.
- Takeuchi K. Flood management in Japan from rivers to basins. *Water International.* 2002; 27(1): 20-26.
- Tanguy, M.; Chokmani, K.; Bernier, M.; Poulin, J.; Raymond, S. (2017). River flood mapping in urban areas combining Radarsat-2 data and flood return period data. *Remote Sensing. Environ.* 198, 442–459.
- Tong, X.; Luo, X.; Liu, S.; Xie, H.; Chao, W.; Liu, S.; Jiang, Y. (2018a). An approach for flood monitoring by the combined use of Landsat 8 optical imagery and COSMO-SkyMed radar imagery. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sensing.* 136, 144–153.
- Twele, A.; Cao, W.; Plank, S.; Martinis, S. (2016). Sentinel-1-based floodmapping: a fully automated processing chain. *Int. J. Remote Sens.* 37 (13), 2990–3004
- Withagen L. and Feenstra E. Delta (2000). inventory of the current situation of the Deltawerken. Rapport RIKZ Netherlands.

Zhang, X.; Chan, N.W.; Pan, B.; Ge, X.; Yang, H. (2021). Mapping flood by the object-based method using backscattering coefficient and interference coherence of Sentinel-1 time series. Science of the Total Environment 794148388.

**نحوه ارجاع به مقاله:**

امینی، لیلا؛ ارگانی، میثم؛ عبدالهی کاکرودی، عطاءاله (۱۴۰۱). شناسایی پهنه‌های آبی ناشی از سیل استان گلستان با استفاده از قطبش‌های VV، VH و VV+VH تصاویر سنتینل-۱ و لندست-۸، جغرافیا و مطالعات محیطی ۱۱ (۴۳)، ۹۴-۱۰۷، Dor: 20.1001.1.20087845.1401.11.43.6.7

**Copyrights:**

Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open – access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

