




Rapid Flood Monitoring using Sentinel-1 and Landsat-8 Images (Case study: Kashkan River, Poldakhter City)

Peymankhah, P.¹  | Attarchi, S.²  | Moharrami, M.³ 

1. M.Sc. Student, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: p.peymankhah@ut.ac.ir
2. **Corresponding Author**, Associate Professor, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: satarchi@ut.ac.ir
3. PhD Student, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: moharramimeisam@ut.ac.ir

(Received: 21 Sep 2023, Accepted: 11 Oct 2023, Published online: 11 Oct 2023)

Abstract

Flood is known as one of the natural disasters that cause financial and human losses not only in developing countries but also in developed countries. Synthetic Aperture Radar (SAR) sensors are an essential data source for flood crisis planners and experts because they have the ability to image the earth's surface independently of weather conditions and time of the day. This advantage coupled with cloud computing platforms such as Google Earth Engine (GEE) provides a tremendous opportunity for the crisis response community for effective management plans. It allows them to quickly access ready data for analysis which is of great importance in case of flooding. The purpose of this research is to quickly monitor the flood of the Kashkan River. The algorithm presented in this study uses time series images of Sentinel-1 and Landsat 8 along with other auxiliary data for flood monitoring in the GEE system. This algorithm relies on multi-temporal SAR statistics to identify unexpected floods in near real time. Additionally, historical Landsat-based surface water class probabilities are used to distinguish unexpected floods from permanent or seasonal surface water. Based on the results of this research, Sentinel-1 images have an acceptable performance for flooded area detection in Sentinel-1 images. Therefore, managers can use this method to obtain flood information and locations in order to reduce flood damage.

Keywords: flood monitoring, Sentinel-1, Landsat-8, GEE.

Cite this article: Peymankhah, P., Attarchi, S., & Moharrami, M. (2023). Rapid Flood Monitoring Using Sentinel-1 and Landsat-8 Images (Case study: Kashkan River, Poldakhter City). Journal of the Nivar, 47(122-123), 82-94. DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2023.417413.1265>



پایش سریع سیل با استفاده از تصاویر سنتینل-۱ و لندست-۸ (مطالعه موردی: رودخانه کشکان شهرستان پلدختر)

پیمان پیمان خواه^۱ | سارا عطارچی^۲ | میثم محرمی^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران. رایانامه: p.peymankhah@ut.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران. رایانامه: satarchi@ut.ac.ir

۳. دانشجوی دکتری گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران. رایانامه: moharramimeisam@ut.ac.ir

(دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۳۰، پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۹، انتشار آنلاین: ۱۴۰۲/۰۷/۱۹)

چکیده

سیل از جمله بلاای طبیعی شناخته شده است که نه تنها در کشورهای در حال توسعه بلکه در کشورهای توسعه یافته نیز باعث ایجاد خسارات مالی و جانی می شود. سنجنده های رادار دیافراگم مصنوعی (SAR) یک منبع داده ضروری برای برنامه ریزان و کارشناسان بحران سیلاب می باشد. زیرا قابلیت تصویربرداری از سطح زمین را به صورت مستقل از شرایط آب و هوایی و زمان تصویربرداری دارند. در دسترس قرار گرفتن این تصاویر همراه با استفاده از سامانه های محاسبات ابری مانند Google Earth Engine (GEE)، فرصت ارزشمندی برای مدیریت بحران فراهم می کند، زیرا امکان دسترسی سریع به داده های آماده را میسر می کند که برای برنامه های مدیریتی مؤثر در مواجهه با سیل مورد نیاز است. هدف از این پژوهش پایش سریع سیل رودخانه کشکان پلدختر می باشد. الگوریتم ارائه شده در این مطالعه از تصاویر سری زمانی سنتینل-۱ و لندست-۸ به همراه سایر داده های کمکی به منظور پایش سیل در سامانه GEE استفاده می کند. این الگوریتم براساس آمار چند زمانه ماهواره SAR به منظور شناسایی سیل های غیرمنتظره به صورت به هنگام می باشد. علاوه بر این، احتمالات دسته بندی آب سطح، مبتنی بر داده های سری زمانی لندست استفاده می شود تا سیل های غیرمنتظره را از آب های سطحی دائمی یا فصلی متمایز کند. براساس نتایج حاصل از این پژوهش تصاویر سنتینل-۱ دارای عملکرد مناسبی برای شناسایی مناطق سیل زده می باشد و الگوریتم مورد استفاده برای تشخیص تغییرات شدید در تصاویر سنتینل-۱ مناسب می باشد. از این رو مدیران می توانند از این روش برای دستیابی به اطلاعات و مکان های سیلابی، به منظور کاهش خسارات سیلاب استفاده نمایند.

کلمات کلیدی: پایش سیل، سنتینل-۱، لندست-۸، GEE.

۱. مقدمه

سیل یکی از پرهزینه ترین بلاای طبیعی است و سالانه خسارت جانی و مالی زیادی به میلیون ها نفر، در سراسر جهان وارد می کند. تغییرات آب و هوایی خطر سیل را در مناطق آسیب پذیر جهان، افزایش داده است (Wang et al, 2002). تصاویر لندست با قدرت تفکیک مکانی مناسب و امکان تصویربرداری در بازه های زمانی کوتاه می توانند اطلاعات مفیدی از وضعیت سیلاب ها را در پهنای وسیعی از مناطق آسیب پذیر جهان، افزایش داده است (Wang et al, 2002). تصاویر لندست با قدرت تفکیک مکانی مناسب و امکان تصویربرداری در بازه های زمانی کوتاه می توانند اطلاعات مفیدی از وضعیت سیلاب ها را در پهنای وسیعی از مناطق آسیب پذیر جهان، افزایش داده است (Wang et al, 2002). تصاویر لندست با قدرت تفکیک مکانی مناسب و امکان تصویربرداری در بازه های زمانی کوتاه می توانند اطلاعات مفیدی از وضعیت سیلاب ها را در پهنای وسیعی از مناطق آسیب پذیر جهان، افزایش داده است (Wang et al, 2002).

استناد: پیمان خواه، پیمان؛ عطارچی، سارا؛ و محرمی، میثم. (۱۴۰۲). پایش سریع سیل با استفاده از تصاویر سنتینل-۱ و لندست-۸ (مطالعه موردی: رودخانه کشکان شهرستان

پلدختر)، مجله نیوار، ۴۷(۱۲۲-۱۲۳)، ۸۲-۹۴. DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2023.417413.1265>



از این داده‌ها برای پیدا کردن مسیرهای مناسب جهت عملیات امداد و نجات بسیار مفید می‌باشد (Borah et al, 2018). اینمن و همکاران در سال ۲۰۲۰ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، یک سری زمانی از اوج آبگرفتگی به مدت ۳۰ سال با استفاده از آستانه‌گذاری روی باند مادون قرمز نزدیک ایجاد کردند و سیل سال ۲۰۱۹ این منطقه را بررسی و پایش کردند (Inman et al, 2020). دوریس و همکاران در سال ۲۰۲۰ در مقاله‌ای الگوریتمی جهت پایش سریع سیل با استفاده از تصاویر سنتینل-۱ در سامانه گوگل ارث انجین ارائه دادند. روش این مطالعه به منظور پایش سیل‌ها در زمان واقعی با استفاده از سری‌های زمانی SAR برای زمان حال، به همراه داده‌های تاریخی Landsat در سامانه گوگل ارث انجین (GEE)، استفاده از الگوریتم آستانه‌گذاری می‌باشد. براساس نتایج حاصل، این روش عملکرد قابل قبولی دارد و پایش سیل با دقت بسیار مناسبی انجام شده است (Devries et al, 2020). محرمی و همکاران در سال ۲۰۲۱ در پژوهشی به شناسایی اتوماتیک سیلاب با استفاده از تصاویر سنتینل-۱ در محیط گوگل ارث انجین پرداختند. روش مورد استفاده در این مطالعه روش آستانه گذاری اتسو می‌باشد. نتایج حاصل نشان دهنده دقت مناسب این روش برای شناسایی مناطق سیلاب و همچنین بیانگر توانایی خوب تصاویر راداری در نداشت سیلاب می‌باشد (Moharrami et al, 2021). گنجی و همکاران در سال ۱۳۹۹ به برآورد تغییرات سری زمانی پهنه‌های سیلابی شهر آق قلا (سیلاب فروردین ۱۳۹۸) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست-۸ و سنتینل-۲ پرداختند. براساس نتایج حاصل بارش با دوره بازگشت ۵۰ ساله منجر به آبگرفتگی شمال و شرق شهر آق قلا می‌شود (گنجی و همکاران، ۱۳۹۹). سلیمانی و درویشی در سال ۱۳۹۹ در پژوهشی به پهنه‌بندی و پایش خطر سیل بهار ۱۳۹۸ خوزستان با استفاده از داده‌های لندست-۸ پرداختند. پایش نقشه‌های سیل در استان خوزستان نشان می‌دهد که یک انطباق کامل بین نقشه پهنه‌بندی و سیل اخیر وجود دارد به طوری که با بررسی نقشه‌ها مشخص شد که سیل اخیر بیشتر در بخش‌های غرب، جنوب و جنوب غربی اتفاق افتاده است (سلیمانی و درویشی، ۱۳۹۹). سلیمانی ساردو و همکاران در سال ۱۴۰۰ در

نمی‌توانند اطلاعات کاملی از وضعیت سیل و سطح آب ارائه دهند. از آنجایی که در مواقع بحرانی سیلاب‌های ناشی از بارندگی، شرایط اتمسفری برای این سنجنده‌ها مناسب نیست، دسترسی به تصاویر بدون پوشش ابر، ممکن نیست (Shen et al, 2019). با توجه به محدودیت‌های بیان شده در مورد سنجنده‌های اپتیک، استفاده از تصاویر راداری می‌تواند گزینه‌ای بهتر و موثرتر در مقایسه با سنجنده‌های اپتیک برای پایش سیل باشد. سنجنده‌های راداری قابلیت تصویربرداری در هر زمان از روز و در هر شرایط آب‌وهوایی را دارند و می‌توانند اطلاعات مفیدی در مورد مناطق آسیب‌دیده از سیل ارائه دهند (Ban et al., 2015). بنابراین داده‌های راداری به دلیل ویژگی‌های خاص خود، می‌توانند به عنوان یک منبع ارزشمند برای برنامه‌ریزی و پاسخ به بحران سیلاب به کار روند.

ایران از جمله کشورهایی است که همه ساله در نقاط مختلف آن، سیلاب‌هایی با شدت متفاوت رخ می‌دهد. سیل سال‌های اخیر گلستان، خوزستان، پلدختر و سیستان و بلوچستان که در سال ۱۳۹۸ روی داده‌اند مثال‌هایی از این نمونه به شمار می‌روند (رجبی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۸). با توجه به وقوع و اهمیت مطالعات سیلاب در سطح جهان و ایران، پژوهش‌های زیادی در این زمینه صورت گرفته است که اغلب به پهنه‌بندی خطر سیلاب و همچنین تأثیر کاربری‌ها بر وقوع سیلاب استوار بوده و در بسیاری از این تحقیقات از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۹).

پورااکرمی و همکاران در سال ۲۰۱۷ در پژوهشی به استخراج سریع محدوده تحت تأثیر سیل با استفاده از تصاویر سنتینل-۱، پرداختند. نتایج نشان داد که روش آستانه‌گذاری روی تصاویر راداری روشی سریع و مناسب برای استخراج سریع نقشه سیل می‌باشد (Pour Akrami et al, 2017). پورا و همکاران در سال ۲۰۱۸ 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 سیل زده دارای مزیت بوده و استفاده

سامانه گوگل ارث انجین سبب شده است تا سرعت پایش سیلاب افزایش یابد. در خصوص احتمالات حضور آب سطحی در گذشته با استفاده از تصاویر Landsat، جهت تمایز سیلاب‌های ناگهانی از آب سطحی دائمی یا فصلی استفاده می‌شود. به منظور پایش سیلاب از روش ارائه شده توسط دوریس و همکاران در سال ۲۰۲۰ استفاده شده است (Devries et al, 2020). در این روش تمام تصاویر Sentinel-1، به همراه دیگر منابع داده اولیه مانند Landsat، به صورت همزمان در GEE مورد استفاده قرار می‌گیرند تا در هنگام وقوع سیلاب، سطح غرقابی را به سرعت پایش کند. این الگوریتم از آماره چند زمانه SAR (Synthetic Aperture Radar)، جهت شناسایی سیلاب‌های ناگهانی در زمان واقعی استفاده می‌کند.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

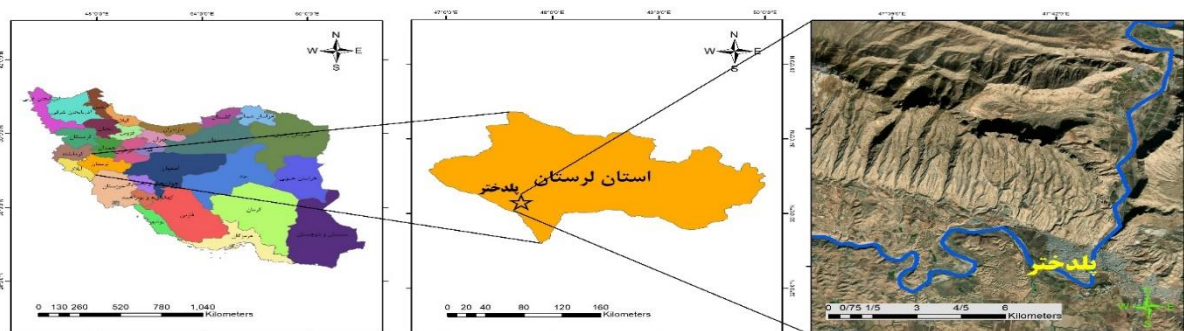
منطقه مورد مطالعه رودخانه کشکان می‌باشد که در شهرستان پلدختر واقع شده است و از شهر پلدختر عبور می‌کند. این رودخانه یکی از سیلاب خیزترین رودخانه‌های استان لرستان می‌باشد. حوضه آبریز این رودخانه با مساحت ۹۷۷۵/۶۶ کیلومتر مربع و متوسط ارتفاع ۱۶۵۳ متر در ناحیه جنوب غربی ایران واقع شده است و از سرشاخه‌های رودخانه کرخه می‌باشد (نگارش و همکاران ۱۳۹۰).

در این پژوهش مسیر رودخانه کشکان واقع در شمال و غرب شهر پلدختر مطالعه شده است که در شکل ۱ نمایش داده شده است.

پژوهشی به پایش سیلاب جنوب استان کرمان با استفاده از تصاویر سنتینل-۱ پرداختند. براساس نتایج حاصل پس از آشکارسازی مناطق سیلاب زده، تصاویر سنتینل با استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت شده به سه کلاس پهنه آبی قبل از سیلاب، مناطق سیلاب زده و سایر اراضی طبقه‌بندی شد (سلیمانی ساردو و همکاران، ۱۴۰۰). دودانگه و همکاران در سال ۱۴۰۰ به شناسایی مناطق سیلاب زده (در دو منطقه گلستان و خوزستان) با استفاده از محاسبات آماری سری زمانی بر پایه تلفیق داده‌های راداری و اپتیک پرداختند. براساس نتایج، این روش دقت مناسبی جهت پایش و تهیه نقشه‌های سیلاب دارد و برای سایر مناطق با وسعت‌های متفاوت قابل تعمیم است (دودانگه و همکاران، ۱۴۰۰).

بررسی مطالعات گذشته بیانگر آن است که در بیشتر تحقیقات پیشین در زمینه تهیه نقشه‌های سری زمانی سیلاب، استفاده بلندمدت از تصاویر ماهواره‌ای به خصوص در مقیاس‌های مکانی متوسط و بالا نیازمند سخت‌افزارهای قوی است که در بیشتر موارد سرعت پایش را کم می‌کند. همچنین، تحقیقات گذشته بیانگر کارایی تلفیق داده‌های اپتیک و رادار به دلیل غلبه بر مشکلات هر دو نوع تصاویر و بهره‌گیری از مزایای آن‌ها به صورت ترکیبی است. استفاده از هر دو نوع تصویر به طور ترکیبی می‌تواند اطلاعات جامع‌تری در مورد سیلاب‌ها فراهم کند و منجر به برنامه‌ریزی‌های موثرتری برای کنترل و مدیریت بحران‌های سیلاب شود.

در این پژوهش از تصاویر Sentinel-1 به منظور پایش سیلاب استفاده شده است و داده‌های سری زمانی مورد نیاز با استفاده از تصاویر Landsat 8 استخراج شده است. همچنین استفاده از



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۲-۲. داده‌ها و ابزار مورد استفاده

طیفی مناسب هستند و این ویژگی‌ها به شناسایی جزئیات دقیق‌تری در بستر رودخانه کمک می‌کند. به همین دلیل در این مطالعه به منظور شناسایی بستر رودخانه و تفسیرهای بصری منطقه و استخراج داده‌های تاریخی از تصاویر Landsat8 استفاده شده‌است.

شاخص NDWI (Normalized Difference Water Index) یک شاخص کارا در تحلیل تصاویر ماهواره‌ای برای شناسایی و مناطق آبی است به طور ویژه برای تشخیص مناطق آبی از سایر اجزای محیطی مناسب است. این شاخص از تفاوت در بازتاب نور در باندهای مختلف عمل می‌کند و این تفاوت به وضوح در مناطق آبی قابل تشخیص است. با اعمال این شاخص مقدار ارزش بازتاب پیکسل‌ها در بازه بین -۱ و +۱ قرار می‌گیرند، که مقادیر بین -۱ تا صفر مناطق غیر آب و مقادیر بین صفر تا +۱ پهنه‌های آبی و یا سیلابی را نشان می‌دهد (دودانگه و همکاران ۱۴۰۰). همچنین شاخص NDWI میانگین بر مبنای میانگین مقادیر NDWI برای یک منطقه یا تصویر مشخص محاسبه می‌شود. برای محاسبه NDWI میانگین، مقادیر NDWI برای همه پیکسل‌ها در منطقه مورد نظر جمع‌آوری شده و سپس به تعداد پیکسل‌ها تقسیم می‌شوند. مقدار میانگین NDWI نشان می‌دهد که چند درصد از منطقه شامل آب است. در نتیجه، از این شاخص می‌توان برای نقشه‌برداری مناطق آبی و انجام مطالعات محیط زیستی مرتبط با منابع آب استفاده کرد. (دودانگه و همکاران ۱۴۰۰).

در این مطالعه نیز به منظور دستیابی به پهنه رودخانه کشکان در مواقع غیر سیلابی از شاخص NDWI میانگین استفاده شده‌است (شکل ۲). داده‌های مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۱ نشان داده شده‌است.

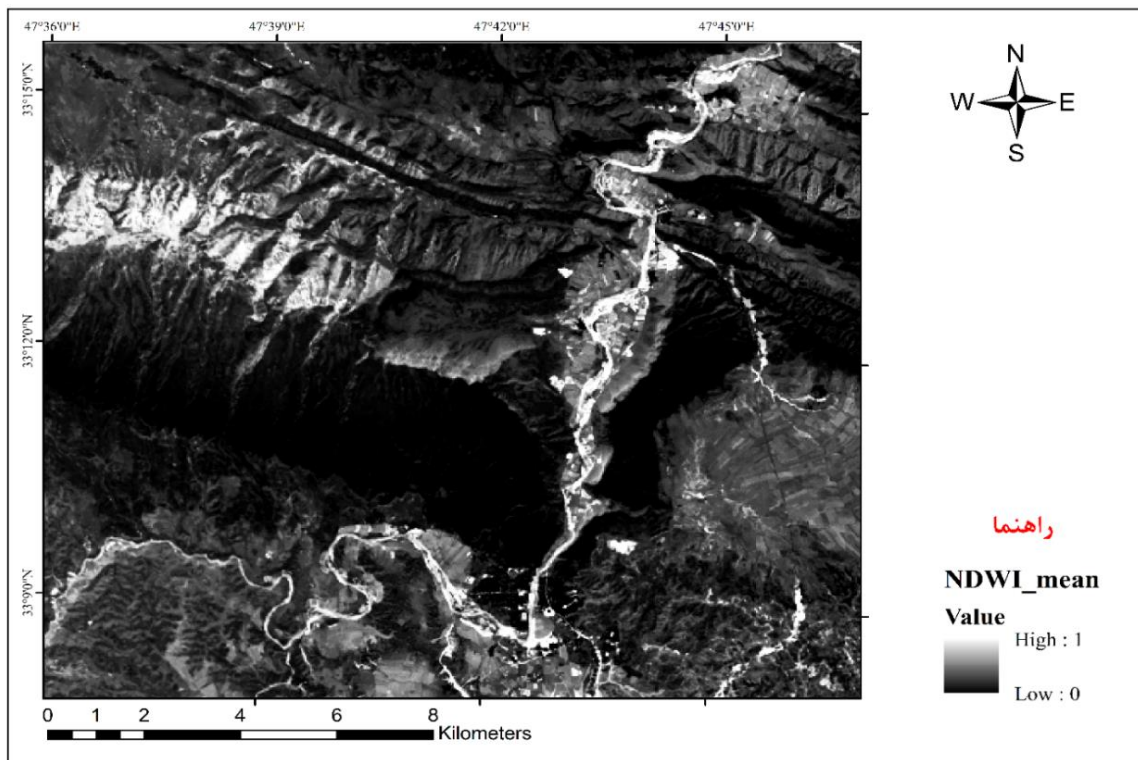
سامانه گوگل ارث انجین (GEE) یکی از ابزارهای مفید برای پایش سیل است و امکان فراخوانی و پردازش تصاویر ماهواره‌ای را فراهم کرده است (Amani, et al 2020). در این پژوهش نیز از این سامانه به منظور پایش سیل استفاده شده‌است. در تصاویر SAR، پهنه‌های آبی عموماً به رنگ تیره مشاهده می‌شوند. این امر به دلیل ویژگی‌های خاص سنجنده SAR و تفاوت‌های آن با تصاویر اپتیک است. سنجنده SAR با فرستادن امواج راداری به سطح زمین و دریافت بازپخش آن‌ها، تصاویری از سطح زمین تولید می‌کند. در سطوح آبی، بازپخش امواج به طور قابل توجهی کمتر از سایر سطوح است. به همین دلیل، سطوح آبی در تصاویر SAR به صورت نواحی تیره ظاهر می‌شوند.

تصاویر Sentinel-1 اطلاعات مفصلی از سطح زمین، مانند تغییرات در تراکم گیاهی، نفوذ به زیر سطح، شناسایی آب‌ها، تغییرات اقلیمی و زلزله را ارائه می‌دهد. این ماهواره به دلیل توانایی‌اش در ارائه تصاویر راداری کامل از سطح زمین در شبانه‌روز و همچنین در شرایط آب و هوایی مختلف بسیار ارزشمند است. تصاویر Landsat که توسط ماهواره‌های سری Landsat تهیه شده‌اند شامل تصاویر چند طیفی با قدرت تفکیک مکانی متوسط است که برای تحلیل تغییرات کشاورزی، آب و هواشناسی، تغییرات اراضی، جنگل‌ها، مناطق شهری و دیگر موارد کاربرد دارد (گنجی و همکاران، ۱۳۹۹). از این رو در این پژوهش به دلیل ویژگی‌های تصاویر راداری، به منظور تعیین پهنه‌های سیلابی در رودخانه کشکان از تصاویر Sentinel-1A مربوط به قبل و بعد از وقوع سیلاب استفاده شده‌است.

تصاویر ماهواره Landsat8 دارای قدرت تفکیک مکانی و

جدول ۱: داده‌های مورد استفاده در این پژوهش (مربوط به زمان سیل فروردین ۱۳۹۸)

کاربرد در این پژوهش	پولاریزاسیون	تاریخ فراخوانی تصاویر	نشانی تصاویر در سامانه گوگل ارث انجین	داده‌ها
SAR-based anomallied and Z-scores	VV-VH	2018-01-01, 2019-06-01	COPERNICUS/S1_GRD	Sentinel-1
Historical Surface water regims	-	2014-01-01, 2019-01-01	LANDSAT/LC08/C02/T1_RT	Landsat8



شکل ۲: شاخص NDWI میانگین برای منطقه مورد مطالعه

تعیین شده است ($\bar{\sigma}_0$)، کم شده و نتیجه به انحراف معیار بازتاب سطح زمین (std) تقسیم می‌شود. این کار به ما اجازه می‌دهد تا از تغییرات نسبی در بازتاب سطح زمین از یک زمان به زمان دیگر در هر نقطه استفاده کنیم و با تشخیص تغییرات ناگهانی در مقدار Z-score، مناطق سیلابی شناسایی می‌شود. یکی از مزیت‌های این روش در پایش سیلاب، سرعت پردازش تصاویر است. با استفاده از این روش، می‌توان تصاویر سنتینل-۱ را به سرعت پردازش کرده و مناطق غرقابی را به دقت بالا در نقشه‌های سیلاب شناسایی کرد (Devries et al, 2020).

$$\Delta\sigma_0^{p,m,d}(t) = \sigma_0^{p,m,d}(t) - \bar{\sigma}_0^{p,m,d} \quad (1)$$

$$Z^{p,m,d}(t) = \frac{\Delta\sigma_0^{p,m,d}(t)}{std(\sigma_0^{p,m,d})} \quad (2)$$

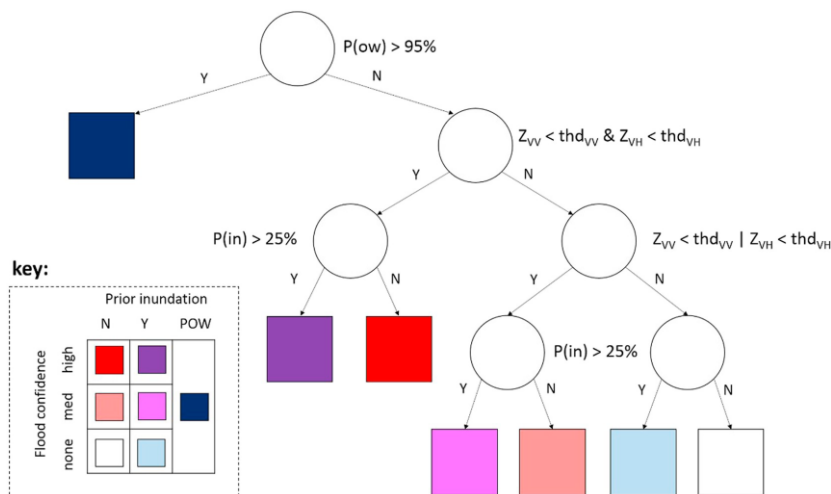
۴-۲- طبقه‌بندی سیل

روش طبقه‌بندی نقشه پایش سیلاب یک روش پردازش تصویر است که برای شناسایی مناطق غرقابی در نقشه پایش سیلاب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، ابتدا یک الگوریتم کلاس‌بندی برای تصاویر طراحی می‌شود (Devries et al, 2020). سپس با استفاده از این

۲-۳. آماره‌های زمانی SAR

Temporal SAR statistics به معنی آماره‌های زمانی SAR است که تغییرات داده‌های راداری سنتینل-۱ یا سایر ماهواره‌های SAR را در طول زمان مشخص کنند. این آماره‌ها شامل میانگین، واریانس و انحراف معیار می‌باشند. با استفاده از این آماره‌ها، می‌توان به شناسایی تغییرات سطح آب، گیاهان، خاک، برف و سایر ویژگی‌های زمینی پرداخت. به عنوان مثال، با مقایسه آماره‌های زمانی SAR در دو زمان مختلف، می‌توان به شناسایی تغییرات در سطح آب در یک منطقه کمک کرد. در این پژوهش به منظور پایش سیل با استفاده از تصاویر سنتینل-۱ از روش (دوریس و همکاران ۲۰۲۰) و معیار Z-score، با استفاده از فرمول‌های ۱ و ۲ استفاده شده است. این روش برای تشخیص تغییرات شدید در تصاویر سنتینل-۱ استفاده می‌شود. در این روش، با استفاده از تصاویر سنتینل-۱، میانگین و انحراف معیار بازتاب سطح زمین در یک منطقه مورد مطالعه محاسبه می‌شود. سپس Z-score برای هر پیکسل در تصویر محاسبه می‌شود. برای هر پیکسل، مقدار بازتاب سطح زمین (σ_0) از میانگین بازتاب سطح زمین محاسبه شده در منطقه مورد نظر که برای آن

الگوریتم، مناطق غرقابی و غیر غرقابی در تصاویر تشخیص داده می‌شود. فلوجارت روش طبقه‌بندی سیلاب مورد استفاده در



شکل ۳: فلوجارت نشان دهنده روش طبقه بندی سیلاب موجود در حوضه مورد مطالعه (Devries et al,2020)

رودخانه کشکان قبل از سیلاب از تصویر Landsat8 و شاخص NDWI استفاده شده‌است. از آنجایی که رودخانه کشکان در مسیر خود دارای پیچ و خم می‌باشد و از لحاظ ژئومورفولوژیکی این پیچ و خم‌ها منجر به پخش سیلاب در بخش‌های ماندری رودخانه می‌شود. اغلب این قسمت‌های رودخانه از لحاظ گسترش سیلاب بیشتر در معرض خطر قرار دارند (نگارش و همکاران، ۱۳۹۰).

طبقه‌بندی نقشه پایش سیلاب برای شناسایی مناطق سیل گرفته با استفاده از الگوریتم مورد استفاده در این پژوهش انجام شده‌است. مناطق غرقابی و غیر غرقابی در تصاویر تشخیص داده شده‌است. در نتیجه این فرایند مناطقی که به زیر سیل رفته‌اند تا حد زیادی مشخص گردیده‌اند. البته ذکر این مسئله در اینجا ضروری است که با این روش، پهنه‌های آبی دیگری نیز استخراج شدند که در اصل جزء مناطق سیل زده نیستند. این مناطق بیشتر پهنه‌های بسیار مرطوبی هستند که به هنگام بارندگی از آب پر شده و در نتیجه در استخراج پهنه‌های آبی خلل وارد می‌کنند. علت این امر را می‌توان در قدرت تفکیک تصاویر دانست. همانطور که در تصاویر مشاهده می‌شود در زمان بعد از وقوع سیلاب، مناطق قرمز رنگ موجود در نقشه نشان دهنده

در این روش ابتدا پیکسل‌هایی با آب آزاد دائمی POW (Open Water Probability) شناسایی شد که به عنوان احتمال آب آزاد بیش از ۹۵ درصد تعریف می‌شود. سپس آستانه‌های Z-score بر روی هر دو تصویر VV و VH اعمال شد. اگر هر دو امتیاز VV و VH، Z برای یک پیکسل معین کمتر از این آستانه باشد، آن پیکسل به احتمال زیاد نشان دهنده سیل می‌باشد. اگر تنها یکی از دو پولاریزاسیون، Z-Score کمتر از آستانه داشته باشد، احتمال سیلابی بودن آن پیکسل متوسط است. در واقع ترکیبی از Z-score برای هر پولاریزاسیون در هر مکان مورد مطالعه آزمایش شد تا اثرات آن‌ها بر دقت طبقه‌بندی ارزیابی شود. در نهایت، همه پیکسل‌هایی که به عنوان POW طبقه‌بندی نشده‌اند، اما با احتمال سیل تاریخی آن بیشتر از ۲۵ درصد باشد. به عنوان مکانی سیلابی به صورت داشتن یک آب آزاد یا آب جزئی تعریف می‌شود.

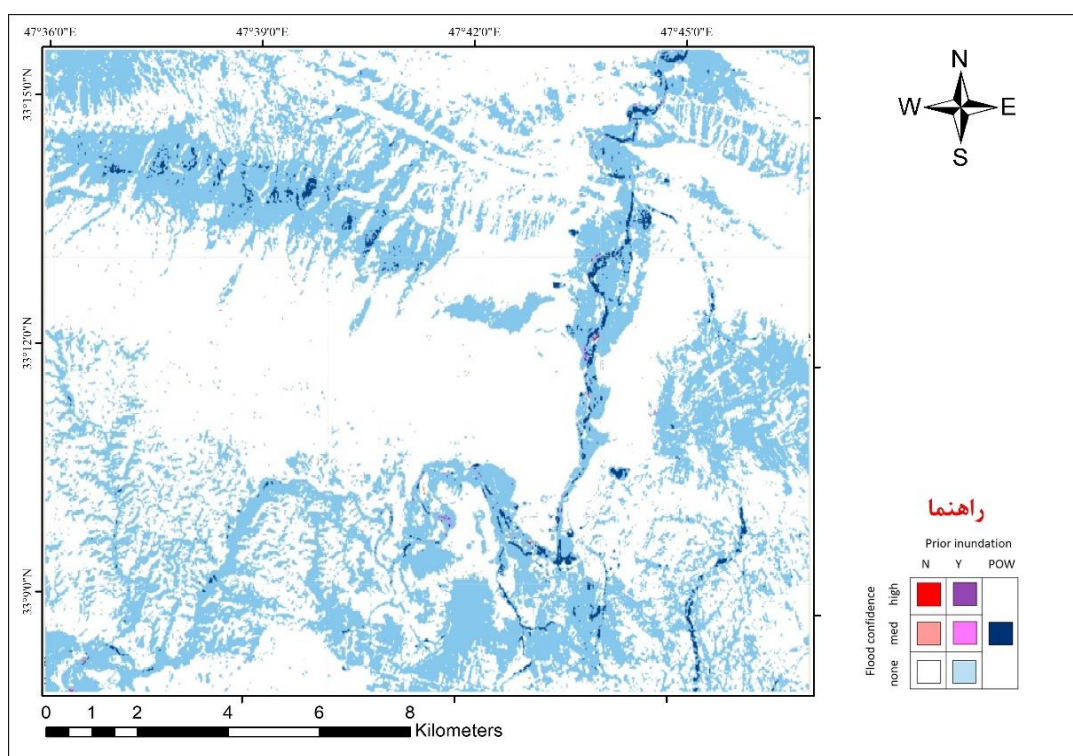
۳. نتایج و بحث

در این پژوهش همانطور که گفته شد به منظور انجام طبقه‌بندی تصاویر از روش آستانه‌گذاری استفاده شده‌است. روش‌های آستانه‌گذاری به دلیل سادگی و انعطاف‌پذیری بالا، معمولاً در طبقه‌بندی نظارت نشده استفاده می‌شوند. به منظور استخراج پهنه

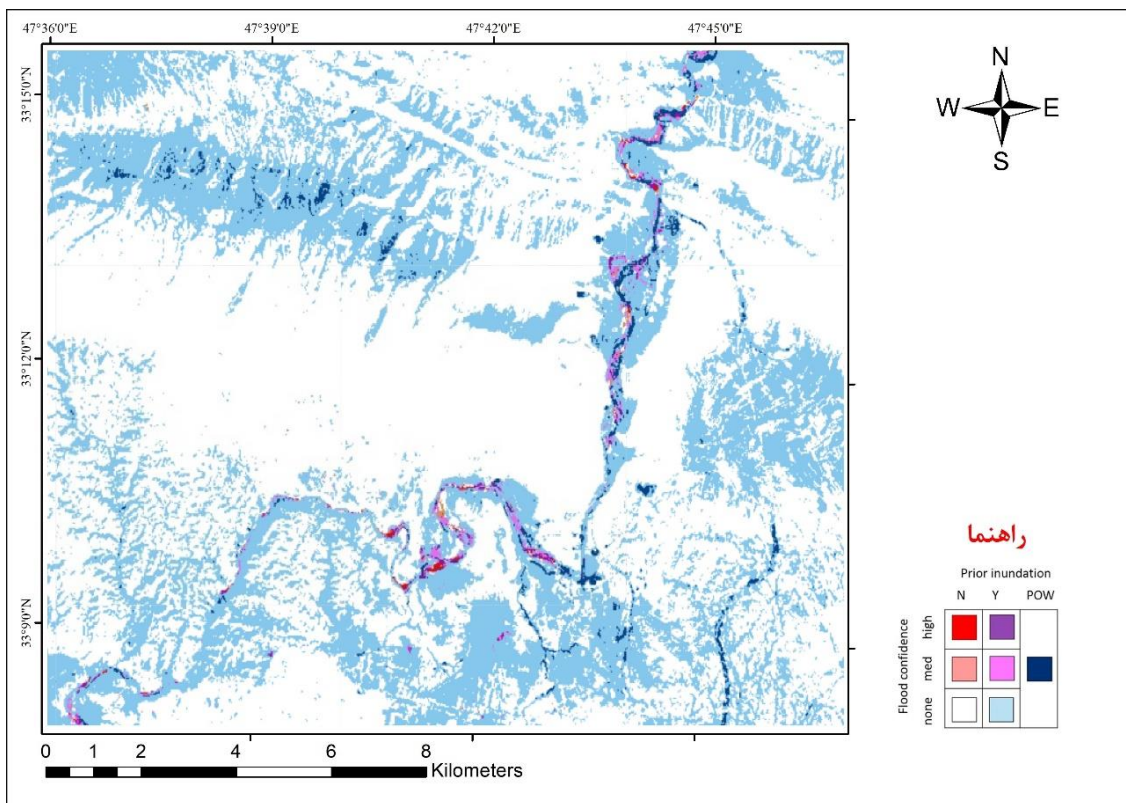
که قبل از وقوع سیل وجود نداشته‌اند و بعد از سیل به دلیل گسترش سیلاب دچار آبگرفتگی شده‌اند. همان طور که از تصاویر مشاهده می‌شود در بخش‌های مختلف رودخانه کشکان میزان گسترش سیلاب به نواحی و حوضچه‌های اطراف متفاوت است. همچنین پس از عبور رودخانه از شهر پلدختر به دلیل این که رودخانه وارد منطقه‌ای با شیب کم می‌شود منجر به پخش سیلاب در دشت می‌شود و آبگرفتگی نواحی اطراف بیشتر می‌شود. همچنین نتایج حاصل از این مطالعه با پژوهش انجام شده توسط دوریس و همکاران (Devries et al, 2020) همسو می‌باشد و نشان دهنده توانایی این الگوریتم در استخراج سریع پهنه‌های سیل در مناطق و حوضه‌های مختلف می‌باشد. مقایسه آمار و اطلاعات گزارش شده سیل سال ۱۳۹۸ با نتایج خروجی حاصل از این مطالعه، نشان دهنده توانایی مناسب این روش در پایش و تعیین گسترش سیلاب و مناطقی که دچار آبگرفتگی شده‌است، می‌باشد.

طغیان رودخانه و میزان پیشرفت جریان سیل می‌باشد. براساس آمار و اطلاعات حاصل از سیلاب سال ۱۳۹۸ شهرستان پلدختر، سامانه بارشی در دو موج در تاریخ‌های ۵ تا ۹ فروردین و نیز موج دوم از ۱۱ تا ۱۳ فروردین موجب ایجاد سیلاب و خسارت‌های زیادی در شهرستان‌های استان لرستان شد که بیشترین میزان بارش در شهر پلدختر به مقدار ۱۰۸ میلی‌متر در تاریخ ۵ فروردین به وقوع پیوسته است. شهر پلدختر در استان لرستان از جمله مناطقی بودند که بر اساس گزارش‌ها در وضعیت بحرانی خطر سیلاب قرار داشت (فراهانی و همکاران ۱۳۹۸).

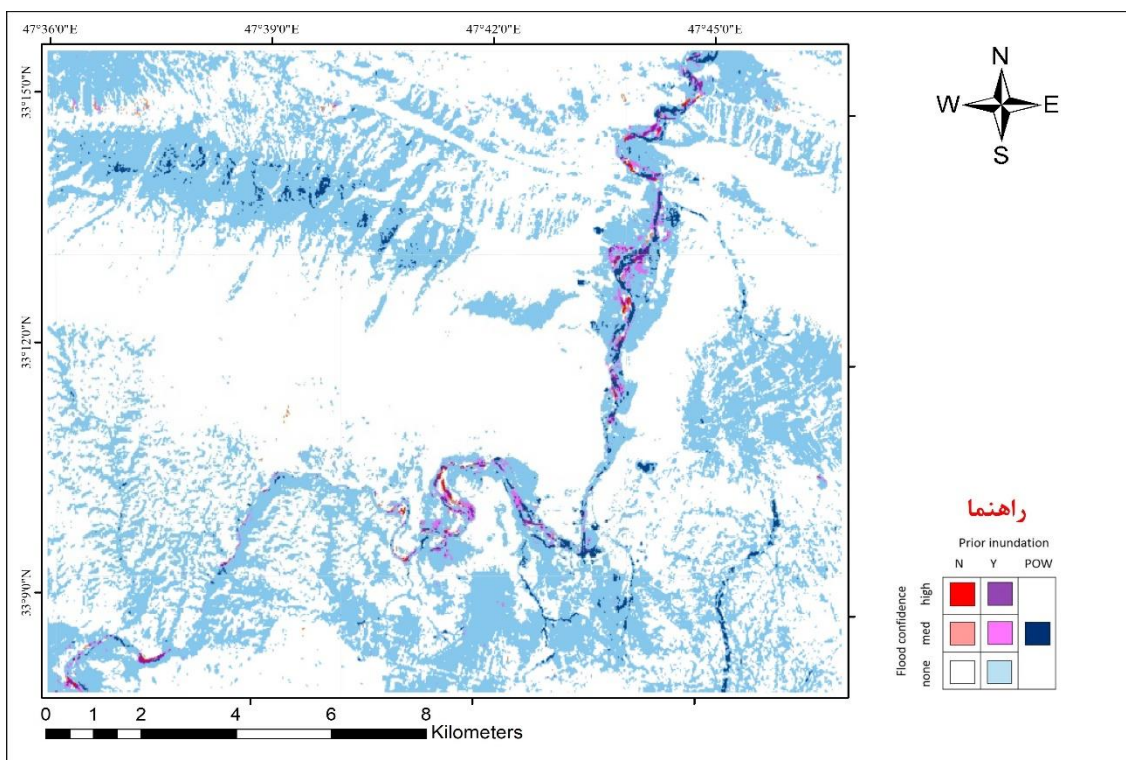
بازه‌های زمانی مورد استفاده در این پژوهش با توجه به زمان وقوع سیلاب سال ۱۳۹۸ شهرستان پلدختر انتخاب شده‌است و نتایج حاصل در شکل‌های ۴ تا ۶ نشان داده شده‌است. در منطقه مورد مطالعه و مسیر رودخانه کشکان نقشه‌های خروجی تفاوت‌های اساسی در زمان قبل و بعد از سیلاب را نشان می‌دهند. این تفاوت‌ها را می‌توان در مناطق آبی اطراف رودخانه مشاهده کرد



شکل ۴: نقشه تفکیک مناطق آبی و غیر آبی در محدوده مورد مطالعه در زمان قبل از سیلاب (اسفندماه ۱۳۹۷)



شکل ۵: نقشه پهنه‌بندی گسترش سیلاب (بازه زمانی ۱۵ الی ۱۴ فروردین ۱۳۹۸)

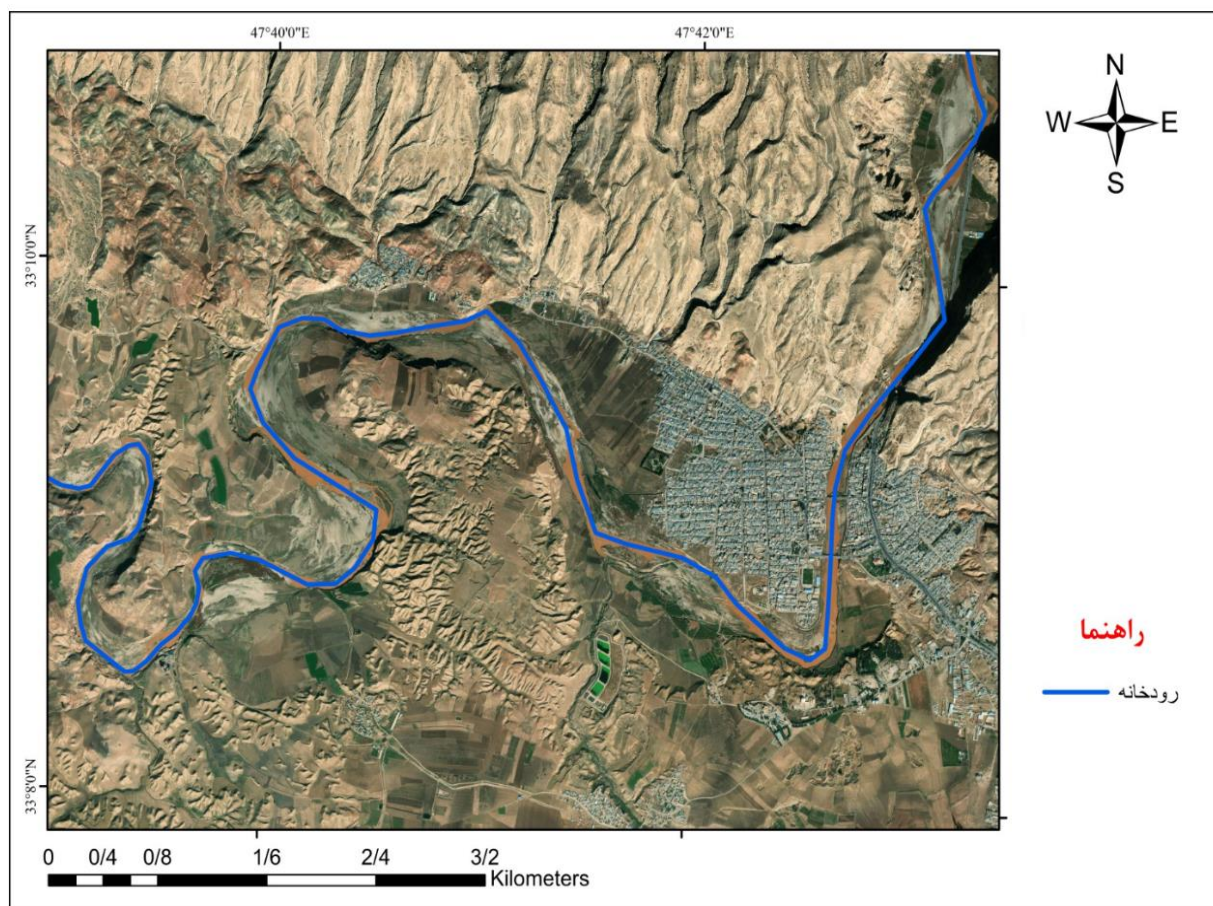


شکل ۶: نقشه پهنه‌بندی گسترش سیلاب (بازه زمانی ۱۷ فروردین الی ۷ اردیبهشت ۱۳۹۸)

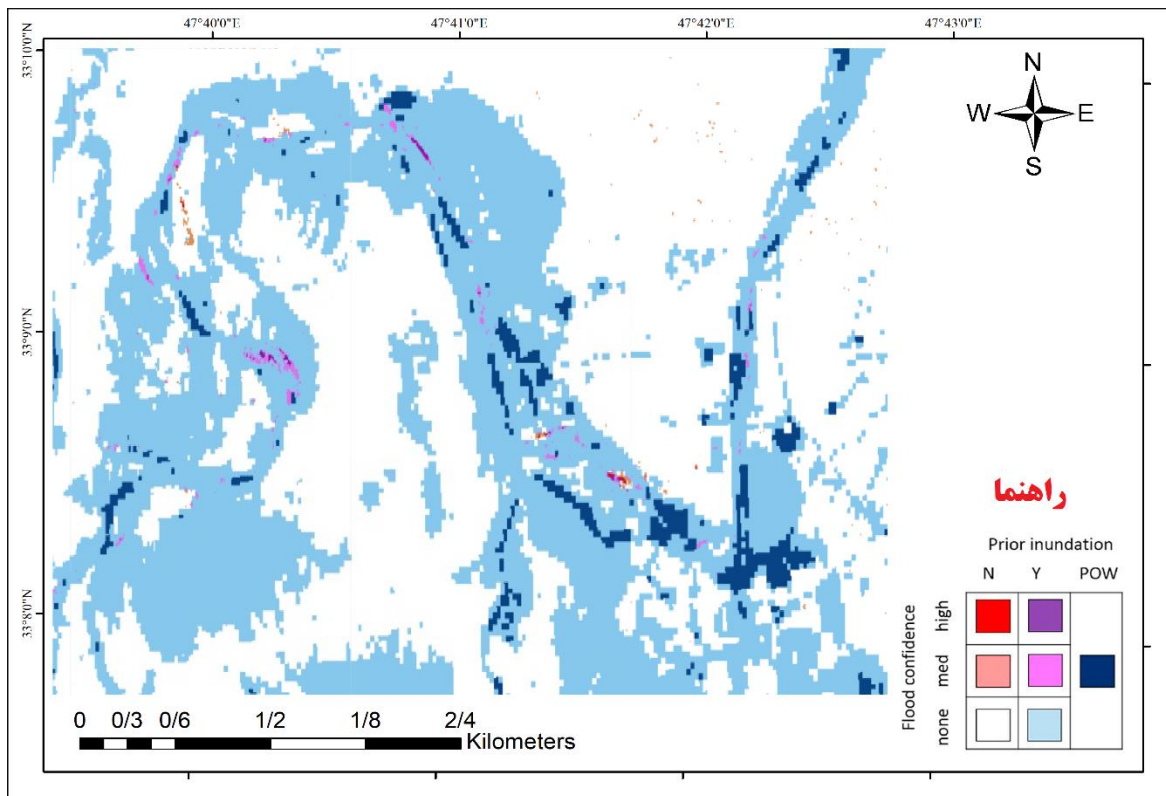
می‌توان با استناد به بقایای مسیر گذشته و تغییرات بعدی، در مورد خطر وقوع سیلاب‌ها در مسیر رودخانه‌های مئاندری تخمین‌هایی انجام داد (نگارش و همکاران، ۱۳۹۰).

در شکل ۷ بازه‌ای از رودخانه که از شهر پلدختر عبور می‌کند، نشان داده شده‌است. همانطور که مشاهده می‌شود بعد از وقوع سیل (شکل ۸ و ۹)، در قسمت‌های قرمز رنگ تصویر آبگرفتگی حاصل از سیلاب مشاهده می‌شود که چون این بازه در مراکز جمعیتی و شهری واقع شده‌است، وقوع سیل منجر به خسارت‌های بیشتری می‌شود. همان‌طور که بیان شد از لحاظ ژئومورفولوژیکی سیلاب در دشت‌های با شیب کم امکان گسترش بیشتری دارد. با توجه به شکل مشخص است که این فرایند در منطقه مورد مطالعه نیز به خوبی قابل درک است.

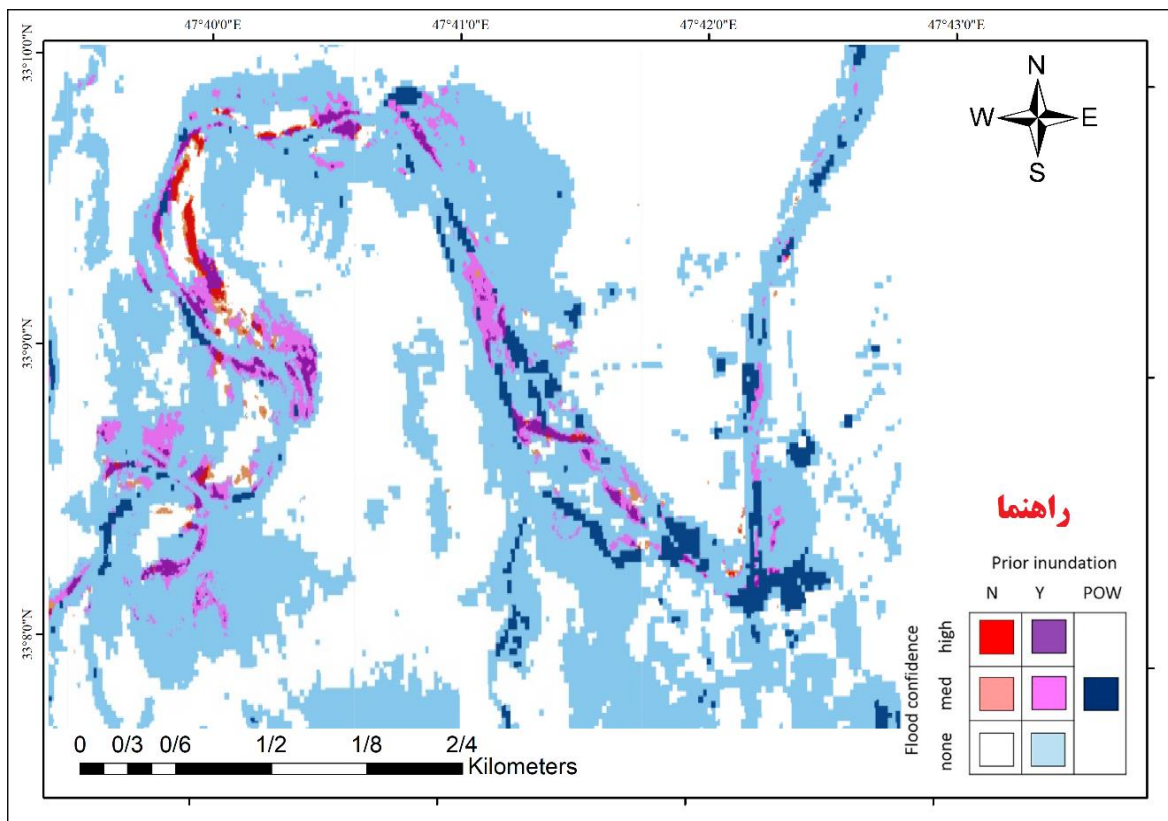
مئاندرها از اشکال ژئومورفولوژیکی هستند و به دلیل جابه‌جایی مکانی که در محدوده دشت‌های سیلابی ایجاد می‌کنند، موجب تغییر ابعاد مورفولوژیکی بستر رودخانه‌ها و دشت‌های سیلابی می‌گردند. این پدیده به دلیل پویایی و تغییرات زیادی که دارد، مسائل و مشکلات زیادی را در این محدوده‌ها ایجاد می‌کند. در امتداد رودخانه کشکان نیز، در بخش‌های مئاندری گسترش سیلاب و جابه‌جایی بستر رودخانه بیشتر می‌باشد. با توجه به وقوع سیلاب‌های مکرر در طول رودخانه‌های مئاندری، ارزیابی سیلاب‌های گذشته و امکان وقوع سیلاب‌ها با توجه به ویژگی‌های مسیر جریان امری منطقی و ضروری است. با در نظر گرفتن این نکته که هر بار که سیلاب رخ می‌دهد، تغییرات مهمی در دشت‌های سیلابی و مسیر کانال فعال اتفاق می‌افتد،



شکل ۷: بازه‌ای از رودخانه کشکان که از شهر پلدختر عبور می‌کند (تصویر سامانه گوگل ارث تاریخ ۲۰۲۲/۰۹/۱۱)



شکل ۸: تصویر زمان قبل از سیلاب در بازه‌ای از رودخانه کشکان که از شهر پلدختر عبور می‌کند



شکل ۹: پهنه گسترش سیلاب در بازه‌ای از رودخانه کشکان که از شهر پلدختر عبور می‌کند.

۴. نتیجه گیری

امروزه با توسعه علوم سنجش از دور امر پایش و بررسی مخاطرات طبیعی از جمله سیلاب به طور دقیق میسر شده است. تصاویر ماهواره ای امکان پایش مناطق سیلابی و روند پیشروی سیلاب را فراهم می کنند. هدف از این مطالعه پایش سریع سیلاب و تهیه نقشه سیلاب در امتداد رودخانه کشکان شهر پلدختر با استفاده از داده های ماهواره های سنتینل-۱ و لندست-۸ در سامانه گوگل ارث انجام می باشد. با استفاده از تصاویر راداری و پردازش های صورت گرفته و تحلیل اطلاعات، نقشه گسترش سیلاب ناشی از سیل فروردین ۹۸ پلدختر استخراج شد. براساس نتایج حاصل مشاهده می شود که استفاده از داده های راداری، محدودیت های زمانی و مکانی در برآورد سیل را از بین می برد و در هر شرایط آب و هوایی قابل استفاده هستند. همچنین نتایج نشان می دهد که با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل-۱ با قدرت تفکیک ده متری می توان جزئیات دقیق سیلاب ها را بررسی و میزان گسترش آن را مشخص کرد تا در مدیریت و برنامه ریزی های آینده در زمینه کنترل سیلاب بتوان از آن استفاده کرد. از روش ارائه شده در این پژوهش می توان برای پایش سریع و نشان دادن پهنه های سیلابی در کوتاه ترین زمان و بدون هزینه استفاده کرد. نتایج حاصل گویای لزوم برنامه ریزی دقیق و مناسب در زمینه مدیریت سیلاب در شهرستان پلدختر به خصوص در مناطق نزدیک به مراکز جمعیتی می باشد تا منجر به کاهش خسارات جانی و مالی سیلاب شوند.

۵. مراجع

۱. حمیدی فراهانی، ر.، نیکنام سرابی، ح. و فارسی، ز. (۱۳۹۸). درس آموخته های بحران سیل لرستان: تجربه امداد رسانی در سیل پلدختر. علوم مراقبتی نظامی، ۶(۳) (مسلسل ۲۱)، ۱۷۱-۱۷۳.
۲. دودانگه، پ.، عبادی، ح. و کیانی، ع. (۱۴۰۰). شناسایی مناطق سیل زده با محاسبات آماری سری زمانی بر پایه تلفیق داده های راداری و اپتیکی. اکوهیدرولوژی، ۸(۳)، ۶۲۳-۶۳۹.
۳. رجبی زاده، ی.، ایوب زاده، س.ع.، و ظهیری، ع. (۱۳۹۸). بررسی سیل استان گلستان در سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ و ارائه ی راه کارهای کنترل و مدیریت آن در آینده. اکوهیدرولوژی، ۶(۴)، ۹۴۲-۹۲۱.
۴. سلیمانی، ک.ک.، درویشی، ش. (۱۳۹۹). پهنه بندی و پایش خطر سیل بهار ۱۳۹۸ خوزستان با استفاده از داده های لندست-۸ اکوهیدرولوژی، ۷(۳)، ۶۴۷-۶۶۲.
۵. سلیمانی ساردو، ف.، رفیعی ساردویی، ا.، مصباح زاده، ط. و آذره، ع. (۱۴۰۰). استفاده از تصاویر سنتینل-۱ جهت پایش خسارت سیلاب فروردین، جنوب استان کرمان براساس الگوریتم جنگل تصادفی. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۱۵(۵۳)، ۲۳-۳۲.
۶. گنجی، ک.، قره چلو، س. و احمدی، ا. (۱۳۹۹). استخراج پهنه های سیلابی با استفاده از نسبت گیری طیفی داده های ماهواره ای Landsat-8 و Sentinel-2 (مطالعه موردی: سیل آق قلا). ترویج و توسعه آبخیزداری، ۸(۳۱)، ۴۲-۵۳.
۷. نگارش، ح.، طاووسی، ت. و مهدی نسب، م. (۱۳۹۰). بررسی شدت سیل خیزی حوضه آبریز رودخانه کشکان. جغرافیای طبیعی، ۴(۱۳)، ۴۹-۵۸.
8. Amani, M. et al, 2020. Google earth engine cloud computing platform for remote sensing big data applications: A comprehensive review. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing.
9. Ban, Y., Jacob, A. and Gamba, P. 2015. Spaceborne SAR data for global urban mapping at 30 m resolution using a robust urban extractor. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 103, pp.28-37.
10. 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.
11. DeVries, B., Huang, C., Armston, J., Huang, W., Jones, J. W., & Lang, M. W. 2020. Rapid and robust monitoring of flood events using Sentinel-1 and Landsat data on the Google

2017. Rapid Extraction of Flooded Area Using SAR Images. 24th National Geomatics Conference. pp.1-6.
15. Shen, X., Wang, D., Mao, K., Anagnostou, E. and Hong, Y. 2019. Inundation extent mapping by synthetic aperture radar: a review. *Remote Sensing*, 11(7): pp.1-17
16. Wang, Y., Colby, J.D. and Mulcahy, K.A. 2002. An efficient method for mapping flood extent in a coastal floodplain using Landsat TM and DEM data. *International Journal of Remote Sensing* 23(18), pp.3681– 3696.
- Earth Engine. Remote Sensing of Environment, 240, 111664.
12. Inman, V.L. and Lyons, M.B. 2020. Automated inundation mapping over large areas using Landsat data and Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 12(8): pp.1348.
13. Moharrami, M., Javanbakht, M., & Attarchi, S. 2021. Automatic flood detection using sentinel-1 images on the google earth engine. *Environmental monitoring and assessment*, 193, pp.1-17.
14. Pour Akrami, S., Tavakoli Saboor, S.M., Mohammadi Islam Javi, Z., Ghasemzadeh, A.