



University of Tehran Press

Environmental

*Hazards*

Management



Iranian Hazardology Association  
Online ISSN: 2383-0530

Home Page: <https://jhsci.ut.ac.ir>

## Automatic and Fast Flood Monitoring Using Remote Sensing Data and the GEE System (Study Area: Abdollah Abad Watershed, Semnan Province)

Peyman Peymankhah<sup>1</sup> | Meysam Argany<sup>2\*</sup> | Saeid Hamzeh<sup>3</sup>

1. PhD Student of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography, University of Tehran, Iran. E-mail: [P.Peymankhah@ut.ac.ir](mailto:P.Peymankhah@ut.ac.ir)

2. Corresponding Author, Associate Professor, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography, University of Tehran, Iran. E-mail: [Argany@ut.ac.ir](mailto:Argany@ut.ac.ir)

3. Associate Professor, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography, University of Tehran, Iran. E-mail: [Saeid.hamzeh@ut.ac.ir](mailto:Saeid.hamzeh@ut.ac.ir)

### ARTICLE INFO

**Article type:**  
Research Article

**Article History:**  
**Received:** 18 April 2026  
**Revised:** 23 May 2026  
**Accepted:** 25 May 2026  
**Published:** 20 June 2026

**Keywords:**  
Flood monitoring,  
Remote Sensing,  
Sentinel-1,  
GEE,  
Landsat-8.

### ABSTRACT

**Objective:** This study investigates the automated and rapid monitoring of floods using remote sensing data and the Google Earth Engine (GEE) system in the Abdollah Abad watershed, Semnan Province. The aim of this study is to develop an efficient and automated method for identifying and monitoring floods in the shortest possible time using satellite data and rapid processing within the GEE platform.

**Methodology:** This research was conducted using time-series data from Sentinel-1 and Landsat-8 satellites, along with other auxiliary datasets, within the GEE system. To monitor floods, the physiographic characteristics of the watershed were first examined, and the hydrological soil groups of the region were extracted to analyze the relationship between geological features and flood occurrence. Subsequently, an interactive web-based user interface was developed within the Earth Engine Apps platform, which automatically identifies and displays flood-affected areas. This interface, by integrating radar and optical data, detects water surface changes and classifies flood probability into three levels: low, medium, and high.

**Findings:** The results demonstrated that the developed method can accurately identify flood-affected areas. Comparing flood monitoring maps with hydrological soil group maps confirmed a direct correlation between soil permeability and flood intensity. Areas with low permeability exhibited the highest likelihood of flooding, with flood-affected regions mainly located upstream of Abdollahabad village. Additionally, the low-slope plains in the region provided favorable conditions for flood expansion.

**Conclusion:** This study revealed that the use of satellite imagery and automated processing in online systems can serve as an efficient tool for rapid flood monitoring and crisis management. The proposed method enables timely access to critical information for planning preventive measures and emergency response actions.

**Cite this article:** Peymankhah, P.; Argany, M. & Hamzeh, S. (2026). Automatic and Fast Flood Monitoring Using Remote Sensing Data and the GEE System (Study Area: Abdollah Abad Watershed, Semnan Province). *Environmental Hazards Management*, 13 (1), 21-36. DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2026.412893.932>



© The Author(s).

**Publisher:** University of Tehran Press.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2026.412893.932>

### Introduction

Flooding is one of the natural hazards that causes irreparable damage to infrastructure, natural resources, and human lives. Given climate change and the increasing intensity and frequency of floods, the need for advanced technologies for flood monitoring, prediction, and management has become more critical than ever. Today, remote sensing data, particularly satellite imagery, is regarded as a vital tool for identifying flood-affected areas. Among such data sources, Sentinel-1 imagery holds a significant position in flood studies due to its capability to capture images in all weather and temporal conditions, especially during crises. In this research, using satellite data and the Google Earth

Engine (GEE) cloud-based processing platform, an automated and rapid flood monitoring system has been implemented for the study area.

### **Method**

This study was conducted in the Abdullah Abad watershed in Semnan Province. The datasets used include Sentinel-1 radar imagery and Landsat-8 optical images, which were processed within the GEE system. The research methodology consists of the following steps:

- Physiographic analysis of the watershed: Extracting geological features and hydrological soil groups to examine the relationship between soil permeability and flood occurrence.
- Development of a web-based user interface in GEE: Enabling automated processing of remote sensing data.
- Application of the Z-score thresholding method: Identifying changes in water surface levels before and after the flood event and classifying flood occurrence probability into three levels: low, medium, and high.

### **Results**

The results demonstrated that the developed method can accurately identify flood-affected areas. Comparing flood monitoring maps with hydrological soil group maps confirmed a direct correlation between soil permeability and flood intensity. Areas with low permeability exhibited the highest likelihood of flooding, with flood-affected regions mainly located upstream of Abdullahabad village. Additionally, the low-slope plains in the region provided favorable conditions for flood expansion.

The findings of this study highlight that combining radar and optical data within the GEE system can significantly enhance flood-prone area detection accuracy. Furthermore, comparing soil characteristics with flood monitoring maps revealed that areas with lower permeability have the highest flood potential. These insights can aid water resource managers in developing appropriate strategies to mitigate flood damages. Moreover, the development of this web-based interface for rapid flood monitoring can play a crucial role in reducing response time during crises and improving hazard management in the study area.

### **Conclusion and Recommendations**

This study utilized remote sensing data and GEE system to analyze and rapidly monitor floods in the Abdullah Abad watershed. The results indicate that this method is effective in accurately identifying flood-prone areas. The developed user interface quickly and precisely generates flood maps, aiding relief efforts and damage reduction. Additionally, physical soil properties and hydrological groups significantly influence flood occurrence. Areas with low-permeability soils were identified as high-risk flood zones. It is recommended that these findings be incorporated into water resource management planning, the development of flood-resistant infrastructure, and prioritization of river engineering projects.

### **Authors Contributions**

The authors' contributions to the present study are as follows:

- First author: Data collection and analysis, conducting the research, and drafting the initial manuscript.
- Second and third authors: Supervision, editing, revision, and validation of the results.

### **Data Availability Statement**

Data available on request from the authors.

### **Acknowledgments**

The authors would like to thank all participants of the present study.

### **Ethical considerations**

The authors avoided from data fabrication and falsification.

**Funding**

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

**Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.



## پایش خودکار و سریع سیلاب با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سامانه GEE (منطقه پژوهش: حوضه عبدالله‌آباد استان سمنان)

پیمان پیمان‌خواه<sup>۱</sup> | میثم ارگانی<sup>۲\*</sup> | سعید حمزه<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران. رایانامه: [P.Peymankhah@ut.ac.ir](mailto:P.Peymankhah@ut.ac.ir)
۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران. رایانامه: [Argany@ut.ac.ir](mailto:Argany@ut.ac.ir)
۳. دانشیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران. رایانامه: [Saeid.hamzeh@ut.ac.ir](mailto:Saeid.hamzeh@ut.ac.ir)

### اطلاعات مقاله

### چکیده

#### نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

#### تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۱/۲۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۳/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۰۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۳/۳۰

#### کلیدواژه:

پایش سیل، سنجش از دور، سنتینل-۱، گوگل ارث انجین، لندست ۸

**هدف:** این پژوهش به بررسی پایش خودکار و سریع سیلاب با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سامانه Google Earth Engine (GEE) در حوضه عبدالله‌آباد استان سمنان پرداخته است. هدف این پژوهش، توسعه یک روش کارآمد و خودکار جهت شناسایی و پایش سیلاب‌های رخ داده در کمترین زمان ممکن، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و پردازش سریع در بستر GEE است.

**روش پژوهش:** این پژوهش با استفاده از داده‌های سری زمانی ماهواره‌های سنتینل-۱ و لندست-۸ و بقیه داده‌های کمکی، در بستر سامانه GEE انجام گرفت. برای پایش سیلاب، ابتدا ویژگی‌های فیژیوگرافی حوضه بررسی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک منطقه استخراج شد تا ارتباط میان ویژگی‌های زمین‌شناسی و وقوع سیلاب تحلیل شود. سپس یک رابط کاربری تعاملی تحت وب در بستر Earth Engine Apps طراحی شد که به صورت خودکار مناطق سیل‌زده را شناسایی می‌کند و نمایش می‌دهد. این رابط کاربری با ترکیب داده‌های راداری و اپتیک، تغییرات سطح آب را تشخیص می‌دهد و میزان احتمال وقوع سیلاب را در سه سطح کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی می‌کند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که روش توسعه‌یافته می‌تواند با دقتی مناسب و پذیرفتنی مناطق تحت تأثیر سیل را شناسایی کند. مقایسه نقشه‌های پایش سیلاب با نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، ارتباط مستقیم میان نفوذپذیری خاک و شدت وقوع سیلاب را تأیید می‌کند. مناطقی با نفوذپذیری کم بیشترین احتمال وقوع سیلاب را دارند و مناطق سیل‌زده بیشتر در بالادست روستای عبدالله‌آباد قرار گرفته‌اند. همچنین، دشت‌های کم‌شیب منطقه شرایط مناسبی برای گسترش سیلاب فراهم کرده‌اند.

**نتیجه‌گیری:** این پژوهش نشان داد که استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و پردازش خودکار آنها در سامانه‌های آنلاین می‌تواند ابزاری کارآمد برای پایش سریع سیلاب و مدیریت بحران باشد. روش ارائه‌شده امکان دسترسی به اطلاعات به‌موقع را برای برنامه‌ریزی اقدامات پیشگیرانه و واکنش اضطراری فراهم می‌آورد.

**استناد:** پیمان‌خواه، پیمان؛ ارگانی، میثم و حمزه، سعید (۱۴۰۴). پایش خودکار و سریع سیلاب با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سامانه GEE (منطقه پژوهش: حوضه عبدالله‌آباد استان سمنان). *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۱۳ (۱)، ۲۱-۳۶.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2026.412893.932>



## مقدمه

سیل پدیده طبیعی خطرناکی است که به زیرساخت‌ها، منابع طبیعی و جان انسان‌ها آسیب می‌رساند. با تغییرات اقلیمی و افزایش شدت سیلاب‌ها، ضرورت بهبود روش‌ها و فناوری‌های پایش، پیش‌بینی و مدیریت سیل بیشتر شده است. امروزه، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای پایش سریع سیل به ابزاری حیاتی در شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر سیلاب تبدیل شده است. این تصاویر، با وضوح و دقت زیاد، امکان بررسی و تحلیل شرایط زمین و منابع آبی را فراهم می‌آورند (مقیمی و همکاران، ۱۳۹۹). با تحلیل تغییرات رنگ و ساختار سطح زمین در این تصاویر، می‌توان مناطق تحت تأثیر سیل را شناسایی کرد. این رویکرد، به‌عنوان راهکاری کارآمد در مدیریت و کاهش خطرهای ناشی از سیل، بسیار ارزشمند است. تصاویر لندست، با وجود دقت بصری زیاد و قابلیت تصویربرداری در فواصل نزدیک، در پایش سیل با محدودیت‌هایی نظیر پوشش ابر، ممکن نبودن تصویربرداری در شب و نیاز به شرایط نوری و جوی مناسب مواجه‌اند. این محدودیت‌ها، به‌ویژه در شرایط بحرانی که به اطلاعات فوری نیاز است، چالش‌هایی را ایجاد می‌کنند و کارایی این تصاویر را کاهش می‌دهند (سلیمانی و درویشی، ۱۳۹۹). در مقابل، داده‌های راداری سنتینل-۱ با قابلیت تصویربرداری در هر زمان و وضعیت آب‌وهوایی، پوشش جغرافیایی گسترده، تکرارپذیری، تشخیص دقیق سطح آب و امکان پیش‌بینی و هشداردهی، منبعی ارزشمند در برنامه‌ریزی و پاسخ به بحران سیلاب محسوب می‌شوند. استفاده ترکیبی از تصاویر لندست و راداری می‌تواند اطلاعات جامع‌تری را در اختیار مسئولان قرار دهد و به آنها در اجرای برنامه‌های مؤثرتر برای کنترل و مدیریت بحران‌های سیل کمک کند (محرمی، جوانبخت و عطارچی، ۲۰۲۱).

با توجه به نیاز به پایش سریع و دقیق سیلاب، اتوماسیون فرایند پردازش داده‌ها در سامانه گوگل ارث انجین (GEE) کارکرد مهمی در بهبود سرعت و دقت تحلیل‌های هیدرولوژیکی دارد. این سامانه با قابلیت پردازش ابری و دسترسی به حجم زیادی از داده‌های سنجنش از دور، امکان استخراج و تحلیل خودکار تصاویر ماهواره‌ای را در کمترین زمان فراهم می‌آورد. با استفاده از الگوریتم‌ها و پردازش موازی داده‌ها، می‌توان تغییرات سطح آب را به‌صورت آنی شناسایی و مناطق در معرض خطر را مشخص کرد. این روش هم زمان لازم برای پایش سیلاب را کاهش می‌دهد و هم امکان ارائه هشدارهای سریع و تصمیم‌گیری‌های به‌موقع را برای مدیریت بحران فراهم می‌کند (محرمی، جوانبخت و عطارچی، ۲۰۲۱).

## پیشینه پژوهش

با توجه به افزایش فراوانی رخداد‌های سیلابی و خسارات گسترده ناشی از آن، پژوهش‌های متعددی در ایران و جهان با هدف پایش، شناسایی و پهنه‌بندی مناطق سیل‌زده انجام گرفته است. بیشتر این پژوهش‌ها بر استفاده از داده‌های سنجنش از دور، به‌ویژه تصاویر ماهواره‌ای اپتیکی و راداری و همچنین قابلیت‌های سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و پردازش ابری مانند گوگل ارث انجین (GEE) متمرکز بوده‌اند (سلیمانی و درویشی، ۱۳۹۹). بخش بزرگی از پژوهش‌ها بر کاربرد داده‌های راداری سنتینل-۱ در پایش سیلاب تمرکز داشته‌اند، زیرا این داده‌ها به‌دلیل توانایی تصویربرداری در شرایط ابری و حساسیت زیاد به رطوبت سطح زمین، قابلیت مناسبی در شناسایی سریع مناطق آب‌گرفته دارند. پوراگرمی و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از تصاویر سنتینل-۱ و روش آستانه‌گذاری، مناطق سیل‌زده را استخراج کردند و نشان دادند که داده‌های SAR توانایی زیادی در تفکیک پهنه‌های آب‌گرفته از کاربری‌های دیگر دارند. بورا و همکاران (۲۰۱۸) نیز با بررسی قابلیت تصاویر سنتینل-۱ در مدیریت بحران سیلاب، بیان کردند که حساسیت این داده‌ها به رطوبت سطحی و تأثیرناپذیری از شرایط جوی، موجب بهبود شناسایی مناطق سیلابی و افزایش کارایی عملیات امدادسانی می‌شود. محرمی و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از الگوریتم آستانه‌گذاری اتسو در محیط GEE، فرایند شناسایی خودکار سیلاب را اجرا کردند و نتیجه گرفتند که این روش دقت مناسبی در تفکیک مناطق سیل‌زده از بقیه عوارض سطح زمین دارد. همچنین وردیانسا و همکاران (۲۰۲۵) با به‌کارگیری الگوریتم اتسو روی تصاویر سنتینل-۱ در نرم‌افزارهای SNAP و ENVI، عملکرد مطلوب این روش را در تفکیک پیکسل‌های آب و غیرآب تأیید کردند. برخی مطالعات نیز بر تلفیق داده‌های راداری و اپتیکی به‌منظور افزایش دقت پایش سیلاب تمرکز داشته‌اند. دوریس و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از تصاویر سنتینل-۱، سری زمانی SAR و داده‌های تاریخی لندست-۸ در محیط گوگل ارث انجین، روشی

برای پایش سریع سیلاب ارائه کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که ترکیب داده‌های راداری و اپتیکی، ضمن کاهش زمان پردازش، امکان تولید سریع نقشه‌های دقیق سیلاب را فراهم می‌کند. حمیدی و همکاران (۲۰۲۳) نیز با ترکیب داده‌های SAR و اپتیکی در محیط GEE، دقتی بین ۷۷ تا ۸۰ درصد را برای شناسایی مناطق سیلابی در شرایط ابری گزارش کردند و بیان داشتند که داده‌های راداری در رخدادهای ناگهانی عملکرد مناسب‌تری از تصاویر اپتیکی دارند. دودانگه و همکاران (۱۴۰۰) نیز با تلفیق داده‌های اپتیکی و راداری در استان‌های گلستان و خوزستان، افزایش دقت شناسایی مناطق سیلابی را نسبت به استفاده از یک منبع داده منفرد تأیید کردند.

در برخی پژوهش‌ها، به ارزیابی کمی خسارات و ابعاد مکانی سیلاب توجه شده است. راث و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از داده‌های سنتینل-۱، سیلاب جنوب پاکستان را در دامنه زمانی ۱۰ اوت تا ۲۳ سپتامبر بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که حدود ۳۰۴۹۲ کیلومتر مربع از منطقه پژوهش، تحت تأثیر سیلاب قرار گرفته و روش استفاده‌شده توانسته است مناطق سیلابی را با دقتی در حدود ۸۰ درصد شناسایی کند. غوری و همکاران (۲۰۲۳) با تلفیق داده‌های سنتینل-۱ و روش CDAT در محیط GEE، وسعت سیلاب استان سند پاکستان را حدود ۷۵۹۶۴۲ هکتار برآورد کردند که بخش بزرگی از آن مربوط به اراضی کشاورزی آسیب‌دیده بوده و جمعیت زیادی را در معرض خطر قرار داده است. آژند و همکاران (۲۰۲۴) نیز با استفاده از تصاویر سنتینل-۱ و سنتینل-۲ و روش تحلیل شیء‌گرا (OBIA)، وسعت مناطق سیلابی را حدود ۲۰۹۹/۴ کیلومتر مربع برآورد کردند و نشان دادند که بیشترین خسارت مربوط به اراضی کشاورزی و باغی بوده است. در ایران نیز پژوهش‌های متعددی درباره پایش سیلاب با استفاده از داده‌های سنجنده از دور انجام گرفته است. سلیمانی و درویشی (۱۳۹۹) با استفاده از تصاویر لندست-۸، خطر سیلاب بهار ۱۳۹۸ در استان خوزستان را بررسی کردند که نتایج آنها بیانگر انطباق زیاد نقشه‌های استخراج‌شده بر مناطق واقعی سیلابی بود. گنجی و همکاران (۱۳۹۹) با استفاده از تصاویر لندست-۸ و سنتینل-۲، تغییرات زمانی پهنه‌های سیلابی شهر آق‌قلا را تحلیل کردند و نشان دادند که بارش‌های با دوره بازگشت ۵۰ ساله، موجب گسترش آب‌گرفتگی در بخش‌های شمالی و شرقی شهر شده است. سلیمانی ساردو و همکاران (۱۴۰۰) نیز با استفاده از تصاویر سنتینل-۱ و الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده، مناطق سیلابی جنوب کرمان را با دقت مناسبی از سایر کاربری‌های اراضی تفکیک کردند. پیمان‌خواه و همکاران (۱۴۰۲) با استفاده از تصاویر سری زمانی سنتینل-۱ و لندست-۸ در محیط GEE، سیلاب رودخانه کشکان در پلدختر را پایش کرده و کارایی زیاد تصاویر سنتینل-۱ در شناسایی سریع تغییرات ناشی از سیلاب را تأیید کردند. همچنین فرجی و رحیمی (۱۴۰۴) با استفاده از تصاویر سنتینل-۱، وسعت سیلاب خردادماه استان زنجان را استخراج کردند و نشان دادند که مناطق با ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر، بیشترین استعداد تجمع و ماندگاری آب را دارند.

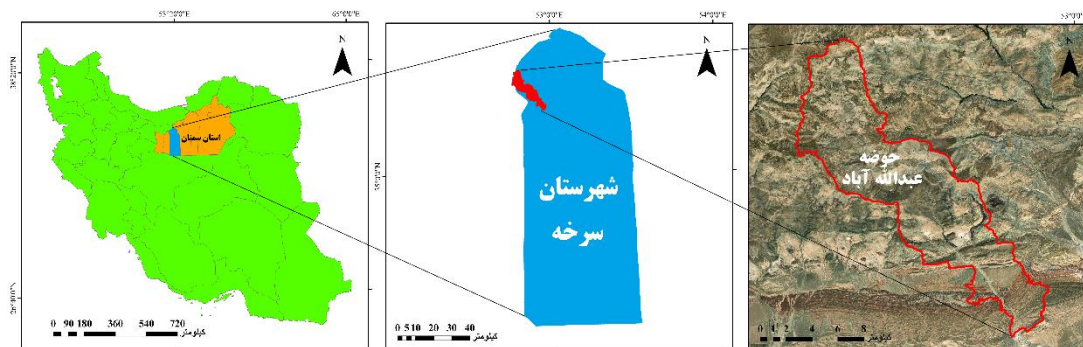
با وجود پیشرفت چشمگیر پژوهش‌های پیشین در استفاده از تصاویر سنتینل-۱ و لندست-۸ و بستر گوگل‌ارث انجین برای پایش سیلاب، بیشتر پژوهش‌های انجام‌گرفته همچنان نیازمند انتخاب دستی دامنه‌های زمانی، اجرای مرحله‌ای پردازش‌ها و مداخله مستقیم کاربر در فرایند تحلیل هستند. همچنین در بسیاری از این پژوهش‌ها، به ابزارهای کاربردی و رابط‌های کاربرپسند برای استفاده سریع مدیران بحران و کاربران غیرمتخصص کمتر توجه شده است. از این‌رو، پژوهش حاضر با بهره‌گیری از تصاویر سنتینل-۱ و لندست-۸ در محیط گوگل‌ارث انجین و طراحی یک رابط کاربری تعاملی، فرایند انتخاب داده‌ها، پردازش تصاویر و استخراج مناطق سیلابی را به‌صورت خودکار انجام می‌دهد. این رویکرد می‌تواند ضمن کاهش زمان پردازش، سرعت، سهولت استفاده و کارایی پایش سریع سیلاب را بهبود بخشد.

## روش پژوهش

### منطقه پژوهش

حوضه آبخیز عبدالله‌آباد سمنان با مساحت ۱۳۷۹۲۶ هکتار و محیط ۸۷۲۹۷ متر، در بخش لاسجرد سرخه و ۷۰ کیلومتری غرب سمنان قرار دارد. این حوضه بین طول‌های جغرافیایی  $30^{\circ} 45' 52''$  تا  $15^{\circ} 18' 58''$  شرقی و عرض‌های  $35^{\circ}$  تا  $31^{\circ}$  شمالی واقع شده است. بیشترین شیب در بخش‌های شمالی و کمترین شیب در نواحی جنوبی دیده می‌شود. ارتفاع منطقه

از ۱۰۴۰ متر در جنوب تا ۳۲۱۶ متر در شمال متغیر است. شیب وزنی حوضه ۴۳/۶۲ درصد است و بیشتر منطقه در دامنه شیب ۳۰ تا ۶۰ درصد قرار دارد. روستای عبدالله‌آباد سرخه در میانه این حوضه قرار گرفته و از نظر راه‌های ارتباطی وضعیت مناسبی ندارد، به جز یک مسیر آسفالتی که دسترسی به آن را فراهم می‌کند. در شکل ۱، نقشه موقعیت منطقه نشان داده شده است.



شکل ۱. نقشه موقعیت منطقه پژوهش

### اطلاعات و تصاویر استفاده‌شده

در جدول ۱ اطلاعات تصاویر استفاده‌شده و در جدول ۲ مشخصات سیلاب ۶ فروردین ۱۳۹۸ ارائه شده است. به منظور استخراج پهنه‌های سیلابی، تصاویر راداری سنتینل-۱ در سامانه GEE پردازش شدند و تصاویر قبل، حین و بعد از سیلاب برای شناسایی تغییرات سطح آب و مناطق آب‌گرفته استفاده شدند. از آنجا که تصاویر راداری افزون‌بر مناطق سیلابی، پهنه‌های آبی دائمی را نیز آشکار می‌کنند، برای تفکیک این دو، از تصاویر لندست-۸ در دامنه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ و شاخص تفاضل نرمال‌شده آب (NDWI) براساس رابطه ۱ استفاده شد (دوریس و همکاران، ۲۰۲۰).

$$NDWI = \frac{(Green - NIR)}{(Green + NIR)} \quad (1)$$

در تصاویر لندست-۸ معادل باند ۳ و باند NIR معادل باند ۵ است. مقادیر مثبت نشان‌دهنده حضور آب در سطح زمین است و در این پژوهش از نتایج آن برای شناسایی آب‌های دائمی و حذف آن‌ها از نقشه پهنه‌های سیلابی استفاده شد.

جدول ۱. تصاویر استفاده‌شده در پژوهش

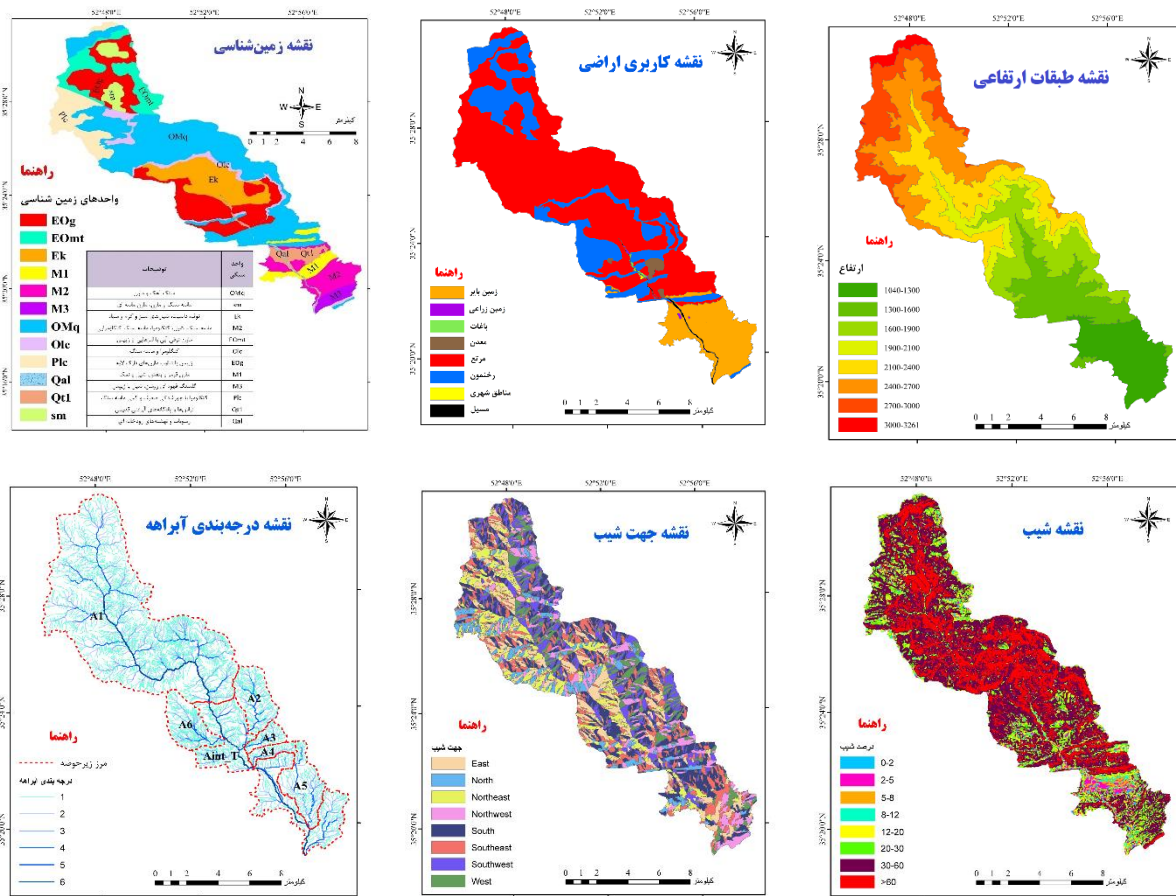
داده‌ها	نشانی تصاویر در سامانه گوگل ارث انجین	تاریخ فراخوانی تصاویر	قدرت تفکیک مکانی	بولاریزاسیون	کاربرد در این پژوهش
Sentinel-1	COPERNICUS/S1_GRD	2019-01-01, 2020-06-01	۱۰ متر	VV-VH	SAR-based anomallied and Z-scores
Landsat8	LANDSAT/LC08/C02/T1_RT	2015-01-01, 2020-01-01	۳۰ متر	-	Historical Surface water regims

جدول ۲. اطلاعات سیلاب رخ داده در ۶ فروردین ۱۳۹۸

استان	شهرستان	نام رودخانه	مقدار بارندگی (mm)	حداکثر دبی سیلاب رخ داده (m <sup>3</sup> /s)
سمنان	سرخه	عبدالله‌آباد	۵۱	۲۰

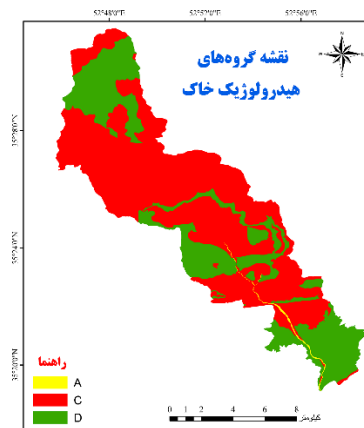
### پارامترهای استفاده‌شده

به منظور خودکارسازی پایش سیلاب، پارامترهای فیزیوگرافی حوضه (ارتفاع، شیب، کاربری اراضی، شبکه آبراهه‌ها و زمین‌شناسی) تحلیل شد و مبنای دسته‌بندی زیرحوضه‌ها قرار گرفت (شکل ۲).



شکل ۲. نقشه‌های خروجی مطالعات فیزیوگرافی حوضه

در این پژوهش، برای تحلیل‌های هیدرولوژیکی و مدیریت منابع آب، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک بر اساس روش SCS و با توجه به ویژگی‌هایی مانند بافت خاک، نفوذپذیری و توان تولید رواناب به چهار گروه A، B، C و D تقسیم شدند. گروه A شامل خاک‌های سبک با نفوذپذیری و زهکشی زیاد و کمترین تولید رواناب، گروه B شامل خاک‌های با بافت و نفوذپذیری متوسط، گروه C شامل خاک‌های به نسبت سنگین با نفوذپذیری کم و پتانسیل بیشتر تولید رواناب و گروه D شامل خاک‌های بسیار سنگین با نفوذپذیری بسیار کم، لایه‌های نفوذناپذیر یا سطح ایستابی زیاد و بیشترین توان تولید رواناب است. نقشه این گروه‌های هیدرولوژیکی برای حوضه یادشده در شکل ۳ ارائه شده است.



شکل ۳. نقشه گروه‌های هیدرولوژیک حوضه مدنظر

### پلتفرم استفاده‌شده

با آنکه استفاده از داده‌های سنتینل-۱، لندست-۸ و سامانه گوگل‌ارت انجین در پایش سیلاب در پژوهش‌های متعددی مدنظر قرار گرفته است، نوآوری اصلی این پژوهش، خودکارسازی کامل فرایند پایش سیلاب و طراحی یک رابط کاربری تعاملی تحت وب در محیط GEE است. در این پژوهش، فرایند انتخاب داده‌ها، تعیین دامنه زمانی، اجرای الگوریتم تشخیص سیلاب و تولید نقشه‌های نهایی به صورت خودکار انجام گرفته و نیاز به پردازش‌های دستی به حداقل رسیده است. همچنین، با تلفیق داده‌های راداری و اپتیکی، تحلیل‌های سری زمانی و ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه، امکان بررسی همزمان الگوی توسعه سیلاب و ارتباط آن با خصوصیات هیدرولوژیکی منطقه فراهم شده است.

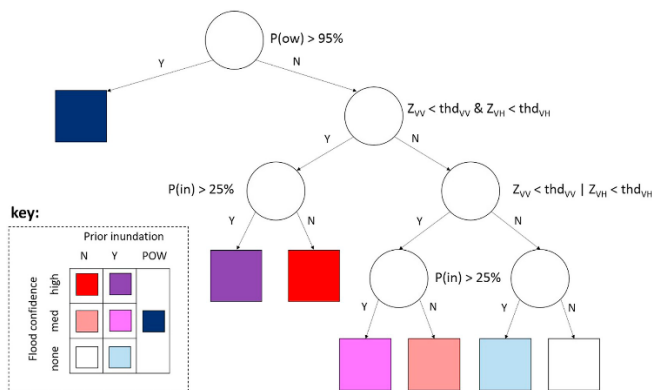
### روش پایش و تشخیص سیل

آماره‌های زمانی SAR (Synthetic Aperture Radar) به بررسی تغییرات داده‌های راداری حاصل از سنتینل-۱ یا بقیه ماهواره‌های SAR در طول زمان می‌پردازند. این آماره‌ها شامل شاخص‌هایی نظیر میانگین، واریانس و انحراف معیارند و امکان شناسایی تغییرات در سطح آب، پوشش گیاهی، خاک، برف و دیگر ویژگی‌های سطح زمین را فراهم می‌کنند. در این پژوهش، از روش Z-score مطابق با فرمول‌های ۲ و ۳ استفاده شده است. در این روش، با استفاده از تصاویر سنتینل-۱، میانگین و انحراف معیار بازتاب سطح زمین در یک منطقه محاسبه می‌شود. سپس Z-score برای هر پیکسل در تصویر محاسبه می‌شود. برای هر پیکسل، مقدار بازتاب سطح زمین ( $\sigma_0$ ) از میانگین بازتاب سطح زمین محاسبه شده در منطقه مدنظر که برای آن تعیین شده است ( $\bar{\sigma}_0$ )، کم شده و نتیجه به انحراف معیار بازتاب سطح زمین (std) تقسیم می‌شود. با این کار می‌توان از تغییرات نسبی در بازتاب سطح زمین از یک زمان به زمان دیگر در هر نقطه استفاده کرده و با تشخیص تغییرات ناگهانی در مقدار Z-score، مناطق سیلابی را شناسایی کرد. با استفاده از این روش، می‌توان تصاویر سنتینل-۱ را به سرعت پردازش کرده و مناطق غرقابی را با دقت مناسب و قابل قبولی در نقشه‌های سیلاب شناسایی کرد (دوریس و همکاران، ۲۰۲۰).

$$\Delta\sigma_0^{p,m,d}(t) = \sigma_0^{p,m,d}(t) - \bar{\sigma}_0^{p,m,d} \quad (2)$$

$$Z^{p,m,d}(t) = \frac{\Delta\sigma_0^{p,m,d}(t)}{std(\sigma_0^{p,m,d})} \quad (3)$$

در ادامه نقشه پایش سیلاب طبقه‌بندی می‌شود. روش طبقه‌بندی نقشه پایش سیلاب یک روش پردازش تصویر است که برای شناسایی مناطق غرقابی در نقشه پایش سیلاب استفاده می‌شود. در این روش، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، ابتدا یک الگوریتم طبقه‌بندی تصاویر تعریف می‌شود (دوریس و همکاران، ۲۰۲۰). سپس با استفاده از این الگوریتم، مناطق غرقابی و غیرغرقابی در تصاویر تشخیص داده می‌شود. فلوجارت روش طبقه‌بندی سیلاب در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴. فلوجارت نشان‌دهنده روش طبقه‌بندی سیلاب موجود در حوضه یادشده (دوریس و همکاران، ۲۰۲۰).

در این روش، ابتدا پیکسل‌هایی که به‌طور دائم دارای آب آزاد هستند (POW) شناسایی می‌شوند؛ این پیکسل‌ها با احتمال وجود آب آزاد بیش از ۹۵ درصد تعریف می‌شوند. در ادامه، آستانه‌های Z-score روی تصاویر با پولاریزاسیون‌های VV و VH اعمال می‌شوند. پیکسلی که مقدار Z-score آن در هر دو پولاریزاسیون VV و VH از آستانه مشخص شده کمتر باشد، پیکسلی با احتمال زیاد سیل در نظر گرفته می‌شود؛ اما اگر فقط یکی از این دو پولاریزاسیون، Z-score کمتر از آستانه داشته باشد، احتمال سیلابی بودن پیکسل در حد متوسط ارزیابی می‌شود. در عمل، ترکیبی از مقادیر Z-score برای هر دو پولاریزاسیون در هر موقعیت مکانی بررسی می‌شود تا تأثیر هر کدام بر دقت طبقه‌بندی مشخص شود. در پایان، پیکسل‌هایی که به‌عنوان POW طبقه‌بندی نشده‌اند، ولی احتمال وقوع سیل تاریخی آنها بیش از ۲۵ درصد است، به‌عنوان مناطق سیلابی (دارای آب آزاد یا آب جزئی) تعیین می‌شوند (بورا و همکاران، ۲۰۱۸؛ دوریس و همکاران، ۲۰۲۰).

## یافته‌های پژوهش

### محاسبه پارامترهای فیزیوگرافی حوضه

به‌منظور اجرای فرایند خودکارسازی پایش سیلاب در منطقه پژوهش، در گام نخست مطالعات فیزیوگرافی حوضه انجام گرفت تا مرزهای دقیق حوضه آبخیز و اطلاعات پایه‌ای لازم استخراج شود. در این پژوهش، حوضه آبخیز عبدالله‌آباد به هفت زیرحوضه تفکیک شد که این تقسیم‌بندی بر اساس نقشه‌های مدل رقومی ارتفاعی (DEM)، کاربری اراضی، ویژگی‌های زمین‌شناسی، شیب و شبکه آبراهه صورت گرفته است.

جدول ۳. مساحت زیرحوضه‌ها و واحدهای هیدرولوژیک در محدوده پژوهش

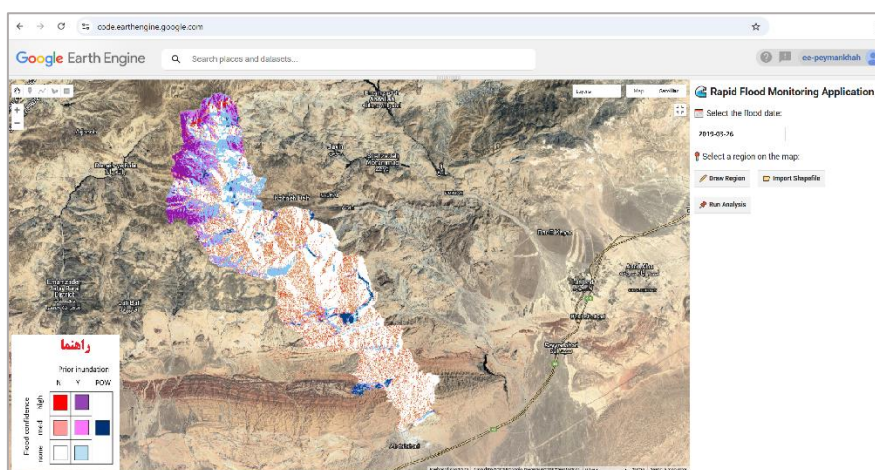
نام زیرحوضه	مساحت جزئی (هکتار)	توزیع نسبی (درصد)	محیط (متر)	تراکم زهکشی (کیلومتر بر کیلومتر مربع)	میانگین بارش سالانه (میلی‌متر)
A1	۸۲۸۲/۱	۶۰	۸۶۰۴/۱	۲۰/۲	۲۸۴/۲
A2	۷۹۶/۸	۵/۸	۱۶۶۲۸/۸	۱۲/۲	۲۱۵/۹
A3	۲۶۰/۹	۱/۹	۷۹۲۹	۱۲/۳	۱۸۴/۱
A4	۲۲۳/۴	۱/۶	۵۶۴۲۶/۷	۱۰/۹	۱۷۶/۸
A5	۸۴۵/۹	۶/۱	۱۳۳۹۳/۱	۹/۸	۱۴۵/۰
A6	۷۷۲/۵	۵/۶	۱۲۷۴۸	۲۴/۴	۲۰۸/۷
Aint_T	۲۶۱۱/۰	۱۸/۹	۴۹۹۳۵/۹	-	۱۵۷/۷
مجموع	۱۳۷۹۲/۶	۱۰۰	۸۷۲۹۷	-	۲۳۹/۹

بررسی مقادیر ارائه‌شده در جدول ۳ نشان می‌دهد که زیرحوضه‌های محدوده پژوهش از نظر ویژگی‌های فیزیوگرافی و هیدرولوژیکی تفاوت زیادی دارند و این تفاوت ممکن است بر نحوه شکل‌گیری و گسترش سیلاب اثرگذار باشد. زیرحوضه A1 با مساحت ۸۲۸۲/۱ هکتار بزرگ‌ترین زیرحوضه محدوده تحت بررسی است و حدود ۶۰ درصد از مساحت کل حوضه را شامل می‌شود. میانگین بارش سالانه در این زیرحوضه حدود ۲۴۸/۲ میلی‌متر و تراکم زهکشی آن ۲۰/۲ کیلومتر بر کیلومتر مربع است که نشان‌دهنده ظرفیت به‌نسبت زیاد تولید و انتقال رواناب در این بخش از حوضه است.

در مقابل، زیرحوضه A6 با وجود مساحت به‌نسبت کمتر (۷۷۲/۵ هکتار)، دارای بیشترین مقدار تراکم زهکشی در میان زیرحوضه‌ها (۲۴/۴ کیلومتر بر کیلومتر مربع) و میانگین بارش سالانه حدود ۲۰۸/۷ میلی‌متر است. این شرایط می‌تواند موجب تسریع در تمرکز جریان و انتقال سریع‌تر رواناب در این زیرحوضه شود. همچنین زیرحوضه A3 با تراکم زهکشی ۱۲/۳ کیلومتر بر کیلومتر مربع و بارش سالانه حدود ۱۸۴/۱ میلی‌متر نیز از نظر هیدرولوژیکی شرایط مساعدی برای شکل‌گیری رواناب سریع دارد. از سوی دیگر، زیرحوضه‌های A4 و A5 با مقادیر کمتر تراکم زهکشی (به‌ترتیب ۱۰/۹ و ۹/۸ کیلومتر بر کیلومتر مربع) و بارش سالانه کمتر (حدود ۱۷۶/۸ و ۱۴۵/۰ میلی‌متر) نسبت به زیرحوضه‌های دیگر، پتانسیل کمتری برای تمرکز سریع رواناب دارند. به‌طور کلی نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که ترکیب عواملی مانند مساحت زیرحوضه، مقدار بارش و تراکم زهکشی در نحوه تولید و انتقال رواناب اثر اساسی دارد و می‌تواند در الگوی گسترش سیلاب در حوضه آبخیز عبدالله‌آباد مؤثر باشد.

### پایش خودکار در سامانه GEE

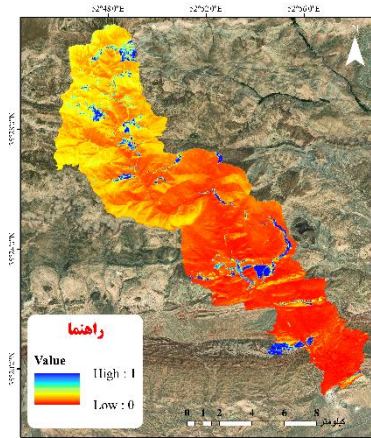
در این پژوهش، یک رابط کاربری تعاملی تحت وب در بستر گوگل ارث انجین طراحی شد که امکان پایش و تشخیص سیلاب در حوضه آبخیز عبدالله‌آباد سمنان را فراهم می‌کند. این سامانه با استفاده از داده‌های سنجش از دور، پردازش تصاویر سنتینل-۱ و روش پایش سیلاب دوریس و همکاران، مناطق تحت تأثیر سیلاب را شناسایی می‌کند و به صورت بصری نمایش می‌دهد. همچنین استخراج مناطق سیل گرفته به طور خودکار در محیط پردازش ابری GEE انجام می‌گیرد و نیاز به پردازش‌های دستی و محلی را کاهش می‌دهد. در این اپلیکیشن، کاربر ابتدا تاریخ وقوع سیلاب را انتخاب کرده و سپس منطقه پژوهش را در داخل حوضه با ترسیم ناحیه روی نقشه یا بارگذاری فایل‌های برداری (Shapefile) مشخص می‌کند. پس از انتخاب گزینه Run Analysis، سامانه به طور خودکار داده‌های سنجش از دور را پردازش کرده و نقشه مناطق تحت تأثیر سیلاب را تولید می‌کند. این سامانه با ترکیب داده‌های راداری و اپتیکی مانند تصاویر لندست-۸ و سنتینل-۱، تغییرات سطح آب را تشخیص می‌دهد، میزان اعتماد به وقوع سیلاب را در سه سطح کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی می‌کند و امکان مقایسه مناطق سیل زده با داده‌های پیشین را برای بررسی روند تغییرات فراهم می‌آورد. نتایج نشان می‌دهد این رابط کاربری می‌تواند ابزاری مناسب برای مدیریت بحران، ارزیابی بصری خسارات و برنامه‌ریزی کاهش اثرهای سیلاب باشد. رویکرد خودکار و آنلاین آن نیز پایش سریع و تصمیم‌گیری به موقع سازمان‌های مرتبط را تسهیل می‌کند. شکل ۵ نمونه‌ای از خروجی این اپلیکیشن را نشان می‌دهد که وضعیت سیلاب در حوضه عبدالله‌آباد سمنان را در تاریخ ۶ فروردین ۱۴۰۳ نمایش می‌دهد.



شکل ۵. نمایی از محیط رابط کاربری توسعه یافته در گوگل ارث انجین برای پایش و تشخیص سریع سیلاب در حوضه تحت بررسی

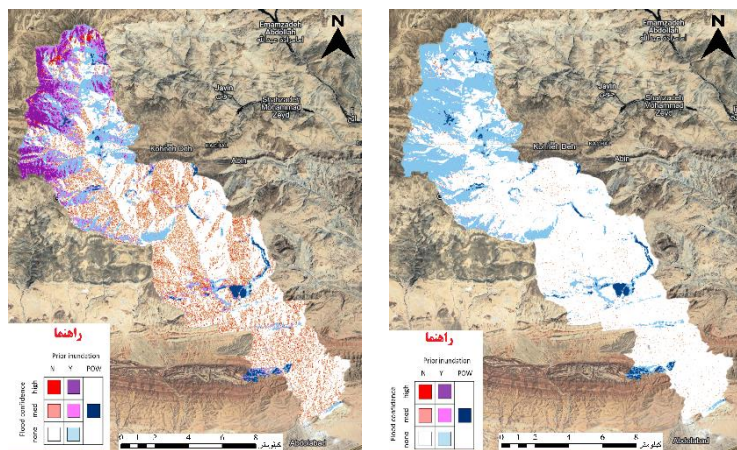
### نتایج تشخیص و پایش سیل

در این پژوهش همان‌طور که بیان شد، به منظور طبقه‌بندی تصاویر از روش آستانه‌گذاری استفاده شده است. روش‌های آستانه‌گذاری به دلیل سادگی و انعطاف‌پذیری زیاد، به طور معمول در طبقه‌بندی نظارت‌نشده استفاده می‌شوند. به منظور تعیین پهنه‌های سیلابی حوضه تحت بررسی از تصاویر سنتینل-۱ مربوط به پیش و پس از وقوع سیلاب استفاده شده است. همچنین از تصاویر ماهواره لندست-۸ برای شناسایی بستر رودخانه و تفسیرهای بصری منطقه و استخراج داده‌های تاریخی استفاده شده است. بدین منظور برای دستیابی به پهنه آب‌های دائمی در حوضه عبدالله‌آباد از میانگین تصاویر شاخص NDWI در دامنه زمانی ۲۰۱۵/۰۱/۰۱ تا ۲۰۲۰/۰۱/۰۱ استفاده شده است. در این روش، پیکسل‌هایی که مقدار شاخص NDWI آنها بزرگ‌تر از صفر است، به عنوان آب آزاد دائمی طبقه‌بندی شدند. نتیجه این پردازش در شکل ۶ ارائه شده است که توزیع مکانی این پهنه‌ها را در حوضه تحت بررسی به رنگ آبی نشان می‌دهد.



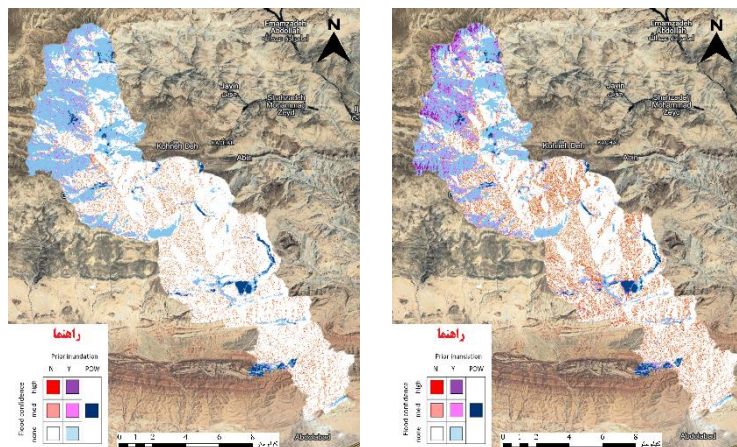
شکل ۶. میانگین تصاویر شاخص NDWI

در این پژوهش، طبقه‌بندی نقشه پایش سیلاب با هدف شناسایی مناطق سیل گرفته با استفاده از الگوریتم پیشنهادی انجام گرفته است. دامنه‌های زمانی بررسی شده، با توجه به زمان وقوع سیلاب در سال ۱۳۹۸ (۶ فروردین)، انتخاب شده و پایش سریع سیل بر این اساس صورت گرفته است. نتایج در شکل ۷ ارائه شده‌اند که شامل نقشه‌های پایش سیلاب در مراحل مختلف، از جمله پیش از وقوع، همزمان با سیلاب، چند روز پس از آن و در زمان فروکش کردن سیلاب است.



همزمان با وقوع سیلاب

قبل از وقوع



زمان فروکش کردن سیلاب

چند روز بعد از سیلاب

شکل ۷. نقشه‌های حاصل از پایش سیل (سیل ۶ فروردین ۱۳۹۸)

نتایج حاصل از شکل ۷، پهنه‌های سیلابی را در پنج سطح مختلف از نظر میزان اطمینان نمایش می‌دهد. پهنه‌های آبی تیره بیانگر آب‌های دائمی با احتمال بیش از ۹۵ درصد حضور آب هستند که بیشتر در امتداد آبراهه‌های اصلی و مخازن طبیعی مشاهده می‌شوند. پیکسل‌های بنفش تیره و قرمز نواحی با اطمینان زیاد وقوع سیلاب را نشان می‌دهند، به طوری که بنفش‌ها دارای سابقه تاریخی آب‌گرفتگی‌اند و قرمزها بیانگر گسترش جدید سیلاب در مناطقی هستند که پیشتر فاقد سابقه مشخص آب‌گرفتگی بوده‌اند. پهنه‌های صورتی و ارغوانی روشن، طبقات با اطمینان متوسط سیلاب را تشکیل می‌دهند که در آنها کاهش بازپراکنش تنها در یکی از قطبش‌های راداری مشاهده شده و به ترتیب دارای سابقه و فاقد سابقه آب‌گرفتگی هستند. افزون بر این، پیکسل‌های آبی روشن نواحی با احتمال کم آب‌گرفتگی را مشخص می‌کنند که بیشتر در حاشیه دشت‌های سیلابی و نوارهای انتقالی پیرامون مسیر جریان پراکنده شده‌اند. در مقابل، پیکسل‌های سفید بیانگر مناطقی است که در آنها تغییر معناداری در بازپراکنش راداری مشاهده نشده و بنابراین به‌عنوان نواحی فاقد شواهد آب‌گرفتگی در زمان رخداد سیلاب طبقه‌بندی شده‌اند.

## بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که روش مبتنی بر داده‌های سنجش از دور و پردازش ابری در سامانه GEE توانایی مناسبی در شناسایی سریع مناطق سیلابی دارد. مقایسه نتایج این پژوهش با نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک (شکل ۳) نشان می‌دهد که ارتباط مستقیمی میان نفوذپذیری خاک و الگوی توزیع سیلاب در حوضه وجود دارد. مناطق دارای خاک‌های گروه C و D که از نفوذپذیری کمتر و توان تولید رواناب بیشتر برخوردارند، بیشترین همپوشانی را با مناطق سیلابی شناسایی شده دارند. این یافته با نتایج پژوهش‌های پیشین همخوانی دارد. سلیمانی و درویشی (۱۳۹۹)، در بررسی سیلاب سال ۱۳۹۸ در استان خوزستان نشان دادند که بخش عمده مناطق سیل‌زده در نواحی دارای ظرفیت نفوذ کم و قابلیت تولید رواناب زیاد قرار داشته‌اند. به‌طور مشابه، نتایج پژوهش پیمان‌خواه و همکاران (۱۴۰۲) در پایش سیلاب رودخانه کشکان نیز بیانگر آن است که ترکیب داده‌های ماهواره‌ای با ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه می‌تواند در شناسایی دقیق‌تر مناطق مستعد سیلاب نقش مؤثری داشته باشد.

تحلیل ویژگی‌های مورفومتریکی زیرحوضه‌ها (جدول ۳) در کنار نقشه درجه‌بندی آبراهه‌ها، دیدگاه دقیق‌تری از توزیع فضایی سیلاب ارائه می‌دهد. زیرحوضه A1 با دارا بودن بیشترین مساحت (۶۰ درصد کل حوضه) و بیشترین مقدار بارش سالانه (۲۸۴/۲ میلی‌متر)، به‌عنوان منطقه مولد اصلی جریان در این سیلاب شناسایی شد. انطباق نقشه پایش سیلاب با شبکه زهکشی نشان می‌دهد که حجم عظیمی از رواناب تولیدشده در بالادست (A1)، از طریق آبراهه‌های درجه ۵ و ۶ (شکل ۲) به سمت خروجی هدایت شده است. در این مسیر، زیرحوضه A6 با داشتن بیشترین تراکم زهکشی (۲۴/۴ کیلومتر بر کیلومتر مربع)، موجب تسریع انتقال رواناب و پیوستن جریان‌های جانبی به شاخه اصلی می‌شود. این موضوع سبب شده تا بیشترین پهنه‌های سیلابی شناسایی شده در طول مسیرهای اصلی زهکشی و در حاشیه زیرحوضه‌هایی با تراکم زهکشی زیاد شکل بگیرند. در مقابل، در زیرحوضه‌های A4 و A5 که دارای کمترین بارش (به ترتیب ۱۷۶/۸ و ۱۴۵ میلی‌متر) و کمترین تراکم زهکشی هستند، گستردگی پهنه‌های سیلابی کمتر و اغلب محدود به حاشیه آبراهه‌های عبوری از بالادست است. این نتایج تأیید می‌کند که الگوی پراکنش سیلاب در حوضه عبدالله‌آباد، برآیند مستقیم مساحت و بارش زیرحوضه A1 و کارایی شبکه انتقال در زیرحوضه A6 بوده است. از سوی دیگر، بیشترین مناطق آب‌گرفته در بالادست روستای عبدالله‌آباد قرار گرفته‌اند. این الگو با ساختار توپوگرافی و شیب حوضه مرتبط است، به طوری که بخش‌های مرتفع شمالی حوضه با شیب زیاد، موجب تمرکز سریع رواناب و هدایت آن به سمت دشت‌های پایین دست می‌شوند. در چنین شرایطی، تجمع حجم زیاد رواناب در مناطق کم‌شیب سبب گسترش پهنه سیلابی می‌شود. این موضوع با یافته‌های فرجی و رحیمی (۱۴۰۴) نیز مطابقت دارد. آنان نشان دادند در سیلاب‌های استان زنجان، مناطق با ارتفاع کمتر و شیب ملایم بیشترین پتانسیل تجمع و ماندگاری آب سیلاب را دارند.

نتایج این پژوهش از نظر روش‌شناسی با پژوهش‌های پیشین مبتنی بر داده‌های راداری سنتینل-۱ همخوانی دارد. پژوهش‌های بورا و همکاران (۲۰۱۸) و وردیانسا و همکاران (۲۰۲۵) نشان داده‌اند که تصاویر SAR به دلیل عملکرد مناسب در شرایط ابری، ابزار مؤثری برای پایش سریع سیلاب هستند. همچنین، پژوهش دوریس و همکاران (۲۰۲۰) و نتایج تحقیق حاضر، کارایی روش آماره‌های زمانی SAR و Z-score را برای شناسایی تغییرات سطح آب در محیط GEE تأیید می‌کنند. با این حال،

تفاوت اصلی این پژوهش با تحقیقات پیشین در خودکارسازی کامل فرایند پایش سیلاب و طراحی یک رابط کاربری تعاملی در محیط GEE است. در بسیاری از پژوهش‌های قبلی، انتخاب دامنه زمانی تصاویر، پردازش داده‌ها و اجرای الگوریتم‌ها به صورت دستی انجام می‌گرفت (دوریس و همکاران، ۲۰۲۰؛ محرمی و همکاران، ۲۰۲۱). در حالی که در این تحقیق، با طراحی یک رابط کاربری تحت وب، فرایند انتخاب داده‌ها، اجرای الگوریتم و تولید نقشه‌های سیلاب به صورت خودکار انجام می‌گیرد. این ویژگی می‌تواند زمان پردازش و تحلیل داده‌ها را تا حد زیادی کاهش دهد و امکان استفاده عملیاتی از این روش در مدیریت بحران را فراهم کند. به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ترکیب داده‌های راداری و اپتیک در بستر پردازش ابری، همراه با در نظر گرفتن ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه، می‌تواند چارچوبی کارآمد برای پایش سریع سیلاب فراهم کند. این رویکرد افزون‌بر افزایش دقت شناسایی مناطق سیل‌زده، امکان تحلیل سریع و ارائه اطلاعات به‌موقع را برای مدیران و تصمیم‌گیران حوزه مدیریت بحران فراهم می‌آورد.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش، با بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای و یک روش نوین، به تحلیل و پایش سریع سیل در حوضه آبخیز عبدالله‌آباد پرداخته شده است. نتایج این تحقیق، حاکی از عملکرد بسیار مناسب این روش در زمینه پایش سریع سیلاب‌هاست. الگوریتم توسعه‌یافته، با پردازش سریع و دقیق داده‌های ماهواره‌ای، می‌تواند مناطق تحت تأثیر سیل را با دقت مناسب و قابل قبولی شناسایی کند. این توانایی پایش سریع، امکان ارائه اطلاعات دقیق و به‌موقع را در شرایط بحرانی سیلاب فراهم می‌کند. در واقع، با استفاده از این روش، می‌توان به سرعت نقشه‌های مناطق سیل‌زده را تهیه کرد و در اختیار سازمان‌های امدادی و مدیریت بحران قرار داد. این امر، به برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران کمک می‌کند تا با آگاهی کامل از وسعت و شدت سیل، اقدامات لازم برای امدادسانی، تخلیه مناطق خطرناک و کاهش خسارات را به‌نحو مؤثرتری انجام دهند. به‌عبارت دیگر، این پایش سریع، می‌تواند ابزاری مناسب برای مدیریت بهینه بحران سیل و کاهش اثرهای منفی آن بر جوامع محلی باشد. ویژگی‌های فیزیکی خاک و گروه‌های هیدرولوژیک تأثیر مستقیمی بر وقوع سیلاب دارند. مناطق دارای خاک‌های با نفوذپذیری کم، به‌عنوان نقاط مستعد سیلاب شناسایی شده‌اند و توصیه می‌شود از این یافته‌ها در برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب، توسعه زیرساخت‌های مقاوم در برابر سیلاب و تعیین اولویت‌های مهندسی رودخانه استفاده شود.

### ملاحظات اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در اجرا و انتشار این پژوهش علمی رعایت کرده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

### مشارکت نویسندگان

نحوه و میزان مشارکت نویسندگان در اجرای این پژوهش به صورت زیر است:  
 نویسنده اول: جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها، انجام دادن تحقیق و نوشتن نسخه اولیه  
 نویسنده‌های دوم و سوم: راهنمایی، ویرایش، بازبینی و کنترل نتایج

### حامی مالی

مقاله حاضر از هیچ حمایت مالی برخوردار نبوده است.

### تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

**هماندجویی**

هماندجویی این پژوهش توسط سامانهٔ ایرانداک انجام گرفت که بر این اساس، همانندی ۱ درصد است.

**سپاسگزاری**

نویسندگان از تمامی مشارکت‌کنندگان در این پژوهش قدردانی می‌کنند.

## References

- [1] Azhand, D. Pirasteh, S., Varshosaz, M., Shahabi, H., Abdollahabadi, S., Teimouri, H., Pirnazar, M., Wang, X. & Li, W., (2024), Sentinel 1a-2a Incorporating an Object-Based Image Analysis Method for Flood Mapping and Extent Assessment, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 7-17.
- [2] 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.
- [3] 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 Earth Engine. *Remote Sensing of Environment*, 240, 111664.
- [4] Dodangeh, P., Ebadi, H. and Kiani, A. (2021). Identification of flooded areas using time series statistical calculations and based on integrating radar and optical data. *Journal of Ecohydrology*, 8(3), 623-639. (in Persian)
- [5] Faraji, A. and Rahimi, N. (2026). Flood risk Monitoring of June 1402 in Zanjan Province Using Sentinel-1 Images. *Iranian Journal of Remote Sensing and GIS*, 17(4), 79-92. (In Persian)
- [6] Ganji, K. Gharechelou, S. and Ahmadi, A. (2021). Flooding Zone Extracting Using Spectrum Proportionality of Sentinel-2 and Landsat-8 Satellite Data (Case Study: Aq'Qala County Flooding). *Extension and Development of Watershed Management*, 8(31), 42-53. (In Persian)
- [7] Ghouri, A.Y., Ur Rehman, A., Rasheed, F., Miandad, M. & Rehman, G., (2023). Flood Mapping Using the Sentinel-1 SAR Dataset and Application of the Change Detection Approach Technique (CDAT) to the Google Earth Engine in Sindh Province, Pakistan, *Ecological Questions*, 35(2), 1-18.
- [8] Hamidi, E., Peter, B. G., Muñoz, D. F., Moftakhari, H., & Moradkhani, H. (2023). Fast Flood Extent Monitoring with SAR Change Detection Using Google Earth Engine. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 61, 1-19.
- [9] Moghimi, E., Glade, T., Al-Ansari, N., & Shahabi, H. (2025). Floods and new housing design theory to sustain and reduce hazards (A scientific strategy). *Geofluids*, 2025, 1416016.
- [10] Moharrami, M., Javanbakht, M., & Attarchi, S. (2021). Automatic flood detection using sentinel-1 images on the google earth engine. *Environmental monitoring and assessment*. 193, 1-17.
- [11] Peymankhah, P., Attarchi, S. & Moharrami, M., (2023). Rapid Flood Monitoring Using Sentinel-1 and Landsat-8 Images (Case Study: Kashkan River, Poldakhter City), *Nivar*, 47(122-123), 82-94. (In Persian)
- [12] 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. 1-6.
- [13] Roth, F., Bauer-Marschallinger, B., Tupas, M.E., Reimer, C., Salamon, P. & Wagner, W., (2022). Sentinel-1 Based Analysis of the Pakistan Flood in 2022 (1.0.0) [Data set], TU Wien.
- [14] Solaimani, K., & Darvishi, S. (2020). Zoning and Monitoring of Spring 2019 Flood Hazard in Khuzestan Using Landsat-8 Data. *Journal of Ecohydrology*, 7(3), 647-662. (in Persian)
- [15] Soleimani Sardoo F., Rafiei Sarooi, E., Mesbahzadeh, T., & Azareh, A. (2021). Utilizing Sentinel 1 Images for Monitoring Damage of Flood Event in March 2020, the South of Kerman Province Based on Random Forest Algorithm. *Iranian Journal of Watershed Management Science*. 15(53), 23-32. (in Persian)
- [16] Verdyansyah, A., & Lin, T. H. (2025). Rapid flood monitoring based on Otsu threshold and damage assessment using multisatellite data. In *Land Surface and Cryosphere Remote Sensing*. 13263, 49-57.