



Research Paper

Determining the Flooding Points and Comparing it with Aq Qala Flood in 2019 and Estimating its Damage in the Agricultural Sector using Radar Images

Somayeh Emadodin^{a*}, Masoud Mohammad ghasemi^a

^a Department of Geography, Faculty of Humanities, Golestan University, Gorgan, Iran

ARTICLE INFO

Keywords:

Aq Qala Flood,
Damage Estimation,
GEE,
Sentinel 1 and 2.



Received:

05 April 2022

Received in revised form:

10 June 2022

Accepted:

07 August 2022

pp. 83-98

ABSTRACT

Floods are one of the most important hazards that, depending on the intensity of rainfall and other factors, cause a lot of damage to urban and rural areas. Determining flood-prone areas for planning to prevent it and estimating the amount of damage for post-flood management is one of the main issues of flood planning. Nowadays, the use of radar data is one of the most recent and effective methods in flood study. It is possible to study the exact details of floods and determine the extent of their expansion so that it can be used in future planning. The current research is investigating the zoning and estimation of flood damage in the agricultural sector in the area of Aqqola city, where agricultural lands were damaged on a large scale in the flood of 2018. In this research, using the NDVI index of Sentinel 2 images (images from 1/3/2019 to 15/3/2019 as the first time and before the flood and images from 20/3/2019 to 20/5/2019 for the time it has been selected after the flood and after obtaining the NDVI index of Sentinel 2 images in the Google Earth Engine environment and combining it with the GFSAD system, the type of cultivation of the studied area was determined based on rainfed and irrigated, and using the cumulative flood zone layer, the areas affected by floods have been investigated according to the type of cultivation. The results showed that out of 100% of the available land, about 22.5% of its land has been flooded, and of this amount, about 15.5% of the rainfed land and the rest are irrigated land, and in the second part to estimate Flood-prone areas FHD model was used in the GIS environment, which determined the result of the flood-prone areas, and to validate it, a comparison was made with the cumulative flood area obtained from Sentinel 2 images, and the outputs showed complete matching.

Citation: Emadodin, S., & Mohammad ghasemi, M. (2022). Determining the Flooding Points and Comparing it with Aq Qala Flood in 2019 and Estimating its Damage in the Agricultural Sector using Radar Images. *Geographical planning of space quarterly journal*, 12 (2), 83-98.

 <http://doi.org/10.30488/GPS.2022.338247.3524>

*. Corresponding author (Email: s.emadodin@gu.ac.ir)

Copyright © 2022 The Authors. Published by Golestan University. This is an open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Extended Abstract

Introduction

Flood is one of the most prevalent environmental risks in the world and one of the environmental hazards that can harm human society, life, and property. One of the key problems in flood planning is predicting flood-prone areas so that planning can prevent it and assessing the damage to management after a flood.

Due to the climatic conditions, topography, and geomorphology in many areas, Iran is at risk of this natural disaster every year, so more than 80% of the cities of Iran are exposed to floods. Official statistics show that Golestan province has witnessed many floods. The floods caused heavy damage to infrastructures, buildings, and residential units, so the damage caused by this natural disaster remains in many rural and urban areas.

Today, the use of radar data is one of the newest and most effective methods in flood study. The exact details of the floods can be studied, and the extent of their spread can be determined so that they can be used in future planning. The study area is about 50 km from the Gorganrood River, which is located 18 km north of Gorgan. It is located at 36° and 58° latitudes and 54° and 16° longitudes. Based on the 2016 census, the number of Aqqala households was 9498, with a total population of 35,116 including the city of Aq Qala and 44 villages that were directly and indirectly affected by the floods in 2019. The average annual rainfall of Agh Qola is 330 mm, which has witnessed rainfall equal to one-third of its average annual rainfall in about four days from March 27 to April 2.

Methodology

In this research, the FHD model based on GIS software has been exerted to estimate flood-prone areas, and the result has been identified as flood-prone areas. To verify it, a comparison was made with the cumulative flood zone obtained from Sentinel 2 images. Images from 2019/3/1 to 2019/3/15 were selected for the first time before the flood, and images from 2019/3/20 to 2019/5/20 for the time after the flood, and the results demonstrated complete compliance. NDVI

index, Sentinel 2 images, and the GFSAD system combined with Google Earth's engine, the study area's cultivation types were determined based on rainfed and irrigated types using the cumulative flood zone layer, investigated the flooded areas.

Results and discussion

The image obtained from the difference between NDVI of the two time periods is shown the cumulative flood area in the study area, of which 89233.59 hectares, which includes the whole study area, 20204.91 hectares have been flooded. Of the 100 percent of the land in the study area, 22.40 percent has been flooded.

The highest amount of damage occurred in rainfed lands. Of the total 62.98% of the total rainfed arable lands, 18.78% have been flooded, and 5.85% of the 33.53% of the total irrigated agricultural lands have been flooded. In this study, the FHD model was used to validate the radar data. We compared the two study locations with the maps made from Sentinel 2's cumulative flood maps. Also, we investigated the second region in and around the city of Aq Qala to examine the accuracy of the model, which included two areas with two types of high-risk and low-risk classifications for floods as an indicator, the first area is in the northeast of the area, which shows a low-risk area.

Conclusion

Sentinel radar data provides the user with a high processing speed for checking during and after a flood, but research conducted before a flood is more crucial for crisis management.

The FHD tool can easily identify hazardous and safe areas based on the level of the riverbed and around the river. In places designated by the model as safe (east of the study area), the lowest flooding was recorded in 2019, And around the city of Aq Qala, which the model predicts the highest flood rate, the highest flood rate occurred in 2019. In the flood of 2019 in the study area, out of 100% of the existing lands, about 22.5% of its lands were inundated of this amount, about 15.5 percent were rainfed lands, and the rest were irrigated lands.

Radar data revealed that due to flooding in April 2019, 115 and 107 square kilometers of the study area were submerged on March 23 and 29, respectively.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All

of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.





تعیین نقاط سیل خیز و مقایسه آن با سیلاب سال ۱۳۹۸ آق قلا و تخمین خسارت آن در بخش کشاورزی با استفاده از تصاویر سنتینل ۲

سمیه عمادالدین^۱ - گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران
مسعود محمدقاسمی - گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

واژگان کلیدی:

سیلاب آق قلا، تخمین خسارت، گوگل ارث انجین، FHD، سنتینل ۲ و ۱

سیلاب‌ها از مهم‌ترین مخاطراتی هستند که بسته به شدت بارندگی‌ها و سایر عوامل موثر سبب وارد آمدن خسارات زیادی به نواحی شهری و روستایی می‌شوند. تعیین مناطق مستعد سیل برای برنامه‌ریزی جهت جلوگیری از آن و تخمین میزان خسارت برای مدیریت بعد از وقوع سیل از مسائل اصلی برنامه‌ریزی سیل است، امروزه استفاده از داده‌های راداری یکی از جدیدترین و مؤثرترین روش‌ها در مطالعه سیلاب است. می‌توان جزئیات دقیق سیلاب‌ها را مطالعه و حد گسترش آن را مشخص کرد تا در برنامه‌ریزی‌های آتی بتوان از آن استفاده کرد. تحقیق حاضر بررسی پهنه‌بندی و تخمین خسارت سیل در بخش کشاورزی در محدوده شهر آق قلا است که در سیلاب سال ۱۳۹۸ زمین‌های کشاورزی در سطح وسیعی دچار خسارت شده‌اند. در پژوهش حاضر با استفاده از شاخص NDVI تصاویر سنتینل ۲ (تصاویر از تاریخ ۲۰۱۹/۳/۱ تا تاریخ ۲۰۱۹/۳/۱۵ به‌عنوان زمان اول و پیش از وقوع سیلاب و تصاویر ۲۰۱۹/۳/۲۰ تا ۲۰۱۹/۵/۲۰ برای زمان بعد از سیل انتخاب شده است و پس از به دست آوردن شاخص NDVI تصاویر سنتینل ۲ در محیط گوگل ارث انجین و ترکیب آن با سامانه GFSAD نوع کشت منطقه مورد مطالعه بر اساس دیم و آبی مشخص گردید و با استفاده از لایه پهنه تجمعی سیلاب محدوده‌هایی که دچار سیل شده بوده‌اند را با توجه به نوع کشت بررسی گردید. نتایج نشان داد از ۱۰۰ درصد زمین‌های موجود حدود ۲۲٫۵ درصد زمین‌های آن دچار سیل شده‌اند که از این میزان نیز حدود ۱۵٫۵ درصد زمین‌های کشت دیم و مابقی زمین‌های کشت آبی بوده‌اند و در بخش دوم برای تخمین مناطق مستعد سیل از مدل FHD در محیط GIS استفاده شد که نتیجه به‌دست‌آمده مناطق مستعد سیل را مشخص کرده است و برای صحت سنجی آن با پهنه تجمعی سیلاب به‌دست‌آمده از تصاویر سنتینل ۲ مقایسه انجام شد که خروجی‌ها تطبیق کامل را نشان داده‌اند.



تاریخ دریافت:

۱۴۰۱/۰۱/۱۶

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۱/۰۳/۲۰

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۱/۰۵/۱۶

صص. ۹۸-۸۳

استناد: عمادالدین، مجید و محمدقاسمی، مسعود. (۱۴۰۱). تعیین نقاط سیل خیز و مقایسه آن با سیلاب سال ۱۳۹۸ آق قلا و تخمین خسارت آن در بخش کشاورزی با استفاده از تصاویر سنتینل ۲. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۲ (۲)، ۹۸-۸۳.

<http://doi.org/10.30488/GPS.2022.338247.3524>

مقدمه

سیل یکی از خطرات زیست‌محیطی برای جامعه بشری است (Chen et al., 2012:2) و از مخاطرات محیطی شایع و گسترده در سطح جهان به شمار می‌رود. بسته به شدت بارندگی‌ها و سایر عوامل موثر در وقوع سیلاب، ممکن است موجب وارد آمدن خسارت‌های شدید جانی و مالی برای افراد درگیر با آن شود (محمدنژاد، ۱۴۰۰: ۶۹). این خسارت‌ها می‌تواند حوزه‌های اقتصادی، کشاورزی، اجتماعی و ... را تحت تأثیر قرار دهد (Revellino et al., 2019:3). بر اساس مطالعات مرکز تحقیقات اپیدمیولوژی بلایا، پایگاه حوادث اضطراری در سطح جهان، بین سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۷ میلادی، بیش از ۲ میلیارد نفر به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم تحت تأثیر سیل و اثرات آن قرار گرفته‌اند (CRED, 2015). آنچه بر اهمیت وقوع رخداد سیل می‌افزاید قرار گرفتن مراکز انسانی و شهری در محدوده‌های سیلابی است (جلالیان، ۱۴۰۰: ۱۱۰)، بنابراین تهیه نقشه‌های مربوط به محدوده گسترش سیلاب‌ها و نواحی که تحت تأثیر آن قرار می‌گیرند، می‌تواند در برنامه‌ریزی توسعه و همچنین سیاست‌های مقابله با سیلاب بسیار موثر واقع شود (Ruzza et al., 2019:5). خسارت‌های سیلاب معمولاً به دودسته مستقیم و غیرمستقیم تقسیم‌بندی می‌شوند. خسارت‌های مستقیم با توجه به تأثیر فیزیکی تماس آب با مردم / اشیاء به وجود می‌آیند. خسارت‌های مستقیم منجر به خسارت‌های غیرمستقیم می‌گردند که خارج از زمان یا مکان وقوع سیلاب رخ می‌دهند. این دو نوع خسارت به دودسته ملموس و غیرملموس بر اساس برآورد مستقیم ارزش پولی خسارت تقسیم می‌شوند (Smit & Ward., 1998). به‌طور کلی مدیریت ریسک سیلاب بر روی خسارت مستقیم و ملموس انجام می‌شود، زیرا ارزیابی خسارت‌های ناملموس مثل اختلال در سرویس‌های عمومی، آسیب‌های روانی و ... بسیار مشکل است (Nascimento et al., 2007:198). یکی از روش‌های بررسی سیلاب، استفاده از داده‌های سنجش‌از‌دور است که با سرعت زیادی در حال رشد می‌باشد. امروزه سنجنده‌های متعددی وجود دارد که با اهداف مختلفی به فضا پرتاب شده‌اند. تعدادی از این سنجنده‌ها اطلاعات لازم در مورد سطح زمین را در اختیار محققان قرار می‌دهند که با استفاده از آن می‌توان به مطالعه سیل پرداخت. برای مثال تصاویر ۲۵۰ متر مودیس و ۳۰ متر ماهواره لندست را می‌توان نام برد (Carrol et al., 2009: 295; Brakenridge & Anderson, 2006:4). اما باید به این نکته توجه داشت که یکی از ضعف‌های استفاده از داده‌های اپتیکی مذکور، وجود پوشش ابر در آسمان است. با توجه به اینکه قبل و هم‌زمان با وقوع سیلاب معمولاً پوشش ابری وسیعی در آسمان وجود دارد و این ابرها مانع از رسیدن امواج الکترومغناطیسی سطح زمین به سنجنده می‌شود در نتیجه تصویری از سطح زمین تولید نخواهد شد و یا تصویر تولید شده بسیار ناقص خواهد بود بنابراین این تصاویر برای مواقعی که پوشش ابری وجود ندارد مناسب خواهند بود. برای حل مشکل وجود پوشش ابر می‌توان از تصاویر راداری SAR، استفاده کرد. از این داده‌ها می‌توان جهت مطالعه سیلاب استفاده کرد. چرا که تصاویر راداری در هر شرایط آب و هوایی و هر لحظه از شبانه‌روز اطلاعات دقیقی را از شرایط سطح زمین در اختیار ما قرار می‌دهد (Matgen et al., 2007:251)، همچنین دارای قدرت تفکیک مکانی مناسبی نیز هستند (Shen et al., 2019:7; Ban et al., 2015:32). با این وجود الگوریتم‌هایی که داده‌های موردنیاز را از تصاویر SAR استخراج می‌کنند در مقایسه با سنسورهای اپتیکی طراحی پیچیده‌ای دارند و نیازمند دخالت نیروهای متخصص در این زمینه هستند. با افزایش دسترسی به داده‌های SAR و توسعه تکنیک‌های استخراج داده‌ها از آن انتظار می‌رود در آینده از این داده‌ها در سطح گسترده‌تری استفاده شود (Shen et al., 2019:9).

مطالعاتی که در ارتباط با سیل در سطح و جهان و ایران انجام شده است می‌توان به مواردی اشاره کرد. چوردی^۱ و همکاران (۲۰۱۴) تعداد ۲۴ رخداد بارش رگباری بین سال‌های ۲۰۱۰ الی ۲۰۱۳ را در حوضه آبریز اودیشای هند با استفاده از مدل HEC-HMS شبیه‌سازی کردند. آن‌ها برای محاسبه تلفات از روش SCS، برای محاسبه بارش به رواناب از روش هیتوگراف واحد SCS، برای محاسبه جریان پایه از روش بازگشتی و برای روند یابی از جریان روش ماسکینگام بهره‌برند. نظام محله و همکاران (۲۰۱۷) در ارزیابی مدل اختلاف ارتفاع دشت سیلابی مبتنی بر GIS برای نقشه‌برداری سیلاب در منطقه رودبار با مدل ابداعی FHD برای تخمین میزان سیلاب استفاده کردند. این روش برای به دست آوردن ویژگی زمین‌های سیلابی استفاده شد، این روش می‌تواند مناطقی که پایین‌تر از بستر رودخانه هستند را مشخص و مناطق مستعد سیل را شناسایی کند. رحمان^۲ و تاکور (۲۰۱۷) در تحقیقی برای شناسایی تجزیه و تحلیل انتشار سیلاب با استفاده از داده‌های SAR و نرم‌افزار GIS در ناحیه کندراپارا^۳ هند نقشه‌های سیل را به منظور پایش وسعت مکانی سیل و نشان دادن چگونگی وقوع سیل، تجزیه و تحلیل کردند. هروکواسی^۴ و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی سیل رودخانه سن پدرو ساحل عاج با استفاده از داده‌های سنتینل ۱ پرداختند، بررسی‌های آن‌ها نشان داد بیش از ۶۰۰۰ هکتار از زمین‌ها، بیش از ۳ روز زیر آب بوده است. حوضه رودخانه سن پدرو یک حوضه ساحلی است و با میانگین بارندگی ۲۰۰۰ میلی‌متر در سال یک حوضه پرخطر در هنگام بارندگی‌های شدید است. این نتیجه به واسطه باند C از تصاویر GRD سنتینل ۱ به دست آمده است. تیوارای^۵ و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی سیل در کرالا^۶ هندوستان؛ به این نتیجه رسیدند مشاهدات از داده‌های Sentinel-1 SAR با استفاده از الگوریتم Otsu در GEE می‌تواند به عنوان یک ابزار قدرتمند برای نقشه‌برداری مناطق طغیان سیل استفاده کرد.

سلیمانی و همکاران (۱۳۹۹) با الگوریتم آشکارسازی پهنه خسارت سیل با استفاده از تصاویر سنتینل ۲ در سیل فروردین ۱۳۹۸ گلستان دریافتند که الگوریتم ابداعی با واقعیت‌های زمینی تطبیق دارد و این نشان دهنده دقت مناسب الگوریتم در تشخیص خسارت‌های سیل در محدوده زمانی و مکانی منطقه مورد مطالعه دارد. گنجی و همکاران (۱۳۹۹) در بررسی اثر شاخص‌های مورفولوژیکی رودخانه گرگان رود بر پهنه‌های سیلاب با استفاده از داده‌های سنجش از دور و تحلیل مکانی شهر آق‌قلا به این نتیجه رسیدند رودخانه در حدفاصل روستای سلاق یلقی تا روستای محمد آق پیچانرودی شدیدی دارد و با توجه به تخریب دیواره‌های بیرونی، پیچان‌رودهایی که شعاع انحنای کمی دارند مقدار زیادی گل‌ولای همراه سیلاب به سمت مناطق شمال شرقی و جنوب شرقی جریان پیدا کرده بود. همچنین در تاریخ ۴ فروردین ۹۸ در حدفاصل روستای آق تکه‌خان تا روستای دوگونچی میانگین عرض کم بستر رودخانه و شیب بسیار کم بستر رودخانه باعث عدم حرکت سیلاب شده که منجر به بالا آمدن سطح آب رودخانه و خروج آن از بستر رودخانه در محدوده شهری آق‌قلا شده است. نتایج تحقیق عمادالدین و محمد قاسمی (۱۴۰۰) در بررسی سیل آق‌قلا در فروردین ۱۳۹۸، نشان داد دلایل اصلی سیلابی شدن منطقه، بارندگی شدید طی چند روز، پر شدن سد و شمگیر، شیب کم منطقه، عدم لایروبی رودخانه، وجود پل‌های زیاد بر روی رودخانه و ارتفاع کم پل‌ها بوده است. از اهداف تحقیق حاضر تعیین نقاط سیل‌خیز پیش از وقوع سیل

1 Choudhari

2 Rahman & Takur

3 Kendrapara

4 Hervé Kouassi

5 Tiwari

6 Kerala

به منظور نقاط پرخطر و مقایسه آن با سیلاب سال ۱۳۹۸ آق قلا و تخمین خسارت آن در بخش کشاورزی با استفاده از تصاویر سنتینل ۲ است.

مبانی نظری

سیل به سرریز کردن جریان آب از مسیر اصلی خود گفته می شود که آسیب به اراضی کشاورزی، مناطق شهری و خسارات مالی و تلفات جانی را به دنبال دارد. سیل وضعیتی است که طی آن دبی جریان رودخانه و سطح تراز آب به صورت غیرمنتظره افزایش می یابد و خسارات مالی و جانی در پی خواهد داشت. یکی از مهم ترین کاربردهای نقشه های پهنه بندی سیلاب تعیین حدود گذرگاه سیل و اراضی سیل گیر در حاشیه رودخانه می باشد. نقشه های پهنه بندی سیلاب در پژوهش های مدیریت سیلاب دشت کاربرد وسیعی دارند. امروزه این نقشه ها یکی از اطلاعات پایه و مهم در پژوهش های طرح های عمرانی در دنیا محسوب می شوند (جلالیان، ۱۴۰۰: ۱۴۶). در سنجش از دور به دلیل تناوب اخذ تصویر یک ناحیه، تصویربرداری در طول موج های مختلف در یک زمان و در نهایت، امکان پردازش و تفسیر سریع داده های کسب شده، به طور گسترده در تحلیل های مختلف استفاده می شوند. در سال های اخیر با توجه به افزایش تعداد وقایع شدید هواشناسی که به طور بالقوه مرتبط با تغییرات آب و هوایی است، توجه بیشتری به استفاده داده های سنجش از دور ماهواره ای در برنامه های مدیریت بحران شده است. این نگاه بیشتر به دلیل دسترسی گسترده و به موقع انواع مختلف داده های سنجش از دور و همچنین اطلاعات جغرافیایی به دست آمده در این زمینه است که ممکن است به طور بالقوه در مراحل مختلف فرایند مدیریت بحران بهره برداری شود (Boccardo & Tonolo., 2015:20).

سیستم های ماهواره ای قابلیت استخراج داده ها در سطح بسیار وسیع از مقیاس ملی یا استانی را دارند. در نتیجه، قادرند در مواردی که نیاز به تهیه نقشه مدیریت بحران باشد به عنوان ابزاری مناسب در اختیار کاربران قرار گیرند (Giordan et al., 2018; kumar et al., 2018). داده های سنتینل یکی از منابع موثق اطلاعاتی در سنجش از دور هستند، زیرا قادرند در هر شرایط آب و هوایی به ویژه در حوادث سیلاب ها، داده های مناسبی را ارائه دهند.

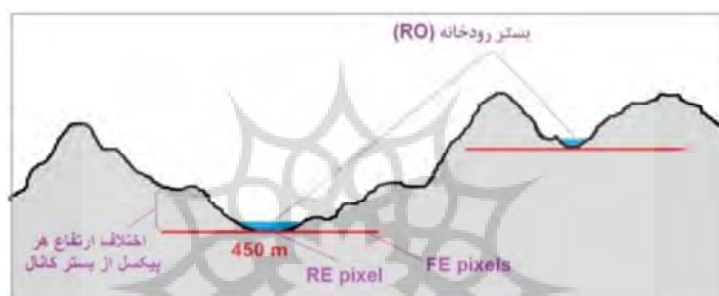
روش پژوهش

در تحقیق حاضر از دو نرم افزار GIS و محیط متن باز گوگل ارث انجین استفاده شده است. در محیط گوگل ارث انجین با استفاده از تصاویر سنتینل ۲ ابتدا پهنه های تجمعی سیل را مشخص و سپس با استفاده از سامانه اطلاعاتی GFSAD نسبت به مشخص کردن نوع کشت زمین های محدوده مورد مطالعه اقدام شد. همچنین در نرم افزار GIS با استفاده از لایه اطلاعات رقومی ارتفاعی (DEM) با دقت ۱۲/۵ متر و مدل ابداعی FHD جهت تعیین مناطق مستعد سیل در اطراف رودخانه استفاده شد.

ابتدا برای به دست آوردن پهنه های تجمعی سیلاب از تصاویر سنتینل ۲ از تاریخ ۲۰۱۹/۳/۱ تا تاریخ ۲۰۱۹/۳/۱۵ به عنوان زمان اول و پیش از وقوع سیلاب و تصویرهای ۲۰۱۹/۳/۲۰ تا ۲۰۱۹/۵/۲۰ برای زمان بعد از سیل انتخاب شدند، به علت اینکه منطقه آق قلا منطقه ای دشتی بود و در تمام منطقه زمین های کشاورزی وجود دارند از شاخص NDVI برای تصاویر قبل و بعد از سیل استفاده شد. چون شاخص NDVI جهت پوشش گیاهی استفاده می شود در تصاویر بعد از سیل به علت پوشیده شدن منطقه از آب قادر به انعکاس پوشش گیاهی نبوده می توانند محدوده سیل گیر را به راحتی

مشخص کند که تمامی این مراحل در محیط گوگل ارث انجام شد. در آخر برای به دست آوردن پهنه‌های نوع کشت محدوده مورد مطالعه از سامانه اطلاعاتی^۱ GFSAD استفاده شده است و با ترکیب آن با لایه تجمعی سیل محدوده کشاورزی سیل گیر مشخص گردید.

برای تعیین محدوده‌های مستعد سیل از مدل FHD استفاده شده است که این روش برای هر پیکسل رودخانه یک نمایه متقابل مجازی عمود برجهت مسیر وجود دارد. نتیجه این کار اختلاف هر پیکسل از بستر رودخانه است. این روش توسط اسکریپت پایتون ابداع شده و به صورت یک ابزار در GIS و ArcToolBox ارائه می‌شود (نظام محله و همکاران، ۲۰۱۷). طبق این روش، اختلاف ارتفاع بستر کانال رودخانه با محدوده‌های اطراف بر اساس ارزش‌های پیکسلی مدل ارتفاعی رقومی (DEM 12/5m) در چند مرحله تعیین می‌شود. با این عمل، برای هر پیکسل از بستر کانال یک پهنه ارتفاعی عرضی به طول ۴۵۰ متر در جهت عمود به مسیر ایجاد شده است (شبهه یک نیمرخ). نهایتاً از تفریق DEM نیمرخ‌های عرضی بستر (FE)، اختلاف ارتفاع محدوده‌های اطراف کانال از بستر به دست می‌آید (شکل ۱).



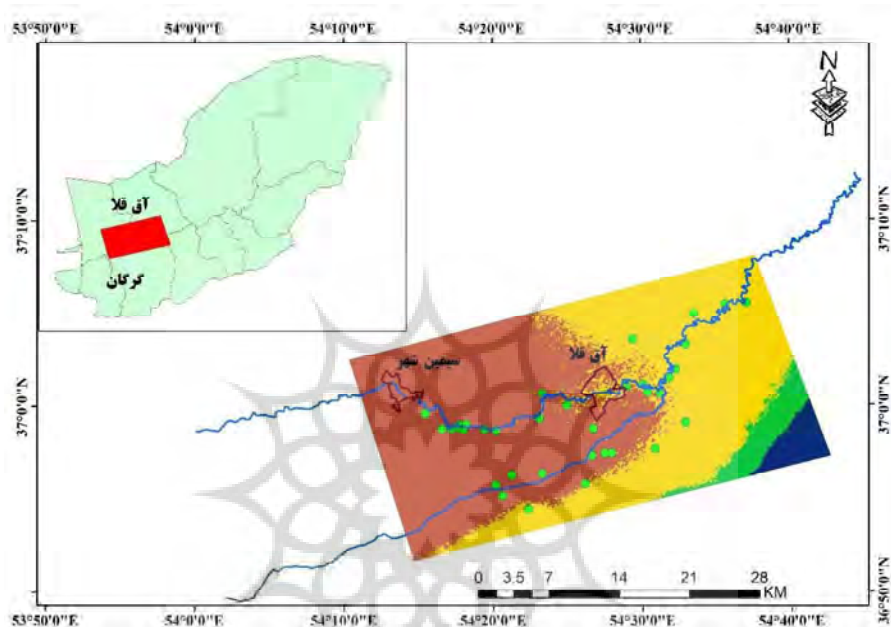
شکل شماره ۱. نمای شماتیک از پارامترهای مدل FHD (نظام محله و همکاران، ۲۰۱۷)



شکل شماره ۲. نمای کلی تحقیق

محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه حدود ۵۰ کیلومتر از رودخانه گرگان رود است که در ۱۸ کیلومتری شمال شهر گرگان در جلگه‌ای هموار قرار گرفته است. (شکل ۳) بر اساس سرشماری سال ۹۵ تعداد خانوارهای آق قلا ۹۴۹۸ خانوار بوده که در مجموع ۳۵،۱۱۶ نفر جمعیت دارد و شامل شهر آق قلا و ۴۴ روستا است که در سیلاب سال ۹۸ مستقیم و غیرمستقیم تحت تأثیر سیل بوده‌اند. میانگین بارندگی سالانه آق قلا ۳۳۰ میلی‌متر است که در حدود ۴ روز از ۲۷ اسفند تا ۲ فروردین شاهد بارشی برابر یک‌سوم میانگین بارش سالانه خود بوده است.

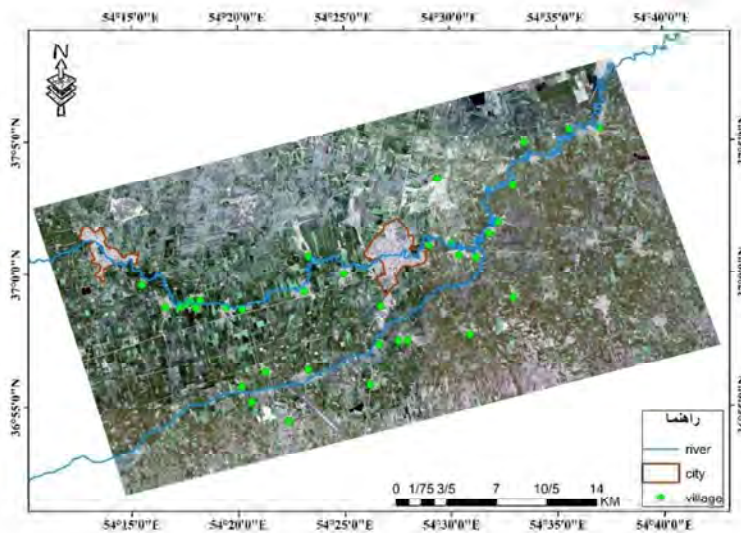


شکل شماره ۳. محدوده مورد مطالعه

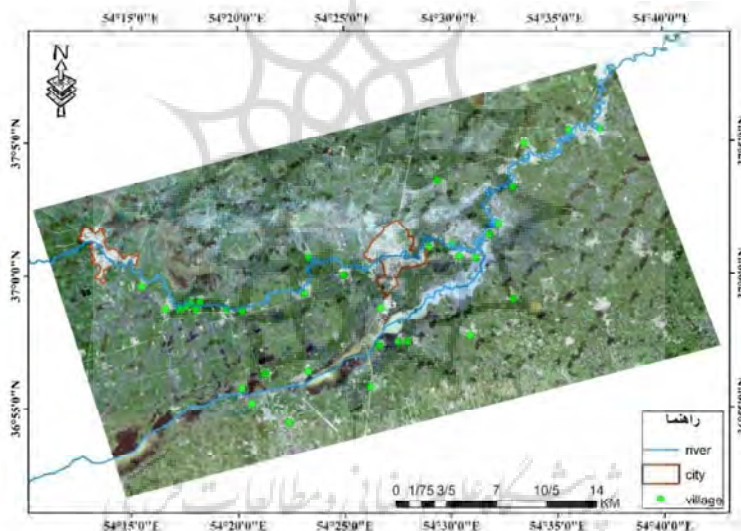
یافته‌های پژوهش

پهنه‌بندی سیل و تخمین خسارت

بررسی خسارت سیل به وسیله داده‌های سنتینل به علت ارائه دید کلی از محدوده سیل زده می‌تواند راهی سریع و آسان برای تخمین میزان خسارت وارده باشد و همچنین می‌تواند در کمترین زمان ممکن اطلاعات مورد نیاز را در اختیار کاربران قرار دهد. در تحقیق حاضر میزان خسارت وارد شده سیل سال ۱۳۹۸ آق قلا در بخش کشاورزی است که در محیط متن‌باز و تحت وب گوگل ارث انجین انجام شده است، محدوده زمانی تصاویر سنتینل ۲ را در بین ۲۰۱۹/۰۳/۰۱ تا ۲۰۱۹/۰۳/۱۵ و برای تصاویر محدوده زمانی بعد از سیل را از تاریخ ۲۰۱۹/۰۳/۲۰ تا ۲۰۱۹/۰۵/۲۰ مشخص شد (شکل ۴ و ۵). علت طولانی بودن مدت زمان تصاویر به علت وجود آب در منطقه به مدت ۴۵ تا ۶۰ روز بود.

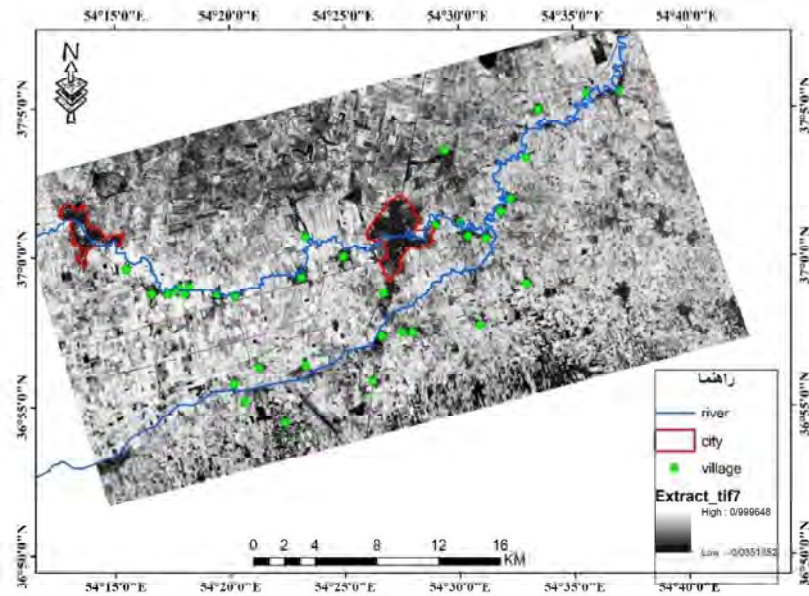


شکل شماره ۴. تصویر سنتینل ۲ قبل از سیل

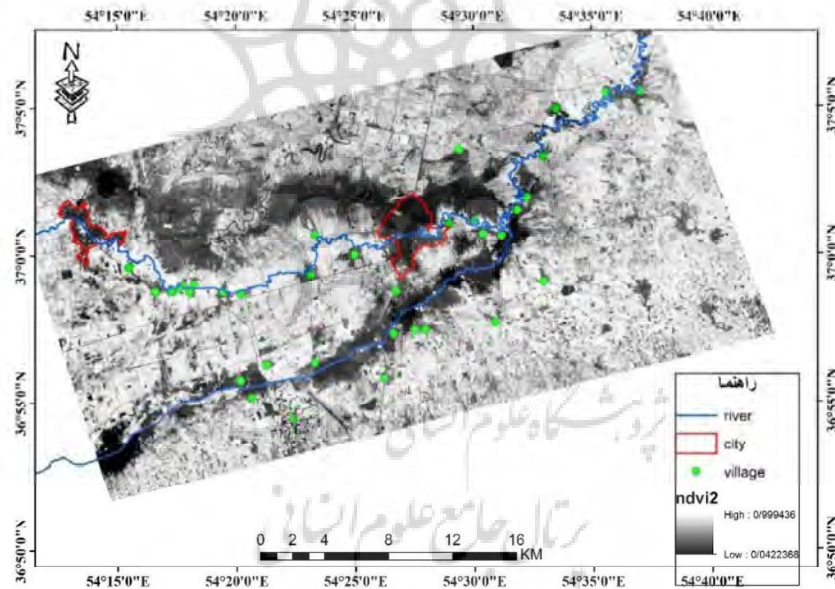


شکل شماره ۵. تصویر سنتینل ۲ بعد از سیل

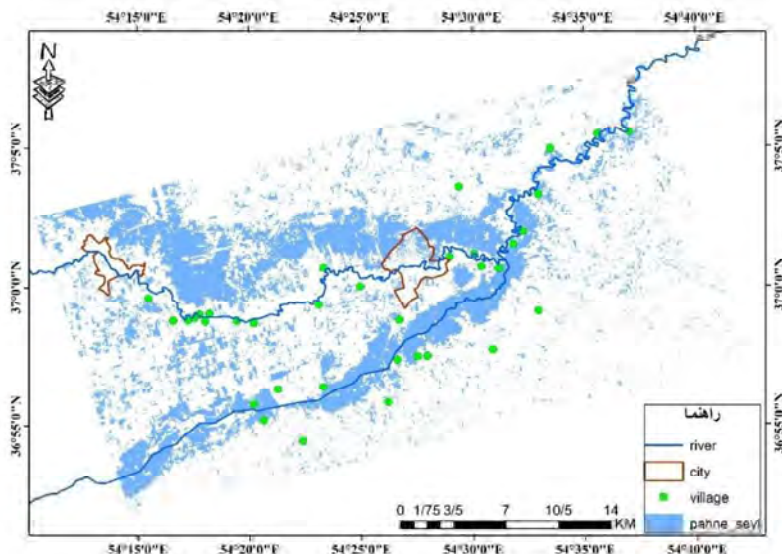
با استفاده از باندهای مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز پوشش گیاهی NDVI محدوده مورد مطالعه را برای تصاویر هر دو تاریخ قبل و بعد از سیل را به دست آورده (شکل ۶ و ۷) و با استفاده از میزان اختلاف دو تصویر محدوده تجمعی سیلاب مشخص گردید که شکل ۸ مجموع آب‌گرفتگی‌های رخ داده از شروع سیلاب تا زمانی که تمام آب‌های موجود در منطقه مورد مطالعه تخلیه، یا تبخیر شدند و یا جذب خاک شده‌اند را نشان می‌دهد.



شکل شماره ۶. تصویر NDVI قبل از سیل

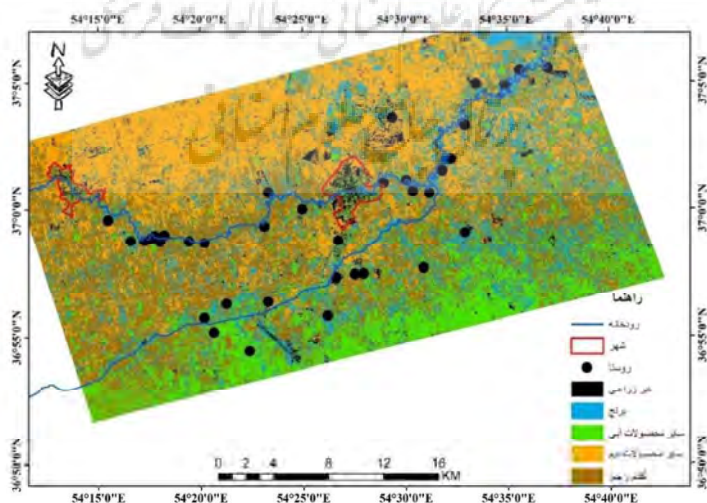


شکل شماره ۷. تصویر NDVI بعد از سیل



شکل شماره ۸. بپنه سیلابی به‌دست‌آمده از اختلاف دو دوره NDVI

تصویر به‌دست‌آمده از اختلاف NDVI دو دوره نشان‌دهنده محدوده تجمعی سیلاب در منطقه مورد مطالعه می‌باشد که از ۸۹۲۳۳٫۵۹ هکتار که شامل کل محدوده مورد مطالعه است، ۲۰۲۰۴٫۹۱ هکتار آن معادل با ۲۲/۶۴ درصد کل محدوده دچار آب‌گرفتگی شده است. همچنین با استفاده از تصاویر فصل‌به‌فصل (دوره فصلی) سنتیل ۲ برای منطقه مورد مطالعه و به دست آوردن NDVI هر دوره از آن‌ها و در نهایت ترکیب آن با هم در محیط گوگل ارث انجین با استفاده از اطلاعات سامانه اطلاعاتی GFSAD با دقت ۳۰ متر که در سایت USGS ثبت شده، استخراج و نوع کشت منطقه بر اساس کشت دیم یا آبی بودن منطقه مشخص گردید. برای تفکیک بهتر نوع کشت زمین‌های کشاورزی منطقه مورد مطالعه از هر نوع کشت دیم و آبی محصولات شاخص‌تر مشخص شدند که محصول برنج به‌عنوان محصولی با کشت آبی و محصولات گندم و جو به‌عنوان محصولات کشت دیم که در شکل ۹ قابل مشاهده می‌باشد.

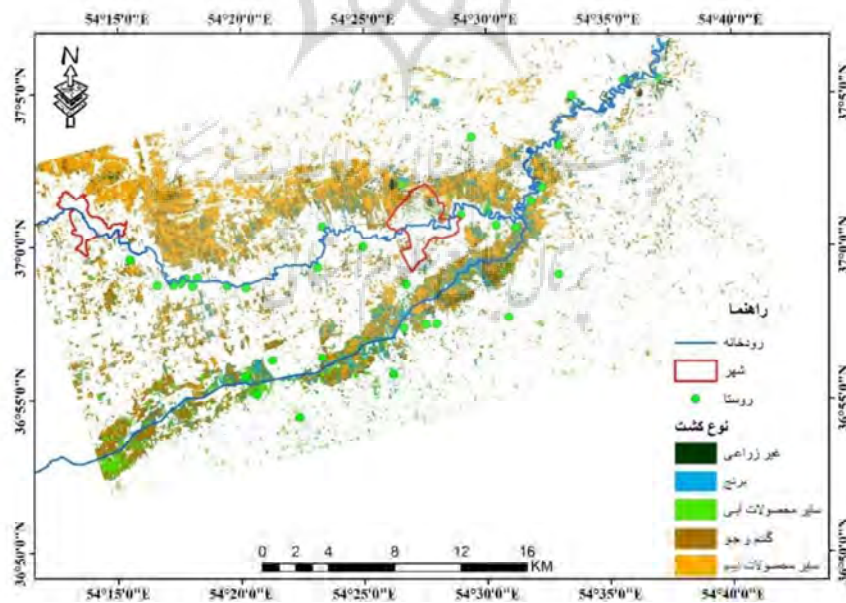


شکل شماره ۹. نوع کشت در منطقه مورد مطالعه

با توجه به نقشه‌های بهد ست‌آمده از تفکیک نوع کشت منطقه و بازدید میدانی انجام شده تعداد زیادی از رو ستها در نزدیکی رودخانه و زمین‌های کشاورزی با کشتهای مختلف وجود دارد (شکل ۱۰). در انتها با استفاده از نقشه تجمعی سیلاب بهد ست‌آمده از تصاویر سنتیل و ترکیب آب با نقشه بهد ست‌آمده از اطلاعات نوع کشت محصولات منطقه مورد مطالعه مناطق سیل‌زده از سایر مناطق تفکیک شده است (شکل ۱۱) که مساحت مناطق سیل‌زده در جدول شماره ۱ آمده است.



شکل شماره ۱۰. کشت گندم در اطراف روستای قانقرمه



شکل شماره ۱۱. محدوده زمین‌های سیل‌زده

جدول شماره ۱. اطلاعات مساحت زمین‌های کشاورزی محدوده مورد مطالعه بر حسب هکتار

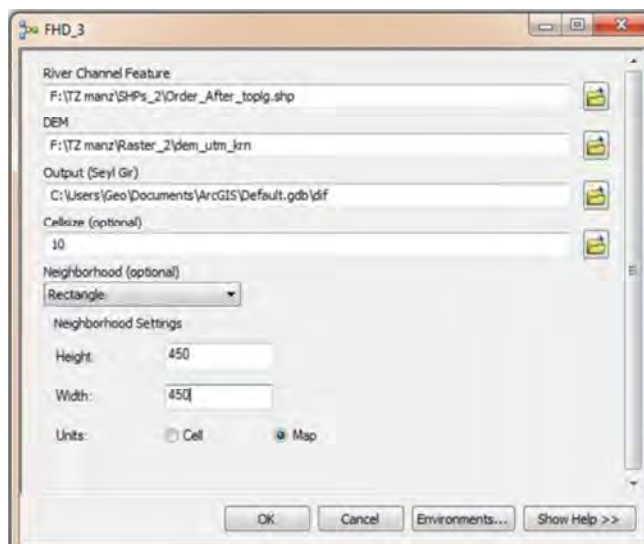
نوع کشت	مساحت کل زمین‌های منطقه مورد مطالعه	درصد زمین‌های منطقه مورد مطالعه	مساحت زمین‌های سیل‌زده	درصد زمین‌های سیل‌زده
زمین‌های غیر زراعی	۳۱۰۷/۶۴	۳/۴۸	۶۹۲/۲۶۶	۰/۸۷
زمین‌های کشت آبی (برنج)	۱۷۰۳۵/۹۲	۱۹/۰۹	۳۶۴۶/۲۰	۴/۰۹
سایر محصولات کشت آبی	۱۲۸۸۸/۰۶	۱۴/۴۴	۱۵۶۶/۵۷۸	۱/۷۶
زمین‌های کشت دیم محصولاتی مانند گندم و جو	۲۷۹۵۲/۹۹	۳۱/۳۳	۶۱۷۳/۰۲۵	۶/۹۲
سایر محصولات کشت دیم	۲۸۴۸/۹۹	۳۱/۶۵	۷۹۰۸/۲۲۰	۸/۸۶
مجموع مساحت	۸۹۲۲۳/۵۹	۱۰۰	۱۹۹۸۶/۲۹	۲۲/۴۰

با توجه به نقشه‌ها و جدول اطلاعات به دست آمده از مساحت کاربری زمین‌ها، از ۱۰۰ درصد زمین‌هایی که در محدوده مورد مطالعه وجود دارند ۲۲/۴۰ درصد دچار سیل شده‌اند که بیشترین میزان خسارت وارده به زمین‌های کشت دیم بوده که از مجموع ۶۲/۹۸ درصد از کل زمین‌های کشت دیم ۱۸/۷۸ درصد دچار سیل زدگی شده‌اند، و ۵/۸۵ درصد از ۳۳/۵۳ درصد کل زمین‌های کشاورزی آبی دچار سیل شده‌اند.

پهنه‌های خطرپذیر منطقه مورد مطالعه بر اساس اختلاف ارتفاع

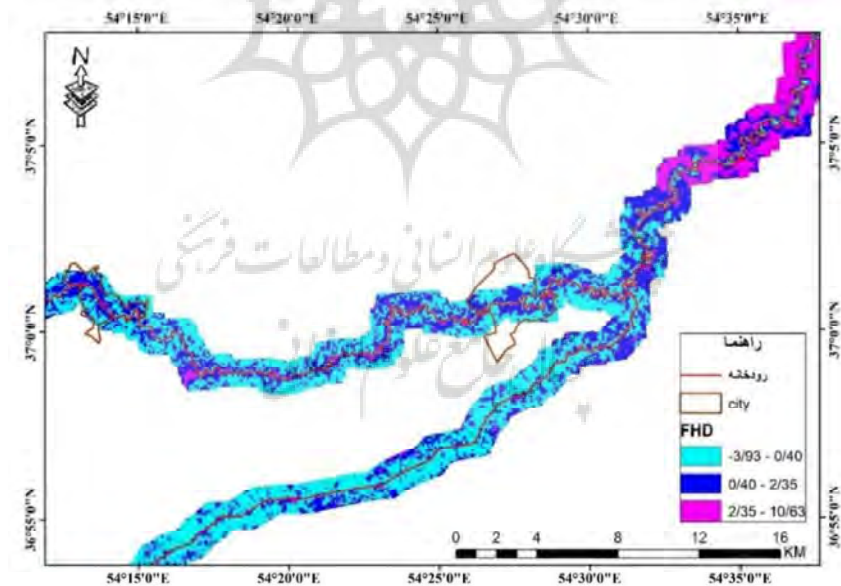
از آنجایی که معمولاً ارتفاع یک حوزه آبخیز متغیر است و بستر رودخانه در ارتفاع‌های مختلف جریان دارد و DEM، ارتفاع هر نقطه را از سطح دریا نشان می‌دهد، نمی‌توان اختلاف ارتفاع محدوده‌های اطراف رودخانه را با عملگرها و توابع ریاضی موجود در GIS یا نرم‌افزارهای دیگر به دست آورد. از طرف دیگر، یک شاخه از رودخانه در طول مسیر خود مجموعه‌ای از نقاط با ارتفاع‌های متفاوت دارد. به عبارتی بسته به شیب منطقه، بستر رودخانه با در نظر گرفتن آن به عنوان یک عارضه خطی در یک بازه، مجموعه‌ای از پیکسل‌ها با ارتفاع‌های مختلف را قطع می‌کند. بنابراین برای به دست آوردن اختلاف ارتفاع هر محدوده نیاز است که مانند روش‌های بکار رفته در GeorAS-HEC یا WMS از ایجاد نیمرخ‌های عرضی استفاده کرد. در این روش برای این منظور و جهت محاسبه اختلاف ارتفاع نقاط از محدوده‌های اطراف نیاز به ایجاد نیمرخ عرضی نیست. این روش به شیوه‌ای عمل می‌کند که گویی در محدوده هر پیکسل نیمرخ عرضی عمود بر مسیر جریان رودخانه ایجاد شده است. مدل‌های بسیاری برای تعیین پهنه‌های سیل‌گیر وجود دارد که هیچ‌کدام از آن‌ها اختلاف ارتفاع دست‌سیلابی را در واحد پیکسلی یا استفاده از روابط هم‌سایگی و در محدوده‌های کوهستانی پرشیب محاسبه نکرده‌اند (Teng et al., 2017).

مدل FHD که برای نخستین بار در سال ۲۰۱۷ به‌عنوان ابزاری برای ArcToolsBox محیط GIS برای انجام محاسبه طراحی شد از دو ورودی یکی بستر رودخانه به صورت شیب فایل خطی و DEM به صورت لایه رستری ارتفاعی استفاده می‌کند. خروجی مورد نظر نقشه رستری است که در محدوده ۴۵۰ متر در اطراف رودخانه اختلاف ارتفاع را به دست می‌آورد. این ابزار در سیستم‌ها و در محدوده‌های متفاوت بررسی و نتایج با شرایط میدانی راست‌آزمایی شده و خروجی مورد نظر را با موفقیت به دست داده است (شکل ۱۳). با داشتن حجم دبی اوج در بالادست هر نقطه در یک منطقه و مساحت پهنه‌های حاصل از خطوط هم‌میزان می‌توان بر مبنای معادله حجم، ارتفاع تقریبی آب را برای یک مخروط نامنظم به دست آورد (نظام محله و همکاران، ۲۰۱۷).



شکل شماره ۱۳. ابزار طراحی شده در این پژوهش برای تهیه خروجی اختلاف ارتفاع از بستر برای محدوده‌های مختلف منبع: (نظام محله و همکاران، ۲۰۱۷)

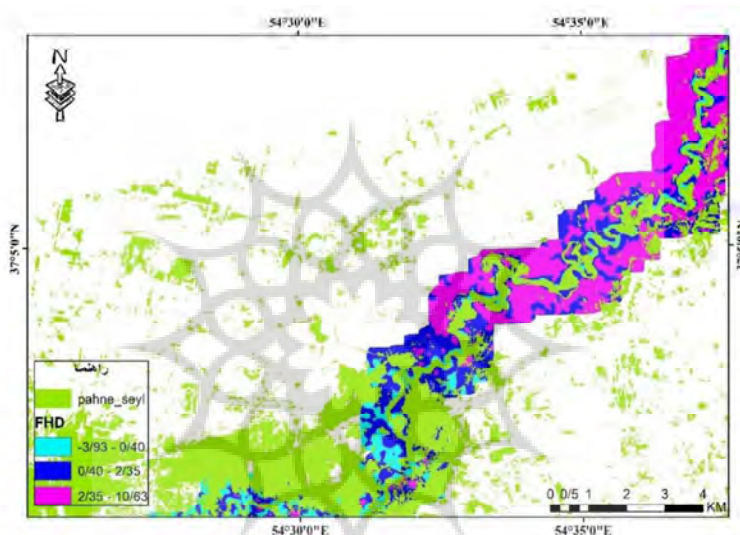
در اجرای مدل FHD برای منطقه آق‌قلا از فایل DEM با دقت ۱۲/۵ متر استفاده شد و نتیجه آن با پهنه‌هایی که در سیلاب سال ۹۸ در منطقه رخ داد مقایسه شد که نشان‌دهنده تطبیق در منطقه مورد مطالعه دارد و این نشان‌دهنده اجرای صحیح مدل در منطقه است (شکل ۱۴).



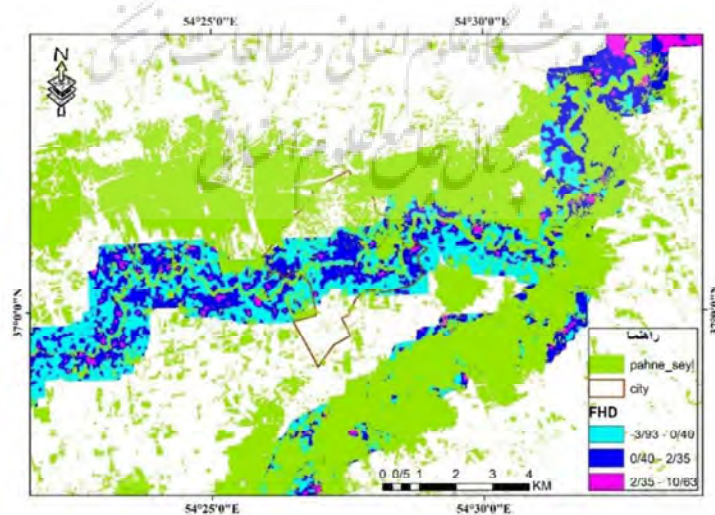
شکل ۱۴. مدل FHD اجرا شده در محدوده مورد مطالعه

مدل FHD این توانایی را دارد تا مناطقی که مستعد سیل هستند، را حتی پیش از وقوع سیل شناسایی کند، در این تحقیق برای صحت‌سنجی نقشه‌های به دست آمده از مدل FHD دو منطقه از محدوده مورد مطالعه به‌عنوان نمونه، انتخاب شد و با نقشه‌های تجمعی سیلاب سنتیل ۲ مقایسه‌ای انجام شد تا صحت مدل مورد بررسی قرار گیرد که دو

منطقه با دو نوع طبقه‌بندی پرخطر و کم‌خطر برای سیل به‌عنوان شاخص قرار گرفت که منطقه اول در شکل ۱۵ منطقه شمال شرقی محدوده است که منطقه‌ای با خطرپذیری کم را نشان می‌دهد و فقط منطقه کوچکی که محل آبراهه است را به‌عنوان منطقه سیل‌گیر نشان می‌دهد که با توجه به پهنه‌های سیلاب به‌دست آمده، سیلاب دقیقاً در منطقه‌ای که مدل FHD به ما نشان می‌دهد آب وجود دارد و منطقه دوم که در شکل ۱۶ قابل مشاهده می‌باشد در محدوده شهر آق‌قلا و اطراف آن مورد بررسی قرار گرفت که در این قسمت رودخانه به علت عبور از مرکز شهر و عمق کم آب‌گرفتگی‌های مرکز شهر تصاویر انعکاس دقیقی را از آب نشان نمی‌دهند و همچنین به دلیل وجود شیب مایل به سمت شمال، تجمع آب در خارج از شهر و در قسمت شمالی قابل مشاهده است که به دلیل اینکه مدل فقط تا فاصله ۴۵۰ متری منطقه را برای ما مشخص می‌کند ممکن است عدم تطابق تصاویر با مدل مشاهده شود اما در قسمت جنوبی رودخانه، با توجه به داده‌های موجود و پهنه خطرپذیری مدل، تطبیق کامل بین هر دو وجود دارد.



شکل شماره ۱۵. تصویر FHD و پهنه سیلاب در شمال شرقی محدوده مورد مطالعه



شکل ۱۶. تصویر FHD و پهنه سیلاب در محدوده شهر آق‌قلا و اطراف آن

نتیجه گیری

سیل یکی از مخاطراتی است که در سراسر کشور در فصول مختلف به کرات اتفاق می افتد و بررسی قبل، حین و بعد از وقوع سیل از موضوعات پراهمیت است. داده های سنتینل برای بررسی حین و بعد از وقوع سیل سرعت پردازش زیادی به کاربر می دهد، اما تحقیقات و بررسی های قبل از وقوع سیل برای مدیریت بحران از اهمیت بیشتری برخوردارند. ابزار FHD به راحتی می تواند حریمی مشخص را در اطراف رودخانه بر اساس سطح ارتفاع و بستر رودخانه بررسی و مورد پردازش قرار دهد و پس از آن مناطق خطرناک و مناطق امن را مشخص کند. طبیعتاً هرچه دقت DEM مورد استفاده بیشتر باشد دقت خروجی مدل FHD نیز بیشتر خواهد بود، در تحقیق انجام شده از DEM 12.5 متری استفاده شده است که نتیجه خروجی آن با داده های به دست آمده از پهنه تجمعی سیلاب تطابق کامل دارد، در مکان هایی که مدل به عنوان مکان امن مشخص کرده بود (شرق منطقه مورد مطالعه)، کمترین میزان آب گرفتگی در سال ۹۸ ثبت شد و در اطراف شهر آق قلا که مدل بیشترین میزان سیل گیری را نشان می دهد در سیل سال ۹۸ بیشترین میزان آب گرفتگی رخ داده است. در محدوده مورد مطالعه و در اطراف شهر آق قلا، تعداد زیادی روستا وجود دارد و سراسر منطقه زمین های کشاورزی با کاربری متنوع وجود دارد که در سیل سال ۹۸ در منطقه مورد مطالعه از ۱۰۰ درصد زمین های موجود حدود ۲۲٫۵ درصد زمین های آن دچار سیل شده اند که از این میزان نیز حدود ۱۵٫۵ درصد زمین های کشت دیم و مابقی زمین های کشت آبی بوده اند. نتایج تحقیق داده های رادار نشان داد، در محدوده مورد مطالعه در تاریخ ۲۳ مارس، ۱۱۵ کیلومتر مربع و در تاریخ ۲۹ مارس، ۱۰۷ کیلومتر مربع در اثر سیل فروردین ۹۸ به زیر آب رفته است.

تقدیر و تشکر

بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله حامی مالی نداشته است.

منابع

- افشین، بدالله (۱۳۷۳). *رودخانه های ایران*. جلد اول، چاپ اول، تهران: وزارت نیرو.
- اردوان، بهزاد؛ مقیمی، ابراهیم و اسدیان، فریده (۱۳۹۵). پتانسیل سیل خیزی حوضه گرمی با تأکید بر مدیریت مخاطرات با استفاده از روش SCS (رودبار، گیلان). *مجله مدیریت مخاطرات محیطی*، ۳ (۴)، ۳۳۰-۳۱۵.
- پژوهشگاه فضایی ایران، (۱۳۹۸). *گزارش فعالیت های گروه سنجش از دور مرکز تحقیقات فضایی پژوهشگاه فضایی ایران برای کمک به مدیریت سیل در استان های گلستان، لرستان و خوزستان*.
- پنجه کوبی، پرویز؛ ریحانی پروری، محمد؛ جاوردی، مهدی و رحمن نیا، محمدرضا (۱۳۹۹). واکوی شدت-مدت-مساحت بارش و تأثیر آن در سیل با استفاده از تصاویر و داده های رادار (مطالعه موردی: سیل هشتم خرداد ۱۳۹۳). *مجله سنجش از دور و GIS ایران*، ۱ (۴۵)، ۷۳-۸۶.
- جلالیان، سیدا سحاق. (۱۴۰۰). ارزیابی و پهنه بندی سیل خیزی در مقیاس زمانی و مکانی مطالعه موردی: حوضه آبخیز گرگان رود استان گلستان. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۱ (۴۲)، ۱۶۲-۱۴۳.
- سلیمانی، کریم؛ شریفی پور، مهدی و عبدلی بوزانی، سپیده (۱۳۹۹). الگوریتم آشکار سازی پهنه های خسارت سیل با استفاده از تصاویر سنتینل ۲ (مطالعه موردی: سیلاب فروردین ۱۳۹۸ استان گلستان). *مجله اکوهیدرولوژی*، ۷ (۲)، ۳۱۲-۳۰۳.
- عمادالدین، سمیه و محمد قاسمی، مسعود. (۱۴۰۰). پایش نقشه های سیلاب با استفاده از تصاویر راداری (SAR) (مطالعه موردی: سیل فروردین ۱۳۹۸، شهرستان آق قلا). *تشریح پژوهش های تغییرات آب و هوایی*، ۲ (۶)، ۹۶-۷۹.
- محمد نژاد آروق، وحید. (۱۴۰۰). تهیه نقشه گسترش سیلاب با استفاده از تصاویر راداری سنتینل ۱. مطالعه موردی: سیل فروردین ۱۳۹۸ شهرستان پلدختر. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۱ (۴۱)، ۸۰-۶۹.
- گنجی، کامران؛ قره چلو، سعید و احمدی، احمد. (۱۳۹۹). بررسی اثر شاخص های مورفولوژیکی رودخانه گرگان رود بر پهنه های سیلاب با استفاده از داده های سنجش از دور و تحلیل مکانی (منطقه مطالعاتی: شهر آق قلا). *مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۹ (۳۵)، ۲۰۵-۲۵۵.

References

- 1) Afshin, Y. (1994). *Rivers of Iran, first volume*. first edition, Tehran: Ministry of Energy. [In Persian]
- 2) Ardavan, B., Moghimi, I., & Asadin, F. (2016). Estimating Flood potential of Germe basin with emphasize on risk management by using SCS method (Rudbar, Gilan Province). *Journal of Environmental Risk Management*, 3(4), 315-330. [In Persian]
- 3) Ban. Y., Jacob. A., & 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, 28-37.
- 4) Boccardo, P., & Tonolo, F.G. (2015). Remote sensing role in emergency mapping for disaster response. *Engineering Geology for Society and Territory*, 5, 17-24.
- 5) Carroll. M.L., Townshend. J.R., DiMiceli. C.M., Noojipady. P., & Sohlberg, R.A. (2009). A new global raster water mask at 250 m resolution. *International Journal of Digital Earth*, 2 (4), pp. 291–308.
- 6) Brakenridge. R., & Anderson, E. (2006). *MODIS-based flood detection, mapping and measurement: the potential for operational hydrological applications*. Transboundary floods: reducing risks through flood management, pp. 1–12.
- 7) Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, Emergency Events Database (CRED EMDAT), 2015, <http://www.emdat.be/>.
- 8) Chen, S.A., Evans, B., Djordjevic. S., & Savic, D.A. (2012). Multi-layered coarse grid modeling in 2D urban flood simulations. *Journal of Hydrology*, 470/471, 1-11.
- 9) Choudhari, K., Panigrahi. P., & Chandra Paul, j. (2014). Simulation of rainfall-runoff process using HEC-HMS model for Balijore Nala watershed, Odisha, India. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 5(2), pp.253-265
- 10) De Risi, R., Jalayer, F., & De Paola, F. (2015). Meso-scale hazard zoning of potentially flood prone areas. *Journal of Hydrology*, 527, 315-325.
- 11) Dovonce, E. (2000). *A physically based distributed hydrologic model*. Master of Science Thesis, the Pennsylvania State University.
- 12) Emadodin, S., & Mohammad Ghasemi, M. (2021). Monitoring of flood expansion maps using radar images (SAR) (Case study: Flood in March 2019, Aq Qala city). *Journal of Climate Change Research*, 2(6), pp. 79-96. [In Persian]
- 13) Ganji, K., Qara Chelo, S., & Ahmadi, A. (2020). Investigation of the effect of morphological indicators of Gorganrood river on flood zones using remote sensing data and spatial analysis (Study area: Aq Qala city). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 9(35), pp. 205-255. [In Persian]
- 14) Giordan, D., Notti, D., Villa, A., Zucca, F., Calò, F., Pepe, A., Dutto, F., Pari, P., Baldo, M., & Allasia, P. (2018). Low cost, multiscale and multi-sensor application for flooded area mapping. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, 18, 1493–1516.
- 15) Hervé Kouassi, K., Alexis N'go, Y., Anoh, K., Jean-Jacque Koua, T., & Constantin Stoleriu, C. (2020). Contribution of Sentinel 1 radar data to flood mapping in the San-Pédro River Basin (South-west Côte d'Ivoire). *Asian Journal of Geographical Research*, 3, 1-8.
- 16) Iran Space Research Institute, (2018). *Report on the activities of the Remote Sensing Group of the Space Research Center of the Iran Space Research Institute to help flood management in Golestan, Lorestan and Khuzestan provinces*. [In Persian]
- 17) jalaliyan, S.I. (2022). Evaluating and zoning flooding on a temporal and spatial scale (Study Area: Gorgan River Watershed in Golestan Province). *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*, 11(42), 107-125. [In Persian]
- 18) Kumar, R., Singh, R., Gautam, H., & Pandey, M.K. (2018). Flood hazard assessment of August 20, 2016 floods in Satna District, Madhya Pradesh, India. *Remote Sensing Application: Society and Environment*, 11, 104–118.
- 19) Matgen, P., Schumann. G., Henry. J.B., Hoffmann. L., & Pfister, L. (2007). Integration of SAR-derived river inundation areas, high-precision topographic data and a river flow model toward near real-time flood management. *International Journal of Applied Earth Observation and Geo information*, 9(3), pp.247-263.
- 20) Mohamad Nejhadd, V. (2021). Flood extent area mapping using sentinel 1 SAR image (a case study: the flood of Poledokhtar, march 2021). *Geographical planning of Space Quarterly Journal*, 11(41),69-80. [In Persian]
- 21) Nascimento, N., Lea Machado, M., Baptista, M., De Paula, E., & Silva, A. (2007) The assessment of damage caused by floods in the Brazilian context. *Journal of Urban Water*, 4(3), pp. 195-210.
- 22) Nezammahalleh, M., Yamani, M., Gorabi, A., Masghsodi, M., & mohammadkhan, S. (2017)

- Evaluation of a GIS-Based Floodplain Height Difference Model for Flood Inundation Mapping, Case Study: Rudbar, Iran, *Journal of Environmental Treatment Techniques*, 3, 100-106.
- 23) Panjekoobi, P., Reyhani Parvari, M., Javerdi, M., & Rahman Nia, M. (2020). Investigation of Intensity-Duration- Area of Rainfall and its Impact on Floods Using Radar Images (Case Study of the Flood on May 2014). *Remote Sensing and GIS*, 1(45), 73-86. [In Persian]
- 24) Rahman, R., & Thakur, P. (2017). Detecting, mapping and analysing of flood water propagation using synthetic aperture radar (SAR) satellite data and GIS: A case study from the Kendrapara District of Orissa State of India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 21, 537-541
- 25) Revellino, P., Guerriero, L., Mascellaro, N., Fiorillo, F., Grelle, G., Ruzza, G., & Guadagno, F.M. (2019) Multiple Effects of Intense Meteorological Events in the Benevento Province, Southern Italy. *Water*, 11(8), 1560.
- 26) Ruzza, G., Guerriero, L., Grelle, G., Guadagno, F.M., & Revellino, P. (2019). Multi-Method Tracking of Monsoon Floods Using Sentinel-1 Imagery. *Water*, 11(8), pp.1-23.
- 27) Smith, K., & Ward, R. (1998) Floods: Physical processes and human impacts, New York: Wiley.
- 28) Shen, X., Wang, D., Mao, K., Anagnostou, E., & Hong, Y. (2019). Inundation extent mapping by synthetic aperture radar: a review. *Remote Sensing*, 11(7), 879.
- 29) Solaimani, K., Sharifipour, M., & Abdoli Boozhani, S. (2020). Flood Damage Detection Algorithm Using Sentinel-2 Images (Case Study: Golestan Flood of March 2019). *Journal of Echo Hydrology*, 7(2), pp. 303-312. [In Persian]
- 30) Tiwari, V., Kumar, V., Mir Abdul, M., thapa, A., Lee Ellenburg, W., Gupta, N. & Thapa, S. (2020). *Flood inundation mapping- Kerala 2018; Harnessing the power of SAR*, automatic threshold detection method and Google Earth Engine, Plos one, pp. 1-17.

