Research Paper

Monitoring the Quality Changes of Surface Water Resources Affected by Earthquakes (case study: Sarpol Zahab-Ezgole Earthquake on 21 November, 2016)

Ali Abdol Maleki[1], Amjad Maleki[2*], Ali Khazaei[3]

DOI: 10.22034/HYD.2023.54570.1666

Refference to this article: Abdol Maleki, A; Maleki, A; Khazaie, A (2023). Monitoring the Quality Changes of Surface Water Resources Affected by Earthquakes (case study: Sarpol Zahab-Ezgole Earthquake on 21 November, 2016). *Hydrogeomorphology*, 10(35): 16-33.

Keywords

Earthquake, STARFM algorithm, Qualitative changes of water resources, SNAP SANTINEL, Sarpol Zahab.

Receive Date: 2022/12/21

Accept Date: 2023/07/03

Available: 2023/07/21

A B S T R A C T

In addition to damaging structural effects, earthquakes also have adverse environmental effects, including polluting water resources. In this article, the quality changes of surface water resources due to earthquakes are monitored. In the present research, in order to achieve the above goal, by using various data from Sunnynell 1 satellites, optical data from Landsat 8, and Madis satellite images, the data has been unified in such a way that they can be used together in the form of a dataset for processing. be placed in this research, by using the combination of satellite images (radar and optics), the Starfam algorithm, the spectral signature of Sentinel 1 data and the use of remote sensing indicators (MNDWI, NDVI and RGB color combination), water resources The studied area was identified and then the quality changes of surface water resources affected by the earthquake were obtained in the environment of ARC GIS and SNAP SANTINEL software. The results show that the earthquake caused shaking and displacement of the surface and subsurface layers of the earth and due to the karstic location of the studied area, it caused an increase in the concentration of dissolved anions and cations in water. In the studied area, the role of faults is very obvious. According to the geological structure of Zagros, Sarpol-Zahab city has numerous faults and the most changes of water resources are located in the main path of the faults and follow the fault lines of the region. Also, in terms of geology.

*** Corresponding Author: Eisa Jokar Sarhangi**
E-mail: a.maleki@razi.ac.ir

1. Ph.D. student in Geomorphology, Razi University, Kermanshah, Iran.
2. Associate Professor (Geomorphology), Razi University, Kermanshah, Iran.
3. Laboratory Expert, Razi University. Kermanshah, Iran.

Extended Abstract

Introduction

Iran is among the countries that are located on an earthquake belt, as news of earthquakes across the country is heard every day. Earthquakes not only leave destructive impacts on human-made structures but also have harmful effects on the biological environment. Earthquakes could also cause surface and groundwater pollution (qualitative changes). Using remote sensing technologies in various earth sciences is more common than ground methods due to their wide coverage of satellite images, up-to-date images, and low costs. Major features of satellite images help evaluate and monitor such dynamic phenomena as the qualitative changes of water resources in temporal and spatial dimensions. Optical data are significantly affected by environmental factors. Unlike optical sensors, radar data, while being independent of climate conditions, can provide more information. Therefore, a combination of various features of optical images and radar data using remote sensing technology can provide complete insight into the intended target and present a higher reliability and validity for the results that are obtained.

This study monitors the qualitative changes in surface water resources as a result of the Sarpol Zahab-Ezgole earthquake using various data of Sentinel 1 Satellite images, Landsat data, and MODIS satellite images (MOD09). It also combines satellite images (both radar and optical data), the STARFM algorithm, the Spectral Signature of Sentinel 1 data, as well as remote sensing indices to identify surface waters and then their qualitative changes as affected by the earthquake in the ARC GIS, and SNAP SANTINEL software environment. Results indicate that earthquakes increase the concentration of the anions and cations solution of surface water resources, which makes it impossible to use water resources for the subsequent few days, due to the karstic, geological, and fault location of the region under study. Results also suggested that faults played a major in the region under study, with the highest changes of water resources occurring on the main path of the regional faults, as the highest water resource changes were noted in the lime Asmari Formation from a geological perspective.

2-Materials and Procedure

This study used the geological map (1:100000) (National Geological Survey), and Digital Elevation Model (DEM) (12.5 m); also, to determine the qualitative changes of surface water resources, the study used the images of three satellites, namely, Landsat 8 (Nov. 10, 2017), Sentinel 1 (Nov. 10, 2017, and Nov. 17, 2017), and a series of MODIS satellite products (Nov. 11, 2017 and Nov. 17, 2017). This study used an analytical and descriptive method and used satellite data and images to finally analyze field data and observations. Images of Sentinel Satellite 1 were used to identify and monitor the qualitative changes in water resources on Nov. 10, 2017, and Nov. 17, 2017; the images were then prepared and analyzed after being initially processed and pre-processed in SNAP SANTINEL software. After the necessary investigation of the factors affecting the quality of water resources in the studied region, including precipitation, winds, etc. 10 spots (places) of the region under study on the images before and after the earthquake were examined based on the dispersion range of the reflectance of the desired bands on the two said dates, and the relationship between the spots with the qualitative changes and the faults, lithology, slope, and the slope direction of the region were analyzed. Later, the STARFM algorithm was used to combine the images of the Landsat 8 satellite with MOD09 products and the MODIS satellite following the earthquake to monitor qualitative changes. For this, the spectral signature profile of two levels (pixel and total drinking water resources) of the city of Sarpol Zahab (Sarab Garm) was used. Then, to reveal quality changes across the region, two stages were used to identify the qualitative changes.

First Stage: Identification of surface water resources, including 1: Creating the color combination of Bands 5-6-4; 2: Creating the color combination of RGB, 3: Using the NDVI index, and 4: Using the MNDWI index

Second Stage: 1: Comparing the reflectance of radar data before and after the earthquake, and 2: Using the STARFM algorithm

3- Study Findings

Using the STARFM algorithm in this study to monitor and investigate the qualitative changes in surface water resources helps determine the level of qualitative changes in the surface water resources in the area under study. Compared to other methods, this method had better performance and demonstrated qualitative changes well. Also, a combination of radar and optical data for the identification of surface water resources provides a good potential.

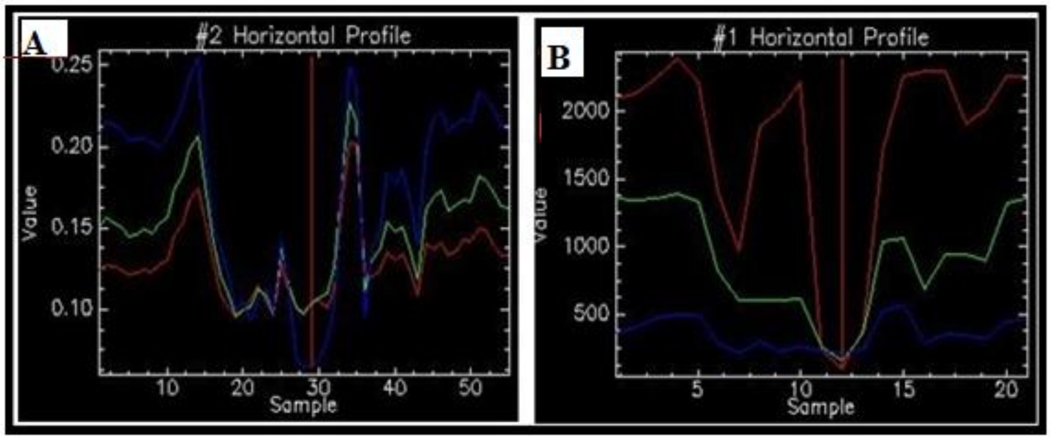


Figure 1: Reflectance profile at sarab garm of Sarpol Zahab (A: Reflectance profile at Sarab garm of Sarpol Zahab Before the earth quake, and B: Reflectance profile at Sarab Garm of Sarpol Zahab After the earthquake)

Results from comparing the reflectance of radar data indicated that this method did not fully demonstrate qualitative changes in high resolution, while this method can be acceptable only if it is validated with other methods and field operations.

4- Conclusions

Since old times, water has been key to human life. The occurrence of various crises in recent years in the country such as earthquakes has required paying special attention to post-crisis management. In this connection, securing the primary needs of the citizens of a city is a critical issue. No doubt, the negative impacts of earthquakes on the water resource quality have aggravated. The remote-sensing technology serves as a reliable method to analyze and interpret the qualitative changes of water, thanks to its accessibility of information, and low-cost and cost-saving advantages. This method has also proved to be highly accurate. Thus, this study monitors and investigates the qualitative changes in surface water resources following the earthquake of November 12, 2017, in the city of Sarpol Zahab using satellite (remote-sensing) data, suggesting severe qualitative changes in surface water resources after the earthquake in the region. Results showed that the earthquake caused severe qualitative changes, which consequently made it impossible to use water resources for the subsequent few days. Results also demonstrated that the earthquake had caused aftershocks, which displaced surface and sub-surface layers of the ground, resulting in the increased concentration of the anions and cations solution in water, due to the karstic location of the region. In sum, geological factors such as the role of faults in the region should be focused on. Considering its geological structure in Zagros and special geomorphology, Sarpol Zahab City has various faults, with the highest water resource changes noted on the main path of the faults, which follow regional fault lines. From a geologically perspective, the Asmari Formation in the region under study is one of the outstanding formations of the sedimentary-structural state index of Zagros. This formation covers a significant span in Zagros and is the youngest reservoir rock of hydrocarbons in Zagros, with the highest water resource changes across the region under study taking place in the lime Asmari Formation.

5-References

Abdolmaleki, A., & Maleki, A. Khazaei, A. (2022). Monitoring the height displacement of the earth and analyzing its geomorphological effects using telemetry data. Remote sensing and geographic information system in natural resources. 12th year, number 4, winter 2022.

Abdolmaleki, A., & Maleki, A. Khazaei, A. (2021). Remote monitoring of quantitative and qualitative changes in water resources caused by Sarpol Zahab-Ezgole earthquake. Dissertation for receiving a master's degree in the field of geography, geomorphology-geomorphology and environmental management. Razi University, Faculty of Literature and Human Sciences, Department of Geography. 2019

Earthquake Report November 12, 2017 Sarpol-e Zahab, Kermanshah Province (Fifth Edition). Volume 1: Seismological Aspects. International Institute of Seismology and Earthquake Engineering.

Maleki, Amjad. Khazaei, Ali. Abdul Maliki, Ali (2022). Evaluation of quantitative changes of surface water resources affected by Sarpul Zahab earthquake using satellite data. Remote sensing and geographic information system in natural resources. Thirteenth year, number one, spring 2022.

Momipour, .M. (۲۰۱۶), Study of coastal water quality with Hyperion hyperspectral satellite images - A case study of Arvandkenar coast. Iranian Journal of Marine Science and Technology

مقاله پژوهشی

پایش تغییرات کیفی منابع آب سطحی متأثر از زلزله
مطالعه موردی: زلزله ۲۱ آبان ۱۳۹۶ سرپل‌ذهاب-ازگله

علی عبدالملکی[۱]، امجد ملکی[۲*]، علی خزایی[۳]

DOI: 10.22034/HYD.2023.54570.1666

ارجاع به این مقاله: عبدالملکی، علی؛ ملکی، امجد؛ خزایی، علی (۱۴۰۲). پایش تغییرات کیفی منابع آب سطحی متاثر از زلزله مطالعه موردی: زلزله ۲۱ آبان ۱۳۹۶ سرپلذهاب-ازگله. *هیدروژئومورفولوژی*، ۱۰ (۳۵): ۳۳-۱۶.

چکیده

ایران از جمله کشور هایی است که بر روی کمربند زلزله واقع شده است و هر روزه اخباری پیرامون وقوع زلزله در کشور به گوش می رسد. زلزله علاوه بر تاثیرات مخرب سازه ای تاثیرات محیط زیستی نیز دارد که از آن جمله می توان به آلودگی منابع آبی اشاره نمود. در این بررسی به پایش تغییرات کیفی منابع آب سطحی شهرستان‌های سرپل‌ذهاب-ازگله، در اثر رخداد زلزله ۲۱ ابان ۱۳۹۶پرداخته شده است. در تحقیق حاضر جهت نیل به هدف فوق با استفاده از داده‌های متنوع ماهواره‌های سنیتنل ۱(S_1A-IW-SLC، با بیس لاین مکانی ۱۰۰ متر)، داده‌های اپتیکی لندست۸ (OLI)، و تصاویر ماهواره‌ای مودیس، محصولات تصحیح شده(MOD09)، داده‌ها به‌گونه‌ای تصحیح گردیدند که بتوانند در کنار همدیگر در قالب یک دیتاست برای پردازش‌ها مورداستفاده قرار گیرند. در این پژوهش با استفاده از روش ترکیب تصاویر ماهواره‌ای(راداری و اپتیک)، الگوریتم استرفام، امضای طیفی داده‌های سنتینل ۱ و بهره گیری از شاخص‌های سنجش از دوری (MNDWI, NDVI و ترکیب رنگی RGB)، منابع آبی منطقه مورد مطالعه شناسایی و سپس تغییرات کیفی منابع آب سطحی متأثر از زلزله در محیط نرم‌افزار ARC GIS و SNAP SANTINEL به‌دست‌آمده است. بررسی نتایج تغییرات کیفی منابع آب‌های سطحی نشان می‌دهد رخداد زلزله با ایجاد لرزه‌ها و پس‌لرزه‌ها باعث تکان خوردن و جابجایی لایه‌های سطحی و زیرسطحی زمین شده و با توجه به موقعیت کارستیکی، زمین شناختی و گسلی منطقه مورد مطالعه باعث افزایش غلظت محلول آنیون‌ها و کاتیون‌های منابع آب سطحی منطقه مورد مطالعه شده و تا چندین روز بعد از رخداد زلزله امکان استفاده از منابع آب وجود نداشته است. از دیگر نتایج این تحقیق می‌توان به نقش عوامل زمین شناختی اشاره داشت که در منطقه مورد مطالعه نقش گسل‌ها بسیار بارز است به‌گونه‌ای که بیشترین تغییرات منابع آب در مسیر اصلی گسل‌های منطقه قرار داشته و از خطوط گسلی پیروی می‌کند. همچنین از لحاظ زمین‌شناسی بیشترین تغییرات منابع آب اتفاق افتاده در سطح منطقه مورد مطالعه بروی سازند آهک آسماری بوده است. از آنجا که اصلی‌ترین منبع تأمین آب شرب در استان کرمانشاه آب‌های زیرزمینی بوده لذا توجه بسیار ویژه و فوری به وضعیت آب‌های زیرزمینی ضمن آگاهی از منابع آبی جدید و مبارزه با بحران آب در بلندمدت و بعد از وقـوع زمـین لـرزه بسیار ضروری است.

کلیدواژه‌ها

زمین لرزه، الگوریتم استرفام، تغییرات کیفی منابع آب، SNAP SANTINL، سرپل ذهاب، غرب ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۳۰

* نویسنده مسئول: امجد ملکی
رایانامه: a.maleki@razi.ac.ir

۱- علی عبدالملکی، دانشجوی مقطع دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۲- امجد ملکی، دانشیار (ژئومورفولوژی)، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۳- علی خزایی، کارشناس آزمایشگاه، دانشگاه رازی. کرمانشاه، ایران.

۱- مقدمه

یکی از تنگناهای اساسی دنیای امروز کافی نبودن آب برای مصارف گوناگون اعم از شرب، صنعت، کشاورزی و محیط‌های طبیعی است(قضاوی و رمضانی سربندی، ۱۳۹۶: ۱۱۱). آب پایه‌ای از زندگی و معیشت و کلید توسعه پایدار است(گوپی و اندرسون[۱]، ۲۰۱۷: ۳). امروزه از مهمترین معظلات مرتبط با آب، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی است(ولی اوغلی و ذاکری نیری، ۱۴۰۰: ۱۶۴). نیاز روزافزون انسان به آب از یکسو و کمبود آن از سوی دیگر، با خطرات متفاوتی نظیر افت سطح، کاهش میزان تغذیه به سبب نقصان بارندگی و آلاینده‌های طبیعی و غیرطبیعی و همچنین تأثیرات بلایایی طبیعی ازجمله زلزله است(عبدالملکی و همکاران، ۱۴۰۱: ۴۱). زلزله علاوه براثرهای مخرب برسازه‌هایی که به دست انسان ساخته‌شده‌اند، بر منابع آبی و چشمه‌ها نیز اثر منفی دار (آمبراسیز[۲] و همکاران،۲۰۱۱). بی‌شک اثرهای منفی زلزله بر منابع آبی هم به لحاظ کمیت و هم به لحاظ کیفیت به مراتب بیشتر شده است. اطلاع از وضعیت کیفی آب‌های سطحی و زیرزمینی با استفاده از شاخص‌های کیفیت آب این امکان را فراهم می سازد تا ضمن استفاده ازاطلاعات بدست آمده در مواقع لزوم بتوان راهکارهای مدیریتی را اتخاذ نمود که کمترین آسیب به این منبع مهم و حیاتی وارد گردد که در این راستا سنجش از دور می تواند نقش مهمی را در ارزیابی کیفیت آب و مدیریت آن ایفا نماید. امروزه سنجش از دور به عنوان یک ابزار بسیار قوی مطرح بوده که جایگاه خاصی در پایش منابع طبیعی به خصوص پایش منابع آب داراست(مومی پور،۱۳۹۴). استفاده از شاخص‌های طیفی و تکنولوژی‌های سنجش‌ازدور برای کنترل و پایش کیفیت آب رودخانه ها، مخازن و آب‌های زیرزمینی بسیار مقرون به صرفه بوده، خصوصا هنگامی که نیاز به داشتن اطلاعات از چند منبع آبی در محدوده‌ای وسیع باشد(عبدالملکی و همکاران، ۱۴۰۱: ۴۳). یکی از موارد مهم برای دستیابی به هدف، انجام طبقه‌بندی با دقت بالا، به‌کارگیری تلفیق داده‌های حاصل از سنجنده‌های مختلف به‌منظور ادغام مزایای داده‌های اولیه و دستیابی به داده‌های با سطح اطلاعات بسیار بالاتر از داده‌های اولیه است. در این خصوص تلفیق داده‌های راداری و اپتیکی اخیراً موردتوجه زیادی قرارگرفته که این به دلیل قابلیت‌های منحصربه‌فرد داده‌های راداری ازجمله قابلیت تصویربرداری در تمام ساعات شبانه‌روز، حساسیت به رطوبت خاک، قابلیت تصویربرداری در شرایط مختلف جوی و غیره است (عبدالملکی و همکاران، ۱۴۰۱: ۴۲). نتایج حاصل از چندین طرح تحقیقاتی داخلی و خارجی نقش مثبت سنجش‌ازدور را در مطالعات منابع آب تائید کرده است.که در متن زیر به چند مورد از تحقیقات مرتبط اشاره خواهد شد.

سروان و بابان (۱۹۹۵)، با استفاده از داده‌های TM ماهواره لندست، پارامترهای کیفی آب مانند مواد جامد معلق، شوری، فسفر و دما را مورد مطالعه قرار داده و با استفاده از داده‌های میدانی رابطه بین باندهای سنجنده TM و پارامترهای کیفی آب را مدل‌سازی کرد. وی از این مدل‌ها برای پیش‌بینی و تهیه نقشه پارامترهای کیفی آب استفاده نمود. هلوگر و همکاران[۳] (2004)، با استفاده از داده‌های دورکاوی به بررسی کیفیت آب در مناطق اطراف نیویورک پرداخته است. داده‌های به‌دست‌آمده از تحقیقات زمینی با داده‌های حاصل از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های لندست و مودیس مقایسه شد که نتایج حاصله تناسب تجمع کلروفیل با مقدار رنگ سبز و قرمز بازتابانده شده در تصاویر لندست را نشان می‌دهد. همچنین ماتسوکا[4] و همکاران (2011) در مطالعه‌ای مربوط به کشور ژاپن از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده چند طیفی استر در مدل‌سازی داده دما استفاده کرده و نتایج قابل قبولی به دست آورده‌اند. انتخاب سنجنده استر از میان سنجنده‌های استفاده‌شده برای بررسی منابع آبی دلیل بالا بودن نسبی توان تفکیک مکانی(۹۰، ۳۰، ۱۵ متر)، و طیفی (باند۱۵) آن است. همچنین آرن کول کرانی[۵](۲۰۱۱) با استفاده از پارامترهای اندازه‌گیری کیفیت آب از هفت ایستگاه زمینی و داده‌های تصاویر لندست برای ارزیابی پارامترهای کیفیت آب در شرق تگزاس پرداخته و مدل رگرسیون برای ارزیابی همبستگی بین پارامترهای کیفی آب با بازتاب طیفی استفاده‌شده است. در پژوهشی دیگر تورکر و سان[۶](۲۰۱۵)، در پژوهش خود مبنی بر هیدروژئولوژی زلزله به این نتیجه رسیدند که پاسخ های هیدرولوژیکی به زمین لرزه ها مانند افزایش جریان،تغییرات کیفی منابع آبی، تغییرات سطح آب و تغییر در فرکانس فوران آبفشان اغلب منعکس کننده تغییرات نفوذپذیری ناشی از امواج لرزه ای است. ماهیت پویای نفوذپذیری، همانطور که توسط پدیده های هیدرولوژیکی لرزه نگاری نشان داده شده است. بوج و همکاران[۷] (۲۰۱۶)، کیفیت آب آشامیدنی پس از زمین‌لرزه در دره کشماندو را موردمطالعه قراردادند که به این نتیجه دست یافتند که بعد از زمین لرزه‌های عظیم، خصوصیات آب ازجمله کیفیت آب و سطح آب ناگهان تغییر می‌کند که این مشاهدات در اطراف مناطق اتفاق افتاده کاملاً مشخص است. در ادامه روند تحقیقات مومی پور(۱۳۹۵)، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای فرا طیفی Heperion در بخش کوچکی از شمال خلیج‌فارس با ایجاد مدل بیو- اپتیکال پارامترهای کلروفیل، تریپ تون و کدورت آب را موردسنجش قرار داده. به مطالعه کیفیت آب‌های ساحلی اروندکنار پرداخت. نتایج تحقیق نشان‌دهنده انطباق قابل‌قبول داده‌های هدایت الکتریکی حاصل از تصاویر سنجنده استر و تحلیل‌های رگرسیونی مکانی با داده‌های کنترلی (RMS:0/76) است. در مطالعه دیگری در این زمینه حسینی و همکاران(۱۳۹۶)،

1 -Gopi and Anderson
2 -Ambraseys et al
3- Heloger et al
4 -Matsuoka et al
5 -Arne Cole Craney
6 -Turker and Sun
7 -Boj et al

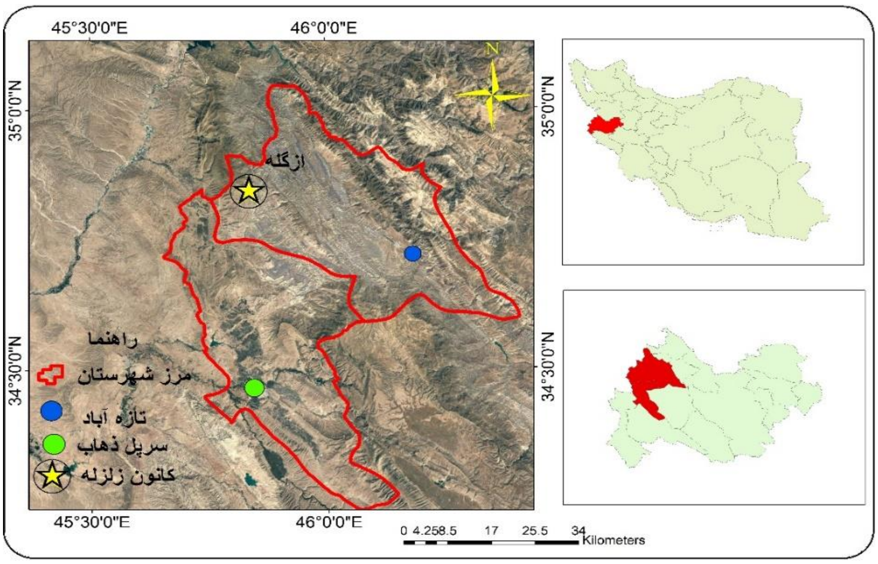
با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده لندست ۵ و بررسی کمیت‌های آماری برای ترکیب باندها، به بررسی نحوه تمیز آب‌شور، آب ورودی رودخانه و فصلی در منطقه دریای عمان پرداخته‌اند که در این تحقیق با استفاده از رفتار طیفی آب‌شور و شیرین، ناحیه فرکانسی قابل تمیز این دو پدیده، شناسایی شد و با بررسی کمیت‌های آماری همچون؛ شاخص فاکتور بهینه، ضریب همبستگی و انحراف معیار بهترین ترکیب رنگی که این دو پدیده را به‌خوبی تمیز می‌دهد، محاسبه نمودند. نتایج برای منطقه دریای عمان با استفاده از سنجنده لندست ۵ که ترکیب ۵۹۱ با شاخص فاکتور بهینه ۶۱/۳۵۹۰۶، ضریب همبستگی ۲/۲۸۰۲۱۹ و انحراف معیار ۱۳۹/۹۱۲۱بهترین ترکیب رنگی که دربردارنده بیشترین اطلاعات در مورد این پدیده بوده و برای بالا بردن کیفیت تصویر از بالاترین توان تصویری لندست (۲۸۸ بیتی) به کمک نمودار هیستوگرام بررسی شد. استفاده از تکنیک شاخص فاکتور بهینه به‌صورت کیفی می‌تواند بهترین تصویر رنگی مجازی برای منطقه مورد هدف را ارائه دهد.

آنچه که واضح است دسترسی به آب شرب سالم قطعا جزء چند نیاز اولیه هر انسان برای بقاء می‌باشد. با توجه به اینکه ایران و استان کرمانشاه دارای موقعیت زلزله خیزاست. توجه و بررسی به این امر که بعد از رخداد هر زلزله منابع آبی از لحاظ کیفی دچار چه تغییراتی می‌شوند اهمیت بسیار بالایی درشناسایی محدوده متاثر و کاهش پیامدهای در منطقه فوق خواهد شد. تحقیقات زیادی در ارتباط با استخراج پهنه‌های آبی و شاخص‌های آن انجام شده است اما در جهت پایش و بررسی تغییرات کیفی منابع آب تحقیقات بسیار محدوده بوده و بگونه‌ای انجام گردیده که داده‌های مورد استفاده، یک تصویر از یک ماهواره یا یک مدل و الگوریتم بوده که در خیلی از مطالعات نتوانسته نتیجه مورد قبولی را به دست آورد. به همین دلیل، این پژوهش سعی دارد با استفاده از ترکیب و تلفیق تصاویر(راداری و اپتیکی)، ترکیب تصاویر راداری(استفاده ازبازتاب رفلکتنس داده‌های راداری SAR مربوط به ۲۰۱۷/۱۱/۱۰ قبل از زلزله و ۲۰۱۷/۱۱/۱۷ بعد از رخداد زلزله)، و تلفیق تصاویر مودیس و لندست ۸ (الگوریتم STARFM)، برای شناسایی و پایش تغییرات کیفی منابع آب سطحی بعد از رخداد زلزله سرپل‌ذهاب - ازگله مطلوب‌ترین نتیجه را به دست آورد.

۲-مواد و روش

۲-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه

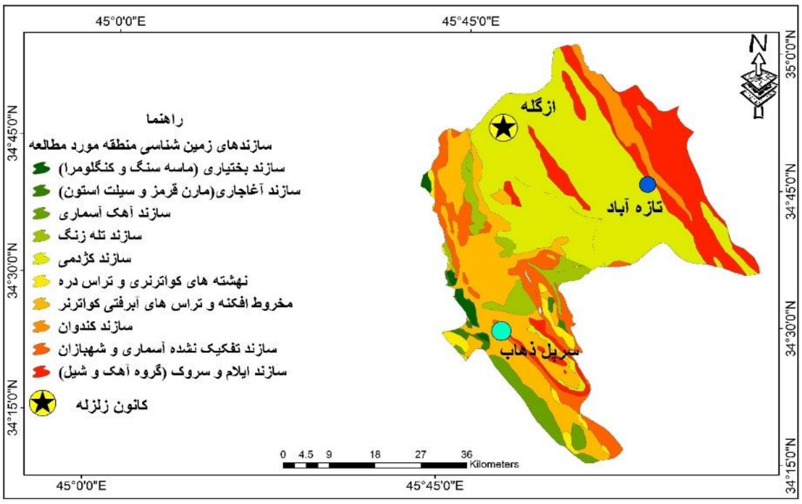
منطقه موردمطالعه شامل دو شهرستان ثلاث باباجانی و سرپل ذهاب است. شهرستان سرپل ذهاب با موقعیت ۴۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۶ درجه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۵ درجه عرض جغرافیایی بوده و دارای پنج دهستان است که شامل: ۱- قره‌بلاغ ۲- بز میرآباد ۳- قلعه شاهین ۴- دشت ذهاب ۵- پا طاق (به شیوه). شهرستان ثلاث باباجانی در موقعیت ۴۵ درجه و۳۸ دقیقه وحداقل۴۶ درجه و ۲۵ دقیقه حداکثر طول شرقی و ۳۴ درجه و۳۴ دقیقه حداقل ۳۵ درجه و ۲ دقیقه حداکثر عرض شمالی در غرب و شمال غرب استان کرمانشاه واقع شده است که از شمال و شرق به شهرستان جوانرود، از جنوب به شهرستان‌های دالاهو و سرپل ذهاب و از غرب به شهرستان قصر شیرین و کشور عراق با مرز مشترک 75 کیلومتر محدودشده است. مناطق موردمطالعه در زون زاگرس چین‌خورده و در بخش شمال باختری و باختر استان کرمانشاه قرارگرفته است(شکل ۱). شهرستان سرپل‌ذهاب از جلگه‌ای وسیع تشکیل‌شده که اطراف آن را ارتفاعات و تپه‌ماهورهای احاطه کرده که باعث ایجاد دشت‌های حاصلخیز شده است(عبدالملکی و همکاران،۱۴۰۱).



شکل (۱): موقعیت منطقه(محدوده) مورد مطالعه

Fig (1): The study area

ازنظر زمین‌شناسی منطقه موردمطالعه در زون زاگرس چین‌خورده قرار دارد. روند عمومی این زون، تقریباً شمال غربی- جنوب شرقی بوده و جنس رسوبات آن عمدتاً کربنات است(علایی و همکاران، ۱۳۸۸). ساخت زمین‌شناسی این منطقه دارای ساخت‌های چینه‌ای منظم، ساده و در بعضی نواحی معکوس است(مهران و هاشمی،۱۳۸۷). مسیر لایه‌ها در راستای زاگرس چین‌خورده و با همان روند اصلی زاگرس امتدادیافته‌اند. در این میان اغلب شیب لایه‌ها بین10 درجه در ساخت‌های هم‌شیب و ملایم نواحی شمال منطقه موردمطالعه تا 50 درجه در ساخت‌های تک‌شیب (هوگ بک پا طاق و ناودیس معلق ریجاب)، متغیر است(شکل۲). از دیدگاه ژئومورفولوژی سازندهای زمین‌شناسی و به‌طورکلی سنگ‌های تشکیل‌دهنده سطح زمین به دو قسمت سنگ‌های سست و سخت تقسیم می‌شوند (مقیمی، ۱۳۹۲: ۵۶). در جدیدترین تقسیم‌بندی، کوه‌های زاگرس از شمال‌شرق به جنوب غرب، به چند قسمت اصلی تقسیم‌بندی شده‌اند که شامل پهنه‌های زاگرس مرتفع، زاگرس چین‌خورده، فروبار دزفول و منطقه پیش ژرفای زاگرس و حاشیه شمالی پلتفرم عربستان است. این پهنه‌های ساختاری توسط گسل‌های مهم از هم جداشده‌اند. عملکرد گسل‌ها، ترتیب قرارگیری واحدهای سنگی را برهم زده و مسائل پیچیده‌ای را به وجود می‌آورد. گسل‌ها می‌توانند توپوگرافی سطح زمین را تغییر داده و بر نحوه‌ی توزیع منابع طبیعی همچون آب‌های سطحی تأثیرگذار باشند. گسل‌ها گاهی موجب تغییر مسیر رودها، پدید آمدن چشمه‌ها و ایجاد اشکال مختلف هیدروژئولوژیکی گوناگونی می‌شوند(عبدالملکی و همکاران،۱۴۰۱). گسل‌های اصلی منطقه از دو گروه امتدادلغز و رورانده بوده که در شکل‌گیری ساختاری منطقه و تغییرات رخساره‌ای نقش اساسی ایفا نموده‌اند(تورکر[1] و همکاران،۱۹۹۹). مرز بین زاگرس مرتفع و زاگرس چین‌خورده ساده، گسلی است؛ که تحت عنوان گسل تراستی اصلی زاگرس نام‌گذاری شده است. این گسل در حاشیه شمالی گستره موردمطالعه قرار دارد(شکل۳). مرز پهنه ساختاری زاگرس چین‌خورده و فروبار دزفول نیز گسلی است که تحت عنوان گسل بالا رود نام‌گذاری شده است که بخشی از گسل پیشانی کوهستان است. گسل بالا رود در بیشتر مکان‌ها توسط رسوبات سنوزوئیک پوشیده شده است(عبدالملکی و همکاران،۱۴۰۱). در ساعت ۲۱ و ۴۸ دقیقه (به‌وقت محلی) روز ۲۱ آبان ماه ۹۶ هجری شمسی، زمین‌لرزه‌ای با بزرگی گشتاوری ۷/۳ در فاصله ۱۰ کیلومتری از گله و حدود ۳۷ کیلومتری شمال غرب شهرستان سرپل ذهاب از استان کرمانشاه، واقع در مرز ایران و عراق به وقوع پیوست. شبکه لرزه‌نگاری کشوری وابسته به موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، با توجه به استفاده از ایستگاه‌های محلی، به‌ویژه قرائت‌های فاز سه ایستگاه واقع در کشور عراق، کانون زمین‌لرزه را در مختصات ۳۴/۷۷ درجه عرض شمالی و ۴۵/۷۶ درجه طول خاوری مکان‌یابی نمود که از دقت مطلوب‌تری برخوردار است. بر اساس آخرین مکان‌یابی صورت گرفته، عمق کانونی زمین‌لرزه حدود ۱۸ کیلومتر برآورد شده است(چی یو وانگ[2]، ۱۹۹۹). کانون سطحی و سازوکار کانونی زمین‌لرزه ۲۱ آبان سرپل ذهاب حکایت از این دارد که گسل مسبب این زمین‌لرزه یکی از قطعه‌های با راستای شمال-شمال غرب گسل جبهه کوهستان (MFF) است که با زاویهٔ بسیار کم (۱۵ – ۱۰) به سمت شرق شیب دارد(گزارش زلزله ۲۱ آبان ۱۳۹۶ سرپل ذهاب کرمانشاه، ۱۳۹۷: جلد پنجم).

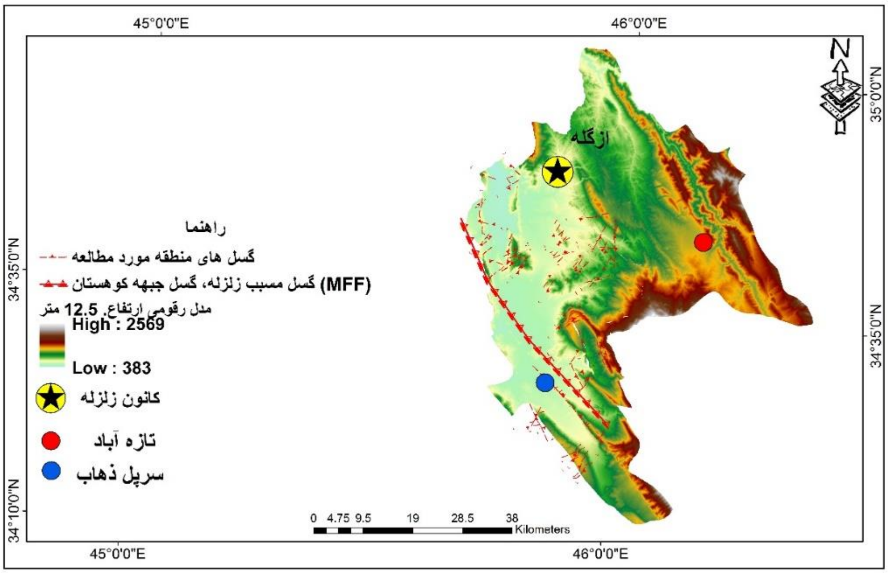


شکل (۲). سازندهای زمین‌شناسی منطقه موردمطالعه (منبع: نگارندگان)

Fig (2): Geological formations of the studied area (Source: Authors)

1- Turker

2- Chi-Yuen Wang



شکل (۳). موقعیت گسل‌های منطقه موردمطالعه و گسل جبهه کوهستان (MFF). (منبع: نگارندگان).

Fig 2. Location of faults in the study area and mountain front fault (Mff). (source: authors)

در این پژوهش از نقشه زمین‌شناسی ۱.۱۰۰۰۰۰(سازمان زمین‌شناسی کشور)، مدل رقومی ارتفاعی(۱۲.۵ متر)، از سایت(Earth DATA, Alaska)، و برای بدست آوردن تغییرات کیفی منابع آب سطحی از تصاویر سه ماهواره، لندست۸ (۲۰۱۷/۱۱/۱۰)، سنتینل ۱(۲۰۱۷/۱۱/۱۰ و ۲۰۱۷/۱۱/۱۷) و سری محصولات ماهواره مودیس(به تاریخ ۲۰۱۷/۱۱/۱۱ و ۲۰۱۷/۱۱/۱۷) استفاده گردید. با توجه به اینکه بعد از رخداد زلزله و قبل از اولین بارش در منطقه مورد مطالعه تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ وجود نداشته، با استفاده از الگوریتم STARFM، به تلفیق داده‌های مودیس(داده‌های بعد از زلزله) و لندست ۸ (تصویر قبل از رخداد زلزله) پرداخته و الگوریتم STARFM برای باندهای انعکاسی مودیس و لندست اجرا شد. در تحقیق حاضر نزدیک بودن تاریخ اخذ تصاویر مدنظر قرارگرفته شد تا خطای ناشی از تغییرات درجات خاکستری حداقل شود. انجام مراحل عملی در این پژوهش در شکل (۵)، ارائه شده است.

۲-۲- الگوریتم STARFM

در این تحقیق برای پایش تغییرات کیفی منابع آب سطحی بعد از رخداد زلزله ۲۱ آبان ۱۳۹۶ از تصویر باند 1 مودیس در تاریخ 10 ماه 11 سال 2017و تصویر باند 1 مودیس در تاریخ 17 ماه 11 سال 2017 و تصویر باند 4 لندست در تاریخ 11 ماه 11 سال 2017 با هم ادغام شدند. تصویر لندست در تاریخ 17 ماه 11 سال 2017 خروجی این اجرا بود. همچنین تصویر باند 2 مودیس در تاریخ 10 ماه 11 سال 2017 و تصویر باند 5 مودیس در تاریخ 17 ماه 11 سال ۲۰۱۷ و تصویر باند 4 لندست در تاریخ 11 ماه 11 سال 2017 با هم ادغام شدند. نتیجه تصویر لندست در تاریخ17 ماه ۲۰۱۷و تصویر لندست ۸ به تاریخ ۲۰۱۷/۱۱/۱۰ استفاده گردید. الگوریتم STARFM برای باندهای انعکاسی مودیس و لندست طبق(جدول ۱)، اجرا شد.

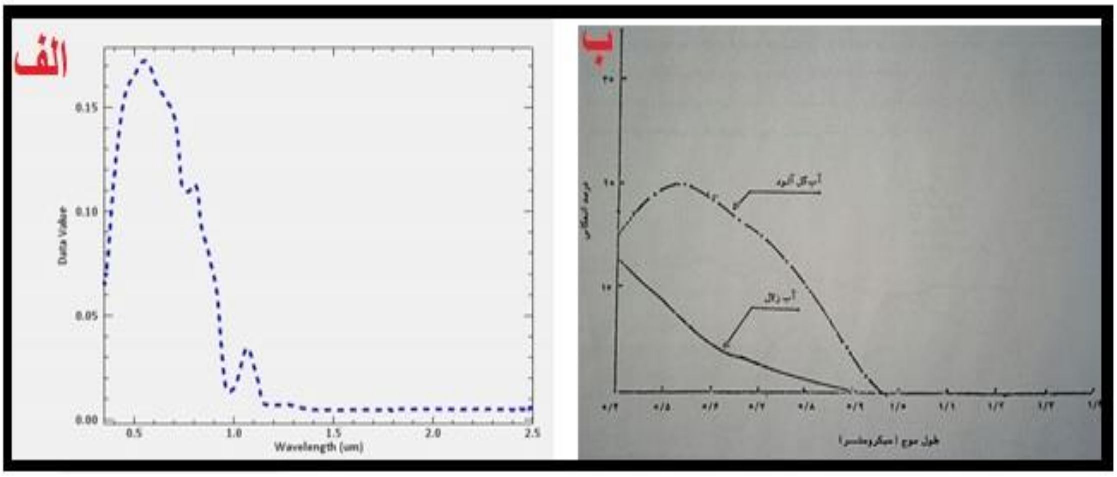
جدول (۱). الگوریتم STARFM برای باندهای انعکاسی مودیس و لندست.(منبع: نگارندگان).

Table (1). Starfm algorithm for Modis and Landsat reflection bands. (source: authors)

	تاریخ مرجع		تاریخ پیش‌بینی	
مودیس	۲۰۱۷/۱۱/۱۰		۲۰۱۷/۱۱/۱۷	
لندست	۲۰۱۷/۱۱/۱۱		۲۰۱۷/۱۱/۱۷	
قدرت تفکیک مکانی (متر)	طول موج(میکرومتر)	شماره باند	نوع باند	داده
۳۰	۰/۶۳ – ۰/۶۸	۴	انعکاسی	لندست ۸
۳۰	۰/۸۴۵ – ۰/۸۸۵	۵		
۱۰۰	۱۰/۶ -۱۱/۱۹	۱۰	حرارتی	
۵۰۰	۰/۶۲ -۰/۶۷	۱	انعکاسی (MOD011GA)	مودیس
۵۰۰	۰/۸۴۱ -۰/۸۷۶	۲		
۱۰۰۰	-	MOD011A1	حرارتی	

۲-۳- پایش تغییرات کیفی منابع آب با استفاده از بازتابندگی و امضای طیفی منابع آّب

آب بصورت کلی جذب کننده امواج است و نسبت بازتاب در آن در مقایسه با سایر پوشش‌های سطح زمین بسیار اندک است. بیشترین بازتاب آب در باند آبی طیف است و هرچه از باند آبی به سمت بخش مادون قرمز طول موج کوتاه حرکت می کنیم نسبت بازتاب به شدت کاهش پیدا می کند تا آنکه در بازه مادون قرمز میانی میزان بازتاب آب به صفر میرسد. آب بیشتر از آنکه پدیده های مختلف را بازتاب کند جذب می نماید(شکل۴). آب زلال انعکاس کمتری نسبت به آب گل آلود دارد و قسمت اعظم انرژی که بدان می‌رسد را جذب می‌کند. میزان انعکاس، با افزایش طول موج کاهش می‌یابد تا اینکه در محدوده مادون قرمز نزدیک به صفر می‌رسد ولی آب گل آلود به دلیل مواد معلق و ناخالصی‌های خود، دارای انعکاس بیشتری نسبت به آب زلال است(شکل ۴).

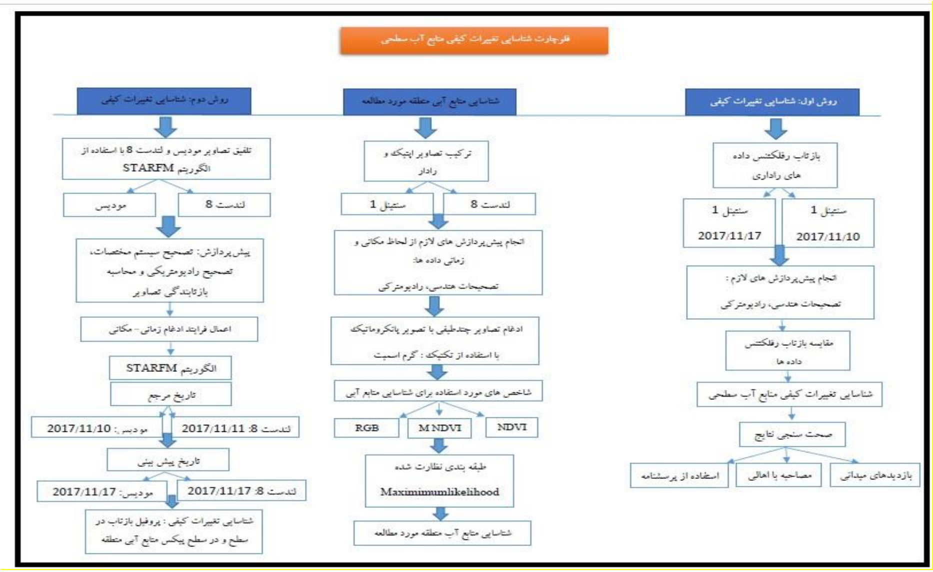


شکل (۴). الف) پروفیل رفتار طیفی آب. ب) پروفیل رفتار طیفی آب زلال و آب گل آلود(منبع: عبدالملکی و همکاران، ۱۳۹۹).

Fig (4). A) Spectral behavior profile of water. b) Spectral behavior profile of clear water and muddy water. (source: abdolmaleki et al., 2019)

۲-۴- پیاده‌سازی

به‌منظور بررسی میزان ارزیابی میزان تغییرات کیفی منابع آب سطحی متأثر از زلزله شهرستان سرپل ذهاب ـازگله پردازش داده‌های سنتینل-۱ به فرمت SLC با استفاده از نرم‌افزار SNAP SANTINEL، پردازش داده‌های لندست ۸ با استفاده از نرم‌افزار ENVI5.3 و تلفیق تصاویر لندست با محصولات مودیس از نرم افزار متلب استفاده گردید(شکل ۵، مراحل عملی پژوهش).



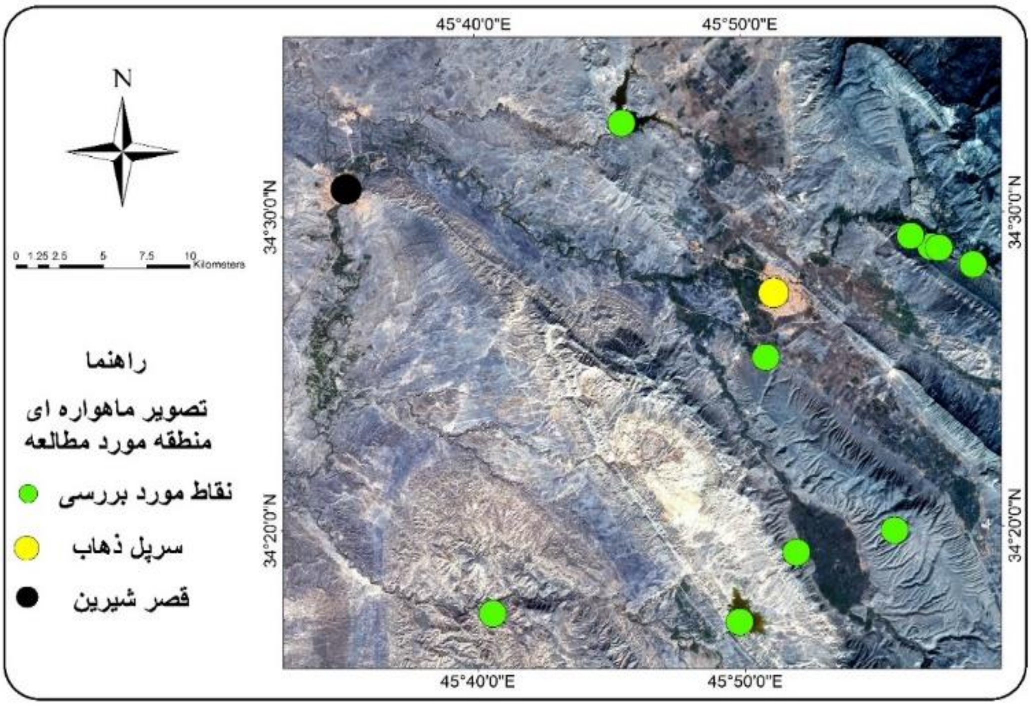
شکل (۵). مراحل پیاده سازی. (منبع: نگارندگان).

Fig (5). Implementation steps. (Source: authors)

این پژوهش به روش تحلیلی_توصیفی انجام‌شده و استفاده از نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای و درنهایت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و مشاهدات میدانی مبنای روش کار بوده است. بدین‌صورت که تصاویر مربوط به ماهواره سنتینل۱، برای شناسایی و پایش تغییرات کیفی منابع آب مربوط به تاریخ ۲۰۱۷/۱۱/۱۰ و ۲۰۱۷/۱۱/۱۷ استفاده و پس از پردازش‌ها و پیش پردازش‌های اولیه در نرم افزار SNAP SANTINEL (نرم افزار تخصصی تصاویر سنتینل) تصاویر آماده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و پس از بررسی‌های لازم در مورد فاکتورهای موثر بر کیفیت منابع آب در منطقه مورد مطالعه از جمله بارندگی، باد و... ۱۰ نقطه (مکان) بصورت پراکنشی در منطقه مورد مطالعه بروی تصاویر قبل و بعد از رخداد زلزله، بر اساس رنج پراکنش بازتاب باندهای مورد نظر در دو تاریخ مذکور مورد بررسی قرار گرفته شده است(شکل ۶). و ارتباط نقاط دچار تغییرات کیفی با گسل‌های منطقه، لیتولوژی، شیب و جهت شیب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در ادامه با استفاده از (الگوریتمSTARFM)، تصویر ماهواره لندست۸ با محصولات (MOD09)، ماهواره مودیس مربوط به بعد از رخداد زلزله ترکیب و برای پایپش تغییرات کیفی از الگوریتم استرفام استفاده گردید. به همین منظور از پروفیل امضای طیفی در دو سطح(پیسکل، و کل منبع آب شرب) شهرستان سرپل‌ذهاب (سراب گرم)، استفاده شده است. سپس برای نمایان شدن تغییرات کیفی در سطح منطقه با استفاده از دو مرحله به شناسایی تغییرات کیفی پرداخته شده است:

مرحله اول) شناسایی منابع آب سطحی شامل : ۱- ایجاد ترکیب رنگی باندهای ۴-۶-۵، ۲- ایجاد ترکیب رنگی RGB، ۳- استفاده از شاخص NDVI، ۴- استفاده از شاخص MNDWI

مرحله دوم): ۱- مقایسه بازتاب رفلکتنس‌داده‌های راداری قبل و بعد از رخداد زلزله، ۲- استفاده از الگوریتم STARFM.



شکل (۶). موقعیت نقاط انتخاب شده بروی تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ . (منبع: نگارندگان).
Fig (6). The location of the selected points on the Landsat 8 Satellite Image. (Source: Authors)

۲-۵- پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای

پیش از آنکه هر نوع داده ورودی در اجرای الگوریتم تلفیق و ترکیب تصاویر وارد شود، اعمال یکسری پیش‌پردازش‌ها، به دلیل اخذ داده‌های موردنظر در زمان‌ها و سنجنده‌های متفاوت و اختلافات تصاویر از نظر قدرت تفکیک رادیومتریکی و مکانی با یکدیگر بر روی آن‌ها ضروری است از جمله، تصحیح هندسی، تصحیح رادیومترک و...

۲-۵-۱- تبدیل ارزش پیکسل به رادیانس طیفی در بالای اتمسفر در سنجنده

تصاویر ماهواره‌ای لندست به صورت عدد دیجیتال DN است. یعنی هر پیکسل یک عدد دیجیتال خاص بسته به قدرت تفکیک رادیومتریک سنجنده را نمایش می‌دهد. در لندست ۸ قدرت تفکیک رادیومتریک ۱۶ بیت است به این معنی که پیکسل‌ها ارزشی بین ۰تا ۶۵۵۳۶ دارند. به‌منظور پردازش بروی تصاویر ماهواره‌ای و تبدیل DN ها به بازتاب در سطح زمین، ابتدا باید DN ها به رادیانس طیفی تبدیل شوند، سپس رادیانس طیفی به

بازتابش در بالای اتمسفر تبدیل شود و درنهایت بازتابش در بالای اتمسفر به بازتابش در سطح زمین تبدیل شود. برای تبدیل DN به تابش در سنجنده لندست ۱ با توجه به رابطه(۱) استفاده می‌شود.

$$L = ML \cdot Q_{CAL} + L\,A \qquad (۱)$$

L رادیانس طیفی در بالای اتمسفر در سنجنده، ML فاکتور تبدیل ضربی، Q CAL مقادیر پیکسل محصول استاندارد کوانتیزه شده و کالیبره شده (DN) ، L A ضریب تبدیل جمعی است. در جدول (۲) مقادیر ضریب‌های ضربی و جمعی تابش در بالای اتمسفر برای باندهای مختلف سنجنده OLI/TIRS ارائه‌شده است.

جدول(۲). مقادیر ضریب‌های ضربی و جمعی برای باندهای مختلف سنجنده OLI/TIRS.(منبع: عبدالملکی و همکاران، ۱۳۹۹).

Table (2). Multiplicative and Cumulative Coefficient Values for Different OLI/TIRS Measuring Bands (Source: Abdolmaleki et al., 2019)

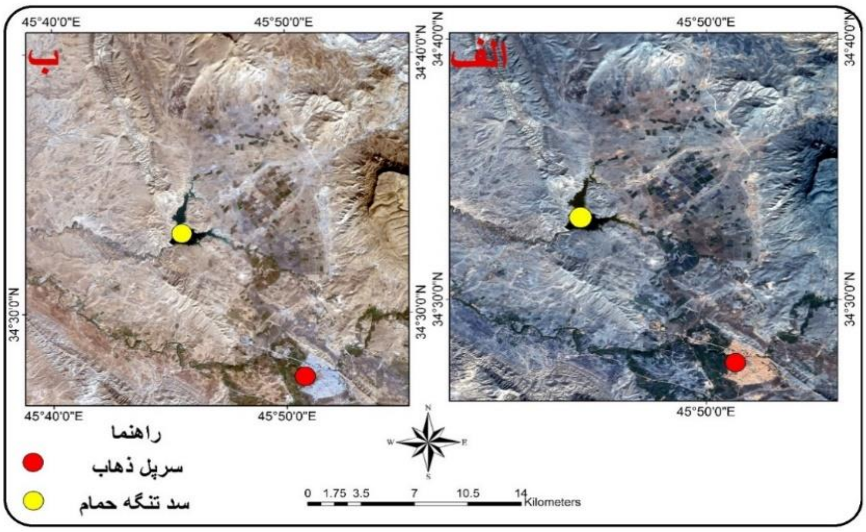
ضریب	باند ۱	باند ۲	باند ۳	باند ۴	باند ۵	باند ۶	باند ۷	باند ۸	باند ۹	باند ۱۰	باند ۱۱
ML	0/0334	0/0129	0/013	0/.128	0/0102	0/063	0/0156	0/0526	0/0116	0/0245	0/0334
AL	-64/5	-66	-60/8	-51/3	-31/4	-7/8	-2/63	-58/1	-12/2	۱/۰	۱/۰

۲-۵-۲- ترکیب تصاویر اپتیک(لندست ۸) و تصویر رادار(سنتینل ۱)، برای شناسایی منابع آبی

در این راستا استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و روش ترکیب تصاویر، دیتاها را به‌گونه‌ای یکسان‌سازی می‌کنیم که بتوانند در کنار همدیگر در قالب یک دیتاست برای پردازش‌ها مورداستفاده قرار بگیرند.

۲-۵-۳- ادغام تصاویر چند طیفی با تصویر پان کروماتیک

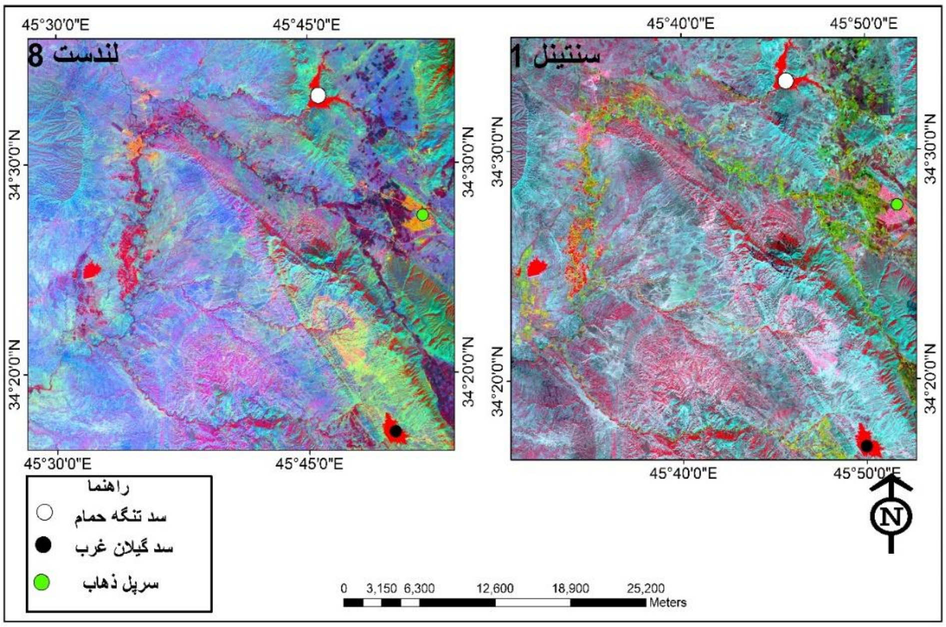
تکنیک‌های ادغام تصاویر ماهواره‌ای به منظور بالا بردن قدرت تفکیک مکانی و طیفی استفاده می‌شود. این تکنیک‌ها در 4 سطح؛ سیگنال، پیکسل، ویژگی و تصمیم گیری، تصاویر را باهم ادغام می‌کنند. یکی از معمول ترین روش‌های ادغام تصاویر، ادغام در سطح پیکسل است که برای بهبود کیفیت تصاویر ماهواره‌ای ارائه شده است. در این تحقیق برای بالابردن تفکیک مکانی تصویر لندست و کم کردن اختلاف جزئیات مکانی بین دو تصویر لندست 8 و سنتینل1، با استفاده از روش گرم اسمیت باندهای مالتی اسپکترال تصویر لندست با باند پانکروماتیک فیوژن کرده و به توان مکانی 15متر رساندیم (شکل۷)، بعد از کم کردن اختلاف مکانی بین دو تصاویر، دیتای رادار کوریجسترشده تهیه و برای کاهش اثر نویزاسپیکل از طریق فیلترهای موجود (کانگلوشن مورفولوژی)، بروی دیتای کوریجستریک اعمال و در نهایت برای داشتن یک دیتاست کامل، دیتای کوریجستر شده با دیتای اپتیکال از طریق فرایند لایر استک ترکیب گردید.



شکل(۷). تصویر رنگی RGB الف) تصاویر چند طیفی و ب) تصاویر چند طیفی ادغام‌شده با تصویر پن کروماتیک. (منبع: نگارندگان).

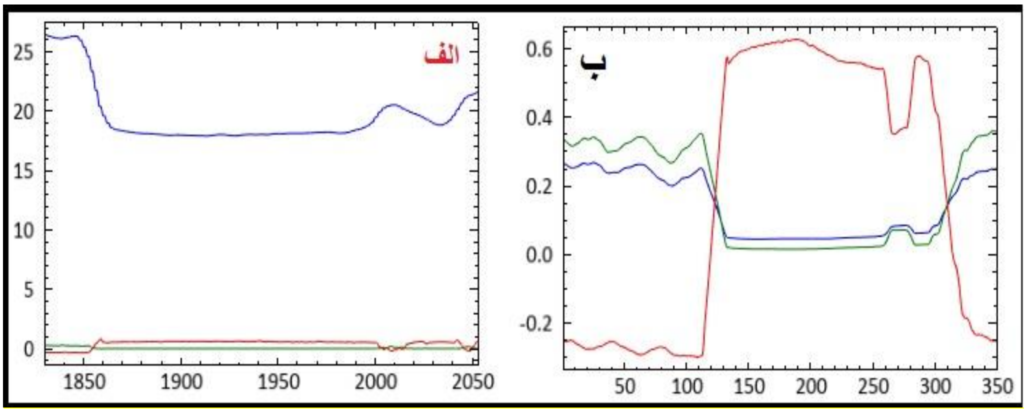
Fig (7). RGB color image a) multispectral images and b) multispectral images merged with panchromatic image. (source: authors).

در ادامه ترکیب تصاویر شاخص نرمال شده NDVI، و سپس شاخص MNDWI بروی تصاویر اعمال گردید. (شکل ۸ و شکل ۹ مقادیر عددی شاخص Mndwi را نمایش می‌دهد).



شکل(۸). شاخص M NDWI بروی تصویر لندست ۸ و سنتینل ۱(بارزسازی منابع آبی). (منبع: نگارندگان).

Fig (8). Mndwi index on Landsat 8 and Sentinel 1 images (highlighting of water resources). (source: authors).



شکل(۹). رنج عددی شاخص M NDWI بروی تصاویر. الف) لندست ۸. ب) سنتینل ۱ (منبع: نگارندگان).

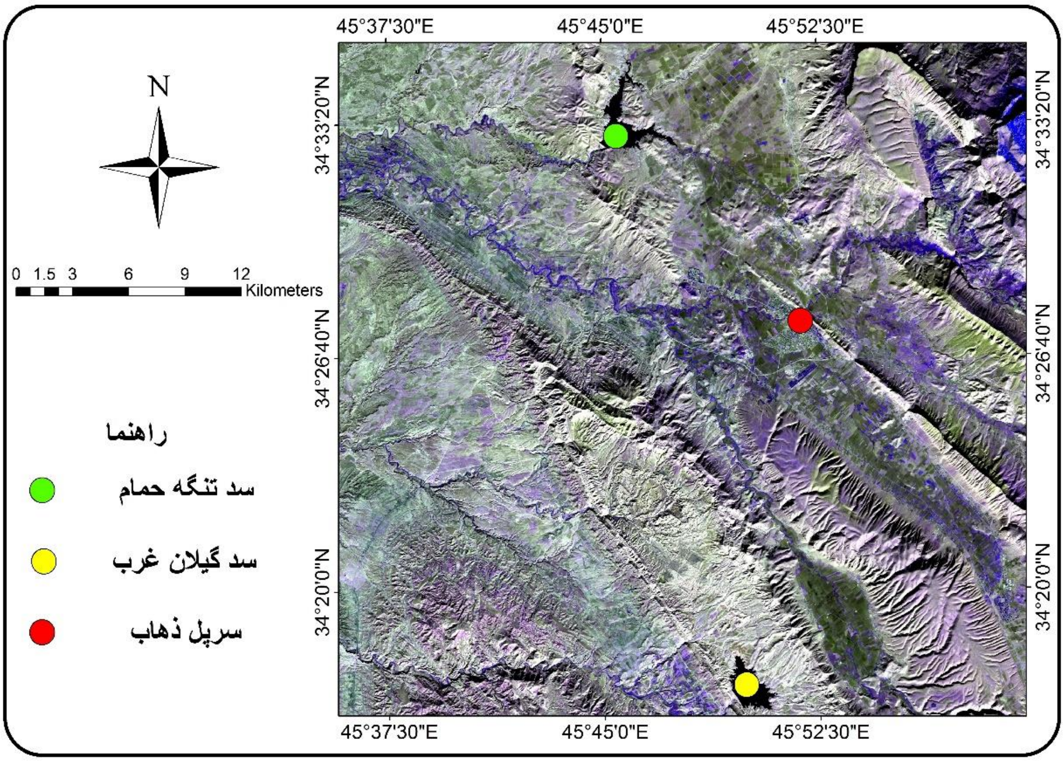
***F*ig (9). The numerical range of M NDWI index on images. a) Landsat 8. b) Sentinel 1 (source: authors).**

۲-۵-۴- شناسایی منابع آب سطحی با استفاده از ایجاد ترکیب رنگی RGB از تصاویر لندست

در مدل رنگ RGB هر رنگ به‌صورت مؤلفه‌های طیفی اولیه قرمز، سبز و آبی ظاهر می‌شود. در مدل رنگ افزایشی هر رنگ ترکیبی از رنگ‌های قرمز، سبز و آبی است. ترکیب‌های باندی به‌منظور تفسیر بصری استفاده می‌شوند. هر باند با یکی از مؤلفه‌های رنگ قرمز، سبز و آبی نسبت داده‌شده و به‌صورت تصویر رنگی RGB نمایش داده می‌شود. هر ترکیب رنگی برخی از پوشش‌ها بهتر از دیگر تفکیک‌ها از هم متمایز می‌کند. در این تحقیق از ترکیب باند رنگ طبیعی(۴-۶-۵) که در آن ویژگی‌ها و مرز منابع آبی مشخص‌تر است استفاده‌شده است.

۲-۵-۶- ترکیب باندهای ۴-۶-۵ برای تشخیص بهتر و دقیق‌تر مرزهای منابع آب

این ترکیب مرزهای آب را باکیفیت‌تر ارائه می‌دهد و جزئیاتی که به‌آسانی در باندهای مرئی به‌تنهایی آشکار نیست را بارز می‌کند. دریاچه‌های داخلی و رودخانه‌ها را می‌توان با دقت بیشتری مشخص کرد(شکل ۱۰).



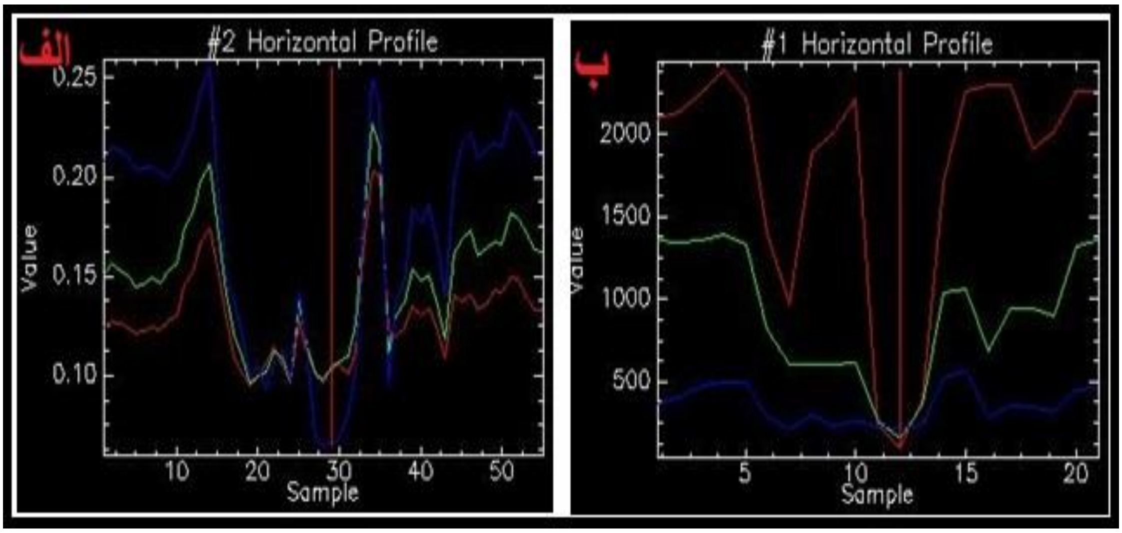
شکل(۱۰). ترکیب باندی ۴-۶-۵ برای تشخیص دقیق‌تر مرز منابع آب. (منبع: نگارندگان).
Fig (10). Band composition 4-6-5 for more accurate identification of water resources boundary

۲-۵-۷- تلفیق تصاویر مودیس و لندست ۸ با استفاده از الگوریتم STARFM برای شناسایی تغییرات کیفی منابع آب

با توجه به اینکه بعد از رخداد زلزله و قبل از اولین بارش در منطقه مورد مطالعه تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ وجود نداشته، با استفاده از الگوریتم STARFM ، به تلفیق داده‌های مودیس(داده‌های بعد از زلزله) و لندست ۸ (تصویر قبل از بارندگی‌ها، روز قبل از رخداد زلزله) می‌پردازیم، با استفاده از این روش، داده‌های لندست ۸ بصورت روزانه تولید و برای پایش تغییرات کیفی منابع آب منطقه مورد مطالعه به تجزیه و تحلیل آن می‌پردازیم. در سال‌های اخیر، مفهوم ترکیب اطلاعات سنسوری از مجموعه‌ای از تکنیک‌های بی‌قاعده به راهبردهای منظم علمی و مهندسی، تغییر یافته است. اصطلاحات مختلفی در ترکیب اطلاعات سنسوری مورد استفاده قرار میگیرند که هر یک معنی خاص خود را دارد. در این تحقیق، مساله فیوژن با تعریفی به صورت"ادغام اطلاعات به دست آمده از چندین منبع برای تولید یک داده‌ی واحد و یک پارچه"، مد نظر قرار گرفته است. سنجنده‌ی مودیس دارای قدرت تفکیک زمانی بسیار بالا است، به طوری که تصاویر آن به صورت روزانه برای هر ناحیه‌ای از زمین، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در مقابل، قدرت تفکیک مکانی آن بسیار پایین می‌باشد(قدرت تفکیک مکانی250 ، 500متر و 1 کیلومتر)، با این وجود سنجنده‌ی لندست، دارای قدرت تفکیک مکانی بالا(۳۰ متر برای باندهای چندطیفی و 15 متر برای باند پنکروماتیک)، و قدرت تفکیک زمانی پایین(۱۶روزه) می‌باشد. بنابراین با ادغام زمانی مکانی سنجنده‌های لندست و مودیس، می‌توان تصاویری به دست آورد که به صورت روزانه و با قدرت تفکیک مکانی 15 متر و یا 30 متر، در دسترس هستند. این کار امکان پایش روزانه‌ی پدیده‌ها و یا عوارض را با قدرت تفکیک مکانی بالا فراهم می‌کند. سپس در مراحل بعدی مبانی ادغام زمانی‌مکانی و پیش پردازش‌های لازمه اعمال می‌گردد. برای تصاویر مودیس، محصولات تصحیح شده وجود دارد (MOD09) و به منظور تصحیح تصاویر لندست نیز می‌بایست از بسته‌های نرم افزاری موجود استفاده کرد. پس از تصحیح رادیومتریکی و محاسبه‌ی بازتابندگی در دو تصویر مذکور، می‌توان فرایند ادغام زمانی مکانی را انجام داد(ماهپور، ۱۳۹۵).

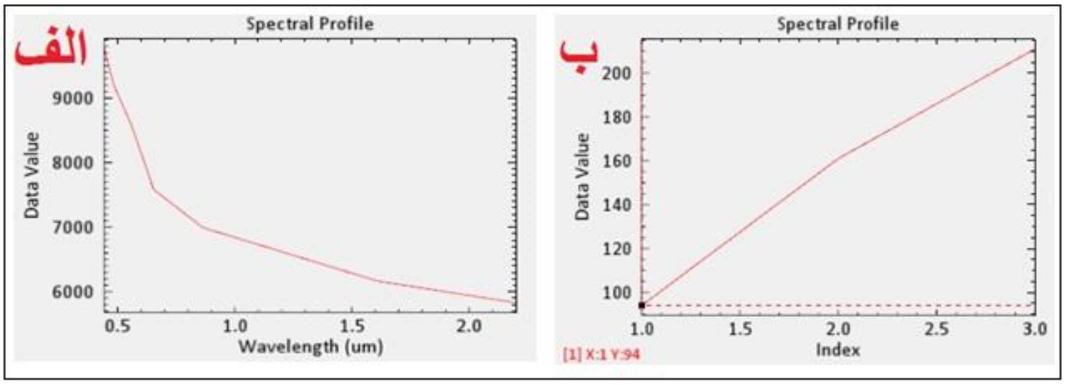
۳-یافته‌ها و بحث

تلفیق تصاویر لندست ۸ با سری محصولات مودیس استفاده از (الگوریتم استرفام) در پایش و بررسی تغییرات کیفی منابع آب سطحی در این پژوهش، ظرفیت مناسبی از قابلیت‌های آن در تعیین میزان تغییرات کیفی منابع آب سطحی در محدوده موردمطالعه را معرفی کرد. این روش نسبت به سایر روش‌ها عملکرد بهتری را داشته و تغییرات کیفی را به خوبی نشان می‌دهد (شکل‌های ۱۱ و ۱۲)، پروفیل طیفی(امضای طیفی)، تغییرات کیفی منابع آب در سطح منبع آب شرب سرپل ذهاب(سراب گرم)، را نشان می‌دهد. (این پروفیل‌ها در سطح پیسکل و سطح کل منبع آب شرب منطقه مورد مطالعه بروی تصویر نهایی حاصل از الگوریتم استرفام و با استفاده از نرم‌افزارهای SNAP SANTINEL و ENVI به‌دست‌آمده است). همچنین روش ترکیب داده‌های راداری و اپتیک برای شناسایی منابع آب سطحی ظرفیت بسیار مناسبی را ارائه داده است.



شکل (۱۱). پروفیل بازتاب در سطح سراب گرم سرپل ذهاب. الف) پروفیل بازتاب در سطح سراب گرم سرپل ذهاب قبل از رخداد زلزله. ب) پروفیل بازتاب در سطح سراب گرم سرپل ذهاب بعد از رخداد زلزله

Fig (11). Reflection profile on the warm mirage surface of Sarpol Zahab. A) Reflection profile on the warm mirage surface of Sarpol Zahab before the earthquake. b) Reflection profile on the warm mirage surface of Sarpol Zahab after the earthquake



شکل(۱۲). پروفیل بازتاب در سطح پیکسل (سراب گرم سرپل ذهاب). الف) پروفیل بازتاب رفلکتنس قبل از رخداد زلزله. ب) پروفیل بازتاب رفلکتنس بعد از رخداد زلزله

Fig (12). Reflectance profile at the pixel level (warm mirage of Sarpol Zahab). A) Reflectance profile before the earthquake. b) Reflectance profile after the earthquake

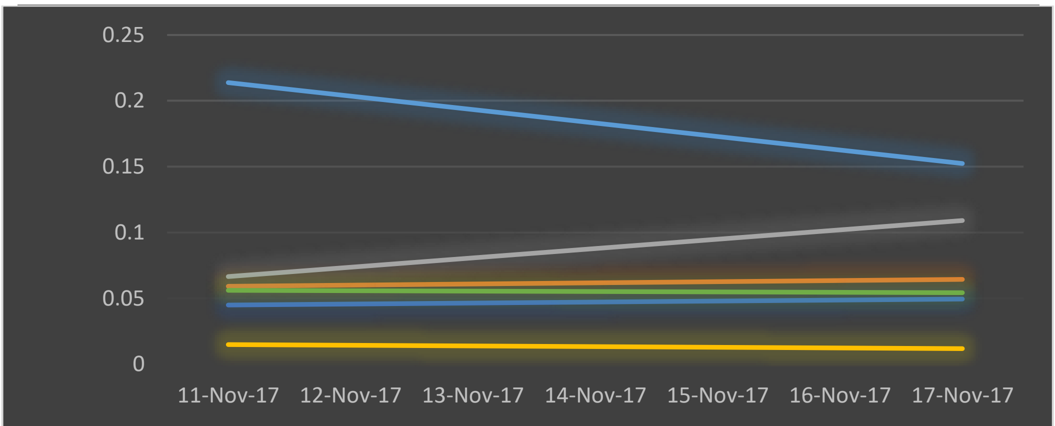
در ارتباط با روش مقایسه بازتاب رفلکتنس داده‌های راداری نتایج نشان می‌دهند که این روش به خوبی و وضوح کامل تغییرات کیفی را نشان نداده و استفاده از این روش در صورت صحت سنجی با سایر روش‌ها، عملیات میدانی و... می‌تواند قابل قبول باشد. (جدول ۴) نشان دهنده مقدار بازپراکنش

منابع آب در قسمت sigma 0 _ vv که نشان دهنده تغییرات کیفی منابع آب سطحی منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار SNAP SANTINEL و همچنین (شکل ۱۳)، تغییرات بازتاب رفلکتنس منابع آب (نمودار تغییرات کیفی منابع آب) در قسمت sigma 0 –vv) را نشان می‌دهد.

جدول(۴). میزان بازتاب رفلکتنس نقاط مورد بررسی در دو تصویر راداری(سنتینل ۱) قبل و بعد از زلزله sigma 0 – vv

Table (4). The mount of reflectance of the investigated points in two Radar images (Sentinel 1) before and after the arthquake, Sigma 0-vv

ردیف	نقاط مورد نظر	x	Y	11 NOW 2017 SIGMA 0-Vv-	17 NOW 2017 SIGMA 0-Vv-
1	سراب گرم سرپل ذهاب	45.841111	34.423056	0.011732622	0.013298347
2	سد تنگه حمام	45.754167	34.548333	0.013721533	0.003711895
3	پیران	45.901944	34.477778	0.002704131	0.005051204
4	سدگیلان غرب	45.821944	34.283333	0.012817926	0.0041203597
5	رودخانه. ورودی سد گیلان	45.668889	34.291111	0.013998046	0.14647982
6	دامنه های مشرف به روستای دیره	45.862778	34.319444	0.25206453	0.51782024
7	دامنه های مشرف به روستای درخشنده	45.918333	34.324722	0.013343477	0.010083801
8	پرورش ماهی.داخل دره	45.991944	34.432222	0.04334146	0.03893716
9	رودخانه سیروان			0.018354066	0.051388185
10	پیران نقطه ۱	45.901944	34.477778	0.0270413	0.020535108



	11-Nov-17	17-Nov-17
Point1	0.21385115	0.15243943
Point2	0.059215464	0.064450726
Point3	0.06658824	0.10913482
Point4	0.014954543	0.011873264
Point5	0.04498464	0.049513467
Point6	0.056145158	0.05433471

شکل(۱۳). بازتاب رفلکتنس منابع آب sigma 0 –vv

Fig (13). The reflectance of water sources Sigma 0 -vv

۳-۱- صحت سنجی

در ارتباط با صحت نتایج بدست امده تغییرات کیفی منابع آب سطحی از مقایسه تصاویر رادار سنتینل ۱ و همچنین الگوریتم استرفام برای تلفیق تصاویر مودیس و لندست ۸ از پیمایش میدانی، پرسش و پاسخ با مردم منطقه(علی الخصوص مردم روستاها و نواحی اطراف ۱۰ مکان که بصورت

پراکنشی بروی تصاویر رادار انتخاب گردیدند)، بررسی‌های آزمایشگاهی تغییرات کیفی آب قبل و بعد از زمین لرزه۲۱ آبان ۱۳۹۶ سرپل ذهاب و مشورت با متخصصین و محققین صاحب نظر در علم سنجش ازدور(اپتیک و راداری)، استفاده شده است و نتایج دلالت بر اثبات یافته‌های تحقیق داشته و منابع آبی منطقه مورد مطالعه تا چندین روز بعد از رخداد زلزله قابل شرب و استفاده نبوده است.

۴-نتیجه گیری

آب از دیرباز برای بشر از اهمیت خاصی برخوردار بوده است و با افزایش جمعیت و صنعتی شدن جوامع و تغییر عادات فرهنگی و مصرفی آن‌ها، روزبه‌روز بر ارزش و اهمیت این مایع افزوده می‌شود. با توجه به وقوع بحران‌های مختلف اخیر در کشور نظیر زلزله نیاز مبرم می‌رود به مدیریت پس از بحران توجه ویژه ای مبذول داشت. در این رابطه تأمین نیازهای اولیه شهروندان یک شهر از موارد بسیار مهم تلقی می‌گردد. زلزله علاوه براثرهای مخرب برسازه‌هایی که به دست انسان ساخته‌شده‌اند، بر منابع آبی و چشمه‌ها نیز اثر منفی دارد. بی‌شک اثرهای منفی زلزله بر منابع آبی هم به لحاظ کمیت و هم به لحاظ کیفیت به‌مراتب بیشتر شده است. فن سنجش‌ازدور به‌عنوان یک ابزار کارآمد برای تحلیل و تفسیر و مشخص کردن تغییرات کیفی منابع آب با توجه به در دسترس بودن اطلاعات، هزینه پایین، بسیار مقرون‌به‌صرفه بوده و از دقت بالایی برخورداست. به همین منظور در این مطالعه به پایش و بررسی میزان تغییرات کیفی منابع آب سطحی بعد از زلزله ۲۱ آبان ۱۳۹۶ شهرستان سرپل ذهاب با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای(سنجش‌ازدور)، صورت گرفته است که نشان‌دهنده تغییرات شدید کیفی منابع سطحی آب بعد از رخداد زلزله در منطقه موردمطالعه بوده است. نتایج نشان می‌دهند که در اثر رخداد زلزله منابع آب سطحی تامین کننده آب شرب منطقه مورد مطالعه کاملا دچار تغییرات شدید کیفی شده و تا چندین روز بعد از رخداد زلزله امکان استفاده از منابع آب وجود نداشته است. نتایج بیان‌کننده این مطلب هستند که رخداد زلزله با ایجاد لرزه‌ها و پس‌لرزه‌ها باعث تکان خوردن و جابجایی لایه‌های سطحی و زیرسطحی زمین شده و با توجه به موقعیت کارستیکی منطقه این امر باعث افزایش غلظت محلول آنیون‌ها و کاتیون‌های موجود در آب شده است. از دیگر نتایج این تحقیق می‌توان به نقش عوامل زمین شناختی اشاره داشت که در این بین در منطقه مورد مطالعه نقش گسل‌ها بسیار بارز است. شهرستان سرپل ذهاب نیز با توجه به ساختار زمین شناسی زاگرس و ژئومورفوولوژی خاص خود دارای گسل‌های متعدد و فراوانی‌ست و بیشترین تغییرات منابع آب در مسیر اصلی گسل‌ها قرار داشته و از خطوط گسل‌های منطقه پیروی می‌کند. همچنین از لحاظ زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه، سازند آسماری یکی از سازندهای شاخص ایالت ساختاری ـرسوبی زاگرس است. این سازند در زاگرس گسترش قابل توجهی دارد و جوان ترین سنگ مخزن هیدرو کربن ها در زاگرس است که بیشترین تغییرات منابع آب اتفاق افتاده در سطح منطقه مورد مطالعه بروی سازند آهک آسماری بوده است.

۵-منابع

Abdolmaleki, A., & Maleki, A. Khazaei, A. (2022). Monitoring the height displacement of the earth and analyzing its geomorphological effects using telemetry data. *Remote sensing and geographic information system in natural resources*. 12th year, number 4, winter 2022.

Abdolmaleki, A., & Maleki, A. Khazaei, A. (2021). Remote monitoring of quantitative and qualitative changes in water resources caused by Sarpol Zahab-Ezgole earthquake. *Dissertation for receiving a master's degree in the field of geography, geomorphology-geomorphology and environmental management*. *Razi University*, Faculty of Literature and Human Sciences, Department of Geography. 2019

Alaei, Taleghani.M. (2016). *Geomorphology of Iran, Qoms Publishing House*, December 2016.

Ambraseys N.N., Melville C., A history of Persian earthquakes. 1982. No. of pages: 219. Price: £35. https://doi.org/10.1002/eqe.4290110412.

Arun Kulkarni (2011) Iwater Quality Retrieval from Landsat TM Imagery. *Conference Organized by Missouri University of Science and Technology2011*- Chicago, IL. December 2011Procedia Computer Science 6:475-480 .DOI:10.1016/j.procs.2011.08.088.

Baban, & Serwan M.J. 1995, "The use of Landsat imagery to map fluvial sediment discharge into coastal waters", Marine Geology. Volume 123, Issues 3–4, April 1995, Pages 263-270. https://doi.org/10.1016/0025-3227(95)00003-H.

Bhargava DS, Mariam DW. Cumulative effects of salinity and sediment concentration on reflectance measurements. *International Journal of Remote Sensing*. Pages 2151-2159 | received 16 Aug 1990, Accepted 21 Dec 1990, Published online: 25 Jun 2007. https://doi.org/10.1080/01431169208904258.

Earthquake Report November 12, 2017 Sarpol-e Zahab, Kermanshah Province (Fifth Edition). Volume 1: Seismological Aspects. International Institute of Seismology and Earthquake Engineering.

Faraji, Mehdi Emergency water supply in large cities after the earthquake, the 3rd *International Conference on Comprehensive Crisis Management in Natural Disasters*, Tehran. https://civilica.com/doc/33237/.

Guppy, L., Anderson, K., (2017). Water Crisis Report. United Nations University Institute for Water, Environment and Health, Hamilton, Canada.

Hosseini Hamid., M, Akbari Nasab., M, Safarrad. T. Calculation of Optimal Index for Monitoring Water Pollution with Satellite Images, Case Study of Oman Sea Basin. *Hydrophysics.* https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=345510.

Hellweger, F. Schlosser, Lall, J. Weissel., K. Use of satellite imagery for water quality studies in New York Harbor. Estuarine, Coastal and Shelf Science. Volume 61, Issue 3, November 2004, Pages 437-448. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2004.06.019.

Khorram, S. Cheshier, H. (1985). Remote Sensing of Water Quality in the Neuse River Estuary, North Carolina. *PHOTOGRAMMETRIC ENGINEERING & REMOTE SENSING*. Vol. 51, No. 3, March 1985, pp. 329-341. 1985 American Society of Photograinmetry.

Matsuoka, Y, Kawamura, H, Sakaida, F, Hosoda, K (2011). "Retrieval of high-resolution sea surface temperature data for Sendai Bay, Japan, using the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)". *REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT*, 115(1), 205-213. DOI: 10.1016/j.rse.2010.08.018.

Maleki, Amjad. Khazaei, Ali. Abdul Maliki, Ali (2022). Evaluation of quantitative changes of surface water resources affected by Sarpul Zahab earthquake using satellite data. Remote sensing and geographic information system in natural resources. Thirteenth year, number one, spring 2022.

Momipour., M. (۲۰۱۶), Study of coastal water quality with Hyperion hyperspectral satellite images - A case study of Arvandkenar coast. *Iranian Journal of Marine Science and Technology*.

Qadawi, R. Ramezani Sarbandi, M. (2016). Investigating changes in rainfall and withdrawal from underground water on quantitative and qualitative changes in aquifer water (case study: Rafsanjan plain). *Hydrogeomorphology*, No. 12, fall 2016, pp. 111-129

Raj Pant, B. (2016) Post-earthquake drinking water quality in the Kathmandu valley: A pilot study, A l Am een J Me d S c i 2 0 1 6; 9 (2): 1 3 0 - 1 3 3 ● US National Library of Medicine enlisted journal ● IS SN 0 9 7 4 - 1 1 4 3.

Turker, M. San, B.T," Detection of collapsed buildings caused by the 1999 Izmit, Turkey earthquake through digital analysis of post-event aerial photographs". International Journal of Remote Sensing. Pages 4701-4714 | published online: 26 Nov 2010. https://doi.org/10.1080/01431160410001709976

Vali Oghli, M. Zakari Neiri, M. (2021). Assessing the risk or sensitivity of pollution of surface water sources in the catchment area of Ahmadbiglou Dam using verastik model. *Hydrogeomorpholog*y. No. 28, year 8, autumn 2021, pp. 189-163