



## سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (سال سیزدهم / شماره اول) بهار ۱۴۰۱

نمایه شده در سایت: پایگاه استنادی علوم جهان اسلام، جهاد دانشگاهی، مگ ایران، نورمگز، سیولیکا، گوگل اسکولار  
آدرس وب سایت : <http://girs.iaubushehr.ac.ir>



# ارزیابی میزان تغییرات کمی منابع آب سطحی متأثر از زلزله سرپل ذهاب با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای

مقاله پژوهشی

امجد ملکی، علی خزایی، علی عبدالملکی

دریافت: ۴ اردیبهشت ۱۴۰۰ / بازنگری: ۲۵ اردیبهشت ۱۴۰۰ / پذیرش: ۱۸ خرداد ۱۴۰۰  
دسترسی اینترنتی: ۲۳ خرداد ۱۴۰۰

### چکیده

پیشینه و هدف زلزله علاوه بر اثرهای مخرب بر سازه‌هایی که به دست انسان ساخته شده‌اند، بر منابع آب‌های سطحی نیز اثرات متفاوت دارد. همواره رخداد زلزله‌ها بسته به شدت، زمان، جهت و عمق آن، باعث افزایش یا کاهش دبی آب می‌شود. حتی ممکن است باعث جریان یافتن آب چشمه‌ای شود که سالیان‌سال خشک شده است. استفاده از فن‌آوری سنجش از دور در علوم مختلف زمین به دلیل پوشش وسیع تصاویر ماهواره‌ای، بهنگام بودن تصاویر و هزینه پایین آن نسبت به روش‌های زمینی بسیار متداول است.

امجد ملکی (✉) <sup>۱</sup>، علی خزایی <sup>۲</sup>، علی عبدالملکی <sup>۳</sup>

۱. دانشیار، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
  ۲. کارشناس گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
  ۳. دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی در برنامه ریزی محیطی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
- پست الکترونیکی مسئول مکاتبات : [amjad\\_maleki@yahoo.com](mailto:amjad_maleki@yahoo.com)  
<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1401.13.1.3.1>

همچنین از قابلیت‌های مهم و منحصر به فرد داده‌های رقومی ماهواره‌ای، دارا بودن قدرت تفکیک زمانی، مکانی، طیفی و رادیومتریک می‌باشد. از آنجایی که در برخی موارد اطلاعات بدست آمده از یک سنجنده به تنهایی پاسخگوی نیازهای مورد نظر نیست. علیرغم اینکه داده‌های چند طیفی اپتیک اطلاعات غنی طیفی را از عوارض مختلف به ما می‌دهد، اما به طور قابل توجهی تحت تاثیر عوامل محیطی مانند دود، مه، ابر و میزان نور خورشید قرار می‌گیرد. برخلاف سنجنده‌های اپتیک، داده‌های رادار با روزنه مجازی (SAR) با مستقل بودن از شرایط آب و هوایی و تابشی مختلف و همچنین حساسیت پراکنش سیگنال‌های آن به پارامترهای تارگت همانند ساختار (شکل، جهت‌گیری، اندازه)، میزان زبری و میزان رطوبت عوارض می‌توانند اطلاعات بیش‌تری را از منطقه مورد مطالعه فراهم آورد اما از سوی، تصاویر راداری نمی‌توانند جزئیات و لبه اشیاء را به وضوح مشخص کنند.

بنابراین ترکیب خصوصیات مختلف از تصاویر اپتیک و داده‌های راداری با استفاده از تکنیک‌های تلفیق تصویر، می‌تواند یک دید کامل‌تر از تارگت مورد نظر نمایش داده و دقت و اعتمادپذیری بالاتری برای نتیجه‌های بدست آمده از این روش ارائه دهد. بنابراین در تحقیق حاضر جهت نیل به هدف فوق با استفاده از داده‌های

سدهای (تنگه حمام و سد گیلان غرب) اتفاق افتاده است. بگونه‌ای که سد تنگه حمام دچار کاهش به مقدار ۰/۱۳ مترمربع و سد گیلان غرب کاهش به مقدار ۰/۰۷ مترمربع بوده. همچنین تغییرات کمی بصورت افزایشی در سطح (سراب گرم سرپل ذهاب) (منبع آب شرب منطقه)، رودخانه سیروان و مسیل‌ها، اتفاق افتاده و در مجموع به مقدار ۷۵۲۳۴۲۱ مترمربع تغییرات در سطح منابع آب‌های سطحی منطقه مورد مطالعه بعد از رخداد زلزله وجود داشته است.

**نتیجه‌گیری** رخداد زلزله باعث افزایش خروج آب‌های زیرزمینی و کم شدن حجم سطح سدهای منطقه و تغذیه رودخانه‌های سطحی منطقه از جمله (رودخانه سیروان) و در نهایت موجب تلف شدن آب گردیده و در بعضی از مکان‌ها باعث خشک شدن چشمه‌ها و لطمه زدن به شرایط نرمال زندگی شده است.

**واژه‌های کلیدی:** شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI)، شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده (MNDWI)، سنسجش از دور، منابع آب، سرپل ذهاب

ماهواره‌ای و روش ترکیب تصاویر، دیتاها به گونه‌ای یکسان سازی گردیده که بتوانند در کنار همدیگر در قالب یک دیتاست برای پردازش‌ها مورد استفاده قرار گیرند.

**مواد و روش‌ها** از روش ترکیب تصاویر ماهواره‌ای تغییرات کمی منابع آب سطحی متأثر از زلزله شهرستان سرپل ذهاب در بازه زمانی ۷ روزه ۲۰۱۷/۱۱/۱۱ تا ۲۰۱۷/۱۱/۱۷ با استفاده از داده‌های راداری (S\_1A-IW-SLC)، با بیس لاین مکانی ۱۰۰ متر و داده‌های اپتیکی لندست ۸ (OLI)، و با اعمال تکنیک‌های سنسجش از دور و شاخص‌های تشخیص تغییرات منابع آب از جمله شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده (MNDWI) در محیط نرم‌افزار انوی ENVI و سپس تجزیه و تحلیل در محیط نرم‌افزار ArcGIS به دست آمده است.

**نتایج و بحث** بررسی نتایج تغییرات کمی منابع آب‌های سطحی نشان می‌دهد که در بازه زمانی ۷ روزه بعد از رخداد زلزله در محدوده مورد مطالعه بیشترین میزان تغییرات کمی (بصورت کاهش) در

## مقدمه

یکی از تنگناهای اساسی دنیای امروز کافی نبودن آب برای مصارف گوناگون اعم از شرب، صنعت، کشاورزی و محیط‌های طبیعی است (۲۰). نیاز روزافزون انسان به آب از یکسو و کمبود آن از سوی دیگر که با خطرات متفاوتی نظیر افت سطح، کاهش میزان تغذیه به سبب نقصان بارندگی و آلاینده‌های طبیعی و غیرطبیعی و همچنین تأثیرات بلایایی طبیعی از جمله زلزله است (۲). زلزله علاوه بر اثرهای مخرب بر سازه‌هایی که به دست انسان ساخته شده‌اند، بر منابع آبی و چشمه‌ها نیز اثر منفی دارد. همواره این باور در افراد قدیمی که تجربه پشت سر گذاشتن زلزله‌های متعدد را در کارنامه زندگی خود دارند، وجود دارد که با آمدن زلزله‌ها بسته به شدت، زمان، جهت و عمق آن، گاهی باعث افزایش یا کاهش دبی آب یک چشمه و یا حجم آب یک چاه آب شود (۱). حتی ممکن است باعث جریان یافتن آب چشمه‌ای شود که سالیان سال خشک شده است یا چشمه و برون‌زدگی آب جدیدی ایجاد شود و برعکس موارد ذکر شده هم ممکن است اتفاق بیفتد (۱). تغییرات سطح آب معمولاً در مناطقی که تحت تأثیر یک لرزه زمین قرار گرفته اند گزارش می‌شود (۲۳). این تغییرات که در اثر افزایش و یا کاهش فشار حفرهای خاک ایجاد می‌شود، منجر به پایین رفتن سطح آب داخل چاه‌ها و یا فوران آب از داخل آن‌ها و خشکیدن پاره‌ای از چشمه‌ها و قنات‌ها یا جاری شدن آب از نقاطی که قبلاً خشک بوده است، می‌گردد (۱۱). هرچند امروزه با توجه به دست‌کاری‌های گسترده انسان در منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، 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 کمی منابع آب با توجه به در دسترس بودن اطلاعات، هزینه پایین، بسیار مقرون‌به‌صرفه بوده و از دقت بالایی برخوردار است (۱). به دلیل محدودیت‌های فن‌آوری و فیزیکی، سیستم‌های تصویربرداری نمی‌توانند تصاویر موردنیاز برای تمیز دادن اشیاء، که به‌طور هم‌زمان حاوی سطح بالایی از اطلاعات مهم و مختلف

تصویری باشند را در یک‌زمان تهیه کنند. بنابراین با توجه به توسعه سریع علم سنجش‌ازدور در سال‌های اخیر و نیز به دلیل گسترش کاربردهای تصاویر چند سنجنده‌ای، ترکیب تصاویر به‌عنوان راه‌حلی مناسب برای دستیابی به تصاویری با قدرت تفکیک طیفی و مکانی بالا مطرح می‌گردد.

در سنجش‌ازدور دارای سنجنده‌های متنوعی با کاربردهای متفاوت هستیم که هرکدام از این سنجنده‌ها دارای مزایا و محدودیت‌هایی می‌باشند. دو نمونه از پرکاربردترین این سنجنده‌ها، سنجنده‌های اپتیک و SAR می‌باشند. داده‌های اپتیک از حد تفکیک رادیو متریکی مناسبی برخوردار می‌باشند که آن‌ها را جهت تهیه نقشه کاربری اراضی، نقشه تغییرات، شناسایی اهداف و کاربردهای متنوع دیگر مناسب می‌سازد. اما با توجه به رابطه معکوس بین حد تفکیک رادیو متریکی و حد تفکیک مکانی، داده‌های چند طیفی از حد تفکیک مکانی مطلوبی برخوردار نمی‌باشند. همچنین این نوع داده‌ها به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر عوامل محیطی مانند دود، مه، ابر، ریزگردها و میزان نور خورشید قرار می‌گیرند (۲۲). داده‌های SAR برخلاف داده‌های اپتیک، توانایی اخذ در تمامی شرایط آب و هوایی را دارند. این نوع داده‌ها می‌توانند اطلاعات غنی از بافت و ساختار ارائه داده و به مؤلفه‌های شکل، جهت، زبری و رطوبت از عوارض روی زمین حساس هستند. از طرفی استفاده صرف از این نوع داده‌ها در کاربردهای شهری، طبقه‌بندی، تفسیر و غیره، کارایی مطلوبی ندارند. همچنین وجود نویز و عدم آشکارسازی مناسب لبه‌ها از جمله ضعف‌های موجود در این نوع داده‌ها است (۱۲ و ۱۴). از این‌رو به‌کارگیری روش ترکیب در بهره‌گیری از مزایا و فائق آمدن بر محدودیت و معایب هرکدام از این داده‌ها مؤثر است. مینیمم کردن نویز در داده SAR، افزایش کیفیت این داده و همچنین بهبود دقت مکانی و افزایش کنتراست در داده‌های اپتیک از ویژگی‌های تصویر فیوژن شده است. بنابراین ترکیب این دو نوع داده یک دید کامل‌تر از تارگت موردنظر ارائه می‌دهد و دقت و اعتمادپذیری بالاتری برای نتایج حاصله می‌توان متصور بود (۱۵). 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 مورد توجه زیادی قرار گرفته که این به دلیل قابلیت‌های منحصر به فرد داده‌های راداری از جمله قابلیت تصویربرداری در تمام ساعات شبانه‌روز، حساسیت به پیکربندی هندسی پدیده‌ها، حساسیت به رطوبت خاک، قابلیت تصویربرداری در شرایط مختلف جوی و غیره است. لذا این داده‌ها حاوی اطلاعات مکمل ارزشمندی برای داده‌های اپتیکی هستند. نتایج حاصل از چندین طرح تحقیقاتی نقش مثبت سنجش‌ازدور را در مطالعات منابع آب تأیید کرده است. که در متن زیر به چند مورد از تحقیقات مرتبط اشاره خواهد شد. نسپولی و همکاران (۲۱) در تحقیق خود مبنی بر مدل سازی اثرات زلزله بر روی سطح آب زیرزمینی. آنها با یک مدل جریان متخلخل رسانه‌ای (TOUGH2) برای توصیف جریان آب زیرزمینی و تغییرات سطح آب در ارتباط با اولین انفجار اصلی ML5.9 توالی لرزه ای ۲۰۱۲ در امیلیا (ایتالیا) اعمال کردند. آنها به این نتیجه رسیدن که نشانه و دامنه چنین تغییراتی به موقعیت نسبی نقاط اندازه گیری با توجه به مرکز و خواص تخلخل سنگ بستگی دارد. تورکر و سان (۲۲) در پژوهش خود مبنی بر هیدروژئولوژی زلزله به این نتیجه رسیدند که پاسخ‌های هیدرولوژیکی به زمین لرزه‌ها مانند افزایش جریان، 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 پدیده‌های هیدرولوژیکی لرزه نگاری نشان داده شده است. چی یون و همکاران (۷) تغییرات موقت پس از زمین‌لرزه چی - چی را بر آب‌های زیرسطحی منطقه که زلزله‌ای با قدرت ۷/۸ ریشتری را که در مرکز تایوان به وقوع پیوسته بود را مورد مطالعه قرار داده‌اند. به‌طورکلی ۴ نوع پاسخ لرزه‌ای به‌صورت متفاوت مورد بررسی قرار داده شد. آنان در این مطالعه با استفاده از یک مدل یک‌بعدی، این پاسخ‌های لرزه‌ای تحلیل گردید. نتایج

حاصل از آزمایش‌های دقیق، تجزیه و تحلیل‌ها نشان داد که پاسخ نوع ۱ ممکن است با یک مدل آبشویی با تخلیه زیرزمینی پس‌لرزه‌ای و پس از زمین‌لرزه در طول ۵۰۰-۵۰۰۰ متر توضیح داده شود، پاسخ نوع ۲ ممکن است سبب تخلیه و یا نفوذ بیشتر در آبخوان شود که در اثر وقوع پس‌لرزه‌های مکرر ایجاد شده است. پاسخ نوع ۳ ممکن است در اثر تخلیه مخروطی در آبخوان و تخلیه زیرین آبخوان در فواصل ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ متری آبخوان اتفاق بیفتد. پاسخ نوع ۴ نوع ممکن است با استفاده از یک مدل لرزه‌ای و نفوذ دوباره از آب سطحی پس از زلزله برگشت‌پذیری داشته باشد. بیشتر در فصول خشک مشاهده می‌شود که پس از زمین‌لرزه‌ها، هدایت هیدرولیکی دچار بی‌نظمی‌های زلزله شده است. بوج و همکاران (۶) کیفیت آب آشامیدنی پس از زمین‌لرزه در دره کثماندو را مورد مطالعه قرار دادند که به این نتیجه دست یافتند که بعد از زمین‌لرزه‌های عظیم خصوصیات آب از جمله کیفیت آب و سطح آب ناگهان تغییر می‌کند که این مشاهدات در اطراف مناطق اتفاق افتاده کاملاً مشخص است. گودرزی و همکاران (۱۰) به بررسی تأمین آب اضطراری بعد از زلزله در شهرهای بزرگ پرداخته، و در نتیجه نکاتی را متذکر می‌شود در این راستا، بررسی موقعیت جغرافیایی تأسیسات آب‌رسانی نسبت به گسل‌های موجود جهت اتخاذ تدابیر پیشگیرانه در برابر زلزله نظیر نصب اتصالات انعطاف‌پذیر و غیره، برای خطوط انتقال و توزیع امری مهم و ضروری است. متناسب با پیشرفت کار تعمیرات، تقاضای آب در زمان بحران معمولاً روز به روز جهت مصارف آشامیدن تا توالی و حمام افزایش می‌یابد. بنابراین افزایش تعداد مخازن اضطراری آب، تانکرهای آب و غیره نیز به‌منظور کاهش خسارات ناشی از زلزله بسیار مهم و ضروری است.

توزیع زمین‌لرزه‌های تاریخی و دستگامی سده اخیر در گستره مه لرزه‌ای زمین‌لرزه ۱۳۹۶/۰۸/۲۱ سرپل ذهاب (MW=7.3)، دلالت بر سابقه فعالیت لرزه‌ای کم منطقه دارد. به‌جز زمین‌لرزه‌های مشاهده‌شده در فاصله حدود ۲۵ کیلومتری جنوب قصر شیرین که مرتبط با وقوع فوج زمین‌لرزه‌های

الاستیک و رویداد زمین‌لرزه‌های بزرگ در امتداد زون‌های گسلی اصلی در منطقه زاگرس به فوقانی‌ترین بخش پی‌سنگ (ژرفای ۸ تا ۱۲ کیلومتر) محدود گردیده و به دلیل وجود لایه‌های تبخیری که در افق‌های مختلف پوشش رسوبی وجود دارد، شکستگی به سطح زمین نمی‌رسد. به دلیل محدودیت مذکور، از مدت‌ها پیش بررسی ساخت‌های ریخت‌شناختی زاگرس در پیوند با تمرکز سطحی زمین‌لرزه‌ها مورد توجه پژوهش‌گران قرار گرفته است. نتیجه این بررسی‌ها به شناسایی تعدادی از عوارض ریخت‌شناختی زمین‌ساختی لرزه‌زا منجر گردید (۱۶، ۱۸ و ۲۴).

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 زاویه بسیار کم (۱۵-۱۰ درجه) به سمت شرق شیب دارد. با توجه به اینکه ایران و استان کرمانشاه دارای موقعیت زلزله‌خیز است و همچنین با توجه به قرار گرفتن کشور ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک جهان و بیشتر شدن خشک‌سالی در عهد حاضر شناسایی و شناخت کافی از منابع آب لازم و ضروری است. آنچه واضح است دسترسی به آب شرب قطعاً جزء چند نیاز اولیه هر انسان برای بقا است. این پژوهش سعی دارد با ترکیب داده‌های راداری SAR مربوط به (۲۶ آبان ۱۳۹۶، ۵ روز بعد از رخداد زلزله) و داده اپتیک‌مربوط به (۱۹ آبان ۱۳۹۶، ۲ روز قبل از زلزله) در جهت پایش تغییرات کمی منابع آب در بازه ۷ روزه مطلوب‌ترین نتیجه را به دست آورد.

## مواد و روش‌ها

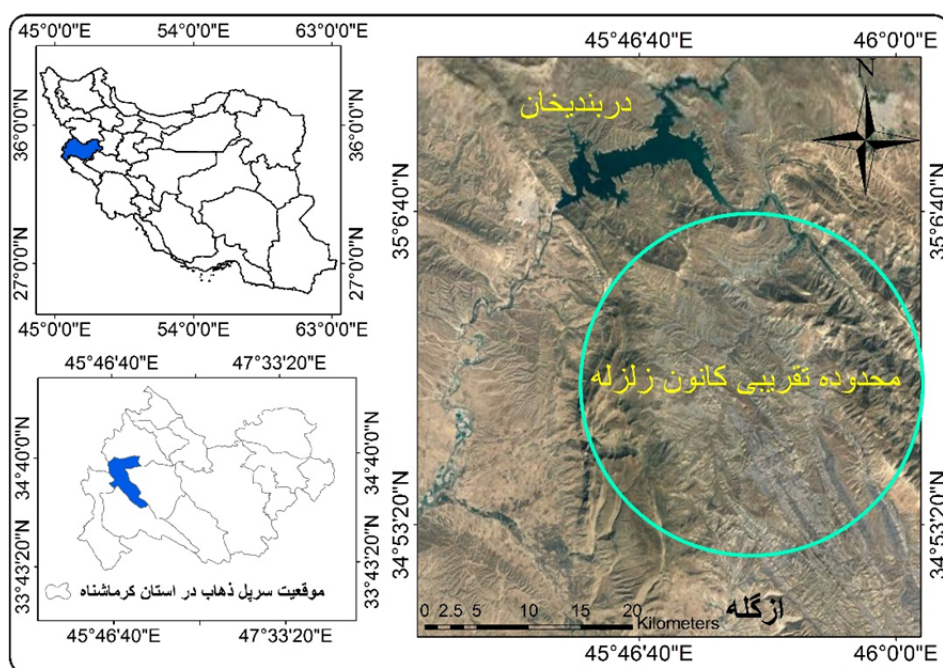
### منطقه مورد مطالعه

مرکز شهرستان سرپل ذهاب، شهر سرپل ذهاب است که در ۵۵۰ متری از سطح دریا و در ۱۴۷ کیلومتری راه اصلی کرمانشاه - قصر شیرین قرار دارد. موقعیت جغرافیایی این شهر در ۴۵ درجه و ۵۲ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۲۴ درجه

شهرستان قصر شیرین در آذرماه ۱۳۹۲ است، عملاً فعالیت لرزه‌ای قابل‌توجهی در منطقه در طی صدسال اخیر مشاهده نمی‌گردد. غالب زمین‌لرزه‌های دستگاهی روی داده در منطقه دارای بزرگی گشتاوری کمتر از ۵ هستند (۱۰). عملاً در بخش وسیعی از گستره اطراف کانون زمین‌لرزه اخیر سرپل ذهاب، زمین‌لرزه‌ای با بزرگی بالای ۶ مشاهده نمی‌گردد. یکی از مناطقی که فرضیه عدم وقوع زمین‌لرزه‌های با بزرگی بالا ۷ در بخش چین‌خورده - رو رانده زاگرس را قوت می‌بخشید، این بخش از زون لرزه-زمین‌ساختی زاگرس بود. به لحاظ لرزه‌خیزی تاریخی اما دو زمین‌لرزه ۹۵۸ و ۱۱۵۰ میلادی با بزرگی تخمینی به ترتیب ۶/۴ و ۵/۹ در مجاورت شهر سرپل ذهاب گزارش شده‌اند که سابقه لرزه‌خیزی بالای این شهر را نشان می‌دهد. زمین‌لرزه آوریل ۹۵۸ میلادی حلوان، سرپل ذهاب کنونی را ویران کرد. زمین‌لرزه که در بغداد حس شاد و پس‌لرزه‌های آن که به تناوب در سرتاسر ماه‌های نخست سال ادامه داشت، بر منابع آب زیرزمینی در زاگرس اثر گذاشت. بزرگی زمین‌لرزه اصلی ۶/۴ در مقیاس امواج سطحی (MS) برآورد شده است. زمین‌لرزه آوریل ۱۱۵۰ میلادی حلوان نیز زمین‌لرزه ویرانگر دیگری است که در منطقه حلوان (سرپل ذهاب) روی داد و سبب دگر ریختی‌های زمین در کوه‌ها شد. رباط به‌روزی ویران شد و شمار زیادی از کوچ‌نشینان ترکمن کشته شدند. در بغداد زمین‌لرزه به‌شدت حس شد و زمین به‌نگام جنبش چند بار شکل امواج به خود گرفت و باعث ترک خوردن برخی دیوارها شد. بزرگی این زمین‌لرزه ۵/۹ در مقیاس امواج سطحی (Ms) برآورد شده است. از نظر سازوکار گسل-های این بخش از زاگرس، همان‌طور که مشاهده می‌گردد غالب سازوکارهای حاکم بر زمین‌لرزه‌های این زون از نوع معکوس یا تراستی بر روی صفحه‌های با روند شمال غرب-جنوب شرق کم‌و بیش مشابه سازوکار زمین‌لرزه اخیر سرپل ذهاب هستند. بررسی‌های لرزه‌زمین‌ساختی منطقه زاگرس به‌طور عمده به مطالعات لرزه‌خیزی این منطقه محدود گردیده است. این موضوع از آنجا ناشی می‌شود که گسلش لرزه‌زا در منطقه زاگرس در سطح زمین رخنمون ندارد (۱۰). اساساً تغییر شکل

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  $34^{\circ}17'$  درجه عرض شمالی و  $45^{\circ}16'$  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.

عرض جغرافیایی است. دارای پنج دهستان است که شامل: ۱- قره‌بلاغ ۲- بز میرآباد ۳- قلعه شاهین ۴- دشت ذهاب ۵- پاتاق (بشیوه). این شهرستان از جلگه‌ای وسیع تشکیل شده که اطراف آن را ارتفاعات و تپه‌ماهورهای احاطه کرده که باعث ایجاد دشت‌های حاصلخیز شده است (شکل ۱). در ساعت ۲۱ و ۴۸ دقیقه (به وقت محلی) روز ۲۱ آبان ماه ۱۳۹۶ هجری شمسی، زمین‌لرزه‌ای با بزرگی گشتاوری  $7/3$  در فاصله ۱۰ کیلومتری از گله و حدود ۳۷ کیلومتری شمال غرب شهرستان سرپل ذهاب از استان کرمانشاه، واقع در مرز ایران و



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

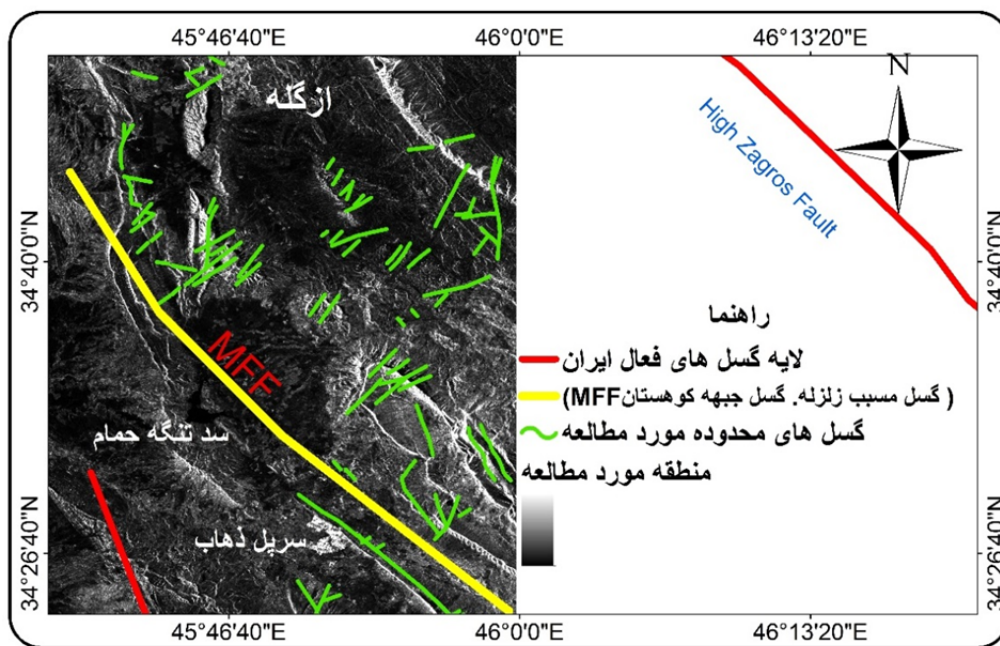
Fig. 1. Geographical location of the study area

هنگام حرکت سریع گسل‌های فعال، عامل وقوع اغلب زمین‌لرزه‌ها است. ایران ما به لحاظ زمین‌شناختی به چند منطقه از جمله منطقه زمین‌شناختی آذربایجان، زاگرس، ایران مرکزی و غیره تقسیم می‌شود که منطقه زاگرس از جمله مناطق دارای سطح فعالیت بالا محسوب می‌شود. گسل‌ها در پوسته زمین در مقیاس‌های مختلفی تشکیل می‌شوند. عملکرد گسل‌ها، ترتیب قرارگیری واحدهای سنگی را برهم زده و مسائل پیچیده‌ای را به وجود می‌آورد. گسل‌ها می‌توانند توپوگرافی سطح زمین را

از نظر زمین‌شناسی شهر سرپل ذهاب در خط‌قعر یک ناودیس با روند شمال‌غرب-جنوب‌شرق قرار گرفته است. یال شمالی این ناودیس بانام کوه میان کال و لایه‌های با شیب برگشته مرز شمالی شهر را به وجود آورده است و رودخانه الوند با قطع این کوه از میان شهر می‌گذرد. گسل یا گسله به شکستگی‌هایی اطلاق می‌شود که سنگ‌های دو طرف صفحه شکستگی نسبت به همدیگر حرکت کرده باشند. این جابه‌جایی می‌تواند از چند میلی‌متر تا صدها متر باشد. انرژی آزاد شده به

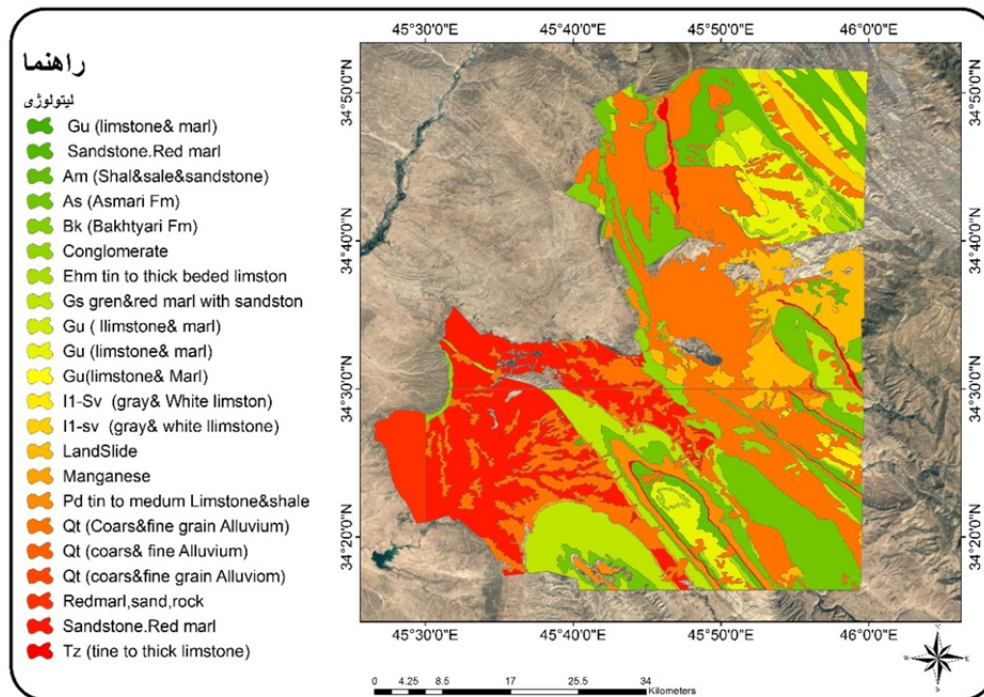
پهنه ساختاری زاگرس چین خورده ساده در غرب ایران در فاصله ۱۵ کیلومتری مرز ایران و عراق قرار گرفته است. در ساعت ۲۱ و ۴۸ دقیقه (به وقت محلی) روز ۲۱ آبان ماه ۹۶ هجری شمسی، زمین لرزه‌ای با بزرگی گشتاوری ۷/۳ در فاصله ۱۰ کیلومتری از گله و حدود ۳۷ کیلومتری شمال غرب شهرستان سرپل ذهاب از استان کرمانشاه، واقع در مرز ایران و عراق به وقوع پیوست. شبکه لرزه‌نگاری کشوری وابسته به موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، با توجه به استفاده از ایستگاه‌های محلی، به ویژه قرائت‌های فاز سه ایستگاه واقع در کشور عراق، کانون زمین لرزه 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 زمین لرزه حدود ۱۸ کیلومتر برآورد شده است. کانون سطحی و سازوکار کانونی زمین لرزه ۲۱ آبان سرپل ذهاب حکایت از این دارد که گسل مسبب این زمین لرزه یکی از قطعه‌های با راستای شمال-شمال غرب گسل جبهه کوهستان (MFF) است که با زاویه بسیار کم (۱۵ - ۱۰) به سمت شرق شیب دارد (شکل ۳).

تغییر دهند. گسل‌ها همچنین می‌توانند بر نحوه توزیع منابع طبیعی همچون آب‌های سطحی تأثیرگذار باشند. فرایندهای تک‌تونیکی مخصوصاً گسل‌ها در ابعاد کمی و کیفی فرایندهای هیدروژئولوژیکی نقش اساسی و مهمی را ایفا می‌کنند. گسل‌ها گاهی موجب تغییر مسیر رودها، ایجاد آبراهه‌ها، پدید آمدن چشمه‌های مختلف و ایجاد اشکال مختلف هیدروژئولوژیکی گوناگونی می‌شوند. گسل‌های اصلی منطقه از دو گروه امتداد لغز و رو رانده بوده که در شکل‌گیری ساختاری منطقه و تغییرات رخساره‌ای نقش اساسی ایفا نموده‌اند. مرز بین زاگرس مرتفع و زاگرس چین خورده ساده، گسلی است؛ که تحت عنوان گسل تراستی اصلی زاگرس نام‌گذاری شده است (شکل ۲). این گسل در حاشیه شمالی گستره مورد مطالعه قرار دارد. مرز پهنه ساختاری زاگرس چین خورده 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. انشعاباتی از این گسل را در حاشیه شمالی و جنوبی طاق‌دیس گورپی می‌توان مشاهده نمود. گستره مورد مطالعه در



شکل ۲. موقعیت گسل‌های منطقه مورد مطالعه و گسل جبهه کوهستان (MFF)

Fig. 2. Location of faults in the study area and mountain front fault (MFF)



شکل ۳. زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

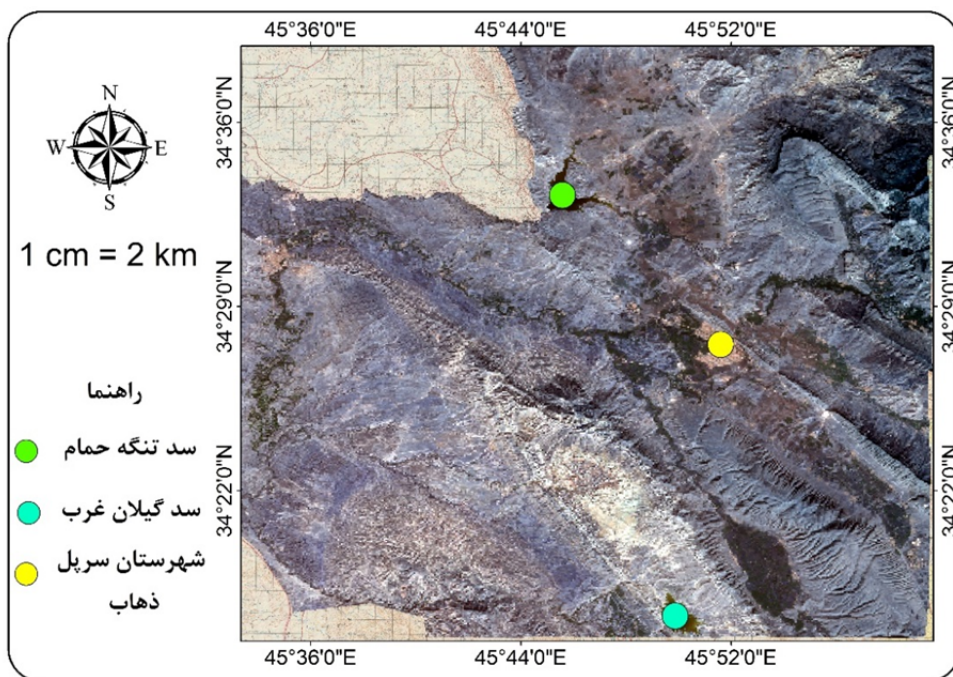
Fig. 3. Geology of the study area

### روش تحقیق

بین دو تصویر کمتر بده تا دیتا کامیاب شدن بهتری رو داشته باشیم. به همین خاطر باندهای مالتی اسپکترال لندست رو با باند پانکروماتیک لندست فیوژن کرده و به توان مکانی ۱۵ متر رساندیم. در تحقیق حاضر نزدیک بودن تاریخ اخذ تصاویر مدنظر قرار گرفته شد تا خطای ناشی از تغییرات درجات خاکستری حداقل شود و پارامترهای محیطی (اقلیمی) تاثیرگذار بر منابع آب از جمله بارندگی، باد، رطوبت و غیره کاملا مورد بررسی قرار گرفته که در نتیجه نهایی تاثیرات منفی نداشته باشد.

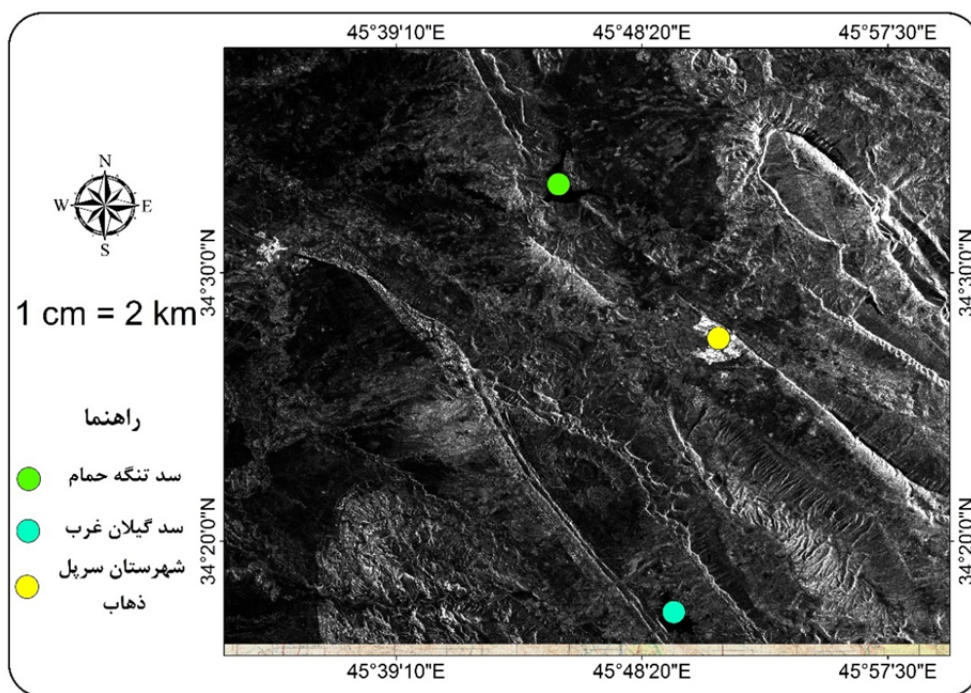
در این پژوهش از تصاویر دو ماهواره لندست-۸ و سنتینل-۱ استفاده گردید. ترکیب تصویر ماهواره لندست-۸ سنجنده OLI با قدرت تفکیک ۳۰ متر (شکل ۴) و تصویر سنتینل-۱ با قدرت تفکیک ۱۰ متر (شکل ۵) استفاده گردید. با توجه به عدم وجود تصویر لندست-۸ بعد از رخداد زلزله و قبل از شروع بارندگی‌ها در سطح منطقه مورد مطالعه از تصویر سنتینل-۱ استفاده شده است. با توجه به تصویر راداری استفاده شده (تفکیک مکانی ۱۰ متری) و لندست-۸ (۳۰ متری)، از روش‌ها گرم اسمیت استفاده گردید که اختلاف جزئیات مکانی





شکل ۴. منطقه مورد مطالعه در تصویر ماهواره‌ای لندست-۸ (۱۹ آبان ۱۳۹۶)

Fig. 4. Study area in Landsat 8 satellite image (November 10, 2017)



شکل ۵. منطقه مورد مطالعه در تصویر ماهواره سنتینل-۱ (۲۶ آبان ۱۳۹۶)

Fig. 5. Study area in Sentinel 1 satellite image (November 17, 2017)

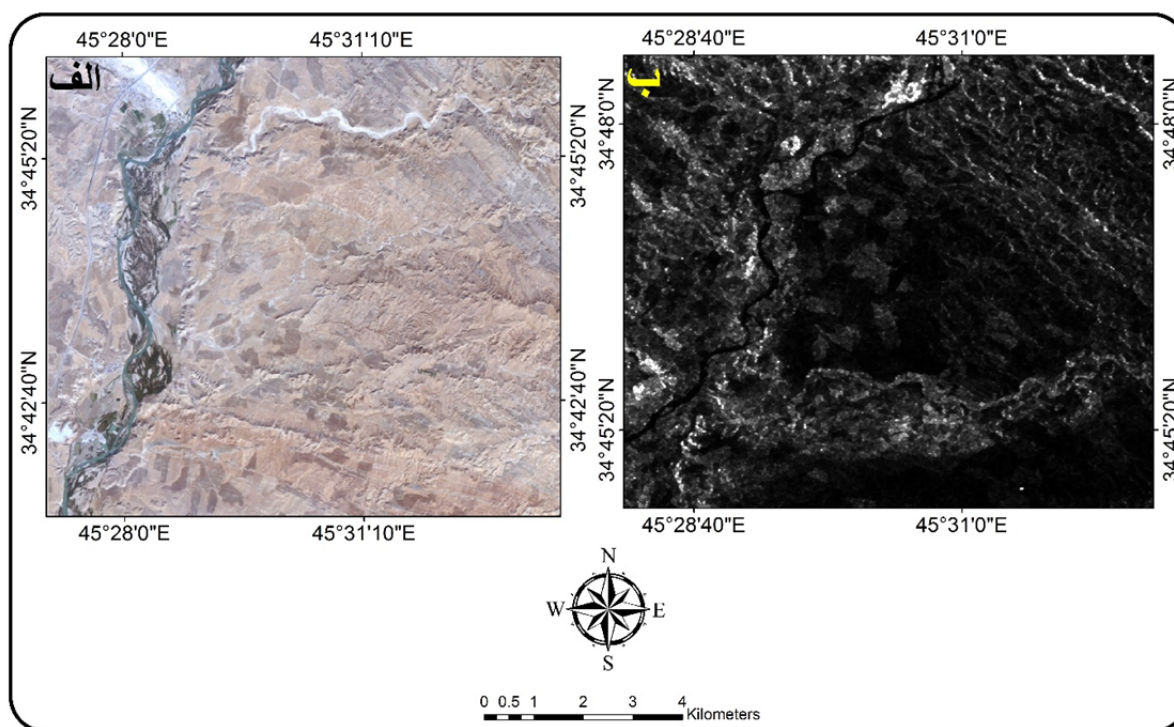
پردازش داده‌های سنتینل-۱، از نرم‌افزار SNAP (SNAP) پردازش تصاویر ماهواره‌ای (SANTINEL)، نرم‌افزار تخصصی پردازش تصاویر ماهواره‌ای

به منظور بررسی میزان ارزیابی میزان تغییرات کمی منابع آب سطحی متأثر از زلزله شهرستان سرپل ذهاب -ازگله

### شناسایی و پایش تغییرات کمی منابع آب سطحی

نقشه میزان تغییرات کمی منابع آب‌های سطحی (کاهش-افزایشی)، منطقه مورد مطالعه ایجاد و برای صحت سنجی تحقیق از بازدیدهای میدانی، گفت‌وگو با اهالی منطقه و گوگل ارث استفاده شده است. برای آشکارشدن و بررسی تغییرات در منابع آب سطحی منطقه مورد مطالعه، رودخانه سیروان (شکل ۶)، سد تنگه حمام و سد گیلان غرب (شکل ۷)، در دو تاریخ ۱۹ آبان ۱۳۹۶ (دو روز قبل از رخداد زلزله) و ۲۶ آبان ۱۳۹۶ (۵ روز بعد از رخداد زلزله) انتخاب و مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

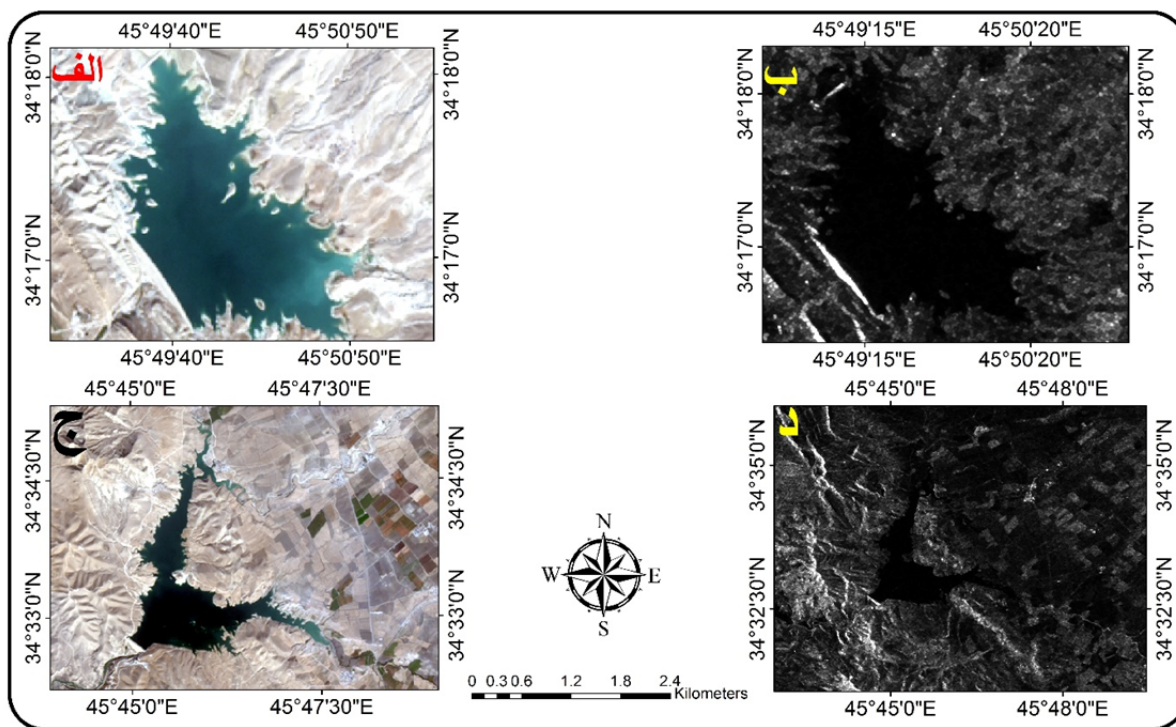
سنجش از دور و پردازش داده‌های لندست-۸ از نرم‌افزار ENVI استفاده گردید. در این پژوهش ابتدا با استفاده از نرم‌افزار ENVI نرم‌افزار تخصصی داده‌های ماهواره‌ای تصاویر مربوط به ماهواره سنتینل-۱ مربوط به ۲۶ آبان ۱۳۹۶ و لندست-۸ مربوط به ۱۹ آبان ۱۳۹۶ با همدیگر ترکیب گردید و سپس با استفاده از دو روش ۱- شناسایی منابع آب سطحی با استفاده از داده‌های لندست-۸ و رادار (سنتینل-۱) شامل؛ ۱- ایجاد ترکیب رنگی باندهای ۴-۶-۵، ۲- ایجاد ترکیب رنگی RGB، ۳- استفاده از شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI)، ۴- استفاده از شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده (MNDWI).



شکل ۶. تصویر رودخانه سیروان. الف) تصویر ماهواره لندست به تاریخ ۱۹ آبان ۱۳۹۶. ب) تصویر ماهواره سنتینل-۱ به تاریخ ۲۶ آبان

۱۳۹۶

Fig. 6. Image of Sirvan river. A) Landsat satellite image on 10 November, 2017. B) Sentinel-1 satellite image on 17 November, 2017



شکل ۷. در قسمت بالای نقشه سد گیلان غرب: الف) تصویر ماهواره لندست-۸ به تاریخ ۱۹ آبان ۱۳۹۶ و ب) تصویر ماهواره سنتینل-۱ به تاریخ ۲۶ آبان ۱۳۹۶. قسمت پایین نقشه سد تنگه حمام، ج) تصویر ماهواره لندست-۸ به تاریخ ۱۹ آبان ۱۳۹۶ و د) تصویر ماهواره سنتینل-۱ به تاریخ ۲۶ آبان ۱۳۹۶

Fig. 7. In the upper part of the map of West Gilan Dam: a) Landsat 8 satellite image on November 10, 2017 and b) Sentinel 1 satellite image on November 17, 2017). The lower part of the map of the Strait of Hammam Dam, c) image of Landsat 8 satellite dated November 10, 2017 and, d) image of Sentinel 1 satellite dated November 17, 2017

گرفت (بدلیل همبستگی بسیار بالایی که با باند آبی دارد). سپس با استفاده از روش کویک اتمسفریک کارکشن نسبت به تصحیح دیتا اقدام نمود (۱).

#### تصحیحات رادیومتریکی و اتمسفری تصویر سنتینل-۱

در حالت ایده آل پیش پردازش تصاویر سنتینل-۱، اول باید تصحیح رادیومتریکی صورت گیرد که برای این کار در نرم افزار اسنپ (نرم افزار تخصصی داده‌های سنتینل)، از طریق گزینه Radiometric calibrate به تصحیح رادیومتریکی و همچنین تصحیح اتمسفری دیتای مورد نظر در آن واحد اقدام نموده. در این مرحله تصحیحاتی که انجام میگیرد اثراتی که اتمسفر (خصوصاً) لایه‌های بالایی از جمله یونسفر بروی امواج داده‌های راداری داشتند به همراه سایر عواملی که باعث تغییر

#### 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.

#### تصحیحات رادیومتریکی و اتمسفری تصویر لندست-۸

با استفاده از دستور رادیومتریکی کالیبریشن (Radiometric calibration)، نسبت به کالبراسیون رادیومتریکی تصویر لندست اقدام و از طریق تصویر مالتی اسپکترال و انتخاب باندهای مورد نظر بجز باند Coastal aerosol)، چرا که در فرایند پردازش مورد توجه قرار نخواهد

بازتابش در سطح زمین تبدیل شود. به دست آوردن تابش طیفی در سنجنده گام اساسی در تبدیل داده‌های تصویر از سنجنده ها و سکوهاى مختلف به یک مقیاس رادیومتریکى مشترک و از لحاظ فیزیکی معنی‌دار است (۱۳ و ۱۹). برای تبدیل DN به تابش در سنجنده لندست ۱ با توجه به رابطه ۱ استفاده می‌شود.

$$L \square \square ML \square Q_{CAL} \square L A \quad [1]$$

در این رابطه؛  $L \square$  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 ۱ مقادیر ضریب‌های ضربی و جمعی تابش در بالای اتمسفر برای باندهای مختلف سنجنده OLI/TIRS ارائه شده است.

جدول ۱. مقادیر ضریب‌های ضربی و جمعی برای باندهای مختلف سنجنده OLI/TIRS

Table 1. Values of multiplicative and collective coefficients for different bands of OLI / TIRS sensor

ضریب	باند ۱	باند ۲	باند ۳	باند ۴	باند ۵	باند ۶	باند ۷	باند ۸	باند ۹	باند ۱۰	باند ۱۱
ML	۰/۰۳۳۴	۰/۰۱۲۹	۰/۰۱۳	۰/۰۱۲۸	۰/۰۱۰۲	۰/۰۰۶۳	۰/۰۱۵۶	۰/۰۵۲۶	۰/۰۱۱۶	۰/۰۲۴۵	۰/۰۳۳۴
AL	-۶۴/۵	-۶۶	-۶۰/۸	-۵۱/۳	-۳۱/۴	-۷/۸	-۲/۶۳	-۵۸/۱	-۱۲/۲	۱/۰	۱/۰

با هم ادغام می‌کنند. یکی از معمول‌ترین روش‌های ادغام تصاویر، ادغام در سطح پیکسل است که برای بهبود کیفیت تصاویر ماهواره‌ای ارائه شده است (۱). در این تحقیق برای بالابردن تفکیک مکانی تصویر لندست و کم کردن اختلاف جزئیات مکانی بین دو تصویر لندست-۸ و سنتینل-۱، با استفاده از روش گرم اسمیت باندهای مالتی اسپکترال تصویر لندست-۸ با باند پانکروماتیک فیوژن کرده و به توان مکانی ۱۵ متر رساندیم (شکل ۸). بعد از کم کردن اختلاف مکانی بین دو تصاویر، دیتای رادار کوریجستر شده تهیه و برای کاهش اثر نویز اسپیکل از طریق فیلترهای موجود (کانگلوژن مورفولوژی) بروی دیتای کوریجستریک اعمال و در نهایت برای داشتن یک

انرژی الکترومغناطیسی راداری رسیده شده به سنجنده شده‌اند، تصحیح کرده و همچنین نویزهای که از طریق سنسور ایجاد شده قابل تغییر و برطرف سازی هستند (۱).

### تبدیل ارزش پیکسل به رادیانس طیفی در بالای اتمسفر در سنجنده

تصاویر ماهواره‌ای لندست که به دست ما می‌رسد به صورت عدد رقومی 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 ۰ تا ۶۵۵۳۶ دارند (۱). به منظور 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 در نهایت بازتابش در بالای اتمسفر به

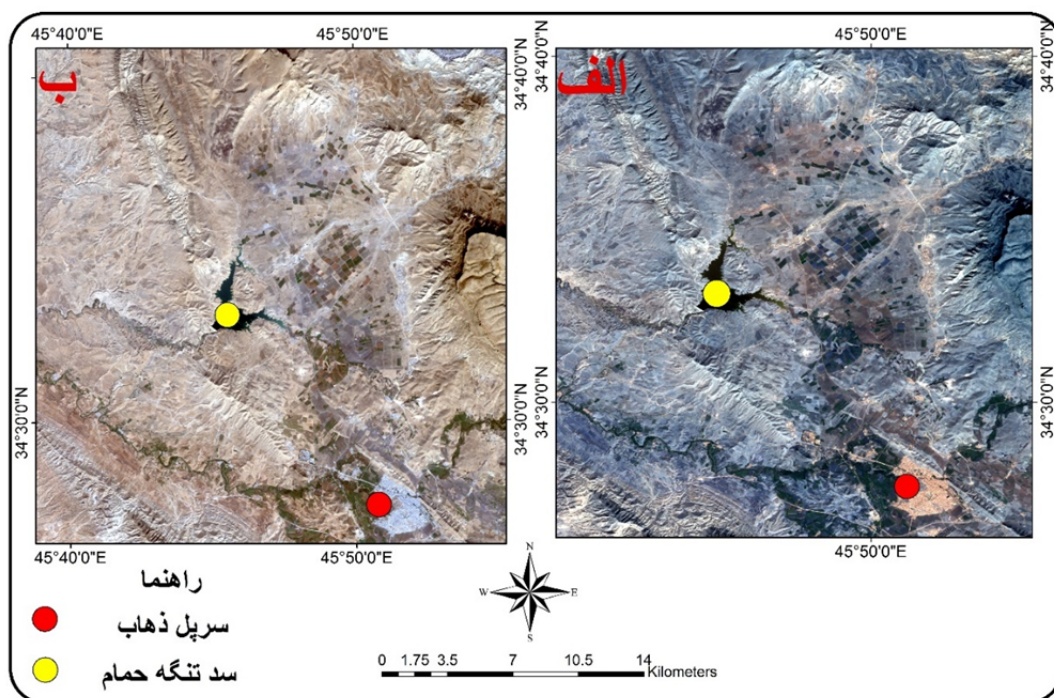
### ترکیب تصاویر اپتیک (لندست-۸) و تصویر رادار (سنتینل-۱)

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

### 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 ۴ سطح؛ سیگنال، پیکسل، ویژگی و تصمیم‌گیری، تصاویر را

دیتاست کامل، دیتای کوریجستر شده با دیتای اپتیکال از طریق فرایند لایر استک ترکیب گردید.



شکل ۸. تصویر رنگی RGB؛ الف) تصویر باندهای مالتی اسپکترال (ب) تصویر ادغام شده باندهای مالتی اسپکترال با تصویر پن کروماتیک

Fig. 8. RGB color image; a) Multispectral images and b) Multispectral images integrated with pen chromatic image

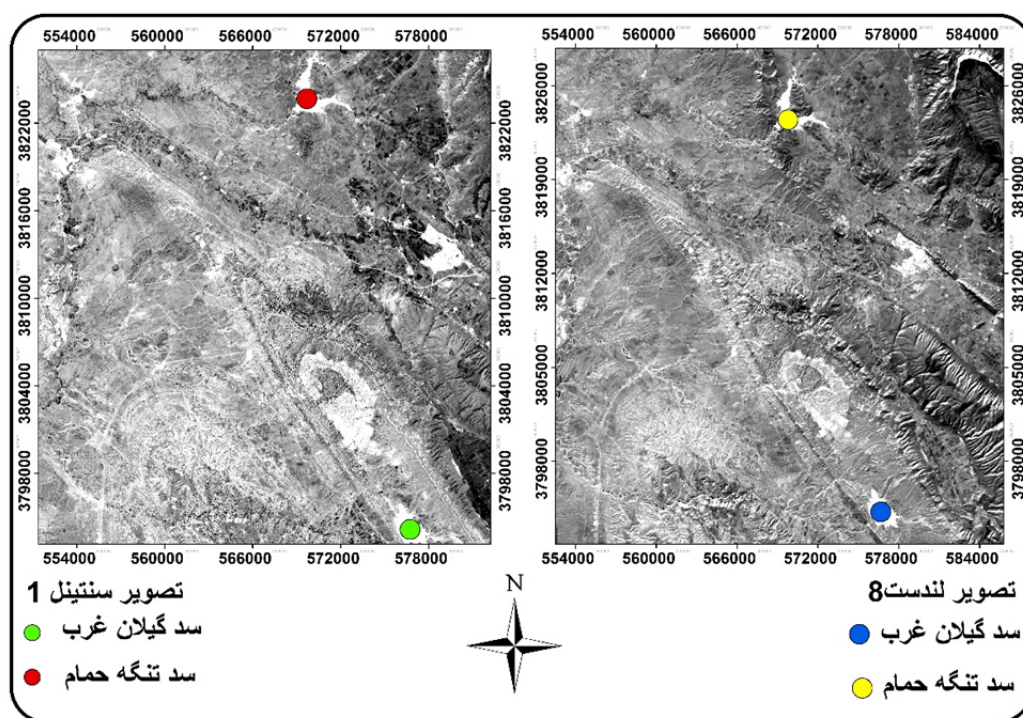
تفاوت (NDWI) به منظور افزایش باز کردن ویژگی های آب در تصاویر سنجش از دور است. با توجه به رابطه ۳، شاخص MNDWI می تواند مانع اختلاف ناشی از پوشش گیاهی، شهری و کوه شود، پس می توان از آن به خوبی اطلاعات آب را به دست آورد (شکل ۹).

$$MNDWI = \frac{Green - MIR}{Green + MIR} \quad [3]$$

سپس با اعمال شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی NDVI، پوشش گیاهی و منابع آب منطقه جدا گردید. با توجه به رابطه ۲ این شاخص برحسب دو باند قرمز و مادون قرمز نزدیک تعریف می شود که بروی تصاویر اعمال گردید.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad [2]$$

همچنین شاخص MNDWI از NDWI مشتق شده است توسط مک فترز (۱۸) تعریف شده است. تعدیل شاخص آب

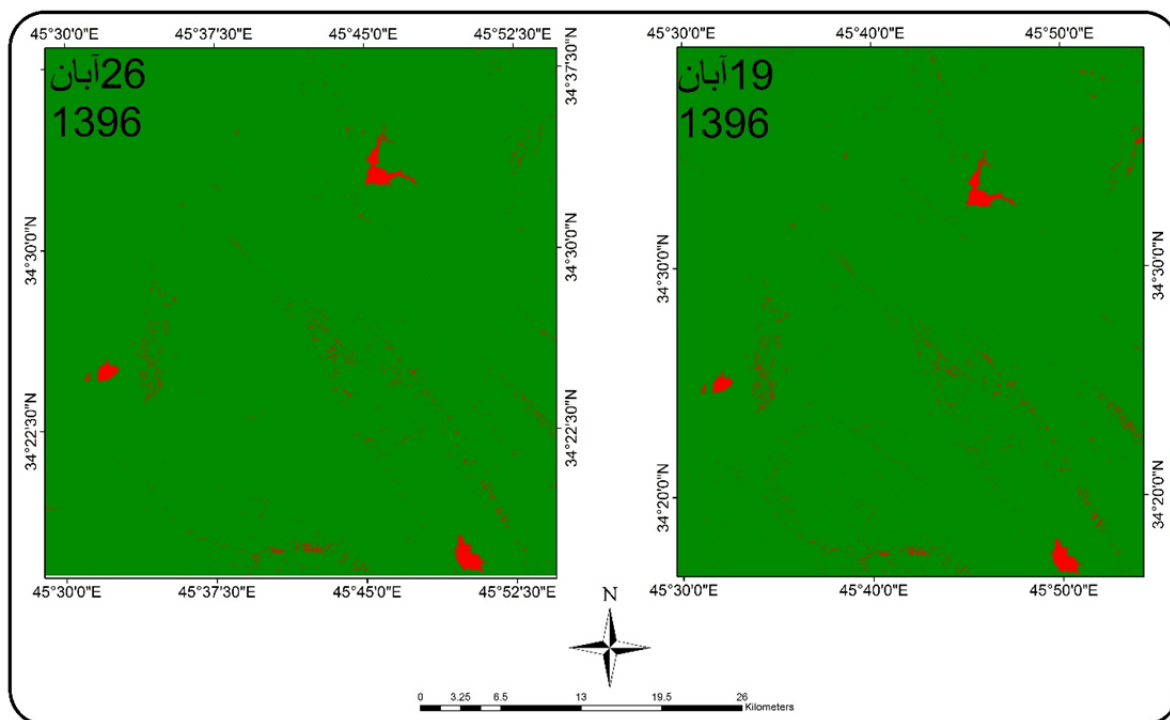


شکل ۹. شاخص MNDWI بروی تصویر لندست-۸ و سنیتل-۱  
 Fig. 9. NDWI M index on Landsat-8 and Sentinel-1 images

که دارای ویژگی همسانی با بقیه یاخته‌های مشابه هستند در یک کلاس و طبقه قرار می‌گیرد. یکی از مهم‌ترین ابزار طبقه‌بندی در طبقه‌بندی نظارت‌شده طبقه‌بندی بر روی اساس Maximum Likelihood است که این الگوریتم بر روی هر دو تصویر ترکیب‌شده قبل و بعد از رخداد زلزله اعمال گردید (شکل ۱۰). یکی از ویژگی بارز تصاویر ماهواره‌ای، چند زمانه بودن آن‌هاست که باعث می‌شود با بررسی تصویر ماهواره‌ای یک منطقه در چند زمان مختلف، تغییرات را بارز سازی (آشکارسازی) نمود. این تغییرات را هم می‌توان در وسعت پدیده‌ها (کم‌زیاد شدن) و هم در نوع پدیده‌ها و عوارض بررسی نمود. آشکارسازی تغییرات فرایندی است که امکان مشاهده و تشخیص تفاوت‌ها و اختلافات سری زمانی پدیده‌ها، عارضه‌ها و الگوهای سطح زمین را فراهم می‌آورد. به همین دلیل برای آشکارسازی تغییرات در تصاویر قبل و بعد از رخداد زلزله از الگوریتم پایش تغییرات (Change Detection) استفاده و تغییرات اتفاق افتاده در طی چند روز نمایان گردیده. تصویر پایش تغییرات به محیط ArcGIS انتقال داده شده و با

در این مرحله دو شاخص مذکور اعمال‌شده بروی تصاویر به همراه تصاویر رادار و اپتیک ترکیب‌شده که بهترین ترکیب رنگی ممکن را داشته باشیم. پس از ترکیب تصاویر و به دست آوردن تصویر نهایی مربوط ۱۹ / آبان ۱۳۹۶ و ۲۶ / آبان ۱۳۹۶ به پایش و شناسایی تغییرات محدوده‌هایی آبی منطقه مورد مطالعه می‌پردازیم. در این مرحله به نمونه‌برداری بروی هر دو تصویر نهایی به دست آمده می‌پردازیم به گونه‌ای که نمونه‌های تعلیمی ما منابع آبی منطقه مورد مطالعه بوده و نمونه‌ها از سطوح آبی از جمله (سدها، رودخانه‌ها و سراب‌های) موجود برداشت شده‌اند. پس از نمونه‌برداری در محدوده مورد مطالعه با استفاده از نمونه‌های تعلیمی به طبقه‌بندی محدوده مورد مطالعه می‌پردازیم. طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در واقع فرایندی است که در آن یک تصویر ماهواره‌ای که از باندهای مختلفی در طیف‌های متنوع امواج الکترومغناطیس تشکیل شده را به یک نقشه کاربری تبدیل کنیم که در واقع بیانگر کلاس‌های مختلف است و هر کلاس نیز ارائه‌دهنده یک کاربری خواهد بود. در این فرایند هر یاخته‌ای

توجه به سهولت تجزیه و تحلیل‌ها در این نرم‌افزار و طبقه‌بندی (سیمبولوژی) داده‌ها در این نرم‌افزار پرداخته خواهد شد.



شکل ۱۰. اعمال الگوریتم Maximum Likelihood برای طبقه‌بندی تصاویر  
 Fig. 10. Applying the Maximum Likelihood algorithm to classify images

در آن ویژگی‌ها و مرز منابع آبی مشخص‌تر است استفاده گردید (۵ و ۹).

#### تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای

به منظور شناسایی تغییرات کمی منابع آب از تصاویر ترکیب بانندی، از تفسیر بصری یا چشمی استفاده شد. تفسیر چشمی نقش مهمی در توسعه و کاربرد GIS دارد. تا این اواخر، بیان تفسیر چشمی، معنای بسیار واضحی داشت. یک مفسر عکس هوایی را که به صورت طلق شفاف یا چاپ کاغذی بودند، تفسیر می‌کرد. امروزه تفسیر چشمی معنای جدیدی دارد. نخست اینکه مهارت‌های ضروری که مفسر برای تفسیر عکس‌های کاغذی به کار می‌برد، برای تصاویر رقومی نمایش داده شده روی صفحه رایانه نیز استفاده می‌شود. دوم این که حوزه تصاویر با جزئیات ریز، به عکس هوایی محدود نمی‌شود و در

#### شناسایی منابع آب سطحی با استفاده از ایجاد ترکیب رنگی RGB از تصاویر لندست

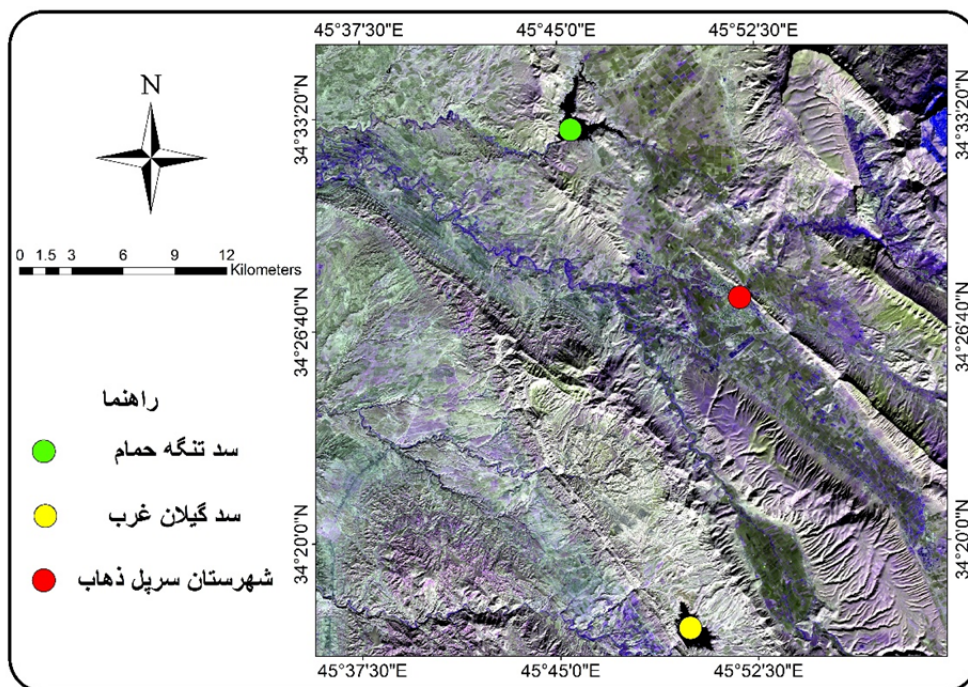
تصاویر ماهواره‌ای دیجیتال معمولاً با استفاده از سیستم مختصات رنگ RGB که بر پایه تئوری رنگ افزایشی و سه رنگ اصلی قرمز، سبز و آبی است، نمایش داده می‌شوند (۳ و ۴). در مدل رنگ RGB هر رنگ به صورت مؤلفه‌های طیفی اولیه قرمز، سبز و آبی ظاهر می‌شود. در مدل رنگ افزایشی هر رنگ ترکیبی از رنگ‌های قرمز، سبز و آبی است. ترکیب‌های بانندی به منظور تفسیر بصری استفاده می‌شوند. هر باند با یکی از مؤلفه‌های رنگ قرمز، سبز و آبی نسبت داده شده و به صورت تصویر رنگی RGB نمایش داده می‌شود (۹ و ۱۷). 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

دچار تغییرات شده بودند بروی تصاویر ماهواره‌ای کاملاً مشخص‌اند.

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

این ترکیب مرزهای آب را با کیفیت‌تر ارائه می‌دهد و جزئیاتی که به آسانی در باندهای مرئی به‌تنهایی آشکار نیست را بارز می‌کند. دریاچه‌های داخلی و رودخانه‌ها را می‌توان با دقت بیشتری مشخص کرد (شکل ۱۱).

حال حاضر شامل انواع روزافزونی از داده‌های هوایی و ماهواره‌ای است که امکانات جدیدی را برای کاربردهای GIS فراهم می‌آورد. تحلیلگر برای تفسیر تصویر، همان کلیدهای راهنمای بصری را افراد در تجربه روزمره خود استفاده می‌کنند، به کار می‌برد. به دلیل اینکه مفهوم تفسیر تصویر با تجربه روزمره انسان بسیار متفاوت است، تجزیه و تحلیل تصویر به شناسایی هشت عنصر تفسیر نیاز دارد که چارچوب درک مفهوم یک تصویر را شکل می‌دهد که عبارت‌اند از: شکل، اندازه، تُن، بافت، سایه، مکان، تجمع، الگو (۸، ۱۰ و ۱۸). در این تحقیق از میان عناصر تفسیر، اندازه تفسیر بیشتر مورد استفاده قرار گرفت زیرا مسیر آب‌های جاری (رودخانه‌ها) که در بازه چندروزه



شکل ۱۱. ترکیب باندهای ۴-۶-۵ برای تشخیص دقیق‌تر مرز منابع آب

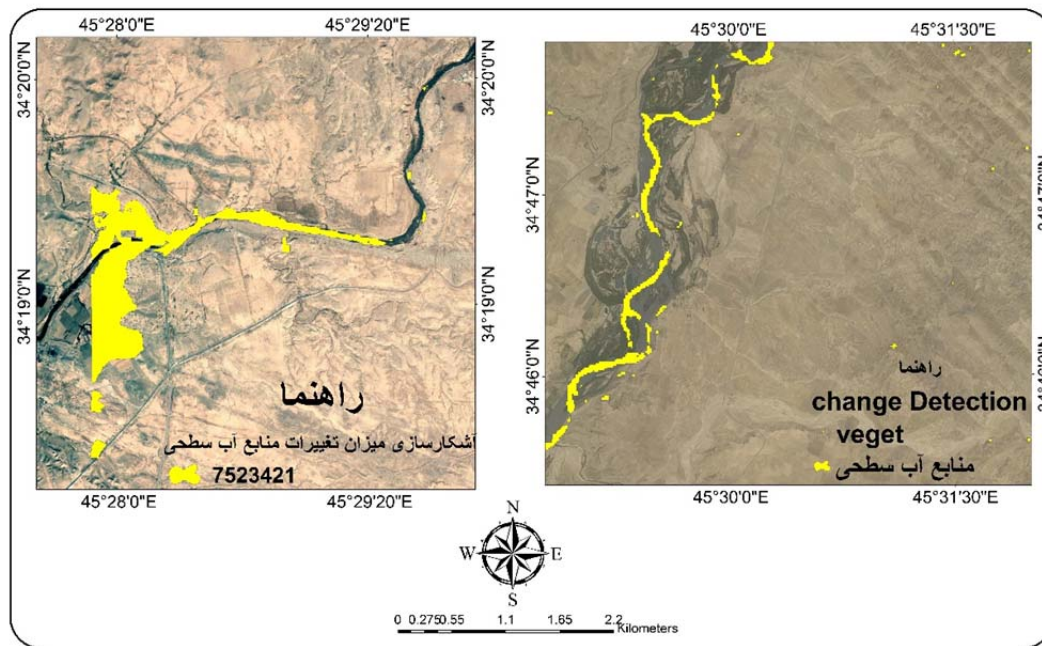
Fig. 11. Band composition 4-6-5 for more accurate identification of water resources boundary

تغییرات را بهتر نشان می‌دهد. با استفاده از الگوریتم Calculating Geometry در محیط ArcGIS مساحت و حجم تغییرات را به دست آورده، به‌گونه‌ای که منابع آب منطقه مورد مطالعه از لحاظ کمیت به مقدار ۷۵۲۳۴۲۱ مترمربع تغییرات داشته‌اند (شکل ۱۲).

### نتایج

روش ترکیب داده‌های راداری و اپتیک در این پژوهش، ظرفیت مناسبی از قابلیت‌های آن در تعیین میزان تغییرات کمی منابع آب سطحی در محدوده مورد مطالعه را معرفی کرد. ترکیب تصاویر رادار و اپتیک در پایش و بررسی تغییرات کمی منابع آب نسبت به سایر روش‌ها عملکرد بهتری را داشته و



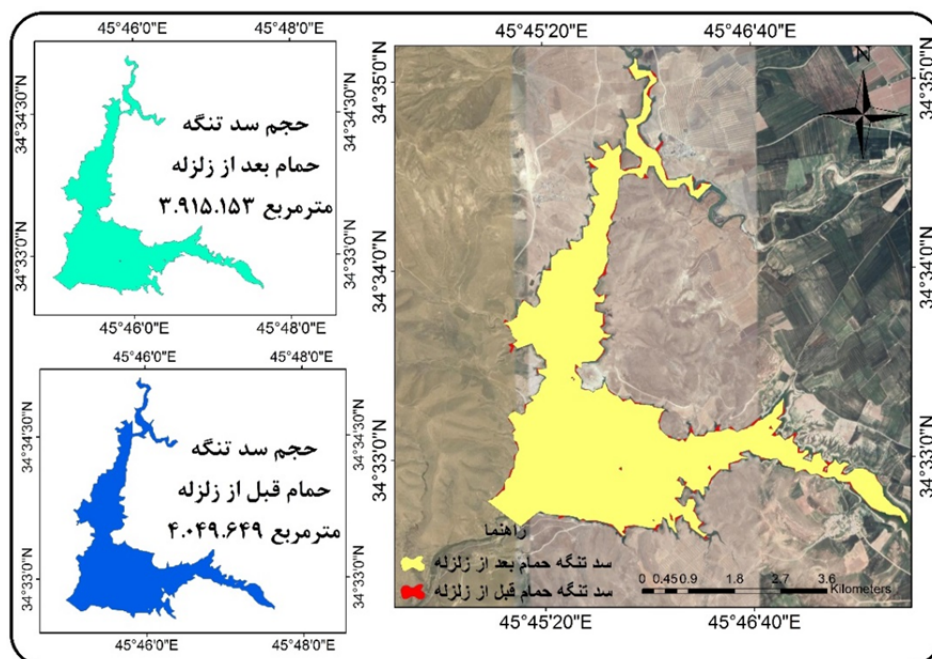


شکل ۱۲. نمایان سازی تغییرات در محیط Arc GIS و طبقه بندی (سیمبولوژی)

Fig. 12. Demonstration of changes in the Arc GIS environment and classification (symbolism)

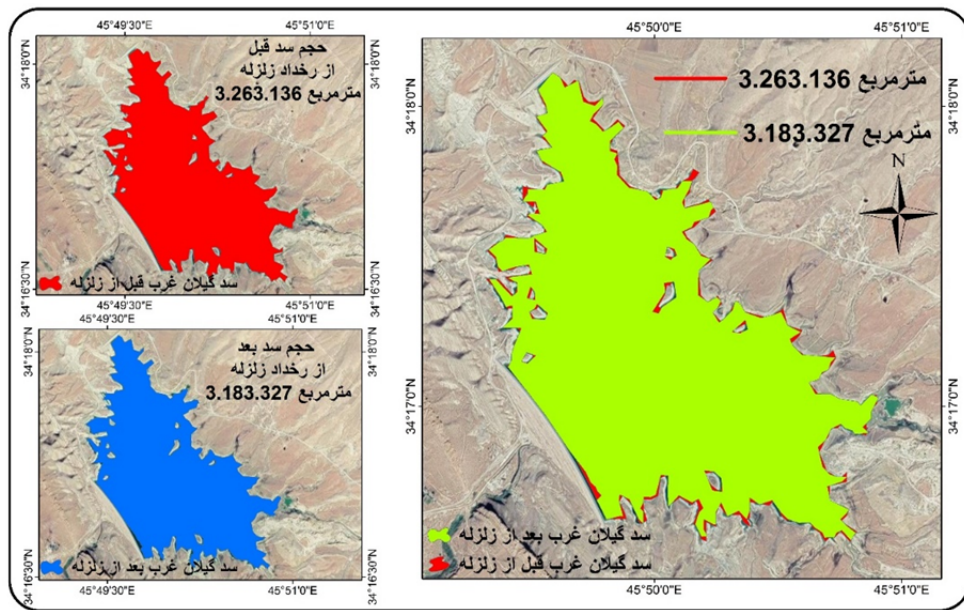
لندست-۸ و با استفاده از نرم افزارهای SNAP SANTINEL  
 ArcGIS در محیط نرم افزار ENVI و Google Earth،  
 به دست آمده است.

با توجه به شکل های ۱۳ و ۱۴ نقشه تغییرات کمی منابع  
 آب (به صورت کاهش) در سد تنگه حمام و سد گیلان غرب  
 تشخیص داده شد که این نقشه با ترکیب داده های سنتینل-۱ و



شکل ۱۳. تغییر (کاهش)، سد تنگه حمام بعد از رخداد زلزله

Fig. 13. Change (decrease), bath strait dam after an earthquake

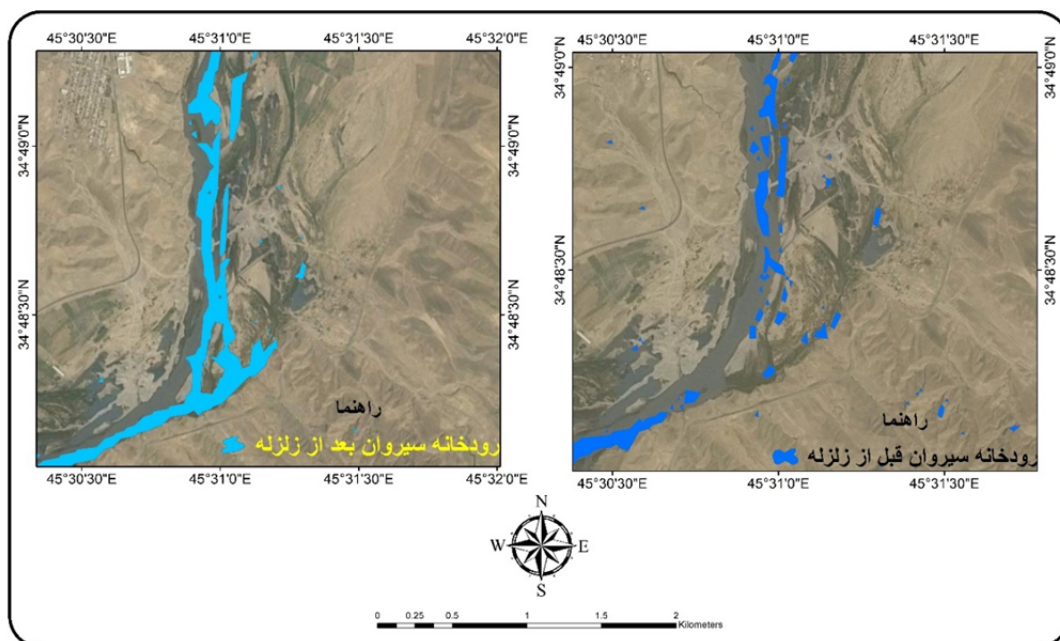


شکل ۱۴. تغییر (کاهشی)، سد گیلان غرب بعد از رخداد زلزله

Fig. 14. Change (decrease), West Gilan Dam after the earthquake

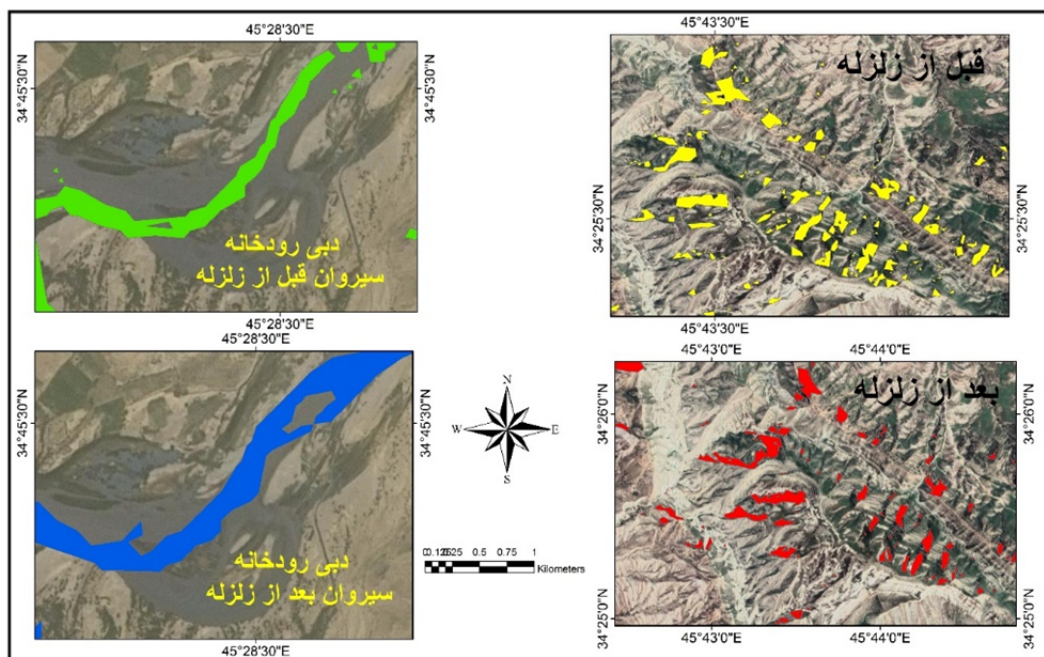
داده شد که این نقشه با ترکیب داده‌های سنتینل-۱ و لندست-۸ و با استفاده از نرم‌افزارهای Google SNAP SANTIENEL و Earth، در محیط نرم‌افزار ArcGIS به‌دست آمده است.

با توجه به شکل‌های ۱۵ و ۱۶ نقشه تغییرات کمی منابع آب (به‌صورت افزایشی) در سراب گرم شهرستان سرپل ذهاب (منبع آب شرب)، رودخانه سیروان و مسیل‌ها تشخیص



شکل ۱۵. تصویر سمت راست) رودخانه سیروان قبل از زلزله. تصویر سمت چپ) رودخانه سیروان بعد از رخداد زلزله

Fig. 15. Picture on the right) Sirvan River before the earthquake. Picture on the left) Sirvan River after the earthquake



شکل ۱۶. تغییرات کمی منابع آب سطحی در رودخانه‌ها و مسیل‌های منطقه مورد مطالعه

Fig. 16. Quantitative changes in surface water resources in rivers and streams in the study area

باعث افزایش یا کاهش دبی آب یک چشمه و یا حجم آب یک چاه آب شود. حتی ممکن است باعث جریان یافتن آب - چشمه‌ای شود که سالیان سال خشک‌شده است یا چشمه برون‌زدگی آب جدیدی ایجاد شود و برعکس موارد ذکرشده هم ممکن است اتفاق بیفتد. هرچند امروزه با توجه به دست‌کاری‌های گسترده انسان در منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، 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 کمی منابع آب با توجه به در دسترس بودن اطلاعات، هزینه پایین، بسیار مقرون‌به‌صرفه بوده و از دقت بالایی برخوردار است. به دلیل محدودیت‌های فن‌آوری و فیزیکی، سیستم‌های تصویربرداری نمی‌توانند تصاویر موردنیاز برای تمیز دادن اشیاء، که بطور همزمان حاوی سطح بالایی از اطلاعات مهم و مختلف تصویری باشند را در یک‌زمان تهیه کنند. بنابراین با توجه به توسعه سریع علم سنجش‌ازدور در سال‌های اخیر و نیز به دلیل گسترش کاربردهای تصاویر چند سنجنده، ترکیب تصاویر به‌عنوان راه‌حلی مناسب برای دستیابی به تصاویری با قدرت تفکیک طیفی و مکانی بالا مطرح

## بحث و نتیجه‌گیری

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. بر اساس بررسی‌های به‌عمل‌آمده توسط فائو، میزان سرانه منابع آب ایران در سال ۱۹۹۰ میلادی معادل ۲۲۰۰ مترمکعب در سال بوده که پیش‌بینی شده است در سال ۲۰۲۵ میلادی به رقمی بین ۶۲۷ تا ۸۶۰ مترمکعب در سال کاهش یابد (۱۰). بر این اساس ملاحظه می‌شود که ایران کشوری است که با کمبود شدید آب روبرو است. بحران خشک‌سالی در ایران و به‌طور گسترده‌تر در منطقه خاورمیانه به‌گونه‌ای جدی است که پیش‌بینی می‌شود اختلافات مربوط به مسائل آب، مهم‌ترین عامل بحران‌ساز بین کشورهای منطقه در دهه‌های آینده است. زلزله علاوه بر اثرهای مخرب بر سازه‌هایی که به دست انسان ساخته شده‌اند، بر منابع آبی و چشمه‌ها نیز اثر منفی دارد. همواره این باور در افراد قدیمی که تجربه پشت سر گذاشتن زلزله‌های متعدد را در کارنامه زندگی خود دارند، وجود دارد که با آمدن زلزله‌ها بسته به شدت، زمان، جهت و عمق آن، گاهی

زلزله باعث افزایش خروج آب‌های زیرزمینی و کم شدن حجم سطح سدهای منطقه و تغذیه رودخانه‌های سطحی منطقه از جمله (رودخانه سیروان) و درنهایت موجب تلف شدن آب گردیده و در بعضی از مکان‌ها باعث خشک شدن چشمه‌ها و لطمه زدن به شرایط نرمال زندگی شده است.

## References

1. Abdol Maleki A. 2017. Monitoring the quantitative and qualitative changes of surface water resources affected by earthquakes using remote sensing (Case study of Sarpol-e Zahab. November 13, 2017 earthquake). Thesis for receiving a master's degree in geography majoring in geomorphology in environmental planning. Faculty of Literature and Humanities, Department of Geography. Razi University of Kermanshah. (In Persian).
2. Ambraseys NN, Melville CP. 2005. A history of Persian earthquakes. Cambridge University Press, 240 p.
3. Arun K. 2011. Water Quality Retrieval from Landsat TM Imagery. *Procedia Computer Science*, 6: 475-480. doi:https://doi.org/10.1016/j.procs.2011.08.088.
4. Baban SMJ. 1995. The use of Landsat imagery to map fluvial sediment discharge into coastal waters. *Marine Geology*, 123(3): 263-270. doi:https://doi.org/10.1016/0025-3227(95)00003-H.
5. Bhargava D, Mariam D. 1992. Cumulative effects of salinity and sediment concentration on reflectance measurements. *International Journal of Remote Sensing*, 13(11): 2151-2159. doi:https://doi.org/10.1080/01431169208904258.
6. Bhoj PR, Thapa K, Koju R. 2016. Post-earthquake drinking water quality in the Kathmandu valley: A pilot study. *Al Ameen Journal of Medical Science*, 9(2): 130-133.
7. Chi-Yuen W, Dreger DS, Wang CH, Mayeri D, Berryman JG. 2003. Field relations among coseismic ground motion, water level change and liquefaction for the 1999 Chi-Chi (Mw=7.5) earthquake, Taiwan. *Geophysical Research Letters*, 30(17). doi:https://doi.org/10.1029/2003GL017601.

می‌گردد. در سنجش‌ازدور دارای سنجنده‌های متنوعی با کاربردهای متفاوت هستیم که هرکدام از این سنجنده‌ها داری مزایا و محدودیت‌هایی می‌باشند. 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 مورد توجه زیادی قرار گرفته که این به دلیل قابلیت‌های منحصر به فرد داده‌های راداری از جمله قابلیت تصویربرداری در تمام ساعات شبانه‌روز، حساسیت به پیکربندی هندسی پدیده‌ها، حساسیت به رطوبت خاک، قابلیت تصویربرداری در شرایط مختلف جوی و غیره است. لذا این داده‌ها حاوی اطلاعات مکمل ارزشمندی برای داده‌های اپتیکی هستند. مدیریت عرضه و تقاضای آب از مهم‌ترین مسائل پیش روی سیاست‌گذاران کشور است. سیاست‌گذاران بدون ترسیم دورنمای آینده بخش آب، قادر به مدیریت صحیح این بخش نخواهند بود. بنابراین لازم است که چشم‌اندازهای آتی، شرایط و پیش‌نیازهای بخش آب ترسیم گردد. به همین منظور در این مطالعه به پایش اثرات زلزله با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای (سنجش‌ازدور) و بررسی میزان تغییرات کمی منابع آب سطحی در فاصله ۵ روز بعد از زلزله ۲۱ آبان ۱۳۹۶ شهرستان سرپل ذهاب با بهره‌گیری از فن‌آوری سنجش‌ازدور صورت گرفته است که نشان‌دهنده تفاوت ۷۵۲۳۴۲۱ مترمربعی منابع سطحی آب به فاصله دو روز قبل از رخداد زلزله و ۶ روز بعد از رخداد در منطقه مورد مطالعه بوده است. نتایج نشان می‌دهند که در اثر رخداد زلزله حجم سطح آب سد تنگه حمام قبل از رخداد زلزله (تجزیه و تحلیل در نرم‌افزار ArcGIS)، ۴/۰۴ مترمربع بوده که همین مقدار حجم بعد از رخداد زلزله به ۳/۹۱ مترمربع کاهش یافته است. مقدار تفاضل کاهش ۰/۱۳ مترمربع است. همچنین حجم سد گیلان غرب قبل از رخداد زلزله (تجزیه و تحلیل در نرم‌افزار ArcGIS)، ۳/۲۶ مترمربع بوده که همین مقدار حجم بعد از رخداد زلزله به ۳/۱۸ مترمربع کاهش یافته است. نتایج بیان‌کننده این مطلب هستند که رخداد

- Cle P, Van Genderen JL. 1998. Review article multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications. *International Journal of Remote Sensing*, 19(5): 823-854. doi:https://doi.org/10.1080/01431169821574.
8. Delacourt C, Raucoules D, Le Mouélic S, Carnec C, Feurer D, Allemand P, Cruchet M. 2009. Observation of a large landslide on La Reunion Island using differential SAR interferometry (JERS and Radarsat) and correlation of optical (Spot5 and Aerial) images. *Sensors*, 9(1): 616-630. doi:https://doi.org/10.3390/s90100616.
  9. Goudarzi S, Ashkpoor Motlagh S, Mansouri R, Shokri Kaveh M (eds) (2018) Investigating the effect of earthquake on aquifers groundwater level, 18 th Iranian Geophysical conference, 8- 10 May, Tehran, Iran, 1-4 p. (In Persian).
  10. Hartmann J, Levy JK. 2006. The influence of seismotectonics on precursory changes in groundwater composition for the 1995 Kobe earthquake, Japan. *Hydrogeology Journal*, 14(7): 1307-1318. doi:10.1007/s10040-006-0030-7.
  11. Hellweger FL, Schlosser P, Lall U, Weissel JK. 2004. Use of satellite imagery for water quality studies in New York Harbor. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 61(3): 437-448. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecss.2004.06.019
  12. Ingebritsen S, Manga M. 2019. Earthquake hydrogeology. *Water Resources Research*, 55(7): 5212-5216. doi:https://doi.org/10.1029/2019WR025341.
  13. Jerry RC, Zimba PV, Everitt JH. 2003. Remote sensing techniques to assess water quality. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(6): 695-704. doi:https://doi.org/10.14358/PERS.69.6.695.
  14. Khorram S. 1985. Remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 51: 329-341.
  15. Lee TH, Moon WM. 2001. Lineament Extraction from Landsat TM, JERS-1 SAR, and DEM for Geological Applications. In: *International Symposium on Remote Sensing*. pp 401-406. https://doi.org/410.1109/IGARSS.2002.1027154.
  16. 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:https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.08.018.
  17. McFeeters SK. 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7): 1425-1432. doi:https://doi.org/10.1080/01431169608948714.
  18. Mumipour M. 2016. Study of coastal Water Quality using HYPERION Hyperspectral satellite images-case study of Arvandkenar Coasts. *Journal of Marine Sciences and Technology*, 15(1): 113-122. (In Persian).
  19. Nepal P, Khanal NR, Zhang Y, Paudel B, Liu L. 2020. Land use policies in Nepal: An overview. *Land Degradation & Development*, 31(16): 2203-2212. doi:https://doi.org/10.1002/ldr.3621.
  20. Nespoli M, Todesco M, Serpelloni E, Belardinelli ME, Bonafede M, Marcaccio M, Rinaldi AP, Anderlini L, Gualandi A. 2016. Modeling earthquake effects on groundwater levels: evidences from the 2012 Emilia earthquake (Italy). *Geofluids*, 16(3): 452-463. doi:https://doi.org/10.1111/gfl.12165.
  21. Turker M, San B. 2004. Detection of collapsed buildings caused by the 1999 Izmit, Turkey earthquake through digital analysis of post-event aerial photographs. *International Journal of Remote Sensing*, 25(21): 4701-4714. doi:https://doi.org/10.1080/01431160410001709976.
  22. Wang R, Luo Y, Yang Y, Tian F, Zhou Y, Tian M-Z. 2015. Characterization of land subsidence induced by groundwater withdrawals in Wenyu River alluvial fan, Beijing, China. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 372: 481-484.
  23. Wen-Chi L, Koizumi N, Matsumoto N, Kitagawa Y, Lin C-W, Shieh C-L, Lee Y-P. 2004. Effects of seismic ground motion and geological setting on the coseismic groundwater level changes caused by the 1999 Chi-Chi earthquake, Taiwan. *Earth, Planets and Space*, 56(9): 873-880. doi:https://doi.org/10.1186/BF03352534.

# حذف



## Evaluation of quantitative changes in surface water resources, affected by the earthquake of Sarpol-e-Zahab, using satellite data

Amjad Maleki, Ali Khazai, Ali Abdolmaleki

Received: 24 April 2021 / Received in revised form 15 May 2021 / Accepted: 8 June 2021  
Available online 13 June 2021

### Abstract

**Background and Objective** Earthquake In addition to the destructive effects of man-made structures, earthquakes also have different effects on surface water resources. Earthquakes always increase or decrease the water flow depending on its intensity, time, direction, and profundity. It may even cause the springtime fountain to flow that has dried up over the years. The use of remote evaluation technology in various earth sciences is very common compared to geocentric methods due to the wide coverage of satellite images, the timeliness of images, and its little cost. Also, one of the important and unique capabilities of digital satellite data is its temporal, spatial, spectral, and radiometric resolution.

A. Maleki<sup>1</sup>, A. Khazai<sup>2</sup>, A. Abdolmaleki<sup>3</sup>

1. Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Literature and Human Sciences, University of Kermanshah, Iran
2. MSc. Department of Geography, Faculty of Literature and Human Sciences, University of Kermanshah, Iran
3. MSc. Student of Geomorphology and Environmental Planning, Faculty of Literature and Human Sciences, University of Kermanshah, Iran

e-mail: [amjad\\_maleki@yahoo.com](mailto:amjad_maleki@yahoo.com)

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1401.13.1.3.1>

These important features of satellite imagery allow for important studies such as the evaluation and monitoring of dynamic phenomena such as quantitative changes in water resources in temporal and spatial dimensions. Because in some cases the information obtained from a sensor alone does not meet the desired needs. Although optical multispectral data provide rich spectral information of various effects, it is significantly affected by environmental factors such as smoke, fog, clouds, and the amount of sunlight. Unlike optical sensors, radar data with virtual aperture (SAR) is independent of different weather and radiation conditions, as well as the sensitivity of its signal, scatter to target parameters such as structure (shape, orientation, size), roughness, and moisture content of the features can provide more information about the study area, but on the other hand, radar images cannot clearly identify the details and edges of objects. Therefore, combining different properties of optics images and radar data using image integration techniques can provide a more complete view of the target and provide higher accuracy and reliability for the results obtained from this method. In the present perusal, in order to achieve the above purpose, using satellite data and the image combination method, the data have been standardized in such a way that they can be used together in the form of a dataset for processing.

**Materials and Methods** Using the method of combining satellite images of quantitative changes of surface water resources, affected by the SARPOL-E-ZAHAB earthquake in the course of 7 days, 11/11/2017 to 17/11/2017, using radar data (S\_1A-IW-SLC), With 100 m spatial baseline and Landsat 8 (OLI) optical data, and obtained by applying remote evaluation techniques and indicators to detect changes in water resources, including Normalized difference vegetation index (NDVI), Modified normalized difference water index (MNDWI) in ENVI software environment and then analysis in ArcGIS software environment.

**Results and Discussion** : Examination of the results of quantitative changes in surface water resources shows that in the time period of 7 days after the earthquake in the study area, the highest amount of small changes (in a decreasing manner) occurred in dams (HAMMAM Strait and GILANGH-GHARB Dam). As the Strait of HAMMAM dam decreased by

0.13 square meters and the Gilan GHARB dam decreased by 0.07 square meters. Also, small changes occurred in the surface (SARPOL-E-ZAHAB SARAB-GARM) (drinking water source of the region), SIRVAN river and canals), and there were a total of 7523421 square meters of changes in the surface water resources of the study area after the earthquake.

**Conclusion** The earthquake caused the outflow of groundwater and decreased the volume of dams in the region and fed the surface rivers of the region, including (the Sirvan river) and finally caused water loss and in some places caused the drying of springs and Damage to normal living conditions.

**Keywords:** Earthquake, Normalized difference vegetation index (NDVI), Modified normalized difference water index (MNDWI), Remote Sensing, Water resources, Sarpol-e-Zahab