

# پایش و آشکارسازی رخداد سیل ۱۳۹۸ لرستان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در گوگل ارث انجین

علمی پژوهشی

سیدحسین میرموسوی<sup>۱</sup>، زهرا تاران<sup>۲\*</sup>

تاریخ پذیرش ۱۴۰۲/۰۶/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۵

صفحات ۷-۱۸

## چکیده

سیل یکی از مهمترین بلایای طبیعی در ایران است. سیل‌ها اثرات نامطلوبی مانند خطر جانی و مالی را در سال‌های آینده به همراه دارند، چرا که احتمال وقوع سیل‌ها بیشتر شده است و همین‌طور به این دلیل که افزایش جمعیت احتمالاً منجر به اسکان افراد بیشتری در مناطق آسیب‌پذیر در برابر سیل می‌شود. پایش و آشکارسازی مناطق سیل زده در مدیریت بحران و کاهش خسارات مناطق در صورت احتمال رخداد سیل‌های بعدی، کارکرد فراوانی دارد. بر این اساس هدف مورد مطالعه در این پژوهش پایش و آشکارسازی رخداد سیل ۱۳۹۸ لرستان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در سامانه گوگل ارث انجین می‌باشد. از این سامانه می‌توان برای پردازش و تجزیه و تحلیل نقشه‌های سیل بدون نیاز به دانلود داده‌ها یا استفاده از سخت افزار محاسباتی بالا، استفاده کرد. در این مقاله داده‌های سری زمانی ماهواره‌های *gpm* و *trmm* برای دوره یک ساله و یک ماهه فروردین ماه ۱۳۹۸ استخراج گردید و نشان داد که اوج بارش شدید در روز ۵ و ۱۲ فروردین ماه بوده است. تصاویر مربوط به آشکارسازی مناطق سیل زده نیز با استفاده از داده‌های ماهواره‌های سنتینل ۱ و لندست ۸ تولید شده و مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. بررسی مکانی نواحی سیلابی در تصاویر مربوطه نشان می‌دهد که شهرهای نورآباد، الشتر، بروجرد، دورود، ازنا و خرم‌آباد بیشترین و مستعدترین نواحی سیل گیر در استان لرستان بوده‌اند و بیشتر از سایر شهرها دچار سیل شده‌اند. همچنین مقدار مساحت سطحی مناطق سیل زده برای ماه فروردین ۱۳۹۸ در استان لرستان معادل ۶۷۳/۸۲ کیلومتر مربع برآورد گردید. در نهایت، نتایج بررسی‌های کاربری اراضی نشان داد که پیشروی سیل در نواحی دارای علفزار، زمین‌های زراعی و مناطق شهری و ساخته شده، بیشتر بوده است.

واژگان کلیدی: آشکارسازی، کاربری اراضی، سیل، لرستان، گوگل ارث انجین

hossein.mousavi۰۴۷@gmail.com

z.taran۱۹۹۱@gmail.com

۱-دانشیار آب و هواشناسی، دانشگاه زنجان

۲-دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه زنجان (نویسنده مسئول)

## مقدمه

سیل یکی از مخاطرات محیط طبیعی شناخته می‌شود که همیشه خسارات جانی و مالی متعددی را بر جای می‌گذارد. کشور ایران علی‌رغم اقلیم گرم و خشک همواره تحت تاثیر سیلاب، به خصوص در چند دهه اخیر بوده است. از طرفی تغییرات کاربری اراضی و افزایش ساخت و ساز در امتداد و حریم رودخانه‌ها باعث تنگ شدگی مقطع رودخانه و شدت یافتن سیل می‌شود (تراهی و حسنی مقدم، ۱۳۹۸). توجه به این نکته مهم است که سیل بر بخش‌های مختلف جامعه تأثیر متفاوتی می‌گذارد و نیاز به درک کامل مسائل مربوط به آن را دارد. با توجه به تغییرات پیش بینی شده در بارش، این احتمال وجود دارد که هزینه‌های جدی برای جوامع و بخش‌ها وجود داشته باشد. با توجه به موارد فوق، نیاز فوری به اقداماتی برای کمک به جوامع و بخش‌های وابسته، جهت سازگاری باید در نظر گرفته شود. از آنجایی که اجتناب از وقوع سیل غیرممکن است و اثرات پس از آن مشهود است، تلاش‌های مستمری برای ارزیابی و کمیت خسارات ناشی از حوادث سیل در حال انجام است. با پیشرفت‌های سریع در سنجش از دور ماهواره‌ای، امکان مشاهده سطوح زمین در مناطق سیل خیز برای پایش و نقشه برداری وسعت سیل و تعیین کمیت خسارات وجود دارد (سینگ و پندی<sup>۱</sup>، ۲۰۲۰). امروزه با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای دسترسی به اطلاعاتی مثل آشکارسازی سیل به راحتی امکان پذیر شده است. تجزیه و تحلیل تصاویر اخذ شده از سامانه گوگل ارث انجین به عنوان یکی از ابزار توانمند در زمینه پایش مخاطراتی همچون سیل در مقیاس بزرگ، اندیشمندان را در جهت پیشبرد مدیریت بحران و استخراج مناطق سیل زده یاری می‌دهد.

پژوهش‌های داخلی و خارجی متعددی در این ارتباط صورت گرفته است که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود. کریمپور و همکاران (۱۳۹۲) طی دوره آماری مورد نظر، ۲۸ مورد سیل بزرگ در زیر حوضه‌های استان لرستان را شناسایی کردند و نتایج را با توجه به

نقشه‌های سطح زمین و تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مرکز NCEP/NCAR تحلیل نمودند. در نهایت مشخص شد که ایجاد بارش سنگین در استان لرستان از چهار الگو پیروی می‌کند. علی‌بخشی و همکاران (۱۳۹۹) در بررسی تغییرات مساحت پهنه‌های آبی حوضه‌ی آبریز سد شهید عباسپور ناشی از سیل‌های ۲۰۱۹ با استفاده از گوگل ارث انجین دریافتند که در حوضه‌ی یادشده، بیشترین حجم آب در سال ۲۰۱۹ وجود داشته و آبگیرها و سدها لبریز از آب شده‌اند، به گونه‌ای که با اختلاف زمانی یک ماه، ۲۵ کیلومتر مربع به حجم آب‌های آنها افزوده شده است. بر این اساس، خطر جاری شدن سیل، مناطق مسکونی و زراعی را در بر گرفته است و نبود نظارت و توجه جدی به این موضوع، می‌تواند سبب ایجاد خسارت و آسیب‌های جبران‌ناپذیری در آینده‌ی نزدیک شود. نتایج تحقیقات گراوند و همکاران (۱۴۰۰) در ارزیابی تغییرات کاربری اراضی بر ویژگی‌های هیدرولوژیک حوضه و پهنه‌های سیلابی رودخانه روی حوضه کشکان در استان لرستان نشان داد که از مساحت کاربری‌هایی مانند کاربری‌های مرتعی و جنگلی کاسته شده و مساحت کاربری‌هایی مانند سطوح بایر و سازه‌های انسانی افزایش یافته است که نتیجه‌ی این تغییرات افزایش سیل‌خیزی منطقه بوده است. دودانگه و همکاران (۱۴۰۰) در شناسایی مناطق سیل زده توسط داده‌های سنتینل ۱ و لندست ۸ در گوگل ارث انجین الگوریتم پیشنهادی خود را ارائه داده و دریافتند که دقت کلی الگوریتم در استان گلستان و خوزستان به ترتیب ۹۱/۸۴ و ۹۷/۳۶ بوده که نشان دهنده قابلیت تعمیم پذیری زیاد الگوریتم در مناطق با وسعت‌های متفاوت است. باقری و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهش توسعه روش شناسی برآورد سیلاب مبتنی بر سنجش از دور در محیط گوگل ارث انجین آشکار ساختند که استفاده از ماهواره‌های راداری با ارائه ایده استفاده از ترکیب رنگی حاصل از تصاویر قبل و بعد سیلاب، می‌تواند به تنهایی نقش موثری در شناسایی پهنه سیلابی و متعاقباً برآورد خسارات حاصل از سیلاب داشته باشد. همچنین آنان

<sup>۱</sup> - Singh & Pandey

شناسایی مناطق بسیار مستعد سیل با تأثیر تخمینی بر زمین‌های مورد نظر، اطلاعات لازم را برای تصمیم‌گیرندگان برای کاهش خطر سیل، فعالیت‌های کاهش خطر و مدیریت بحران فراهم می‌کند. از همین رو هدف مورد مطالعه در این مقاله پایش و آشکارسازی رخداد سیل ۱۳۹۸ لرستان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در گوگل ارث انجین می‌باشد.

### داده‌ها و روش‌ها

#### الف- موقعیت منطقه مورد مطالعه:

استان لرستان در غرب ایران، بین چهل و شش درجه و پنجاه و یک دقیقه تا پنجاه درجه و سه دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و سی و دو درجه و سی و هفت دقیقه تا سی و چهار درجه و بیست و دو دقیقه عرض شمالی از خط استوا قرار گرفته است. اشرانکوه با چهار هزار و پنجاه متر ارتفاع بلندترین نقطه استان لرستان است. پست‌ترین نقطه آن در جنوبی‌ترین ناحیه استان واقع شده و حدود پانصد متر از سطح دریای آزاد ارتفاع دارد. استان لرستان سرزمینی کوهستانی است که به جز تعدادی دره آبرفتی و چند دشت کوچک، ناحیه هموار ندارد و دارای آب و هوای متنوعی است. در زمستان، هنگامی که در شمال لرستان برف و کولاک و سرمای شدید جریان دارد، قسمت‌های جنوبی آن از هوای مطبوع و بارانی برخوردار است. این استان شامل ده شهر خرم آباد (مرکز استان)، دوره، بروجرد، الشتر، نورآباد، الیگودرز، ازنا، دورود، کوهدشت و پلدختر می‌باشد (شکل ۱).

اذعان داشتند که پیاده‌سازی روش ارائه شده‌ی آنها در محیط گوگل ارث انجین به دلیل سهولت در دسترسی به مجموعه تصاویر ماهواره‌ای و محصولات جهانی راهکاری مناسب در زمینه‌ی استخراج پهنه سیلابی و متعاقباً برآورد خسارات کشاورزی و مسکونی ناشی از سیلاب می‌باشد. سینگها و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۲۰) الگوی مکانی و زمانی سیل بنگلادش را با استفاده از گوگل ارث انجین بررسی کرده و به این نتیجه رسیده‌اند که سیل در شمال شرقی بنگلادش و در امتداد سه رودخانه بزرگ، گنگ، براهماپوترا و مگنا مکرر تکرار می‌شود. لی و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۲۱) بر اساس پلت فرم ابر گوگل ارث انجین و تصاویر راداری سنتینل ۱، برای تجزیه و تحلیل سیلاب‌های شدید در منطقه ماتالا در ماه مه ۲۰۱۷ نشان دادند که سیل در منطقه ماتالا عمدتاً در جنوب و جنوب غربی آن متمرکز است و سطح آب‌های سطحی ۵ برابر گسترش یافته است. ونکاتاپا و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۲۱) خشکسالی‌ها و سیل‌های جنوب شرق آسیا و تأثیرات آن‌ها بر زمین‌های زراعی را طی ۴۰ سال اخیر با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین ارزیابی نموده و دریافتند که حدود ۹/۴۲ میلیون هکتار و ۳/۷۲ میلیون هکتار از زمین‌های زراعی به ترتیب در اثر خشکسالی و سیل آسیب دیدند. نیا و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۲۲) در ارزیابی سیل‌های حوضه پایین دست رودخانه مکونگ با استفاده از داده‌های راداری سنتینل ۱ با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین تغییر تدریجی را در الگوهای سیل در استان‌های پایین دست دلتای مکونگ را نشان دادند. به طوریکه نتیجه‌ی نهایی مناطق سیل زده را در حال کاهش نمایش می‌داد. زورقانی و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۲۲) وسعت و تأثیر مخاطره سیل ۲۰۱۹ در شهر گات واقع در جنوب غربی لیبی را با استفاده از گوگل ارث انجین مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و دریافتند که حدود ۲۲۵۵/۶۷ هکتار از منطقه مورد مطالعه در جریان موج بارش شدید و رویداد رعد و برق در ژوئن ۲۰۱۹ دچار آبگرفتگی شد و باعث جاری شدن سیل و خسارت در چندین نقطه در اطراف شهر شد.

<sup>۴</sup> - Nghia et al

<sup>۵</sup> - Zurqani et al

<sup>۱</sup> - Singha et al

<sup>۲</sup> - Li et al

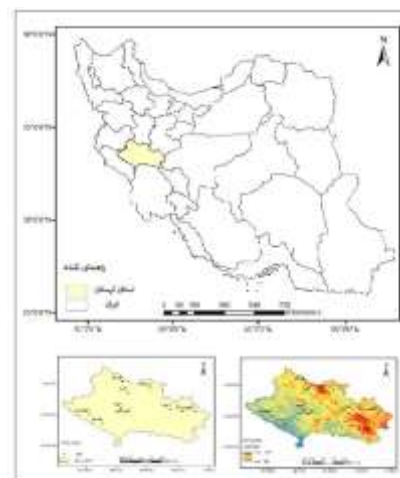
<sup>۳</sup> - Venkatappa et al

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش، داده‌های بارشی و تصاویری است که از طریق استخراج و دسترسی به داده‌های رایگان و در دسترس ماهواره های سنتینل ۱ و لندست ۸ از پلت فرم گوگل ارث انجین برای یک دوره یک ماهه جمع آوری شده و تجزیه و تحلیل گردیده است.

لازم به ذکر است که تمامی تصاویر و نمودارهای ترسیم شده در این مقاله در محیط گوگل ارث انجین صورت پذیرفته است و در محیط GIS مورد تصحیح و ویرایش قرار گرفته شده است. تصاویر ارائه شده در GEE، تصاویر بازتاب سطحی (SR<sup>۳</sup>) است که قبلاً اثرات جوی (مانند پراکندگی آئروسول و ابرهای نازک) را تصحیح کرده است که تشخیص و توصیف تغییرات سطح را بهبود می بخشد (واهاپ و شفری<sup>۴</sup>، ۲۰۲۰).

تصاویر ماهواره ای سنتینل ۱ به عنوان داده‌های راداری در سنجش از دور شناخته می‌شوند. با استفاده از داده‌های راداری به طور ساده و دقیق می‌توان حتی با وجود ابرناکی منطقه و شرایط بد جوی، وضعیت سیل و پهنه های آبی را در محدوده‌ی مورد مطالعه سنجش و آشکار نمود (تیواری و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۲۰) که این یک مزیت در تصویربرداری سنتینل ۱ به شمار می آید (ایسلام و منگ<sup>۶</sup>، ۲۰۲۲).

در پژوهش حاضر سری تصاویر سنتینل ۱ با آیدی مخصوص به خود یعنی COPERNICUS/S1\_GRD فراخوانی شده‌اند. زمان فراخوانی، یک دوره‌ی یک ماهه از روز ۲۰۱۹/۳/۲۰ الی ۲۰۱۹/۴/۲۰ می‌باشد که همزمان با ماه فروردین ۱۳۹۸ بوده و مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته شده است. تصاویر فراخوانی شده با قطبش VV می‌باشند زیرا در شرایط قطبش مشابه، امواج ارسالی و دریافتی یکسانند و این امر موجب میزان انرژی بیشتر تصاویر، جهت شناسایی مناطق



شکل ۱: محدوده مورد مطالعه (منبع: نگارندگان)

#### ب- روش شناسی:

هدف مورد مطالعه در این مقاله پایش و آشکارسازی رخداد سیل فروردین سال ۱۳۹۸ استان لرستان با استفاده از داده‌های ماهواره ای در سامانه‌ی گوگل ارث انجین<sup>۱</sup> می‌باشد. GEE یا موتور مجازی پردازش تصاویر ماهواره‌ای به یک سامانه تحت وب اشاره دارد که با سرعت بسیار زیاد و هزینه رایگان انواع پردازش های رقومی را روی تصاویر ماهواره ای در اختیار قرار می‌دهد. این سامانه‌ی متن باز، یک ابزار قابل اطمینان و قدرتمند برای استخراج اطلاعات کاربردی طیفی، رادیومتریکی و مکانی از تصاویر ماهواره‌ای است که در کوتاهترین زمان، دقیق‌ترین نتایج را تولید می‌کند (احراری، ۱۳۹۹). استفاده از GEE کاربر را قادر می‌سازد تا بر معایب مربوط به ذخیره سازی داده‌ها و امکانات محاسباتی غلبه کند، زیرا یک پلتفرم ابری رایگان است که برای اجرای سریع الگوریتم ها و تحلیل های مختلف بسیار مفید است و در عین حال نیاز به مراحل طولانی دانلود و پیش پردازش را از بین می‌برد (فاتور و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۲۱).

<sup>۴</sup> - Wahap & Shafri

<sup>۵</sup> - Tiwari et al

<sup>۶</sup> - Islam & Meng

<sup>۱</sup> - Google Earth Engine (GEE) platform

<sup>۲</sup> - Fattore et al

<sup>۳</sup> - Surface reflectance

ابتدا داده‌های ماهواره‌های سنتینل ۱ و لندست ۸ (با در نظر گرفتن پوشش ابری کمتر از ۱۰) در قطبش های VH و VV برای منطقه مورد نظر که ژئومتری شده است فراخوانی گردیده است. سپس مقدار میانگین و انحراف معیار تمام تصاویر بدست آمده از سنتینل ۱ برای تاریخ ۲۰۱۹/۳/۲۰-۲۰۱۹/۴/۲۰ (فروردین ۱۳۹۸) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شده است (دیورایس و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۲۰):

$$\Delta\sigma^{p,m,d}(t) = \sigma^{p,m,d}(t) - \bar{\sigma}^{p,m,d} \quad (۱)$$

$$Z^{p,m,d}(t) = \frac{\Delta\sigma^{p,m,d}(t)}{std(\sigma^{p,m,d})} \quad (۲)$$

که در آن ناهنجاری پراکندگی سیل و آبرفتگی با  $\Delta\sigma$  و نمره‌ی Z برای هر یک از مشاهداتی که در زمان t تحت حالت قطبش p، حالت اکتساب حسگر m، و جهت مداری d بر اساس معادلات بدست آمده محاسبه شدند. همچنین مقادیر میانه در تصاویر لندست ۸ به عنوان یکی از معیارهایی که برای شناسایی مناطق دارای پهنه‌های آبی استفاده می‌گردد، لحاظ گردیده است. سپس با در نظر گرفتن جهت‌های مداری دو باند صعودی و نزولی، تصاویر سری زمانی تولید شده‌اند. در نهایت با آستانه‌گذاری هریک از تصاویر و رنگ بندی آنها فضای داده به هفت کلاس طبقه بندی شده و مناطق دارای سیل و آبرفتگی آشکار گردیده است.

**تولید نقشه کاربری ارضی بر اساس ترکیب تصاویر لندست و مادیس:**

جهت تولید و نمایش نقشه کاربری ارضی منطقه مورد مطالعه در گوگل ارث انجین از ترکیب تصاویر داده‌های لندست ۸ و سنجنده مادیس بهره گرفته شده است. در این روش، تعیین کلاس‌ها و طبقات کاربری ارضی مربوط به سنجنده مادیس و دقت نقشه‌ی تولید شده در حد تصاویر لندست می‌باشد. بازه زمانی مورد بررسی در این روش، سال ۱۳۹۷ به دلیل نزدیک بودن به زمان

سیل زده و تشخیص بهتر عارضه‌ها می‌شود. برای تشخیص پهنه‌های آبی در تصاویر دریافت شده فیلتر کمینه داده‌های راداری برای هر پیکسل در نظر گرفته شده است چرا که آب از کمترین میزان بازتاب در امواج راداری برخوردار است و در نهایت پهنه‌های آبی به صورت قابل تشخیص نمایش داده می‌شود.

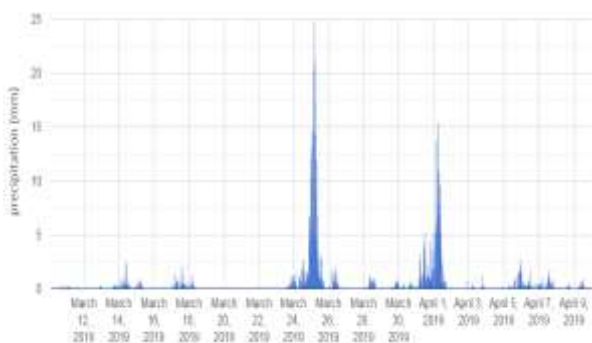
در گوگل ارث انجین شناسایی پهنه سیل به روش کمی تحقق یافته است. بدین ترتیب که تعداد پیکسل‌ها به لحاظ هندسه یکسان سازی شده و در داخل یک دیتاست قرار گرفته می‌شود. سپس بوسیله شاخص تغییرات نرمال سازی شده محدوده سیل آشکارسازی می‌شود. بطوریکه نسبت حاصل جمع و تفریق تصاویر قبل و بعد از وقوع سیل به دست آورده می‌شود. در نهایت تصویر ارائه شده محدوده‌های سیل را از سایر محدوده‌های عادی به طور متمایز نمایش می‌دهد.

در ساختار نرمال سازی شده معمولاً مقادیر بزرگتر از صفر به منزله پهنه آبی در نظر گرفته می‌شوند و مناطق آبی و سیل زده به رنگ روشن نمایش داده می‌شوند. بر اساس این شاخص برای نمایش بهتر، آستانه‌ای مشخص به میزان ۰/۲ برای تصویر نهایی در نظر گرفته شده و با مقیاس صد متری پردازش شده و خروجی تصویر اخذ می‌گردد.

برای محاسبه مساحت محدوده سیل زده در سامانه گوگل ارث انجین ابتدا لایه‌ی ماسک بوسیله دستور updateMask از تصویر مورد نظر ایجاد می‌شود و سپس با استفاده از دستور multiply مساحت هر کدام از پیکسل‌های ماسک شده استخراج می‌گردد. در نهایت با دستور reduceRegion مساحت کل محدوده‌های ماسک شده به واحد متر مربع حاصل می‌گردد.

**آشکارسازی سیلاب بر اساس داده‌های ترکیبی سنتینل ۱ و لندست ۸:**

سامانه گوگل ارث انجین در هر پردازش ۵۰۰۰ داده‌ی ماهواره‌ای را پردازش می‌کند، بنابراین نمی‌توان تغییرات بارشی ۳۰ دقیقه‌ای را برای کل سال با یک متغیر پردازش کرد (احراری، ۱۳۹۹: ۲۶۰). به همین دلیل برای دریافت اطلاعات بارشی یک ساله در بخش قبلی از داده‌های ماهواره trmm استفاده گردید. در شکل ۳ نمودار حاصل از تغییرات بارش ۳۰ دقیقه‌ای برای دوره‌یک ماهی فروردین ماه ۱۳۹۸ (مصادف با مارس و آوریل ۲۰۱۹) نمایش داده شده است. بر اساس این شکل زمان دقیق رخداد بارش سیلابی به روشنی قابل مشاهده است. به عبارتی می‌توان گفت که بارش در ۵ فروردین (۲۵ مارس) و ۱۲ فروردین (اول آوریل) به اوج خود رسیده و شرایط سیل در استان لرستان را ایجاد کرده است.



شکل ۳- نمودار تغییرات بارش ۳۰ دقیقه‌ای

اطلاعات به موقع و دقیق در مورد میزان سیلاب برای برنامه ریزی مدیریت بحران، اضطراری و تلاش برای مدیریت بلایا حیاتی است.

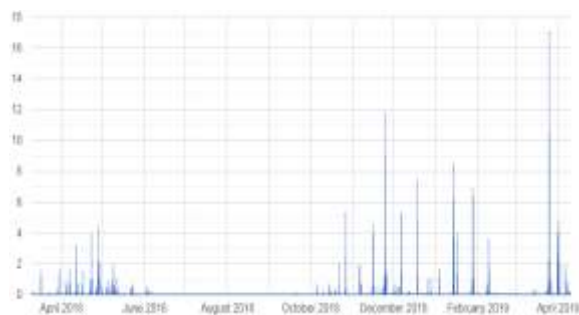
در گام بعدی آشکارسازی مناطق سیل زده و استخراج وسعت سیل در تصاویر راداری ماهواره سنتینل ۱ انجام گرفته و در تصاویر تولید شده، مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه سیل در ماه فروردین (ماه مارس و آوریل) به وقوع پیوسته است بنابراین تصویر قبل و بعد از وقوع سیل در این ماه‌ها برای سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ (مصادف با ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹) تولید گردیده است. برای این امر کمینه‌ی این تصاویر محاسبه شده است و دلیل انتخاب این پارامتر آماری

وقوع سیل فروردین ۱۳۹۸ انتخاب گردیده است. برای هر یک از ۱۶ کلاس موجود در مادیس، ۳۰۰ نمونه برداشت شده و مبنای کلاس‌ها، LC-Type<sup>۲</sup> در نظر گرفته شده است. مقیاس نیز معادل توان تفکیک مکانی تصویر ماهواره‌ای لندست (۳۰ متر) به کار گرفته شده است.

### یافته‌های تحقیق

سامانه‌ی گوگل ارث انجین امکان استخراج روند تغییرات بارشی را در بازه‌های ۳۰ دقیقه‌ای، سه ساعته، روزانه و ماهانه فراهم نموده است. با استفاده از این امکان داده‌های ماهواره‌ای بارش و مدل‌های تخصصی آن به راحتی در دسترس کاربر قرار می‌گیرد.

با توجه به شکل ۲ نمودار تغییرات بارش سه ساعته که از داده‌های ماهواره trmm به دست آمده است نشان می‌دهد که از ماه فروردین ۱۳۹۷ (اواخر مارس و اوایل آوریل ۲۰۱۸ میلادی) الی فروردین ۱۳۹۸ (اواخر مارس و اوایل آوریل ۲۰۱۹ میلادی) بارش چه میزان تغییراتی را سپری کرده است. همانطور که در این شکل قابل مشاهده است می‌توان به میزان تفاوت بارش در ماه‌های فروردین هر دو سال (مصادف با مارس و آوریل هر دو سال) پی برد. به طوری که فراوانی بارش در در زمان دوم نسبت به زمان اول قابل مشاهده است.

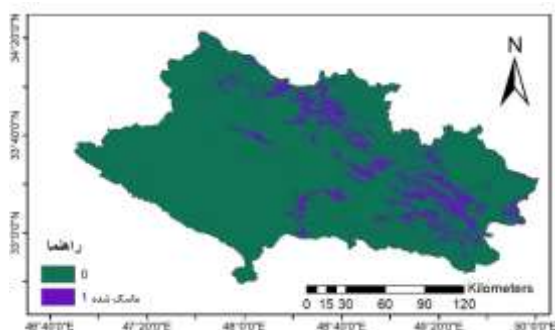


شکل ۲- نمودار تغییرات بارش سه ساعته یک ساله

در این مطالعه به منظور استخراج اطلاعات بارش دقیق کوتاه مدت با تفکیک زمانی ۳۰ دقیقه‌ای، از داده‌های ماهواره‌ی gpm بهره گرفته شده است. با توجه به اینکه

(۲۰۲۲) تغییرات قبل از وقوع سیل و پس از وقوع سیل منطقه چامولی را در ۷ فوریه ۲۰۲۱ به جهت تخمین محدوده‌های سیل زده مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و در نهایت مساحت کلی پهنه‌های سیل زده را ۰/۶۶ کیلومتر مربع برآورد کردند.

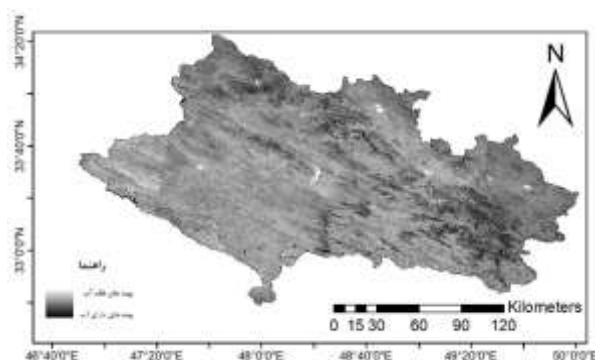
پس از اعمال شاخص تغییرات نرمال سازی شده برای وضوح بهتر محدوده‌های سیل زده و همچنین برای محاسبه مساحت مناطق سیل زده لازم بوده است که لایه‌ی ماسک شده (شکل ۶) تهیه گردد.



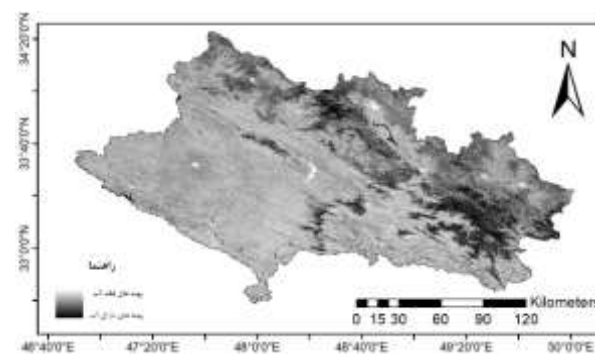
شکل ۶) تصویر آستانه گذاری شده و لایه ماسک شده جهت تخمین مساحت مناطق سیل زده استان لرستان طی روزهای ۲۰۱۹/۳/۲۰-۲۰۱۹/۴/۲۰ (منبع: نگارندگان)

مطابق این شکل می‌توان استنباط نمود که با وجود اینکه به طور طبیعی در این تصویر رطوبت‌های متغیر یا موارد مربوط به سایر پوشش‌ها نیز نویزهایی را در تصویر ایجاد و نمایش داده است که می‌تواند در نتیجه کار موثر باشد، اما به طور واضح نتیجه‌ی مورد انتظار از محدوده‌های سیل زده بارز گردیده است. حاصل جمع مساحت هریک از پیکسل‌ها، نتیجه‌ی مساحت کل مناطق سیل زده به واحد متر مربع را ارائه می‌دهد. البته با پوشش‌ها و رطوبت‌هایی که در دیگر نقاط وجود داشته است خطای جزئی در محاسبه مساحت قابل انتظار است. در نهایت مقدار عددی مساحت محاسبه شده ۶۷۳۸۲۲۰۵۳/۴۶ مترمربع حاصل می‌گردد. بر همین اساس می‌توان گفت مقدار مساحت سطحی مناطق سیل زده برای ماه فروردین ۱۳۹۸ در استان

کمترین مقدار بازپراکنش آب در امواج راداری می‌باشد تا در این تصاویر آب به رنگ کاملاً تیره دیده شود. بدین ترتیب امکان نمایش حداکثر موجودی آب در پهنه‌های آبی فراهم می‌گردد. با مقایسه تصاویر متناظر از ماه فروردین سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در شکل‌های ۴ و ۵ ملاحظه می‌شود که بارندگی‌ها پس از یکسال موجب ایجاد پهنه‌های آبی شده و مناطق متعددی تحت اشغال سیلاب قرار گرفته است.



شکل ۴) تصویر راداری قبل از وقوع سیل استان لرستان طی روزهای ۲۰/۳/۲۰۱۸-۲۰/۴/۲۰۱۸ (فروردین ۱۳۹۷)، (منبع: نگارندگان)



شکل ۵) تصویر راداری بعد از وقوع سیل استان لرستان طی روزهای ۲۰/۳/۲۰۱۹-۲۰/۴/۲۰۱۹ (فروردین ۱۳۹۸)، (منبع: نگارندگان)

در شکل ۵ به خوبی محدوده‌های آبی جدید نسبت به زمان متناظر خود بارز گردیده است. مطابق این تصویر پهنه‌هایی که دچار آب گرفتگی و تراکم سیل شده‌اند بارنگ تیره‌تر در مناطق شمالی، شرقی و جنوبی استان لرستان به نمایش درآمده است. سینگ و کانسال<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> - Singh & Kansal

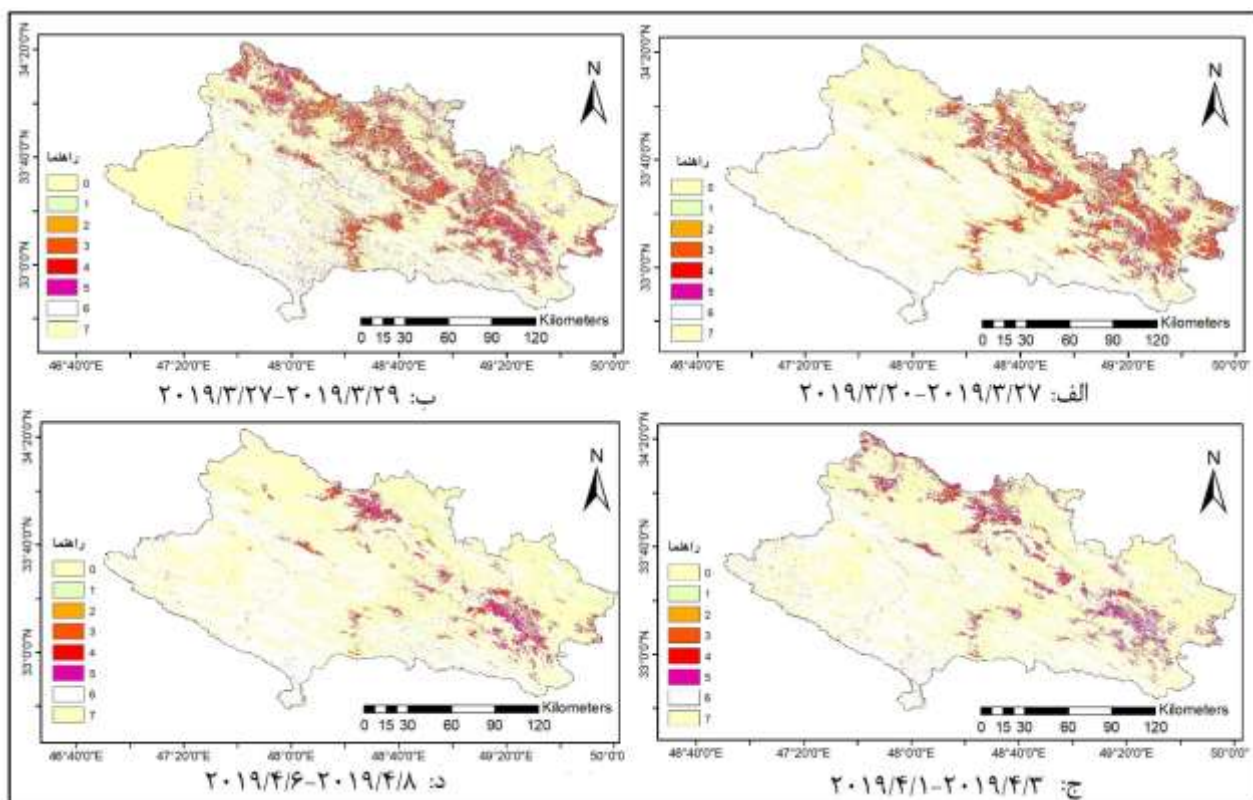


استان شروع به جمع شدن سیلاب‌ها و آبگرفتگی‌ها می‌شود. به تدریج این روند فراگیر شده و به مناطق جنوبی، جنوب شرقی، شمالی و شمال غربی استان سرایت می‌کند و محدوده‌های بیشتری را در برمی‌گیرد (بخش ب). در بخش بعدی (بخش ج) به آرامی وسعت محدوده‌های دارای پهنه‌های آب کاهش پیدا می‌کند و در نهایت در بخش د مناطق سیلابی کم کم محو می‌گردد.

به طور کلی بررسی مکانی نواحی سیلابی در تصاویر مربوطه نشان می‌دهد که شهرهای نورآباد، الشتر، بروجرد، دورود، ازنا و خرم‌آباد بیشترین و مستعدترین نواحی سیل‌خیز در استان لرستان بوده‌اند و بیشتر از سایر شهرها دچار سیل شده‌اند.

لرستان معادل  $673/82$  کیلومتر مربع برآورد شده است. هالدر و باندیپادهی (۲۰۲۲) به منظور شناسایی سیلاب مناطقی که تحت تاثیر طوفان استوایی آمفان و یاس سیل زده شده بودند، با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین دریافتند که در مجموع  $11405/21$  کیلومتر مربع از بنگال غربی و  $10437/58$  کیلومتر مربع از مناطق ساحلی اودیشا به دلیل طوفان یاس و  $22735/29$  کیلومتر مربع از مناطق به دلیل طوفان آمفان سیل زده شده است.

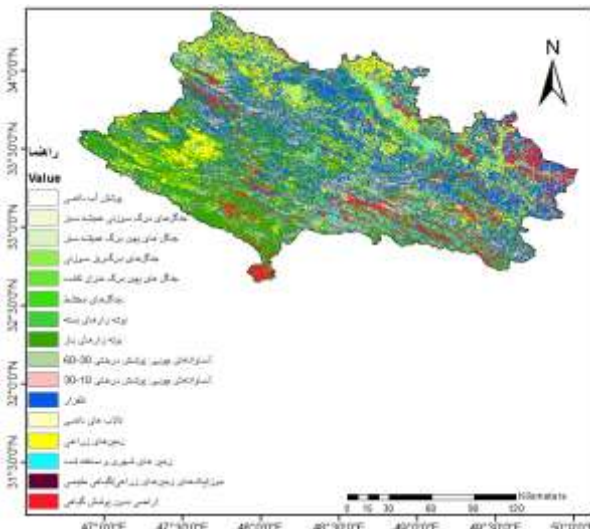
در شکل ۷ مناطق دارای آبگرفتگی و تراکم سیل نمایش داده شده که شامل چهار نقشه است. راهنمای طبقات در این تصاویر دارای رنگ‌های تیره و روشن می‌باشد که مناطق تیره با رنگ‌های نارنجی تیره، قرمز و بنفش تیره، محدوده‌ی پیشروی سیل را آشکار می‌سازد. در بخش الف در مناطق مختلف نیمه‌ی شرقی



شکل ۷) روند تدریجی مناطق دارای آبگرفتگی و سیل، (منبع: نگارندگان)



شمال شرقی بیشتر است. در نهایت اراضی بدون پوشش گیاهی در نواحی شرقی، جنوبی و شمال غربی استان بیشترین پراکندگی را دارا می باشند. با این تفاسیر و با توجه به بخش الف و ب در شکل ۷ می توان نتیجه گرفت که پیشروی سیل در نواحی دارای علفزار، زمین های زراعی و مناطق شهری و ساخته شده، بیشتر بوده است و درک این مطلب مستلزم مدیریت سیلاب ها در چنین مناطقی می باشد. محمودی و همکاران (۱۳۹۹) نیز در تحقیقات خود چنین نتیجه گیری کردند که حوضه مورد مطالعه شان در سال های اخیر با تغییرات کاربری اراضی ناشی از دخالت های انسانی که بر خصوصیات سیلاب تاثیرگذار بوده است، باعث افزایش خطر سیل گردیده است.



شکل ۷) نقشه کاربری اراضی استان لرستان (منبع: نگارندگان)

### نتیجه گیری

بهره برداری از سنجش از دور یک نمای کلی از منطقه تحت تاثیر سیل با وضوح زمانی و مکانی رضایت بخش ارائه می دهد. اطلاعات وسعت مناطق سیل زده که از داده های ماهواره ای استخراج می شود، می تواند توسط تصمیم گیرندگان در طول فاز سیل (پایش سیل)،

در تحقیقی که توسط کومار و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۲۲) با همین روش برای وسعت سیل مزارع برنج شالیزاری در منطقه ی بیهار شمالی در طول ماه های ژوئن تا اکتبر ۲۰۲۲ انجام شد، مشخص گردید که بخش بزرگی از بیهار (۷۰۱۹ کیلومتر مربع) در فصل باران های موسمی به زیر آب رفته است. آب سیلاب به مدت ۵۰ تا ۶۵ روز در مزارع کشاورزی باقی مانده و خسارت زیادی به محصولات برنج وارد آورده است.

شکل ۸ نقشه کاربری اراضی استان لرستان را برای سال ۲۰۱۹-۲۰۱۸ نمایش می دهد. همانطور که مشاهده می گردد این نقشه از ۱۶ کلاس مختلف تشکیل شده است و مشخصات هر یک از طبقات در راهنمای آن قابل دریافت می باشد. مطابق آنچه نقشه کاربری اراضی استان لرستان نمایش می دهد، می توان گفت که مناطق دارای پوشش آب دائمی، جنگل های برگ سوزنی همیشه سبز، جنگل های پهن برگ همیشه سبز، جنگل های برگ ریز سوزنی، جنگل های پهن برگ خزان کننده، جنگل های مختلط، بوته زارهای بسته، تالاب های دائمی و موزایک های زمین های زراعی/گیاهی طبیعی در استان مشاهده نمی گردد. بوته زارهای باز تقریباً در اقصی نقاط استان پراکنده هستند و بیشترین تراکم آنها در محدوده های غرب و جنوب غربی می باشد. ساواناهای چوبی با پوشش درختی ۳۰ تا ۶۰ درصد بسیار اندک و تعداد آنها با پوشش درختی ۱۰ تا ۳۰ درصد در مناطق مرکزی پراکنده هستند. اینکه پراکندگی علفزارها در بیشتر نقاط استان دیده می شود ولی تعداد آنها در بخش های شمالی و غربی به حداکثر خود می رسد. محدوده زمین های زراعی در نواحی غربی و شمالی بیشتر به چشم می خورد و در مناطق شرقی و جنوبی از پراکنش آنها کاسته می شود. زمین های شهری و ساخته شده نیز غالباً در مراکز شهرستان ها مشاهده می گردد، اما تراکم آنها در نوار

<sup>۱</sup> - Kumar et al

ناشی از سیل‌های ۲۰۱۹ بوده و به حجم آب های حوضه افزوده شده است.

به طور کلی بررسی مکانی نواحی سیلابی در تصاویر مربوطه نشان می‌دهد که شهرهای نورآباد، الشتر، بروجرد، دورود، ازنا و خرم‌آباد بیشترین و مستعدترین نواحی سیل گیر در استان لرستان بوده‌اند و بیشتر از سایر شهرها دچار سیل شده‌اند.

در نهایت، نتایج بررسی های کاربری اراضی نشان داد که پیشروی سیل در نواحی دارای علفزار، زمین‌های زراعی و مناطق شهری و ساخته شده، بیشتر بوده است و این نتایج با تحقیقات رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۳)، یاری و همکاران (۱۳۹۸)، حسینی و همکاران (۱۳۹۸) و گراوند و همکاران (۱۴۰۰) در جهت رابطه مستقیم تغییرات کاربری اراضی با سیل‌خیزی منطقه مطابقت دارد.

دست‌آورد علمی این مقاله در قسمت نمایش رخداد سیل ۱۳۹۸ لرستان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در گوگل ارث انجین می‌باشد. به گونه ای که با آشکار سازی این مطلب می‌توان پیشنهاد نمود که با اتخاذ تدابیر و اقدامات لازم در جهت کاهش احتمال خسارات یا خطرات سیل و ارزیابی تاسیسات مورد نیاز، سیلاب‌ها را تحت کنترل درآورد و خسارات جانی و مالی را به حداقل ممکن رسانید. با استفاده از نقشه های کاربری اراضی و پهنه های سیلابی، اعمال مدیریت سیلاب تسهیل می‌گردد.

### منابع

احراری، امیرحسین. (۱۳۹۹). آموزش سامانه گوگل ارث انجین موتور مجازی پردازش تصاویر ماهواره‌ای. تهران: انتشارات کلید آموزش. چاپ اول. ۲۹۰ ص.

باقری، محمدحسین؛ فرزانه، محمدرضا؛ رایگانی، بهزاد. (۱۴۰۱). توسعه روش شناسی برآورد سیلاب مبتنی بر سنجش از دور در محیط گوگل ارث انجین. محیط زیست و توسعه فرابخشی. (۷۶): ۱۱-۲۴.

مرحله قبل از سیل (مدیریت خطر) و مرحله پس از سیل (برای ارزیابی خسارت) استفاده شود.

این مقاله بر استفاده از ابزار متن باز Google Earth Engine متمرکز شده است که در اینجا برای تجزیه و تحلیل و آشکارسازی مناطق سیل زده از داده‌های ماهواره ای بهره گرفته شده است. داده‌های سری زمانی یکساله‌ی trmm جهت رویت داده‌های سه ساعته و داده‌های سری زمانی یک ماهه جهت رویت بارش های سی دقیقه ای استخراج گردید و اوج بارش‌ها را نمایش دادند. در نهایت اوج بارشهایی که منجر به وقوع سیل استان لرستان در فروردین ۱۳۹۸ شده بودند، بوسیله نمودار برای زمان ۵ و ۱۲ فروردین ماه نمایان شدند.

در گام بعدی آشکارسازی مناطق سیل زده در تصاویر راداری ماهواره سنتینل ۱ انجام گرفته و در تصاویر تولید شده، مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد. با مقایسه تصاویر متناظر از ماه فروردین سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به عنوان قبل و بعد از وقوع سیل ملاحظه می‌شود که بارندگی‌ها پس از یکسال موجب ایجاد پهنه های آبی شده و مناطق متعددی تحت اشغال سیلاب قرار گرفته است. همانطور که باقری و همکاران (۱۴۰۱) نیز در پژوهش خود نقش موثر استفاده از تصاویر قبل و بعد سیلاب را در شناسایی پهنه های سیلابی بیان نمودند.

برای محاسبه مساحت مناطق سیل زده لازم است لایه‌ی ماسک شده تهیه گردیده و سپس حاصل جمع مساحت هریک از پیکسل‌ها، نتیجه‌ی مساحت کل مناطق سیل زده را به واحد متر مربع ارائه نموده است. مقدار عددی مساحت محاسبه شده ۶۷۳۸۲۲۰۵۳/۴۶ مترمربع و به عبارتی معادل ۶۷۳/۸۲ کیلومتر مربع برآورد شده است. علی بخشی و همکاران (۱۳۹۹) نیز در بررسی های خود نشان دادند که بیشترین مساحت پهنه های آبی حوضه‌ی آبریز منطقه مورد مطالعه‌شان

- Google Earth Engine. Remote Sensing of Environment. ۲۴۰: ۱۱۱۶۶۴.
- Fattore C, Abate N, Faridani F, Masini N, Lasaponara R. ۲۰۲۱. Google Earth Engine as Multi-Sensor Open-Source Tool for Supporting the Preservation of Archaeological Areas: The Case Study of Flood and Fire Mapping in Metaponto, Italy. *Sensors*. 21(۵): ۱-۲۵.
- Halder B, Bandyopadhyay J. ۲۰۲۲. Monitoring the tropical cyclone 'Yass' and 'Amphan' affected flood inundation using Sentinel-۱/۲ data and Google Earth Engine. *Modeling Earth Systems and Environment*. ۸: ۲۳۱۷۰۴۳۳۲.
- Islam Md T, Meng Q. ۲۰۲۲. An exploratory study of Sentinel-۱ SAR for rapid urban flood mapping on Google Earth Engine. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. ۱۱۳: ۱۰۳۰۰۲.
- Kumar H, Karwariya S, Kumar R. ۲۰۲۲. Google Earth Engine-Based Identification of Flood Extent and Flood-Affected Paddy Rice Fields Using Sentinel-۲ MSI and Sentinel-۱ SAR Data in Bihar State, India. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. ۵۰: ۷۹۱-۸۰۳.
- Li J, Wang J, Ye H. ۲۰۲۱. Rapid Flood Mapping based on Remote Sensing Cloud Computing and Sentinel-۱. *Journal of Physics: Conference Series*. ۱۹۵۲: ۱-۷.
- Nghia B Ph Q, Pal I, Chollacoop N, Mukhopadhyay A. ۲۰۲۲. Applying Google earth engine for flood mapping and monitoring in the downstream provinces of Mekong river, *Progress in Disaster Science*. ۱۴: ۱۰۰۲۳۵.
- Singh G, Pandey A. ۲۰۲۰. Mapping Punjab Flood using Multi-temporal Open-Access Synthetic Aperture Radar Data in Google Earth Engine. *Hydrological Extremes*. ۹۷: ۷۵-۸۵.
- Singh S, Kansal M L. ۲۰۲۲. Chamoli flash-flood mapping and evaluation with a supervised classifier and NDWI thresholding using Sentinel-۲ optical data in Google earth engine. *Earth Science Informatics*. ۱۵: ۱۰۷۳-۱۰۸۶.
- Singha M, Don J, Sarmah S, You N, Zhou Y, Zhang G, Doughty R, Xiao X. ۲۰۲۰. Identifying floods and flood-affected paddy rice fields in Bangladesh based on Sentinel-۱ imagery and Google Earth Engine. *Photogrammetry and Remote Sensing*. ۱۶۶: ۲۷۸-۲۹۳.
- Tiwari V, Kumar V, Matin M A, Thapa A, Ellenburg W L, Gupta N, Thapa S. ۲۰۲۰. Flood inundation mapping-Kerala ۲۰۱۸; Harnessing the power of SAR, automatic threshold detection method and Google Earth Engine. *plos one*. ۱۵(۸): ۱-۱۷.
- Venkatappa M, Sasaki N, Han Ph, Abe I. ۲۰۲۱. Impacts of droughts and floods on croplands and crop production in Southeast Asia – An application of Google Earth Engine. *Science of The Total Environment*. ۷۹۵: ۱۴۸۸۲۹.
- Wahap N, Shafri HZ. ۲۰۲۰. Utilization of Google Earth Engine (GEE) for land cover monitoring over Klang Valley, Malaysia. *Earth and Environmental Science*. ۵۴: ۱-۲۲.
- Zurqani H A, Al-Bukhari A, Aldaikh A O, Elfadli Kh I, Bataw A A. ۲۰۲۲. Geospatial Mapping and Analysis of the ۲۰۱۹ Flood Disaster Extent and Impact in the City of Ghat in Southwestern Libya Using Google Earth Engine and Deep Learning Technique. *Environmental Applications of Remote Sensing and GIS in Libya*. ۲۰۵-۲۲۶.
- تراهی، علی اصغر و حسنی مقدم، حسن. (۱۳۹۸). تعیین گستره سیل با استفاده از داده‌های سنجنده OLI (مطالعه موردی: سیل سال ۱۳۹۵ دزفول). فصلنامه محیط زیست و مهندسی. ۵(۱): ۲۴-۳۵.
- حسینی، یاسر؛ رضانی مقدم، جواد؛ عبدالعلی زاده، زهرا. (۱۳۹۸). بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی بر سیل خیزی و دبی رواناب حوضه آبریز عموقین. مخاطرات محیط طبیعی. ۸(۲۲): ۱۴۵-۱۶۳.
- دودانگه، پریسا؛ عبادی، حمید؛ کیانی، عباس. (۱۴۰۰). شناسایی مناطق سیل زده با محاسبات آماری سری زمانی بر پایه تلفیق داده‌های راداری و اپتیک. اکوهیدرولوژی. ۸(۳): ۶۳۹-۶۲۳.
- رضایی مقدم، محمد؛ اندریانی، صغری؛ الماس پور، فرهاد؛ ولی زاده کامران، خلیل؛ مختاری اصل، ابوالفضل. (۱۳۹۳). بررسی اثرات تغییر کاربری و پوشش اراضی بر روی سیل خیزی و دبی رواناب (مطالعه موردی: حوضه آبریز سد علویان). هیدروژئومورفولوژی. ۱۱(۱): ۴۱-۵۷.
- علی بخشی، ترانه، عزیزی، زهرا؛ وفایی نژاد، علیرضا؛ آقامحمدی زنجیرآبادی، حسین. (۱۳۹۹). بررسی تغییرات مساحت پهنه های آبی حوضه آبریز سد شهید عباسپور ناشی از سیل‌های ۲۰۱۹ با استفاده از Earth Engine Google. اکوهیدرولوژی. ۷(۲): ۳۴۵-۳۵۷.
- کرم پور، مصطفی؛ معصوم پورسماکوش، جعفر؛ میری، مرتضی؛ یوسفی، یداله. (۱۳۹۲). بررسی الگوهای همدیدی بارش های سیل آسا در استان لرستان. فضای جغرافیایی. ۱۳(۴۳): ۹۹-۱۱۳.
- گراوند، فاطمه؛ محمدخان، شیرین؛ حسینی، سیدموسی؛ پیرانی، پریسا. (۱۴۰۰). ارزیابی تغییرات کاربری اراضی بر ویژگی های هیدرولوژیک حوضه و پهنه های سیلابی رودخانه (مورد مطالعه: حوضه کشکان در استان لرستان). پژوهش آب ایران. ۱۵(۲): ۸۷-۹۸.
- محمودی، مهدی؛ هنرمند، مهدی؛ ناصری، فرزین؛ محمدی، صدیقه. (۱۳۹۹). بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل رودخانه کشف رود با تحلیل نتایج روش SCS-CN. ۳۴ آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۱(۱): ۴۳-۵۴.
- یاری، میثم؛ سلطانی گرد فرامرزی، سمیه؛ قاسمی، محسن. (۱۳۹۸). بررسی نقش تغییر کاربری اراضی در هیدروگراف سیل و نوسانات سطح آب زیر زمینی در بخشی از حوضه آبخیز قره سو. جرافیا و مخاطرات محیطی. ۸(۳): ۴۱-۵۸.
- DeVries B, Huang Ch, Armston J, Huang W, W.Jones J, W.Lange Megan. ۲۰۲۰. Rapid and robust monitoring of flood events using Sentinel-۱ and Landsat data on the

## Monitoring and detection of Lorestan ۲۰۱۹ flood using satellite data in Google Earth Engine

Seyyed Hossein Mirmousavi (Associate Professor of Climatology, University of Zanjan)

Zahra Taran (Ph.D. Student of climatology, University of Zanjan)

### Abstract

Flood is one of the most important natural disasters in Iran. Floods carry adverse effects such as life and financial risk in the years to come, as floods are more likely to occur and also because population growth is likely to result in more people settling in flood-vulnerable areas. Monitoring and revealing flooded areas has a lot of functions in managing the crisis and reducing the damages of the areas in case of the possibility of future floods. Based on this, the purpose of this study is to monitor and detect the flood event of ۲۰۱۹ in Lorestan province using satellite data in the Google Earth Engine system. This system can be used to process and analyze flood maps without the need to download data or use high computing hardware. In this article, the time series data of TRMM and GPM satellites were extracted for the period of one year and one month of Farvardin ۲۰۱۹ and showed that the peak of heavy rainfall was on the ۹th and ۱۲th of Farvardin. Images related to the detection of flooded areas were also produced and analyzed. using the data of Sentinel ۱ and Landsat ۸ satellites. The spatial survey of the flood areas in the relevant images shows that the cities of Noorabad, Al-Shatar, Borujerd, Durood, Azna and Khorramabad were the most and most prone to flood areas in Lorestan province and were more affected by floods than other cities. Also, the surface area of flooded areas for April ۲۰۱۹ in Lorestan province was estimated as ۶۷۳,۸۲ square kilometers. Finally, the results of land cover studies showed that the advance of flood was more in areas with grasslands, agricultural lands and urban and built areas.

**Keywords:** detection, land cover, flood, Lorestan, Google Earth Engine