

کاربرد تحلیل‌های مکانی و پردازش تصویر برای شناسایی گستره سیل با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل ۱و۲

شیبا محمودی^{۱*}، صدرا کریم‌زاده^۲

^۱ کارشناس ارشد سنجش‌ازدور و GIS-دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی-دانشگاه تبریز

Shibamahmodi1997@gmail.com

^۲ استادیار دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی-دانشگاه تبریز

sadra.karimzadeh@email.com

(تاریخ دریافت: آبان ماه ۱۴۰۱، تاریخ تصویب: اردیبهشت ماه ۱۴۰۲)

چکیده

سیل یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی تهدیدکننده جوامع انسانی می‌باشد. مسائل مربوط به سیل گوناگون بوده و طبیعت پیچیده‌ای دارد. هجوم سیلاب باعث از بین رفتن امکانات و وارد آمدن خسارات جانی و مالی و اختلال در حمل‌ونقل و ارتباطات می‌شود. برآورد مساحت حاصل از سیل در مناطق سیل‌زده باعث می‌شود که ما خسارات ناشی از سیل را به دست آوریم و گستره‌ای برای آن تعیین کنیم تا برنامه‌ای را جهت کاهش این خسارات و نقاطی را که دارای خطر بالایی هستند، شناسایی کرده و خطرات را تا حدودی کاهش دهیم. در این راستا، تکنیک‌های سنجش از دور و جی‌ای‌اس (GIS)، روش‌های بسیار مناسبی برای جمع‌آوری اطلاعات، تصمیم‌گیری سریع، دقیق و با صرفه محسوب می‌گردند. جهت انجام این مطالعه از تصاویر ماهواره‌های سنتینل ۱ و ۲ برای ژانویه ۲۰۲۰ استفاده شد، همچنین از روش شیء‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای و قابلیت سامانه گوگل ارث‌انجین استخراج مساحت و بررسی سیل استفاده شد. بر اساس نتایج ارزیابی صحت، ضریب کاپا و صحت کلی، الگوریتم‌های طبقه‌بندی شیء‌گرا بهترین نتیجه را نسبت به سایر پردازش‌ها نشان داد. همچنین، نتایج صحت‌سنجی نشان داد که الگوریتم طبقه‌بندی شیء‌گرا دارای صحت کلی ۰/۹۴ و ضریب کاپا ۰/۸۸ و پردازش‌های صورت گرفته در سامانه گوگل ارث‌انجین دارای صحت کلی ۰/۹۱ و ضریب کاپا ۰/۸۷ است. این نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم‌های شیء‌گرا و سامانه گوگل ارث‌انجین ابزاری بسیار مفید برای شناسایی مناطق سیل‌زده است و می‌تواند برنامه‌ریزان را در مدیریت مخاطرات طبیعی در منطقه مورد مطالعه یاری رساند.

واژگان کلیدی: سیل، سنتینل، الگوریتم‌های شیء‌گرا، گوگل ارث‌انجین

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

بلایای طبیعی همچون سیل، زلزله، سونامی و فرونشست زمین از جمله مسائل جدی زیست‌محیطی هستند که در سرتاسر کره زمین رخ داده و هرساله موجب مرگ صدها هزار نفر و خسارت‌های زیاد به فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و شهری می‌گردند [۳، ۱]. استنباطی که غالباً از سیل می‌شود عبارت است از جریان یا دبی زیادی که باعث خسارت می‌گردد و در این رابطه شدت جریان، حجم آب و مدت زمان سیلاب مورد توجه قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر، در یک سیلاب، جریان بحرانی، همواره مقدار جریان مازاد بر دبی حداکثر ظرفیت عبور جریان در رودخانه است که مشکل‌آفرین می‌گردد [۴]. بنابراین لازم است قبل از گسترش بی‌رویه سکونتگاه‌ها و تغییر کاربری اراضی در حوضه، مطالعات مخاطرات سیل انجام شود [۵]. در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های نوین، کم‌هزینه و سریع مانند فناوری سنجش از دور و جی‌ای‌اس، به علت توانایی در شناسایی پدیده‌ها همواره مورد توجه متخصصین، مدیران و تصمیم‌گیران بوده‌است. اطلاعات به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای کمک زیادی به مطالعه پدیده‌های مختلف می‌کند و می‌تواند در تشخیص تغییرات پدیده‌ها و درک شرایط محیط بسیار راهگشا باشد [۶]. در طی چند دهه گذشته، استفاده از فناوری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تشخیص پدیده‌ها توجه محققان مختلف را به خود معطوف ساخته‌است [۷]. از سوی دیگر، سنجش از دور و به ویژه تصاویر ماهواره‌های راداری که در دو دهه اخیر توسعه چشم‌گیری یافته‌اند، اطلاعات سطح زمین را به‌صورت منظم دریافت و در اختیار محققان قرار می‌دهند که برای مثال تصاویر ماهواره سنتینل-۱ هر ۶ روز یک‌بار گردآوری می‌شود [۲]، همچنین، مطالعات داخلی و خارجی بسیاری در ارتباط با سیلاب و زمینه‌های مختلف مرتبط با آن با استفاده از روش‌های سنجش از دور و جی‌ای‌اس صورت گرفته‌است، از جمله کارهایی که می‌توان به آن‌ها اشاره کرد، شاه‌حسینی و همکاران (۱۳۹۷)؛ تحقیقی را تحت عنوان "پایش و برآوردی خسارت ناشی از سیل به کمک آشکارسازی تغییرات شیء‌گرا و تلفیق تصاویر راداری و نوری" در حوضه کارون و سد دز انجام دادند. در این مطالعه از یک روش کشف تغییرات نیمه‌نظارت‌شده‌ی کرنل پایه و در سطح شیء مبتنی بر روش‌های طبقه‌بندی شیء‌گرا و طبقه‌بندی‌کننده تک کلاسه کرنل پایه با استفاده هم‌زمان از

داده‌های راداری و نوری استفاده شده‌است. نتیجه به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که ارزیابی‌های مقایسه‌ای صورت‌گرفته دقت روش کشف تغییرات پیشنهادی در حالت استفاده از داده‌های راداری و نوری تلفیق‌شده و کرنل کوپسن نسبت به روش‌های نوین کشف تغییرات چندمتغیره وزن‌دهی شده‌ی تکراری و روش‌های کشف تغییرات متداول مبتنی بر تبدیل آنالیز مؤلفه اصلی و روش نگارنده‌ی زاویه طیفی دارای دقت بالایی است و در تعیین مناطق خسارت‌دیده ناشی از وقوع سیل به تفکیک هر کلاس کاربری این روش یک روش بهینه بود [۸]. تراهی و حسنی مقدم (۱۳۹۸) تحقیقی را انجام‌دادند که در آن گستره سیل در سال ۹۵ برای منطقه دزفول را تعیین کردند. برای این منظور آن‌ها از تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ (تصاویر پیش و پس از سیل ۲۵ فروردین ۱۳۹۵ دزفول) استفاده کردند. در این تحقیق آن‌ها ابتدا عملیات پیش‌پردازش مانند تصحیحات رادیومتریک و اتمسفریک را بر روی تصاویر انجام دادند بعد از آن برای کاهش همبستگی داده‌ها و کشف داده‌هایی که تفکیک‌پذیری بالا دارند از روش آنالیز مؤلفه‌ی اصلی استفاده کردند. پردازش‌های صورت‌گرفته بر روی داده‌های اصلی این تحقیق از طریق الگوریتم ماشین بردار پشتیبان و کرنل‌های خطی و چندجمله‌ای صورت‌گرفته‌است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که گستره سیل حدود ۱۱۵۹۳/۲۶ ha است که بیشترین میزان گستره سیل مربوط به زمین‌های کشاورزی (۸۴۶۷/۴۵ ha) و مناطق گردشگری و تفریحی حاشیه رودخانه (۲۶۵۹/۱۴ ha) است [۹]. رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی و مقایسه الگوریتم‌های شی‌گرا در استخراج پهنه‌های آبی با تصاویر ماهواره سنتینل ۲ پرداختند. در این مطالعه برای استخراج پهنه آبی از دو روش نزدیک‌ترین همسایگی و فازی شی‌گرا استفاده شده‌است. آن‌ها در این بررسی برای انجام پردازش‌های شی‌گرا واحدهای پردازشی ایجاد کردند و سپس، در روش نزدیک‌ترین همسایگی جهت بهبود نتایج، فضای نمونه‌های برداشتی را با استفاده از الگوریتم FSO بهینه کردند، نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که روش فازی شی‌گرا (دقت کلی ۹۸ درصد)، نسبت به روش نزدیک‌ترین همسایگی (دقت کلی ۹۵ درصد) نتایج بهتری را در استخراج دقیق پهنه آبی ارائه می‌دهد. روش نزدیک‌ترین همسایگی کارایی لازم برای تمیز پهنه‌های آبی از عوارضی نظیر جاده‌ها، سایه و ابر را ندارد و این عوارض را به عنوان پهنه‌های آبی طبقه‌بندی می‌کند که

باعث کاهش کیفیت و دقت طبقه‌بندی می‌شود ولی روش فازی شیء‌گرا به دلیل محاسبه درجه‌های عضویت این مشکل را ندارد [۱۰]. محمدپور، وفائی‌نژاد (۱۳۹۹) در تحقیقی خود به ارزیابی خطرپذیری رخداد سیل در حوضه تجن با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی پرداختند، آن‌ها در این تحقیق نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیل را تهیه و به تحلیل حساسیت سیل‌خیزی حوضه پرداختند و سپس مناطق مستعد را شناسایی و میزان خطرپذیری را استخراج کردند، برای این منظور از مدل تلفیقی مبتنی بر تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی (F-AHP) برای اولویت‌بندی، شناسایی عوامل موثر بر رخداد سیل و تعیین میزان تاثیر هر یک از شاخص‌های ارزیابی سیل (شامل سرعت جریان، عمق جریان، متوسط بارش، تبخیر، شیب، شبکه راه‌ها و ...) پرداختند و سپس این اطلاعات بعد از ارزیابی محاسباتی فازی در MATLAB به محیط جی‌آی‌اس منتقل و محاسبات و پردازش‌های لازم صورت گرفته‌است. نتایجی که از این تحقیق استخراج شده‌است نشان می‌دهد که مهم‌ترین مرکز خطرپذیری و منطقه حساس سیل در محدوده رودخانه اصلی نسبت به سایر بخش‌ها و در محدوده دلتای رودخانه در مصب بوده، همچنین با بررسی الگوی زهکشی که انجام دادند مشخص شده‌است که در بخش شرقی حوضه نیز حساسیت زیاد سیل‌خیزی وجود دارد [۱۱]. علی‌بخشی و همکاران (۱۳۹۹) تغییرات مساحت پهنه‌های آبی حوضه آبریز سد شهید عباسپور ناشی از سیل ۲۰۱۹ را بررسی کردند. آن‌ها در مطالعه فوق از تصاویر ماهواره‌های لندست ۷ و ۸ و محیط آنالین گوگل‌ارث‌انجین و الگوریتم NDVI استفاده کرده و به جداسازی پدیده آب از سایر پدیده‌ها به‌منظور بررسی تغییرات مساحت پهنه‌های آبی موجود در این حوضه طی ۲۰ سال اخیر پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد در حوضه یاد شده بیشترین حجم آب در سال ۲۰۱۹ بوده‌است و آبیگرها و سدها لبریز از آب شده‌اند به‌گونه‌ای که طی یک ماه حدود ۲۵ کیلومتر به حجم آب‌های آن افزوده شده‌است و خطر جاری شدن سیل، مناطق مسکونی و زراعی را در بر گرفته‌است [۱۲]. محمدی و خداپنده لو (۱۳۹۹) به آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی شهر زنجان با استفاده از تحلیل‌های شیء‌گرا و سامانه گوگل‌ارث‌انجین پرداختند. هدف آن‌ها از این پژوهش ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی

محدوده و حریم شهر زنجان طی دو دهه گذشته با استفاده از الگوریتم شیء‌گرا و پیکسل‌پایه است. آن‌ها در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای لندست بین سال‌های ۱۹۹۹-۲۰۰۹ و همچنین از قابلیت سامانه گوگل‌ارث‌انجین برای تصاویر تصحیح‌شده و طبقه‌بندی کاربری اراضی استفاده کردند. همچنین، به منظور تهیه کاربری اراضی الگوریتم‌های طبقه‌بندی در ماشین بردار پشتیبان با حداقل فاصله و جنگل تصادفی در سامانه گوگل‌ارث‌انجین و روش نزدیک‌ترین همسایگی طبقه‌بندی شیء‌گرا در نرم‌افزار ecognition انجام دادند و باهم مقایسه کردند. نتایجی که از این پژوهش حاصل شد نشان می‌دهد که الگوریتم طبقه‌بندی شیء‌گرا و الگوریتم طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان نسبت به سایر الگوریتم‌ها بهترین نتیجه را داده‌است [۱۳]. دوریس^۱ و همکاران (۲۰۲۰) پروژه‌ای را انجام دادند که در آن نظارت سریع و دقیق از وقوع سیل مطرح است در این تحقیق آن‌ها از داده‌های تصاویر ماهواره‌های لندست و سنتینل-۱ استفاده کردند محیط پردازشی مورد استفاده در این تحقیق گوگل‌ارث‌انجین بود. آن‌ها این داده‌ها را در طی سه رویداد اخیر سیل با استفاده از تصاویر تصادفی بسیار زیاد و نقشه‌های موجود برای سیل ارزیابی کردند. نتیجه‌ای که از این تحقیق اخذ شد این بود که روش و داده‌ها مورد استفاده در این پروژه قادر به پردازش صدها تصاویر راداری و نوری در محیط گوگل‌ارث‌انجین برای تهیه نقشه‌های سیل با دقت بالا در مناطق آسیب‌دیده در عرض چند دقیقه بود [۱۴]. سینگا^۲ و همکاران (۲۰۲۰) تحقیقی را انجام دادند که در آن هدف شناسایی سیل و تاثیر آن بر مزارع برنج در بنگلادش بود. در این تحقیق از داده‌های ماهواره سنتینل ۱ و محیط پردازشی گوگل‌ارث‌انجین استفاده شده‌است. آن‌ها الگوی مکانی سیلاب‌های بنگلادش را در طول سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ بررسی کردند و سپس مناطق سیلابی و مناطق کشت برنج که تحت تاثیر سیل قرار گرفته بودند را با هم ادغام کردند و به این صورت مزارع برنج سیل‌زده را استخراج کردند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ در شمال شرقی بنگلادش در امتداد سه رودخانه اصلی گنگ، برهماپوترا و منگا که سیل مکرر است مزارع سیل‌زده برنج حدود ۱۸.۱۷-۱۶.۱٪ از کل مزارع برنج است [۱۵]. هرما^۳س و همکاران (۲۰۲۱) مطالعه‌ای را تحت عنوان "کاربرد

^۳ Hermas

^۱ Devries

^۲ Singha

سنجش از دور و جی‌ای‌اس برای ارزیابی و پیشنهاد اقدامات کاهش سیل در منطقه شهری مصر^۱ انجام دادند. آن‌ها در این مطالعه در واقع تاثیر سیل‌های ناگهانی اکتبر ۲۰۱۶ در منطقه شهری واقع در حوزه‌های امتداد دره‌نیل و دریای سرخ را بررسی کردند. در این مطالعه تصاویر ماهواره‌ای نوری و راداری که پیش و پس از وقوع سیل به دست آمده‌اند برای شناسایی و ترسیم کانال‌های موثر فعال مناطق شهری دارای مانع و پاسخ به افت و خیزهای طبیعی و مناطق ذخیره‌سازی و انتقال کانال‌ها به سیل، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌است و همچنین پارامترهای سیل‌های ناگهانی نظیر کل عمق بارش، نواحی مقطع عرضی کانال فعال و وسعت فضایی نواحی ذخیره‌سازی آب سیل تجمع یافته اندازه‌گیری شده‌است. نتایجی که از این مطالعه حاصل شده‌است نشان دهنده این است که سیل‌های ناگهانی اکتبر ۲۰۱۶ در منطقه راس^۲ نسبت به بقیه مناطق دارای شدت بیشتر و ویرانگر بوده و همچنین در مناطق شهری جدید آل مینیا^۳ و نیوغنا^۴ مدیریت شده‌است و در مناطق شهری الصاف^۵ و عتیفه^۵ نیازمند اقدامات فوری برای کاهش سیل است [۱۶].

با بررسی پیشینه تحقیق در راستای استفاده از قابلیت‌های تصاویر سنجش از دور برای شناسایی پهنه‌های آبی، تکنیک‌های پردازش شیء‌گرا و همچنین استفاده از سامانه‌های پردازشی نوین نظیر گوگل ارث انجین، به‌عنوان روش‌های نوین این امکان را با دقت بالایی فراهم می‌آورند. این در حالی است که روش‌های کلاسیک در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، توانایی محدودی در جدا نمودن کلاس‌هایی که اطلاعات طیفی مشابهی دارند و این اطلاعات در هم ادغام می‌شوند دارد [۱۷]. همانطور که قابل رویت است در مطالعات پیشین صورت گرفته به ندرت به مدلسازی و بررسی سیل با استفاده از روش نزدیک ترین همسایگی پرداخته شده‌است، به همین منظور برای نتیجه‌گیری بهتر در این پژوهش از تلفیق روش‌های نوین شیء‌گرا و تکنیک‌های سنجش از دور جهت استخراج و برآورد مساحت سیل و نمایان کردن پهنه‌های آبی در بازه‌های زمانی مختلف با استفاده از تصاویر سنتینل ۱ و ۲ به منظور افزایش دقت طبقه‌بندی نسبت به کارهای مشابه گذشته پرداخته‌ایم.

۲- منطقه مورد مطالعه

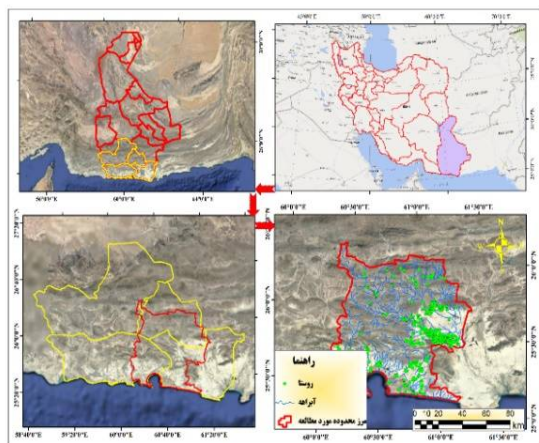
استان سیستان و بلوچستان دارای وسعتی به اندازه ۱۷۷۹۳۱.۴۶ کیلومتر مربع می‌باشد، که از نظر مختصات جغرافیایی ۲۵ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۲۸ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۶۳ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده‌است. منطقه مورد مطالعه در این مقاله بخشی از مناطق جنوبی استان سیستان و بلوچستان و دربرگیرنده سه حوضه آبریز به نام‌های سرگان-طیس، تیسکوپان-چابهار و پیرسهراب است که در شکل ۱ نشان داده شده‌است، این منطقه در محدوده ۲۵ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۲۶ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۶۰ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی در منتهی‌الیه جنوب شرقی ایران واقع گردیده‌است. مساحت محدوده مورد مطالعه ۸۴۸/۹۶۴ کیلومتر مربع می‌باشد. این منطقه از شرق با کشور پاکستان و از جنوب با دریای عمان و از مغرب با قسمتی دیگر از بلوچستان هم‌مرز است.

۳- مواد و روش

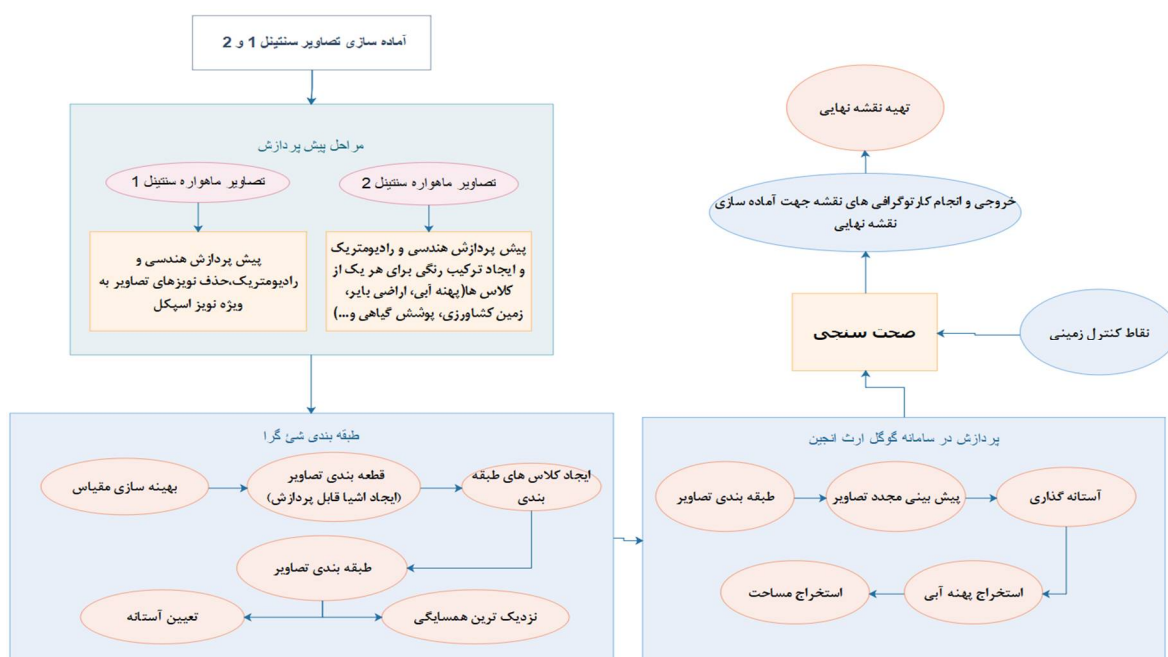
در این مقاله جهت شناسایی و مدلسازی سیل در منطقه مورد مطالعه، از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا و الگوریتم‌های شیء پایه و روش‌های شیء‌گرا استفاده شده‌است، همچنین جهت افزایش دقت کار از شاخص‌های مختلفی که در استخراج مناطق سیل زده بهتر عمل می‌کنند استفاده شد، علاوه بر این مراحل در مرحله دوم جهت بررسی دقیق‌تر از تصاویر راداری در سامانه گوگل ارث انجین پردازش‌هایی صورت گرفت. در این مطالعه برای داده‌های اپتیک از تصاویر سنتینل-۲ و برای داده‌های رادار از تصاویر سنتینل-۱ استفاده شده‌است. تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده شامل تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۱ و سنتینل-۲ در سه بازه‌ی زمانی (قبل سیل، حین سیل، بعد سیل) مربوط به ماه ژانویه ۲۰۲۰ می‌باشد. با توجه به هدف مطالعه، ابتدا تصاویر اپتیکی سنتینل-۲ جهت پردازش‌های لازم برای روش شیء‌گرا آماده‌سازی و بعد از اعمال پیش‌پردازش‌های لازم به منظور طبقه‌بندی شیء‌گرا و اعمال الگوریتم‌های مختلف وارد محیط نرم‌افزار eCognition شد، در مرحله پس‌پردازش، روند

۴ Al saaf
۵ Atfih

۱ Ras
۲ El minya
۳ Qena



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه



شکل ۲- روند کلی پژوهش

۳-۱- قطعه بندی تصاویر

هدف از قطعه بندی یا سگمنت سازی، تقسیم تصاویر در دسترس به بخش های پیوسته است که به طور ایده آل مطابق با عوارض روی زمین باشند. الگوریتم قطعه بندی، تصویر را بر اساس ویژگی های طیفی و مکانی به اشیاء تصویر قطعه بندی می کند [۱۸]. سگمنت به معنای گروهی از پیکسل های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت (مانند ارزش عددی و بافت) مهم ترین معیار اشتراک آن هاست [۱۹]. هدف از قطعه بندی تصویر در مرحله نخست تقسیم تصویر به گروه پیکسل هایی (سگمنت ها) است که مطابق با اشیاء معنی دار روی زمین می باشد، نتیجه

الگوریتم سگمنت سازی توسط معیار مقیاس و همگنی کنترل می شود. در قطعه بندی، هر کلاس می تواند یک زیر کلاس یا کلاس مافوق داشته باشد و بنابراین خصوصیات یک یا چند کلاس مافوق را به ارث می برد یا به زیر کلاس به ارث می گذارد. در قطعه بندی چند تفکیک استخراج اشیاء تصویری همگن در هر قدرت تفکیکی، با مدنظر قرار دادن کنتراست انجام می شود. این روش قطعه بندی عموماً برای دامنه گسترده ای از انواع داده ها کاربرد داشته و بر روی شمار زیادی از کانال ها به طور همزمان اجرا می شود. همچنین، برای داده هایی با قدرت تفکیک بالا و پایین مناسب است. در سراسر این فرآیند خوشه بندی دو به دو از میزان ناهمگنی اشیاء تصویری بدست آمده می کاهد.

۳-۲- مقیاس

مقیاس یک جنبه حیاتی از تصویر است و همچنین در روش شیء‌گرا مقیاس یک فاکتور خیلی موثر بر دقت طبقه‌بندی است، لذا تعیین مقیاس مناسب در افزایش دقت طبقه‌بندی شیء‌گرا اهمیت فراوان دارد و در مباحث شیء‌گرایی مقیاس متناسب با حضور یا عدم حضور شیء تعیین می‌شود. همچنین، مقیاس در تصاویر تشریح‌کننده بزرگی یا سطح جزئیات بر روی یک شیء یا پدیده است. تقسیم‌بندی تفاوت طیفی می‌تواند سگمنت‌سازی بر روی تصویر را بر اساس تشابهات طیفی انجام دهد، بدین صورت که تشابهات طیفی در یک تصویر را به‌عنوان یک شیء در نظر می‌گیرد. این روش طراحی شده‌است که نتایج حاصل از تقسیم‌بندی موجود را تصحیح کند. همچنین، در صورتی که منطقه یک محدوده همگن بوده و از پیچیدگی فراوانی برخوردار نباشد اصولاً پارامترها را در مقیاس بزرگ انتخاب می‌کنند و نیاز به قطعه‌های کوچک نیست اما در مواردی که محدوده ناهمگن باشد اصولاً قطعات را باید کوچک انتخاب کرد. به این پارامتر که کوچکی و بزرگی قطعات را مشخص می‌کند Scale یا مقیاس گفته می‌شود که عموماً در اکثر روش‌ها موجود می‌باشد. اما به غیر از این پارامتر، دو ویژگی شکل و فشردگی هم وجود دارد که بسیار اساسی بوده و باید در انتخاب آن دقت نمود. هرچقدر مقدار شکل به عدد یک نزدیک باشد سگمنت‌ها را به همان صورت ریزتر در نظر می‌گیرد و ضریب فشردگی نیز به فشردگی قطعات اشاره دارد یعنی هرقدر این ضریب را بالاتر بگیریم قطعات به هم فشرده‌تر می‌شوند.

۳-۳- طبقه‌بندی به روش تعیین آستانه

در این روش می‌توان از آستانه‌گذاری‌های مختلف به منظور طبقه‌بندی استفاده نمود، همچنین این روش قادر است اشیاء تصویر را به کلاس‌ها با استفاده از آستانه‌ای که مشخص کرده‌ایم، جدا کند، عموماً نتایجی که از این روش استخراج می‌شود نسبت به روش نزدیک‌ترین همسایگی بهتر است، در این روش کلاس‌ها به راحتی با استفاده از چندین آستانه از هم قابل تفکیک می‌شوند. این نوع طبقه‌بندی که

به عبارتی ساده‌ترین نوع طبقه‌بندی نیز می‌باشد، از شرط آستانه‌گذاری برای کلاس‌بندی اشیاء تصویر استفاده می‌کند و با تعریف شرایط خاصی، هریک از سگمنت‌های تصویر را به کلاس متعلق به آن شیء تصویری اختصاص می‌دهد.

۳-۴- شاخص‌های طیفی برای استخراج پهنه‌های آبی

این شاخص‌ها حساس به بازتاب‌های مختلف در محدوده‌ی طیفی بین آب و سایر پوشش‌های زمینی هستند، در جدول ۱ شاخص‌های آبی مورد استفاده در این پژوهش نشان داده شده‌است.

۳-۵- اعتبار سنجی نتایج

هیچ طبقه‌بندی تا زمانی که دقت آن مورد ارزیابی قرار نگرفته‌است قابل استناد نیست، مگر زمانی که نمونه‌برداری از پیکسل‌ها به عنوان الگوی کلاس‌های طیفی یا اطلاعاتی صورت گیرد، ارزیابی بازتاب طیفی کلاس‌ها و تفکیک پذیری آن‌ها نیز همزمان قابل انجام است [۶]، دقت طبقه‌بندی بیانگر سطح اعتماد به نقشه استخراج شده می‌باشد [۲۰]. منظور از صحت طبقه‌بندی، سطحی از اطمینان است که از نسبت بین پیکسل‌های ارزیابی‌شده برای طبقه‌بندی و مجموعه‌ای از داده‌های حقایق زمینی که توسط مفسر جمع‌آوری شده حاصل می‌شود [۷]. برای ارزیابی صحت معمولاً از دو روش استفاده می‌شود.

۳-۵-۱- ماتریس خطا

ماتریس خطا که گاهی اوقات ماتریس ابهام یا جدول احتمالی^۱ نیز نامیده می‌شود. کلاس به کلاس روابط بین داده‌های مرجع (واقعیت زمینی^۲) و نتایج مطابق بدست آمده از طبقه‌بندی را مقایسه می‌کند. ماتریس خطا به صورت مربعی بوده که به تعداد کلاس‌ها دارای سطر و ستون بوده که از روی آن ارزیابی صحت انجام می‌شود [۲۱]. ماتریس خطا یک روش مؤثری برای بیان صحت می‌باشد چرا که صحت هر کلاس به همراه خطاهای حذف‌شده و گمашته‌شده به طور واضح بیان می‌شود [۲۲].

^۲ Ground Truth

^۱ Contingency Table

جدول ۱- شاخص‌های چندطیفی شناسایی سطح آب از تصاویر ماهواره‌ای

شاخص	فرمول	ارزش پیکسلی آب
NDVI	$(NIR-RED)/(NIR+RED)$	< 0
SWI	$((BLUE*0.2626)+(GREEN*0.2141) + (RED * 0.0926) + (NIR * -0.0656) + (MIR * -0.7629) + (SWIR * -0.5388))$	< 0
AWEI	$4*(GREEN - MIR) - (0.25*NIR + 2.75*SWIR)$	< 0
NDWI	$NDWI^5 = (Green-NIR)/(Green + NIR)$	< 0
MNDWI	$MNDWI^6 = (Green-SWIR)/(Green + SWIR)$	< 0

۳-۵-۲- صحت کلی

$$UA = \frac{a_{ii}}{\sum_{i=1}^N a_{ik}} \quad (3)$$

۳-۵-۳- ضریب کاپا

ضریب کاپا یک تکنیک چند متغیره‌ی گسسته است که از نظر آماری برای مشخص کردن اختلاف اساسی ماتریس خطا در ارزیابی صحت به کار گرفته می‌شود. نتیجه تحلیل کاپا شاخص K یا KHAT می‌باشد که شاخصی است برای اندازه‌گیری صحت طبقه‌بندی براساس تفاوت بین صحت واقعی در ماتریس خطا و تغییرهای صحت که به وسیله سطرو ستون نشان داده می‌شود [۷]؛ مقدار ضریب کاپا بین صفر و یک است. اگر مقدار K برابر یک باشد به معنای طبقه‌بندی کاملاً صحیح است، اگر مقدار آن صفر باشد به معنای طبقه‌بندی کاملاً تصادفی است و اگر مقدار K منفی باشد به معنای ضعف طبقه‌بندی است [۱۹] شاخص کاپا بدین شرح محاسبه می‌شود.

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^k n_i + n + i}{N^2 - \sum_{i=1}^k n_i + n + i} \quad (4)$$

۴- یافته‌های تحقیق

یافته‌ها همان اطلاعات و داده‌های به دست آمده برای پاسخ به مساله، پرسش‌های تحقیق، تایید حکم، تایید یا رد فرضیه‌ها، و نیز تحقق هدف‌ها هستند که به نظم درآمده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. در این بخش یافته‌های پژوهش مربوط به مدل پیشنهادی ارائه شده است. این بخش از پژوهش حاضر شامل دو مرحله است ابتدا مدل‌سازی با روش‌ها و تکنیک‌های مربوط به پردازش شئی‌گرا همچون؛ آماده‌سازی تصاویر مورد نیاز، ایجاد پروژه در محیط

صحت کلی نسبت پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده بر تعداد کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده است. صحت کلی طبقه‌بندی از پارامترهای اندازه‌گیری است که فقط دقت کلی را بدست می‌دهد و در رابطه با هر کدام از طبقات بطور مجزا، اطلاعاتی را ارائه نمی‌دهد [۲۱]. صحت کلی مطابق فرمول (۱) از ماتریس خطا می‌تواند محاسبه شود:

$$OA = \frac{\sum_{k=1}^N a_{kk}}{\sum_{i,k=1}^N a_{ik}} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^N a_{kk} \quad (1)$$

۳-۵-۳- دقت تولید کننده

دقت تولید کننده نسبت تعداد پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده است. که از تقسیم تعداد پیکسل‌هایی که در هر طبقه به درستی طبقه‌بندی شده‌اند (برروی قطر اصلی) بر تعداد پیکسل‌هایی که به عنوان حقایق زمینی (نمونه‌های آموزشی) برای آن طبقه (جمع ستون) مورد استفاده قرار گرفته اند، بدست می‌آید. بر این اساس دقت تولید کننده از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$PA = \frac{a_{ii}}{\sum_{i=1}^N a_{ik}} \quad (2)$$

۳-۵-۴- دقت کاربر

دقت کاربر از تقسیم تعداد پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده (بر روی قطر اصلی) بر تعداد کل پیکسل‌های آن طبقه (جمع ردیف) بدست می‌آید. برای محاسبه دقت کاربر از رابطه (۳) استفاده می‌شود.

نرم‌افزاری و همچنین اجرای تکنیک‌های طبقه‌بندی مدنظر از جمله طبقه‌بندی با روش تعیین آستانه و مرحله بعدی شامل استخراج و مدلسازی مناطق سیل‌زده در محیط نرم‌افزار گوگل ارث‌انجین می‌باشد.

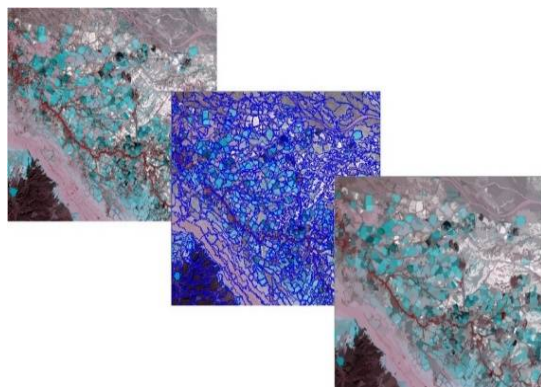
۴-۱- مدلسازی و استخراج مناطق سیل زده با استفاده از پردازش شیء گرا

در پژوهش حاضر از پردازش شیء‌گرا به منظور تعیین و استخراج مناطق متأثر از مخاطره سیل استفاده شده‌است. بدین منظور نرم‌افزار Ecognition با توجه به قابلیت‌ها و امکانات بالای آن در تحلیل‌های شیء‌گرا که امکان طبقه‌بندی و سگمنت‌سازی چندوجهی را با لحاظ نمودن ویژگی‌هایی همچون اندازه، رنگ، شکل، و تعیین مقادیر ضریب فشردگی و عدم تقارن پدیده‌های تصویری فراهم می‌نماید، مورد استفاده قرار گرفته‌است. در این ارتباط لازم است که مراحل و الگوریتم‌های مختلفی در این زمینه اجرا گردند که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده‌است.

۴-۱-۱- انتخاب مقیاس

همان‌طور که در بخش قبل توضیح داده شد، در این پژوهش، مقیاس یکی از موثرترین فاکتورها بر دقت طبقه‌بندی است که تشریح‌کننده بزرگی یا سطح جزئیات بر روی یک شیء یا پدیده است. در تحقیق حاضر برای پیدا کردن مقیاس بهینه و بهبود کیفیت سگمنت‌سازی، دقت کلاس‌بندی در ضرایب مختلف شکل و فشردگی به دست آورده شد. سپس، با استفاده از مقایسه روش‌های سگمنت‌سازی از جمله سگمنت‌سازی از پایین به بالا (مونتاژ اشیا به منظور ایجاد اشیا بزرگتر) مناسب‌ترین مقیاس جهت استخراج مناطق سیل‌زده و شاخص‌های آب تعیین گردید. از جمله روش‌های سگمنت‌سازی از پایین به بالا، تقسیم‌بندی چند مقیاسه^۱ و تقسیم‌بندی بر اساس تفاوت طیفی است. در پژوهش حاضر بر اساس چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه و تجزیه و تحلیل نتایج، سگمنت‌سازی تصاویر با پارامترهای مقیاس متفاوت صورت گرفت و نتایج بهینه عملیات سگمنت‌سازی با مقیاس ۵۰، ضریب شکل

۰/۸ و ضریب فشردگی ۰/۲ انتخاب شد که در شکل ۳ نشان داده شده‌است.



شکل ۳- قطعه بندی تصاویر ماهواره‌ای با مقیاس ۵۰ (ضریب شکل ۰/۸ و ضریب فشردگی ۰/۲)

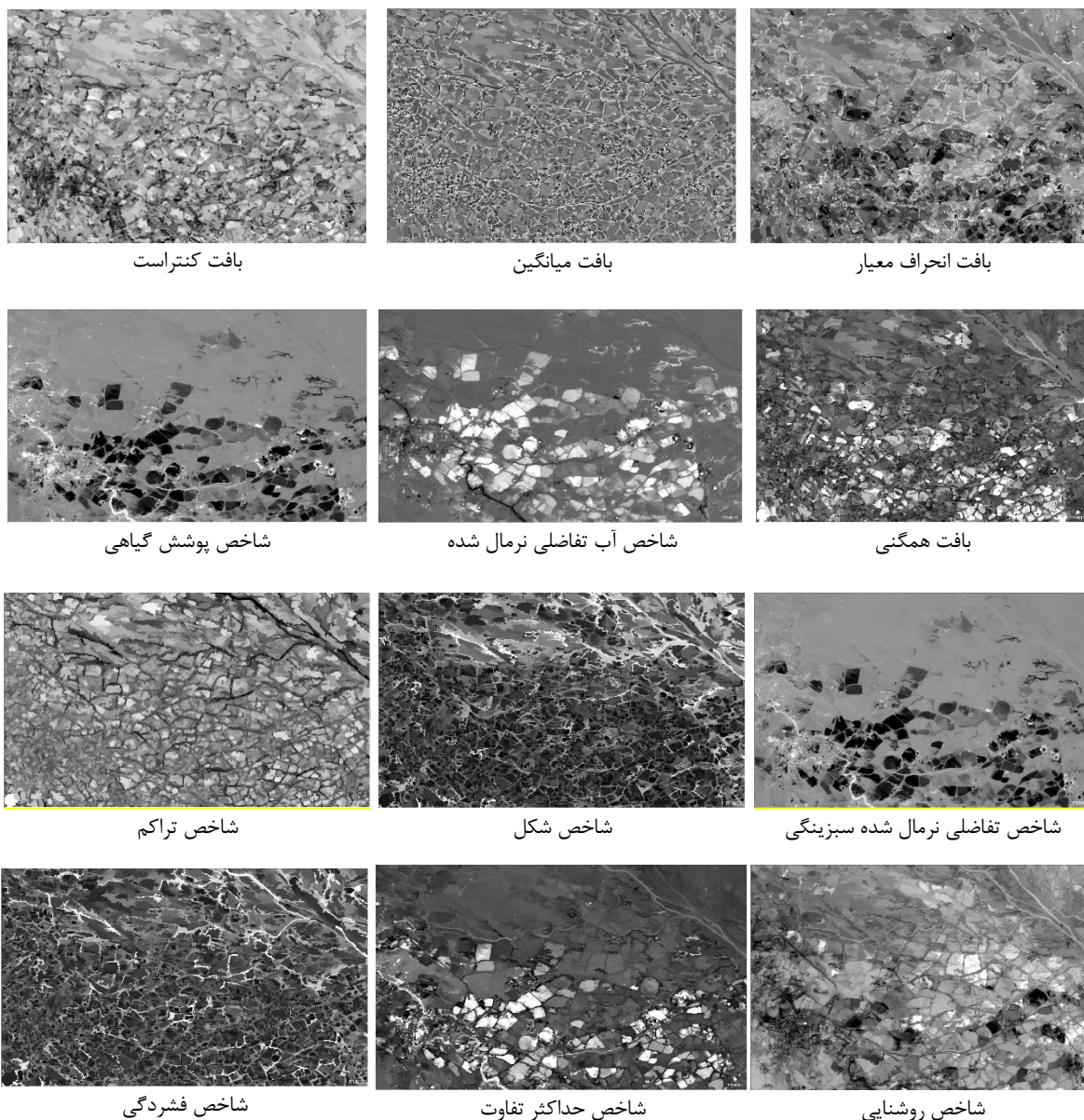
۴-۱-۲- استفاده از الگوریتم‌های شیء پایه

در پژوهش حاضر از توابع مختلف و قابلیت‌های متنوع تکنیک‌های OBIA جهت استخراج قسمتی از مناطق سیل‌زده با دقت بالا استفاده شده‌است؛ از جمله این توابع می‌توان به اطلاعات بافتی (GLCM)، میانگین باندهای تصویر، انحراف معیار باندهای تصاویر، اطلاعات هندسی (شکل، فشردگی و ...)، شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، شاخص آب تفاضلی نرمال شده (NDWI)، شاخص تفاضلی نرمال شده سبزینگی (GNDWI) و ... اشاره کرد. توابع اعمال شده برای تصاویر، در شکل ۴ نشان داده شده‌است.

۴-۱-۳- روش تعیین آستانه

در پژوهش حاضر با توجه به هدف تحقیق از روش تعیین آستانه، در سه بازه زمانی قبل، حین و بعد از سیل برای مشخص کردن مناطق سیل‌زده استفاده شده‌است. در این قسمت علاوه بر مدل‌سازی و تولید پهنه‌های آبی مربوط به بازه‌های زمانی قبل، حین و بعد از وقوع سیل و استخراج مساحت مناطق سیل‌زده، به استخراج مدل‌سازی تغییرات ایجاد شده در اراضی کشاورزی کشت‌شده و کشت‌نشده، زمین‌های مسکونی و زمین‌های بایر قبل از وقوع سیل، حین وقوع سیل و بعد از وقوع سیل اقدام گردیده‌است.

۱ Multiresolution segmentation



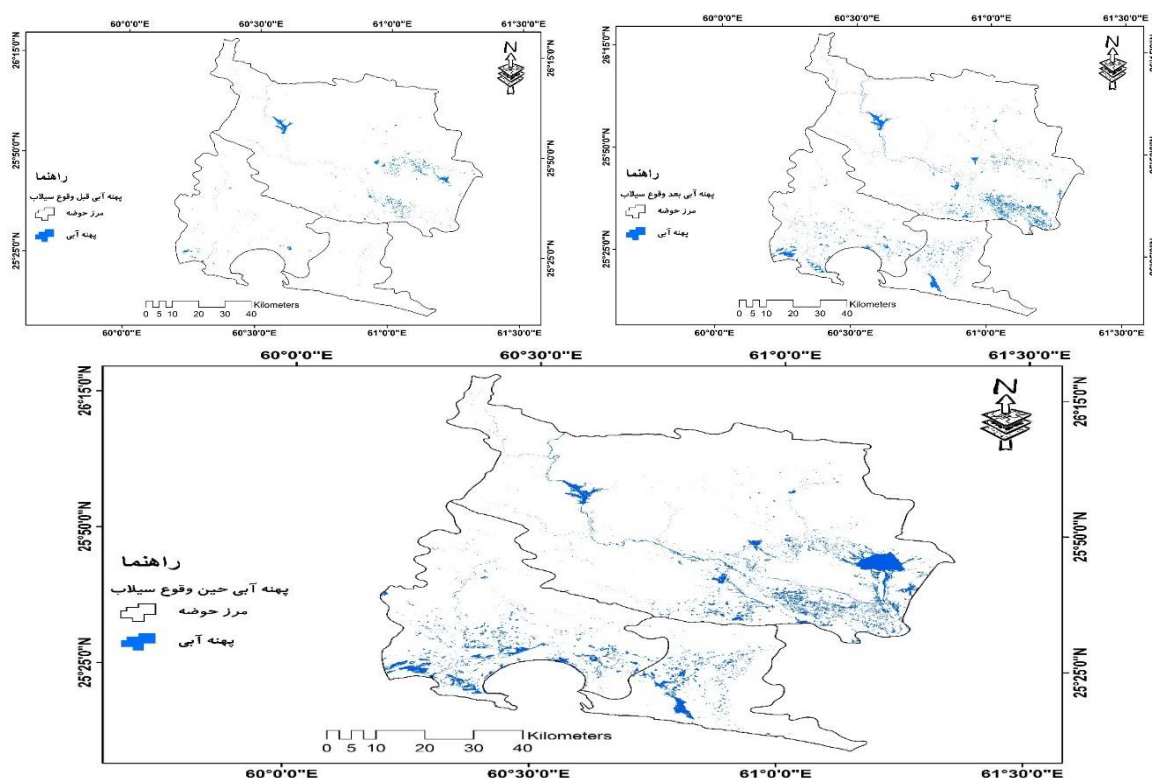
شکل ۴- اعمال توابع و شاخص‌های شیء‌گرا بر روی تصاویر

طبقه‌بندی، برابر عدد یک است. همچنین، در جدول ۳ مقادیر آستانه برای کل شاخص‌های مورد استفاده آ در شکل ۵ نقشه‌های مربوط به پهنه‌های آبی در سه بازه زمانی یعنی قبل از وقوع سیل، حین و بعد از وقوع سیل با آستانه‌گذاری، به ترتیب نشان داده‌شده و همچنین در شکل ۷ نقشه‌های طبقه‌بندی پوشش اراضی برای منطقه قابل مشاهده است.

در جدول ۲ شاخص‌های پرکاربرد در آستانه‌گذاری و محاسبات مربوط به هر کدام نشان داده شده‌است. الگوریتم مورد استفاده در این روش بر اساس هدف موردنظر، الگوریتم Assign class بوده‌است، یعنی اختصاص تمام اشیاء به آستانه کلاس‌های تعیین‌شده با استفاده از پارامترهای کلاس، که مقدار عضویت برای کلاس‌های اختصاص داده‌شده مستقل از

جدول ۲- شاخص‌های پر کاربرد مورد استفاده در آستانه‌گذاری

شاخص‌ها	معیارهای کاربرد شاخص
GNDVI	$100 * (1 + (([\text{Mean Layer 4}] - [\text{Mean Layer 2}]) / ([\text{Mean Layer 4}] + [\text{Mean Layer 2}])))$
^۱ SLAVI	$100 * [\text{Mean Layer 4}] / ([\text{Mean Layer 3}] + [\text{Mean Layer 5}])$
NDVI	$([\text{Mean Layer 4}] - [\text{Mean Layer 3}]) / ([\text{Mean Layer 4}] + [\text{Mean Layer 3}])$
^۲ NDWI	$100 * (1 + (([\text{Mean Layer 4}] - [\text{Mean Layer 5}]) / ([\text{Mean Layer 4}] + [\text{Mean Layer 5}])))$
^۳ NDBI	$([\text{Mean Layer 5}] - [\text{Mean Layer 4}]) / ([\text{Mean Layer 5}] + [\text{Mean Layer 4}])$
^۴ SBI	$(0.322 * [\text{Mean Layer 1}] + (0.603 * [\text{Mean Layer 2}]) + (0.675 * [\text{Mean Layer 3}]) + (0.262 * [\text{Mean Layer 4}]))$
Relief	$([\text{Max. pixel value DEM}] - [\text{Min. pixel value DEM}])$
Salinity Index (SI)	$([\text{Mean Layer 1}] * [\text{Mean Layer 3}])^{0.5}$
^۵ TM2 over TM3	$([\text{Mean Layer 2}] / [\text{Mean Layer 3}]) * 100$
^۶ TM4 over TM5	$([\text{Mean Layer 4}] / [\text{Mean Layer 5}]) * 100$

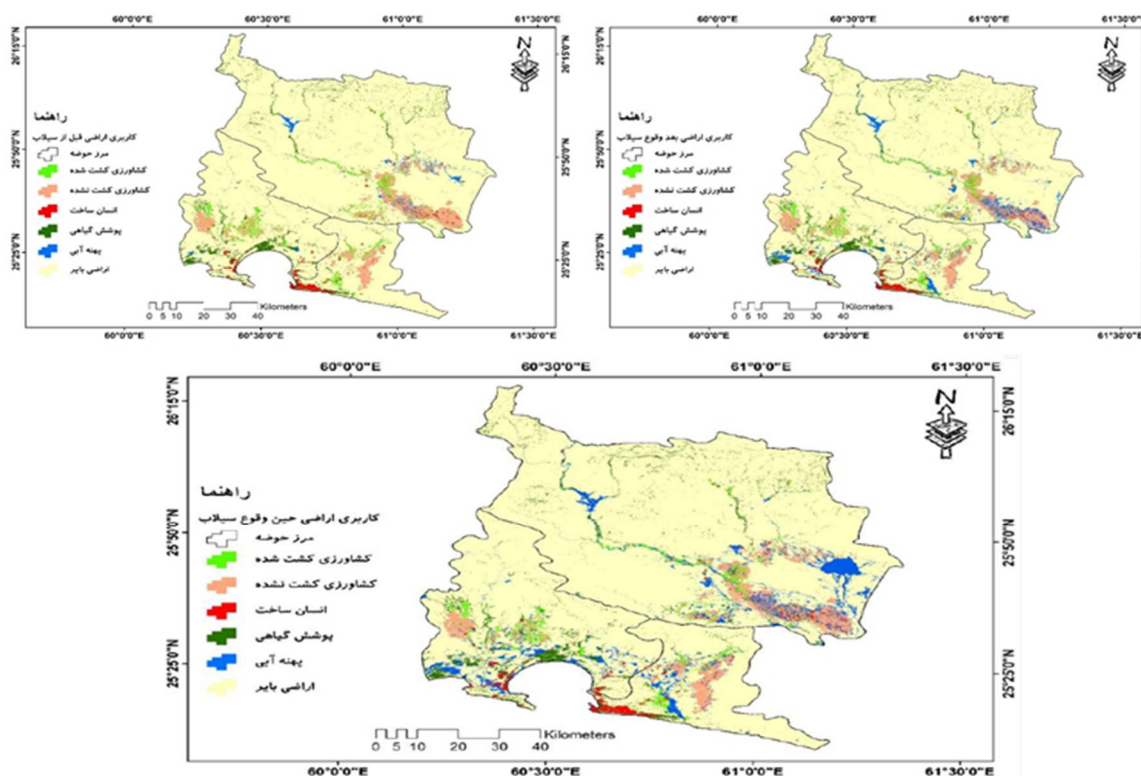


شکل ۵- نقشه نهایی پهنه‌های آبی، قبل از وقوع سیل، بعد از وقوع سیل، حین وقوع سیل

- ^۱ Specific leaf area vegetation index (SLAVI)
^۲ Modification of Normalized Difference Water Index (NDWI)
^۳ Normalized Built-up Index (NDBI)
^۴ Soil Brightness Index (SBI)
^۵ TM2 over TM3 - separates croplands from barren lands
^۶ TM4 over TM5 - separated water body from vegetation moisture content

جدول ۳-مقادیر آستانه مورد استفاده برای شاخص‌ها

پوشش اراضی	مقادیر آستانه برای شاخص‌ها
پهنه‌های آبی	$19.39 < \text{GNDVI} < 80$ $-0.55 < \text{NDVI} < -0.1$ $0 < \text{Mean MIR} < 940$ $94.735 < \text{NDWI} < 115.45$ $101.735 < \text{MNDWI} < 137.645$ $76.735 < \text{SWI} < 107.645$
مناطق ساخته شده	$-0.024 < \text{NDBI} < 0.17$ $0.058 < \text{GLCM Correlation} < 0.852$ $545.06 < \text{GLCM CONTRAST} < 7614.93$ $32.38 < \text{Brightness} < 104.37$ $0.131 < \text{Asymmetry} < 0.997$ $0.338 < \text{Rectangular Fit} < 1$ $320.29 < \text{Std Blue} < 1155.58$ $462.92 < \text{Std Green} < 1275.76$ $600.36 < \text{Std Red} < 1529.23$ $862.32 < \text{Std MIR} < 1936.3$ $0 < \text{Std NDVI} < 0.063897$ $90.65 < \text{TM2 over TM3} < 96.74$
اراضی بایر	$50.806 < \text{Mean SBI} < 233.19$ $23.817 < \text{Mean Green} < 142.143$ $0.334 < \text{GLCM Correlation} < 0.955$ $4.427 < \text{GLCM Entropy} < 9.886$ $115.258 < \text{GLCM Mean} < 147.4$ $97.128 < \text{TM4 over TM5} < 132.07$ $-0.105 < \text{Mean NDVI} < 0.0195$
کشاورزی نوع ۱ دارای پوشش گیاهی	$111.61 < \text{NDWI} < 147.99$ $55.16 < \text{SLAVI} < 148.7$ $108.67 < \text{TM4 over TM5} < 272.05$ $51.80625 < \text{Mean NIR} < 170.19$ $0.262 < \text{Mean NDVI} < 0.7646$ $0 < \text{Mean Slope} < 15$ $0 < \text{Std NIR} < 23.097$ $0 < \text{Relief} < 657.87$
کشاورزی نوع ۲ شخم‌خورده و آیش و بدون پوشش گیاهی یا دارای پوشش گیاهی ضعیف	$0.0593 < \text{GLCM Correlation} < 1$ $2.5531 < \text{GLCM Entropy} < 9.642$ $-51.97 < \text{Mean diff. to Scene NIR} < 111.4$ $0.931 < \text{Ratio to Scene NIR} < 1.609$ $41.50 < \text{SLAVI} < 85.54$ $16.946 < \text{Mean NIR} < 179.57$ $0 < \text{Mean DEM} < 101$ $-0.123 < \text{Mean NDVI} < 0.128$ $78.044 < \text{NDWI} < 134.50$ $0 < \text{Std NDVI} < 0.112$
پوشش گیاهی و مرتع	$106 < \text{GNDVI} < 141.328$ $4 < \text{Mean Slope} < 54$ $4.619 < \text{GLCM Entropy} < 9.262$

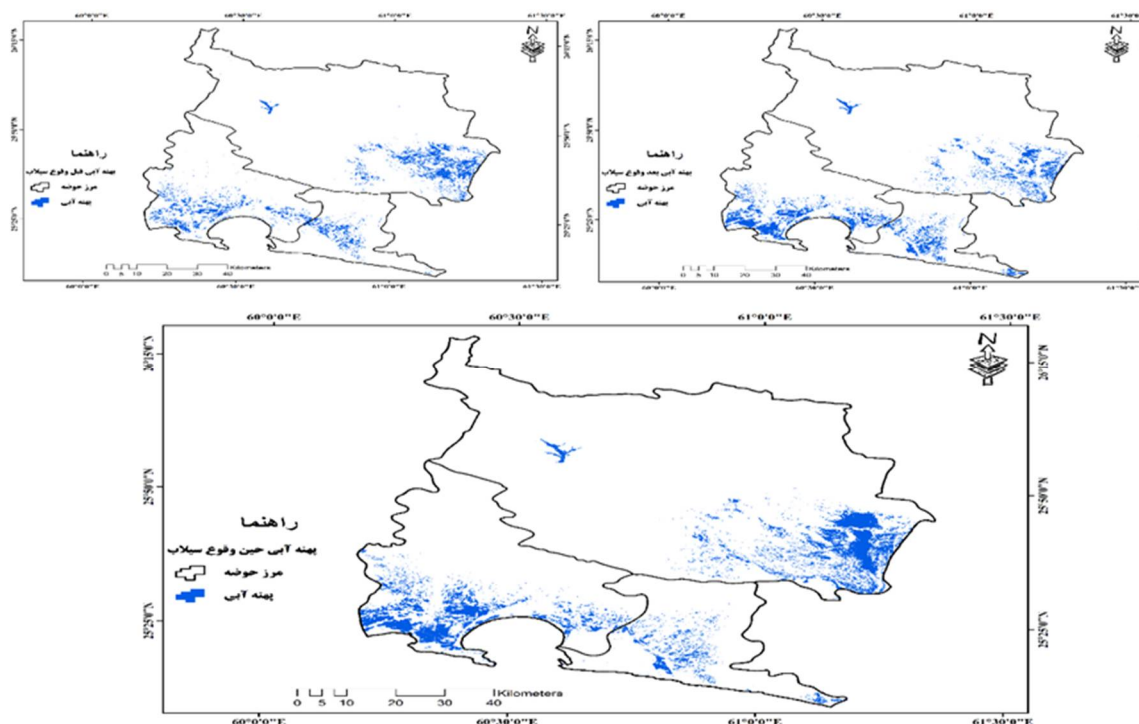


شکل ۶- نقشه نهایی کاربری اراضی قبل از وقوع سیل، بعد از وقوع سیل و حین وقوع سیل

۴-۲- استخراج پهنه‌های آبی در سه بازه زمانی با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین

در این قسمت از پژوهش به منظور تولید نقشه‌های مناطق سیل‌زده و استخراج مساحت آن از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۱ ارائه شده در گوگل ارث انجین استفاده شده است. لازم به ذکر است که ماهواره سنتینل-۱ ماهواره‌ای راداری است و استفاده از تصاویر راداری قبل و حین و بعد از وقوع سیل نقش مهمی در شناسایی مناطق سیل‌زده دارد، همچنین به علت عدم تأثیرپذیری تصاویر راداری از شرایط جوی مختلف شناسایی هر چه بهتر کلاس آب و غیر آب میسر می‌شود. پردازش داده‌ها در سیستم‌های معمولی زمان‌بر است، بنابراین با استفاده از کدهای نسبتاً ساده جاوا اسکریپت تصاویر قبل، حین و بعد از وقوع سیل به صورت تصحیح‌شده تجزیه و تحلیل و سپس برای مراحل بعدی آماده‌سازی شدند، در این بخش بعد از انتخاب منطقه مورد مطالعه، ابتدا شیب فایل استان سیستان و بلوچستان

را در گوگل ارث انجین فراخوانی کرده و سپس موقعیت نقشه در آن تنظیم گردید. برای این کار تصاویر کمینه‌ی ماه ژانویه ۲۰۲۰ فراخوانی شدند، با توجه به این که سیل در ماه ژانویه رخ داده است، تصاویر قبل و بعد از وقوع سیل نیز در این ماه تولید شدند. در این مرحله، از تصاویر دیسپیل استفاده کردیم چرا که شناسایی مناطق سیل‌زده با تصاویر دیسپیل بهتر و با کیفیت بالاتری از تصاویر سیگما عمل می‌کند. دلیل انتخاب هر سه تصویر از تصاویر کمینه این بود که آب از کمترین مقدار بازتابش در امواج راداری برخوردار است و در نتیجه در تصاویر با رنگ کاملاً تیره دیده می‌شود، بنابراین این تصاویر امکان نمایش حداکثر آب موجود را در منطقه مورد مطالعه فراهم می‌کند. بعد از این مراحل نویزهای اسپکل حذف و سپس تصاویر مناطق سیل‌زده محاسبه شدند. نتایج به دست آمده از سامانه گوگل ارث انجین جهت کارتوگرافی‌های مورد نیاز وارد نرم‌افزار ArcGIS گردیده و نتایج به صورت نقشه ترسیم شده و در قالب شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷- نقشه نهایی پهنه های آبی قبل از وقوع سیل ، بعد از وقوع سیل و چین وقوع سیل

۵- ارائه نتایج

در پژوهش حاضر با استفاده از روش پردازش شیء گرا و همچنین پردازش های صورت گرفته در سامانه گوگل ارث انجین به بررسی و استخراج مساحت مناطق سیل زده در بخشی از استان سیستان و بلوچستان در بازه زمانی قبل وقوع سیل، چین وقوع سیل و بعد از وقوع سیل پرداخته شد. نتایج پردازش شیء گرا نشان داد که پهنه های آبی در منطقه مورد مطالعه در هنگام وقوع سیل، چیزی حدود ۳۹۱ درصد افزایش یافته و سیل بیش از ۳۱۲ کیلومتر مربع از منطقه مورد مطالعه را تحت تأثیر خود قرار داده و موجب خسارات زیادی در سطح منطقه شده است. نتایج تحلیل راداری در سامانه گوگل ارث انجین نیز حکایت از این داشته است که مساحت پهنه های آبی در سطح منطقه حدود ۳۰ درصد با وقوع سیل افزایش یافته و وقوع سیل موجب تحت تأثیر قرار گرفتن حدود ۱۳۷ کیلومتر مربع از مساحت منطقه گردیده است.

ارزیابی دقت و صحت پردازش های انجام شده نشان داد که هر دو روش مذکور از اعتبار بالایی برخوردار بوده است به نحوی که نتایج صحت سنجی نشان می دهد که الگوریتم طبقه بندی شیء گرا دارای صحت کلی ۰/۹۴ و ضریب کاپا ۰/۸۸ و پردازش های صورت گرفته در سامانه گوگل ارث انجین دارای صحت کلی ۰/۹۱ و ضریب کاپا ۰/۸۷ است. از جمله دلایل

دستیابی به صحت زیاد طبقه بندی شیء گرا در این پژوهش می توان به استفاده از شاخص های مختلف استخراج پدیده های آب، میانگین حداکثر اختلاف باندها، انحراف معیار باندها، درجه روشنایی و ... اشاره کرد و از طرفی به اعمال آستانه های دلخواه براساس پدیده های مورد مطالعه که این عوامل دقت روند پردازش در تحلیل شیء گرا را بسیار مفید کرده است. سامانه گوگل ارث انجین نیز با توجه به قابلیت بالای پردازشی خود با فراهم سازی بستری مناسب به منظور پردازش های سریع در پروژه های سنجش از دور و GIS نقش موثری در این زمینه ایفا می کند و نتایج حاصله نشان می دهد که مدل سازی و استخراج مساحت مناطق سیل زده در بستر سامانه گوگل ارث انجین با سرعت و انعطاف بیشتری انجام می شود. همچنین، بر اساس نتایج به دست آمده، الگوریتم های طبقه بندی شیء گرا در محیط نرم افزار تخصصی Ecognition و سامانه گوگل ارث انجین برای مدل سازی و استخراج نقشه پهنه های آبی و تولید مساحت آن با استفاده از ماهواره سری سنتینل، بسیار کارآمد و مفید است. نتایج تحلیل مکانی منطقه مورد مطالعه نیز نشان می دهد که در منطقه مورد مطالعه بیشترین مناطقی که تحت تأثیر سیل قرار گرفته اند بخش های شرقی و جنوبی منطقه هستند که دلیل این امر این است که این بخش از مناطق دارای ارتفاع و شیب کمتری نسبت به سایر بخش های منطقه مورد مطالعه بوده و اغلب

رواناب حاصل از باران‌های سیل‌آسا در این بخش از منطقه جاری می‌شود، همچنین اکثر سکونتگاه‌ها و مناطق ساخته‌شده در این بخش‌ها مستقر گردیده که می‌توان موجبات خسارات گسترده در آن را فراهم نماید.

۶- بحث و پیشنهاد

در دهه‌های اخیر به کارگیری تکنیک‌های نوین سنجش از دور، همچون پردازش شیء‌گرا و همچنین منابع متن باز و سامانه‌هایی نظیر سامانه گوگل‌ارث‌انجین به‌صورت ابزاری مهم و کارا برای کاربران در زمینه مطالعه مخاطرات محیطی بدل شده‌است. استفاده از این تکنیک‌ها فرآیند مدیریت و برنامه‌ریزی را برای کنترل و یا کاهش خطرات ناشی از انواع مخاطرات محیطی تسهیل نموده‌است. با توجه به نتایج تحقیق حاضر مشخص گردید که تکنیک طبقه‌بندی شیء‌گرا و همچنین برنامه‌نویسی در گوگل‌ارث‌انجین برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای سنتینل جزو بهترین گزینه‌ها جهت مطالعه خطر سیل و استخراج مساحت مناطق سیل‌زده و مدل‌سازی زمانی-مکانی آن است.

▪ الگوریتم‌های طبقه‌بندی شیء‌گرا در محیط نرم‌افزار تخصصی Ecognition و سامانه گوگل‌ارث‌انجین برای مدل‌سازی و استخراج نقشه پهنه‌های آبی و تولید مساحت آن با استفاده از ماهواره سری سنتینل، بسیار کارآمد و مفید است، لذا پیشنهاد می‌شود که در تحلیل‌های مربوط به سایر

مخاطرات محیطی نیز از این روش‌ها استفاده شود.

▪ در این پژوهش الگوریتم‌های مختلف طیفی، هندسی و ... استفاده شده‌است، همچنین از یک الگوی برنامه‌نویسی خاص جهت استخراج مساحت سیل در گوگل‌ارث‌انجین استفاده شده‌است. نتایجی که از این تحقیق به دست آمده می‌تواند به‌عنوان راهنما و منبع برای پژوهشگران و سازمان‌هایی که به بررسی و مدیریت مخاطرات طبیعی می‌پردازند قرار گیرد و در مناطق یا زمان‌های متفاوت اجرا گردد.

▪ استفاده از سامانه گوگل‌ارث‌انجین قابلیت پردازش و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای سری سنتینل را دارد و رویکردی سریع و جالب توجه و کارآمد برای تهیه نقشه سیل است.

▪ بر اساس نتایج به دست آمده از این پژوهش به این نتیجه رسیدیم که در صورت وجود تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا و همچنین استفاده از داده‌های یکدست نتایج مطلوب‌تر از این هم قابل دستیابی است؛ لذا پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی از تصاویر با قدرت تفکیک بالا و همچنین تصاویر راداری برای تهیه نقشه سیل استفاده شود.

▪ نتایج نشان می‌دهد که تلفیق سایر روش‌های شیء‌گرا (روش نزدیک‌ترین همسایگی و فازی شیء‌گرا) با روش تعیین آستانه نیز در جهت تهیه نقشه سیل نتایج دقیق‌تری را موثر می‌سازد. لذا، پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آتی از تلفیق تمام روش‌های شیء‌گرا استفاده شود.

مراجع

1. Karimzadeh, S.; Matsuoka, M. A Weighted Overlay Method for Liquefaction-Related Urban Damage Detection: A Case Study of the 6 September 2018 Hokkaido Eastern Iwate Earthquake, Japan. *Geosciences* 2018, 8, 487. <https://doi.org/10.3390/geosciences8120487>.
2. Karimzadeh, S.; Matsuoka, M. Remote Sensing X-Band SAR Data for Land Subsidence and Pavement Monitoring. *Sensors* 2020, 20, 4751. <https://doi.org/10.3390/s20174751>.
3. Mohammadi, A., Kamran, K. V., Karimzadeh, S., Shahabi, H., & Al-Ansari, N. (2020). Flood detection and susceptibility mapping using sentinel-1 time series, alternating decision trees, and bag-adtree models. *Complexity*, 2020.
4. Telluri Abd al-Rasoul. (2001). Flood control management (flood damage reduction), educational-specialist workshop on river flood control.
5. Majidi Harvi, Anita, Kahruditali, Menijhe, Hekmatnia, Farhoudi, ... & Javari. (2015). Vulnerability due to urban flooding in the northwest of Tehran. *Geography (Geographic Association of Iran)*, 46(13), 181-202.
6. Alavi Panah, Seyyed Kazem (2012). Application of remote sensing in earth sciences (soil sciences). University of Tehran.
7. Rasouli, Ali Akbar (1387). Fundamentals of applied remote sensing with an emphasis on satellite image processing.
8. Shahhosseini, Reza; Safari, Abdul Reza; Homayoni, Saeed (2017). Monitoring and estimation of damages caused by floods with the help of detecting object-oriented changes and combining radar and optical images. *Scientific Research Journal of Mapping Sciences and Techniques*. 1397; 8 (1):239-257.
9. Tarahi, Ali Asghar; Hosni Moghadam, Hassan (2018). Determining the flood extent using OLI sensor data (case study: Dezful 2015 flood). *Environment and Water Engineering*, 5(1), 24-35
10. Rezaei Moghadam, Mohammad Hossein, Mohammadzadeh, Keyvan, & Pishnamaz Ahmadi. (2020). Investigation and comparison of object-oriented algorithms in extraction of blue zones with Sentinel satellite images. *Scientific-Research Quarterly of Geographical Information "Sephehr"*, 29(115), 21-34.

11. Mohammad Pur, ; Wafai Nejad (2020). Assessing the risk of flooding in the Tajen basin using a spatial information system. *Ecohydrology* 731-741
12. Bakhshi, Ali; , Azizi, song; , Vafai Nejad, Zahra; Agha Ahmadi, Alireza; Zanjerebadi, Hossein (2019). Investigating the changes in the area of the water areas of the Shahid Abbaspur Dam catchment area due to the floods of 2019 using Google Earth Engine. *Eco-Hydrology*, 7(2), 345-357.
13. Mohammadi; Khudabande Lu (2019). Revealing land use changes in Zanjan using object-oriented analysis and Google Earth Engine system. *Geography and Environmental Planning*, 25-42, (2) 31.
14. DeVries, B., Huang, C., Armston, J., Huang, W., Jones, J. W., & Lang, M. W. (2020). Rapid and robust monitoring of flood events using Sentinel-1 and Landsat data on the Google Earth Engine. *Remote Sensing of Environment*, 240, 111664.
15. Singha, M., Dong, J., Sarmah, S., You, N., Zhou, Y., Zhang, G., & Xiao, X. (2020). Identifying floods and flood-affected paddy rice fields in Bangladesh based on Sentinel-1 imagery and Google Earth Engine. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 166, 278-293
16. Noraisefat, I., Nazari, S., & Karimi, S. (2016). Change of the physical development of the city of Rasht and the surrounding land evaluation land use changes with satellite images. *Journal of Geography and Environmental Studies*, 5(17), 21-32.
17. Yan, GAO. 2003, Pixel Based and Object Oriented Image for Coal Fire Research.
18. Turan, B., & Wang, K. H. (2014). An object-oriented overland flow solver for watershed flood inundation predictions: case study of Ulus basin, Turkey. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 62(3), 209.
19. Faizizadeh, Bakhtiar; Helali, Hossein (1388). Comparison of object-based pixel methods and effective parameters in land cover/use classification of West Azerbaijan province. *Natural Geography Research*, Spring issue, 71.
20. Pistrika, A. (2010). Flood damage estimation based on flood simulation scenarios and a GIS platform. *European Water*, 30, 3-11.
21. Lillesand, T.; Kiefer, R. W.; Chipman, J (2001). *Remote sensing and image interpretation*, 6th Edition, Wiley Publication, Washington.
22. Jensen, J.R. 1996. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. 2d ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
23. Willhauck, G., Schneider, T., De Kok, R., & Ammer, U. (2000, July). Comparison of object oriented classification techniques and standard image analysis for the use of change detection between SPOT multispectral satellite images and aerial photos. In *Proceedings of XIX ISPRS congress* (Vol. 33, pp. 35-42).
24. Haq, M., Akhtar, M., Muhammad, S., Paras, S., & Rahmatullah, J. (2012). Techniques of Remote Sensing and GIS for flood monitoring and damage assessment: A case study of Sindh province, Pakistan. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 15(2), 135-141.
25. Benz, U. C; Hofmann, P; Willhauck, G; Lingenfelder, I; Heynen, M (2004). "Multiresolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GISready information". *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 58: 239-258
26. Blaschke, T. (2010). "Object based image analysis for remote sensing". *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 65(1): 2-16.
27. Boudaghpour, S., Bagheri, M., & Bagheri, Z. (2015). Estimation of flood environmental effects using flood zone mapping techniques in Halilrood Kerman, Iran. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 40(3), 659-675.
28. Chen, M.; Su, W.; Li, L.; Zhang, C.; Yue, A.; Li, H (2009). "Comparison of pixel-based and object-oriented knowledge-based classification methods using SPOT5 imagery". *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 6(3): 477-489.
29. Coginiton Developer 2012: Userguide, eCoginiton Developer Imaging
30. Drăguț, L., & Blaschke, T. (2006). Automated classification of landform elements using object-based image analysis. *Geomorphology*, 81(3), 330-344.
31. Drăguț, L., & Blaschke, T. (2006). Automated classification of landform elements using object-based image analysis. *Geomorphology*, 81(3), 330-344.
32. Drăguț, L., Tiede, D., & Levick, S. R. (2010). ESP: a tool to estimate scale parameter for multiresolution image segmentation of remotely sensed data. *International Journal of Geographical Information Science*, 24(6), 859-871.
33. Fassnacht, F. E., Hartig, F., Latifi, H., Berger, C., Hernández, J., Corvalán, P., & Koch, B. (2014). Importance of sample size, data type and prediction method for remote sensing-based estimations of aboveground forest biomass. *Remote Sensing of Environment*, 154, 102-114.
34. Fassnacht, F. E., Hartig, F., Latifi, H., Berger, C., Hernández, J., Corvalán, P., & Koch, B. (2014). Importance of sample size, data type and prediction method for remote sensing-based estimations of aboveground forest biomass. *Remote Sensing of Environment*, 154, 102-114.
35. GAO, Y., Mas, J. F., Kerle, N., & Navarrete Pacheco, J. A. (2011). Optimal region growing segmentation and its effect on classification accuracy. *International journal of remote sensing*, 32(13), 3747-3763.
36. GAO, Y.; Mas, J.F. Navarrete, A. (2009). "The improvement of an objectoriented classification using multi-temporal MODIS EVI satellite data", *International Journal of Digital Earth*, Volume 2, Issue 3 September 2009: 219 - 236.

37. Haq, M., Akhtar, M., Muhammad, S., Paras, S., & Rahmatullah, J. (2012). Techniques of Remote Sensing and GIS for flood monitoring and damage assessment: A case study of Sindh province, Pakistan. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 15(2), 135-141.
38. Mohammadi, A., Kamran, K. V., Karimzadeh, S., Shahabi, H., & Al-Ansari, N. (2020). Flood detection and susceptibility mapping using sentinel-1 time series, alternating decision trees, and bag-adtree models. *Complexity*, 2020.
39. Navulur, K. (2006). *Multispectral image analysis using the object-oriented paradigm*. CRC press.
40. Oruc M, Marangoz AM & Buyuksalih G 2004. Comparison of pixel-based and object-oriented classification approaches using Landsat-7 ETM spectral bands.
41. Rego LFG & Koch B 2003. Automatic classification of land cover with high resolution data of the Rio De Janeiro City Brazil. Comparison between pixel and object classification. [online] available at: http://www.definiens.com/documents/publications_earth2003.php Accessed 9
42. Uddin, K., Matin, M. A., & Meyer, F. J. (2019). Operational flood mapping using multi-temporal sentinel-1 SAR images: a case study from Bangladesh. *Remote Sensing*, 11(13), 1581.
43. Volschenk, T., Fey, M. V., & Zietsman, H. L. (2005). *Situation Analysis of Problems for Water Quality Management in the Lower Orange River Region with Special Reference to the Contribution of the Foothills to Salinization*. Pretoria: Water Research Commission.