

## توسعه‌ی یک روش داده کاوی درخت تصمیم جهت شناسایی پارامترهای مؤثر در تعیین قدرت تخریب سیل

هادی فرهادی، علی اسماعیلی، محمد نجف‌زاده\*

دانشکده مهندسی عمران و نقشه برداری، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

### تاریخچه داوری:

دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۰۲

بازنگری: ۱۳۹۸/۰۹/۲۶

پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۲۶

ارائه آنلاین: ۱۳۹۸/۱۱/۰۹

### کلمات کلیدی:

سیل

درخت تصمیم

داده کاوی

تشخیص تغییرات

لندست-۷

**خلاصه:** سیل یکی از بلاایای طبیعی می‌باشد که به زیر ساختهای شهری، زمین‌های کشاورزی و منابع طبیعی خسارات جبران ناپذیری وارد می‌نماید. لذا دست‌یابی به اطلاعات جامع در مورد عوامل مؤثر بر میزان قدرت تخریب سیل می‌تواند در برآورد میزان خسارت وارده مفید واقع شود. از این رو، در این تحقیق، هدف ایجاد پایگاه داده پارامترهای تأثیرگذار در قدرت تخریب سیل به صورت موردی با بکارگیری تصاویر ماهواره لندست-۷ با سنجنده ETM+ و داده‌های DEM ASTER می‌باشد که در آن روش داده کاوی درخت تصمیم استفاده شده است. در این تحقیق پارامترهای محیطی نظیر پوشش گیاهی، شیب طبیعی زمین و جهت شیب به منظور ارزیابی قدرت تخریب سیل در منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده اند و مدل درخت تصمیم با استفاده از این معیارها ایجاد شد. در نهایت براساس این پارامترها، تعداد پیکسل‌های تغییر یافته (بعد از وقوع سیلاب) در منطقه مورد مطالعه ۶۹۲۳۶۱ می‌باشد که بیانگر ۶۲۳۱۲/۴۹ هکتار اراضی تخریب شده در منطقه مورد مطالعه است. با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر، اراضی با ویژگی‌های پوشش گیاهی کم، به عبارت دیگر دارای شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI) بین ۰/۲ تا ۰/۴، شیب پایین ۰ تا ۴۵ درجه و جهت شیب جنوبی بیشترین تخریب ناشی از سیل را دارند. همچنین مناطقی که دارای NDVI متراکم، شیب زیاد و جهت شیب شمالی می‌باشند، کمترین تأثیر را از سیل می‌پذیرند. در نهایت، می‌توان نتیجه گرفت که روش داده کاوی درخت تصمیم با افزایش متغیرهای ورودی دقت و کیفیت بهتری در تعیین پارامترهای مؤثر در برآورد قدرت تخریب سیل ارائه می‌دهد.

### ۱- مقدمه

که میزان تخریب و خسارات وارده از آن به انسان نسبت به سایر بلایا،

نظیر قحطی و خشکسالی بیشتر است [۱]

در تعریف سیل باید گفت که سیل یک جریان شدید و استثنایی است؛ ولی باید اضافه کرد که هر جریان استثنایی به سیل بنیان کن و مخرب تبدیل نخواهد شد، بلکه عوامل مختلفی بایستی در طبیعت مورد دستکاری قرار گیرند تا تخریب و خسارت و تلفات به همراه داشته باشد. طغیان سیلاب‌ها از خطرناک‌ترین گونه‌های مرگبار و مخرب طبیعی زمین به ویژه در مناطق خشک محسوب میشود [۲] متاسفانه بایستی گفت که افزایش وقوع و تکرار سیلها، رابطه مستقیمی با پیشرفت تکنولوژی در تصرف اراضی دارد که میتوان به سه مورد زیر اشاره کرد [۳]؛ ۱- توسعه مناطق شهری: زمین‌هایی

مقابل با بحران‌های شهری یکی از مسائل مهمی است که بیشتر شهرها با آن روبرو هستند. ویژگی‌ها و شرایط حاکم بر فضای شهری و تراکم سرمایه‌گذاری‌های محیطی، توجه به برنامه‌ریزی مناسب در شهرها را امری ضروری ساخته است. سیل به عنوان یک نوع بلاای طبیعی، هر ساله حدود ۹۰ میلیون نفر در بیشتر از ۱۹۶ کشور جهان در معرض خطر آن قرار دارند. وقوع سیلاب در زمان سیل خطری است که مردم بسیاری از کشورها با آن مواجه بوده و در سراسر جهان به عنوان یکی از شدیدترین بلاهای طبیعی در بین ۱۵ نوع از بلاایای طبیعی شناخته شده است. سیل یکی از مهمترین بلاایای طبیعی است

\*نویسنده عهده‌دار مکاتبات: moha.najafzadeh@gmail.com



که بستر مسیل‌ها و بستر طغیان رودخانه‌ها هستند، اراضی مناسب و وسوسه‌انگیزی برای کشاورزی، ساخت و سازها و اجرای طرح‌های شهری که شدیداً مورد علاقه شهرنشینان است، می‌باشند، هرچند ممکن است چندین سال شاهد هیچ طغیان و یا سیلابی نباشد، اما هیچ تضمینی وجود ندارد که در یک دوره بازگشت مشخصی در این محدوده سیلابی جاری نگردد. ۲- تغییر کاربری اراضی حاشیه شهر: این مورد به انواع کاربردهای شهری باعث بهم خوردن سیستم منطقه و از جمله نفوذپذیری خاک می‌گردد که به تشدید سیل کمک می‌کند. ۳- انتقال آب‌های سطحی شهر به بسترها و مسیل‌ها: به طور کلی هر مسیل و یا رودخانه‌ای که وجود دارد به نوعی محل انتقال آب‌های سطحی زمین‌های اطراف می‌باشد و در بسیاری از موارد به خصوص در شرایط عادی، بارندگی انجام شده منجر به سیل نمی‌گردد. ولی زمانی که اراضی مذکور تحت ساخت و سازهای شهری و ایجاد شبکه نفوذناپذیر ارتباطی قرار می‌گیرد و حدود ۷۰ درصد از نفوذپذیری اراضی نیز کاسته می‌شود، آب‌های حاصل از بارندگی امکان نفوذ در زمین را نیافته است و چنانچه در محاسبه برنامه‌ریزان منظور شده باشند، از طریق شبکه دفع آب‌های سطحی با استفاده از شیب طبیعی و غیرطبیعی اراضی معمولاً این آب‌ها را به درون این رودخانه‌ها و مسیل‌ها هدایت می‌کنند. با این عمل حدود ۷۰ درصد بیش از حجم معبر رودخانه یا سیلاب، آب به آن اضافه می‌شود [۳]

یکی از مهمترین حوادث بحرانی در کشور سیل می‌باشد که بدلیل موقعیت خاص جغرافیائی کشور در اغلب محدوده‌ها با بروز ناپایداری‌های جوی با معضلات سیل مواجه می‌باشد. با توجه به گزارشات رئیس سازمان زمین‌شناسی کشور حدود ۳۵۰ شهر ایران در معرض خطر سیلاب قرار دارند. از آنجا که وقوع این پدیده مخرب در اکثر شهرهای کشور همه ساله موجب ایجاد صدمات جبران ناپذیری به ساخت و سازهای شهری، معابر، منازل، اراضی کشاورزی، تلفات جانی و غیره می‌شود، برگزاری کارگاه‌ها و همایش‌های علمی و پژوهشی به منظور هم‌اندیشی و تبادل اطلاعات متخصصین حوزه هیدرولوژی، هیدرولیکی، اقلیم‌شناسی، شهرسازی، مدیریت شهری، مدیریت بحران و بیمه به منظور تعیین الگوی بهینه برای پیشگیری، مدیریت بحران و جبران خسارات وارده، امری مفید و مؤثر به نظر می‌رسد.

در سال‌های اخیر در چندین شهر از کشور نیز سیل‌هایی رخ

داده است که با آسیب جدی جانی و مالی همراه بوده که از جمله آنها می‌توان به سیل گلستان در سال ۱۳۸۰ با بیش از ۵۰۰ کشته و مفقود، سیل شهرکرد در سال ۱۳۸۷ با ۱۴ کشته و مفقود، سیل قم در سال ۱۳۸۸ و حادثه سیل شمال‌غرب ایران که تمرکز این پژوهش بر روی آن هست، همراه با ده‌ها کشته و مفقود بوده، اشاره کرد. در مورد تأثیر خطرات سیل، اثرات زیست محیطی، اجتماعی، بهداشتی و اقتصادی تغییرات آب‌های سطحی سال‌هاست که مورد مطالعه قرار گرفته است [۴-۱۰] با توجه به این‌که بخش کشاورزی آسیب پذیرترین بخش در هنگام وقوع سیل به شمار می‌رود [۱۱]، از این‌رو پایش سیل در محدوده کشاورزی وسیع، اخیراً به چالش بزرگی تبدیل شده است [۱۲ و ۱۳] از آنجا که بررسی سیل و برآورد خسارات وارده ناشی از آن در مناطق وسیع به صورت میدانی امکان‌پذیر نیست. بنابراین، سنجش از دور به طور گسترده در پایش سیل و تهیه نقشه آن مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۱ و ۱۴] در این میان، استفاده از فناوری‌های جدید از جمله سنجش از دور در برآورد میزان خسارت وارده به اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی در زمان کمتر و با هزینه مناسب، مؤثر و میسر می‌باشد. سنجش از دور علم، هنر و یا تکنولوژی به دست آوردن اطلاعات درباره یک عارضه یا پدیده، از طریق پردازش و آنالیز داده‌های اخذ شده به وسیله یک دستگاه (بدون تماس مستقیم با عوارض یا پدیده مورد مطالعه) است [۱۵]

اخیراً با پیشرفت روزافزون علم و فناوری در زمینه علوم سنجش از دور و گسترش فعالیت در خصوص ماهواره‌ها و سنجنده‌های سنجش از دوری موجب استفاده وسیع از آنها برای بسیاری از کاربردهای محیطی شده است. در حالت کلی سیستم‌های سنجش از دوری به دو دسته فعال<sup>۱</sup> (راداری) و غیرفعال<sup>۲</sup> (آپتیک) تقسیم می‌شوند. سیستم‌های سنجش از دور آپتیک با قدرت تفکیک مکانی متوسط تا بالا، اطلاعات خوبی را با قدرت تفکیک زمانی بالا ارائه می‌دهند که از جمله آنها میتوان به سنجنده مادیس، سنجنده‌های سری لندست و سنتینل-۲ اشاره کرد [۱۱]

ماهواره‌های سری لندست جزو سنجنده‌های غیرفعال محسوب می‌شوند که از خورشید به عنوان منبع تولید امواج الکترومغناطیسی استفاده می‌کنند. به عنوان امری واضح و اثبات شده، سیستم‌های غیرفعال قابلیت نفوذ و عبور از ابرها را ندارند [۱۱، ۱۳ و ۱۶] از

1 Active  
2 Passive

در این میان، زمین‌های کشاورزی بیشترین تأثیر را از سیل می‌پذیرند؛ به همین دلیل در مقاله‌ای ارتباط شدت سیل‌خیزی با کاربری اراضی در حوضه‌های استان کرمان مورد بررسی قرار گرفته است [۲۴] همچنین مطالعه‌ای در مورد بررسی رخداد سیل در روستاهای توابع لنگرود و تبیین شیوه اثرگذاری صورت گرفته است که علت این بررسی بدلیل وقوع پیوسته سیل در آنجا می‌باشد [۲۵]

#### ۱-۱- داده‌کاوی

داده‌کاوی عبارت است از فرآیند یافتن و استخراج اطلاعات پنهان، الگوها و روابط مشخص در حجم بالایی از داده‌ها با هدف پیش‌بینی وقایع و نتایج آتی. داده‌کاوی، پایگاه‌ها و مجموعه‌انبوه داده‌ها را برای کشف و استخراج، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد. داده‌کاوی فرآیندی پیچیده، به منظور شناسایی الگوها و مدل‌های صحیح، نوین و به صورت مفید، در حجم انبوهی از داده می‌باشد، به صورتی که این الگوها و مدل‌ها برای انسان‌ها قابل درک باشند.

#### ۱-۱-۱- اهمیت و کاربرد داده‌کاوی

اصلی‌ترین و مهم‌ترین دلیلی که باعث شد داده‌کاوی در صنعت اطلاعات مورد توجه قرار بگیرد، مسأله در دسترس بودن حجم انبوهی از اطلاعات و نیاز مبرم به این که از این داده‌ها، اطلاعات و دانش کاربردی استخراج شود، می‌باشد. این اطلاعات و دانش به دست آمده می‌تواند در تجزیه تحلیل‌های مختلفی مورد استفاده قرار بگیرد [۲۶] انتخاب منطقه‌ی مورد مطالعه در تحقیق حاضر، به دلیل تخریب و تحمل خسارات بسیار بالای آن در اثر سیل اخیر می‌باشد که یک فاجعه‌ی بزرگی در سال ۱۳۹۶ در کشور به وجود آورد. منطقه مورد مطالعه به دلیل دارا بودن پارامترهای متفاوت توپوگرافی، پوشش گیاهی متنوع، رودخانه‌های بزرگ و از همه مهم‌تر وجود دریاچه ارومیه، یک بستر مناسبی برای سیل می‌باشد. بنابراین، منطقه مورد مطالعه با ویژگی‌های مذکور، برای به دست آوردن اطلاعات در رابطه با میزان تخریب و تعیین پارامترهای مؤثر در آن می‌تواند بسیار مفید باشد.

با توجه به پیشرفت روزافزون علم و تکنولوژی در زمینه سنجش از دور، امروزه فعالیت‌های زیادی در زمینه داده‌کاوی و ایجاد پایگاه داده صورت می‌گیرد. لذا، در این تحقیق، هدف محاسبه میزان قدرت

آنجا که در تحلیل‌های مربوط به سیل با مشکل پوشش ابر مواجه هستیم، لذا بایستی سعی شود که از تصاویری استفاده شود که شامل کمترین پوشش ابر می‌باشد. به همین منظور، در این تحقیق از تصاویر لندست-۷ به جای تصاویر لندست-۸ استفاده شده است. به این دلیل که در زمان تصویر برداری از مناطق سیل زده با استفاده از لندست-۸، منطقه مورد مطالعه دارای پوشش بسیار شدیدی از ابر بوده که این عامل خود باعث کاهش کیفیت و دقت در انجام تجزیه و تحلیل بر روی تصاویر دریافتی می‌گردد. از این رو، تصاویر لندست-۷ به دلیل اینکه یک روز بعد از وقوع سیل تهیه شده‌اند، پوشش کمتری را از ابر در مقایسه با لندست-۸ دارند. در نتیجه، می‌توان تصاویر لندست-۷ را ملاک تجزیه و تحلیل قرار داد.

فعالیت‌های زیادی در زمینه بررسی سیل با سنجش از دور صورت گرفته که در ادامه چند مورد را بررسی می‌کنیم. Notti و همکاران در سال ۲۰۱۸ در مقاله‌ای، پتانسیل و محدودیت داده‌های ماهواره‌ای باز برای تهیه نقشه از سیل را ارائه دادند [۱۷] با توجه به محدودیت‌های ناشی از شرایط آب و هوایی در هنگام وقوع سیل، نظیر پوشش ابر، رادار ابزار بسیار مناسبی است [۱۸] به این دلیل که امواج راداری قابلیت عبور از ابر را دارا هستند، امروزه پژوهش‌های زیادی در زمینه سیل و خطرات آن و از همه مهم‌تر ارزیابی میزان خسارت وارده در اثر سیل انجام می‌شود و مقوله‌ای است که مهندسان علوم سنجش از دور بسیار به آن می‌پردازند.

در رابطه با تصاویر سنجش از دوری روش‌های پردازش تصویر متعددی با استفاده از داده‌های SAR برای تعیین مناطق سیل زده اجرا شده‌اند [۲۱-۱۹] در بین این روش‌ها سریع‌ترین روش، روشی است که از آستانه‌گذاری استفاده می‌شود. در صورتی که یک تصویر مرجع مناسب در دسترس باشد مقدار حدآستانه تا حدودی می‌تواند به درستی انتخاب شده و به کلاس‌های مختلفی تقسیم شود. به عنوان مثال، Lu و همکاران [۲۲] با استفاده از حدآستانه اعمال شده بر روی تصاویر و تشخیص تغییرات، مناطق سیل‌زده را شناسایی کردند. اما انتخاب حدآستانه کار ساده‌ای نیست و با اشتباه بودن مقدار حدآستانه، مناطق سیل‌زده به درستی شناسایی نخواهد شد و موجب طبقه‌بندی اشتباه عوارض می‌شود.

Zazo و همکاران در سال ۲۰۱۸، خطر سیل با پشتیبانی از کاهش هزینه‌های فوتوگرامتری هوایی دقیق را مورد ارزیابی قرار دادند [۲۳]

برای انتقال انواع نقشه‌ها استفاده می‌شوند و این امکان را دارند که آنها را در برنامه Google Earth تولید، ویرایش و منتقل نمود. مدل DEM مورد استفاده در این تحقیق مربوط به سنجنده ASTER است که دارای شبکه ۱۵ متری و دقت ارتفاعی حدود ۱۰-۲۵ متر می‌باشد که از سال ۲۰۰۱ به بعد برای کل کره زمین به صورت رایگان موجود می‌باشد [۲۷] تصویر مورد استفاده مربوط به ماهواره لندست-۷، سنجنده ETM<sup>+</sup> است که با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر و به صورت رایگان در دسترس می‌باشد. این داده‌ها از سایت USGS<sup>۲</sup> (سازمان زمین شناسی آمریکا) در سیستم مختصات جغرافیایی تهیه شد. با توجه به این که منطقه مورد مطالعه وسعت زیادی داشت، بنابراین چندین مدل DEM به صورت جداگانه تهیه شد. به منظور تشخیص تغییرات در اثر سیل، یک تصویر قبل از سیل و یک تصویر بعد از سیل، مربوط به منطقه مورد مطالعه اخذ شد. تصویری که از سنجنده ETM<sup>+</sup> تهیه شد به ترتیب دارای Path و Row، ۱۶۸ و ۳۴ می‌باشد (جدول ۱).

### ۲-۳- نرم‌افزارهای مورد استفاده

در این پژوهش از نرم‌افزارهای متعددی از جمله: متلب، ENVI ۵.۳، گلوبال مپ و گوگل ارتث استفاده شده است که بیشترین سهم پردازش‌ها مربوط به نرم‌افزار ENVI5.3 می‌باشد.

### ۳- روش تحقیق

داده‌های ورودی در تحقیق حاضر شامل تصاویر ماهواره‌ای لندست-۷ مربوط به قبل و بعد از سیل و همچنین مدل رقومی ارتفاعی (DEM) می‌باشد که به منظور تشخیص تغییرات رخ داده در زمان بعد از سیل استفاده شده است. روش تحقیق به صورت فلوچارت شکل ۳ است که در ادامه به توضیح هر بخش به صورت جداگانه پرداخته می‌شود.

### ۳-۱- پیش‌پردازش ASTER DEM

با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه وسعت زیادی داشت، بنابراین لازم بود مدل‌های رقومی ارتفاعی که در فایل‌های جداگانه تهیه شده بودند در کنار هم قرار گرفته و تشکیل موزاییک دهند (شکل ۴).

تخریب سیل و تشخیص تغییرات با پارامترهای مؤثر مانند پوشش گیاهی، شیب طبیعی زمین و جهت شیب است. هدف از انجام این چنین پروژه‌هایی داشتن یک پایگاه داده قوی برای پیش‌بینی سوانح طبیعی است تا خسارت‌های جانی و مالی به کمترین مقدار خود برسند. روش استفاده شده در این مقاله یک روش جدید با تلفیق داده‌های رستری مسطحاتی و ارتفاعی و با تکنیک داده‌کاوی درخت تصمیم می‌باشد که در ادامه ارائه می‌شود.

## ۲- منطقه مورد مطالعه و جمع‌آوری داده

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، شهرهایی در شمال غرب کشور است که در سال ۱۳۹۶ دچار سیل شدند. حادثه سیل ۱۳۹۶ که در ۲۵ فروردین روز جمعه در شمال غرب ایران به وقوع پیوست، ۴۸ نفر کشته و مفقود شدند. سیل به دلیل بارش شدید باران به مدت یک روز به وقوع پیوست که بیشترین بارندگی در خسروشهر حدود ۴۷/۵ میلی‌متر بود. بارش‌های بی‌سابقه، منجر به طغیان تعدادی از رودخانه‌ها در استان‌های آذربایجان شرقی و غربی شد. همچنین تعدادی از جاده‌ها مسدود شده و چندین پل نیز تخریب شد که در شکل ۱ نشان داده شده است. شهرستان‌های عجب شیر و آذرشهر شامل بیشترین تلفات و مفقودی این حادثه بود. بنا بر گزارش سازمان هواشناسی، متوسط میزان بارندگی حدود ۴۰ میلی‌متر بوده که در ۱۵ سال قبل از آن بی‌سابقه بوده است. در این حادثه، استان‌های آذربایجان شرقی و غربی، کردستان، اردبیل، مازندران، زنجان و ۱۸ شهرستان شامل مراغه، عجب شیر، سراب، ورزقان، بستان آباد، هریس، شبستر، تبریز، بناب، آذرشهر، ملکان، چاراویماق، ارومیه، زنجان، نقده، پیرانشهر، سقز و اشنویه آسیب دیده بودند (شکل ۲).

### ۲-۲- داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش از داده‌های متنوعی به منظور تجزیه و تحلیل میزان تخریب سیل استفاده می‌شود که از جمله آنها: شیب فایل‌های مناطق مورد مطالعه، فایل‌های kmz/kml<sup>۱</sup> مناطق مورد مطالعه، مدل رقومی ارتفاعی (DEM)<sup>۲</sup> و تصاویر مولتی‌اسپکترال<sup>۳</sup>. این نوع فایل‌ها

1 Keyhole Markup Language/ zipped  
2 Digital Elevation Model  
3 Multi Spectral



شکل ۱. نمونه‌ای از پل‌ها و ساختمان‌های تخریب شده در اثر سیل شمال غرب ایران در سال ۱۳۹۶

Fig. 1. An example of bridges and damaged buildings due to flood the northwestern Iranian flood in 2017



شکل ۲. مناطق مورد مطالعه در نقشه کشوری و استانی

Fig. 2. Study areas illustrated in country and provincial maps

جدول ۱. مشخصات داده‌های تصویری

Table 1. Characteristics of image data

images	Data of images
Pre-Flood	2017/04/08
After-Flood	2017/04/24

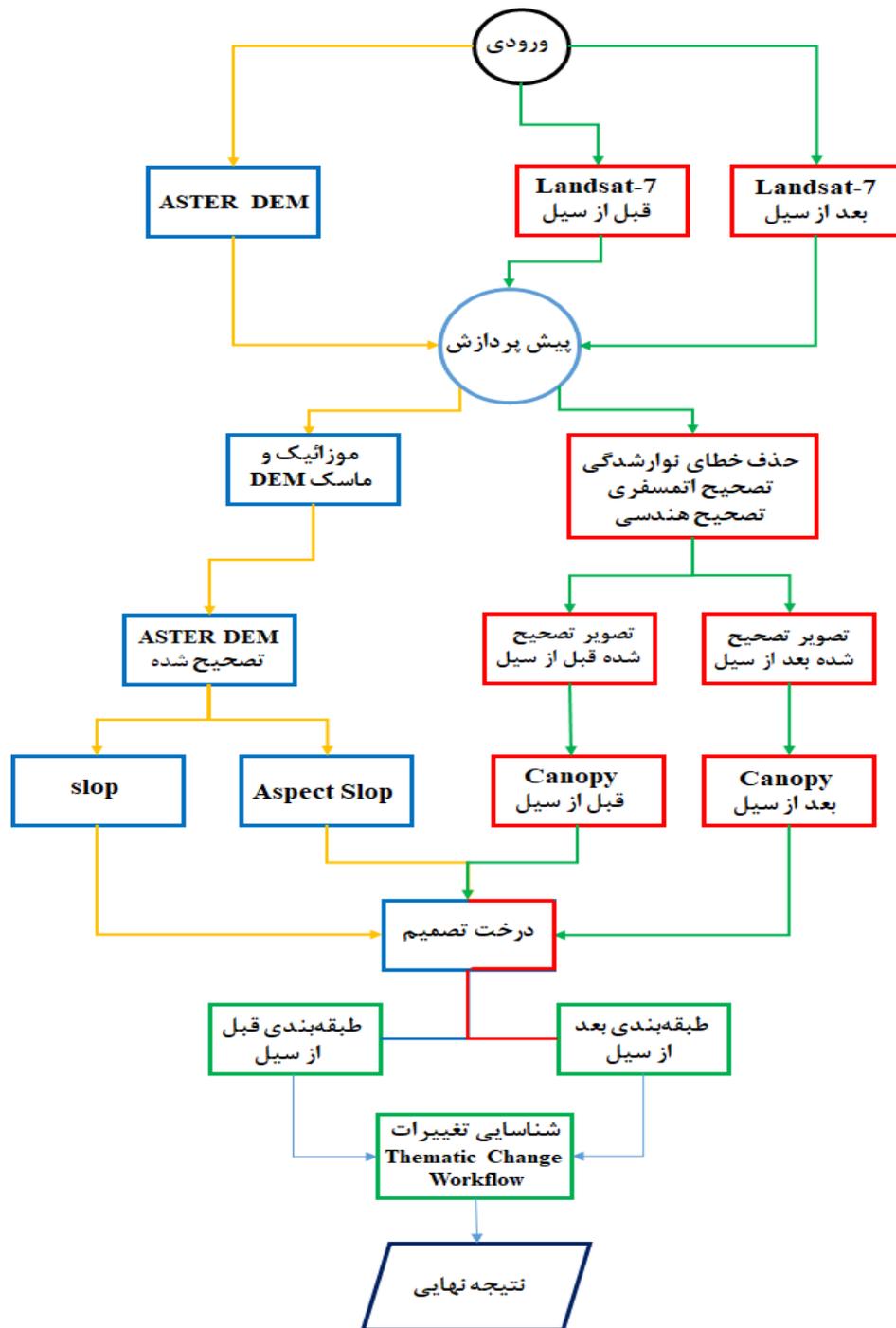
سنجنده ETM<sup>+</sup> هم‌مختصات شوند.

### ۲-۳- پیش پردازش تصاویر لندست-۷ سنجنده ETM<sup>+</sup>

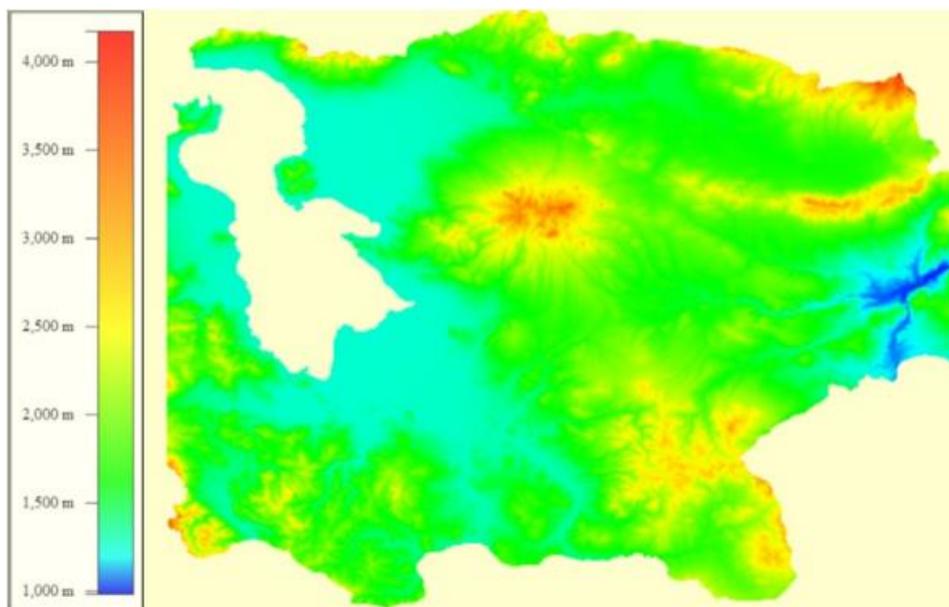
تصاویر ماهواره‌ای اغلب دارای خطاهای هندسی و رادیومتریکی هستند که برای برآورد دقیق و بهتر از منطقه، لازم است تا این خطاها را تصحیح کنیم. همچنین ممکن است برخی از تصاویر ماهواره‌ای در یک سیستم مجزا از سیستم تصویر UTM اخذ شوند که در این

همچنین، به دلیل اینکه دریاچه ارومیه در داخل مدل رقومی قرار داشت، بنابراین بایستی از داخل مدل رقومی ماسک می‌شد تا در محاسبه پوشش گیاهی مشکل ایجاد نکند. برای تجسم بهتر، مدل رقومی منطقه به صورت سه‌بعدی در شکل ۵ نشان داده شده است. به دلیل این که مدل‌های رقومی در سیستم مختصات جغرافیایی بودند، لازم بود تا آنها را به سیستم تصویر UTM<sup>1</sup> منتقل کنیم تا با تصاویر

1 Universal Transvers Mercator



شکل ۳. فلوجارت مراحل انجام تحقیق  
Fig. 3. Flowchart steps of the research



شکل ۴. مدل رقومی ارتفاعی منطقه با ماسک دریاچه ارومیه  
**Fig. 4. Digital Elevation Model of the study area with masking Urmia Lake**

شده توسط دو سازمان زمین شناسی و سازمان فضایی آمریکا به نام Gap-Fill Landsat-۷ استفاده شد که در آن پیکسل‌های خالی موجود در تصاویر لندست-۷ با میانگین مقادیر پیکسل‌های همسایه جایگزین شدند (شکل ۷). کد نویسی مربوط به این الگوریتم توسط دو سازمان مذکور در محیط IDL انجام شده و به صورت یک افزونه قابل استفاده در نرم‌افزار ENVI ۵٫۳ می‌باشد.

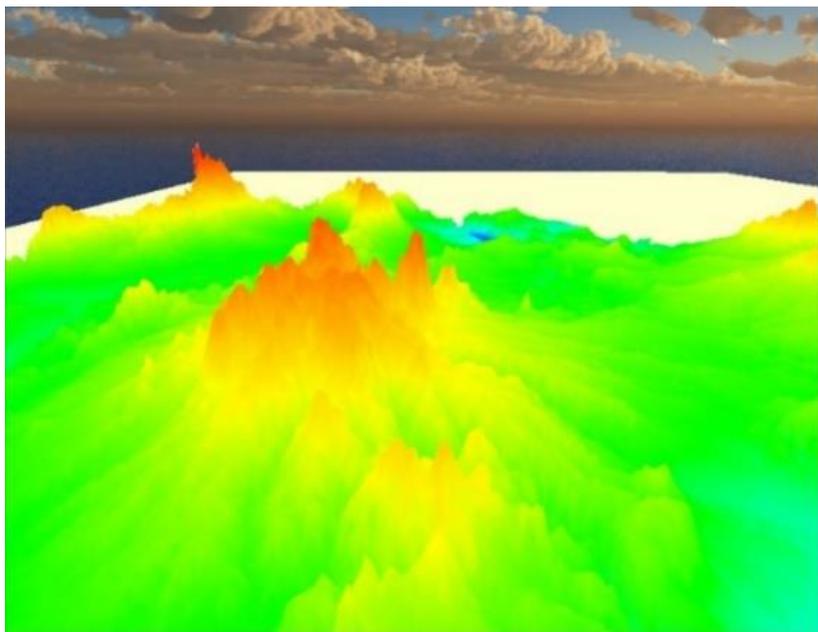
قبل از انجام تصحیح هندسی لازم است که تصحیحات رادیومتریکی به صورت کامل انجام شود. از آنجایی که تصحیحات رادیومتریکی پیکسل مینا است، بنابراین باید تصویر به فرمت BIP<sup>۲</sup> (پیکسل به پیکسل) یا BIL<sup>۳</sup> (خط به خط) تبدیل شود تا برای تصحیح اتمسفری آماده شود. در این پژوهش، تصحیح اتمسفری به روش FLAASH<sup>۴</sup> انجام شد. از طرفی برای تشخیص تغییرات رخ داده در تصاویر، بایستی دو تصویر نسبت به هم یا نسبت به زمین رجیستر شوند که این کار توسط نرم‌افزار ENVI ۵٫۳ و با دقت خوبی انجام می‌شود.

صورت بایستی همه تصاویر دارای یک سیستم مختصات واحد باشند. خطاهای هندسی تصویر شامل خطای جابه‌جایی ناشی از دوران و تغییر موقعیت سنجنده در لحظه عکس برداری می‌باشد که بایستی حذف شوند. خطاهای رادیومتریکی تصویر در حالت کلی خطاهایی است که بر روی تک تک پیکسل‌ها وجود دارد و این خطاها می‌توانند هم ناشی از خود سنجنده و هم ناشی از اتمسفر در لحظه عکس برداری باشد. از آنجا که تصاویر این سنجنده به دلیل بروز خطای فنی در دستگاه ثبت کننده (سنجنده)<sup>۱</sup> دچار خطای نوارشدگی می‌باشند، لذا لازم است ابتدا خطای نوارشدگی حذف شود و سپس تصحیح اتمسفری و هندسی صورت گیرد. خطای نوارشدگی تصاویر لندست-۷، از سال ۲۰۰۳ با از کار افتادن تصحیح‌کننده خط اسکن این سنجنده ظاهر شد و به همین دلیل در تصاویر اخذ شده توسط این سنجنده خطوط مورب نواری به صورت گپ ایجاد شد که فاقد اطلاعات بود. به این صورت که کمترین میزان خطا در مرکز تصاویر و بیشترین میزان خطا در حاشیه آن صورت می‌گیرد (شکل ۶).

در این تحقیق به منظور حذف این خطا (خطای نوارشدگی) و یا بهبود کیفیت تصاویر لندست-۷ سنجنده ETM<sup>+</sup>، از الگوریتم ارائه

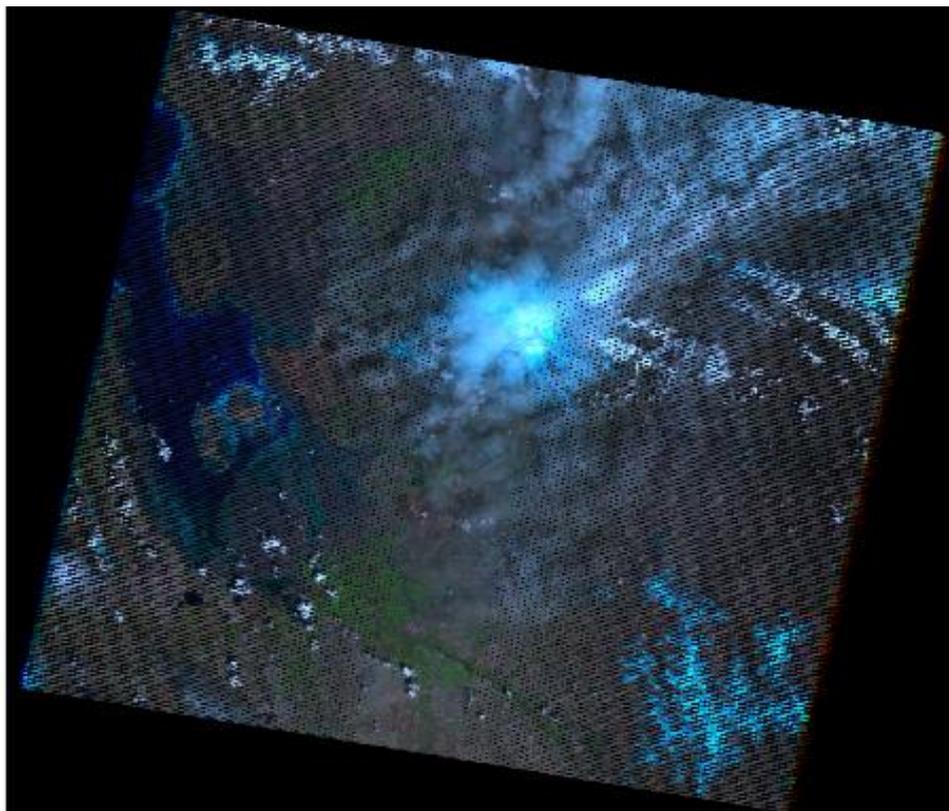
2 Band Interleaved by Pixel  
 3 Band Interleaved by Line  
 4 Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hyper cubes

1 Sensor



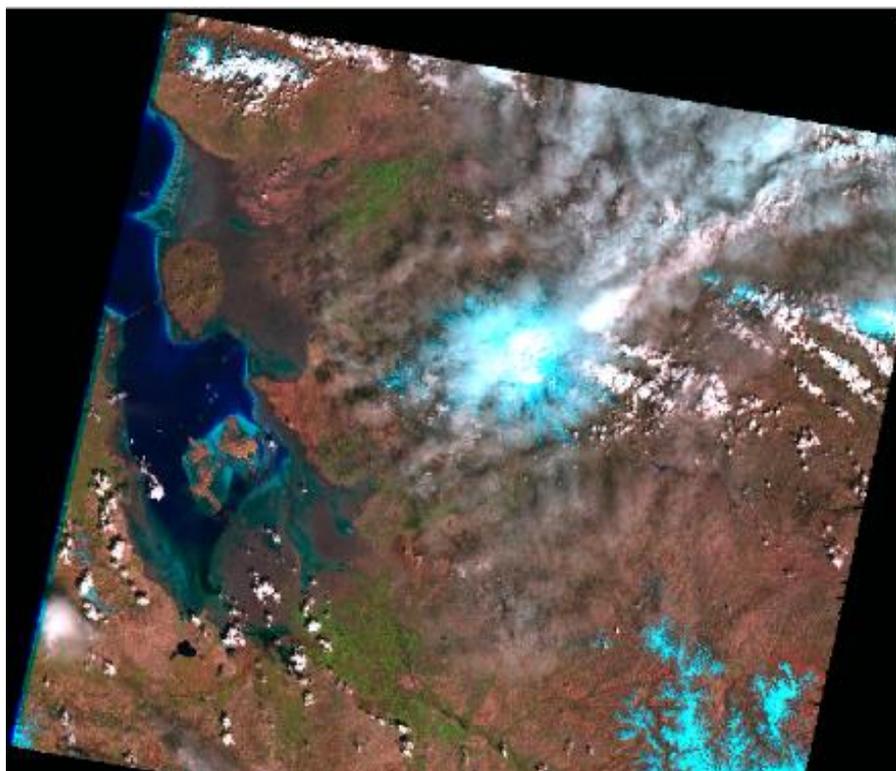
شکل ۵. مدل سه بعدی منطقه مورد مطالعه

Fig. 5. 3D model of the study area



شکل ۶. خطای نوارشدگی در تصاویر لندست-۷

Fig. 6. Stripping error in Landsat-7



شکل ۷. حذف خطای نوارشدگی تصویر لندست ۷  
Fig. 7. Stripping error removal of Landsat-7 image

می‌باشد که در آن مقادیر بالای ۰/۲ تا ۱+ به عنوان پوشش گیاهی طبقه‌بندی میشود [۲۴]

#### ۳-۴- تولید نقشه شیب و جهت شیب

پارامترهای دیگری که در تعیین پتانسیل تخریب سیل در تحقیق حاضر در نظر گرفته شده است، شیب و جهت شیب می‌باشد. نقشه شیب عبارت است از میزان شیب هر پیکسل نسبت به سطح تراز که از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) حاصل می‌شود و بین ۰ تا ۱۰۰ درصد متغیر است. همچنین، نقشه جهت شیب، عبارت است از انحراف شیب نسبت به شمال جغرافیایی که بین ۰ تا ۳۶۰ درجه متغیر است. نقشه شیب و جهت شیب با استفاده از مدل رقومی ASTER در محیط نرم‌افزار ENVI ۵.۳ تولید شد.

#### ۳-۵- طبقه‌بندی به روش Decision Tree

تاکنون، روش‌های طبقه‌بندی متفاوتی به منظور کلاسه‌بندی تصاویر ارائه شده است که یکی از آنها روش طبقه‌بندی درخت

#### ۳-۳- تولید نقشه پوشش گیاهی (Canopy) از تصاویر لندست-۷

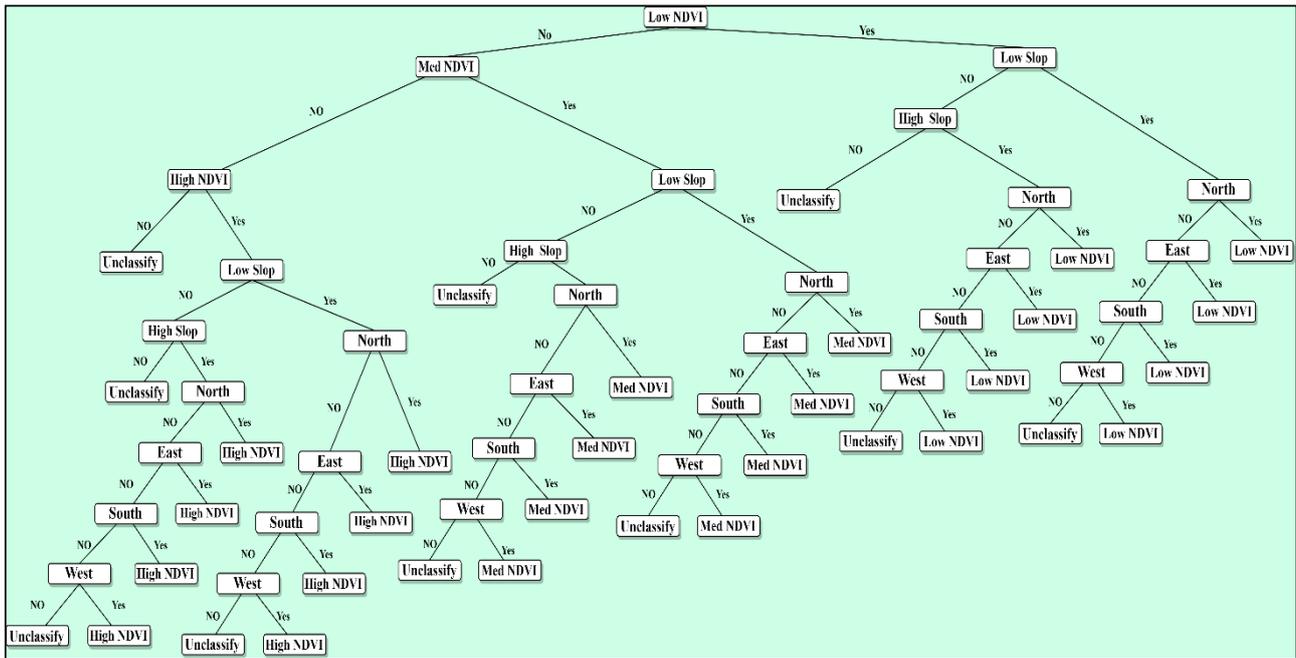
یکی از پارامترهایی که در تعیین قدرت تخریب سیل در این تحقیق در نظر گرفته شده است، شاخص پوشش گیاهی می‌باشد که با استفاده از تصاویر لندست-۷ تولید می‌شود. تصاویر لندست-۷ شامل هفت باند طیفی آبی، سبز، قرمز، مادون قرمز نزدیک، مادون قرمز حرارتی و دو باند مادون قرمز میانی است [۲۸] برای محاسبه میزان پوشش گیاهی (canopy) از شاخص NDVI<sup>۱</sup> استفاده می‌شود که یک شاخص تفاضلی پوشش گیاهی نرمال شده است و از رابطه (۱) محاسبه می‌شود [۲۹]

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

در رابطه (۱)، NDVI شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده،  $NIR^2$  میزان انعکاسات باند مادون قرمز نزدیک و  $R$  میزان انعکاسات باند قرمز ماهواره لندست-۷ می‌باشد. با استفاده از این شاخص، مقادیر پوشش گیاهی در بازه‌های متفاوتی قابل استخراج می‌باشد. مقدار شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده، بین ۱+ و ۱- متغیر

1 Normalized difference vegetation index

2 Near Infrared



شکل ۸. ساختار کلی درخت تصمیم

Fig. 8. Overall structure of the decision tree

مربوط به قبل از سیل و دیگری مربوط به بعد از سیل می‌باشد. در نهایت برای شناسایی تغییرات رخ داده، از ابزار Thematic Change در نرم‌افزار ENVI ۵٫۳ استفاده می‌شود که ورودی آن، دو نقشه‌ی طبقه‌بندی شده مربوط به قبل و بعد از سیل شبیه‌سازی شده حاصل از Decision Tree و خروجی آن نقشه نهایی تغییرات می‌باشد. کدنویسی مربوط به این ابزار (Decision Tree) در محیط IDL در نرم‌افزار ENVI ۵٫۳ انجام شده است. ساختار کلی پارامترهایی که وارد تصمیم‌گیری شد به صورت شکل ۸ می‌باشد.

#### ۴- نتایج و بحث

با پیشرفت روزبه‌روز علم و تکنولوژی در زمینه علوم زمین از جمله مهندسی سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، روش‌ها و تکنیک‌های متنوعی برای بررسی و ارزیابی آسیب‌ها و میزان خسارت ناشی از عوامل طبیعی از جمله سیل، طوفان، زلزله، رعدوبرق و غیره ارائه شده است. تکنیک مورد استفاده در این پژوهش، یک تکنیک طبقه‌بندی چند منظوره می‌باشد که انعطاف بالایی در تصمیم‌گیری‌ها دارد. در واقع، این روش قادر به ادغام منابع مختلفی از داده‌های

تصمیم یا Decision Tree است. Decision Tree یک طبقه‌بندی چند مرحله‌ای است که می‌تواند برای یک تصویر یا مجموعه‌ای از تصاویر استفاده شود. تصمیم‌گیری می‌تواند برای هر ویژگی موجود در مجموعه داده باشد. قابلیت منحصر به فرد این ابزار در طبقه‌بندی عوارض این است که می‌توان هر داده‌ای از قبیل داده‌های دوبعدی و سه‌بعدی را مورد ارزیابی قرار داد.

در این تحقیق، روش مذکور برای داده‌های کاوی و تشخیص تغییرات و در نهایت برآورد میزان قدرت و پتانسیل تخریب سیل استفاده شده است. بدین منظور در وهله‌ی اول لازم است ساختار طبقه‌بندی طراحی شود. ساختار طبقه‌بندی در این روش اهمیت بسیار بالایی دارد، بنابراین در این تحقیق سعی بر این شد که پارامترهایی از قبیل شیب منطقه (کم و زیاد)، نوع پوشش گیاهی (کم، متوسط و زیاد) و جهت شیب (شمالی، شرقی، جنوبی و غربی) که به صورت جدول ۲ می‌باشد، وارد تصمیم‌گیری شوند. در واقع، متغیرهای ورودی این روش شامل شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI) تولید شده از تصاویر لندست-۷ برای زمان قبل و بعد از وقوع سیل، نقشه شیب و جهت شیب تولید شده از مدل رقومی ارتفاعی ASTER است. خروجی این روش، دو تصویر طبقه‌بندی شده که یکی از آن‌ها

جدول ۲. مقادیر پارامترها در درخت تصمیم  
Table 2. Parameters values in Decision tree

Slop	Low	$0 < \text{Slop} < 50$
	High	$50 < \text{Slop} < 100$
Canopy (NDVI)	Low	$0.2 < \text{canopy} < 0.4$
	Medium	$0.41 < \text{canopy} < 0.6$
	High	$0.61 < \text{canopy} < 0.99$
Aspect Slop (degree)	Northern	$340^\circ < \text{Aspect} < 20^\circ$
	Eastern	$70^\circ < \text{Aspect} < 110^\circ$
	Southern	$160^\circ < \text{Aspect} < 200^\circ$
	Western	$250^\circ < \text{Aspect} < 290^\circ$

و جهت شیب (شمالی، شرقی، جنوبی و غربی) برای تصویر قبل و بعد از سیل وارد پردازش درخت تصمیم شدند. نتایج حاصل از این متغیرها در فرایند پردازش درخت تصمیم، شامل دو تصویر طبقه‌بندی شبیه‌سازی شده است که یکی مربوط به قبل از سیل (شکل ۹) و دیگری مربوط به بعد از سیل (شکل ۱۰) می‌باشد. به منظور مشخص کردن تغییرات صورت گرفته در اثر سیلاب، از ابزار Thematic Change Workflow استفاده شد، که ورودی‌های مورد نیاز این ابزار، همان دو تصویر شبیه‌سازی شده حاصل از درخت تصمیم می‌باشد. نتایج تغییرات با اعمال یک فیلتر نرم‌کننده<sup>۳</sup> با کرنل<sup>۴</sup>  $5 \times 5$  به صورت شکل ۱۲ ظاهر شد. در نهایت، میزان تخریب در منطقه مورد مطالعه به صورت جدول ۳ می‌باشد.

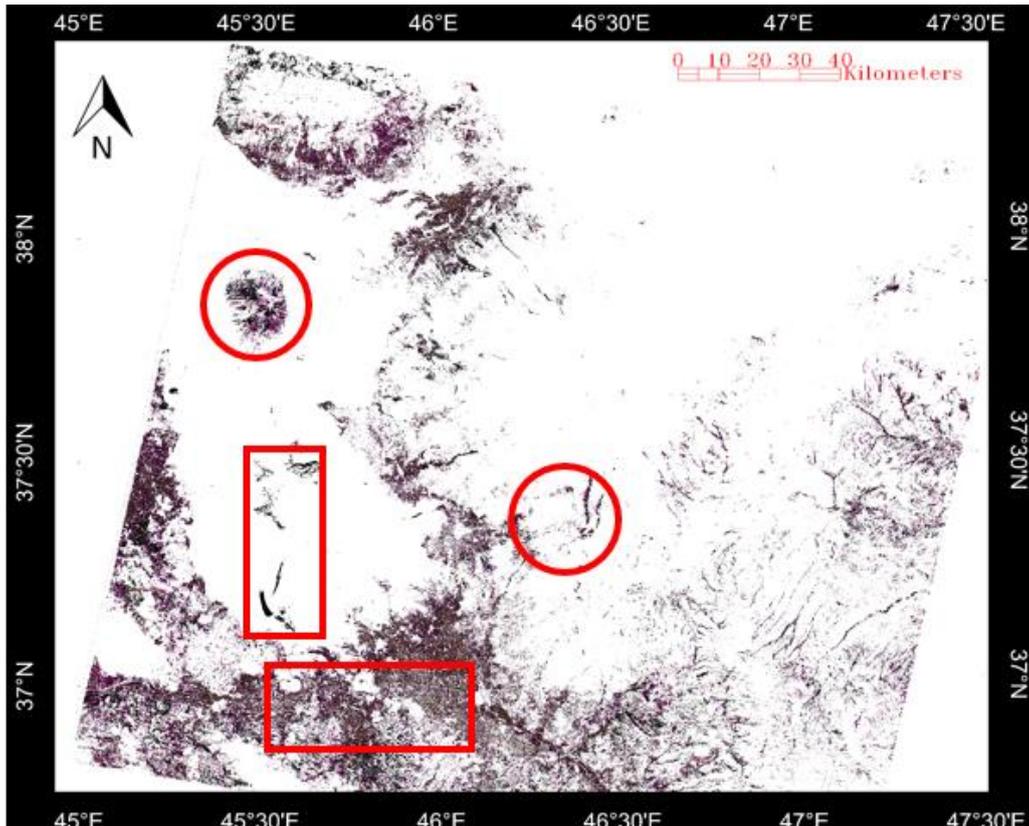
در شکل‌های ۹ و ۱۰، مناطقی که با دایره و مستطیل مشخص شده، چند نمونه از تغییراتی است که در زمان بعد از وقوع سیل اتفاق افتاده است. در واقع این دو شکل بیانگر عوارض زمینی با پوشش گیاهی و توپوگرافی مشخص شده با مقادیر مشخص در تحقیق حاضر مربوط به قبل و بعد از سیل می‌باشد. با توجه به اینکه برای هر دو تصویر شبیه‌سازی شده توسط درخت تصمیم شرایط و پارامترهای یکسانی در نظر گرفته شده است، بنابراین تشخیص تغییرات امری منطقی می‌باشد. یک نمونه از تغییرات برای منطقه مورد نظر در شکل ۱۱ نشان داده شده است. شکل a۱۱، نقشه شبیه‌سازی شده مربوط به قبل از سیل، شکل b۱۱، موقعیت کادر قرمز مربوط به قبل از سیل و

رستری<sup>۱</sup> و برداری<sup>۲</sup> می‌باشد، به طوری که کیفیت تصمیم‌گیری به تعداد و نوع پارامترهای مؤثر در منطقه مورد مطالعه بستگی دارد. با توجه به اینکه در این روش از منابع متفاوتی از داده‌ها برای تصمیم‌گیری، شناسایی پارامترهای مؤثر و میزان تخریب استفاده می‌شود، بایستی سعی شود که ورودی‌های مورد نیاز به صورت صحیح تولید و وارد پردازش درخت تصمیم شوند، در غیر این صورت دقت و کیفیت طبقه‌بندی کاهش می‌یابد. در صورتی که از داده‌های بیشتری برای تصمیم‌گیری استفاده شود، کیفیت تصمیم‌گیری بهبود خواهد یافت، اما بکارگیری این روش با داده‌های بیشتر مستلزم داشتن یک سیستم کامپیوتری قوی می‌باشد. روش مورد استفاده در مقاله حاضر، علاوه بر شناسایی پارامترهای مؤثر در تعیین قدرت تخریب سیل، قادر به تشخیص تغییرات و برآورد میزان تخریب اراضی در اثر سیل نیز می‌باشد. در حالی که دیگر روش‌های انجام شده تلاش بر تهیه نقشه سیل و اراضی زیر آب رفته را داشته‌اند. در واقع برای به دست آوردن پارامترهای مؤثر در قدرت تخریب سیل، لازمه‌ی روش به این صورت است که یک منطقه آسیب دیده در اثر سیل مورد بررسی قرار گیرد تا با استفاده از پارامترهای حاکم در آن منطقه، کیفیت انتخاب پارامترها با اطمینان بیشتری انجام شود.

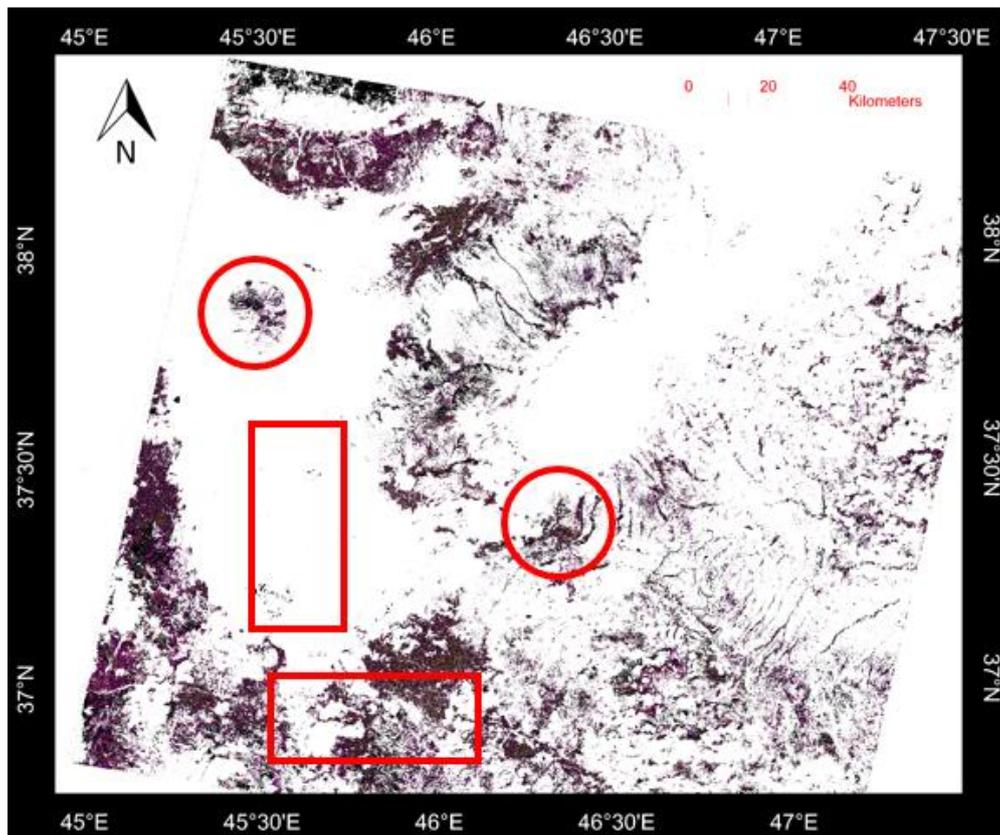
در این تحقیق، بعد از پیش‌پردازش داده‌ها و انتخاب پارامترها، ساختار درخت تصمیم طراحی شد و هر کدام از پارامترها از قبیل شیب منطقه (کم و زیاد)، نوع پوشش گیاهی (کم، متوسط و زیاد)

3 smoothing  
4 kernel

1 Raster  
2 Vector



شکل ۹. طبقه‌بندی قبل از سیل  
Fig. 9. Classification before the flood



شکل ۱۰. طبقه‌بندی بعد از سیل  
Fig. 10. Classification after the flood

جدول ۳. مشخصات آماری میزان قدرت تخریب سیل با توجه به پارامترهای طبقه‌بندی

Table 3. Statistical data on the amount of flood destruction power according to classification parameters

Canopy	Slop	Aspect slop	Number of pixels changed	Changed percentage %	Area changed
Low	Low	Southern	299775	0.7	26979.75 hectare
Low	Low	Western	173348	0.4	15601.32 hectare
Low	Low	Eastern	168430	0.36	15158.7 hectare
Medium	Low	Southern	21677	0.05	1950.93 hectare
Medium	Low	Western	13256	0.028	1193.04 hectare
Medium	Low	Eastern	12742	0.027	1146.78 hectare
Low	High	Southern	2432	0.005	218.8 hectare
Low	High	Eastern	380	0.001	34.2 hectare
Low	High	Western	304	0.001	27.36 hectare
Medium	High	Southern	9	0.0001	8100 m <sup>2</sup>
Medium	High	Eastern	5	0.0001	4500 m <sup>2</sup>
Medium	High	Western	3	0.0001	2700 m <sup>2</sup>
<b>Sum</b>			<b>692361</b>	<b>% 1.58</b>	<b>62312.49 hectare</b>

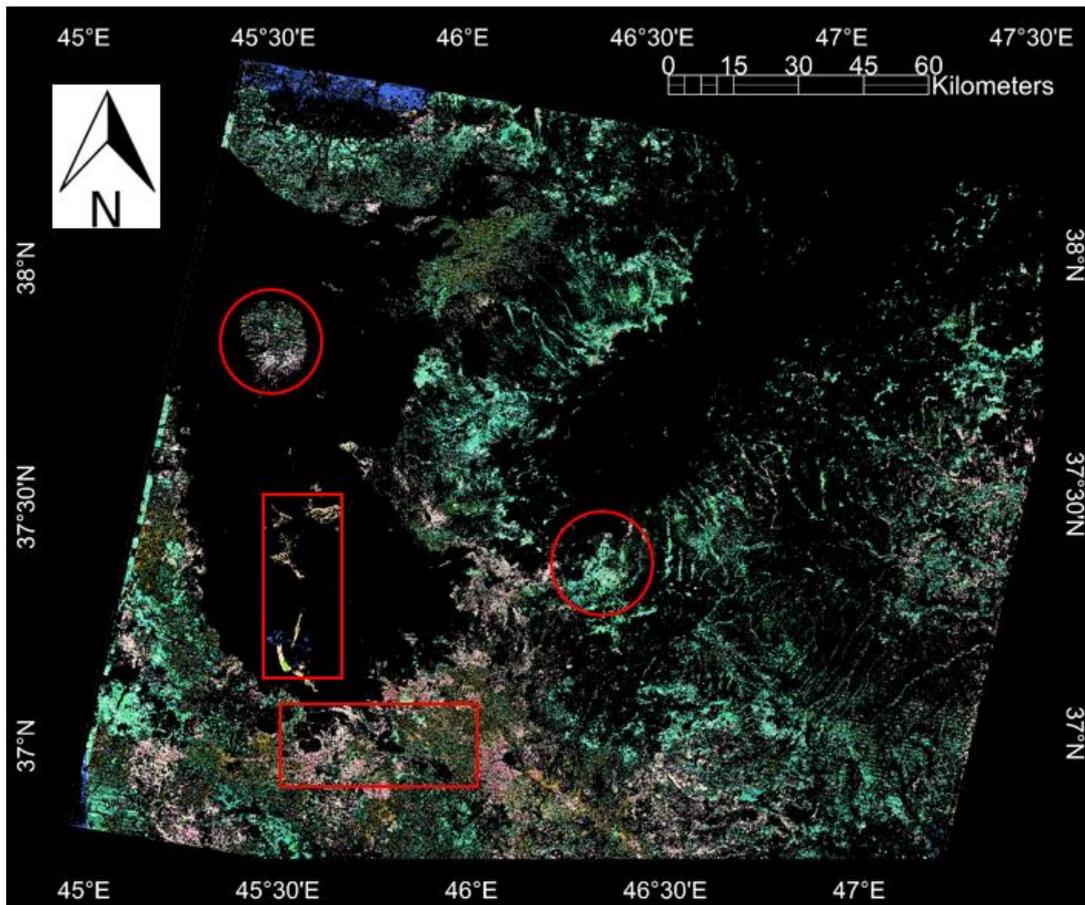


شکل ۱۱. تصویر شبیه‌سازی شده قبل از سیل (a); کادر قرمز، قبل از سیل (b); بعد از سیل (c)  
 Fig. 11. Simulated image before flood (a); Red box, before flood (b); after flood (c)

است. همان‌طور که در این تصویر مشخص است، مناطق رنگی مناطقی است که در آنها براساس پارامترهای مشخص شده (پوشش گیاهی، شیب و جهت شیب) تغییراتی ایجاد شده است که میزان تغییرات در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به جدول ۳، مناطقی با معیارهای پوشش گیاهی (NDVI) کم، شیب (Slop) پایین و جهت‌های جنوبی، غربی و شرقی به ترتیب ۰/۷، ۰/۴ و ۰/۳۶ درصد، بیشترین تأثیر را

شکل ۱۱، موقعیت کادر قرمز مربوط به بعد از سیل را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۱۱ مشخص است، در تصویر بعد از سیل تغییراتی رخ داده است که به وضوح مشخص است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که روش داده‌کاوی مذکور می‌تواند در تهیه نقشه سیل نیز مفید باشد.

در شکل ۱۲ نتایج نهایی تغییرات ناشی از سیل نشان داده شده



شکل ۱۲. نتایج نهایی تغییرات رخ داده با اعمال یک فیلتر نرم کننده ۵×۵  
**Fig. 12. The results of the occurred changes by applying a 5 × 5 smooth filter**

گیاهی، شیب و جهت شیب، کاملاً منطقی به نظر می‌رسد. یکی از بهترین مزایای روش حاضر در همین است که بعد از به دست آوردن این پارامترها، مناطقی که در خطر سیلاب قرار دارند، در مدت زمان کمتر و با سرعت بیشتر شناسایی شده و می‌توان با صرف هزینه کم و مقرون به صرفه، از به وجود آمدن فاجعه و خسارات‌های جبران ناپذیر جانی و مالی در سیل‌های آینده مقابله کرد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که با اضافه کردن پارامترهای مفید و تأثیرگذار در میزان قدرت تخریب سیل از جمله نوع زمین شناسی منطقه، خاک منطقه، دبی و حوضه‌های آبریز و غیره نتایج دقیق‌تری به دست خواهد آمد. این امر در صورتی جوابگو خواهد بود که یک سامانه‌ی رایانه‌ای قوی در دسترس باشد، به این دلیل که حجم پردازش داده‌ها در این روش بسیار سنگین می‌باشد. لذا اطلاعات به دست آمده از این فرآیند می‌تواند به صورت یک پایگاه داده بسیار قوی و مفید در جلوگیری از خسارات وارده به منابع و منافع انسانی بسیار مؤثر باشد.

از سیل پذیرفته‌اند. به عبارتی دیگر، مناطقی با ویژگی‌های مذکور مناطقی هستند که در صورت وقوع سیل بیشترین تخریب ناشی از آن را متحمل می‌شوند. بعد از آن، مناطقی که دارای پوشش گیاهی متوسط با شیب پایین و جهت‌های جنوبی، غربی و شرقی هستند به ترتیب حدود ۰/۰۵، ۰/۰۲۸ و ۰/۰۲۷ درصد بیشترین تأثیر را از سیل پذیرفته‌اند. همچنین، مناطقی که شامل پوشش گیاهی متراکم، شیب زیاد و جهت شمالی هستند، کمترین تأثیر را از سیل می‌پذیرند. به عبارتی دیگر، مناطقی با ویژگی‌های مذکور مناطقی هستند که در صورت وقوع سیل کمترین تخریب ناشی از آن را متحمل می‌شوند. این مناطق علاوه بر اینکه در معرض سیل قرار نمی‌گیرد، بلکه تخریب بسیار پایینی در این مناطق صورت می‌گیرد. در نهایت براساس این پارامترها، تعداد پیکسل‌های تغییر یافته (بعد از وقوع سیلاب) در منطقه مورد مطالعه ۶۹۲۳۶۱ پیکسل می‌باشد که بیانگر ۶۲۳۱۲/۴۹ هکتار اراضی تخریب شده در منطقه مورد مطالعه است. نتایج به دست آمده از روش حاضر، به صورت کمی با استفاده از معیارهای پوشش

## ۵- نتیجه گیری

تغییر یافته (بعد از وقوع سیلاب) در منطقه مورد مطالعه ۶۹۲۳۶۱ پیکسل می‌باشد که بیانگر ۶۲۳۱۲/۴۹ هکتار اراضی تخریب شده در منطقه مورد مطالعه است. روش مورد استفاده در این پژوهش، علاوه بر شناسایی پارامترهای مؤثر در قدرت تخریب سیل و برآورد میزان تخریب و خسارات ناشی از آن، قادر به تهیه نقشه سیل نیز می‌باشد. یکی از بهترین مزایای روش حاضر در این است که بعد از دستیابی به پارامترهای مؤثر در قدرت تخریب سیل، دیگر مناطقی که در خطر سیلاب قرار دارند، در مدت زمان کمتر و با سرعت بیشتر شناسایی شده و می‌توان با صرف هزینه کم و مقرون به صرفه، از به وجود آمدن فاجعه و خسارات‌های جبران‌ناپذیر جانی و مالی در سیل‌های آینده مقابله کرد. روش مطالعه حاضر برای مناطق با وسعت زیاد و با تعداد پارامترهای متنوع، می‌تواند بسیار دقیق باشد. داشتن پارامترهای زیاد و همچنین محدوده‌ای با وسعت زیاد، نیازمند یک سامانه‌ی سخت‌افزاری قوی می‌باشد. به عبارتی دیگر، هرچقدر تعداد پارامترها کم باشد کیفیت تصمیم‌گیری ساده‌تر می‌شود. بنابراین، این روش می‌تواند به عنوان یک روش کلیدی در داده‌کاوی و ایجاد پایگاه داده در مدیریت بحران به کار گرفته شده و از خسارات جانی و مالی جبران‌ناپذیر جلوگیری کند.

## پیشنهادات

در آینده انتظار می‌رود که روش فعلی با اضافه کردن اطلاعات کمکی، از جمله اطلاعات زمین شناسی منطقه شامل نقشه خاک و سنگ و غیره و همچنین تلفیق چند داده سنجش از دوری از جمله تصاویر سنتینل-۲ و تصاویر راداری بهبود یابد. استفاده از تصاویر راداری در این مورد می‌تواند بسیار مؤثر باشد. زمانی که سیل رخ می‌دهد، آسمان با ابرهای شدیدی پوشش داده شده و چون امواج راداری قابلیت عبور از ابر را دارا هستند، می‌توانند تصمیم‌گیری خوبی را در زمینه شاخص‌ها از جمله شاخص پوشش گیاهی ارائه دهند.

## مراجع

- [1] C. Green, Flood management from the perspective of integrated water resource management, in: 2nd International Symposium on Flood Defence, Beijing, 2002.
- [2] J. Mashaly, E. Ghoneim, Flash flood hazard using optical,

در پژوهش حاضر، به منظور شناسایی پارامترهای مؤثر در میزان قدرت تخریب سیل مورد مطالعه، از تصاویر ماهواره‌ای لندست-۷ با سنجنده ETM<sup>+</sup>، مدل رقومی ارتفاعی ASTER و روش داده‌کاوی درخت تصمیم استفاده شد. به منظور انجام فرایند روش پژوهش، ابتدا یک سری پیش‌پردازش‌های ضروری بر روی تصاویر لندست-۷ مربوط به قبل و بعد از سیلاب اعمال شد. این پیش‌پردازش‌ها شامل حذف خطای نوارشدگی، تصحیح اتمسفری و تصحیح هندسی است. سپس، پیش‌پردازش مربوط به مدل رقومی ارتفاعی انجام شد که شامل موزائیک و ماسک محدوده دریاچه ارومیه از روی آن بود. در مرحله بعدی بایستی متغیرهای درخت تصمیم تولید می‌شدند که شامل نقشه پوشش گیاهی، نقشه شیب و جهت شیب می‌باشد. به منظور تولید نقشه پوشش گیاهی برای زمان قبل و بعد از سیل، از یک شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI) استفاده شد که این شاخص از انعکاسات طیفی باند مادون قرمز نزدیک (NIR) و باند قرمز (R) تصویر لندست-۷ حاصل می‌شود و بین -۱ تا +۱ متغیر است. همچنین نقشه شیب و جهت شیب با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) تولید شد. بعد از پیش‌پردازش داده‌ها و انتخاب پارامترها، ساختار درخت تصمیم که مهم‌ترین قسمت روش کار است، طراحی شد و هرکدام از پارامترها از قبیل شیب منطقه (کم و زیاد)، نوع پوشش گیاهی (کم، متوسط و زیاد) و جهت شیب (شمالی، شرقی، جنوبی و غربی) برای تصویر قبل و بعد از سیل وارد پردازش درخت تصمیم شدند. نتایج حاصل از درخت تصمیم شامل دو تصویر شبیه‌سازی شده که یکی مربوط به قبل از سیل و دیگری مربوط به بعد از سیل می‌باشد.

نتایج حاصل از مدل‌سازی الگوریتم درخت تصمیم نشان می‌دهد که پارامترهای پوشش گیاهی کم با مقادیر ۰/۲-۰/۴، شیب پایین با مقادیر ۰-۵۰ درصد و جهت‌های جنوبی، غربی و شرقی به ترتیب بیشترین تأثیر را از سیل پذیرفته‌اند. پس از آن نیز پوشش گیاهی متوسط با مقادیر ۰/۴۱-۰/۶، شیب پایین با مقادیر ۰-۵۰ درصد و جهت‌های جنوبی، غربی و شرقی به ترتیب بیشترین تأثیر را پذیرفته‌اند. واضح است مناطقی که پوشش گیاهی متراکم با مقادیر ۰/۶۱-۰/۹۹، شیب بالا و جهت شمالی دارند، تأثیر خیلی ناچیزی از سیل برمی‌دارند. در نهایت براساس این پارامترها، تعداد پیکسل‌های

- 85(2) (2017) 1223-1248.
- [14] H.-J. Ban, Y.-J. Kwon, H. Shin, H.-S. Ryu, S. Hong, Flood monitoring using satellite-based RGB composite imagery and refractive index retrieval in visible and near-infrared bands, *Remote Sensing*, 9(4) (2017) 313.
- [15] S.B. Fatemi, Y. Rezaei, *Basics of Remote Sensing*, Azadeh Tehran, 2014. (In Persian).
- [16] L. Lin, L. Di, E.G. Yu, L. Kang, R. Shrestha, M.S. Rahman, J. Tang, M. Deng, Z. Sun, C. Zhang, A review of remote sensing in flood assessment, in: 2016 Fifth International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics), IEEE, 2016, pp. 1-4.
- [17] D. Notti, D. Giordan, F. Caló, A. Pepe, F. Zucca, J. Galve, Potential and limitations of open satellite data for flood mapping, *Remote Sensing*, 10(11) (2018) 1673.
- [18] G. Schumann, Preface: Remote sensing in flood monitoring and management, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, (2015) 17013-17015.
- [19] L. Pulvirenti, M. Chini, N. Pierdicca, L. Guerriero, P. Ferrazzoli, Flood monitoring using multi-temporal COSMO-SkyMed data: Image segmentation and signature interpretation, *Remote Sensing of Environment*, 115(4) (2011) 990-1002.
- [20] S. Martinis, J. Kersten, A. Twele, A fully automated TerraSAR-X based flood service, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 104 (2015) 203-212.
- [21] L. Landuyt, A. Van Wesemael, F. Van Coillie, N.E. Verhoest, SAR-based flood mapping: an assessment of established approaches, in: *EGU General Assembly Conference Abstracts*, 2018, pp. 14229.
- [22] J. Lu, L. Giustarini, B. Xiong, L. Zhao, Y. Jiang, G. Kuang, Automated flood detection with improved robustness and efficiency using multi-temporal SAR data, *Remote sensing letters*, 5(3) (2014) 240-248.
- [23] S. Zazo, P. Rodríguez-Gonzálvez, J.-L. Molina, D. González-Aguilera, C. Agudelo-Ruiz, D. Hernández-López, Flood hazard assessment supported by reduced cost aerial precision photogrammetry, *Remote Sensing*, 10(10) (2018) 1566.
- radar, and stereo-pair derived dem: Eastern desert, Egypt, *Remote Sensing*, 10(8) (2018) 1204.
- [3] M.R. Asgharimoghaddam, *Natural Geography of the City: Hydrology and flooding of the city*, First ed., Masi, Tehran 2008. (In Persian).
- [4] K. Alderman, L.R. Turner, S. Tong, Floods and human health: a systematic review, *Environment international*, 47 (2012) 37-47.
- [5] N.R. Bond, P.S. Lake, A.H. Arthington, The impacts of drought on freshwater ecosystems: an Australian perspective, *Hydrobiologia*, 600(1) (2008) 3-16.
- [6] D.F. Charron, M.K. Thomas, D. Waltner-Toews, J.J. Aramini, T. Edge, R.A. Kent, A.R. Maarouf, J. Wilson, Vulnerability of waterborne diseases to climate change in Canada: a review, *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 67(20-22) (2004) 1667-1677.
- [7] M. Hisayoshi Kondo, M. Norimasa Seo, M. Tadashi Yasuda, M. Masahiro Hasizume, M. Yuichi Koido, M. Noriimi Ninomiya, Post-flood—Infectious Diseases in Mozambique, *Prehospital and Disaster Medicine*, 14(12,000) (2002) 10,570.
- [8] P.S. Lake, Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters, *Freshwater biology*, 48(7) (2003) 1161-1172.
- [9] K. Li, S. Wu, E. Dai, Z. Xu, Flood loss analysis and quantitative risk assessment in China, *Natural hazards*, 63(2) (2012) 737-760.
- [10] F. Sun, W. Sun, J. Chen, P. Gong, Comparison and improvement of methods for identifying waterbodies in remotely sensed imagery, *International journal of remote sensing*, 33(21) (2012) 6854-6875.
- [11] M. Rahman, L. Di, E. Yu, L. Lin, C. Zhang, J. Tang, Rapid flood progress monitoring in cropland with NASA SMAP, *Remote Sensing*, 11(2) (2019) 191.
- [12] J. Sanyal, X. Lu, Application of remote sensing in flood management with special reference to monsoon Asia: a review, *Natural Hazards*, 33(2) (2004) 283-301.
- [13] M.S. Rahman, L. Di, The state of the art of spaceborne remote sensing in flood management, *Natural Hazards*,

- Achievements in Engineering and Basic Sciences, Tehran, 2014. (In Persian).
- [27] R. Zielinski, J. Chmiel, Vertical accuracy assessment of SRTM C-band DEM data for different terrain characteristics, New developments and challenges in remote sensing (ed. BOCHENEK Z.)(Millpress, Rotterdam 2007), (2007) 685-693.
- [28] T. Lillesand, R.W. Kiefer, J. Chipman, Remote sensing and image interpretation, John Wiley & Sons, 2015.
- [29] S.N. Goward, B. Markham, D.G. Dye, W. Dulaney, J. Yang, Normalized difference vegetation index measurements from the Advanced Very High Resolution Radiometer, Remote sensing of environment, 35(2-3) (1991) 257-277.
- [24] R. Kazemi, J. Porhemmat, Investigating the relationship between flood intensity and land use in Kerman province basins, in: 13th National Conference on Watershed Management Science and Engineering and 3rd National Conference on Natural and Environmental Conservation, Focusing on Watershed and Protecting Natural Resources and the Environment, Ardebil, 2018. (In Persian).
- [25] M.R. Shami, A.R. Nazari, A.H. Afsardir, A.R. Saeidi, Investigation of floods occurrence in villages of Langrood functions and explaining the method of influence, in: 5th Conference Flood Management and Engineering Conference, Tehran, 2017. (In Persian).
- [26] H.R. Tahmasebi, M. Alishahi, Study of the Importance and Usage of Data Mining in Organizations, Proposals and Solutions, in: National Conference on Electronic

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

H. Farhadi, A. Esmaily, M. Najafzadeh, (2021). Developing a Decision Tree based on Data Mining Method for Detecting the Influential Parameters on the Power of Flood Destruction. *Amirkabir J. Civil Eng.*, 53(5): 1763-1780

DOI: [10.22060/ceej.2020.17119.6465](https://doi.org/10.22060/ceej.2020.17119.6465)



