

فصلنامه پژوهشی - تخصصی شهرسازی و معماری هویت محیط

دوره ۱، شماره ۱، زمستان ۱۳۹۸

<http://www.ei-journal.ir>

صص. ۱۴-۱

## ارزیابی نقش مخاطرات ژئومورفولوژیکی در روند توسعه فیزیکی شهرها

(مورد مطالعه: شهر قروه)

حمید گنجائیان<sup>۱</sup>، مرتضی اکبریان، امیرعلی عباسزاده

دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا، تهران ([h.ganjaeian@ut.ac.ir](mailto:h.ganjaeian@ut.ac.ir))

کارشناس ارشد هیدروژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا، تهران ([Akbarian@ut.ac.ir](mailto:Akbarian@ut.ac.ir))

کارشناس ارشد جغرافیای سیاسی، دانشگاه فردوسی، مشهد ([amirali.abbaszade@gmail.com](mailto:amirali.abbaszade@gmail.com))

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۶

**چکیده:** روند افزایشی جمعیت سبب تسریع در توسعه فیزیکی شهرها و افزایش مخاطرات ژئومورفولوژی در نواحی شهری شده است. با توجه به اهمیت مخاطرات و همراه بودن آن با خسارات جانی و مالی، در این پژوهش به ارزیابی مخاطرات پیشروی محدوده شهری قروه و ناحیه منفصل شهری قلعه پرداخته شده است. با توجه به اینکه هدف از این پژوهش شناسایی مخاطرات ژئومورفولوژی شهر قروه است، ابتدا با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی مختلف و اطلاعات کتابخانه‌ای و بازدیدهای میدانی، وضعیت کلی منطقه مورد ارزیابی قرار گرفته شده است و ۳ نوع مخاطره حرکات دامنه‌ای، سیلاب و فرونشست برای منطقه تشخیص داده شده است و سپس با استفاده از منطق فازی، استفاده از تصاویر راداری و روش SBAS و همچنین استفاده از بازدیدهای میدانی، به ترتیب مناطق مستعد وقوع حرکات دامنه‌ای، فرونشست و سیلاب شناسایی شده است. نتایج ارزیابی‌ها بیانگر این است که محدوده مطالعاتی خصوصاً نواحی حاشیه جنوبی شهر قروه و حاشیه رودخانه قلعه با حداکثر ۴۷ میلی‌متر فرونشست، دارای پتانسیل بالایی جهت فرونشست است. همچنین با توجه به وضعیت رودخانه قلعه، مناطق حاشیه‌ای این رودخانه که در طی سال‌های اخیر مورد توجه سکونتگاه‌های زیادی قرار گرفته است، دارای پتانسیل زیادی جهت وقوع سیلاب است و به علاوه بخش‌هایی از محدوده غربی شهر قروه که به سمت دامنه‌های کوه کولوا پیشروی کرده‌اند، در معرض حرکات دامنه‌ای هستند.

**واژگان کلیدی:** توسعه فیزیکی، مخاطرات ژئومورفولوژی، قروه، ABAS

نحوه استناد به مقاله:

گنجائیان، حمید، اکبریان، مرتضی، عباسزاده، امیرعلی. (۱۳۹۸). ارزیابی نقش مخاطرات ژئومورفولوژیکی در روند توسعه فیزیکی شهرها (مورد مطالعه: شهر قروه). فصلنامه پژوهشی - تخصصی شهرسازی و معماری هویت محیط، (۱)، زمستان ۱۳۹۸. ۱۴-۱.

[http://www.ei-journal.ir/article\\_96014.html](http://www.ei-journal.ir/article_96014.html)

## ۱- مقدمه

افزایش جمعیت به نوبه خوب باعث توسعه فیزیکی و کالبدی نواحی شهری می‌شود (روستا و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۸۴). شهرها در ادامه روند توسعه فیزیکی خود با پدیده‌های ژئومورفولوژیک مواجه می‌شوند که این پدیده‌ها می‌توانند نقش موثری در توسعه داشته باشند و یا اینکه باعث محدودیت در توسعه فیزیکی شهرها شوند (شایان و همکاران، ۱۳۸۸: ۳۲). بسیاری از شهرها به طور مستقیم در معرض مخاطرات محیطی قرار دارند، این مسئله به این معنا است که این شهرها به مکان اصلی بسیاری از بلایای احتمالی تبدیل خواهند شد (لئون و مارچ<sup>۲</sup>، ۲۰۱۴: ۲۵۱). در این میان مخاطرات ژئومورفولوژی به عنوان بالایی طبیعی هستند که می‌توان آثار و عواقب فاجعه‌آمیز آن را به کمک برنامه‌ریزی‌های از پیش تعیین شده کاهش داد (ملکی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۸۴). نوع مخاطرات ژئومورفولوژی در مناطق مختلف متأثر از عوامل هیدروژئومورفولوژی، اقلیمی و زمین-ساختی می‌باشد و با توجه به تنوع ایران از نظر موارد مذکور، نوع مخاطرات ژئومورفولوژی در مناطق مختلف کشور از تنوع زیادی برخوردار است. شهر قروه با توجه به موقعیت جغرافیایی در پهنه با لرزه‌خیزی پایین قرار دارد، اما با توجه به قرار گرفتن در یکی از دشت‌های ممنوعه استان کردستان (از نظر برداشت بی رویه آب‌های زیرزمینی) دارای پتانسیل بالایی از نظر مخاطره فرونشست است. همچنین روند توسعه فیزیکی شهر قروه در طی سال‌های اخیر سبب شده است تا بخشی از نواحی سکونتگاهی در بخش غربی شهر قروه به سمت دامنه‌های پرشیب و جهات رو به شمال حرکت کنند که مناطق مستعد وقوع حرکات دامنه‌ای هستند و به علاوه پیش‌روی نواحی سکونتگاهی در حاشیه شرقی شهر قروه و مناطق غربی ناحیه منفصل شهری قلعه به سمت پادگانه رودخانه و دشت سیلابی نیز سبب شده است تا این مناطق هم در معرض وقوع سیلاب باشند. با توجه به اهمیت موارد مذکور، در این پژوهش به ارزیابی روند توسعه فیزیکی شهر قروه و ناحیه منفصل شهری قلعه و مخاطرات پیش‌روی آن‌ها پرداخته شده است.

در مورد مخاطرات ژئومورفولوژیکی پژوهش‌های مختلفی در سطح ایران و جهان صورت گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به وانگ<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۲) اشاره کرد که به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه ساحل جنوبی چین پرداختند و نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش منطقه را تهیه کرده‌اند. سیلوا<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۴) وضعیت سیل‌خیزی رودخانه سدروس در برزیل را مورد ارزیابی قرار دادند و بیان داشتند که جاده‌ها و ساختمان‌ها در اطراف پل و بالادست رودخانه بیش‌تر در معرض خطر سیل هستند. ژاو<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۷) فرونشست دشت شرقی پکن را مورد ارزیابی قرار دادند و میزان آن را ۱۴۶ میلی‌متر در سال برآورد کرده‌اند. همچنین دیو<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۷) میزان فرونشست شبه جزیره لیژاوو در چین را ۳۲ میلی‌متر در سال برآورد کرده‌اند. در ایران نیز جمالی و همکاران (۱۳۹۴) به تحلیل فضایی مخاطرات ژئومورفولوژیکی توسعه کلان شهر شیراز پرداختند. صفاری و جعفری (۱۳۹۵) به ارزیابی میزان فرونشست در دشت کرج-شهریار پرداختند و حداکثر میزان آن را ۱۳۶ میلی‌متر در سال برآورد کرده‌اند. اصغری کلجاهی و همکاران (۱۳۹۵) خطر زمین‌لغزش در بخش غربی شهرستان خوی را مورد ارزیابی قرار داده‌اند و بیان دارند که حدود ۵/۶ درصد از منطقه در پهنه با خطر بسیار بالا و ۲۳ درصد از منطقه در پهنه با خطر بالا قرار دارد. نیری و همکاران (۱۳۹۵) به

2 . Leon &amp; March

3 . Wang

4 . Silva

5 . Zhou

6 . Du

بررسی خطر زمین لغزش در محدوده شهری بیجار پرداختند و بیان دارند که ۴۱ درصد از محدوده شهر بیجار جزء مناطق دارای خطر زمین لغزش محسوب می‌شود. راد و همکاران (۱۳۹۶) به پهنه بندی مناطق مستعد وقوع سیلاب در پایین دست حوضه آبخیز خرم‌آباد پرداختند و بیان داشتند که بیش‌ترین سطح درگیر سیل به ترتیب اراضی زراعی دیم، مراتع، جاده، اراضی مسکونی و زمین‌های رها شده هستند.

## ۲- مبانی نظری

محل استقرار سکونتگاه‌ها و سایر تأسیساتی که انسان ایجاد می‌کند، کاملاً تحت تأثیر عوامل محیطی به ویژه ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی است. امروزه به تبع رشد سریع جمعیت، توسعه ساخت و سازها اجتناب ناپذیر است و تأثیر نامطلوب نیازهای بشر بر روی زمین و همچنین بهره‌برداری از مناطق اطراف شهرها و روستاها برای ایجاد خانه و تأسیسات اقتصادی و صنعتی گسترش روزافزون می‌یابد. صنعتی شدن جوامع و گسترش اقتصاد سرمایه‌داری مشکل را دو چندان کرده است و اکثر بناها با اندیشه و تعمق کم‌تری بر روی زمین بنا می‌شوند. این مشکل در کشورهای در حال توسعه، به علت تنگناهای اقتصادی، چشم‌گیرتر است و هنوز هم در این مناطق به طور مطلوب از فناوری‌های پیشرفته برای حل مشکلات انسان‌ها یا پیش‌گیری از بروز آنها استفاده نمی‌شود. این امر باعث می‌شود که بلایای طبیعی همه ساله جان هزاران انسان را بگیرند و خسارت‌های هنگفتی به اقتصاد این کشورها وارد کنند (روستایی و جباری، ۱۳۹۱: ۱).

ژئومورفولوژی یکی از علوم زمین است که مدیران شهری، برنامه‌ریزان و سایر متولیان مسائل اقتصادی و فنی را در انتخاب مکان‌های مطلوب برای استقرار و توسعه سکونتگاه‌ها و سایر ساخت و سازها کمک می‌کند. بررسی مشکلات مربوط به انتخاب مکان مناسب برای ایجاد شهرها، چگونگی استقرار ساختمان‌ها در داخل شهرها، آثار توسعه شهرها روی زمین شکل‌ها و زمین‌های اطراف و نظایر این‌ها، موضوع‌های مورد مطالعه ژئومورفولوژی شهری است (روستایی و جباری، ۱۳۹۱: ۲). ژئومورفولوژی شهری مرکب از سه عنصر: ویژگی‌های زمین‌شناسی، اشکال سطح زمین و فرایندهای شکل‌زایی است که در چارچوب واکنش‌هایی ناشی از مسائل شهرنشینی محصور شده است و خود بر روی شهر تأثیرگذار است (لارسن و ویتالی<sup>۷</sup>، ۲۰۰۹: ۵). بر این اساس یکی از رشته‌های علمی که پیرامون مسائل کاربردی‌های زمین و در برنامه‌ریزی و مدیریت محیطی شهرها نقش کاربردی و مؤثری را ایفا می‌کند و نیز از قدمتی بالایی برخوردار است، علم ژئومورفولوژی به عنوان شاخه‌ای از علوم زمین است (فریدونی کردستانی، ۱۳۹۵: ۱۹).

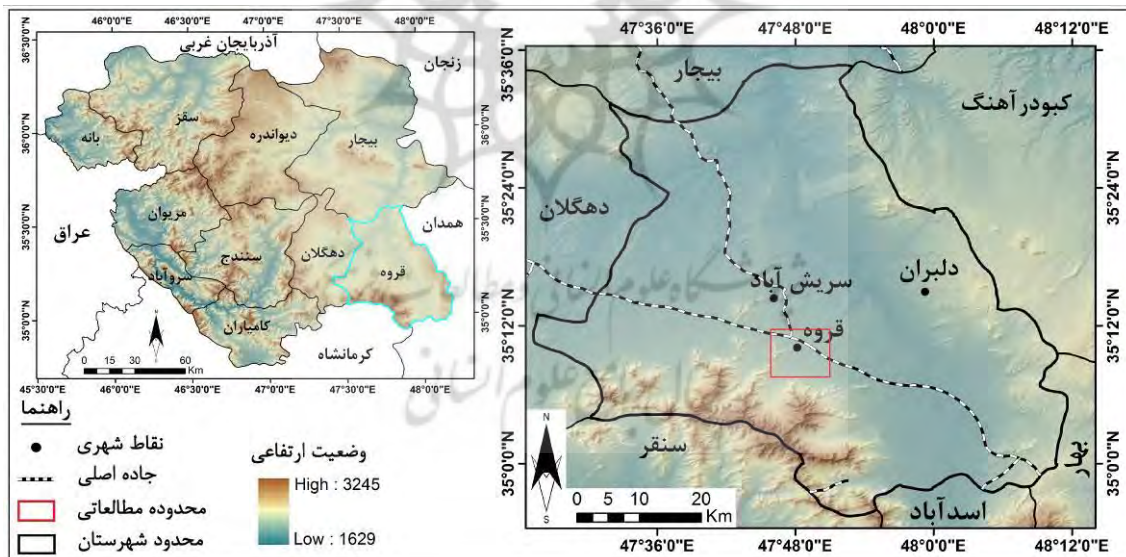
شهرها در طول زمان در رابطه با شرایط طبیعی رشد متفاوتی را داشته‌اند. تا جایی که برنامه‌ریزان شهری در حال حاضر به دنبال مکان‌یابی مناسبی به‌منظور کنترل مدیریت سرریز جمعیت فعلی آینده هستند. یکی از موارد مهمی که به‌عنوان بستر و زمینه‌ساز پایدار در طول برنامه‌ریزی شهری باید در مرکز توجه قرار گیرد مطالعه و شناخت عوارض طبیعی یا مورفولوژیکی آن منطقه است (نجفی، ۱۳۸۹؛ به نقل از فریدونی کردستانی، ۱۳۹۵: ۲۰). مفهوم ژئومورفولوژی شهری، در چارچوب درک متقابل آثار فرآیندهای ژئومورفولوژی و مسائل شهری و در نهایت خدمت به مردم رفاه آن‌هاست. همچنین تبیین راهکارهایی جهت آگاهی و استانداردسازی برای شهرسازها، سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان شهری نیز از دیگر مفاهیم اساسی آن به شمار می‌آید (مقیم، ۱۳۸۵؛ به نقل از فریدونی کردستانی، ۱۳۹۵: ۲۰). نمونه‌های موردی متعددی از مسائل تأثیرگذار ژئومورفولوژی شهری در سطح جهان مورد بررسی قرار گرفته است از جمله ناپایداری دامنه‌ای و اثرات شیب‌ها، مخاطرات ناشی از زمین‌لرزه، افزایش مسائل سیلاب‌های شهری و... که با تجزیه و تحلیل این

7. Larsen & Vitali

مسائل از سوی ژئومورفولوژیست‌های شهری، راهنمای سودمندی برای مهندسان (شهرسازان)، مدیران شهری و برنامه‌ریزان شهری به وجود می‌آید. به بیان دیگر ژئومورفولوژی شهری به تحلیل ارتباط متقابل میان مسائل شهری و مسائل ژئومورفولوژیک نظیر فرم و فرایند دامنه‌ای، آبراهه‌ای، بادی، ساحلی و... می‌پردازد؛ بنابراین تبیین مفهوم ژئومورفولوژی می‌تواند روند برنامه‌ریزی و مدیریت شهری را در ارتباط با فرم‌ها و فرایندهای ژئومورفولوژی با روند پایداری روبرو سازد در نتیجه تفسیرهای ژئومورفولوژی و شهر به صورت مجزا در دستیابی به شکل پایدار شهر میسر خواهد شد (فریدونی کردستانی، ۱۳۹۵: ۲۰).

### ۳- محدوده مطالعاتی

محدوده مطالعاتی منطبق بر محدوده شهری قروه و ناحیه منفصل شهری قلعه است که از نظر تقسیمات سیاسی در شرق استان کردستان قرار دارد. شهر قروه به عنوان مرکز شهرستان قروه محسوب می‌شود و ناحیه قلعه نیز در سال ۱۳۹۲ به عنوان ناحیه منفصل شهری قروه معرفی شده است. تا قبل از سال ۱۳۹۲، قلعه به عنوان یکی از روستاهای پرجمعیت استان کردستان محسوب می‌شد، به طوری که در سرشماری سال ۱۳۸۵ دارای ۴۰۲۹ نفر جمعیت بوده است. محدوده مطالعاتی از نظر ژئومورفولوژی در واحد دشت قرار گرفته است که بخش‌هایی از غرب آن را واحد کوهستان و همچنین بخش‌هایی از شرق آن را نیز واحد پادگانه رودخانه‌ای شامل می‌شود. همچنین این منطقه از نظر آب و هوایی نیز دارای زمستان‌های بسیار سرد و تابستان‌های نسبتاً خنک است و دارای میانگین بارش ۳۰۰ میلی‌متر در سال می‌باشد (گنجائیان، ۱۳۹۵: ۲). در شکل (۱) نقشه موقعیت محدوده مطالعاتی نشان داده شده است.



شکل (۱) نقشه موقعیت محدوده مطالعاتی

### ۴- روش پژوهش

این پژوهش بر مبنای روش‌های توصیفی-تحلیلی استوار است. داده‌های پژوهش شامل نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ (جهت بررسی وضعیت توپوگرافی منطقه)، مدل رقومی ارتفاعی (DEM) ۱۰ و ۳۰ متر (جهت



تهیه نقشه‌های مناطق مستعد مخاطره، تصاویر راداری ماهواره سنتینل ۱ (جهت ارزیابی فرونشست منطقه)، اطلاعات مربوط به وضعیت آب‌های زیرزمینی منطقه (جهت صحت‌سنجی ارزیابی میزان فرونشست) و لایه‌های مختلف اطلاعاتی می‌باشد. ابزارهای پژوهش نیز شامل نرم‌افزار ARCGIS (برای تهیه نقشه و خروجی‌ها)، GMT (جهت انجام مراحل تداخل‌سنجی راداری و اجرای روش SBAS) و ... می‌باشد. در این پژوهش به منظور ارزیابی مخاطرات پیش‌رو در محدوده مطالعاتی، ابتدا با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی مختلف و اطلاعات کتابخانه‌ای و بازدیدهای میدانی، وضعیت کلی منطقه مورد ارزیابی قرار گرفته شده است و سپس ۳ نوع مخاطره حرکات دامنه‌ای، سیلاب و فرونشست برای منطقه تشخیص داده شده است. که در ادامه به تشریح روش‌های بررسی مخاطرات پیش‌رو پرداخته شده است:

**۴-۱- بررسی مخاطره حرکات دامنه‌ای:** در این پژوهش به منظور تعیین مناطق مستعد وقوع حرکات دامنه‌ای از ۵ لایه شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از رودخانه، و فاصله از جاده استفاده شده است که برای این منظور، پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی و استانداردسازی آن‌ها، لایه‌ها با استفاده از مدل منطق‌فازی با هم ترکیب شده‌اند و در نهایت نقشه مناطق مستعد وقوع حرکات دامنه‌ای مشخص شده است. نقشه نهایی حاصله به دو کلاس مناطق مستعد و غیر مستعد تقسیم شده است.

**۴-۲- بررسی مخاطره سیلاب:** به منظور شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب روش‌های مختلفی وجود دارد. با توجه به اینکه محدوده مطالعاتی در این پژوهش به صورت حوضه‌ای نیست و همچنین در مسیر رودخانه مورد نظر اختلاف ارتفاع و شیب نداریم، بنابراین با استفاده از شواهد دشت سیلابی محدوده، مناطق مستعد وقوع سیلاب شناسایی شده است؛ برای این منظور ابتدا با استفاده از تصاویر گوگل ارث محدوده پادگانه رودخانه قلعه مشخص شده است و سپس با استفاده از DEM ۱۰ متر منطقه، تصاویر گوگل ارث و بازدیدهای میدانی، محدوده دشت سیلابی مشخص شده است.

**۴-۳- ارزیابی میزان فرونشست:** در این پژوهش به منظور ارزیابی میزان فرونشست در محدوده مطالعاتی از ۱۶ تصویر راداری ماهواره سنتینل ۱ (همه تصاویر به صورت SLC، دارای پولاریزیشن VV و حالت مداری صعودی هستند) و روش تداخل‌سنجی راداری استفاده شده است. روش تداخل‌سنجی راداری یکی از ابزارهای توانمند جهت پایش پدیده فرونشست است. این روش با مقایسه فازهای دو تصویر راداری که از یک منطقه در دو زمان مختلف اخذ شده‌اند، قادر به تعیین تغییرات سطح زمین در آن بازه زمانی می‌باشد. در یک تداخل نگاشت اطلاعات اختلاف فاز دو تصویر که گویای اختلاف فاصله عارضه تا سنجنده در دو زمان تصویربرداری است، وجود دارد. اما با توجه به اینکه هر تداخل نگار شامل منطقه بزرگی با همبستگی پایین است، بنابراین نتایج آن قابل اعتماد نیست به همین دلیل روش تداخل‌سنجی راداری به تنهایی نمی‌تواند تغییرات صورت گرفته را نشان داد. در این راستا برای حل مشکل، روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است که یکی از آن‌ها روش سری زمانی SBAS است (ژائو<sup>۸</sup>، ۲۰۱۳). در این روش تنها زوج تصاویری مورد استفاده قرار می‌گیرند که مؤلفه قائم خط مبنای آن‌ها کم‌تر از مقدار بحرانی خط مبنای باشد، همچنین خط مبنای زمانی آن‌ها نیز هم‌زمان کمینه باشد. به این ترتیب، فقط تداخل نگارهایی تشکیل می‌شوند که کیفیت مناسبی داشته باشند. پس از تشکیل این تداخل‌نگارها، یک شبکه از تصاویر ایجاد می‌شود، سپس با استفاده از روش

8 . Zhou

9 . Temporal baseline

کمترین مربعات، مقدار جابجایی هر پیکسل تخمین زده می‌شود (دونگ<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۱۴). در جدول (۱) تاریخ تصاویر مورد استفاده نشان داده شده است.

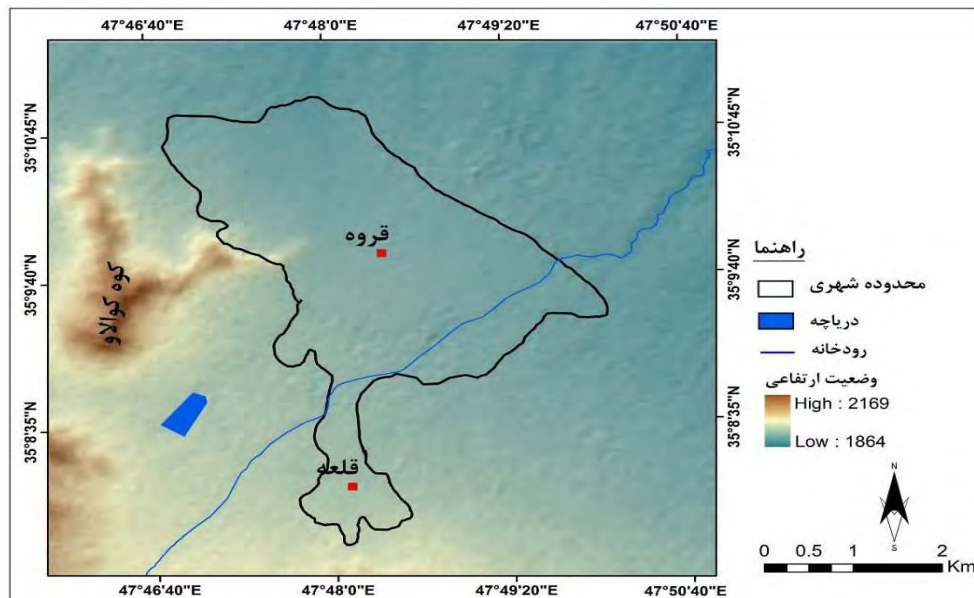
جدول (۱) مشخصات تصاویر مورد استفاده

ردیف	تاریخ	ردیف	تاریخ
۱	۲۰۱۶/۰۱/۱۱	۹	۲۰۱۷/۰۱/۰۵
۲	۲۰۱۶/۰۲/۲۸	۱۰	۲۰۱۷/۰۳/۰۶
۳	۲۰۱۶/۰۳/۲۳	۱۱	۲۰۱۷/۰۴/۲۳
۴	۲۰۱۶/۰۵/۱۰	۱۲	۲۰۱۷/۰۶/۱۰
۵	۲۰۱۶/۰۷/۰۹	۱۳	۲۰۱۷/۰۷/۲۸
۶	۲۰۱۶/۰۸/۱۴	۱۴	۲۰۱۷/۰۹/۱۴
۷	۲۰۱۶/۱۰/۰۱	۱۵	۲۰۱۷/۱۱/۰۱
۸	۲۰۱۶/۱۱/۱۸	۱۶	۲۰۱۷/۱۲/۱۹

## ۵- بحث و نتایج

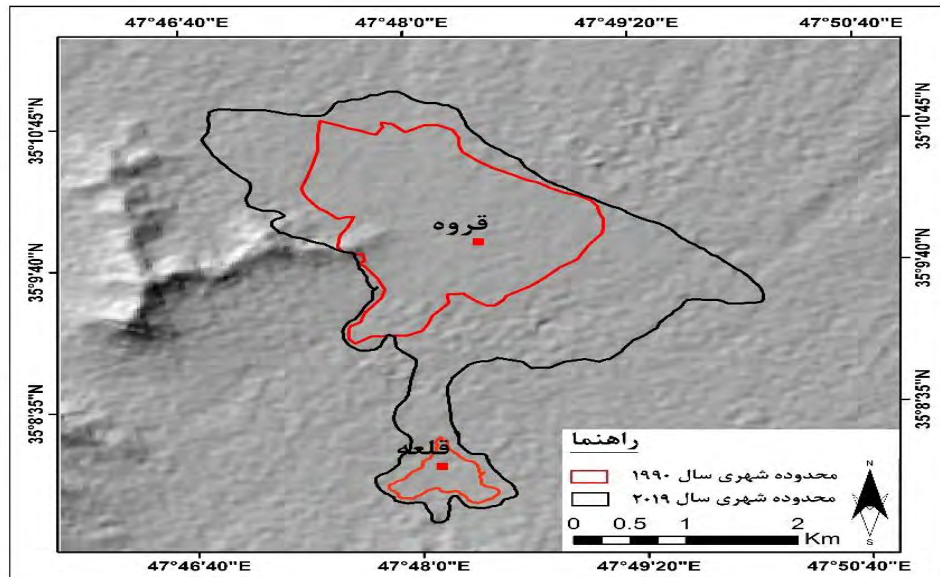
روند توسعه فیزیکی شهرها در طی سال‌های اخیر سبب شده است که بخشی از مناطق شهری به سمت مناطق مخاطره‌آفرین پیش‌روی کنند. شهر قروه نیز در طی سال‌های اخیر با رشد قابل توجهی همراه بوده است که این عامل سبب حرکت نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مخاطره‌آفرین شده است. در ادامه به تشریح وضعیت ژئومورفولوژی شهری قروه، توسعه فیزیکی و همچنین مناطق مخاطره‌آفرین آن پرداخته شده است.

**۵-۱- وضعیت ژئومورفولوژی شهر قروه:** شهر قروه از نظر ژئومورفولوژی در واحد دشت استقرار یافته است و نسبت به سایر شهرهای استان کردستان، محدودیت کمتری جهت توسعه فیزیکی دارد. این شهر از سمت غرب به کوه کولوا منتهی می‌شود و همین عامل سبب شده است تا بخش‌هایی از غرب این شهر در نواحی با شیب زیاد استقرار یابد. در سایر بخش‌های محدوده شهری، میزان اختلاف ارتفاع ناچیز است و به همین دلیل بخش زیادی از محدوده شهری دارای شیب کم‌تر از ۵ درصد است. یکی از مهم‌ترین موانع ژئومورفولوژیکی توسعه فیزیکی شهر قروه، رودخانه قلعه در شرق قروه است که سبب جدا شدن بخش‌هایی از شهر قروه و همچنین ناحیه منفصل شهری قلعه از محدوده اصلی شهر شده است. در شکل (۲) نقشه وضعیت توپوگرافی شهر قروه نشان داده شده است.



شکل (۲) نقشه توپوگرافی محدوده مطالعاتی

**۵-۲- توسعه فیزیکی شهر قروه:** متناسب با روند افزایش جمعیت، سکونتگاه‌های شهری نیز افزایش می‌یابد. در واقع، در طول زمان و به موازات رشد جمعیت، شهر قروه و ناحیه منفصل شهری قلعه با توسعه فیزیکی قابل توجهی مواجه بوده است، به طوری که شهر قروه در سال ۱۹۹۰ حدود ۳/۳ کیلومترمربع وسعت داشته است که این میزان در سال ۲۰۱۹ به ۷/۴ کیلومترمربع افزایش یافته است. همچنین ناحیه منفصل شهری قلعه نیز در سال ۱۹۹۰ حدود ۱ کیلومترمربع بوده است که این میزان در سال ۲۰۱۹ به حدود ۳/۲ کیلومترمربع افزایش یافته است. در شکل (۳) نقشه محدوده شهری قروه و ناحیه منفصل شهری قلعه در طی سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۹ نشان داده شده است. بر اساس نقشه مذکور روند توسعه فیزیکی شهر قروه در طی سال‌های اخیر بیش‌تر به سمت مناطق شرقی و شمال غربی محدوده شهری بوده است که در این روند وجود دامنه‌های کوه کولوا در بخش غرب و جنوب غرب نقش مهمی داشته است. همچنین روند توسعه فیزیکی ناحیه منفصل شهری قلعه نیز در طی سال‌های اخیر بیش‌تر به سمت مناطق غربی و محدوده شهری قروه بوده است که همین عامل سبب حرکت نواحی سکونتگاهی به سمت حریم رودخانه شده است.



شکل (۳) نقشه محدوده شهر قروه و ناحیه منفصل شهری قله قروه در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۹

### ۵-۳- مناطق مستعد مخاطرات ژئومورفولوژی در شهر قروه: مخاطرات ژئومورفولوژی شهری در مناطق

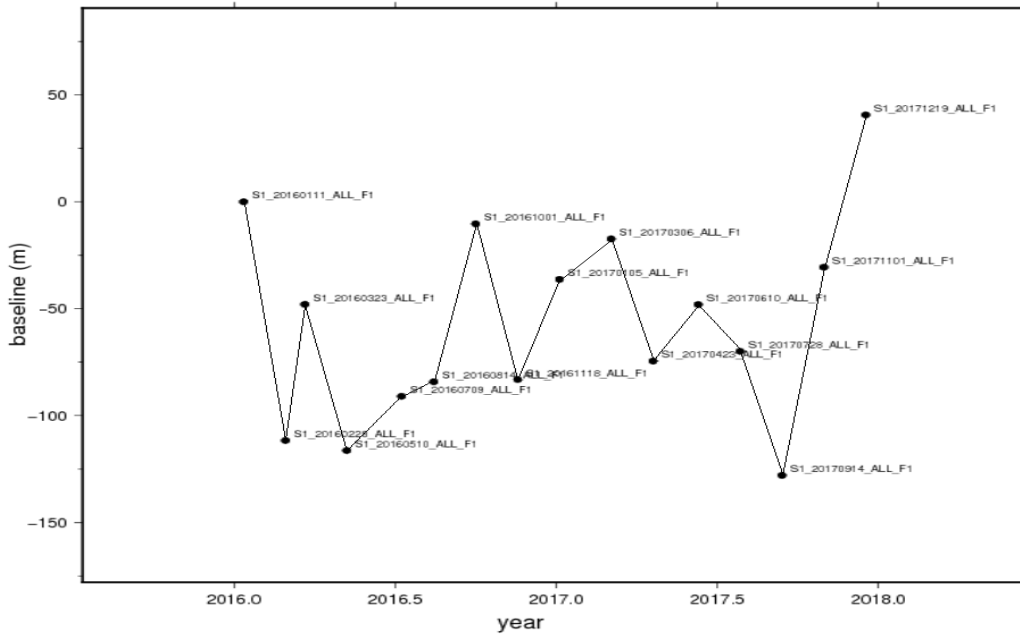
مختلف متفاوت است و مجموعه‌ای از مخاطرات را شامل می‌شود که می‌تواند آسیب‌های زیادی را برای مناطق شهری به بار آورد. شهر قروه با توجه به وضعیت ژئومورفولوژی که دارد پتانسیل وقوع مخاطراتی از قبیل فرونشست، سیلاب و حرکات دامنه‌ای را دارد که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است:

**فرونشست:** فرونشست به عنوان یکی از انواع تغییرات شکل زمین محسوب می‌شود که سبب جابجایی عمودی سطح زمین می‌شود (دکلارک<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۷) و تحت تاثیر عوامل مختلف تکتونیکی و انسانی مانند زمین‌لرزه و برداشت بیش از حد آب‌های زیرزمینی رخ می‌دهد (چن<sup>۱۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). شهر قروه در دشت قروه واقع شده است که به عنوان یکی از دشتهای ممنوعه استان کردستان محسوب می‌شود. این دشت در طی سال‌های اخیر با افت زیاد سطح آب‌های زیرزمینی مواجه شده است، به طوری که در طی دوره زمانی ۲۴ ساله (سال‌های آبی ۶۷-۱۳۶۶ تا ۹۰-۱۳۸۹) نوسانات سطح آب زیرزمینی در این دشت ۱۳/۲۹- متر است که متوسط سالانه آن برابر با ۰/۵۵- متر می‌باشد (گروسی، ۱۳۹۵: ۷۳). با توجه به اینکه دشت قروه در طی سال‌های اخیر با افت شدید سطح آب زیرزمینی مواجه بوده است، دشت قروه و بخصوص محدوده شهری قروه و ناحیه منفصل شهری قله، پتانسیل فرونشست را دارد که می‌تواند به صورت تدریجی و نامحسوس به مناطق مسکونی و خصوصا سازه‌های سنگین آسیب‌های جدی وارد کند. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش به منظور ارزیابی میزان فرونشست محدوده مطالعاتی از ۱۶ تصویر راداری و روش SBAS استفاده شده است که پس از انجام پیش پردازش‌های لازم، با توجه به خط مبنای زمانی و مکانی تصاویر نقشه‌های اینترفروگرام تهیه شده است. در شکل (۴) وضعیت خط مبنای زمانی و مکانی تصاویر نشان داده شده است.

11 . Declercq

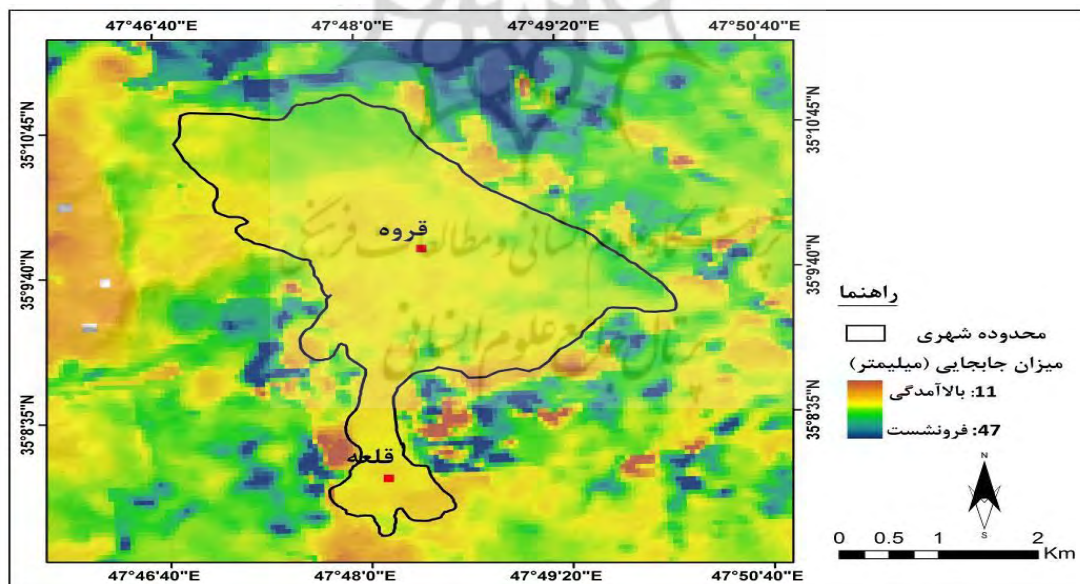
12 . Chen





شکل (۴) انتخاب تصاویر بر اساس کم‌ترین خط مبنای زمانی و مکانی

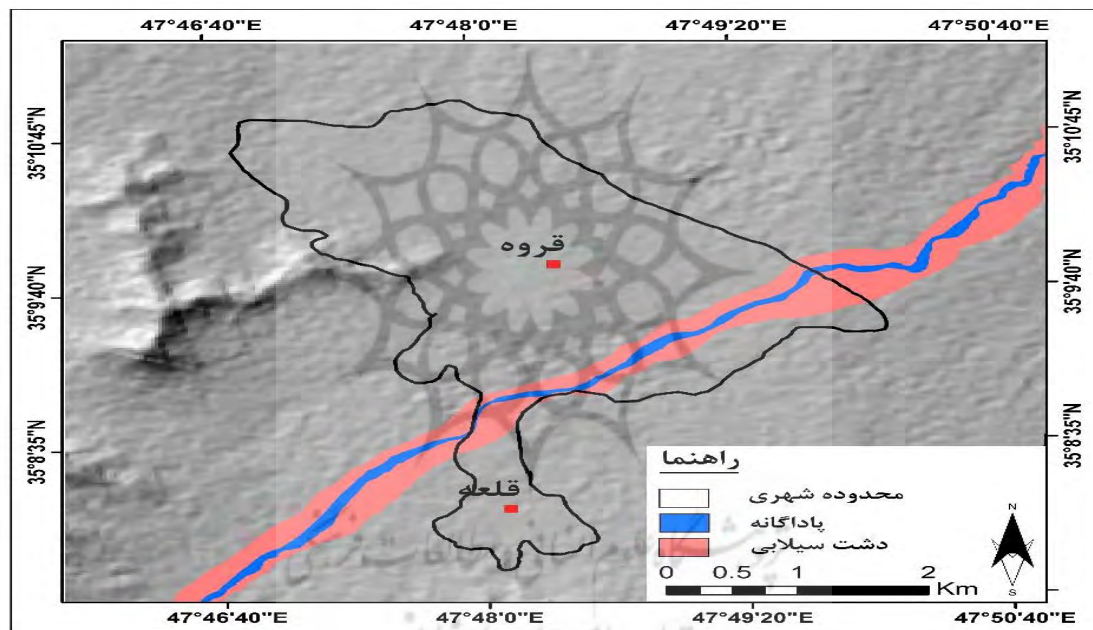
پس از تهیه نقشه‌های اینترفروگرام، نقشه نهایی میزان فرونشست محدوده مطالعاتی در طی دوره زمانی ۲ ساله (۲۰۱۶/۰۱/۱۱ تا ۲۰۱۷/۱۲/۱۹) تهیه شده است (شکل (۵)). بر اساس نقشه وضعیت فرونشست منطقه، بخش‌های از حاشیه شهری قروه و ناحیه منفصل شهری قلعه در معرض وقوع فرونشست هستند که حداکثر میزان آن با ۴۷ میلی‌متر مربوط به حاشیه جنوبی و شرقی شهر قروه می‌باشد.



شکل (۵) نقشه فرونشست محدوده مطالعاتی در طی دوره زمانی ۲ ساله (۲۰۱۶/۰۱/۱۱ تا ۲۰۱۷/۱۲/۱۹)

-سیلاب: سیلاب‌ها به عنوان یکی از مخرب‌ترین مخاطراتی محسوب می‌شوند که در مناطق شهری می‌توانند خسارات زیادی را به بار آورند (قهرودی تالی، ۱۳۹۱: ۲) به طوری که بر اساس گزارش پایگاه داده بین‌المللی مخاطرات، سیلاب‌ها در کنار زلزله و خشکسالی بالاترین خسارات جانی و مالی را داشته‌اند (پایگاه داده بین-

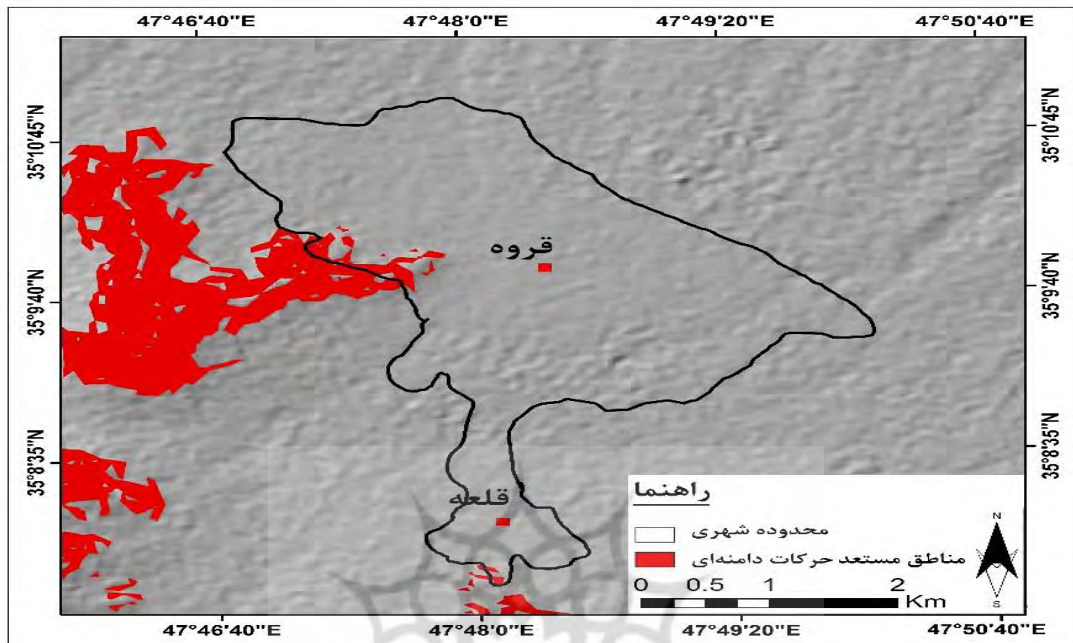
المللی مخاطرات<sup>۱۳</sup>، ۲۰۱۶). امروزه روند افزایشی جمعیت سبب توسعه نواحی سکونتگاهی و پیشروی به سمت حریم رودخانه و مسیلها شده است که این عامل سبب تسطیح زمین، تجاوز به حریم رودخانهها و مسیلها و در نهایت تغییر الگوی زهکشی طبیعی و جاری شدن جریان در سطح شهرها می شود (سپهر و کاویانی، ۱۳۹۳: ۱۲۶). اهمیت وقوع سیلابها در چند ماه اخیر به علت وقوع سیلابهای متعدد در نقاط مختلف کشور بیش از پیش آشکار شده است و به همین دلیل در این پژوهش وضعیت و پتانسیل سیلخیزی محدوده مطالعاتی ارزیابی شده است. رودخانه قلعه که بین محدوده شهری قروه و ناحیه منفصل شهری قلعه قرار دارد، پتانسیل وقوع سیلاب را دارد. این رود از ارتفاعات بدر و پریشان در جنوب شهرستان قروه سرچشمه می گیرد و به صورت رودخانه ای فصلی است. با توجه به ارتفاع زیاد بدر و پریشان (حدود ۲۳۳۰ متر) و برف-گیر بودن آن، در اوایل فصل بهار در صورت تداخل بارش با ذوب برفهای ارتفاعات، پتانسیل بالایی جهت وقوع سیلاب دارد (گنجائیان، ۱۳۹۵: ۲). در این پژوهش به منظور تعیین نواحی مستعد وقوع سیلاب، از آثار موجود، شامل پادگانهها و دشت های سیلابی استفاده شده است و نواحی مستعد وقوع سیلاب شناسایی شده است که در شکل (۶) نشان داده شده است.



شکل (۶) نقشه مناطق مستعد وقوع سیلاب در محدوده مطالعاتی

-حرکات دامنه ای: حرکات دامنه ای، یکی از مخاطرات رایج در نواحی سکونتگاهی استقرار یافته بر روی دامنه ها هستند که وقوع آنها می تواند خسارات زیادی را به بار آورد. این حرکات می تواند به صورت انواع حرکات کند (خزش) و سریع (لغزش) باشد و به مناطق مسکونی آسیب وارد کند (یوسفی، ۱۳۹۷: ۲۱). در شهر قروه با وجود دارا بود پتانسیل بالا جهت توسعه فیزیکی، بخشی از نواحی سکونتگاهی به سمت دامنه های شمالی و شرقی کوه کولوا پیشروی کرده است که این مناطق مستعد وقوع حرکات دامنه ای هستند. در واقع، با توجه به اینکه شهر قروه از سمت غرب به دامنه های کوه کولوا منتهی شده است، روند توسعه فیزیکی این شهر در

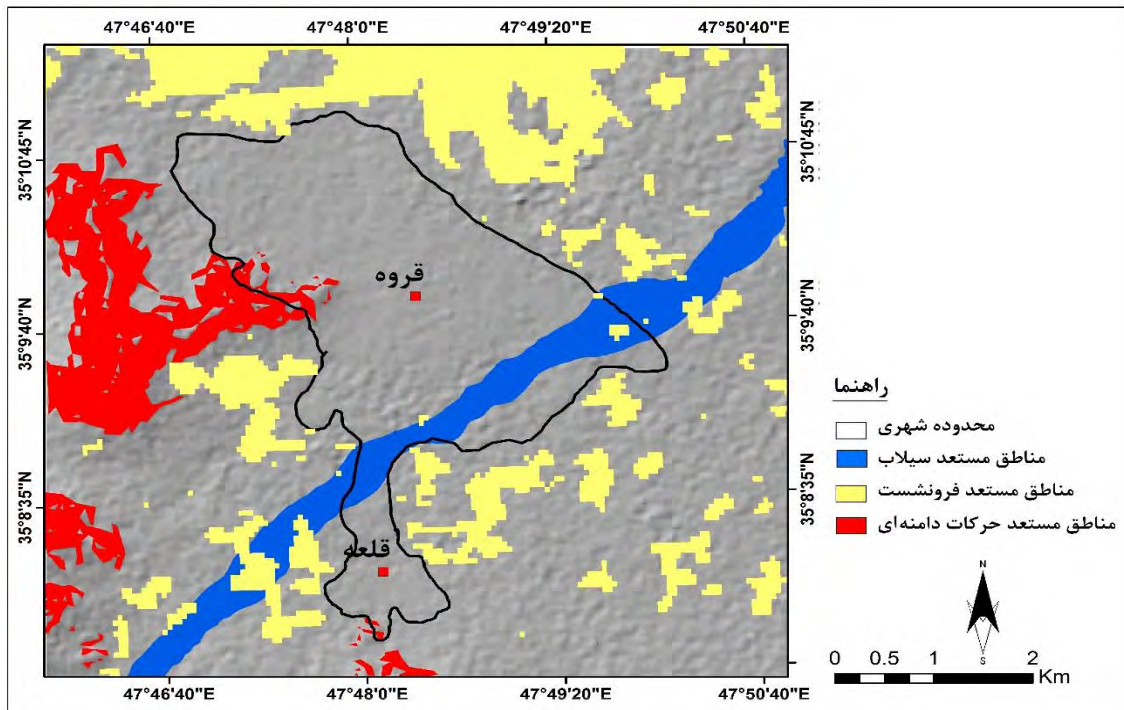
طی سال‌های اخیر به سمت دامنه‌های پرشیب با جهات شمالی سبب شده است تا وقوع مخاطره ناشی از حرکات دامنه‌ای در این سمت دور از انتظار نباشد. در این پژوهش به منظور شناسایی مناطق مستعد وقوع حرکات دامنه‌ای از پارامترهای شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از رودخانه و فاصله از جاده استفاده شده است و با استفاده از منطق فازی مناطقی که مستعد وقوع حرکات دامنه‌ای هستند، شناسایی شده است.



شکل (۷) نقشه مناطق مستعد وقوع حرکات دامنه‌ای در محدوده مطالعاتی

**۵-۴-تحلیل نتایج:** ارزیابی وضعیت ژئومورفولوژیکی شهر قروه و ناحیه منفصل شهری قلعه بیانگر این است که محدوده مطالعاتی به دلیل نداشتن لندفرم‌های ژئومورفولوژی محدودکننده، پتانسیل توسعه فیزیکی بالایی دارد، همچنین با وجود اینکه فرم محدودکننده جدی جهت توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی ندارد، مستعد وقوع مخاطرات ژئومورفولوژیکی است. ارزیابی وضعیت افت سطح آب‌های زیرزمینی و استفاده از تصاویر راداری و روش SBAS بیانگر این است که محدوده مطالعاتی خصوصاً نواحی حاشیه جنوبی شهر قروه و حاشیه رودخانه قلعه، دارای پتانسیل بالایی جهت فرونشست است. ادامه روند فرونشست در منطقه می‌تواند با مخاطراتی زیادی از جمله ایجاد فروچاله‌ها، شکست و ترک ساختمان‌ها، کج شدگی تاسیسات مرتفع، آسیب دیدگی تاسیسات کشاورزی، شکستگی و انهدام پل‌ها و راه‌ها و شبکه معابر شهری همراه باشد (شرفی کیا، ۱۳۹۱: ۵۷). همچنین با توجه به وضعیت رودخانه قلعه، مناطق حاشیه‌ای این رودخانه که در طی سال‌های اخیر مورد توجه سکونتگاه‌های زیادی قرار گرفته است، دارای پتانسیل زیادی جهت وقوع سیلاب است که در صورت وقوع سیلاب احتمالی (همانند سیلاب‌های فرودین ۱۳۹۸ در کشور) می‌تواند با خسارات زیادی مواجه شوند. به علاوه، بخش‌هایی از محدوده غربی شهر قروه نیز به سمت دامنه‌های کوه کولاوا پیش‌روی کردند، که در معرض حرکات دامنه‌ای هستند. وقوع این حرکات می‌تواند بخش زیادی از سکونتگاه‌ها و زیرساخت‌ها را با خسارات جدی مواجه کند. با توجه به موارد مذکور می‌توان گفت که مهم‌ترین مخاطرات پیش‌روی محدوده مطالعاتی، فرونشست، سیلاب و حرکات دامنه‌ای هستند. در شکل (۸) نقشه مناطق مستعد مخاطرات در محدوده مطالعاتی نشان داده شده است.





شکل (۸) نقشه مناطق مستعد مخاطرات در محدوده مطالعاتی

## ۶- نتیجه گیری

توسعه فیزیکی شهرها به عنوان امری اجتناب ناپذیری محسوب می شود که در طول زمان می تواند مخاطراتی را به همراه داشته باشد. در مناطق مختلف با توجه به شرایط زمین ساختی، هیدروژئومورفولوژی و اقلیمی، نوع مخاطرات متفاوت خواهد بود. با توجه به اینکه وقوع مخاطرات بخصوص در مناطق شهری می تواند با خسارات جانی و مالی زیادی همراه باشد، بررسی و شناسایی نوع مخاطرات در مناطق شهری ضروری است که بر این اساس در پژوهش حاضر به ارزیابی مخاطرات پیشروی محدوده مطالعاتی پرداخته شد. در پژوهش های پیشین، مناطق شهری عمدتاً از نظر احتمال وقوع یک مخاطره مورد ارزیابی قرار گرفته است و یا اینکه به شناسایی مناطق با پتانسیل کم مخاطره پذیری برای توسعه شهری پرداخته شده است. اما در این پژوهش بر خلاف بسیاری از پژوهش های پیشین، به شناسایی انواع مخاطرات احتمالی برای محدوده مطالعاتی پرداخته شده است. نتایج حاصل از ارزیابی ها بیانگر این است که محدوده مطالعاتی مستعد وقوع ۳ مخاطره فرونشست، سیلاب و حرکات دامنه ای است. در واقع، در طی سال های اخیر روند برداشت بی رویه از آب های زیرزمینی سبب شده است تا دشت قروه به طور میانگین با افت ۵۵/۰ متری سطح آب های زیرزمینی مواجه باشد که رقم بسیار بالایی است و همین عامل سبب شده است که محدوده مطالعاتی در حاشیه جنوبی شهر قروه و همچنین حاشیه رودخانه قلعه در طی دوره زمانی ۲ ساله (۲۰۱۶/۰۱/۱۱ تا ۲۰۱۷/۱۲/۱۹) دارای حدود ۴۷ میلی متر فرونشست باشد. بنابراین می توان گفت که یکی از مخاطرات پیشروی محدوده مطالعاتی، مخاطرات ناشی از فرونشست است که با توجه به اینکه به صورت تدریجی صورت می گیرد کم تر احساس می شود ولی در بلند مدت می تواند آسیب زیادی را به نواحی سکونتگاهی و ساخت و سازهای سنگین وارد کند. یکی دیگر از مخاطرات پیشروی محدوده مطالعاتی، مخاطره ناشی از وقوع سیلاب های احتمالی است. در طی سال های اخیر روند توسعه فیزیکی شهر قروه و ناحیه منفصل شهری قلعه، به سمت حریم رودخانه قلعه بوده است که

همین امر سبب شده است تا بسیاری از نواحی سکونتگاهی در معرض وقوع سیلاب قرار گیرند. همچنین مخاطرات احتمالی ناشی از حرکات دامنه‌ای نیز به عنوان یکی دیگر از مخاطرات پیش‌روی محدوده مطالعاتی محسوب می‌شود. در واقع، در طی سال‌های اخیر روند توسعه فیزیکی بخشی از شهر قروه به سمت دامنه‌های کوه کولوا سبب شده است تا بخشی از مناطق غربی شهر قروه در معرض مخاطره ناشی از حرکات دامنه‌ای قرار گیرد. موارد مذکور بیانگر این است که شهر قروه از سمت جنوب و حاشیه رودخانه قلعه در معرض فرونشست، از سمت رودخانه قلعه در معرض سیلاب و از سمت غرب در معرض حرکات دامنه‌ای قرار دارد که این بیانگر عدم توجه به اصول ژئومورفولوژی شهری در مکان‌گزینی بخشی از نواحی سکونتگاهی محدوده مطالعاتی است. بنابراین لازم است تا در برنامه‌ریزی‌ها آتی به منظور کاهش آسیب‌پذیری نواحی سکونتگاهی در برابر مخاطرات احتمالی، از حرکت این نواحی به مناطق آسیب‌پذیری جلوگیری به عمل آید. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، پیشنهادات زیر مطرح می‌گردد:

- شناسایی مناطق مستعد وقوع مخاطرات ژئومورفولوژیکی
- جلوگیری از توسعه شهری به سمت مناطق مخاطره‌آفرین
- تعیین جهات مناسب جهت توسعه فیزیکی آتی شهر
- آگاهی بخشی به نواحی سکونتگاهی در معرض مخاطرات

## ۷- مراجع

- [۱] اصغری کلجاهی، نمکچی، فاطمه؛ واعظی هیر، عبدالرضا (۱۳۹۵) پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه غرب شهرستان خوی با استفاده از روش آنالاکان، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۰، شماره ۵۶، صص ۳۸-۱۹
- [۲] جمالی، میثم؛ مقیمی، ابراهیم؛ جعفرپور، زین‌العابدین، کردوانی، پرویز (۱۳۹۴) تحلیل فضایی مخاطرات ژئومورفولوژیکی توسعه شهر در حریم رودخانه خشک کلان شهر شیراز، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال ۲، شماره ۳، صص ۶۱-۵۱
- [۳] راد، مژگان؛ وفاخواه، مهدی؛ غلامعلی‌فرد، مهدی (۱۳۹۶) پهنه بندی سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در پایین دست حوضه آبخیز خرم‌آباد، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۷، شماره ۱۶، صص ۲۲۶-۲۱۱
- [۴] روستایی، شهران؛ جباری، ایرج (۱۳۹۱) ژئومورفولوژی مناطق شهری، انتشارات سمت، چاپ پنجم
- [۵] روستا، زهرا؛ منوری، سیدمسعود؛ درویشی، مهدی؛ فلاحتی، فاطمه؛ مروتی، مریم (۱۳۹۲) ارزیابی روند توسعه فیزیکی شهر شیراز و تأثیر شرایط فیزیوگرافیک بر روی روند تغییرات کاربری اراضی، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۴، شماره ۱، صص ۲۰۰-۱۸۳
- [۶] شایان، سیاوش؛ پرهیزگار، اکبر؛ سلیمانی‌شیری، مرتضی (۱۳۸۸) تحلیل امکانات و محدودیت‌های ژئومورفولوژیک در انتخاب محوره‌های توسعه شهری (نمونه موردی: شهر داراب)، فصلنامه مدس علوم انسانی، دوره ۱۳، شماره ۴، صص ۵۳-۳۱
- [۷] سپهر، عادل؛ کاویانی، راحیل (۱۳۹۳) طبقه‌بندی تحمل‌پذیری مناطق شهری کلان شهر مشهد به مخاطرات محیطی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی تعامل تناوبی سیموس (SIMUS)، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال ۳، شماره ۹، صص ۱۴۱-۱۲۵
- [۸] شریفی‌کیا، محمد (۱۳۹۱) تعیین میزان و دامنه فرونشست زمین به کمک روش تداخل سنجی راداری (D-InsAR) در دشت نوق-بهرمان، مجله برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره ۱۶، شماره ۳، صص ۷۷-۵۵
- [۹] صفاری، امیر؛ جعفری، فرهاد (۱۳۹۵) سنجش مقدار و پهنه‌بندی خطر فرونشست زمین با استفاده از روش تداخل سنجی راداری (مطالعه موردی: دشت کرج-شهریار)، فصلنامه علمی-پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیای ایران، سال ۴، شماره ۴۸، صص ۱۷۵-۱۸۸
- [۱۰] فریدونی کردستانی، مژده (۱۳۹۵) ارزیابی ژئومورفولوژیکی تناسب زمین برای گسترش کالبدی شهر مریوان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی، دانشکده جغرافیا



- [۱۱] قهرودی تالی، منیژه (۱۳۹۱) آسیب‌پذیری خطوط ریلی شمال دشت لوت در مقابل سیلاب، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال ۱، شماره ۲، صص ۱۸-۱
- [۱۲] گروسی، لیلا (۱۳۹۵) امکان‌سنجی توسعه اراضی زراعی با توجه به ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی (مطالعه موردی شهرستان قروه)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا
- [۱۳] گنجائیان، حمید (۱۳۹۵) هیدروژئومورفولوژی و پایداری آبراهه حوضه رود شور با مدیریت اهداف توسعه شهری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا
- [۱۴] ملکی، امجد؛ دهساری، مهین؛ رضائی، پیمان (۱۳۹۴) تنگناهای ژئومورفولوژیک توسعه کالبدی شهر جوانرود با استفاده از مدل منطق فازی. مجله برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دانشگاه تربیت مدرس، دوره ۱۹، شماره ۴، صص ۱۵۹-۱۸۳
- [۱۵] نیری، هادی؛ کرمی، محمدرضا؛ سالاری، ممد (۱۳۹۵) پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش از طریق ارزیابی متغیرهای محیطی با استفاده از مدل تحلیل شبکه‌ای (مطالعه موردی: شهر بیجار)، مجله پژوهش‌های کمی، سال ۵، شماره ۴، صص ۱۳۶-۱۲۱
- [۱۶] یوسفی، سمانه (۱۳۹۷) ارتباط بین زمین لغزش‌ها با شدت فرسایش و رسوبدهی در حوضه دارابکلا (ساری)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی
- 17-Chen, M., Tomás, R., Li, Zh., Motagh, M., Li, T., Hu, L., Gong, H., Li, X., Yu, J., Gong, X. (2016). Imaging Land Subsidence Induced by Groundwater Extraction in Beijing (China) Using Satellite Radar Interferometry, *Remote Sens*, 8(6), 468
- 18-Declercq, P., Walstra, J., Gérard, P., Pirard M E., Perissin, D., Meyvis, B., Devleeschouwer, X. (2017). A Study of Ground Movements in Brussels (Belgium) Monitored by Persistent Scatterer Interferometry over a 25-Year Period, *Geosciences* 7040115
- 19-Dong, S., et al. (2014). Time-series analysis of subsidence associated with rapid urbanization in Shanghai, China measured with SBAS InSAR method. *Environmental earth sciences*. 72(3): p. 677-691.
- 20-Based on InSAR Observation from 1992 to 2010, *Appl. Sci.* (2017). 7, 466; doi:10.3390/app7050466
- 21-Larsen. L., Vitali, F. (2009). urban development and graet challenge for urban planner view of theoretical research. *Urban economy confrance*. Melburn.Australia
- 22-León, J. March, A. (2014). Urban morphology as a tool for supporting tsunami rapid resilience: A case study of Talcahuano, Chile, *Habitat International*, Volume 43, Pages 250–262.
- 23-Silva, F. V. Bonuma, N. B. Uda, P. K. (2014). Flood Mapping In Urban Area Using Hec-Ras Model Supported By GIS, *International Conference on Flood Management*, 9pp.
- 24-The International Disaster Database (EM DAT). (2016). <http://www.emdat.be/about>.
- 25-Wang W., Zhang W., Xia Q. (2012). Landslide Risk Zoning Based on Contribution Rate Weight Stack Method, *International Conference on Future Energy, Environment, and Materials*.
- 26-Zhou, CH., Gong, H., Chen, B Li, J., Gao, M., Zhu, F., Chen, W. (2017). InSAR Time-Series Analysis of Land Subsidence under Different Land Use Types in the Eastern Beijing Plain, China, *Remote Sens*, 9(4), 380
- 27-Zhou, Z. (2013). The applications of InSAR time series analysis for monitoring long-term surface change in peatlands, *University of Glasgow*.