

# ارزیابی زمین لغزش با استفاده از تصاویر راداری و تداخل سنجی راداری

## منطقه موردی: حوضه نیرچای

موسی عابدینی<sup>۱\*</sup>، مریم محمدزاده شیشه‌گران<sup>۲</sup>

\*۱- استاد ژئومورفولوژی دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی

\*ایمیل نویسنده مسئول: [Abedini@uma.ac.ir](mailto:Abedini@uma.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۱۴

### چکیده

تکنیک تداخل سنجی راداری به عنوان روش کارآمد در اندازه گیری جابه جایی سطح زمین می‌باشد. به طوری که با استفاده از این فناوری امکان پایش حرکات کوچک سطح زمین به صورت پیوسته، با دقت بالا و در گستره وسیعی امکان پذیر است. این فناوری در بررسی مخاطرات طبیعی زمین از جمله حرکات توده‌ای دامنه‌ها، فرونشست، زلزله و فعالیت‌های آتشفشانی بسیار متداول شده است. این تکنیک فاز گرفته شده از دو مجموعه داده رادار در دو زمان مختلف را مقایسه و با ایجاد اینترفروگرام، قادر به اندازه گیری تغییرات سطح زمین در دوره زمانی است. در این پژوهش، به منظور شناسایی و اندازه‌گیری زمین لغزش از تصاویر راداری سنتینل ۱ سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۱ استفاده شده است. به منظور پردازش اطلاعات نیز از نرم افزار SARSCAPE استفاده شده است که بالاترین میزان زمین لغزش ۳۴ سانتی‌متر برآورد شده است. نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه استفاده از تصویر لندست ۸ و با استفاده از طبقه بندی شی گرا استخراج گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که تصاویر راداری از پتانسیل خوبی برای آشکارسازی ناپایداری دامنه‌ها و محاسبه جابه جایی آن‌ها برخوردار می‌باشد. نتایج انطباق نقشه کاربری اراضی با نقشه زمین لغزش نشان داد که بالاترین میزان حرکات دامنه‌ای به ترتیب در کاربری‌های پوشش گیاهی با مقدار ۳۳ سانتی متر و مرتع با مقدار ۲۸ سانتی‌متر کمترین مقدار به منطقه مسکونی با مقدار ۹ سانتی‌متر قرار دارند. ریزش ناگهانی زمین و تخریب سازه‌های آسیب‌پذیر از سوانح محتمل ناشی از عوارض حرکات دامنه‌ای است که در نواحی شهری با تلفات انسانی رو به رو می‌شوند. این سوانح در موارد خاصی به سبب تراکم جمعیت زیاد و یا گسترش شعاع اراضی فروریخته می‌تواند تلفات سنگین و جبران‌ناپذیری داشته باشد.

### کلمات کلیدی

"زمین لغزش"، "تداخل سنجی راداری"، "تصاویر سنتینل ۱"، "طبقه بندی شی گرا"، "کاربری اراضی."

### ۱- مقدمه

کاربرد داده های راداری در مطالعات ناپایداری زمین به اواسط دهه ۱۹۹۰ میلادی بر می‌گردد (Freneau et al, 1996). اما در دهه های اخیر به دلیل در دسترس بودن داده های راداری با بازه زمانی نسبتا طولانی نسبت به گذشته و توسعه و گسترش روش های جدید مانند تکنیک های تداخل سنجی مبتنی بر پراکنش گرهای پایدار روش طول خط مینای کوتاه (Bernardino, 2002). تکنیک پیوستگی پیکسل ها (Mora et al, 2003) و سایر روش های مشابه و ترکیبی که توانسته اند بر مشکلات ناشی از عدم همبستگی زمانی و هندسی، اعوجاجات هندسی، اثرات اقلیم و توپوگرافی که در روش های تداخل سنجی گذشته وجود داشت غلبه کنند، بیش از پیش توجه محققین را به استفاده از این روش ها، جلب کرده‌است (Bernardino, 2002). در روش های معمول تداخل سنجی، از چندین تصویر راداری در بازه های زمانی متفاوت از یک منطقه، و اختلاف فاز آنها (اینترفروگرام) برای محاسبه میزان تغییرات استفاده می‌شود که به روش تداخل سنجی تفاضلی معروف است. اما این روش در مورد مناطقی که دارای تغییر شکل سریع می باشد مانند دامنه‌های مناطق فعال کوهستانی، از همبستگی پایینی برخوردار است (Bernardino, 2002). لذا برای رفع این مشکل باید تمامی پردازش ها با فاصله زمانی کمتر و تعداد بیشتر از تصاویر راداری (بیش از ۱۵ تصویر) و بر روی نقاطی انجام گیرد که در طول زمان دارای خصوصیات بازپراکنشی نسبتا ثابتی باشند. در این روش همبستگی اینترفروگرام ها تا حد زیادی افزایش یافته و میزان اندازه گیری جابه جایی سطح زمین تا حد میلیمتر کاهش می یابد

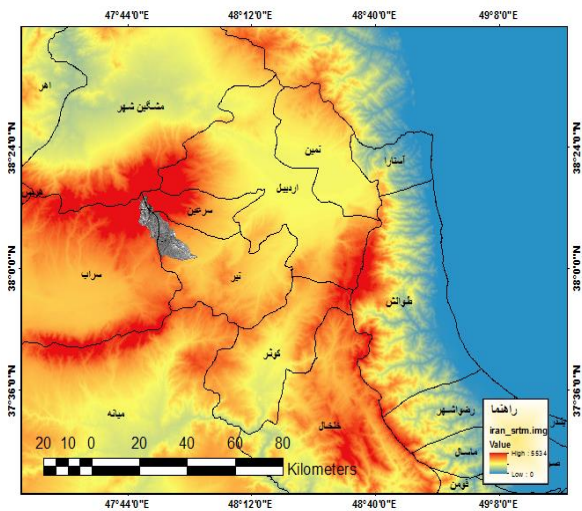
نظارت مستمر تغییرات سطح زمین و شناسایی مناطق مستعد حرکات دامنه‌ای، خصوصا در محدوده سکونتگاه‌های انسانی و زیرساخت‌های ارتباطی مانند جاده و خطوط ریلی، از موثرترین عوامل کاهش تلفات جانی و مالی مخاطرات طبیعی مثل زمین لغزش و حرکات دامنه‌ای می‌باشد (Aleotti, 1999). تاکنون تکنیک‌های متعددی مانند استفاده از سیستم تعیین موقعیت جهانی، روش ژئودزی و تاکئومتری، دوربین های نقشه برداری، اسکن لیزری و لیدار برای پایش تغییرات سطح زمین ارائه شده است (Hupper et al, 2004). اما به دلیل هزینه زیاد برای اجرا، زمان بر بودن و پوشش سطح محدود استفاده از این روش‌ها، در محدود، استفاده از این روش‌ها، در محدوده های وسیع مقرون به صرفه نمی‌باشد (Hong et al, 2007). اما در کنار این روش‌ها تکنیک تداخل سنجی راداری با قابلیت کار در تمام شرایط جوی و طول مدت شب و روز و با قابلیت پوشش گسترده سطح زمین و قدرت تفکیک مکانی و زمانی بالا، امروزه یکی از دقیق ترین (در مقیاس میلیمتر) و کم هزینه ترین فنون سنجش از دور برای تشخیص و نظارت تغییرات سطحی زمین، حرکات آهسته و ناپایدار دامنه ای در سراسر جهان است (Metternich et al, 2005). سازو کار این روش استفاده از اختلاف فاز تصویر راداری SAR با فرمت استاندارد SLC که در زمان های مختلف از یک منطقه مشخص برداشت شده، می‌باشد که نهایت به بر آورد دقیق میزان جابه جایی زمین در راستای خط دید ماهواره می انجامد (Dimartire et al, 2014). اگر چه اولین

کیلومتر که حدود ۲۳ درصد از اراضی منطقه را شامل می‌شود، مناطق با خطر زیاد ۲۴ درصد، پهنه با خطر متوسط ۲ درصد، پهنه با خطر کم ۱۸ درصد و پهنه با خطر خیلی کم ۱۴ درصد از منطقه را به خودشان اختصاص می‌دهند. این پژوهش با هدف بررسی و پایش حرکات دامنه‌ای در حوضه نیر چای با استفاده از تداخل‌سنجی راداری انجام گرفته است. در این پژوهش با استفاده از تصاویر راداری در دو بازه زمانی و تکنیک تداخل‌سنجی راداری میزان جابه‌جایی حرکات دامنه‌ای در طول سال ۲۰۱۵-۲۰۲۰ اندازه‌گیری می‌شود.

## ۲- روش انجام تحقیق

### • محدوده مورد مطالعه

حوضه مورد مطالعه از شمال با قله سبلان، از جنوب با حوضه امام چای، از شرق جوراب چای و سرعین و از غرب با حوضه بیوک و گردنه سایین هم جوار است. این حوضه از ارتفاعات سبلان سرچشمه می‌گیرد که محل تقسیم آب حوضه‌های آبریز آجی چای و قره سو است. حداکثر ارتفاع حوضه ۴۴۰۰ متر، حداقل ارتفاع آن ۱۶۲۰ متر و ارتفاع متوسط حوضه ۲۷۸۰ متر سطح دریا است. شیب متوسط حوضه نیز ۳۸ درصد است.



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

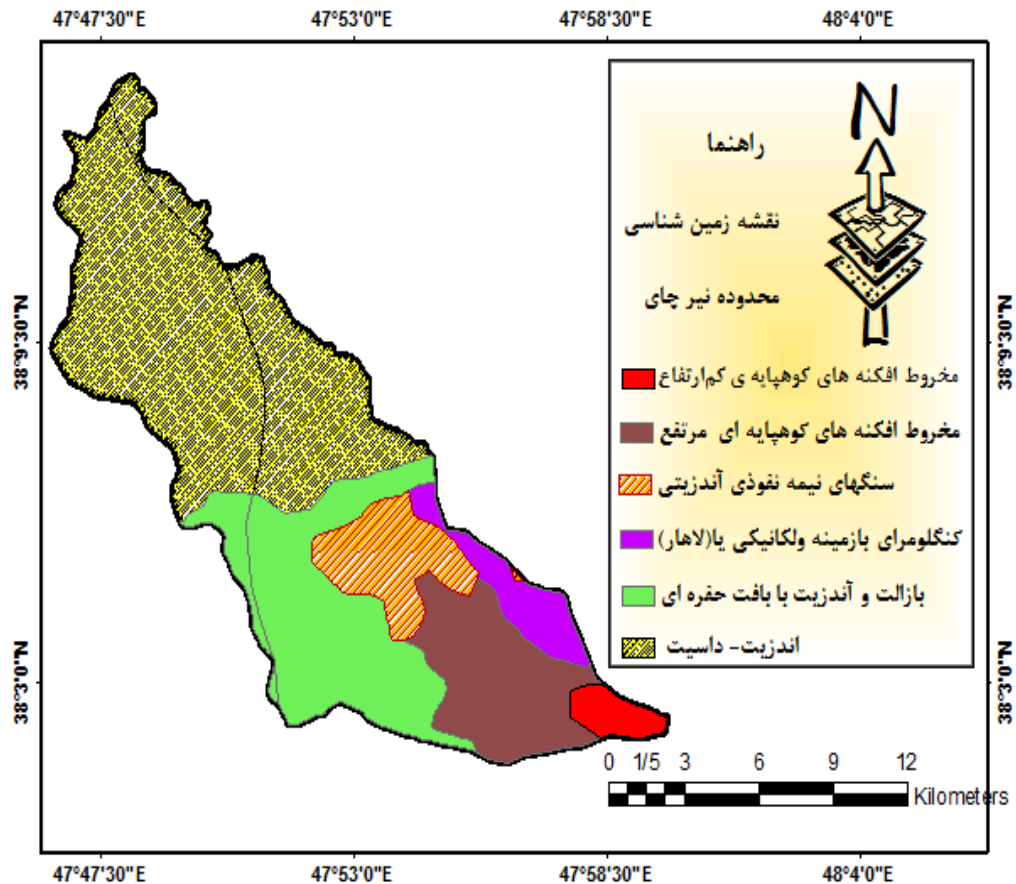
### • زمین شناسی محدوده مطالعه

منطقه مورد مطالعه از لحاظ زمین شناسی قسمتی از زون البرز - آذربایجان بوده و داخل زون آتشفشانی ترشیر - کواترنری قرار دارد (ستارزاده قدیمی و همکاران، ۱۳۸۰). واحد‌های سنگی منطقه مورد مطالعه از توف، بازالت، آندزیت، تراکیت و پومیس تشکیل شده‌اند که در برخی مناطق واحد‌های کواترنری آنها را پوشانده‌اند (شهیدی و همکاران، ۱۳۹۴). این منطقه عمدتاً از سنگ‌های آذرین و آذرآواری تشکیل شده است. قدیمی‌ترین سنگ‌ها، سنگ‌های آهکی متمایل به قرمز و آهک‌های خاکستری به سن پرمین است، این سنگ‌ها به شدت هوازده شده و روی سنگ توسط مواد تخریبی نسبتاً ضخیمی پوشیده شده است. این سنگ‌ها توسط آب‌های گرم زیرزمینی متاثر شده و در حال دگرگون شدن هستند. سنگ‌های پامیس به سن الیگومیوسن قسمت مرکزی و شرق محدوده پوشانده است. این سنگ‌ها طبیعتاً سست بوده و نسبت به سنگ‌های مجاور (آندزیت و بازالت) بیشتر تحت تاثیر فرسایش قرار گرفته‌اند (مددی، ۱۳۸۹). از

(Ferti et al, 2001). پژوهش‌های متعددی در حوزه علوم زمین در سراسر جهان انجام پذیرفته است که از جمله می‌توان به پژوهشی که توسط کونفورتو و همکاران در سال ۲۰۱۷ در مورد ارزیابی حرکات زمین لغزش ناشی از بارش با استفاده از ترکیب روش تداخل‌سنجی راداری و تحلیل ژئوتکنیکی، در منطقه کوهستانی پاپانیس در جنوب ایتالیا انجام شده، اشاره کرد. آنها با استفاده از تصاویر ماهواره این ترا در بازه زمانی اکتبر ۲۰۱۳ تا اکتبر ۲۰۱۴ و تکنیک همبستگی پیکسل‌ها و روش ژئوتکنیکی مانند اندازه‌گیری تراز آبهای زیر زمینی، میزان سرعت حرکات مواد دامنه‌ای که پس از بارش شدید (۱۸۵ میلیمتری) تاریخ ۲۳ فوریه ۲۰۱۲ در جنوب ایتالیا رخ داد پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که مواد دامنه‌ای با سرعت ۳۰ تا ۴۰ میلیمتر در سال در بازه مورد نظر در جهت خط دید ماهواره حرکت داشته که نشست ساختمان‌ها و خرابی خطوط انتقال نیرو و جاده‌ها در منطقه مورد نظر تصدیق بر ادعای آنها بوده است. پژوهش دیگری نیز توسط دی مارتیر و همکاران در سال ۲۰۱۶ در مقاله‌ای با عنوان سیستم یکپارچه تشخیص حرکات دامنه‌ای بر پایه داده‌های مکانی و روش تداخل‌سنجی راداری با استفاده از ترکیب روش میدانی و تکنیک تداخل‌سنجی راداری بر مبنای الگوریتم پراکنش گرهای پایدار و همبستگی پیکسل‌ها با استفاده از تصاویر راداری ماهواره COSMO-SkyMed در یک بازه سه ساله از سال ۲۰۰۸ تا سال ۲۰۱۱ به شناسایی حرکات مواد دامنه‌ای شهرستان پالمو در منطقه سیسیل ایتالیا پرداختند. نتایج داده‌های تداخل‌سنجی رنج حرکت مواد دامنه‌ای از ۳ تا ۴۶ سانتیمتر را در بازه سه ساله مورد مطالعه نشان داد صحت آنها در بازدیدهای میدانی مورد کنترل و تایید قرار گرفت. اصغری و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی خطر وقوع زمین لغزش در جاده سراب - نیر را با استفاده از مدل‌های تحلیل شبکه و منطق فازی پهنه‌بندی کردند در این مطالعه برای پهنه‌بندی از لایه‌های شیب، گسل، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، بارش، ارتفاع و پوشش گیاهی استفاده کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان بارش و ارتفاع نسبت به سایر عوامل تأثیر بیشتری در ایجاد نواحی پرخطر ایفا می‌کنند. شهیدی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی خطر وقوع حرکات دامنه‌ای در جاده سراب - نیر را با استفاده از عوامل مختلفی که در ایجاد حرکات دامنه‌ای نقش داشته‌اند بررسی کرد. از جمله می‌توان به عوامل زمین‌شناسی (ضخامت و بافت خاک، سنگ‌های سست و شیب دامنه)، آب‌های زیرزمینی و بارش را بررسی کردند. برای مشخص نمودن عوامل مهم در وقوع حرکات دامنه‌ای، با استفاده از برداشت‌های صحرایی، آزمون‌های آزمایشگاهی و مدل‌سازی عددی را بررسی کردند، نتایج نشان داد که شرایط محلی ریخت‌شناسی و وجود یک محدوده فروافتاده سبب زهکشی آب از منطقه بالادست به سمت توده لغزشی شده است. به دلیل بارندگی استثنایی فصل بهار و زمستان می‌تواند مسبب اصلی ایجاد حرکات دامنه‌ای باشد. همچنین مددی (۱۳۸۹) در پژوهشی به بررسی خطر زمین لغزش به روش آنالوگان در گردنه صائین پرداخته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که عوامل مختلفی در حرکات دامنه‌ای محدوده مورد مطالعه نقش داشته است از جمله لیتولوژی، بافت خاک، درصد پوشش گیاهی، کاربری اراضی و شیب اشاره نمود. برای بررسی میزان ناپایداری ابتدا منطقه را به ۳۲ واحد مختلف تقسیم بندی کرده و به صورت جداگانه هر کدام مورد بررسی قرار دادند در نهایت کل امتیازات جمع گردید و براساس امتیاز به پنج منطقه تقسیم گردید، که پهنه با خطر بالا، ۱۰

سیماهای زمین‌ریخت‌شناسی ویژه در این منطقه شده است. آب‌هایی که از ارتفاعات سیلان سرازیر می‌شوند به دلیل نفوذپذیری بالای سنگ‌های آتشفشانی و اغلب از طریق شکستگی‌ها به طرف اعماق نفوذ می‌کند و پس از طی زمان ماندگاری، قسمتی از این آب‌ها توسط سیستم‌های گسلی که در حاشیه‌ی فرورفتگی سراب-اردبیل قرار دارد، به سطح برمی‌گردند (رجایی و اصغری مقدم، ۱۳۸۰). خیابان انقلاب از میدان انقلاب اسلامی شروع و تا میدان امام حسین (ع) ادامه می‌یابد. با توجه به آنکه ارزیابی ریسک روشی مبتنی بر سلامت ساکنین می‌باشد نقاط نمونه برداری چهارراه‌ها و.

تخریب سنگ‌های فوق در دامنه‌ها، مواد منفصلی که دارای دانه بندی ناهمگن هستند، به وجود آمده‌اند. در بیشتر قسمت‌های دامنه‌ای که جاده از آن عبور می‌کند سنگ‌های آذرین و آذرآواری، به شدت هوازده و احتمالاً دگرسان شده و عمق متوسط این مواد به بیشتر از ۵ متر می‌رسد. تقریباً تمام گسل‌های واقع در منطقه نسبتاً کوچک، اغلب پوشیده، با امتداد شمال شرقی-جنوبی غربی و از نوع معکوس می‌باشند، اما تعداد کمی از این گسل‌ها در عمق‌های بیشتری قرار دارند و ضمن برقراری ارتباط با مناطق گرم درونی موجبات شکل‌گیری و فعالیت چشمه‌های متعدد آب گرم را فراهم می‌کند، همچنین جابجایی قائم در دسته‌های الحاقی این گسل سبب شکل‌گیری برخی



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

### تصاویر ماهواره ای راداری:

در این پژوهش از تصاویر سنتینل ۱ که در محدوده باند C امواج مایکروویو اخذ تصویر می‌کند، استفاده شده است. سپس پردازش‌های لازم از طریق افزونه SARSCAPE 5.2 در نرم افزار ENVI 5.3 انجام شد و تکنیک مورد استفاده در این پژوهش به منظور تعیین میزان حرکات دامنه‌ای، روش تداخل‌سنجی تفاضلی با گشودگی ترکیبی دو عبور مکرر و یا غیر مکرر می‌باشد. از اساسی‌ترین مراحل در پردازش تداخل‌سنجی راداری انتخاب زوج تصویر مناسب است که چند عامل همچون فرکانس سنجنده، خط مبنای مکانی، خط مبنای زمانی و همچنین همپوشانی فضایی در راستای حرکت سنجنده در انتخاب زوج تصاویر موثر می‌باشند. در پژوهش حاضر از دو تصویر Sentinel-1-A از نوع SLC مربوط به سال ۲۰۱۵ و سال ۲۰۲۰ استفاده گردید. مشخصات تصاویر راداری در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات تصاویر مورد استفاده

سال	ماهواره	تاریخ تصویر	Nu
2015	Sentinel1	S1A_IW_SLC__1SDV_20150702	1
2021	Sentinel1	S1A_IW_SLC__1SDV_20210905	2

یک سیگنال راداری با درجه مصنوعی از دو بخش دامنه و فاز تشکیل شده است. دامنه، قدرت سیگنال برگشتی است و فاز کسری از یک سیگنال کامل موج سینوسی است. فاز در تصویر راداری از طریق فاصله بین آنتن سنجنده و عارضه زمینی مشخص می‌گردد. اگر چه فاز یک تصویر منفرد به سختی اطلاعات مفیدی در اختیار قرار می‌دهد اما تفاوت فاز یک زوج تصویر هم‌مرجع و هم‌دوس اطلاعات ذی‌قیمتی در

نگار تفاضلی حاصل در برگیرنده مقداری نویز است. عامل به وجود آورنده این نویزها می تواند مختلف باشد، دو عامل اصلی در به وجود آمدن آنها تاثیر گذار است (حبیب زاده و علی المدرسی، ۱۳۹۲). عامل اول مربوط به تفاوت زمانی بین دو تصویر اصلی و وابسته است. گاهی اوقات برخی از تغییرات در منطقه که در بین فاصله زمانی بین دو تصویر اتفاق می افتد جز عوامل به وجود آورنده نویز می باشد که می توان به ساخت و سازهای مربوط به فعالیت های عمرانی و یا فعالیت های کشاورزی در منطقه اشاره کرد. عامل دوم که در به وجود آوردن نویزها تاثیر گذار است خط مبنای مکانی می باشد که میزان نویزها در تصاویر ارتباط مستقیمی با خط مبنای مکانی دارد، هر چه این میزان بیشتر باشد ما شاهد وجود نویزهای بیشتری در تداخل نگار هستیم. علاوه بر این عامل، وجود زمین های کشاورزی و باغات جز عوامل ایجاد نویز در تصاویر است و برای حذف و کاهش نویزها از عمل فیلترینگ استفاده شده است. به دلیل کارایی بالای فیلتر Goldstein در انجام این تحقیق از آن استفاده شده است، نتیجه اعمال فیلتر تولید تداخل نگار فیلتر شده است که این تداخل نگار از لحاظ بصری حاشیه های مرتب تری نسبت به تداخل نگار فیلتر نشده دارد و میزان نویز در آنها کاهش چشمگیری داشته است. ویژگی این فیلتر این است که به صورت انتخابی عمل می کند و عمل فیلتر گذاری به صورت محلی انجام می شود، نوع عملکرد این فیلتر تحت تاثیر همبستگی تداخل نگار است، در مواردی که شاهد همبستگی پایین است مقدار پیکسل های بیشتری را تحت تاثیر قرار می دهد و در مواردی که شاهد همبستگی بالا است تعداد پیکسل های محدودی را تحت تاثیر قرار می دهد (حبیب زاده و علی المدرسی، ۱۳۹۲). مدل رقومی ارتفاعی: SRTM فاز اینترفروگرام حاوی اثر توپوگرافی، خطای مداری و اثرات اتمسفر می باشد. برای به دست آوردن جابه جایی سطح زمین در یک بازه زمانی، می بایست خطاهای مداری، اثرات توپوگرافی و نویز اتمسفر از اینترفروگرام ها حذف گردند. برای حذف اثر توپوگرافی، مدل رقومی ارتفاعی SRTM با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر مورد استفاده قرار گرفته است. خطاهای مداری نیز با برآزش یک رویه به مناطقی که فاقد جابه جایی هستند مدل سازی شد و از اینترفروگرام مورد نظر کم گردید. خطای اتمسفر را می توان به کمک اطلاعات جوی و مدل اتمسفری تعدیل نمود (Massonnet and. Feigl. 1998). تصویر ماهواره ای اپتیکال: در این تحقیق به منظور استخراج نقشه کاربری اراضی از تصاویر ماهواره لندست ۸ سال ۲۰۲۰ و ماه خرداد استفاده شد. به منظور تصحیحات اتمسفری و رادیومتریکی از نرم افزار ENVI 5.3 و به منظور استخراج نقشه های مربوطه از نرم افزار ARCGIS 10.5 استفاده شد. برای طبقه بندی کاربری اراضی از روش طبقه بندی شی گرا در نرم افزار eCognition Developer64 استفاده شد. جهت برآورد صحت طبقه بندی از نقاط نمونه برداشت شده از تصاویر گوگل ارث استفاده شد. در روش طبقه بندی شی-گرا، اطلاعات طیفی با اطلاعات مکانی ادغام گردیده و پیکسل ها بر اساس شکل، بافت و تن

اختیار محققان قرار می دهد. در تداخل سنجی راداری تفاوت فاز دو تصویر از یک منطقه زمانی و خط مبنای مشخص تعیین می گردد (دهقانی بیدگلی و همکاران، ۱۳۹۹). روش تداخل سنجی راداری (InSAR) امکان تولید مدل رقومی ناهمواری های زمین را فراهم می آورد که دقت ارتفاع بهینه آن برای داده های نوار C با طول موج ۵/۶ سانتیمتر حدود پنج متر است (Chatterjee et al, 2006). این روش را برای اولین بار توسط گولدشتاین<sup>۱</sup> و زبکر<sup>۲</sup> در سال ۱۹۸۹ ارائه شد. این اصطلاح به روش اندازه گیری پاره های از پارامترها از قبیل توپوگرافی، تغییرات و جابجایی سطح زمین از طریق تداخل فاز دو یا چند تصاویر راداری با روزنه مجازی (SAR) اخذ شده از منطقه مشابه اطلاق شده است. این روش قادر است با استفاده از حداقل دو تصویر DEM یا تعداد بیشتری از تصاویر راداری تغییرات سطحی رخ داده در زمین را در بازه های متفاوت با دقت های میلی متری آشکارسازی می کند. اصول بنیادین نحوه اندازه گیری تغییرات سطحی پوسته زمین با استفاده از روش تداخل سنجی راداری، P معرف فضایی مشخص در سطح است که در قالب یک پیکسل تصویر شده است. سنجنده تصویر نخست (تصویر اصلی) TO<sup>۳</sup> ثبت و مقدار فاز را ( $\Phi_m$ ) آن را اندازه گیری می کند. مقدار نشست عبارت اند از فاصله P تا  $P_1$  که طی زمان مشخصی صورت گرفته است (Dt). برای اندازه گیری این مقدار، سنجنده تصویر دومی (تصویر فرعی) در زمان t و با هندسه ای کاملاً شبیه به تصویر نخست اخذ کرده، مقدار فاز ( $\Phi_m$ ) را برای آن اندازه گیری می کند. روش تداخل سنجی تفاضلی، تفاضل فاز  $\Phi_s$  و  $\Phi_m$  را در فرم تداخل نگار فازی نمایش می دهد ( $\Delta\Phi_{int}$ ). در صورت ثابت و پایدار بودن سطح، تفاضل فاز این دو تصویر ناشی از تغییر موقعیت این دو سنجنده و مقدار آن به کمک رابطه (۱) به دست می آید.

$$\Delta\Phi_{int} = 4\pi \frac{SP-MP}{\lambda} \quad (1)$$

که در آن SP فاز تصویر اول، MP فاز تصویر دوم، عدد پی با مقدار ثابت  $3/14$  و  $\lambda$  طول موج می باشد. در اندازه گیری مقدار حرکات دامنه ای در این روش، سطح ناپایدار تصور شده، به طوری که سطح از P به  $P_1$  تنزل یافته است. تعیین مقدار حرکات دامنه ای در فاصله زمانی دو تصویر (Dt) تابع اختلاف فاز دو تصویر ( $\Delta\Phi_{int}$ ) به همراه فاز ناشی از توپوگرافی ( $\Phi_{Top}$ ) و فاز ناشی از اتمسفر خواهد بود (Ding at al, 2004)

$$\Delta\Phi_{int} = 4\pi \frac{SP - MP}{\lambda} \quad (2)$$

در نهایت، با نادیده انگاشتن اثر اتمسفر در جابجایی هایی به میزان بالا (چند سانتی متر) و یا حذف آن به کمک تصاویر اپتیکال اختلاف فاز دو تداخل نگار فقط بیان کننده مقادیر جابجایی سطح خواهد بود. تداخل

<sup>1</sup> Goldstein

<sup>2</sup> Zebeker

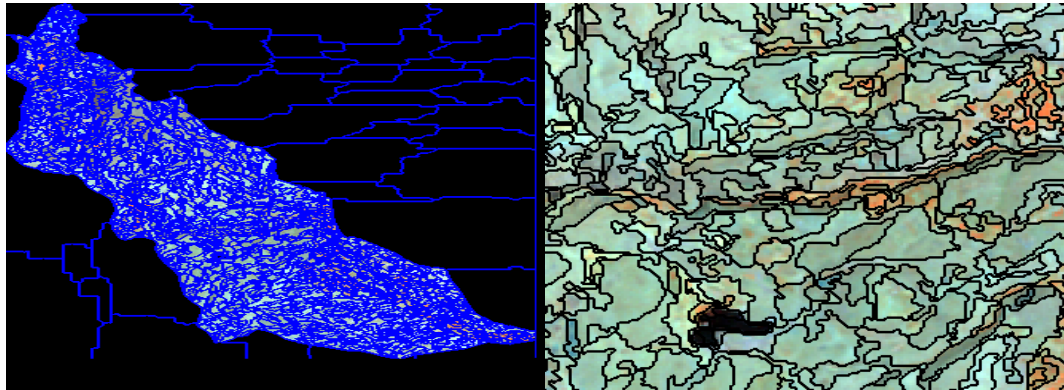
<sup>3</sup> Master

<sup>4</sup> Slave



ابعاد مختلف می باشند تعیین شد. در این پژوهش تصویر قطعه‌بندی شده دارای مقیاس ۴۵، شکل ۰/۵، ضریب فشردگی ۰/۶ انجام گردید. بعد از مشخص کردن تعداد کلاس های مورد نیاز در طبقه‌بندی تعیین شی های نمونه های آموزشی انجام و در نرم‌افزار بر سطح تصویر اعمال گردید. سپس طبقه بندی با استفاده از نزدیک‌ترین همسایه و روش درخت تصمیم‌گیری صورت گرفت. لازمه استفاده از هر نوع اطلاعات موضوعی، آگاهی از میزان صحت و درستی آن است. دقت طبقه‌بندی در سال ۲۰۲۰ با صحت کلی ۹۷ درصد و ضریب کاپا ۹۵ درصد است.

خاکستری در سطح تصویر با مقیاس مشخص، قطعه‌بندی شده و طبقه‌بندی تصویر بر اساس این قطعه ها انجام می‌شود. در قطعه‌بندی پیکسل‌ها توسط الگوریتم های مختلف، با نسبت های مختلف طیفی و شکلی قطعه‌بندی و بر اساس ویژگی های طیفی و فضایی در قالب اشیا گوناگون دسته‌بندی شده‌اند. طی این فرآیند شی های تصویری متناسب با همگن بودن یا ناهمگن بودن بر اساس پارامترهای مقیاس، رنگ، شکل، ضریب نرمی و شکل فشردگی ایجاد شد (فیضی زاده و هیلالی ۲۰۱۰). با آزمون و خطا بهترین اندازه که نشان دهنده اشیا با

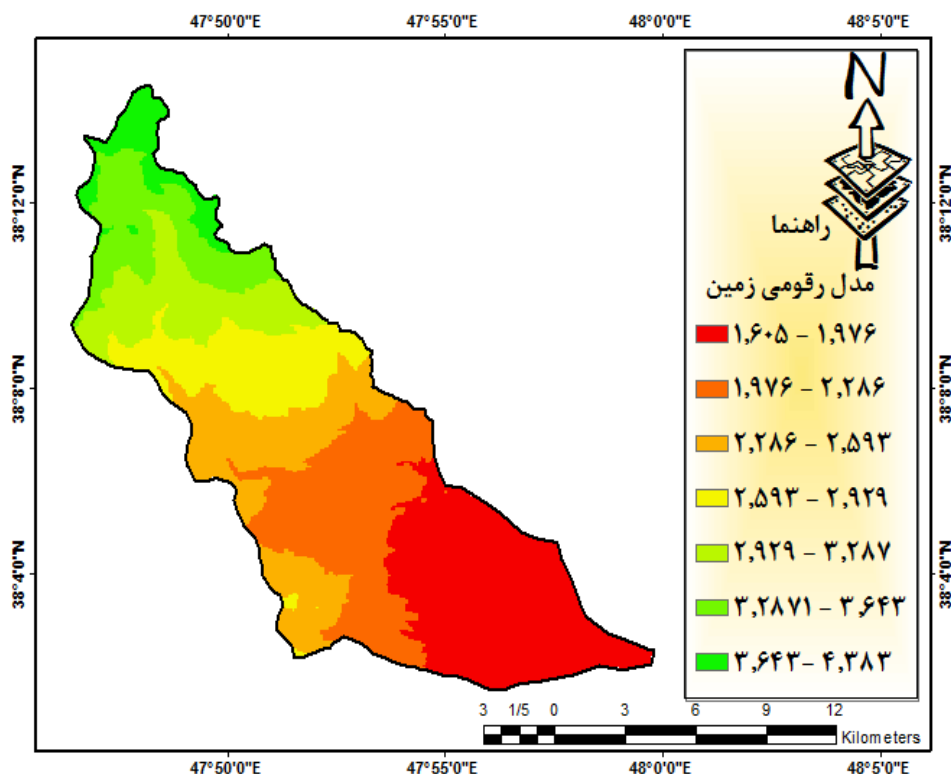


شکل ۲- نمونه تصویر قطعه‌بندی شده (مقیاس: ۴۵، شکل ۰/۵، ضریب فشردگی ۰/۶)

۳۰ متر مورد استفاده قرار گرفته است. (شکل ۳). خطاهای مداری نیز با برازش یک رویه به مناطقی که فاقد جابه جایی هستند مدل سازی شد و از اینترفروگرام مورد نظر کم گردید. خطای اتمسفر را می توان به کمک اطلاعات جوی و مدل اتمسفری تعدیل نمود (Massonnet and. Feigl. 1998).

#### مدل رقومی ارتفاعی SRTM

فاز اینترفروگرام حاوی اثر توپوگرافی، خطای مداری و اثرات انمسفر می باشد. برای به دست آوردن جابه جایی سطح زمین در یک بازه زمانی، می بایست خطاهای مداری، اثرات توپوگرافی و نویز اتمسفر از اینترفروگرام ها حذف گردند. برای حذف اثر توپوگرافی، مدل رقومی ارتفاعی SRTM با قدرت تفکیک مکانی

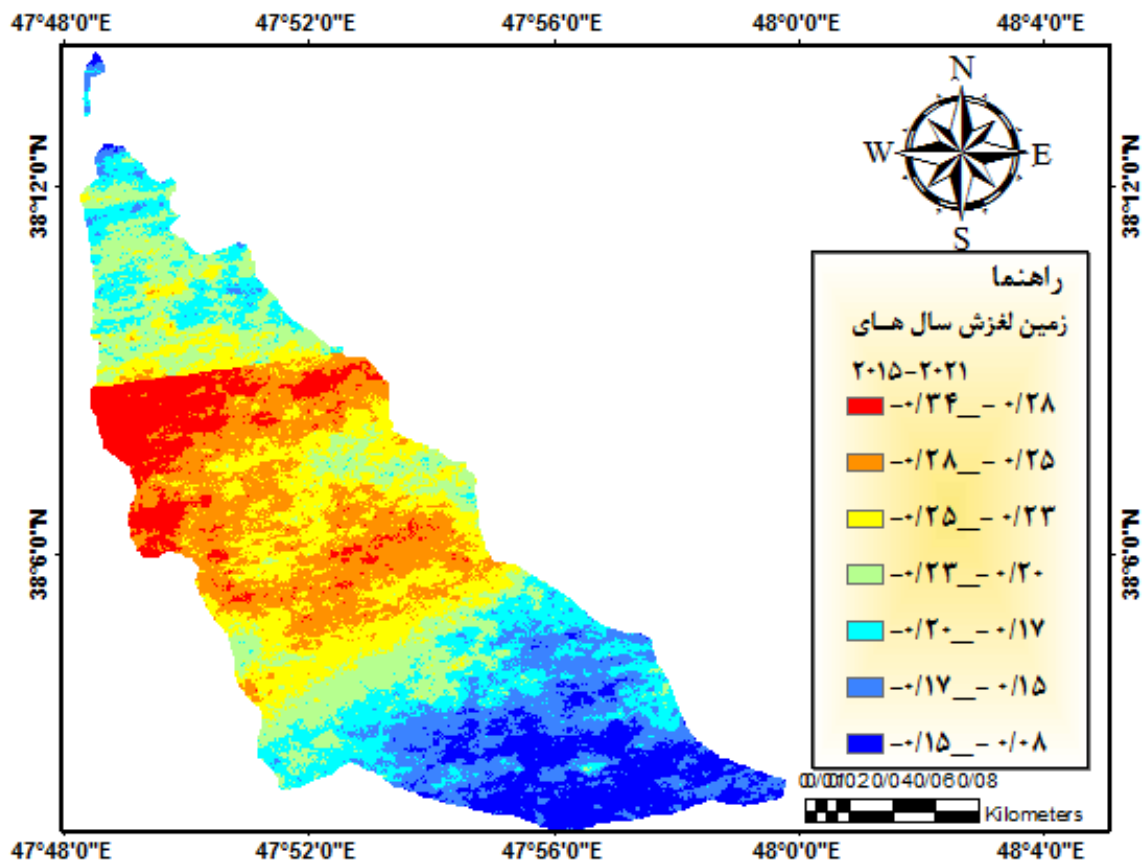


شکل ۳: نقشه مدل رقومی ارتفاعی منطقه مورد مطالعه

### ۳- نتایج

نشان دهنده میزان جابه جایی در جهت سنسورهای ماهواره و مقادیر منفی نشان دهنده میزان جابه جایی در خلاف جهت سنسور می باشد. میزان جابه جایی مواد دامنه ای اندازه گیری شده در محدوده مورد مطالعه حداکثر ۳۴ سانتی متر و حداقل ۸ سانتی متر را در محدوده مورد مطالعه در سال های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۱ را نشان می دهد، بیشترین میزان حرکات دامنه ای در مرکز نیر چای می باشد و کمترین مقدار مربوط شمال و جنوب می باشد (شکل ۴).

با مطالعه نحوه و امکان وجود جابه جایی در سطح زمین می توان به برآورد پارامترهای تاثیرگذار در فرایند جابه جایی زمین دست یافت و در مدل سازی ژئوفیزیکی و تعیین راهکارهای لازم جهت مقابله با حرکات دامنه ای به کار گرفت. در میان تمام روش های زمینی و فضایی اندازه گیری تغییرات سطح زمین، تکنیک تداخل سنجی راداری به عنوان ابزار مفید و بهترین روش شناخته شده است. شکل ۴ میزان جابه جایی حرکات دامنه ای را در منطقه مورد مطالعه نشان می دهد. مقادیر مثبت



شکل ۴) میزان جابه جایی مواد دامنه ای اندازه گیری شده توسط پردازش تداخل سنجی راداری

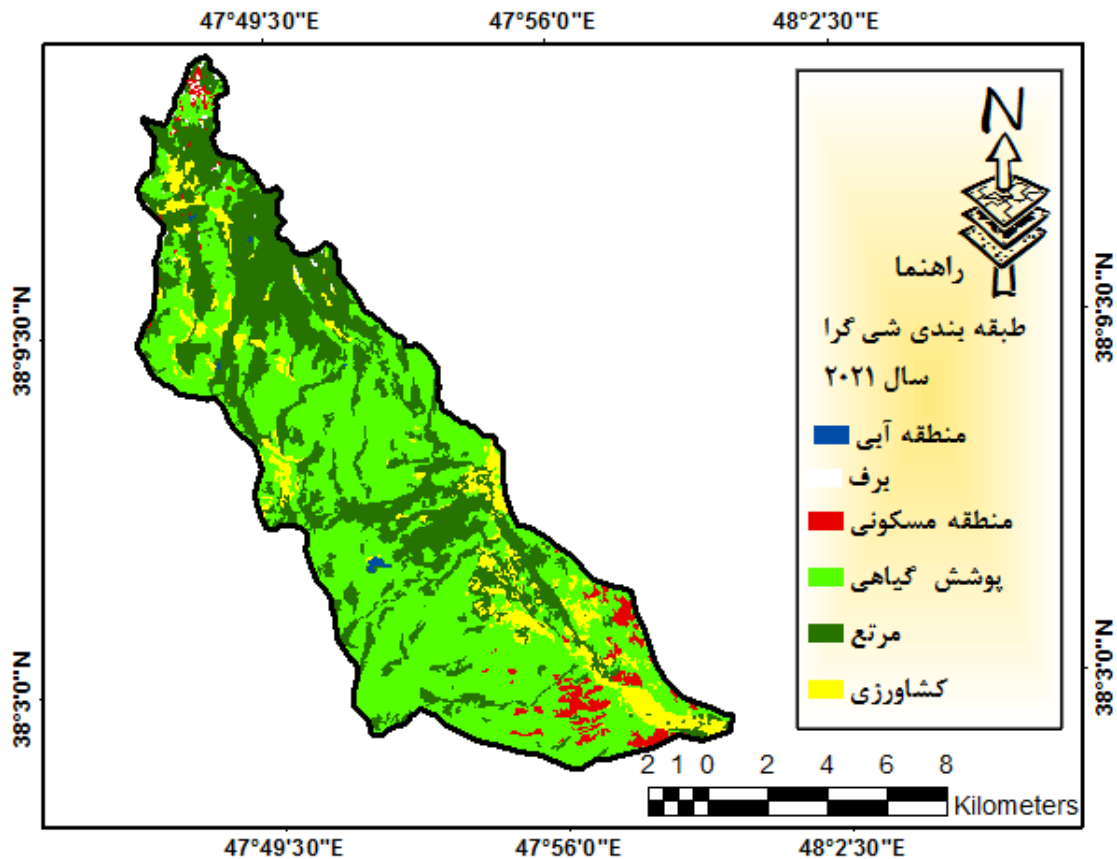
دارند. ریزش ناگهانی زمین و تخریب سازه های آسیب پذیر از سوانح محتمل ناشی از عوارض حرکات دامنه ای است که در نواحی شهری با تلفات انسانی رو به رو می شوند. این سوانح در موارد خاصی به سبب تراکم جمعیت زیاد و یا گسترش شعاع اراضی فروریخته می تواند تلفات سنگین و جبران ناپذیری داشته باشد.

### تحلیل رابطه زمین لغزش و کاربری اراضی

نتایج حاصل از انطباق نقشه کاربری اراضی و نقشه حرکات دامنه ای در جدول ۳ نشان داد که بالاترین میزان حرکات دامنه ای به ترتیب در کاربری های پوشش گیاهی با مقدار ۳۳ سانتی متر و مرتع با مقدار ۲۸ سانتی متر و کمترین مقدار به منطقه مسکونی با مقدار ۹ سانتی متر قرار

جدول ۳: مشخصات آماری زمین لغزش کاربری ها

بیشترین	کمترین	کاربری
-۲۵	-۲۱	کشاورزی
-۲۸	-۲۱	مرتع
-۳۳	-۳۰	پوشش گیاهی
-۹	-۸	منطقه مسکونی
-۱۰	-۹	برف
-۲۱	-۱۹	منطقه آبی



شکل ۴: نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۲۱

از جمله زمین لغزش، فرونشست، زلزله و فعالیت‌های آتشفشانی بسیار متداول شده است. این تکنیک فاز گرفته شده از دو مجموعه داده رادار در دو زمان مختلف را مقایسه و با ایجاد اینترفروگرام، قادر به اندازه گیری تغییرات سطح زمین در دوره زمانی است. در این پژوهش، به منظور شناسایی و اندازه‌گیری زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه از تصاویر راداری سنتینل ۱ سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۱ استفاده شده است. به منظور پردازش اطلاعات نیز از نرم افزار SARSCAPE استفاده شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که تصاویر راداری از پتانسیل خوبی برای آشکارسازی ناپایداری دامنه‌ها و محاسبه جابه جایی آن‌ها برخوردار می‌باشد. بیشترین میزان حرکات دامنه‌ای ۳۴ سانتی‌متر در محدوده مورد مطالعه می‌باشد. که نشان‌دهنده فعال بودن منطقه از لحاظ حرکات دامنه‌ای است. نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از تصویر لندست ۸ با استفاده از طبقه بندی شی‌گرا در منطقه مورد مطالعه استفاده شد. نتایج حاصل از انطباق نقشه کاربری اراضی و نقشه زمین لغزش در جدول ۳ نشان داد که بالاترین میزان زمین لغزش در به ترتیب به بالاترین میزان حرکات دامنه‌ای به ترتیب در کاربری‌های پوشش گیاهی با مقدار ۳۳ سانتی متر و مرتع با مقدار ۲۸ سانتی‌متر و کمترین مقدار به منطقه مسکونی با مقدار ۹ سانتی‌متر قرار دارند. ریزش ناگهانی زمین و تخریب سازه‌های آسیب‌پذیر از سوانح محتمل ناشی از عوارض حرکات دامنه‌ای است که در نواحی شهری با تلفات انسانی رو به رو می‌شوند. این سوانح در موارد خاصی به سبب تراکم جمعیت زیاد و یا گسترش شعاع اراضی فروریخته می‌تواند تلفات سنگین و جبران‌ناپذیری داشته باشد.

همچنین با بررسی حرکات دامنه‌ای استخراج شده و بررسی لایه زمین شناسی مشاهده شد که اکثراً زمین لغزش‌ها در مناطقی که جنس سنگ‌ها بیشتر آندزیت‌های آسیت و آندزیت‌های نیمه نفوذی بوده‌اند، رخ داده و لغزش‌های اندکی در مناطقی که دارای رسوبات آبرفتی و نهشته‌های رودخانه‌ای هستند، اتفاق افتاده است. همچنین نتایج حاصل از مدل رقومی ارتفاعی و حرکات دامنه‌ای نشان می‌دهد که ارتفاعات بیش از ۲۰۰۰ متر بیشترین سهم حرکات دامنه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند، همچنین در ارتفاع ۱۵۰۰ متر نیز حرکات دامنه‌ای قابل توجه بوده است که دلیل آن ناپایداری دامنه‌ها در برابر عوامل اقلیمی و محیطی می‌باشد. از نظر کاربری اراضی همانگونه که از جدول ۳ تهیه شده است نشان می‌دهد، طبقات مربوط به مناطق پوشش گیاهی و مرتع بیشترین اثر را در حرکات دامنه‌ای منطقه مورد مطالعه دارند. علت این امر تسهیل این کاربری‌های در نفوذ و هدایت آب بارش‌ها به طبقات سست زیرین می‌باشد.

#### ۴- نتیجه‌گیری

تکنیک تداخل‌سنجی راداری به عنوان روش کارآمد در اندازه‌گیری جابه جایی سطح زمین می‌باشد. به طوری که با استفاده از این فناوری امکان پایش حرکات کوچک سطح زمین به صورت پیوسته، با دقت بالا و در گسترده وسیعی امکان‌پذیر است. به دلیل پوشش وسیع تصاویر ماهواره‌ای، به هنگام بودن و پایین بودن هزینه آن‌ها نسبت به سایر روش‌های میدانی کاربرد این فناوری در بررسی مخاطرات طبیعی زمین

شده لیکن با بارش بیشتر محققین به افزایش سطح پیرومتری آب های زیرزمینی در اثر پژوهش مزبور به عنوان عمل ناپایداری دامنه‌ای تاکید نمودند. نتایج تحقیق شهیدی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی خطر وقوع حرکات دامنه‌ای در جاده سراب - نیر را با استفاده از عوامل مختلفی که در ایجاد حرکات دامنه‌ای نقش داشته‌اند بررسی کرد. از جمله می‌توان به عوامل زمین شناسی (ضخامت و بافت خاک، سنگ های سست و شیب دامنه)، آب های زیرزمینی و بارش را بررسی کردند. برای مشخص نمودن عوامل مهم در وقوع حرکات دامنه‌ای، با استفاده از برداشت های صحرایی، آزمون های آزمایشگاهی و مدل سازی عددی را بررسی کردند، نتایج نشان داد که شرایط محلی ریخت شناسی و وجود یک محدوده فروافتاده سبب زهکشی آب از منطقه بالادست به سمت توده لغزشی شده است. به دلیل بارندگی استثنایی فصل بهار و زمستان می‌تواند مسبب اصلی ایجاد حرکات دامنه‌ای باشد. اصغری و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی خطر وقوع زمین لغزش در جاده سراب - نیر را با استفاده از مدل های تحلیل شبکه و منطق فازی پهنه بندی کردند. در این مطالعه برای پهنه بندی از لایه های شیب، گسل، زمین شناسی، کاربری اراضی، بارش، ارتفاع و پوشش گیاهی استفاده کردند. هر سه این تحقیقات نشان داد که ارتفاعات بیش از ۲۰۰۰ و پوشش گیاهی بیشترین سهم حرکات دامنه‌ای را به خود اختصاص داده اند.

همچنین نتایج حاصل از مدل رقومی ارتفاعی و حرکات دامنه‌ای نشان می‌دهد که ارتفاعات بیش از ۲۰۰۰ متر بیشترین سهم حرکات دامنه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند، همچنین در ارتفاع ۱۵۰۰ متر نیز حرکات دامنه‌ای قابل توجه بوده است که دلیل آن ناپایداری دامنه‌ها در برابر عوامل اقلیمی و محیطی می‌باشد. از نظر کاربری اراضی همانگونه که از جدول ۳ تهیه شده است نشان می‌دهد، طبقات مربوط به مناطق پوشش گیاهی و مرتع بیشترین اثر را در حرکات دامنه ای منطقه مورد مطالعه دارند. علت این امر تسهیل این کاربری های در نفوذ و هدایت آب بارش‌ها به طبقات سست زیرین می باشد. مقایسه نتایج این پژوهش با مطالعات دی مارتیر و همکاران در سال ۲۰۱۶ که با روش ترکیب روش میدانی و تکنیک تداخل سنجی راداری با استفاده از تصاویر COSMO-SKYMED در یک بازه سه ساله از سال ۲۰۰۸ تا سال ۲۰۱۱ در دامنه‌های شهرستان پارمو در منطقه سیسیل ایتالیا پرداختن نشان داد که استفاده از تصاویر راداری با رزولوشن بالا و روش تداخل سنجی راداری بهترین و مقرون به صرفه ترین گزینه در پایش حرکات آهسته مواد دامنه‌ای خصوصا در مناطق وسیع مانند منطقه کوهستانی مناسب است و همچنین حدکثر حرکت مواد دامنه‌ای را ۲۶ سانتی متر را در سه بازه سه ساله تعیین نمودند. در پژوهش دیگر کنفورتو و همکاران در سال ۲۰۱۷، با استفاده از تصاویر ماهواره ای Terra SAR-X و ترکیب آن با اندازه گیری های میدانی، در بازه زمانی اکتبر ۲۰۱۳ تا اکتبر ۲۰۱۴ در منطقه پاپانیس در جنوب ایتالیا، به میزان حداکثر ۴۰ سانتی متر رسیدند. پژوهش حاضر در منطقه کوهستانی انجام

## منابع

- اصغری سراسکانرود، صیاد، پالیزبان، دنلیا، امامی، هادی، قلعه، احسان، ۱۳۹۹، تحلیل مدل های تحلیل شبکه و منطق فازی برای تهیه نقشه پهنه بندی حساسیت وقوع زمین لغزش مطالعه موردی (جاده سراب-نیر). مجله جغرافیا و برنامه ریزی، سال ۲۴، شماره ۷۲، صص ۱-۲۲.
- حبیب زاده هریس، محمدصادق، المدرسی، علی، سرکارگر اردکانی، علی، ۱۳۹۲، بررسی فرونشست در شهریار با استفاده از تکنیک D-In SAR، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد: صص ۶۴-۶۳.
- دهقانی بیدگلی، رضا، کوهبنانی، حمیدرضا، یزدانی، محمدرضا، ۱۳۹۹، پهنه بندی فرونشست دشت سمنان ناشی از برداشت بی‌رویه آب های زیرزمینی با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری و تصاویر سنتینل ۱، نشریه مهندسی آبیاری و آب ایران، سال ۱۰، شماره ۳۹، صص ۱۷۵-۱۸۷.
- رجایی، محمدرضا، اصغری مقدم، اصغر، ۱۳۸۰. هیدروژئوشیمی و ژئومتری چشمه‌های آب معدنی و آب گرم دامنه‌ای جنوب شرقی سیلان (سرعین و بوشلی). مجموعه مقاله پنجمین همایش انجمن زمین شناسی ایران.
- ستارزاده قدیمی، یوسف، قیطانچی، محمدرضا، محمدی، احسان، ۱۳۸۰، فعالیت لرزه ای قابل توجه در ناحیه ی سرعین واقع در جنوب غربی آتشفشان سیلان. مجموعه مقالات پنجمین همایش انجمن زمین شناسی ایران.
- شهیدی، فرهاد، شعاعی، غلامرضا، محمدی و اوسری، مصطفی، ۱۳۹۴، بررسی سازوکار وقوع زمین لغزش گردنه صائین با نگرشی بر هیدرولوژی و شرایط ریخت شناسی منطقه، مجله انجمن زمین شناسی مهندسی ایران، شماره ۲(و)، صص ۱۳-۳۳.
- مددی، عقیل. (۱۳۸۹). بررسی ناپایداری ژئومورفولوژیک گردنه صائین (بین شهر نیر و سراب، منطقه آذربایجان با استفاده از روش آنالوگان، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۱، شماره ۱، صص ۷۷-۹۴.

Aleotti, P., Chowdhury, R., 1999. Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. Bull. Eng. Geol. Environ. 58 (1), 21-44.

Bernardino, P., Constantine, G., Franceschetti, G., Iodice, L., Pietranera, L., Rizzo, V., 2003. Use of differential SAR interferometry in monitoring and modelling large slope instability at Matera (Basilicata, Italy). Eng. Geol. 68 (1-2), 31-51.

Bernardino, P., Fornaro, G., Lanari, R., Sansosti, E., 2002. A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 40, 2375-2383.

Berberian, M., and King, G.C.P., 1981, Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran: Canadian Journal of Earth Sciences, v.18, no.2, p.210-265.

Bordoni, M., Bonì, R., Colombo, A., Lanteri, L., Meisina, C. A methodology for ground motion area



- detection (GMA-D) using A-DInSAR time series in landslide investigations. *Catena* 163 .2018. 89–110. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.12.013>
- Bovenga, F., Wasowski, J., Nitti, D.O., Nutricato, R., Chiaradia, M.T. Using COSMO/SkyMed X-band and ENVISAT C-band SAR interferometry for landslides analysis. *Remote Sensing of Environment* 119 (2012) 272–285. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.12.013>.
- Chatterjee, R.S., Fruneau, B., Rudan, J.P., Roy, P.S., Frison, P., Lakhera, R.C., Dadlhwaj, V.K., Saha R., 2006. Subsidence of Kolkata (Calcutta) City, India during the 1990 as observed from space by Differential Synthetic Aperture Radar Interferometry (D-InSAR) technique. *Remote Sensing of Environment* 102. 176-185.
- Di Martire, D., Tessitore, S., Brancato, D., Grazia Ciminelli, M., Costabile, S., Costantini, M., Vito Graziano, G., Minati, F., Ramondini, M., Calcaterra, D. Landslide detection integrated system (LaDIS) based on in-situ and satellite SAR interferometry measurements. *Catena* 137 (2016) 406–421.
- Ding, X.L., Liu, G.X., Li, Z.W., Li, Z.L., Chen, Q.Y., 2004. Ground subsidence monitoring in Hong Kong with satellite SAR interferometry. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 70(10). 1151–1156.
- Dong, J., Liao, M., Xu, Q., Zhang, L., Tang, M., Gong, J. Detection and displacement characterization of landslides using multitemporal satellite SAR interferometry: A case study of Danba County in the Dadu River Basin. *Engineering Geology* 240 (2018) 95–109. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2018.04.015>
- Ferretti, A., Prati, C., Rocca, F., 2001. Permanent scatterers in SAR interferometry. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 39 (1), 8–20. <http://dx.doi.org/10.1109/36.898661>.
- Fruneau, B., Achace, J., Delacourt, C., 1996. Observation and modeling of the Saint- Etienne-de Tine'e landslide using SAR interferometry. *Tectonophysics* 265 (3–4), 181–190.
- Faizizadeh, B., Hilali, H., 2010. Comparison of base pixel, object-oriented and effective parameters in land use coverage classification in West Azarbaijan Province. *Geographical Research Journal* 71. 73\_84.
- Hilley, G.E., Burgmann, R., Ferretti, A., Novali, F., Rocca, F., 2004. Dynamics of slow-moving landslides from permanent scatterer analysis. *Science* 304, 1952–1955.
- Hong, Y., Adler, R., and Huffman, G.: Use of satellite remote sensing data in the mapping of global landslide susceptibility, *Nat. Hazards*, 43, 245–256, 2007b
- Hong, Y.; Adler, R.F. and Huffman, G. 2007. An experimental global prediction system for rainfall-triggered landslides using satellite remote sensing and geospatial datasets, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote*, 45: 1671–1680.
- Hooper, A., Zebker, H., Segall, P., & Kampes, B. 2004. A new method for measuring deformation on volcanoes and other natural terrains using InSAR persistent scatterers. *Geophysical Research Letters*, 31, L23611. <http://dx.doi.org/10.1029/2004GL021737>.
- Lanari, R., Mora, O., Manunta, M., Mallorqui, J.J., Berardino, P., Sansosti, E., 2004. A small baseline approach for investigating deformations on full resolution differential SAR interferograms. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 42, 1377–1386.
- Massonnet, D., Rossi, M., Carmona, C., Adragna, F., Peltzer, G., Feigl, K., et al. 1993. The displacement field of the Landers earthquake mapped by Radar Interferometry. *Nature*, 364, 138–142.
- Metternicht, G., Hurni, L., Gougers 2005. Remote sensing of landslides: An analysis of the potential contribution to geospatial system for hazard assessment in mountainous environments. *Remote Sensing of Environment* 98:284-303.
- Mora, O., Mallorqui, J.J., Broquetas, A., 2003. Linear and nonlinear terrain deformation maps from a reduced set of interferometric sar images. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 41 (10):2243–2253. <http://dx.doi.org/10.1109/TGRS.2003.814657>..
- Massonnet, D. and K.L. Feigl. 1998. Radar interferometry and its application to changes in the earth's surface. *Reviews of Geophysics*, 36(4):441-500.
- Novellino, A., Cigna, F., Sowter, A., Syafiudi, M.F., Di Martire, D., Ramondini, M., Calcaterra, D., 2015. Intermittent Small Baseline Subset (ISBAS) InSAR Analysis to monitor landslides in Costa Della Gaveta, Southern Italy. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 26–31 July 2015, Milan, Italy, pp. 3536–3539 <http://dx.doi.org/10.1109/IGARSS.2015.7326584>.
- Prati, C., Ferretti, A., & Perissin, D. 2010. Recent advances on surface ground deformation measurement by means of repeated space-borne SAR observations. *Journal of Geodynamics*, 49, 161–170. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jog.2009.10.011>.

## Landslide assessment using radar images and radar interferometry Case area: Nirchai Basin

Dr. Mousa Abedini <sup>\*1</sup> ; Maryam Mohammadzadeh shishagaram<sup>2</sup>

\*1- Professor of Geomorphology, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

2-PhD student in Professor of Geomorphology, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

\*Email: musaabedini@yahoo.com

### Abstract

Radar interference technique is an efficient method in measuring ground surface displacement. So that with the use of this technology, it is possible to monitor small movements of the earth's surface continuously, with high accuracy and in a wide range. This technology has become very common in the study of natural disasters of the earth, including slope displacement, subsidence, earthquakes and volcanic activity. This technique compares the phase taken from two radar datasets at two different times and, by creating an interferogram, is able to measure changes in the earth's surface over time. In this study, in order to identify and measure landslides, radar images of 2015 and 2021 were used. In order to process the information, SARSCAPE software has been used, which has an estimated maximum landslide of 34 cm. Land use map of the study area was extracted using Landsat 8 image and using object-oriented classification. The results of this study showed that radar images have a good potential for detecting the instability of slopes and calculating their displacement. The results of adapting the land use map to the landslide map showed that the highest amount of slope movements are in the vegetation uses with 33 cm and the range with 28 cm, respectively, with the lowest value to the residential area with 9 cm. Sudden landslides and the destruction of vulnerable structures are possible accidents resulting from the effects of sloping movements that cause human casualties in urban areas. In some cases, these accidents can cause heavy and irreparable losses due to high population density or the expansion of the radius of the collapsed lands.

### Introduction

Continuous monitoring of land surface changes and identification of areas prone to slip movements, especially in the area of human settlements and communication infrastructure such as roads and railways, is one of the most effective factors in reducing casualties and natural hazards such as landslides and slopes. So far, several techniques have been proposed such as using the Global Positioning System, geodesy and tachometry, mapping cameras, laser scanning and lidar to monitor surface changes. However, due to the high cost of implementation, time consuming and limited coverage of the use of these methods, in the limited, the use of these methods in a wide range is not cost effective. But in addition to these methods, the radar interference technique with the ability to work in all weather conditions and the duration of day and night and with the ability to cover the ground and high spatial and temporal resolution, today is one of the most accurate (in millimeters) and least expensive Remote sensing techniques for detecting and monitoring surface changes, slow and unstable movements of amplitude around the world.

### Methodology

In this study, Sentinel 1 images were used to capture images in the C-band range of microwaves. Then the necessary processing was performed through SARSCAPE 5.2 plugin in ENVI 5.3 software and the technique used in this research to determine the amount of amplitude movements is a differential interferometric method with a combined opening of two frequent or non-frequent passes. One of the most basic steps in radar interferometry processing is to select the right image pair. Several factors such as sensor frequency, spatial baseline, temporal baseline as well as spatial overlap in the direction of sensor movement are effective in selecting image pairs. In the present study, two Sentinel-1-A images of SLC type related to 2015 and 2021 were used. In this research, in order to extract the land use map, Landsat 8 satellite images of 2021 and June were used. ENVI 5.3 software was used for atmospheric and radiometric corrections and ARCGIS 10.5 software was used to extract the relevant maps. Object-oriented classification method was used in eCognition Developer64 software to land use classification. To estimate the classification accuracy, sample points taken from Google Earth images

were used. In the object-oriented classification method, spectral information is merged with spatial information, and the pixels are segmented based on the shape, texture, and gray tone of the image at a specific scale, and the image is classified based on these components. In pixel segmentation, pixels are segmented by different algorithms, with different spectral and shape ratios and based on spectral and spatial properties in the form of various objects. During this process, image objects appropriate to homogeneity or heterogeneity were created based on the parameters of scale, color, shape, softness and compaction shape (Feizizadeh and Hilali 2010). Trial and error determined the best size that represents objects with different dimensions. In this study, a fragmented image with a scale of 45, Figure 0.5, compression coefficient of 0.6 was performed. After specifying the number of required classes in the classification, the training samples were determined and applied to the image surface in the software. Then the classification was done using the nearest neighbor and the decision tree method. It is necessary to use any kind of subject information, to know its accuracy and correctness. Classification accuracy in 2021 with 97% overall accuracy and 95% kappa coefficient.

### **Conclusion**

The results of this study showed that radar images have a good potential for detecting the instability of slopes and calculating their displacement. The maximum amount of material movement is in the range of 34 cm. Which indicates that the area is active in terms of amplitude movements. Land use maps using Landsat 8 image were used using object-oriented classification in the study area. The results of matching the land use map and landslide map in Table 3 showed that the highest amount of landslide in the highest amount of amplitude movements, respectively, in vegetation uses with a value of 33 cm and rangeland with a value of 28 cm, respectively. They are located in a residential area of 9 cm. Sudden landslides and the destruction of vulnerable structures are possible accidents resulting from the effects of sloping movements that cause human casualties in urban areas. In some cases, these accidents can cause heavy and irreparable losses due to high population density or the expansion of the radius of the collapsed lands.

### **Keywords**

Landslide , Radar Interference, Sentinel 1 Images, Object Oriented Classification, Land Use.