بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده منابع طبیعی ساری

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی منابع طبیعی گرایش آبخیزداری

عنوان پایان نامه

تغییرات مکانی و زمانی حرکت توده لغزشی منطقه توان در استان قزوین

دانشجو:

جمشید جویباری

استاد راهنما:

دکتر عطاءاله کاویان

استاد مشاور:

مهندس جمال مصفایی

شهریور سال ۹۳

فرم صورتجلسه دفاع بدون مهروامضای دانشکده

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات
و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری است.

چکیده

زمین لغزش را می‌توان حرکت توده‌ای مواد دامنه‌های شیب‌دار تحت تأثیر نیروی ثقل توده و عوامل محرکی مانند زمین‌لرزه، سیل و باران‌های سیل‌آسا تعریف نمود. این پدیده یکی از خطرات طبیعی است که همه ساله خسارات جانی و مالی فراوانی را در مناطق کوهستانی، پرباران و لرزه‌خیز به همراه دارد. تشخیص زمان و مقدار تغییرشکل توده‌های لغزشی برای درک دلایل فیزیکی وقوع زمین‌لغزش و هشدار خطرات احتمالی ضروری است. در این پایان نامه، مقدار جابجایی زمین لغزش توان واقع در شمال شرق استان قزوین با عواملی نظیر ویژگی‌های بارش و کاربری اراضی مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور ابتدا شبکه‌ای از نقاط ثابت در داخل و خارج آن به تعداد ۲۰ عدد برای پایش میزان جابجایی بر روی کاربری‌های مختلف توده لغزشی ایجاد و میزان جابجایی هر نقطه در ۵ بازه زمانی با استفاده از سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS) دو فرکانسه اندازه‌گیری گردید. گرچه فرایند جابجایی‌های عمودی و افقی بین تمامی نقاط شبکه موجود درمحدوده زمین‌لغزش بصورت بطئی و کند وجود داشته و در حواشی نقاط ۱، ۲ ، ۶و ۸ بطور عینی کاملاً نمایان می‌باشد ولی مقدار کل جابجایی افقی نقاط دارای حرکت در ۵ بازه زمانی مورد پایش(۵۱۱ روز) ۱۸۷۶ میلیمتر بوده که دارای نرخ حرکت ماهانه ۱۱۰ میلیمتر می باشد همچنین مقدار کل جابجایی عمودی نقاط دارای حرکت در زمان مشابه ۸۹۸ میلیمتر بوده که دارای نرخ حرکت ماهانه ۵۳ میلیمتر می‌باشد. سپس ویژگی‌های بارش منطقه نظیر مقدار بارش، نوع بارش، مدت بارش، حداکثر شدت بارش در بازه‌های زمانی ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۶۰ دقیقه و شدت متوسط بارش برای هر یک از ۵ بازه زمانی محاسبه و استخراج گردید. رسم بردارهای جابجایی نقاط بر روی نقشه توپوگرافی منطقه مشخص نمود که جهت حرکت توده در جهت گرادیان ارتفاعی منطقه می‌باشد. نتایج نشان داد از میان ویژگی‌های مختلف بارش، تنها بین شدت بارش با میزان حرکت توده لغزشی رابطه خوبی برقرار است و بیشترین ضریب همبستگی به ترتیب بین شدت بارش متوسط ($R = ۰/۸۵۴$) و حداکثر بارش ۳۰ دقیقه‌ای ($R = ۰/۶۷۵$) با میزان جابجایی توده لغزشی وجود دارد و بین سایر خصوصیات بارش (مقدار، مدت و نوع بارش) و حرکت توده لغزشی رابطه معنی‌داری حاصل نگردید. همچنین رابطه خوبی نیز بین کاربری توده لغزشی و حرکت آن وجود دارد بطوریکه بخش‌های شمال غربی توده لغزشی که دارای کاربری باغ می‌باشند دارای حرکت بسیار بیشتری نسبت به نقاطی که بر روی کاربری مرتع قرار گرفته‌اند می‌باشند و از مجموع اندازه‌گیری‌های نقاط دارای کاربری باغ، ۷۰ درصد جابجایی افقی و ۴۰ درصد جابجایی عمودی داشته‌اند در حالیکه این درصدها برای کاربری مرتع به ۲۰ درصد تقلیل می‌یابد. بطور کلی می‌توان نتیجه گرفت که برآیند تاثیر عوامل مختلفی نظیر توپوگرافی، خاکشناسی، زمین‌شناسی، کاربری و شدت بارش باعث ایجاد شرایط مناسب برای وقوع لغزش توده لغزشی توان شده است اما در این زمین‌لغزش نقش ماشه‌ای را در واقع شدت بارش و بیشترین تاثیر در حرکت توده را کاربری زمین (آبیاری غرقابی باغات میوه) دارد.

کلمات کلیدی: پایش، خصوصیات بارش، کاربری زمین، جابجایی، جی‌پی‌اس دوفرکانسه.

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

فصل اول- مقدمه و کلیات ۱
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- بیان مسئله ۲
۱-۳- فرضیه‌ها ۳
۱-۴- اهداف ۳
۱-۵- تعریف زمین لغزش ۳
۱-۶- پایش زمین لغزش ۴
۱-۷- معرفی روش‌های متعـدد پـایش زمین لغزش‌ها ۵
۱-۷-۱-پایش زمین لغزش با استفاده از تکنیک تصاویرماهواره‌ای رادار ۵
۱-۷-۲-استفاده از روش‌های فتوگرامتری ۵
۱-۷-۳-استفاده از روش‌های ژئودتیکی ۵
۱-۷-۴-استفاده از روش‌های ژئوتکنیک ۶
۱-۷-۵- پایش به کمک سیستم‌های تعیین موقعیت جهانی ۶
۱-۷-۵-۱- نقش مشاهدات جی‌پی‌اس در فرایند آنالیز جابجایی‌ها ۶
۱-۷-۵-۲- مزایای بکارگیری جی‌پی‌اس در آنالیز جابجایی ۶
۱-۷-۵-۳- شبکه کنترل جابجایی منطقه مورد مطالعه ۷
۱-۷-۵-۴- آنالیز جابجایی شبکه ۷
فصل دوم- بررسی منابع ۸
۲-۱- سوابق علمی تحقیق ۹
۲-۱-۱- سابقه تحقیق در داخل ۹
۲-۱-۲- سابقه تحقیق در خارج ۱۲
۲-۱-۳- جمع بندی سوابق تحقیق ۱۵
فصل سوم- مواد و روشها ۱۶
۳-۱- مطالعه اجمالی زمین لغزش روستای توان و موقعیت جغرافیایی آن ۱۷
۳-۲- روش پژوهش ۱۸
۳-۲-۱- شناسایی پهنه لغزشی مورد مطالعه و تطبیق آن برروی تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث ۱۸
۳-۲-۲- تهیه نقشه توپوگرافی از منطقه تحت رانش ۱۹
۳-۲-۳- تهیه نقشه کاربری اراضی توده لغزشی ۲۰
۳-۲-۴- زمین شناسی ۲۱
۳-۲-۴-۱- زمین شناسی ساختمانی آبخیز الموت‌رود ۲۲
۳-۲-۴-۲- چینه شناسی آبخیز الموت‌رود ۲۲
۳-۲-۴-۳ واحدهای زمین ساختی ۲۶
۳-۲-۵- سنگ‌شناسی توده لغزشی ۲۷
۳-۲-۶- تهیه داده‌های هواشناسی ایستگاه باران نگار معلم‌کلایه ۲۸
۳-۲-۷- تهیه داده‌های مربوط به جابجایی‌های سالهای قبل زمین لغزش توان ۲۹

۳-۲-۸- بررسی‌های میدانی و اندازه‌گیری‌های صحرایی..... ۲۹
۳-۲-۸-۱- نحوه ایجاد شبکه‌های رفتارسنجی رانش زمین ۳۰
۳-۲-۸-۱-۱- شبکه نقاط اصلی..... ۳۰
۳-۲-۸-۱-۲- شبکه نقاط شاهد منطقه زمین لغزش..... ۳۲
۳-۲-۸-۱-۳- نحوه برداشت نقاط با کمک جی‌پی‌اس دوفرکانسه..... ۳۲
۳-۲-۹- آنالیز جابجایی شبکه..... ۳۳
۳-۲-۱۰- بررسی رابطه میزان جابجایی با ویژگی‌های بارش..... ۳۳
۳-۲-۱۱- بررسی رابطه میزان جابجایی با کاربری توده لغزشی..... ۳۳
فصل چهارم- نتایج..... ۳۴
۴-۱- تهیه داده‌های جابجایی‌های زمین‌لغزش توان..... ۳۵
۴-۲- آنالیز مشاهدات..... ۴۱
۴-۲-۱-تعیین جابجایی مسطحاتی و ارتفاعی داده‌های مشاهداتی مربوط به سال‌های ۸۹ و ۹۰..... ۴۲
۴-۲-۲-تعیین جابجایی مسطحاتی و ارتفاعی داده‌های مشاهداتی مربوط به سال‌های ۹۲ و ۹۳..... ۴۴
۴-۳- رسم بردارهای جابجایی نقاط بر روی نقشه توپوگرافی منطقه..... ۴۷
۴-۴- تهیه نقشه میزان جابجایی افقی و عمودی توده لغزشی..... ۵۷
۴-۵- بررسی رابطه ویژگی‌های بارش و میزان جابجایی توده لغزشی ۶۰
۴-۶- رابطه حرکت توده لغزشی و کاربری اراضی..... ۶۱
فصل پنجم- بحث و نتیجه گیری..... ۶۳
پیشنهادات..... ۶۵
منابع..... ۶۶

فهرست شکل‌ها

عنوان **شماره صفحه**

شکل ۳-۱- موقعیت منطقه لغزشی روستای توان در استان قزوین ۱۷
شکل ۳-۲ موقعیت محدوده لغزشی بر روی تصویر گوگل ارث ۱۸
شکل ۳-۳ نقشه توپوگرافی محدوده لغزشی ۱۹
شکل ۳-۴ نقشه کاربری اراضی توده لغزشی ۲۱
شکل ۳-۵ قرارگیری طبقات هم شیب بصورت تناوبی از لایه های مقاوم و حساس به فرسایش ۲۸
شکل ۳-۶ تعدادی از عکس‌های مراحل برداشت زمین‌لغزش توان ۲۹
شکل ۳-۷ تعدادی از عکس‌های مراحل برداشت زمین‌لغزش توان ۳۰
شکل ۳ -۸ موقعیت ۳ ایستگاه مبنا جهت پایش نقاط شاهد ۳۱
شکل ۳ -۹ موقعیت ۱۷ ایستگاه شاهد جهت تعیین میزان جابجایی ۳۲
شکل ۴ -۱ رسم بردارهای جابجایی نقاط ۱ و ۲ بر روی نقشه توپوگرافی منطقه ۴۸
شکل۴ -۲ رسم بردارهای جابجایی نقاط ۳ و ۴ بر روی نقشه توپوگرافی منطقه ۴۹
شکل۴ -۳ رسم بردارهای جابجایی نقاط ۵ و ۶ بر روی نقشه توپوگرافی منطقه ۵۰
شکل۴ -۴ رسم بردارهای جابجایی نقاط ۷ و ۸ بر روی نقشه توپوگرافی منطقه ۵۱
شکل۴ -۵ رسم بردارهای جابجایی نقاط ۹ و ۱۰ بر روی نقشه توپوگرافی منطقه ۵۲
شکل۴ -۶ رسم بردارهای جابجایی نقاط ۱۱ و ۱۲ بر روی نقشه توپوگرافی منطقه ۵۳
شکل۴ -۷ رسم بردارهای جابجایی نقاط ۱۳ و ۱۴ بر روی نقشه توپوگرافی منطقه ۵۴
شکل۴ -۸ رسم بردارهای جابجایی نقاط ۱۵ و ۱۶ بر روی نقشه توپوگرافی منطقه ۵۵
شکل۴ -۹ رسم بردارهای جابجایی نقطه ۱۷ بر روی نقشه توپوگرافی منطقه ۵۶
شکل۴ -۱۰ نمایش کلی و یکجای بیضی خطای نقاط شاهد به همراه بردار جابجایی آنها ۵۷
شکل ۴-۱۱ نقشه میزان جابجایی افقی توده لغزشی در بازه زمانی اول تا چهارم ۵۸
شکل ۴-۱۲ نقشه میزان جابجایی افقی توده لغزشی در بازه پنجم و مجموع بازه ها ۵۹
شکل ۴-۱۳ نقشه میزان جابجایی عمودی توده لغزشی در بازه اول و دوم ۵۹
شکل ۴-۱۴ نقشه میزان جابجایی عمودی توده لغزشی در بازه سوم تا پنجم و مجموع بازه ها ۶۰
شکل ۴-۱۵ نمودار درصد نقاط دارای حرکت و فاقد حرکت در کاربری‌های توده لغزشی ۶۲

فهرست جدول‌ها

عنوان **شماره صفحه**

جدول۴-۱ مشاهدات تعیین موقعیت ماهواره‌ای تاریخ۸۹/۰۹/۰۱ ..... ۳۵
جدول۴-۲ مشاهدات تعیین موقعیت ماهواره‌ای تاریخ۹۰/۰۲/۰۸ ..... ۳۶
جدول۴-۳ مشاهدات تعیین موقعیت ماهواره‌ای تاریخ۹۰/۰۵/۱۴ ..... ۳۷
جدول۴-۴ مشاهدات تعیین موقعیت ماهواره‌ای تاریخ۹۲/۰۶/۰۷ ..... ۳۸
جدول۴-۵ مشاهدات تعیین موقعیت ماهواره‌ای تاریخ ۹۲/۸/۱۷ ..... ۳۹
جدول۴-۶ مشاهدات تعیین موقعیت ماهواره‌ای تاریخ ۹۲/۱۲/۲ ..... ۴۰
جدول۴-۷ مشاهدات تعیین موقعیت ماهواره‌ای تاریخ ۹۳/۲/۱۹ ..... ۴۱
جدول۴-۸ مقادیر جابجایی مسطحاتی و ارتفاعی شبکه نقاط شاهد منطقه لغزشی در بازه ۱۵۷ روزه
مرحله اول و دوم مشاهدات (سالهای ۸۹ و ۹۰) ۴۳
جدول۴-۹ مقادیر جابجایی مسطحاتی و ارتفاعی شبکه نقاط شاهد منطقه لغزشی در بازه ۱۰۰ روزه
مرحله دوم و سوم مشاهدات سال ۹۰ ..... ۴۴
جدول ۴-۱۰ مقادیر جابجایی مسطحاتی و ارتفاعی شبکه نقاط شاهد منطقه لغزشی در بازه زمانی ۷۱
روزه مرحله اول و دوم مشاهدات سال ۹۲ ..... ۴۵
جدول ۴-۱۱ مقادیر جابجایی مسطحاتی و ارتفاعی شبکه نقاط شاهد منطقه لغزشی در بازه زمانی ۱۰۵
روزه مرحله دوم و سوم مشاهدات سال ۹۲ ..... ۴۶
جدول ۴-۱۲ مقادیر جابجایی مسطحاتی و ارتفاعی شبکه نقاط شاهد منطقه لغزشی در بازه زمانی۷۷
روزه مرحله سوم و چهارم مشاهدات سال ۹۲ و ۹۳ ..... ۴۷
جدول۴-۱۳ ضریب همبستگی مشخصه‌های بارش با جابجایی افقی و عمودی نقاط مورد پایش در ۵
بازه زمانی ۶۱
جدول۴-۱۴ نقاط دارای حرکت و فاقد حرکت به تفکیک در هر بازه زمانی ۶۱
جدول۴-۱۵ تعداد و درصد نقاط دارای حرکت به تفکیک کاربری اراضی ۶۲

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

حرکات توده‌ای، نوع خاصی از فرآیندهای دامنه‌ای هستند که زائیده شرایط ژئومرفولوژیک، هیدرولوژیک و زمین‌شناسی محلی می‌باشند، این شرایط به همراه فرآیندهای ژئودینامیک، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، مقدار- شدت و تداوم بارندگی و زمین‌لرزه‌ها باعث شکل‌گیری زمین لغزش‌ها می‌گردند (پورقاسمی و همکاران، ۱۳۸۶). حرکات توده‌ای نقش مؤثری در تخریب جاده‌های ارتباطی، مراتع، مناطق مسکونی و ایجاد فرسایش و رسوب در حوضه‌های آبخیز دارند. ناپایداری‌های دامنه‌ای و زمین لغزش‌ها به دلایل متعددی به وقوع می‌پیوندند که در این میان نقش شدت و مدت بارندگی برای شروع لغزش کلیدی و مهم بوده بطوری‌که امروزه بارندگی به عنوان متداول‌ترین عامل ماشه‌ای وقوع زمین لغزش‌ها شناخته شده است (طالبی و همکاران، ۱۳۸۸)، ولی تاکنون مطالعات کمی در خصوص نقش عامل ماشه‌ای- بارانی لغزش به دلایل کمبود داده‌های لغزش و تداوم اطلاعات ثبت شده بارش در سطح جهان صورت گرفته است (کیرشبام و همکاران، ۲۰۱۲). بنابراین تعیین رابطه شدت، مدت و نوع بارندگی بر میزان جابجایی توده لغزشی توسط پایش و تعیین جهت حرکت توده لغزشی با کمک سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) می‌تواند نقطه عطفی در مدیریت پایدار این بلای طبیعی باشد.

در این تحقیق با اخذ داده‌های بارش از ایستگاه هواشناسی معلم کلایه استان قزوین که در ۶ کیلومتری زمین لغزش توان واقع است و پایش زمین لغزش مذکور با جی پی اس دوفرکانسه رابطه مدت، شدت و نوع بارش بر میزان جابجایی محاسبه گردید.

۱-۲- بیان مسئله

رانش زمین هر ساله سبب بروز صدها میلیارد دلار خسارت و منجر به مرگ و میر و صدمات به صدها نفر در سطح جهان می‌گردد (کلارستاقی و احمدی، ۲۰۰۹). همچنین بر اساس گزارش پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، سالیانه ۵۰۰ میلیارد ریال خسارت‌های مالی از طریق زمین لغزش‌ها بر کشور تحمیل می شود؛ و این در صورتی است که از بین رفتن منابع طبیعی بازگشت ناپذیر به شمار آورده نشوند (طالبی و همکاران، ۱۳۸۸). کشور ایران به دلیل مساعد بودن شرایط جغرافیایی و فقدان مدیریت جامع محیطی به عنوان یک کشور پرخطر به شمار می‌آید، به طوری که جزء ۱۰ کشور بلاخیز جهان قرار گرفته و هرساله پدیده زمین لغزش در مناطق کوهستانی و مرتفع کشور خسارات و صدمات قابل توجهی به بار می‌آورد (کرم،۱۳۸۰). در ایران در مورد خسارات ناشی از حرکات توده‌ای مطالعاتی صورت گرفته که طبق گزارش جمع بندی اطلاعات و خسارات مربوط به ۴۹۰۰ زمین لغزش از بانک اطلاعاتی تا پایان شهریورماه ۱۳۸۶، میزان خسارت ناشی از زمین لغزش ۱۲۶۸۹۳ میلیارد ریال برآورد گردیده است (دفتر مهندسی و ارزیابی طرح ها گروه مطالعه امور زمین لغزش‌ها، ۱۳۸۶). زمین لغزش توان نیز که در شمال شرق استان قزوین واقع و در سال ۱۳۸۹ به وقوع پیوسته است خسارات هنگفتی به جاده ارتباطی و باغات روستای توان وارد ساخته و حجم زیادی از رسوبات را از طریق رودخانه شاهرود به سد سفید رود انتقال داده است. لذا پایش زمین لغزش و تعیین جهت حرکت توده لغزشی با کمک سیستم موقعیت‌یاب جهانی،

همچنین تعیین رابطه داده‌های بارش بر میزان جابجایی توده لغزشی اطلاعات مفیدی را برای کاهش خسارات فاجعه آمیز آن فراهم خواهد کرد.

۱-۳- فرضیه‌ها

۱- پهنه لغزشی روستای توان دارای تغییرات زمانی و مکانی است.
۲- میزان تغییرات زمانی و مکانی لغزش با مقدار بارش منطقه در ارتباط است.
۳- میزان تغییرات زمانی و مکانی لغزش با کاربری اراضی منطقه در ارتباط است.

۱-۴- اهداف

۱- بررسی تغییرات مکانی و زمانی توده لغزشی روستای توان
۲- اثر ویژگی‌های بارش بر میزان تغییرپذیری زمانی و مکانی توده لغزشی
۳- اثر کاربری اراضی بر میزان تغییرپذیری زمانی و مکانی توده لغزشی

۱-۵- تعریف زمین لغزش

عوامل گوناگون طبیعی و انسانی باعث وقوع یا تشدید زمین لغزش‌ها می‌شوند، در چند دهه اخیر عوامل انسانی از قبیل شیوه‌های نادرست کشاورزی، احداث غیر اصولی راههای ارتباطی، زیر شویی جریان رودخانه‌ها و موارد مشابه نقش مهمی را در افزایش وقوع زمین لغزش‌ها داشته‌اند. زمین لرزه، بارش سنگین و تغییرات سطح آب مکانیسم معمولی تحریک طبیعی رانش زمین می‌باشند، که حساسیت ذاتی سنگ یا خاک به لغزش این پدیده را تشدید می‌کند.

از دیدگاه زمین‌شناسی به حرکت توده‌های بزرگ سنگ و خاک که به دلایلی از قبیل نیروی ثقل، درجه شیب‌دامنه، وزن کلی توده جدا شده، جنس مواد واریزه‌ای، جنس سنگهای بستر دامنه، مقدار آب موجود در توده و سطح ایستابی آن، وجود رودخانه در پای دامنه، شرایط اقلیمی و وجود یخبندان، لرزه خیزی ناحیه مورد مطالعه، وجودگسله‌ها و شکستگی‌های فعال و .... بصورت ناگهانی یا به طور بطئی از مکان خود جدا شده و بر روی سطح شیب‌دار می‌لغزد زمین‌لغزش گفته می‌شود (کیامهر، ۱۳۷۶). لارسن و پاکز در سال۱۹۹۷ این پدیده‌ها را بخشی از فرآیندهای فرسایش دامنه‌ای در نظر می‌گیرند که سبب انتقال حجم زیادی از مواد دامنه‌ای، مانند سنگریزه‌ها، واریزه‌ها و غیره به دره‌ها می‌شوند (کرمی و همکاران، ۱۳۸۶).

رانش زمین ممکن است به تلفات شدید انسانی، خسارت‌های مالی و تخریب محیط زیست منجر شود. بنابراین، حفظ پایداری شیب از جنبه‌های مهم هر پروژه مهندسی است که آن را توجیه می‌کند. پایش میزان جابجایی یک شیب با اندازه‌گیری مقدار، سرعت و شتاب آن می‌تواند اطلاعات باارزش در مورد پویایی پدیده لغزش ارائه دهد.

این حرکت، اگر به موقع تشخیص داده شود، می تواند از خسارات قریب الوقوع و فاجعه‌بار حرکات توده‌ای جلوگیری نماید.
زمین‌لغزش‌ها، با توجه به تلفات جانی، خسارات اقتصادی و تاثیرات زیست محیطی، در ایران یکی از مهم ترین بلایای طبیعی هستند که هرساله نقش بسزایی در تخریب جاده‌های ارتباطی، مراتع، باغ‌ها و مناطق مسکونی و همچنین ایجاد فرسایش و تولید حجم بالای رسوب در حوضه‌های آبخیز کشورمان دارند. بنابراین پایش و تعیین جهت حرکت توده لغزشی با کمک سیستم موقعیت‌یاب جهانی و تعیین رابطه شدت، مدت و نوع بارندگی بر میزان جابجایی توده لغزشی می‌تواند اطلاعات مفیدی را برای مدیریت مناسب‌تر و کاهش خسارات فاجعه آمیز پهنه های لغزشی فراهم نماید.

۱-۶- پایش زمین لغزش

معمولاً پس از بروز اولین نشانه‌های رانش زمین مسئله مهم تعیین سطح، جهت، سرعت و شتاب رانش می‌باشد که تعیین این پارامترها نقش بسزایی را در بررسی اثرات تخریبی سازه‌های متاثر از رانش و همچنین اقدامات لازم جهت تثبیت و کاهش خطرات آن دارد (کیامهر، ۱۳۷۶). تفسیر و توصیف مکانیزم وقوع حرکت و شناخت عوامل اصلی رانش یکی ازمهم‌ترین مراحل تحقیق به منظور دست‌یابی به راهکارهای کنترل زمین‌لغزش‌ها می‌باشد. پیچیدگی ساختمانهای زیرسطحی طبیعی و تعدد عوامل مؤثر بر فعالیت لغزشها موجب می‌گردد تا متدهای رایج ارزیابی خطر وقوع و ریسک لغزش‌ها فقط در تحلیل‌های منطقه‌ای دارای کاربرد بوده و عموماً در تحلیل پایداری شیب‌های یک منطقه در مقیاس‌های بزرگ دچار کاستی‌های زیادی باشند (شعاعی و همکاران، ۱۳۸۴). تنوع مکانیسم حرکت شیب‌ها گاهی سبب می‌گردد تا حتی الامکان تعمیم نتایج بدست آمده از یک لغزش برای لغزش مجاور مقدور نباشد(شعاعی و همکاران، ۱۳۸۴). به همین دلایل پایش رفتار حرکتی شیب‌ها که برآیند تأثیر همه عوامل تشدید کننده و کاهنده حرکت دامنه‌ها می‌باشد ضرورت پیدا کرده و مانیتورینگ (رفتارسنجی) زمین لغزش‌ها امکان مطالعه میزان حرکت در نقاط مختلف منطقه تحت رانش را میسر می‌سازد و با تعیین جهت حرکت توده لغزشی می‌تواند اطلاعات مفیدی را برای مدیریت مناسب‌تر و کاهش خسارات فاجعه‌آمیز پهنه‌های لغزشی فراهم نماید. نظر به اینکه مطالعات رفتارسنجی عمقی غالباً نیاز به حفر گمانه و صرف هزینه‌های سنگین دارد، استفاده از رفتارسنجی سطحی به منظور ثبت پدیده رانش می‌تواند اقتصادی، سریع و کارامد باشد. علاوه بر این، این روش امکان ارزیابی اثر اقدامات تثبیتی را در فرآیند رانش زمین فراهم خواهد نمود. اندازه‌گیری و ثبت اطلاعات مربوط به ویژگی‌های فیزیکی سطح زمین از مهم‌ترین مراحل هر پروژه بزرگ مهندسی عمران است. جابجایی سطح و تغییر شکل ساختمان زمین در طول زمین‌لغزش می‌تواند با استفاده از سیستم‌ها و تکنیک‌های مختلفی پایش شود. این تکنیک‌ها و ابزار دقیق می‌توانند به روش‌های سنجش از دور و یا تکنیک‌های ماهواره‌ای، تکنیک‌های فتوگرامتری، تکنیک‌های نقشه‌برداری و یا مشاهده‌ای و روش های ژئوتکنیکی و ابزار دقیق و یا فیزیکی طبقه‌بندی شوند.

۱-۷- معرفی روش‌های متعـدد پـایش زمین لغزش‌ها

روش‌های متعـددی جهـت پـایش رفتـاری لغزش‌ها وجود دارد که هرکدام دارای محدودیت‌ها و مزایای نسبی می‌باشندکه در ادامه به اختصار به آن پرداخته می‌شود.

۱-۷-۱-پایش زمین لغزش با استفاده از تکنیک تصاویرماهواره‌ای رادار

فن‌های تداخل‌سنجی راداری به طور گسترده‌ای برای اندازه‌گیری‌های جابجایی پوسته زمین یا حرکت اجرام سطحی در مقیاس‌های محلی در منظرهای مشاهده شده از ماهواره‌های مربوط استفاده می‌شود. داده‌های تداخل راداری روش مناسبی برای تولید سریع اطلاعات توپوگرافی با دقت بالا و دقیق است. همچنین چون دو سری داده راداری در بازه زمانی را مقایسه می‌کند امکان تشخیص حرکات دامنه‌ای جدید را نیز فراهم می‌نماید. در دو دهه اخیر، با معرفی دو فن سامانه تعیین موقعیت جهانی و سامانه تصویربرداری رادار با دریچه مصنوعی گام بزرگی در زمینه فناوری ژئودتیک فضایی برداشته شده است. این فنون، اندازه گیری دگرشکلی را با دقت بهتر از سانتی متر به دست می دهند(واجدیان و همکاران، ۱۳۹۰). سنجنده‌های با گشودگی ترکیبی، با کاربردهای تداخل سنجی تفاضلی، فرصت جدیدی برای پایش زمین لغزش، فراهم آورده است. اساس کار این روش استفاده از اطلاعات فاز رادار بازتابی از زمین است به نحویکه تغییرات ایجاد شده در سطح زمین سبب اختلاف فاز در دو تصویر رادار از دو زمان مختلف از منطقه‌ای مشابه می‌شود که با بررسی این اختلاف فاز، تغییرات سطح زمین قابل شناسایی می‌باشد.

۱-۷-۲-استفاده از روش‌های فتوگرامتری

تکنیک های فتوگرامتری می‌تواند ابزار موثری برای پایش زمین‌لغزش‌های فعال و تجزیه و تحلیل سرعت و میزان تغییر شکل آنها باشد. این تکنیک امکان تعیین جابجایی زمین در طول دوره‌های طولانی مدت را با مقایسه مجموعه عکس‌های هوایی مربوطه فراهم می‌نماید. سطح و مرزهای لغزش‌های بزرگ به راحتی در عکس‌های هوایی قابل تشخیص می‌باشد. کاهش کار میدانی از مزایای اصلی استفاده از روش فتوگرامتری می‌باشد(گروه مهندسی ژئوتکنیک دانشگاه ارسطو تسالونیکی، ۲۰۰۳).

۱-۷-۳-استفاده از روش‌های ژئودتیکی

با طراحی یک شبکه نقشه‌برداری و ایجاد نقاط کنترل در نقاط حساس منطقه تحت زمین لغزش، اقدام به اندازه‌گیری طولی روی شبکه کنترل جابجایی در دو دوره زمانی مستقل می‌گردد. از طریق آنالیز مشاهدات طولی شبکه در دوره‌های زمانی فوق براحتی امکان تعیین جابجایی نقاط شبکه نیز میسر می‌گردد. مشاهدات شبکه جابجایی با سیستم‌های معمول نقشه‌برداری زمینی، طولیابی الکترونیکی و ترازیابهای مهندسی مستقیماً روی تغییرات طول‌های شبکه ایجاد شده مورد ارزیابی قرار می گیرد. استفاده از تکنیک‌های نقشه‌برداری در کنترل جابجایی نقاط (روشهای ژئودتیکی) می‌تواند ابزار مناسبی را جهت برآورد سرعت، جهت و مقدار لغزش بدست داده و عملیات تثبیت را در جهات مناسب هدایت کند(کیامهر، ۱۳۷۶).

۱-۷-۴-استفاده از روش‌های ژئوتکنیک

مبنای روش ژئوتکنیک، نصب ابزار حساس مهندسی در گمانه حفر شده در توده لغزش می باشد. این روش از سنسورهای ثابت و فعال در ساختار منطقه تحت بررسی استفاده می‌نماید. سنسورها می‌توانند بطور ۲۴ ساعته فعال بوده و تغییرات هندسی و ویژگی‌های فیزیکی منطقه را اندازه‌گیری نمایند (گروه مهندسی ژئوتکنیک دانشگاه ارسطو تسالونیکی، ۲۰۰۳).

۱-۷-۵- پایش به کمک سیستم‌های تعیین موقعیت جهانی

با توسعه علوم ماهواره‌ای و رشد صنایع و تجهیزات مرتبط و در دسترس قرار گرفتن سیستم‌های تعیین موقعیت جهانی، پیشرفت قابل ملاحظه‌ای در برداشت سریع، دقیق و مطمئن موقعیت زمینی نقاط با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای حاصل گردید. در روش استفاده از سیستم‌های تعیین موقعیت جهانی دو فرکانسه موقعیت سکوهای تعبیه شده بر روی سطح لغزش در سه محور X,Y,Z در فواصل زمانی مشخص محاسبه شده و با تجزیه و تحلیل اطلاعات، مکانیسم حرکت زمین‌لغزش مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (شعاعی و همکاران، ۱۳۸۴).

۱-۷-۵-۱- نقش مشاهدات جی‌پی‌اس در فرایند آنالیز جابجایی‌ها

سیستم تعیین موقعیت جهانی ابتدا به منظور دستیابی ارتش آمریکا به اهداف نظامی طراحی گردید. مطالعات اولیه روی این سیستم در دهه ۷۰ شروع و اولین ماهواره از این سیستم در سال ۱۹۷۸ در مدار زمین قرار گرفت. امروزه این سیستم با بهره‌گیری از ۲۴ ماهواره پرتاب شده در طول ۱۵ سال گذشته توانسته است پوشش کاملی از زمین را به منظور امکان تعیین موقعیت نقاط (طول و عرض جغرافیایی) و اندازه‌گیری‌های نسبی طول و اختلاف ارتفاع در تمام شبانه روز فراهم آورد. به طور خلاصه اجزاء این سیستم شامل بخش فضایی (ماهواره‌ها)، بخش زمینی (گیرنده زمینی) و اطلاعات ماهواره‌ای (موقعیت ماهواره‌ها و زمان ارسال امواج) می‌باشد که از طریق آنالیز این اطلاعات امکان تعیین پارامترهای فوق در کمترین زمان و هزینه میسر می‌گردد(کیامهر، ۱۳۷۶). تعیین موقعیت توسط گیرنده‌های جی پی اس برمبنای اندازه‌گیری زمان عبور سیگنال‌های رادیویی ساطع شده از ماهواره در حال چرخش اطراف کره زمین پایه‌گذاری شده است. دقت موقعیت‌یابی نسبی جی‌پی‌اس به تعداد و توزیع (موقعیت هندسی) ماهواره‌های مشاهده شده و کیفیت مشاهدات بستگی دارد. یک گیرنده جهت محاسبه موقعیت مستقل خود، باید حداقل از چهار ماهواره اطلاعات را دریافت کند (گروه مهندسی ژئوتکنیک دانشگاه ارسطو تسالونیکی، ۲۰۰۳).

۱-۷-۵-۲- مزایای بکارگیری جی‌پی‌اس در آنالیز جابجایی

سیستم تعیین موقعیت جهانی می‌تواند با ارائه مختصات سه بعدی تغییر مکان نقاط گسسته روی سطح لغزش در سری‌های زمانی مختلف به عنوان یک ابزار نقشه‌برداری جایگزین برای کمک به ارزیابی ژئوتکنیکی دامنه‌های شیب‌دار استفاده شود. بطورکلی مزایای ذیل را در استفاده از مشاهدات ماهواره‌ای تعیین موقعیت جهانی بر مشاهدات کلاسیک می‌توان متصور شد(گروه مهندسی ژئوتکنیک دانشگاه ارسطو تسالونیکی، ۲۰۰۳):

۱- سهولت انتخاب نقاط کنترل براساس معیارهای ژئوتکنیکی و بی‌نیازی از لزوم دید بین نقاط.

۲- امکان تعیین موقعیت‌های سه‌بعدی در سیستم مختصات جهانی بدور از تأثیرات تغییر شکل شبکه‌های محلی.

۳- امکان اندازه‌گیری حرکات پدیده‌های دینامیکی بصورت متوالی که بررسی پدیده جابجایی ضرورت آن را ایجاب می‌کند.
۴- امکان اندازه‌گیری در شرایط جوی مختلف و نظم و تداوم در مشاهدات.
۵- سرعت بالای مشاهدات ماهواره‌ای در مقایسه با مشاهدات زمینی و هزینه پایین عملیاتی.

۱-۷-۵-۳- شبکه کنترل جابجایی منطقه مورد مطالعه

به منظور امکان تعیین مقدار جابجایی و سرعت آن در سطح محدوده لغزشی اقدام به ایجاد یک شبکه رفتارسنجی می‌گردد. نقاط مورد نظر بر اساس شرایط توپوگرافی و رانش منطقه در داخل وخارج محدوده لغزشی انتخاب و با مقایسه اجمالی بین دو سری مشاهدات طولی شبکه مقدار تغییرات نسبی نقاط محاسبه می‌شود. بمنظور امکان کنترل تغییرات ارتفاعی نقاط (نشست) نیز اقدام به سنجش تغییرات ارتفاعی نقطه مورد نظر نسبت به نقطه ثابت ارتفاعی (بدور از منطقه تحت تأثیر رانش) می‌گردد.

۱-۷-۵-۴- آنالیز جابجایی شبکه

پس از آنالیز پایداری نقاط شبکه و تعیین نقاط ثابت و سرشکنی مشاهدات طولی و نهایتاً برداشت مختصات نقاط از اپکهای مختلف مشاهداتی، امکان تعیین جابجایی و آنالیز نقاط شبکه وجود خواهد داشت. در این مرحله با مقایسه مختصات نقاط میان اپک‌های مشاهداتی می‌توان به بردارهای جابجایی نقاط، میزان این جابجایی در راستای هر کدام از مولفه‌های مختصاتی و جهت این جابجایی پی برد.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- سوابق علمی تحقیق

۲-۱-۱- سابقه تحقیق در داخل

تا قبل از سال ۱۳۶۹، تحقیقات و مطالعات محدودی در خصوص زمین لغزش، در کشور صورت پذیرفته است. خسارات سنگین ناشی از وقوع زمین‌لغزش‌ها در اثر زلزله منجیل رودبار باعث شد که تحقیقات و مطالعات پراکنده‌ای توسط محققان و دانشجویان، در خصوص زمین‌لغزش شروع شود (فتاحی اردکانی و همکاران، ۱۳۸۲).

مسگری‌وش و همکاران(۱۳۸۰)، در بررسی عوامل موثر در وقوع زمین‌لغزش محمودآباد مسکون یافتند که تراکم زمین‌لغزشها در سنگهای تکتونیزه و به شدت هوازده با کانیهای سولفیدی بوده و بدین لحاظ نقش اساسی در رویکرد زمین‌لغزش ایفا نموده است. و تغییرات ساختاری نظیر احداث ترانشه جاده کرمان - جیرفت، خاکریزی مصنوعی، احداث کانال آبیاری در دامنه، آبهای نفوذی جوی و ناشی از کانال آب و ایجاد لرزه‌های طبیعی و مصنوعی مانند زمین‌لرزه و ارتعاشات ناشی از ترافیک ماشینهای سنگین، به عنوان عوامل ماشه‌ای در وقوع زمین لغزش عمل کرده‌اند.

نیک اندیش(۱۳۸۰)، نقش عوامل هیدرواقلیم در وقوع حرکات توده‌ای حوضه کارون میانی را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و بر اساس تحلیلهای آماری مورد بررسی قرار داد. یافته‌های تحقیق ایشان نشان می‌دهد که تنوع توزیع مکانی و زمانی بارش، زمین‌لغزشها را کنترل می‌کنند. در سالهایی که بارش بیشتری در بهمن نازل می‌گردد، به دلیل تاثیر قاطع در رفتار دامنه، زمین لغزشهای زیادی رخ می‌دهد. بدین صورت که انباشت بیشتر برف در بهمن و ذوب سریع آن در اسفند و فروردین عامل مهمی در وقوع زمین‌لغزشهای این حوضه می‌باشد.

آزموده‌اردلان و مسیب‌زاده (۱۳۸۲) جهت تعیین توپوگرافی سطح آب خلیج فارس و دریای عمان از طریق تلفیق مشاهدات GPS و اطلاعات تایدگیج ها استفاده نموده‌اند.

شعاعی و همکاران (۱۳۸۴) با پایش زمین لغزش روستای آخا-البرز مرکزی توسط دستگاه جی‌پی‌اس دوفرکانسه، کارایی روش مذکور را بررسی و میزان دقت برداشت‌ها را با استفاده از کنترل‌های صحرائی و اطلاعات پایه مـورد آزمـون قـرار داده و در نهایت بر اساس یافته‌های تحقیق، پیشنهاد نمودند باتوجه به وسعت لغزش و تنوع رفتاری زمین لغزش آخا، ایستگاههای رفتارسنجی به کمک جی‌پی‌اس در تمام سطح منطقه ناپایدار توسعه یابد.

راست بود و وثوقی (۱۳۸۶) در استفاده از خطای چندگانگی مسیر سیگنالهای GPS برای آشکارسازی تغییر شکل سطوح به این نتیجه رسیدند که تغییر شکلهای خیلی کوچک را نیز می توان با استفاده از سیگنالهای چندگانگی مسیر آشکارسازی نمود.

گودرزی و همکاران(۱۳۸۶) پس از پایش زمین لغزش منطقه کهرود (رشته کوههای البرز) با استفاده از دستگاه جی‌پی‌اس و روش تداخل سنجی راداری عنوان کردند اخذ داده‌های دستگاه جی‌پی‌اس و تداخل سنجی راداری ، می تواند اطلاعات بنیادی و بسیار مهمی را در خصوص عوامل اصلی فعال سازی و پیامدهای احتمالی آن، بدست دهد.

کلارستاقی و همکاران(۱۳۸۶) در تحقیقی تحت عنوان مطالعه وقوع زمین لغزشها در ارتباط با تغییر کاربری اراضی و جاده‌سازی در حوزه آبخیز تجن ساری، شناخت عوامل موثر در وقوع زمین لغزشها را یکی از مهمترین و ضروری‌ترین اقدامات جهت پیشگیری و کاهش خسارات زمین لغزش عنوان نمودند.

محمدمیرزایی و همکاران (۱۳۸۶) به منظور بررسی وضعیت و کنترل حرکات توده لغزشی سد لتیان ، طراحی و ساخت نقاط شبکه رفتارسنجی این توه را در آبان ماه ۱۳۸۵ آغاز نموده و تا تاریخ ۸۶/۱/۲۶، شش مرحله مشاهدات شبکه‌های مسطحاتی و ارتفاعی توده مذکور را به پایان رساندند. نتایج نشان داد که جابجایی‌های توده با دقت قابل قبول مبین حرکات منطقه به سمت دریاچه سد با سرعت نسبتا زیاد می‌باشد که این مقدار در قسمتهای مختلف توده یکسان نمی‌باشد.

روحی و جمور (۱۳۸۷) در بررسی دگرشکلی پوسته ایران زمین به کمک سری‌های زمانی ایستگاه‌های دائم GPS اعلام نمودند یکی از راه‌های اندازه‌گیری تغییرات پوسته زمین که شناخت و پیش بینی روند آنها در طراحی زیر ساخت‌ها امری اجتناب‌ناپذیر است، ایجاد شبکه دائم موقعیت‌یابی جهانی، انجام مشاهدات پیوسته و پردازش سری‌های زمانی موقعیت ایستگاه هاست.

مقیمی و همکاران (۱۳۸۷)، در ارزیابی و پهنه‌بندی عوامل موثر در وقوع زمین‌لغزش دامنه‌های شمالی آلاداغ نتیجه گرفتند واحد سنگی سازند شوریجه به دلیل وجود لایه‌های غیر قابل نفوذ رسی، مارنی و تبخیری و سیمان انحلال‌پذیر کربناته با دارا بودن ۹۲ درصد از زمین‌لغزشها، نقش اساسی در وقوع این پدیده بازی می‌کند. سپس فشار آب متخلخل ناشی از چشمه‌ها و لایه‌های آبدار زیر زمینی در فاصله صفر تا ۱۰۰ متری، افزایش وزن ناشی از رشد درختان تنومند در باغات و اراضی آبی و انتقال نیروی باد از شاخه‌ها به تنه و ریشه‌ها و مواد دامنه، تاثیر غیر مستقیم طیف ارتفاعی(۱۵۷۰-۱۷۱۵) در تغییرات دما، یخبندان و ذوب یخ و فرایندهای حاصل از آن، نیروی ثقل و شیب مناسب (۳۸-۷۸/۷ درجه)، اثر زیرشویی دامنه توسط رودخانه چناران و مناطق با برف ماندگار در قالب عوامل موثر در کاهش و افزایش تنش برشی مواد دامنه، به ترتیب بیشترین تأثیر را در زمین‌لغزش حوضه داشته‌اند.

نجات و وثوقی (۱۳۸۷) در روش‌های تولید، تصحیح و بهبود دقت در سیستم تعیین موقعیت آنی DGPS نتیجه گرفتند روش‌های شبکه‌ای در سیستم تعیین موقعیت جهانی دوفرکانسه صحت و دقت مشاهدات را افزایش می‌دهد.

طالبی و همکاران(۱۳۸۸) در تحقیقی با عنوان مروری بر مدل‌سازی تجربی و فیزیکی زمین لغزش‌های ناشی از بارندگی اعلام کردند که بروز پدیده زمین‌لغزش می‌تواند ناشی از عوامل متعدد زمین‌شناسی، ژئومورفولوژیکی، هیدرولوژیکی، بیولوژیکی و انسانی باشد. ولی نقش اساسی در شروع زمین‌لغزش را عمدتاً یک محرک خارجی یا عاملی ماشه‌ای ایفا می‌کند، که در این میان نقش بارندگی به عنوان متداول‌ترین عامل ماشه‌ای وقوع زمین لغزش-ها شناخته شده است.

مصفایی و همکاران (۱۳۸۸) کارآیی مدل‌های تجربی و آماری را در حوضه الموت مقایسه و نتایج مدل رگرسیونی را دقیق‌تر از سایر مدل‌ها ارزیابی کردند. بر اساس مطالعات ایشان محدوده لغزشی توان که مورد مطالعه این پایان‌نامه می‌باشد در محدوده پرخطر مدل رگرسیونی قرار گرفته است.

نفرزادگان و همکاران(۱۳۸۸) در مقاله‌ای تحت عنوان بررسی سیر تکاملی مدل‌سازی هیدرولوژیکی در مطالعات زمین‌لغزش، نقش عوامل هیدرولوژیکی (بارندگی، رطوبت خاک، جر یان زیرسطحی و عمق آب زیرزمینی) در پایداری یا ناپایداری انواع دامنه‌های طبیعی و مصنوعی را بسیار اساسی دانستند. از طرف دیگر تغییرات اقلیمی مانند افزایش بارندگی‌های شدید و کوتاه‌مدت نسبت به بارندگی‌های ملایم و بلند مدت را عامل افزایش زمین لغزش‌ها و خسارات ناشی از آنها اعلام و معتقدند با تعیین آستانه‌های بارندگی ایجاد زمین‌لغزش در هر منطقه، در هنگام هر بارش یا با حداقل فاصله زمانی بعد از بارش، می‌توان مناطق خطرناک و مستعد لغزش را شناسایی و اقدامات امنیتی لازم را انجام داد.

بهشتی راد و همکاران(۱۳۸۹) خطر وقوع زمین لغزش درحوزه آبخیز باغ‌دشت استان قزوین را با مدل رگرسیون چند متغیره و استفاده ازGIS مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که از بین ۹ عامل موثر در وقوع زمین لغزش، بیشترین خطر در حوزه مورد مطالعه به ترتیب مربوط به عوامل لیتولوژی و کاربری اراضی می باشد.

کریمی دهکردی و همکاران (۱۳۸۹) در طراحی بهینه شبکه GPS برای مطالعه حرکات گسل اعلام داشتند با توجه به اهمیت محل استقرار ایستگاه و پایداری نسبی محل نصب آنتن گیرنده GPS ، با استفاده از نقشه‌های رقومی زمین‌شناسی، قیود زمین‌شناسی در طراحی لحاظ شده و مکانهای با استحکام بالا جهت نصب ایستگاه تعیین شده است.

خرمی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از میدان سرعت حاصل از مشاهدات شبکه دائمی GPS، که از سال ۲۰۰۵ توسط سازمان نقشه برداری کشور نصب و راه اندازی شده است دگرشکلی کنونی البرز را در بازه زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد در البرز خاوری حدود ۵ میلی‌متر در سال حرکت امتدادلغز چپ‌گرد و حدود ۲ میلی‌متر در سال کوتاه شدگی وجود دارد در حالی که در البرز مرکزی - باختری مقدار حرکت امتدادلغز چپ‌گرد و کوتاه شدگی به ترتیب حدود ۲ و ۶ میلی‌متر در سال است.

عامریان و وثوقی (۱۳۹۰) در کنترل فرونشست دشت مشهد و نیشابور بر مبنای روش تجزیه و تحلیل تغییر انحنا از اطلاعات شبکه دائم GPS استفاده نمودند که در نهایت الگوهای حاصل از نتایج عددی نشان داد روند تغییر شکل ارتفاعی منطقه به دلیل برداشت بی‌رویه آبهای زیرزمینی است.

فولادی‌مقدم و همکاران(۱۳۹۰) در مقاله‌ای با عنوان آشکارسازی تغییر شکل سطحی بر پایه تداخل‌سنجی تفاضلی رادار در میدان نفتی آغاجاری به سیستم موقعیت‌یاب جهانی به عنوان ابزار پایش نوین جهت تعیین میزان جابجایی سطحی اشاره نموده و اظهار داشتند که گیرنده‌های جی‌پی‌اس ضمن اندازه‌گیری طولانی مدت با استفاده از چندین ماهواره می‌توانند به دقتی در سطح زیر سانتیمتر دست یابند.

واجدیان و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله‌ای با عنوان استخراج میدان جابجایی سه بعدی با استفاده از فن تداخل سنجی رادار با دریچه مصنوعی اعلام نمودند مشاهدات پیوسته سیستم موقعیت یاب جهانی با دو ویژگی قدرت تفکیک مکانی کم ولی قدرت تفکیک زمانی زیاد، ابزار مفیدی برای بررسی تغییرات پوسته زمین است.

جمور و همکاران (۱۳۹۱) در برآورد آهنگ GPS حرکات زمین ساخت نوار شمالی تهران بزرگ با نگرشی ویژه به گسل شمال تهران از مشاهدات GPS چند سال اخیر که در این منطقه انجام شده، استفاده نموده‌اند. تحلیل میدان تغییر شکل ژئودتیک نشان داد آهنگ جابجایی زمین ساخت بسیار ضعیف در حدود ۰,۵ تا ۲ میلی‌متر در

سال برای مولفه راستالغز چپ‌گرد از باختر به خاور و کوتاه شدگی در نوار شمالی تهران وجود دارد که می‌تواند به گسل شمال تهران و گسل مشا برگردد.

عباسی و همکاران (۱۳۹۱) در مقاله‌ای با عنوان بررسی تکتونیک فعال زاگرس شمال‌غربی با استفاده از تحلیل شبکه زهکشی رودخانه، شواهد ژئومورفولوژیکی و داده‌های GPS اعلام کردند برداشت دستگاه‌های GPS دوفرکانسه ایستگاه ژئودینامیک ایلام نشانگر آن است که این منطقه با توجه به دوره سه ساله برداشت آمار، بطور میانگین ۴۰ میلی‌متر در جهت شمال و ۳۰ میلی‌متر در جهت شرق و ۴۰ میلی‌متر در جهت عمودی در سال حرکت نموده است ولی این روند در طی این سه سال ثابت نبوده و در سال های مختلف جابجایی‌های متفاوتی نشان می‌دهند.

کریمی‌سنگچینی و همکاران (۱۳۹۲) در ارزیابی خطر و خسارت زمین لغزش در حوضه آبخیز چهل‌چای استان گلستان نقش عوامل انسانی یا تغییر کاربری را پر رنگ‌تر از سایر عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌ها عنوان کردند.

۲-۱-۲- سابقه تحقیق در خارج

ون‌اش و بوما (۱۹۹۷) در مقاله ای با عنوان مدلسازی نوسانات آب زیرزمینی و فراوانی حرکت زمین لغزش در منطقه ترس نویرس از بارسلونای فرانسه بر اساس اندازه‌گیری پارامترهای هیدرولوژیکی و پایش میدانی لغزش در حوضه مذکور نتیجه گرفتند حداکثر بحران و ناپایداری دامنه‌ای در فصل مرطوب، با حداقل شش ماه بارش متوالی با مقادیر بیش از ۶۰ میلی متر رخ می‌دهد.

کروزر (۱۹۹۹) در مقاله‌ای با عنوان پیش بینی لغزش‌های حادث شده بدلیل بارش در شهر ولینگتون کشور نیوزیلند، وضعیت رطوبت پیشین خاک و بارندگی را برای شناسایی شروع و تحریک زمین لغزش مهم دانسته و معتقد است که فرکانس و مقدار بارندگی در شروع لغزش از عوامل مهم می‌باشند.

گیلی و همکاران (۲۰۰۰) در مقاله ای با عنوان کاربرد تکنیک‌های سیستم موقعیت‌یاب جهانی در پایش زمین لغزش به مزایای پایش زمین لغزش و تعیین مختصات دقیق نقاط با تکنیک مذکور در شرق منطقه پیرنه از کشور اسپانیا پرداخته و معتقدند در چند سال گذشته روش‌های جدید سیستم موقعیت‌یاب جهانی (در تعیین سرعت استاتیک و زمان واقعی حرکت)، با بهره‌وری بالاتر و دقت نظری خوب توسعه یافته و در مقایسه با روش‌های کلاسیک نقشه‌برداری، امکان پایش سطح بزرگتری را فراهم می‌نماید. علاوه بر این، این روش در انواع شرایط آب و هوایی کار می‌کند و یک خط مستقیم دید بین ایستگاه‌ها نیاز نمی‌باشد.

اوکاک اوغلو و همکاران(۲۰۰۲)، در ناحیه داگوی ترکیه در غرب دریای سیاه، به مطالعه دینامیک حرکات توده‌ای پیچیده ناشی از بارش سنگین پرداختند. تحلیل داده‌های بارش برای دوره‌های طولانی و کوتاه روزانه و ساعتی توسط آنها به وضوح دلالت بر این دارد که بارش سنگین در زمین‌لغزش به عنوان یک عامل محرک نقش دارد. سپس توپوگرافی، شیب لایه‌بندی مارن،تراکم زیاد درختان و افق خاک ضخیم بر روی زمین مارنی، نقش موثری در وقوع انواع زمین‌لغزشها داشته‌اند.

گروه مهندسی ژئوتکنیک دانشگاه ارسطو تسالونیکی (۲۰۰۳) در تحقیقی با عنوان تکنیک‌ها و سیستم‌های پایش زمین لغزش‌های موجود، ضمن معرفی انواع سیستم‌ها و روش‌های مانیتورینگ زمین لغزش، بارش سنگین و