

مانیتورینگ رانش زمین از طریق شبکه های کنترل جابجایی

مهندس رامین کیامهر، کارشناس ارشد ژئودزی، عضو هیأت علمی دانشگاه زنجان

آدرس: زنجان، کیلومتر ۵ جاده تبریز، دانشگاه زنجان

تلفن: (۹-۵۸۳۱۰۱-۰۵۸۲۴۱+)، دورنگار: ۵۸۳۱۰۰

rkiamehr@mail.znu.ac.ir

چکیده

پدیده رانش زمین بعنوان دومین بلای طبیعی پر هزینه از نظر خسارات کشوری ارزیابی شده است. وقوع این پدیده در شهرها، روستاها، راههای اصلی و فرعی، دکلهای انتقال نیرو اثر تخریبی خویش را بجا گذاشته و اکثر دستگاههای اجرایی کشور به نوعی با آن دست به گریبانند. معمولاً پس از بروز اولین نشانه های رانش زمین مسئله مهم تعیین سطح، جهت، سرعت و شتاب رانش میباشد و تعیین این پارامترها نقش بسزایی را در بررسی اثرات تخریبی سازه های متأثر از رانش و همچنین اقدامات لازم جهت تثبیت و کاهش خطرات آن دارد. معمولاً شناخت مکانیزیم دقیق وقوع زمین لغزش و عوامل موثر بر حرکت توده ای آن بدون انجام مشاهدات مربوط به حرکات سطحی و عمقی امکان پذیر نیست. مانیتورینگ (رفتارسنجی) رانش زمین امکان مطالعه میزان حرکات در نقاط مختلف منطقه تحت رانش، سرعت، محل سطح آبهای زیرزمینی را جهت تعیین موقعیت هندسی دقیق مناطق دارای لغزش ارائه داده و ازاین طریق میتوان تاحدودی فرایند و مکانیزیم حاکم بر این پدیده را بررسی کرد. نظر به اینکه مطالعات رفتارسنجی عمقی نیاز به حفر گمانه و صرف هزینه های سنگین دارد، استفاده از رفتارسنجی سطحی به منظور ثبت پدیده رانش میتواند اقتصادی، سریع و کارآمد باشد. در این میان استفاده از شبکه های ژئودتیک، علاوه بر برآورد سطحی مناسب از پارامترهای مورد نظر، امکان ارزیابی اثر اقدامات تثبیتی در فرآیند رانش زمین را نیز خواهد داشت. در این راستا با همکاری معاونت پژوهشی دانشگاه زنجان یک طرح پژوهشی تحت عنوان «کنترل پدیده زمین لغزش از طریق شبکه های ژئودتیک» اجرا شده است که مقاله حاضر براساس نتایج طرح مزبور تهیه شده است. در اجرای این طرح تعریف رانش زمین، علل و عوامل وقوع آن و همچنین آمار رانشهای جهانی و کشوری بالاخص رانشهای فعال استان زنجان مورد توجه قرار گرفته و سپس مبانی نظری ایجاد شبکه های ژئودتیک مورد استفاده در رانش زمین و دستور العمل مشاهداتی و اجرایی ایجاد شبکه های مانیتورینگ به همراه یک پروژه راهنما در روستای قلفاطی در جنوب زنجان ارائه شده است.

۱- کلیاتی از رانش زمین

۱-۱- علل رانش زمین

زمین لغزش عبارتست از حرکت مواد تشکیل دهنده دامنه کوهها و تپه ها اعم از سنگ و خاک به سمت پایین که تحت تاثیر مستقیم نیروی حاصل از وزن و در حالت‌های مختلف نظیر جریان، لغزش، ریزش و... صورت می‌گیرد. عوامل گوناگون طبیعی و انسانی باعث وقوع یا تشدید زمین لغزشها میشوند، در چند دهه اخیر عوامل انسانی از قبیل شیوه های نادرست کشاورزی، احداث غیر اصولی راههای ارتباطی، جریان رودخانه ها و موارد مشابه نقش مهمی را در افزایش بیش از حد زمین لغزشها داشته اند.

از نظر زمین شناسی برای وقوع لغزشهای دامنه ای لازم است لایه هایی با مقاومت برشی کم بر روی دامنه های پر شیب قرار گرفته باشند. ورود آب به این لایه ها موجب کاسته شدن از مقاومت عادی آنها گشته و لغزش اتفاق می افتد. تنوع جنس سنگ یا خاک دامنه حالت‌های گوناگونی از لغزش را موجب میشود که بسته به میزان شیب، رطوبت خاک، میزان بارندگی سالیانه، شدت هوازگی، وضعیت زمین ساختی (گسلها و تراکم درز و ترکها) متغیر میباشد. پارامترهایی نظیر شیب دامنه، جنس لایه ها، فاصله از گسلهای جدید و قدیمی و ژئومورفولوژی، عمق آبهای زیر زمینی، فعالیت فرسایش آبراهه ها و تاسیسات انسانی نظیر بندها و سدهای کوچک، نهرهای آبیاری و راهسازی نقش بسزایی را در کاهش پایداری دامنه دارند. در این بین وقوع زمین لرزه ها بعنوان عامل تحریک اولیه نقش بسزایی در افزایش آمار پدیده رانش زمین دارد.

۱-۲- آمارهای جهانی، کشوری و استانی رانش زمین

پدیده رانش زمین در کشورهای مختلف دنیا منجمله ایران اتفاق افتاده و خسارات سالیانه آن در گزارشهای ضمیمه طرح آمده است. لیکن با توجه به انجام مطالعات پایه ای در کشورهای پیشرفته و با در نظر گرفتن سطح و زمینه بالای رانش در تعدادی از کشورهای مورد مطالعه و با در نظر گرفتن آمار ناقص گزارش رانشهای کشور، در مقایسه خسارات آنها از نظر نسبی و آماری با کشور ایران کمتر میباشد.

در حال حاضر مطالعات بر روی پدیده رانش زمین بصورت پراکنده و موردی توسط کمیته های مقابله با بلایای طبیعی استناداریهای کشور (شاخه زلزله و رانش زمین)، گروه بررسی زمین لغزشهای وزارت جهاد سازندگی، بنیاد مسکن، مهندسین مشاور و دانشگاهها و موسسه زلزله شناسی و... صورت گرفته و ارگان خاصی تصدی قانونی این امر را عهده دار نمیباشد. روال عمومی مطالعات موردی رانش معمولاً به این صورت است که بعد از اتفاق افتادن رانش زمین و بروز خسارت مالی و جانی ناشی آن، گروهی جهت بررسی سطحی علت رانش و جبران بخشی از خسارات مالی و همدردی با مردم به منطقه اعزام شده و موضوع نهایتاً با یک تیتر خبری در رسانه ها پایان می یابد. متأسفانه نحوه برخورد با این پدیده مشابه سایر بلایای به اصطلاح طبیعی مشابه زلزله، سیل و آفت و بیماری فراگیر و... در کشور بوده

و معمولاً "بجای سرمایه گذاری جزئی بر روی مطالعات پایه ای و فراگیر جهت پیش بینی و پیشگیری حادثه، باید شاهد خسارات جبران ناپذیر ناشی از این پدیده ها باشیم. نکته جالب در این خصوص این است که رانش زمین بر خلاف زلزله قابل پیش بینی و مدیریت پذیر میباشد.

بررسیهای مجری طرح در استان زنجان در این خصوص تأیید کننده این مطلب بوده و نشان میدهد که در سالهای گذشته مطالعات انجام شده محدود به اجرای چند طرح موردی بعد از رانش زمین بوده و در یک مورد روستا به محل جدید انتقال یافته (روستای حلب انگوران) است. بر اساس گزارش مدیریت آبخیزداری سازمان جهادسازندگی استان زنجان (سال ۱۳۷۹) تاکنون ۴۸ مورد رانش زمین مورد ارزیابی و مطالعات اولیه قرار گرفته که از این موارد مناطق با خطر جدی شامل (روستای حلب بالا و پایین انگوران، قلقاطی، اینچه سعید نظام، گاو خسب، مغالو و راه ماهنشان به پری) میباشد.

معاونت آبخیزداری وزارت جهادسازندگی در حال حاضر اقدام به ایجاد بانک اطلاعاتی از رانشهای گزارش شده از نقاط مختلف کشور نموده است. در این راستا این وزارتخانه شناسنامه ای برای هر رانش زمین تکمیل و در بانک اطلاعاتی ویژه ای نتایج، ذخیره میگردد. بدیهی است مطالعات پراکنده و غیر سیستماتیک فوق صرفاً میتواند جنبه آماري و اطلاع رسانی را میتواند داشته و نمیتواند جنبه پیش بینی و مقابله را با این پدیده داشته باشد. در صورت ایجاد ارتباط بانک اطلاعاتی فوق با موقعیت جغرافیایی هر رانش میتوان نتایج بهتری را از طرح گرفت. بدیهی است انجام مطالعات پایه ای نظیر تهیه نقشه های پهنه بندی رانش زمین در کل کشور از طریق سیستمهای اطلاعات جغرافیایی (GIS) میتواند نقش موثری را در رابطه با مدیریت این پدیده در کشور داشته باشد.

۱-۳- مراحل مطالعاتی در پروژه های رانش زمین

مطالعات مربوط به رانش زمین طیف گسترده ای از تخصصهای مختلف را در بر میگیرد که لزوم ارتباط صحیح بین کارشناسان هر رشته و تحلیل کارشناسی نتایج هر بخش نقش بسزایی را در تشخیص علت رانش زمین و چاره اندیشی در مقابل آن خواهد داشت. بر این اساس ضروری است که متخصصین رفتارسنجی (کارشناسان ژئودزی) آشنایی و اطلاع کافی از مراحل مطالعاتی مربوط به اینگونه طرحها داشته باشند. بر این اساس مراحل معمول در اجرای این طرحها که مورد تاکید گروه های تخصصی کنترل رانش در کشور میباشد ذیلاً ارائه میگردد. بدیهی است نقش رفتارسنجی به عنوان یکی از مراحل این طرحها بوده و در این تحقیق تمرکز کار صرفاً روی این بخش از کار مطالعاتی خواهد بود. مطالعات ذیل عموماً در بررسی طرحهای رانش زمین انجام میگردد:

۱- جمع آوری اطلاعات اولیه، ۲- مدارک و نقشه های موجود، ۳- توپوگرافی منطقه و مطالعات فیزیوگرافی و ژئومورفولوژی، ۴- مطالعات زمین شناسی، مطالعات هواشناسی، ۵- اقلیم و هیدرولوژی، ۶- مطالعات پوشش گیاهی منطقه، ۷- مطالعات پوشش گیاهی منطقه، ۸- مطالعات رفتارسنجی، ۹- زمین شناسی مهندسی، ۱۰- مطالعات

ژئوتکنیکی، ۱۱- مطالعات هیدروژئولوژی، ۱۲- تحلیل پایداری و ارائه طرح پایدارسازی.

باید توجه داشت که مراحل پیشنهادی فوق الذکر میتواند بسته به موقعیتها و ضرورتهای اجرایی منطقه تحت رانش بصورت کامل و یا موردی جهت تعیین علت رانش، رفتارسنجی رانش و تصمیم گیری در خصوص نحوه مقابله و تثبیت رانش مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به بررسیهای انجام شده و نظر به حاد بودن خطر رانش زمین برای مناطق مسکونی روستای قلقاطی و همچنین نظر به فعال بودن رانش زمین در این روستا، این منطقه بعنوان پروژه راهنما جهت ایجاد شبکه رفتارسنجی و اجرای طرح انتخاب گردید.

۲- نحوه ایجاد شبکه های رفتار سنجی رانش زمین

۱-۲- طراحی شبکه

در بیان مبانی شبکه های جابجایی و اصول کلی کنترل رانش زمین ذکر نکات ذیل بصورت پیش فرض تحقیق بسیار مهم بوده و در انتخاب نوع شبکه ها و مشاهدات مربوطه و همچنین محاسبه پارامترهای جابجایی اهمیت اساسی خواهد داشت. عدم توجه به این نکات، بحث را پیچیده تر و غیر قابل استفاده برای کارشناسان امر مینماید.

- پدیده رانش زمین بر خلاف سایر پدیده ها زمانی حساسیت لازم را برای مطالعه پیدا میکند که مقدار جابجایی نسبی نقاط تحت رانش زمین در حد قابل توجه بوده به نحوی که احتمال خسارتهای مالی و جانی پیش بینی گردد. عبارت دیگر قدرت آشکارسازی مورد نیاز (تلورانس) در امر رفتارسنجی شبکه های کنترل رانش و کلیه طرحهای با ساختمان خاکی نظیر سدهای خاکی و... در حد دسی متر مورد نیاز است. بر این اساس در طراحی و تحلیل شبکه های مربوطه ضرورت ورود به مباحث نظری در حد شبکه های ژئودینامیکی بر روی گسل یا کنترل جابجایی سدهای بتونی احساس نمیگردد و بر این اساس در طراحی اصول و مبانی نظری اینگونه طرحها بایستی به این نکته توجه ویژه داشت. در ژئودزی مهندسی اصولاً "باید دقت مورد نیاز مورد توجه قرار گیرد و دقت کمتر یا بیشتر از حد لزوم جز اتلاف هزینه و زمان نتیجه دیگری در بر نخواهد داشت.

- با توجه به لزوم سادگی و استفاده عمومی از طرح، سادگی فهم آن برای کارشناسان و دستگاههای اجرایی ذریبط ضروری مینماید. بر این اساس، دستور العمل طرح و نوع شبکه مورد استفاده در عین سادگی باید قابلیت اجرا و محاسبه را در حد کارشناس نقشه برداری داشته باشد.

- در اجرای طرح توجه ویژه ای به امکانات موجود در دستگاههای اجرایی کشور و مهندسين مشاور بوده و لذا سعی شده از حداقل امکانات فنی موجود و موردنیاز در این مراکز استفاده گردد. بر این اساس استفاده از سیستمهای طولیاب الکترونیکی (EDM) یا توتال استیشن با دقت نسبی سه الی پنج میلیمتر در هر کیلومتر ۳-۵ (PPM) و در صورت لزوم استفاده از زاویه یاب با قرائت ثانیه ای (در حدمارک T2 ویلد) و ترازیابی مهندسی با دستگاه نیوو در

حد **NAK2-NA2** ویلد یا مشابه با بزرگنمایی 30x توصیه می‌گردد. این امکانات در اکثر دستگاههای اجرایی کشور موجود میباشد.

- نکته قابل توجه دیگر در اندازه گیریها لزوم تنظیم و کالیبراسیون تجهیزات اندازه گیری شبکه میباشد. باید کلیه تجهیزات از نظر خطاهای دستگاهی قبل از شروع مشاهدات، بدقت کنترل و بصورت دوره ای تنظیم شوند. نکته مهم در این خصوص این است که باوجود قابلیت‌های ویژه استفاده از سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS) در شبکه های مسطحاتی، بخاطر عدم فراگیری استفاده از آن در دستگاههای اجرایی و نیاز به تخصص فنی در آنالیز اطلاعات آنها، استفاده از این وسیله در این تحقیق مد نظر نبوده لیکن استفاده از آن بدلائل ذیل در صورت امکان توصیه میگردد:

- سهولت انتخاب نقاط کنترل براساس معیارهای ژئوتکنیکی و بی نیازی از لزوم دید بین نقاط.
- امکان تعیین موقعیت های سه بعدی در سیستم مختصات جهانی بدور از تأثیرات تغییر شکل شبکه های محلی .
- امکان اندازه گیری حرکات پدیده های دینامیکی بصورت متوالی که بررسی پدیده جابجایی ضرورت آن را ایجاب می کند .
- امکان اندازه گیری در شرایط جوی مختلف و نظم و تداوم در مشاهدات .
- سرعت بالای مشاهدات ماهواره ای در مقایسه با مشاهدات زمینی و هزینه پایین عملیاتی.

۲-۲- عملیات اجرایی

الف- تهیه نقشه توپوگرافی از منطقه تحت رانش

وجود نقشه توپوگرافی با مقیاس مناسب به منظور ارائه دید کلی از منطقه شامل موقعیت مناطق مسکونی، تاسیسات، راههای دسترسی، مناطق کشاورزی، رودخانه و... همچنین طراحی شبکه نقاط اصلی و نیز برآورد دقیق خسارات احتمالی و برنامه ریزی جهت مکانیابی و طراحی مهندسی و اعمال تغییرات در منطقه رانش ضروری است.

ب- نکات خاص

طراحی شبکه های رفتار سنجی در رانش زمین و نوع آنها بر خلاف سایر طرحهای مشابه، تابع بررسیهای دقیق و کارشناسی بر روی منطقه تحت رانش، وسعت منطقه تحت رانش، پراکندگی نقاط مهم و حیاتی در معرض رانش، پارامترهای زمین شناسی منطقه و... میباشد. بدون توجه به نکات فوق و صرفا با دیدگاه هندسی نمیتوان نتیجه مطلوبی را از شبکه رفتار سنجی رانش زمین گرفت.

ساده ترین نوع شبکه رفتارسنجی که میتواند انطباق و انعطاف مناسبی را با موقعیت نقاط تحت رانش و پارامترهای مذکور داشته باشد شبکه پیمایش است. علاوه بر ویژگی خاص شبکه های پیمایش از نظر انطباق مناسب با

توپوگرافی و عوارض موجود در منطقه، این نوع شبکه از نظر اجرایی و محاسباتی دارای سهولت خاص می باشد و اکثر کارشناسان با اصول اندازه گیری و محاسبات آن آشنایی کافی را دارند. البته این شبکه در مقایسه با سایر شبکه ها نظیر مثلث بندی (زاویه ای یا طولی) دارای دقت نسبی کمتری می باشد. اما با توجه به موارد مطرح شده در بخش ۱-۲ در اکثر موارد جوابگوی دقت های مورد نیاز خواهد بود. لازم به تذکر است که پیمایش در این مقوله با آنچه که توسط نقشه- برداران برای تهیه نقشه توپوگرافی صورت می گیرد متفاوت خواهد بود. چرا که بر اساس میزان جابجایی پیش بینی شده، دقت اندازه گیری ها و تعداد دفعات اندازه گیری باید با preanalysis از قبل مشخص گردد.

در عمل، طراحی شبکه های مثلث بندی و انتخاب و انطباق نقاط آن با پارامترهای زمین شناسی مورد نیاز در طرح های رانش زمین خصوصا در مناطق مسکونی شهری و روستایی عموما مشکل می باشد علت این امر این است که در شبکه های مثلث بندی کلاسیک (غیر ماهواره ای) یکی از شرایط مهم در انتخاب نقاط شبکه، داشتن دید مناسب بین نقاط به منظور انجام مشاهدات طولی یا زاویه ای است که این امر قابلیت انتخاب و انطباق نقاط شبکه را با شرایط نقاط تحت رانش مشکلتر میکند.

۲-۳- آنالیز جابجایی

با توجه به اینکه تعیین موقعیت کلیه نقاط شبکه نسبت به مختصات نقاط ثابت آن انجام می گردد و امکان تعیین جابجایی نقاط با مقایسه اختلاف مختصات محاسبه شده از حداقل دو دوره مشاهداتی بر روی شبکه میسر میشود بدیهی است در صورت عدم اطمینان از ثابت بودن نقاط اصلی شبکه، سیستم مختصات در اپکهای متوالی ثابت نبوده و جابجایی های محاسبه شده از این طریق کاذب خواهند بود. بر این اساس ضروری است در بدو امر نسبت به انتخاب نقاط ثابت بدور از توده رانش و بر اساس معیارهای زمین شناسی اقدام نمود آنگاه با استفاده از تست ثبات نقاط شبکه از این امر اطمینان حاصل نمود. با تعیین مختصات نقاط در اپکهای مشاهداتی مختلف، امکان تعیین مقدار جابجایی، جهت رانش و سرعت آن بین اپکهای متوالی و دو به دو برآحتی میسر می باشد. بدیهی است در صورت عدم حصول اطمینان از وجود نقاط پایدار در منطقه لازم است از روشهای مبتنی بر آنالیز تنسور استرین اقدام به تشکیل مدل های تغییر شکل در منطقه نموده آنگاه به اظهار نظر پرداخت.

الف - آنالیز مشاهدات

پس از پالایش مشاهدات در هر مرحله، ساده ترین روش برای بررسی جابجایی نسبی دو نقطه، مقایسه اجمالی بین دو سری مشاهدات طولی انجام گرفته بر روی نقاط شبکه می باشد. این نکته در مطالعات رانش زمین دارای اهمیت ویژه است چون عامل بروز خسارت در رانش زمین حرکت نسبی نقاط یک سازه (ساختمان و...) نسبت به هم می باشد. در این حال مقادیر تغییرات نسبی طولهای کلیه نقاط شبکه محاسبه میشود. بمنظور امکان کنترل تغییرات ارتفاعی نقاط (نشست) اقدام به سنجش تغییرات ارتفاعی نسبت به نقطه ثابت ارتفاعی (بدور از منطقه تحت تاثیر رانش)

از طریق ترازیبی می گردد. مطالعه این نتایج میتواند معیار سریع لیکن کم دقتی را از رانش زمین در منطقه ارائه خواهد داد.

ب- رسم بردارهای جابجایی نقاط بر روی نقشه توپوگرافی منطقه

پس از تعیین مقادیر بردار جابجایی و جهت حرکت نقاط معمولا موقعیت نقاط رفتارسنجی بر روی نقشه توپوگرافی منطقه پیاده شده و سپس مقدار جابجایی نقاط (با اغراق و در یک مقیاس دیگر) در جهات محاسبه شده بصورت بردارهای جهت دار ترسیم میشوند. از طریق مقادیر محاسبه شده فوق میتوان علاوه بر بردارهای جابجایی، نسبت به ترسیم نمودارهای سرعت - زمان برای هر نقطه اقدام نمود.

۳- اجرای یک طرح نمونه (کنترل رانش زمین در روستای قلقاطی زنجان)

چنانچه در فصل اول این گزارش اشاره شد، مناطق مختلفی در استان زنجان تحت رانش زمین میباشند، لیکن از بین این مناطق وضعیت روستای قلقاطی در شرایط ویژه بوده و هرآن بایستی احتمال تخریب و بروز خسارات جانی و مالی در این روستا را در نظر داشت. از بررسی عینی باقیمانده اثرات لغزش که بصورت منفرد و پهنه های لغزشی در نواحی اطراف روستا اتفاق افتاده میتوان به پیشینه وقوع و تکرار این پدیده در این منطقه پی برد.

در حدود ۲/۳ مساحت روستا درگیر رانش بوده و درسالهای اخیر خصوصا" پس از زلزله سال ۱۳۶۹ استانهای گیلان و زنجان، روند تخریب ساختمانها و آثار حرکت زمین افزایش چشمگیری داشته است. این مسئله باعث وحشت عمومی روستائیان شده به نحویکه تعدادی از خانوارها از بیم رانش زمین مهاجرت کرده اند. علاوه بر مناطق مسکونی روستا، تخریب در باغات مجاور و بالا دست روستا نیز گسترش یافته و دیوار باغچه ها نیز تخریب شده است. در این راستا با پیگیری اهالی از مراجع محلی و استانی و به منظور چاره جویی امر، این مراجع بدون خدمات مشاوره ای در جهت تعیین علت رانش و بررسی مقابله علمی با آن، غیر اقتصادی ترین روش یعنی طرح جابجایی بخشی از روستا به مناطق بالا دست را ارائه کرده اند. به این منظور در ضلع شمالی روستا تراسهایی آماده شده لیکن بدلیل اختلافات معمول ارضی تاکنون اقدام عملی در این خصوص صورت نگرفته است.

• موقعیت جغرافیایی و وضعیت عمومی منطقه

منطقه تحت مطالعه در محدوده طولهای جغرافیایی ۴۸ ۱۲ تا ۴۸ ۲۴ و عرضهای جغرافیایی ۳۶ ۰۸ تا ۳۶ ۱۴ قرار داشته و محدوده لغزش زمین نیز در محدوده طولهای جغرافیایی ۴۸ ۱۵ تا ۴۸ ۱۵ ۲۸ و عرضهای جغرافیایی ۳۶ ۱۲ ۵۰ تا ۳۶ ۱۲ ۰۹ قرار دارد. مساحت منطقه مطالعاتی حدود ۲۰۰ هکتار و مساحت منطقه اجرایی طرح نیز در حد ۲۵ هکتار میباشد. محدوده منطقه رانش از جنوب به روستای قادرلو، از شمال و جنوب غرب به ترتیب به نکتو و

چسب، از شرق به روستاهای گوران و چراغ مزرعه و سرین دره و از شمال با سراب و گلجه ختم میشود. برای دسترسی به منطقه رانش زمین بایستی مسافتی در حد ۷۵ کیلومتر را از زنجان و مسیر جاده بیجار تا سه راهی ارکوئین طی نموده آنگاه از محل سه راهی چسب قلقاطی مسیر جاده روستا را طی کرد. جمعیت روستای قلقاطی در حدود ۹۰۰ نفر بوده و ۱۵۰ خانوار در آن سکونت دارند. منبع درآمد روستائیان زراعت و دامپروری است.

• وضعیت توپوگرافی، هیدرولوژی و ژئومورفولوژی منطقه

منطقه از نظر عمومی کوهستانی بوده و بدلیل شیب نسبتاً زیاد (در حد ۲۰ درصد) پتانسیل اولیه برای رانش زمین فراهم است. حداکثر ارتفاع حوزه ۲۴۰۰ متر و حداقل آن ۱۷۰۰ متر و شیب متوسط آبراه اصلی (رودخانه چسب) در حد ۲٪ است. تراکم زهکشی در حوزه در حد مطلوب بوده و با توجه به شکل هندسی حوزه از نقاط مرتفع حوزه تا منطقه رانش، زمان تمرکز سیلاب سریع بوده و شاهد هیدروگرافهای سیلاب کشیده تری میتوان بود. بیشتر سطح حوزه دارای شیب بین ۱۰-۵ در صد بوده و ارتفاعات ۲۱۰۰-۱۹۰۰ متری بیشترین مساحت حوزه را شامل میشوند.

متوسط بارندگی سالانه در حوزه در حد ۳۵۵ میلیمتر و حداکثر بارش حوزه در فصل بهار اتفاق میافتد. بارش برف در این حوزه از تراکم خوبی برخوردار بوده و این برفها تا اوایل بهار کاملاً ذوب میشوند این مسئله نقش بسزایی در ایجاد سیلابهای حوزه دارد. میزان تبخیر و تعرق پتانسیل منطقه در حد ۱۲۰۰ میلیمتر و متوسط دمای روزانه آن ۱۳ درجه سانتیگراد میباشد. از نظر اقلیمی منطقه در اقلیم خشک و سرد قرار دارد.

با توجه به ریزشهای جوی از انواع برف و باران، وجود آبهای سطحی و زیرزمینی از تراکم مناسبی برخوردار است. وجود سیلابهای بزرگ توأم با بارندگی و ذوب برف موید این امر میباشد. وجود چشمه های متعدد در منطقه (۷ عدد) و نفوذ سریع آبهای بالادست در خاک به خاطر ایجاد استخرهای مخصوص آبیاری و حفر کانالهای سنتی وضعیت آبهای زیرزمینی را بسیار مطلوب نموده است. شاید علت اصلی بروز رانش در منطقه همین آبهای نفوذی و وجود لایه غیر قابل نفوذ از رسهای ماری باشد که در تماس با آب یک لایه لغزنده بوجود می آورد. دبی آب هرکدام از این چشمه ها بین ۲ تا ۷ لیتر در ثانیه است.

• تحلیل پایداری و ارائه طرح پایداری

در مجموع وجود پارامترهای تعیین کننده ای نظیر شیب شدید توپوگرافی منطقه، وجود آبهای سطحی و عمقی در منطقه، بارش نسبتاً خوب باران و خصوصاً برف، روش آبیاری سنتی و نفوذپذیری زیاد خاکهای منطقه و وجود لایه نفوذناپذیر رسهای ماری عوامل اصلی رانش زمین در این منطقه میباشد. توده، انرژی اولیه را جهت حرکت از تاثیر زلزله ۱۳۶۹ گیلان و زنجان گرفته و در سالهای بعد بسته به شرایط جوی و کمیت بارش جوی شدت آن بسته به وجود آبهای سطحی و عمقی در منطقه متغیر بوده است. تعیین دقیق این عوامل نیاز به عملیات ژئوتکنیکی و آزمایشات مربوطه دارد که حسب نیاز بایستی عملیات ژئوفیزیکی نیز انجام پذیرد. انجام این عملیات نیاز به بودجه سنگین داشته

که نه در حد این تحقیق میباشد و نه منظور این تحقیق شروع چنین عملیات اجرایی است. برای پایداری منطقه بایستی نسبت به مهار آبهای سطحی و جلوگیری از نفوذ آنها از طریق ساخت کانالهای بتونی (حداقل در منطقه رانش) اقدام گردد.

• ایجاد شبکه رفتارسنجی در منطقه

به منظور امکان تعیین مقدار جابجایی و سرعت آن در منطقه و همچنین مناطق متاثر از این پدیده در سطح روستا اقدام به ایجاد یک شبکه رفتارسنجی بصورت مثلث بندی و با مشاهدات طولی و زاویه ای گردید. علت انتخاب این نوع شبکه شرایط خاص توپوگرافی منطقه و وجود دید مناسب از تپه های دو طرف روستا به نقاط مورد نظر جهت رفتارسنجی بوده است. پس از شناسایی اولیه، نقاط مورد نظر جهت رفتارسنجی بر اساس شرایط توپوگرافی و رانش منطقه با نظر کارشناس زمین شناسی انتخاب و نقاط ساختمان گردید. نقاط ثابت جهت تحلیل شبکه در منطقه دوردست و بالای تپه های مجاور با نظر کارشناس زمین شناسی تعیین گردیدند.

تجهیزات بکار رفته در این تحقیق شامل یکدستگاه توتال استیشن ژئودیمتر ۵۱۰ با ملحقات مربوطه، یکدستگاه تئودولیت T2 WILD پس از کالیبراسیون معمول دستگاهها بوده است. مشاهدات در دو اپک زمانی اوایل مهر ماه ۷۹ و اوایل آذرماه این سال (پس از بارندگیهای فصلی پائیز) انجام پذیرفت. با توجه به بودجه و زمان اجرای طرح و شرایط فصلی امکان انجام مشاهدات بعدی در شبکه میسر نبود. در شکل ۱ شبکه و نتایج سرشکنی مشاهدات در دو اپک بصورت بردارهای جابجایی نقاط ارائه شده اند.

۴- نتیجه گیری

همانگونه که در پروژه نمونه روستای قلقاطی مشاهده گردید، در مدت کمتر از سه ماه بردارهای جابجایی در حد دسی متر به چشم میخورد که نشان از فعالیت چشمگیر پدیده رانش در منطقه دارد. شبکه ای که برای آشکارسازی این جابجایی ایجاد شده، مؤید این مطلب است که رفتارسنجی پدیده رانش با روشهای ژئودتیک نیازی به طراحی شبکه های خاص و مشاهدات با دقت خیلی بالا ندارد. البته رانش برخی مناطق بیش از این نیز گزارش گردیده است. لذا می توان با یک سرمایه گذاری نه چندان سنگین و با ایجاد شبکه های ژئودتیک، پدیده رانش را تحت کنترل درآورده و از خسارات سنگین آن جلوگیری بعمل آورد. به همین دلیل مؤلفین پیشنهاد می نمایند در ارگانهای ذیربط کمیته هایی برای برنامه ریزی کنترل پدیده رانش زمین تشکیل گردد که مهندس نقشه بردار یکی از عناصر اصلی این کمیته ها خواهد بود.

سپاسگذاری:

بدینوسیله بر خویش لازم میدانیم از سازمانها و افراد ذیل بخاطر مساعدت های بیدرغشان در حین اجرای این طرح تشکر نمائیم:

- ۱- اعضاء محترم شورای پژوهشی دانشگاه زنجان و معاونت، مدیریت و کارشناسان محترم حوزه معاونت پژوهشی این دانشگاه، بدون پشتیبانی اجرایی و معنوی ایشان این طرح قابل انجام نبود.
- ۲- مدیریت محترم آبخیزداری سازمان جهاد کشاورزی استان زنجان و آقای مهندس شریانی کارشناس ارشد آن سازمان به خاطر طرح ایده کنترل روستای قلقاطی و اطلاعات ارزنده در رابطه با رانش های کشوری و استانی.
- ۳- کارشناسان محترم بنیاد مسکن زنجان، ریاست و کارشناسان محترم مبارزه با بلایای طبیعی استانداری زنجان، کارشناسان محترم کمیته زلزله و رانش زمین سازمان مسکن و شهرسازی استان زنجان.
- ۴- آقای دکتر محمود محمد کریم عضو محترم هیئت علمی دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی تهران بخاطر مشاوره های علمی ایشان با آقای مهندس عباسی.
- ۵- آقای مهندس شریفی، عضو محترم هیئت علمی دانشگاه تهران بخاطر مشاوره های ایشان در بدو و حین اجرای طرح با آقای مهندس عباسی همکار طرح.
- ۶- آقای خلیل باقری مسئول محترم سایت کامپیوتر دانشکده مهندسی و آقای مهندس برجی کارشناس محترم اطلاع رسانی (ایتترنت) دانشگاه زنجان بخاطر مساعدتهای دایم ایشان در طول اجرای طرح.

منابع و مراجع:

- ۱- جزوه دانشگاهی نقشه برداری ژئودتیک، دکتر علیرضا آزموه اردلان، بهمن ۷۱، انتشارات دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
- ۲- جزوه دانشگاهی (اردو) میکروژئودزی، دکتر محمود محمد کریم، ۷۷، انتشارات دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
- ۳- مشخصات فنی نقشه برداری، نشریه شماره ۹۵، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۷۲.
- ۴- دستورالعملهای تپ نقشه برداری، نشریه شماره ۲-۱۱۹، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، چاپ سال

- ۵- پیش بینی زلزله از طریق آنالیز استرین شبکه های جابجایی، رامین کیامهر، نشریه سپهر (دوره سوم شماره ۱۲).
- ۶- کاربرد روشهای ژئودتیکی در کنترل پدیده زمین لغزش، رامین کیامهر، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی (سال ۱۲ شماره ۴).
- ۷- کتاب نقشه برداری از تئوری تا عمل (جلد اول)، رامین کیامهر، انتشارات سلاله، ۷۸.

- 1- Gunter Seeber. Satellite geodesy/ Watter de Gruyter 1993.
- 2- Mueller H . International G.P.S Geodynamics service / G.P.S Bulletin , 4(1): 7-16.
- 3- Sjoberg /I.e. The establishment OF G.P.S Deformation network/Great britaiin/ 1992.
- 4- Grafarend E.W / The finite element approach to the geodetic deformation parameteres,1992
- 5- Kennie T.J.M / Engineering surveying to chnology , Blackie and son , 199