مهندس رامین کیامهر، دانشگاه زنجان
مهندس مجتبی صیادی، جهاد استان تهران
مهندس محمدعلی فتاحی، جهاد استان تهران
شماره مقاله: ۴۱۱

کاربرد روشهای ژئودتیکی در کنترل پدیدهٔ زمین لغزش[۱]

«طرح کنترل ژئودتیکی زمین لغزش روستای باریکان شهرستان طالقان»

R. Kiamehr, *University of Zanjan*

M. Sayyadi, *Jahad of Tehran prov.*

M. A. Fattahi, *Jahad of Tehran prov.*

Using Surreying Method in Controlling of Handslide

(The controlling plan of Barikan village in Thleghan)

In this paper, the author tries to prepare a surveying network and make control points in sensitive locations in the area having landslide. Distance measurement on the displacement network was carried out in two epochs. Through analysis the distance observations and determination of coordinates of network's points in the mentioned epoch it is possible to simply find out the displacement of the network's points. The conclusions are:

1- By calculating the amount of absolute displacement in different network's points, the limits of

---

۱- بدین وسیله مراتب تشکّر و سپاس قلبی خویش را از راهنماییها و مساعدت جناب آقای دکتر قدیمی؛ عضو گروه زمین‌شناسی دانشگاه زنجان و آقای باقری؛ متصدی مرکز کامپیوتر دانشکده مهندسی اعلام می‌داریم.

the area under landslide in the area can be easily determined.

2- The displacement parameters including the velocity and acceleration and direction of slide, can be determined by the analysis of the network's points.

3- In the case of any stabilization operations in the area, firstly the precise location of slides should be pointed out and secondly the periodical observations over the network will show whether the stabilization operations are effective or not, otherwise we have to review the stablilzation methods. Clearly in the case of selection of the proper method over the control of the landslide in the area, stabilization operations must be gradually reduced the speed of displacement. Otherwise for avoiding heavy expenditure for stabilization, causes and methods selected for stabilization in the area have to be truly reviwed.

مقدّمه

از دیدگاه زمین‌شناسی به حرکت توده‌های بزرگ سنگ و خاک، زمین لغزش گفته می‌شود. در این حرکات تودهٔ موردنظر به صورت ناگهانی یا بطور بطئی از مکان اصلی خود جدا شده و بر روی سطح شیبدار می‌لغزد. از عوامل مؤثّر در ایجاد زمین لغزشها و حرکات مواد دامنه‌ای می‌توان موارد زیر را نام برد:

۱ـ نیروی ثقل ۲ـ درجهٔ شیب دامنه ۳ـ وزن کلی تودهٔ جداشده ۴ـ جنس مواد واریزه‌ای ۵ـ جنس سنگهای بستر دامنه ۶ـ مقدار آب موجود در توده و سطح ایستابی‌آن ۷ـ وجود رودخانه در پای دامنه ۸ـ شرایط اقلیمی و وجود یخبندان ۹ـ لرزه‌خیزی ناحیهٔ مورد مطالعه و ۱۰ـ وجود گسله‌ها و شکستگیهای فعّال.

امروزه با مطالعهٔ اجمالی گزارشات رسیده از دستگاههای مختلف اجرایی خصوصاً ستاد حوادث غیرمترقبهٔ وزارت کشور و استانداریها براحتی می‌توان عمق حوادث و تعدّد وقوع باور نکردنی این پدیده را در نقاط مختلف کشور بررسی و خسارات سنگین و گاه جانی آن را برآورد نمود. در این حال شاید بتوان اذعان کرد که اهمیت زمین لغزش کمتر از زمین لرزه نخواهد بود. زمین لغزش در مناطق شهری و روستایی باعث حرکت زمین و ایجاد تخریب در بناهای مسکونی، راهها، مراتع، دکلهای برق، لوله‌های نفت و گاز و ... می‌شود. بطورکلّی اثر این پدیده در مقیاس محلّی می‌باشد.

ناحیهٔ طالقان با توجّه به شرایط خاص زمین‌شناسی حاکم بر آن به صورت بالقوّه زمینهٔ لغزش دارد. در این میان هر چند حرکات زمین لغزش به خاطر کوچک بودن محسوس نبوده و در نتیجه مورد توجّه قرار نمی‌گیرد ولی پس از مدّتی با فراهم شدن شرایط ایده‌آل برای حرکت کلّی، بخشی از منطقه

دچار جابه‌جایی می‌شود بطوری که به دنبال وقوع زلزلهٔ رودبار منجیل در سال ۱۳۶۹ متأسفانه تعداد زیادی از روستاهای این منطقه دچار زمین لغزش شده و با وجود تشخیص قبلی از زمین لغزش منطقه، به جهت عدم آگاهی از منطقهٔ تحت‌تأثیر این پدیده، مطالعات و اقداماتی که با هزینه‌های سنگین نیز انجام شده نتیجه بخش نبوده است.

در این موارد استفاده از تکنیکهای نقشه‌برداری در کنترل جابه‌جایی نقاط (روشهای ژئودتیکی) می‌تواند ابزار مناسبی را جهت طرّاحان در برآورد سرعت، جهت و مقدار لغزش و نشست اراضی به دست داده و عملیات تثبیت را در جهات مناسب هدایت کند. در این مقاله ضمن اشاره به مزایای استفاده از سیستمهای تعیین موقعیت زمینی و ماهواره‌ای در برآورد این جابه‌جاییها، بطور اجمالی روش عمومی آنالیز استرین (کشش) در تحلیل جابه‌جاییها در این نوع شبکه‌ها مورد بررسی قرارگرفته و ارزش این روش در تعیین جهت، مقدار مطلق و مناطق تحت تأثیر لغزش مورد مطالعه قرار می‌گیرد. نظر به عدم دسترسی به سیستم تعیین موقعیت جهانی ماهواره‌ای (G.P.S)[2] و سرعت غیرمنتظرهٔ لغزش در منطقهٔ مورد ذکر، مشاهدات شبکهٔ جابه‌جایی با سیستمهای معمول نقشه‌برداری زمینی، طولیابهای الکترونیکی (E. D. M) و ترازیابهای مهندسی، در دو دورهٔ زمانی و به فاصلهٔ یک ماه صورت گرفته و نتایج مقایسه مستقیماً روی تغییرات طولهای شبکهٔ ایجاد شده مورد ارزیابی قرارگرفته است.

۱ـ مطالعهٔ اجمالی زمین لغزش روستای باریکان

روستای باریکان در ۵ کیلومتری غرب مرکز بخش طالقان در جنب محور آسفالتهٔ زیاران ـ شهرک قرار دارد (نقشه شمارهٔ ۱). از نظر زمین‌شناسی این روستا بر روی نهشته‌های جوان کواترنری مشتمل بر مارن ـ رس قرار دارد که در قسمت جنوبی روستا رسوبات مادسون، سیلت استون با سن نئوژن همراه با میان لایه‌های ژیپسی دیده می‌شود.

به دلیل وجود پتانسیل بالقوهٔ زمین لغزش در نواحی مختلف بخش طالقان تاکنون به کرّات این رویداد در روستاهای جزن، جزنیان، کش، ایزمان و ... مشاهده و گزارش شده است. وضعیت خاص زمین‌شناسی، توپوگرافی، آبهای سطحی و زیرزمینی منطقه را می‌توان به عنوان پارامترهای مهم و اساسی در وقوع زمین لغزشهای متعدّد این ناحیه دانست.

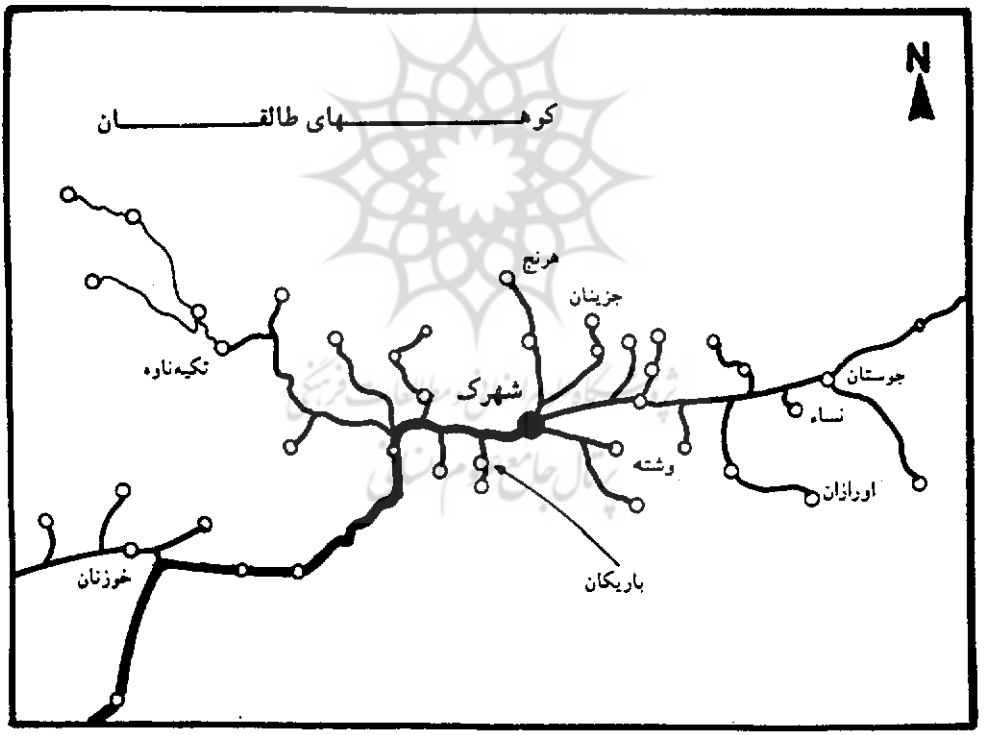
ضمناً وجود زمین لغزشهای قدیمی با سن حدود ۱۰۰۰۰ سال و فعّالیت مجدّد[3] آنها در اثر فرایندهای زمین ساختی نظیر زلزلهٔ سال ۶۹ رودبار منجیل را نباید از نظر دور داشت.

2- Global Positioning System.

3- reactive

بالا بودن سطح ایستابی آب زیرزمینی در منطقهٔ مورد مطالعه، که به صورت تراوشی[4] نمایان می‌باشد همراه با جاری شدن آبهای سطحی آبراهه‌های فرعی در جهت گرادیان هیدرولیکی از جنوب به شمال روستا سبب شکستگی و حرکت سطحی رسوبات رسی ـ مارنی می‌گردد که عمدةً به صورت رانش سطحی زمین همراه با شکستگیها اثرات مخرب خود را بر روستای باریکان بر جای گذاشته است.

نشستهای متفاوت[5] زمینیِ ناشی از عدم تحمّل یکنواخت بار توسط بستر در گوشه و کنار منطقهٔ مطالعاتی به صورت فرورفتگیها و جابه‌جاییهای عمودی نمایان می‌باشد. به عنوان مثال وجود سازه‌ای سنگین مانند منبع آب با حجم تقریبی ۴۳۰۰ متر مکعب در جنوب روستا احتمالاً نقش مهمی در تسریع پتانسیل رانش داشته است. از دیگر عوامل مؤثّر در رانش روستا می‌توان استفاده از روش آبیاری سنتیِ غرقابی در منطقه و نفوذِ بیش از حد آب در اثر مازاد نیاز گیاه به زمین را نام برد.

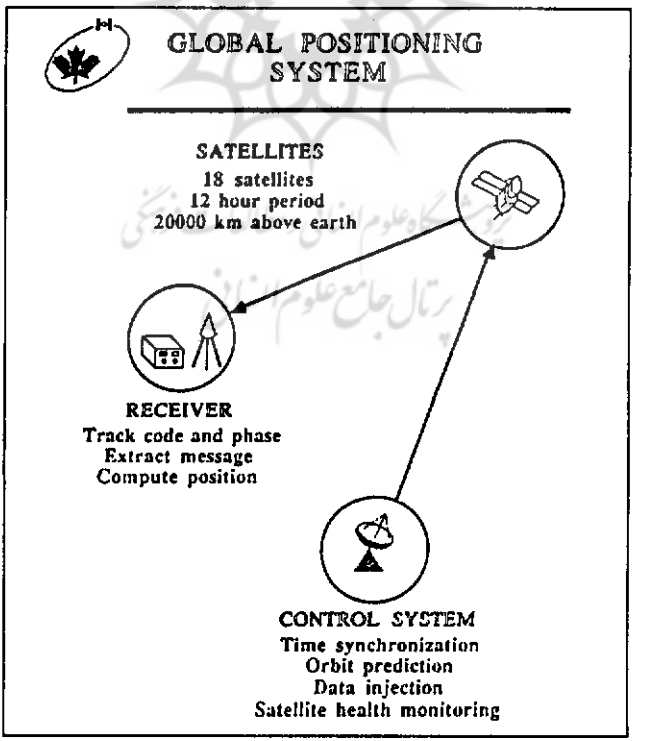


نقشه شماره ۱: موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به روستای باریکان (مؤسسه گیتاشناسی)

4- seepage 5- differential stellment

۲ـ نقش مشاهدات (G. P. S) در فرایند آنالیز جابه‌جاییها

سیستم تعیین موقعیت جهانی (G. P. S) ابتدا به منظور دستیابی ارتش امریکا به اهداف نظامی طراحی گردید. مطالعات اوّلیه روی این سیستم در دههٔ ۷۰ شروع و اوّلین ماهواره از این سیستم در سال ۱۹۷۸ در مدار زمین قرار گرفت. امروزه این سیستم با بهره‌گیری از ۲۴ ماهوارهٔ 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 شبانه‌روز فراهم آورد. بطور خلاصه اجزای این سیستم شامل بخش فضایی (ماهواره‌ها) و بخش زمینی (گیرندهٔ زمینی) اطلاعات ماهواره‌ای (موقعیت ماهواره‌ها و زمان ارسال امواج) می‌باشد که از طریق آنالیز این اطلاعات امکان تعیین پارامترهای فوق در کمترین زمان و با حداقل هزینه میسّر می‌گردد. بحث مربوط به این سیستم و نکات تکنیکی آن در حوصلهٔ این مقاله نبوده و علاقه‌مندان می‌توانند به مراجع مقاله مراجعه کنند. (شکل شمارهٔ ۱). در این مقاله صرفاً نکاتی که بایستی در به کارگیری از این سیستم در امور جابه‌جایی رعایت شود تشریح و مزایای به کارگیری آن روشن می‌گردد.



شکل شماره ۱: سیستم تعیین موقعیت جهانی

۲-۱- مزایای به کارگیری (G. P. S) در آنالیز جابه‌جایی

بطورکلی مزایای ذیل را در استفاده از مشاهدات ماهواره‌ای (G. P. S) بـر مشـاهدات کـلاسیک می‌توان متصوّر شد:

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

۲- امکان تعیین موقعیتهای سه بعدی در سیستم مختصات جهانی به دور از تأثیرات تغییر شکل شبکه‌های محلی.

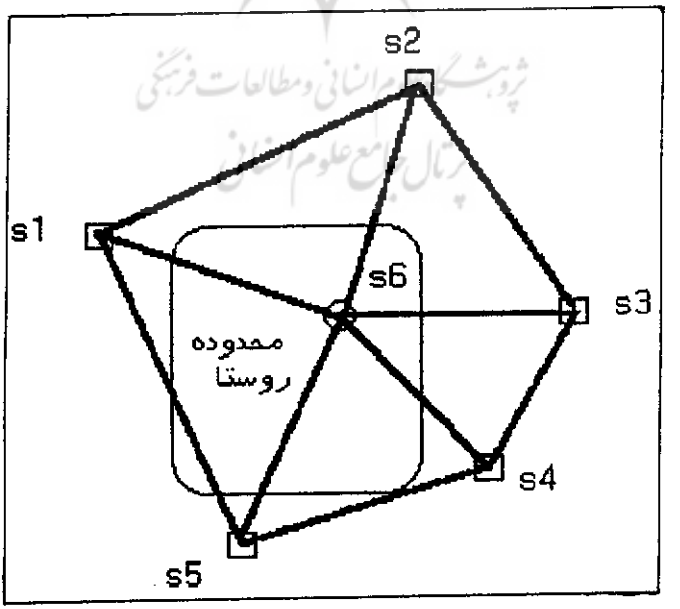
۳- امکان اندازه‌گیری حرکات پدیده‌های دینامیکی به صورت متوالی که بررسی پدیدهٔ جا به جایی ضرورت آن را ایجاب می‌کند.

۴- امکان اندازه‌گیری در شرایط جوی مختلف و نظم و تداوم در مشاهدات.

۵- سرعت بالای مشاهدات ماهواره‌ای در مقایسه با مشاهدات زمینی و هزینهٔ پایین عملیاتی.

۳- شبکهٔ کنترل جابه‌جایی منطقهٔ مورد مطالعه

به منظور کنترل جابه‌جایی ناشی از رانش زمین، یک شبکهٔ پنج ضلعی با نقطهٔ مرکزی صرفاً بـا مشاهدات طولی در روستا ایجاد شد. با توجّه به آشنایی قبلی از سرعت نسبی جابه‌جایی در محل که از بازدیدهای قبلی حاصل شده بود و بزرگی مقدار مطلق جابه‌جایی نقاط در مقایسه با بازدیدهای قبلی (بطور متوسط در حد ۵ سانتیمتر)، شبکهٔ فوق حساسیت کافی را برای کنترل جابه‌جایی داشت.



شکل شماره ۲: کروکی منطقه مسکونی روستا و شبکه کنترل جابه‌جایی

پس از شناسایی منطقه و بررسی مناطق جابه‌جا شده، نقاط شبکه به نحوی انتخاب شدند که ضمن استحکام نسبی پوشش کاملی را نیز از منطقهٔ تحت رانش روستا فراهم آورند. مشاهدات در دو دورهٔ زمانی به فاصلهٔ یک ماه در تابستان سال ۱۳۷۳ و توسط دستگاه طولیاب RED2L انجام پذیرفت. با توجّه به این که در مسألهٔ رانش صدمهٔ اصلی ناشی از جابه جایی نسبی نقاط می‌باشد، در وهلهٔ اوّل می‌توان مقایسه‌ای اجمالی بین دو سری مشاهدات طولی شبکه انجام داد و مقدار تغییرات نسبی طولهای رئوس اصلی را محاسبه کرد. به منظور امکان کنترل تغییرات ارتفاعی نقاط (نشست) اقدام به سنجش تغییرات ارتفاعی نسبت به نقطهٔ ثابت ارتفاعی (بدور از منطقهٔ تحت تأثیر رانش) از طریق ترازیابی گردید. مقایسهٔ نسبی این تغییرات و مشاهدات عینی زمین (عکس شمارهٔ ۱) در منطقه در تعدادی از نقاط نشستی در حد ۴۰ سانتیمتر را تأیید کرد که بحث و تعمّق بیشتری را می‌طلبید. عملیات این مرحله نیز با استفاده از دستگاه ترازیاب NAK2 در دو مرحلهٔ همزمان با مشاهدات طولی شبکه انجام پذیرفت.

عکس شماره ۱: نشانگر نشست زمین همراه با جابه‌جایی عمودی و افقی می‌باشد

۳-۱- آنالیز جابه‌جایی و استرین شبکه

پس از آنالیز پایداری نقاط شبکه و تعیین نقاط ثابت و سرشکنی مشاهدات طولی و نهایةً حصول مختصات نقاط از اپکهای مختلف مشاهداتی، امکان تعیین جا به جایی و آنالیز استرین نقاط شبکه وجود خواهد داشت. در این حال یکی از دو روش ذیل بنا به ماهیت متصور شده برای جابه جایی نقاط جهت تعیین الگوی حرکت هر بلوک مورد استفاده قرار می‌گیرد:

۱- روش تفاضل محدود ۲- روش المانهای محدود

در روش اوّل برای هر نقطه یک مدل جابه‌جایی پیش‌بینی و محاسبه می‌گردد که این مدل صرفاً برای محدودهٔ کوچکی از اطراف نقطه صادق خواهد بود. بدیهی است برای مناطق وسیع این مدل جابه‌جایی برای نقاط ارزش خود را از دست داده و روش آلمانهای محدود برای تفسیر صحیح بایستی مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۱-۱- روش تفاضل محدود[۶]

فرض کنید x بردار موقعیت حاصله از نتایج سری مشاهدات دورهٔ زمانی t و x^1 بردار موقعیت همان نقاط از طریق مشاهدات زمانی t^1 باشد و بردار جابه‌جایی نقاط به صورت $d = x - x^1$ تعریف گردد. در این صورت داریم:

$$J = d^1x / dx$$

$$S = 1/2 . (J^T . J - I)$$

که J و S به ترتیب برابر ژاکوبین و ماتریس استرین نقطهٔ مورد نظر تعریف می‌گردد. در صورت قائل شدن فرم خطی برای جا به جایی می‌توان نوشت (در فرم دو بعدی):

$$di = \begin{vmatrix} dx_i \\ dy_i \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_o + a_1 . x_i + a_2 . x_i \\ b_o + b_1 . y_i + b_2 . y_i \end{vmatrix} = do + J . \begin{vmatrix} x_i \\ y_i \end{vmatrix}$$

که در آن J نشانگر ژاکوبین انتقال از فضای موقعیت به فضای جابه‌جایی است و به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$J = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix}$$

6- Finite Difference Method

بدیهی است برای یافتنِ شش پارامتر مجهول فوق (a_0 , b_0 , a_1 , a_2 , b_1 , b_2) نیاز به حداقل شش معادله و به عبارت دیگر داشتن اطلاعات جابه‌جایی حداقل سه نقطهٔ مسطحاتی (X , Y یک مثلث) در شبکه است. در این حال به خاطر حضور مقادیر مختصات و مشخصات نقاط در ماتریس J و بزرگی این مقادیر، غالباً ماتریس فوق ناهمگن و دارای دقّت کافی نمی‌باشد.

۳-۱-۲- روش آلمانهای محدود[7]

در این روش امکان محاسبهٔ مدل جابه‌جایی برای هر نقطه وجود دارد. به عبارت دیگر در این حال امکان برآورد کمترین مربعات برای پارامترهای مجهول فوق وجود خواهد داشت. علاوه بر این ماتریسهای محاسباتی برای برآورد پارامترهای مجهول در این روش دارای پایداری بیشتری می‌باشند. فرض کنید P_δ , P_γ , P_β , P_α موقعیت چهار نقطه از شبکهٔ جابه‌جایی در مرحلهٔ زمانی t و P'_β , P'_γ , P'_α, P'_δ موقعیت جابه‌جا شده همان نقاط در اندازه‌گیری مرحلهٔ زمانی t' باشند. بر این اساس می‌توان مدل آنالیز جا به جایی نقاط را به صورت ذیل تعریف کرد:

$$P'(x) = J \,.\, P(x) + t$$

$$[P'_\alpha , P'_\beta , P'_\gamma , P'_\delta] = J.\, [P_\alpha , P_\beta , P_\gamma , P_\delta] + [t_1 , t_2 , t_3]$$

که در آن $P(x)$ و $P'(x)$ مختصات (x, y, z) محاسبه شده برای چهار نقطهٔ شبکه جا به جایی حاصل از مشاهدات مرحلهٔ اوّل و دوم (t' , t) و $J_{3\times3}$ نمایانگر ماتریس ژاکوبین پارامترهای مجهول جا به جایی و $t_{3\times1}$ بردار پارامترهای مجهول انتقالی نقاط می‌باشند. نتیجهٔ حل معادله فوق حصول به ماتریس ژاکوبین و ماتریس کرنش S از طریق رابطهٔ ذیل است (I ماتریس واحد می‌باشد):

$$S = 1/2 \,.\, (J^T \,.\, J - I)$$

در این حال از تجزیهٔ ماتریس کرنش می‌توان مقادیر ویژه (V) و بردارهای ویژه (G) را تعیین کرد:

و در نتیجه $$S = V.\, G.\, V^T \quad , \quad G = V^T \,.\, S \,.\, V$$

$$V = R(\phi) = \begin{vmatrix} \cos(\phi) & \sin(\phi) \\ -\sin(\phi) & \cos(\phi) \end{vmatrix}$$

$$G = \begin{vmatrix} e_{max} & 0 \\ 0 & e_{min} \end{vmatrix}$$

7- Finite Element Method

از طریق این تجزیه می‌توان پارامترهای مهم تغییر مقیاس (S)، حداکثر برش (H) و مؤلّفه‌های اصلی برش (H_1 , H_2) را به ترتیب ذیل محاسبه کرد:

$$S = e_{max} + e_{max} \quad , \quad H = e_{min} - e_{min}$$

$$H_1 = H \cdot \cos(2\phi) \quad , \quad H_2 = -H \cdot \sin(2\phi)$$

$$\text{Tan}(2f) = -H_2 / H_1 \quad , \quad H = (H_1 2 + H_2 2)^{1/2}$$

پیشنهادات و نتیجه‌گیری

طبق پیش‌بینی قبلی و مشاهدات عینی منطقه‌ای و قرائن جابه‌جایی روی ابینه روستا مقدار جابه‌جایی نسبی نقاط بین بعضی از رئوس شبکهٔ کنترل جابه‌جایی تا حد ۱۵ سانتیمتر دیده شد. کروکی شبکهٔ جابه‌جایی و جابه‌جایی نسبی طولها و نشست نقاط آن در جدول شمارهٔ ۱ آورده شده است. نتایج بعدی آنالیز استرین مشاهدات و تحلیل جابه‌جایی نقاط ضمن تأیید نسبی جابه‌جایی حاصل از مشاهدات، جهت حرکت توده را نیز تعیین می‌کند. براین اساس بطورکلی جهت حرکت توده به صورت شمالی ـ جنوبی و در جهت گرادیان ارتفاعی منطقه ارزیابی گردید. ضمناً گرچه فرایند زمین لغزش در تمامی نقاط روستا نمود عینی دارد لکن اثرات این فرایند به صورت جابه‌جاییهای عمودی و افقی در بخش شرقی روستا بارزتر می‌نماید، به نحوی که در این بخش جابه‌جایی عمودی در حد ۴۰ سانتیمتر در زمینهای کشاورزی کاملاً نمایان می‌باشد.

جدول شماره ۱: تغییرات نسبی طول به ارتفاع نقاط در شبکه جابه‌جایی

ایستگاه		جابه‌جایی	نشست
از	به		
S۱	S۲	۰/۵	۰۰.۰۰
S۲	S۳	۲	۵.۰۰
S۳	S۴	-۱۵	-۴۰.۰۰
S۴	S۵	۵	-۳۱.۰۰
S۵	S۱	۰.۲	۱.۰۰
S۶	S۱	۱	-۴.۰۰
	S۲	-۱.۵	
	S۳	۴.۵	
	S۴	۱۰	
	S۵	۰.۳	

بدیهی است در صورت اقدام به هر گونه عملیات تثبیت در منطقه بایستی این عملیات منجر به کاهش نسبی حرکت توده در مشاهدات دوره‌های زمانی بعدی گردد. در غیر این صورت بایستی در تحلیل علّت ناشی از لغزش و رانش زمین تجدید نظر کرده و روشهای اجرایی کنترل آن را که غالباً بسیار پرهزینه نیز می‌باشند تغییر داد. با توجّه به پیشینهٔ مطالعاتی که توسط برخی سازمانها نظیر سازمان زمین‌شناسی و مرکز تحقیقات آبخیزداری وزارت جهادسازندگی و ... انجام شده پیشنهادهای ذیل ارائه می‌گردد:

۱ـ بررسی کلّی پدیدهٔ زمین لغزش و تهیهٔ نقشهٔ خطر ریسک رانش در بخش طالقان و ارائهٔ الگوی کلی ایمن‌سازی جهت پایدار نمودن سازه‌ها.

۲ـ تکمیل زهکشی روستا در راستای جنوب به شمال به طول ۸۰۰۰ متر به صورت حفر کانال همراه با کول‌گذاری و دریچه‌ها.

۳ـ تهیه نقشهٔ بافت روستا به منظور کنترل ساخت و ساز و هدایت روند مناسب جهت توسعهٔ آتی.

۴ـ ترانس‌بندی در جنوب و شمال روستا جهت پایدار نمودن نسبی شیبها.

۵ـ استفاده از مشاهدات نقشه‌برداری در دوره‌های زمانی مختلف قبل و بعد از عملیات تثبیت به منظور مشخص نمودن تأثیر اقدامات انجام شده.

۶ـ مطالعه و بررسی مکانیابی مناسب برای روستا به عنوان یک هدف درازمدت در این روستا و احیاناً روستاهای دیگر منطقه که دارای پتانسیل رانش می‌باشند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع و مآخذ

1- Gunter seeber. ***Satellite geodesy***, Watter de Gruyter, 1993.

2- Remondi, E. W., ***Global positioning system***, J. colins 1992.

3- Mueller, H., "International G. P. S. geodynamics service", ***G. P. S Bulletin***, 4 (1): 7-16.

4- Sjoberg, I. e., ***The establishment of G. P. S Deformation network***, Great britiain, 1992.

5- Wells, D., ***Guide to G. P. S. Positionning***, canadian G. P. S associates, 1987

6- Grafarend, E. W., ***The finite element approach to the geodetic deformation parameteres***, 1992.

7- Kennie, T. J. M., ***Engineering surveying to chnology***, Blackie and son, 1990.

8- Krakiwsky, P., Vanicek. ***Geodesy concept***, elesverd, 1986.