

# گزارش رفتارسنجی زمین لغزش پارک آبخیز شهرستان قیدار با استفاده از مشاهدات GPS (سه مرحله مشاهداتی)



شرکت مهندسان مشاور طراحان البرز سبز

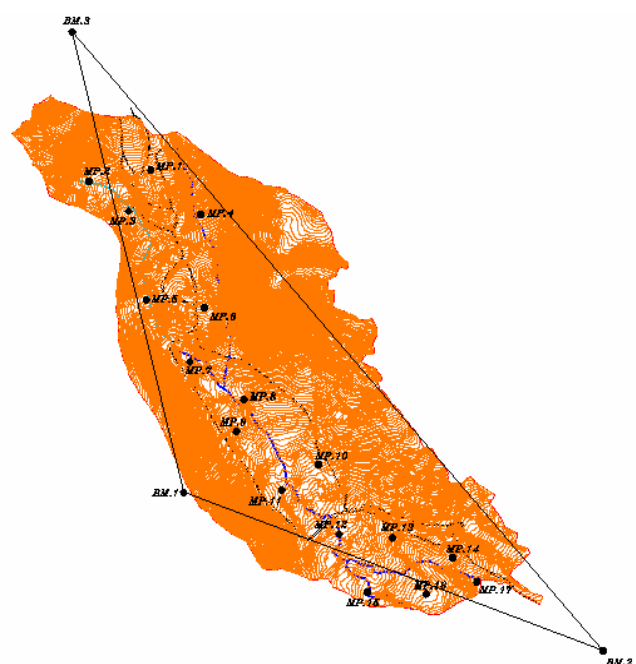


۱- مقدمه

منطقه زمین لغزشی پارک آبخیز شهرستان قیدار (خدابنده) به وسعت حدود ۱۰۲/۷۴ هکتار، در استان زنجان واقع شده است. به منظور رفتارسنجی این منطقه یک شبکه نقاط ژئودتیک با مشاهدات تعیین موقعیت ماهواره‌ای (GPS) توسط این مشاور طراحی و ایجاد گردیده است.

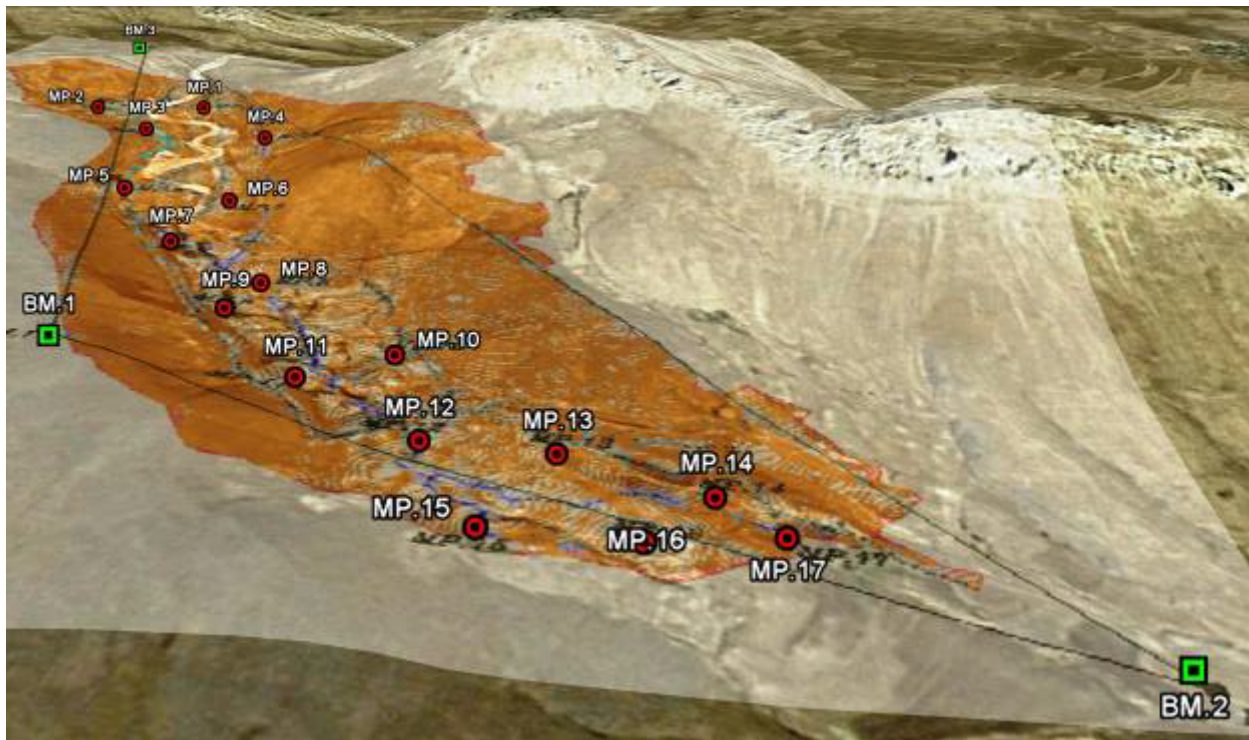


شکل شماره ۱- جانمایی منطقه لغزشی بر روی تصویر ماهواره ای



شکل شماره ۲- نقشه توپوگرافی منطقه لغزشی به همراه جانمایی نقاط رفتارسنجی زمین لغزش (سمت راست) همپوشانی نقشه توپوگرافی و تصویر ماهواره‌ای از منطقه لغزشی مورد مطالعه (سمت چپ)

مشاهدات مرحله اول شبکه در تاریخ ۴ آبان ماه سال ۱۳۸۹ به انجام رسید. مشاهدات مرحله دوم و سوم نیز مشابه مرحله اول، طی دو روز مورخه ۵ اردیبهشت و ۱۲ مرداد ۱۳۹۰ صورت پذیرفت. فاصله زمانی مرحله اول و دوم مشاهدات حدوداً ۶ ماه و این فاصله میان مراحل دوم و سوم حدود ۳ ماه بوده است. این گزارش شامل مشاهدات، نتایج محاسبات و پردازش داده‌های ماهواره‌ای تعیین موقعیت و تعیین مختصات دقیق ژئودتیکی نقاط شبکه در هر دو مرحله مشاهداتی و تحلیل جابجایی نقاط به همراه جداول، نقشه‌های جابجایی و نمودارهای مختلف می باشد که به شرح ذیل ارائه می گردند.



شکل شماره ۳- شمائی از منطقه لغزشی به همراه نقاط رفتارسنجی از ضلع جنوبی

## ۲- طرح شبکه ژئودتیک تعیین موقعیت ماهواره ای (GPS)

### - شبکه نقاط اصلی

شبکه نقاط مبنا خارج از منطقه لغزشی و شامل ۳ ایستگاه به نام های BM.1 , BM.2 , BM.3 می باشد.

### - شبکه نقاط شاهد منطقه زمین لغزشی

شبکه نقاط شاهد منطقه لغزشی شامل ۱۷ نقطه ( از MP.1 تا MP.17 ) می باشد که با توجه به محل درزها و شکافها و توده های مشکوک به لغزش در نظر گرفته شده اند.



شکل شماره ۴- تصاویر تهیه شده از منطقه لغزشی مورد مطالعه طی مشاهدات مرحله اول، دوم و سوم

### ۳- مشاهدات شبکه ژئودتیک تعیین موقعیت ماهواره‌ای (GPS)

مشاهدات شبکه نقاط مبنا و نقاط شاهد منطقه لغزشی در مرحله اول مشاهداتی با استفاده از ۴ گیرنده سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای (GPS) دو فرکانسه که شامل دو گیرنده مدل R8 و دو گیرنده مدل TRM5800 ساخت شرکت Trimble، در مرحله دوم مشاهداتی با استفاده از ۴ گیرنده دو فرکانسه کمپانی Trimble شامل سه گیرنده مدل TRM5800 و یک گیرنده مدل R8 و در مرحله سوم مشاهداتی نیز با استفاده از ۴ گیرنده دو فرکانسه Trimble مدل TRM5800 به روش استاتیک و به مدت بیش از ۱ ساعت برای نقاط مبنا و حدود ۴۰ دقیقه برای هر Baseline به نقاط شاهد انجام پذیرفته است. ضمن اینکه تمامی نقاط شاهد حداقل از دو نقطه مبنا مشاهده شده‌اند؛ بدین ترتیب شبکه تعیین مختصات از استحکام بالایی برخوردار بوده و مختصات نقاط بدست آمده دارای کنترل خواهند بود.

### ۴- دستگاه‌های اندازه‌گیری

گیرنده‌های مورد استفاده در مشاهدات ماهواره‌ای از دقیق‌ترین تجهیزات نقشه‌برداری می‌باشند که در زمان مشاهدات از عملکرد مطلوبی برخوردار بودند. تجهیزات مورد استفاده در مراحل مشاهداتی اول، دوم و سوم به ترتیب مطابق جدول شماره ۱، ۲ و ۳ می‌باشد.

جدول شماره ۱- دستگاهها و تجهیزات اندازه‌گیری مورد استفاده در مشاهدات GPS مرحله اول

نام دستگاه	ساخت کارخانه	دقت اسمی	تعداد	متعلقات
R8	Trimble	5.0 mm +1 PPM	2	باتری اضافه
TRM 5800	Trimble	5.0 mm +1 PPM	2	باتری اضافه

جدول شماره ۲- دستگاهها و تجهیزات اندازه‌گیری مورد استفاده در مشاهدات GPS مرحله دوم

نام دستگاه	ساخت کارخانه	دقت اسمی	تعداد	متعلقات
R8	Trimble	5.0 mm +1 PPM	1	باتری اضافه
TRM 5800	Trimble	5.0 mm +1 PPM	3	باتری اضافه

جدول شماره ۳- دستگاهها و تجهیزات اندازه‌گیری مورد استفاده در مشاهدات GPS مرحله سوم

نام دستگاه	ساخت کارخانه	دقت اسمی	تعداد	متعلقات
TRM 5800	Trimble	5.0 mm +1 PPM	4	باتری اضافه



شکل شماره ۵- تصویر گیرنده مورد استفاده در مراحل اول، دوم و سوم مشاهداتی

### ۵- انتقال مختصات نقاط مبنای کشوری به شبکه ژئودتیک پایش زمین لغزش

جهت اتصال شبکه طراحی شده به منظور پایش زمین لغزش به شبکه نقاط سراسری ژئودزی از مشاهدات نقاط ژئودینامیکی کشور که دارای مشاهدات پیوسته می‌باشند استفاده شد. برای این منظور مشاهدات روزانه ایستگاه ژئودینامیکی خرمدره در تاریخ ۴ آبان ماه ۱۳۸۹ - که تاریخ مرحله اول مشاهداتی است- از سازمان نقشه‌برداری کشور خریداری شد. فاصله این ایستگاه تا شبکه ژئودتیک طراحی شده حدود ۶۰ کیلومتر می‌باشد که با توجه به مدت نسبتاً بالای مشاهدات می‌توان دقت خوبی را انتظار داشت. ایستگاه خرمدره (KRMD) به همراه نقاط BM.2 و BM.3 جهت پردازش مربوط به انتقال مختصات انتخاب شدند. نتایج پردازش و محاسبات صورت پذیرفته در ادامه گزارش آورده شده است.

جدول شماره ۴- مشخصات نقطه مبنایی مورد استفاده به منظور اتصال به شبکه نقاط ژئودزی سراسری کشور

عنوان ایستگاه	E (m)	N (m)	h (m)	Zone
KRMD	339128.2480	4007121.1129	1589.0909	39



شکل شماره ۶- جانمایی محل قرار گیری نقطه ژئودینامیکی مورد استفاده روی نقشه

## ۶- پردازش و محاسبات سرشکنی شبکه ژئودتیک پایش زمین لغزش

جهت پردازش مشاهدات و انجام محاسبات سرشکنی شبکه ژئودتیک تعیین موقعیت ماهواره‌ای، از نرم افزار *Leica Geo Office* نسخه ۵ استفاده شده است. این نرم افزار توانایی پردازش داده‌های مشاهدات دو فرکانسه را دارا بوده و به منظور سرشکنی از روش کمترین مربعات سود می‌برد. ضمناً این نرم افزار برای تعدیل اثراتی مانند اثر تروپوسفر و دیگر موارد منابع ایجاد خطا دارای مدل‌های مناسبی به منظور برازش می‌باشد.

### ۶-۱- پردازش اطلاعات

پس از انتقال مشاهدات GPS به کامپیوتر و تهیه فایل Rinex از مشاهدات خام، با انتخاب پارامترهای مناسب، مشاهدات پردازش گردیده و Baseline ها به همراه ماتریس واریانس-کواریانس آنها مورد بررسی قرار گرفته است. کلیه cycle slip ها در مراحل پردازش کشف و از لیست مشاهدات حذف شده اند. شایان ذکر است که به منظور هرچه بالاتر بردن قابلیت اطمینان نتایج نهایی پردازش از اطلاعات مداری دقیق (Precise Ephemeris) که معمولاً حدود ۲ هفته بعد از انجام مشاهدات از طریق وب سایت رسمی سازمان نقشه‌برداری ایالات متحده آمریکا قابل دستیابی می‌باشد، استفاده شده است.

#### Processing Parameters

Parameters	Selected
Cut-off angle:	15°
Ephemeris type:	Precise
Solution type:	Automatic
GNSS type:	Automatic
Frequency:	Automatic
Fix ambiguities up to:	80 km
Min. duration for float solution (static):	5' 00"
Sampling rate:	Use all
Tropospheric model:	Saastamoinen
Ionospheric model:	Automatic
Use stochastic modelling:	Yes
Min. distance:	8 km
Ionospheric activity:	Automatic

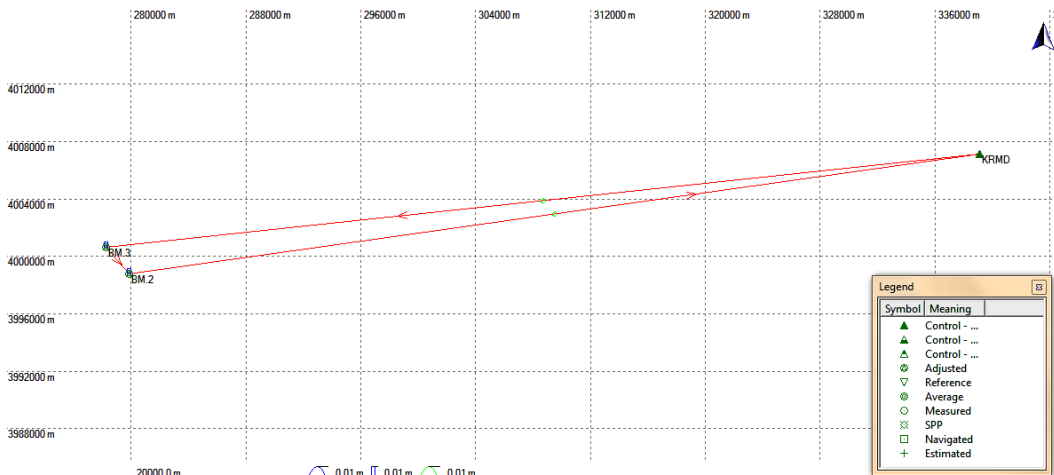
شکل شماره ۷- پارامترهای مورد استفاده در پردازش Baseline ها

### ۶-۲- محاسبات سرشکنی

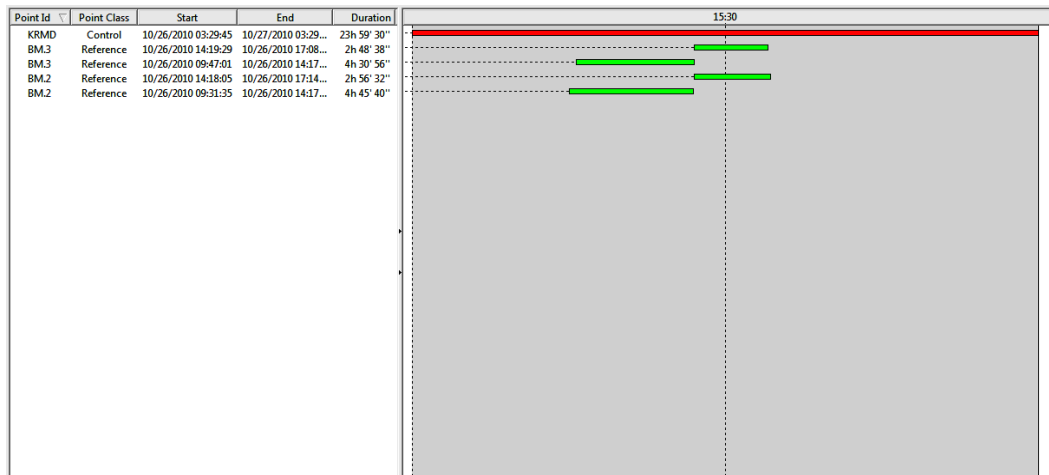
بعد از انجام پردازش مشاهدات GPS، محاسبات سرشکنی شبکه نقاط مبنا و شاهد منطقه زمین لغزشی به صورت مجزا و به شرح ذیل انجام پذیرفته است. همانطور که پیشتر اشاره شد، به منظور سرشکنی از متود کلی کمترین مربعات و با توجه به مرحله مورد استفاده از یکی از ۳ روش رایج Inner Constraint، Minimum Constraint و Over Constraint استفاده می‌کنیم. نتایج حاصل از سرشکنی در مراحل مختلف در قالب جداولی مشابه در گزارش آورده شده است.

### ۶-۲-۱- اتصال به شبکه نقاط ژئودزی سراسری کشور

در این مرحله با در نظر گرفتن مشاهدات روزانه ایستگاه ژئودینامیکی خرمدره با نرخ ۳۰ ثانیه و مشاهدات همزمان ۲ ایستگاه BM.2 و BM.3 در مرحله اول مشاهداتی با نرخ ۲ ثانیه و به مدت حدود ۱۰ ساعت به سرشکنی این شبکه سه وجهی پرداختیم. با ثابت و بدون تغییر در نظر گرفتن مختصات نقطه ژئودینامیکی (نقطه کنترل)، سرشکنی شبکه را به صورت Minimum Constraint انجام دادیم. شماتیکی از شبکه مذکور به همراه مختصات سرشکن شده، ابعاد بیضی خطا و خطای ارتفاعی نقاط مبنا در سطح و فاصله اطمینان ۹۵٪ در شکل شماره ۸ و ۹ و جدول شماره ۵ آورده شده است.



شکل شماره ۸- شماتی از شبکه ایجاد به منظور اتصال نقاط به شبکه ژئودزی سراسری کشور



شکل شماره ۹- چارت زمانی مشاهدات شبکه نقاط مبنا و نقطه ژئودینامیکی به منظور اتصال به شبکه ژئودزی سراسری کشور

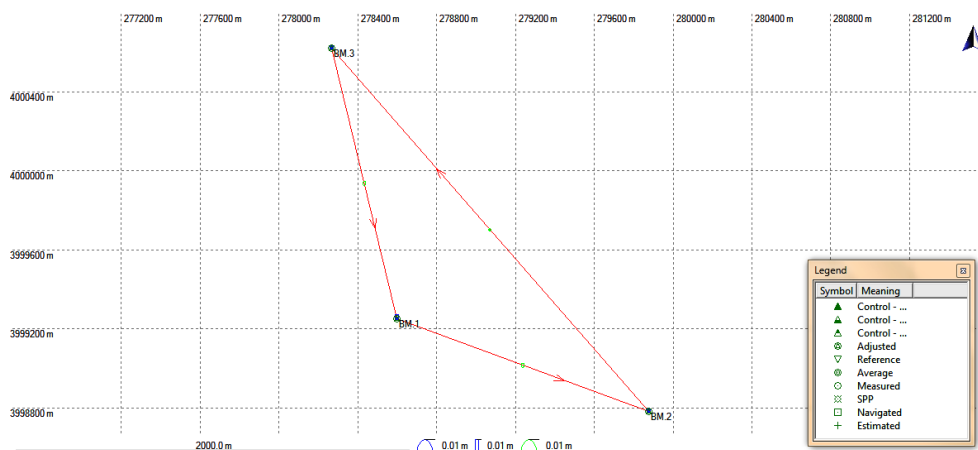
جدول شماره ۵- مختصات سرشکن شده نقاط شبکه اتصال به شبکه ژئودزی سراسری کشور، به همراه ابعاد بیضی خطا و خطای ارتفاعی نقاط در سطح و فاصله اطمینان ۹۵٪

Point Name	E (m)	N (m)	h (m)	A (m)	B (m)	PHI (deg)	Std.Hgt (m)
BM.2	279874.8637	3998781.7515	2193.7277	0.0039	0.0036	-12	0.0073
BM.3	278265.5771	4000622.8746	2492.8120	0.0039	0.0036	-11	0.0073
KRMD	339128.2480	4007121.1129	1589.0909	0.0000	0.0000	90	0.0000

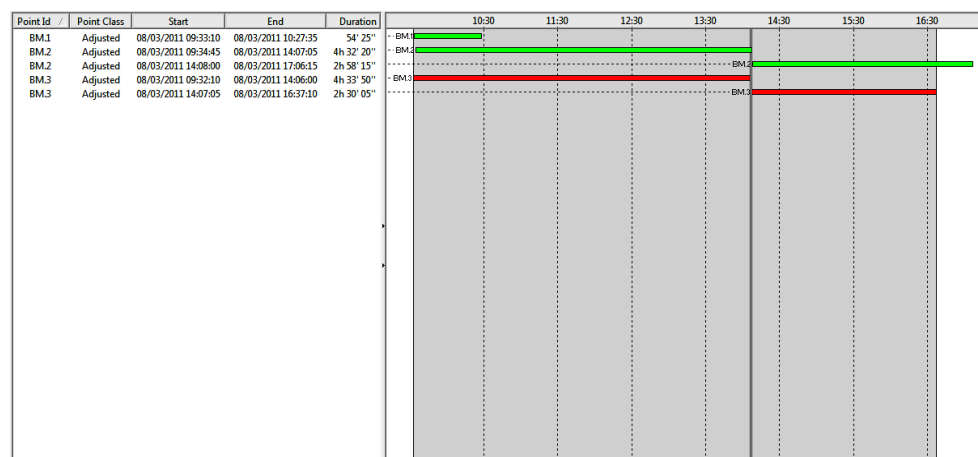


## ۶-۲-۲- شبکه نقاط مبنا

در این مرحله بعد از انجام پردازش‌های لازم و بدست آوردن Baseline‌ها از مشاهدات مرحله اول، سرشکنی شبکه مبنا به روش سرشکنی کمترین مربعات و بدون معرفی نقطه کنترل به حالت سرشکنی شبکه آزاد (Inner Constraint) صورت پذیرفت. شایان ذکر است که در مرحله اول مشاهدات که هنوز جابجایی رخ نداده است، می‌توان با معرفی یک نقطه به عنوان نقطه کنترل سرشکنی را به روش معرفی حداقل قیود (Minimum Constraint) نیز انجام داد. ولی از مرحله دوم به بعد، سرشکنی باید به روش Inner Constraint صورت پذیرد تا از ثبات نقاط مبنا نسبت به نقاط شاهد به اطمینان رسید. مختصات سرشکن شده به همراه ابعاد بیضی خطا و خطای ارتفاعی نقاط مبنا در سطح و فاصله اطمینان ۰.۹۵٪ مرحله اول مشاهداتی در جدول شماره ۶ آورده شده است. همانطور که ذکر شد، بعد از سرشکنی شبکه مبنا در مرحله اول مشاهداتی، نقاط مبنا دارای مختصات خواهند شد. با انجام پردازش و سپس سرشکنی شبکه مبنا در مراحل مشاهداتی بعدی می‌توان در رابطه با استحکام و جابجایی ناچیز شبکه مبنا نسبت به شبکه نقاط شاهد اطمینان حاصل نمود. پردازش و سرشکنی طول‌بازها در مرحله دوم و سوم مشاهداتی مشابه مرحله اول خواهد بود. سعی می‌شود تا نقاطی که از ثابت و بی حرکت بودن آنها اطمینان بیشتری داریم را به عنوان نقاط کنترل در پردازش و سرشکنی نقاط شاهد استفاده کنیم. مختصات سرشکن شده به همراه ابعاد بیضی خطا و خطای ارتفاعی نقاط مبنا در مرحله دوم و سوم در سطح و فاصله اطمینان ۰.۹۵٪ به ترتیب در جداول شماره ۷ و ۸ آورده شده است.



شکل شماره ۱۰- شمائی از شبکه نقاط مبنای ایجاد بیرون از منطقه لغزشی (مربوط به پردازش مرحله دوم مشاهداتی)



شکل شماره ۱۱- چارت زمانی مشاهدات شبکه نقاط مبنا (مربوط به پردازش مرحله سوم مشاهداتی)



## مطالعات رفتارسنجی زمین لغزش قیدار زنجان

جدول شماره ۶- مختصات سرشکن شده نقاط مبنای شبکه ژئودتیک، به همراه ابعاد بیضی خطا و خطای ارتفاعی نقاط در سطح و فاصله اطمینان ۹۵٪ (مرحله اول مشاهداتی)

Point Name	E (m)	N (m)	h (m)	A (m)	B (m)	PHI (deg)	Std.Hgt (m)
BM.1	278600.2506	3999251.9218	2363.7809	0.0025	0.0019	34	0.0047
BM.2	279874.8636	3998781.7515	2193.7277	0.0000	0.0000	0	0.0000
BM.3	278265.5756	4000622.8737	2492.8142	0.0014	0.0013	3	0.0027

جدول شماره ۷- مختصات سرشکن شده نقاط مبنای شبکه ژئودتیک، به همراه ابعاد بیضی خطا و خطای ارتفاعی نقاط در سطح و فاصله اطمینان ۹۵٪ (مرحله دوم مشاهداتی)

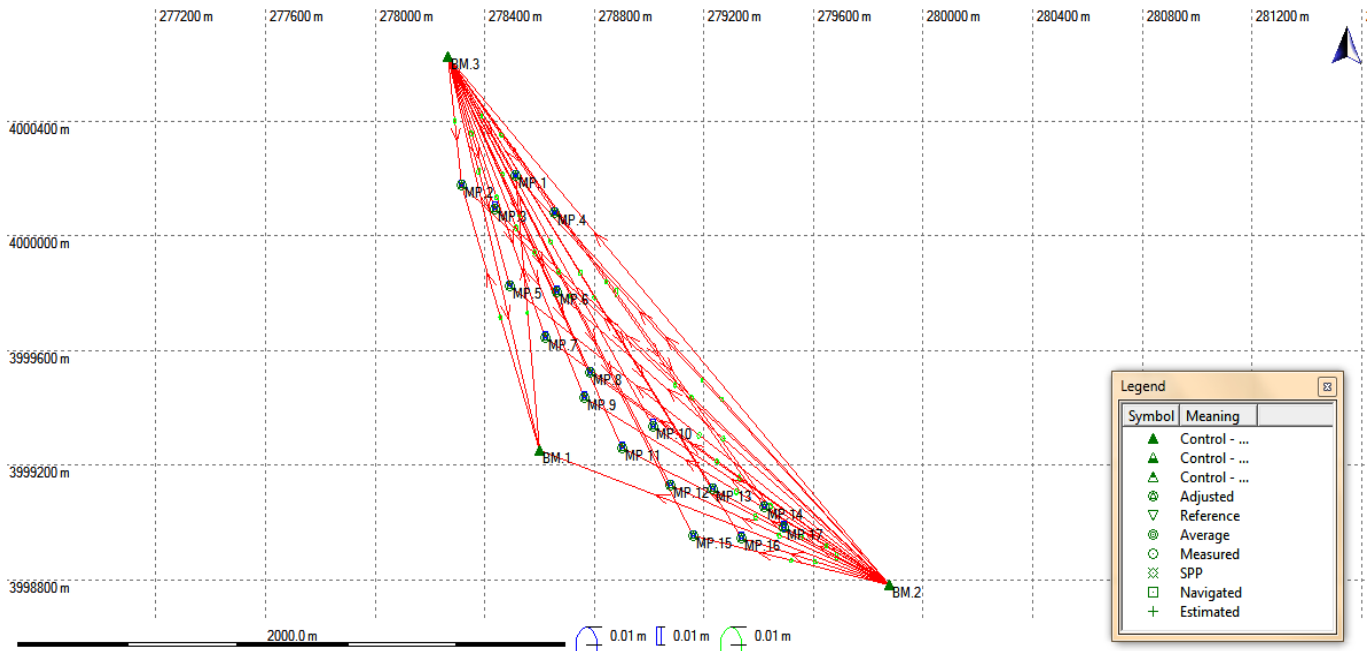
Point Name	E (m)	N (m)	h (m)	A (m)	B (m)	PHI (deg)	Std.Hgt (m)
BM.1	278600.2469	3999251.9233	2363.7774	0.0027	0.0018	8	0.0062
BM.2	279874.8635	3998781.7515	2193.7275	0.0019	0.0013	5	0.0039
BM.3	278265.5703	4000622.8833	2492.8208	0.0019	0.0013	5	0.0039

جدول شماره ۸- مختصات سرشکن شده نقاط مبنای شبکه ژئودتیک، به همراه ابعاد بیضی خطا و خطای ارتفاعی نقاط در سطح و فاصله اطمینان ۹۵٪ (مرحله سوم مشاهداتی)

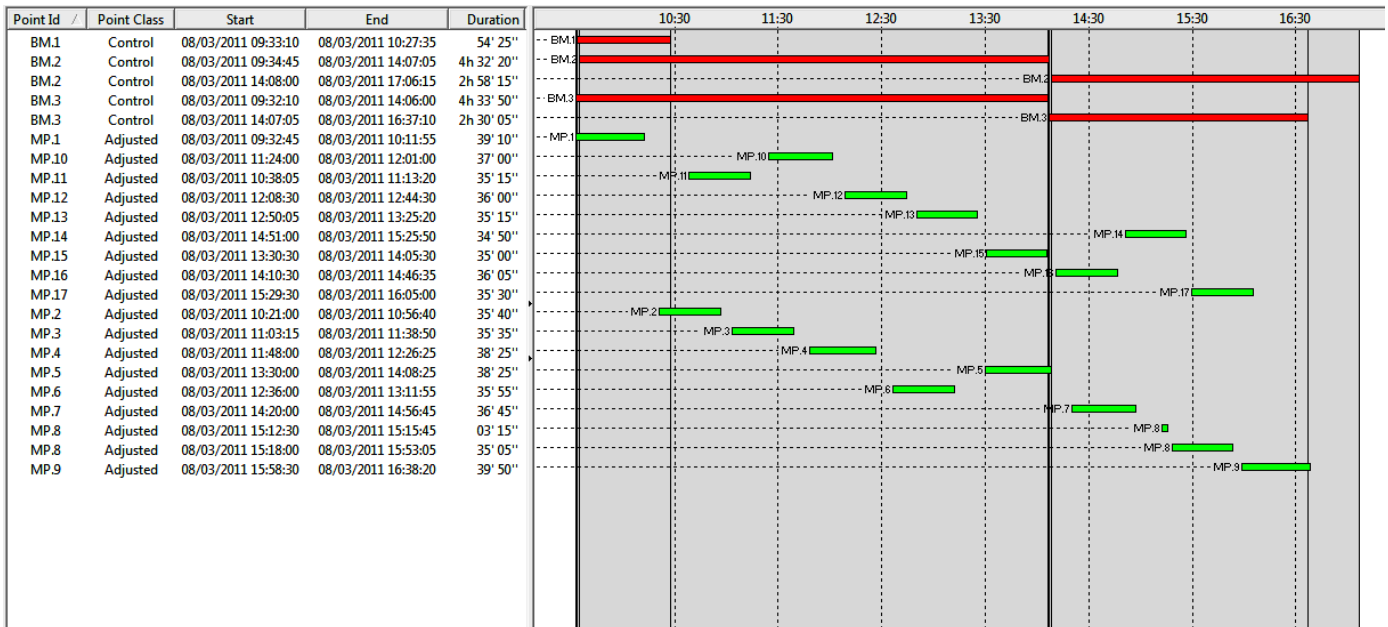
Point Name	E (m)	N (m)	h (m)	A (m)	B (m)	PHI (deg)	Std.Hgt (m)
BM.1	278600.2231	3999251.9147	2363.7803	0.0018	0.0014	-24	0.0034
BM.2	279874.9495	3998781.8202	2193.7125	0.0012	0.0010	-15	0.0023
BM.3	278265.5700	4000622.8834	2492.8207	0.0012	0.0010	-16	0.0023

### ۳-۲-۶- شبکه نقاط شاهد

در این مرحله بعد از انجام پردازش های لازم و بدست آوردن تمامی Baseline های ممکن در شبکه، با انتخاب مختصات سرشکن شده نقاط BM.1 , BM.2 , BM.3 به عنوان نقاط کنترل با مولفه های مختصاتی ثابت، محاسبات سرشکنی شبکه نقاط شاهد منطقه زمین لغزشی در مراحل اول و دوم مشاهداتی به روش سرشکنی Over Constraint انجام می شود. مختصات سرشکن شده به همراه ابعاد بیضی خطا و خطای ارتفاعی نقاط شاهد در سطح و فاصله اطمینان ۹۵٪ برای مشاهدات مراحل اول، دوم و سوم به ترتیب در جداول شماره ۹، ۱۰ و ۱۱ آورده شده است.



شکل شماره ۱۲- شمائی از شبکه نقاط شاهد و Baseline های مشاهداتی (مربوط به پردازش مرحله دوم مشاهداتی)



شکل شماره ۱۳- چارت زمانی مشاهدات شبکه نقاط شاهد (مربوط به پردازش مرحله سوم مشاهداتی)



مطالعات رفتارسنجی زمین لغزش قیدار زنجان

جدول شماره ۹- مختصات سرشکن شده نقاط شاهد شبکه ژئودتیک، به همراه ابعاد بیضی خطا و خطای ارتفاعی نقاط در سطح و فاصله

اطمینان ۹۵٪ منطقه زمین لغزشی (مرحله اول مشاهداتی)

Point Name	E (m)	N (m)	h (m)	A (m)	B (m)	PHI (deg)	Std.Hgt (m)
MP.1	278511.0265	4000212.5544	2445.7546	0.0018	0.0012	35	0.0031
MP.2	278313.7533	4000178.7282	2444.6224	0.0023	0.0020	-10	0.0073
MP.3	278435.5007	4000091.4071	2426.2842	0.0024	0.0019	-63	0.0041
MP.4	278654.8405	4000080.1527	2411.7781	0.0035	0.0023	18	0.0051
MP.5	278489.4719	3999826.7388	2387.3221	0.0030	0.0020	18	0.0050
MP.6	278664.6178	3999805.4035	2379.9412	0.0022	0.0018	-3	0.0036
MP.7	278620.3843	3999644.4159	2354.4614	0.0036	0.0022	-50	0.0058
MP.8	278785.8819	3999526.1481	2333.1754	0.0028	0.0020	-87	0.0044
MP.9	278762.4304	3999434.4868	2325.1942	0.0023	0.0021	33	0.0038
MP.10	279012.9261	3999335.7943	2301.2194	0.0021	0.0020	-43	0.0036
MP.11	278900.5768	3999259.7920	2301.5353	0.0025	0.0018	-58	0.0057
MP.12	279075.4250	3999129.2708	2280.9756	0.0027	0.0015	18	0.0038
MP.13	279233.9359	3999118.7901	2263.0320	0.0023	0.0017	9	0.0037
MP.14	279161.1093	3999056.7022	2240.9665	0.0020	0.0017	76	0.0032
MP.15	279161.1093	3998955.0412	2262.7466	0.0026	0.0021	-23	0.0045
MP.16	279335.3335	3998945.7903	2250.0763	0.0031	0.0020	-65	0.0050
MP.17	279493.2097	3998984.9336	2226.6611	0.0021	0.0018	10	0.0035

جدول شماره ۱۰- مختصات سرشکن شده نقاط شاهد شبکه ژئودتیک، به همراه ابعاد بیضی خطا و خطای ارتفاعی نقاط در سطح و فاصله

اطمینان ۹۵٪ منطقه زمین لغزشی (مرحله دوم مشاهداتی)

Point Name	E (m)	N (m)	h (m)	A (m)	B (m)	PHI (deg)	Std.Hgt (m)
MP.1	278511.0250	4000212.5552	2445.7445	0.0021	0.0014	7	0.0058
MP.2	278313.7512	4000178.7255	2444.6161	0.0034	0.0021	0	0.0051
MP.3	278435.5035	4000091.3980	2426.2732	0.0036	0.0026	-34	0.0084
MP.4	278654.8371	4000080.1511	2411.7655	0.0029	0.0021	-26	0.0046
MP.5	278489.4689	3999826.7273	2387.3216	0.0040	0.0024	20	0.0053
MP.6	278664.6114	3999805.4028	2379.9310	0.0029	0.0025	10	0.0063
MP.7	278620.3916	3999644.4026	2354.4617	0.0034	0.0027	-8	0.0070
MP.8	278785.8808	3999526.1466	2333.1782	0.0048	0.0019	0	0.0056
MP.9	278762.4703	3999434.4184	2325.1948	0.0040	0.0026	3	0.0063
MP.10	279012.9229	3999335.7934	2301.2200	0.0035	0.0024	-33	0.0076
MP.11	278900.6013	3999259.7654	2301.5332	0.0038	0.0025	-13	0.0063
MP.12	279075.4390	3999129.2458	2280.9693	0.0035	0.0026	-23	0.0055
MP.13	279233.9388	3999118.7858	2263.0658	0.0038	0.0023	17	0.0048
MP.14	279418.7607	3999056.7019	2240.9685	0.0031	0.0020	-5	0.0056
MP.15	279161.1264	3998955.0332	2262.7638	0.0028	0.0020	17	0.0050
MP.16	279335.3399	3998945.7855	2250.0787	0.0028	0.0025	-11	0.0061
MP.17	279493.2206	3998984.9280	2226.6773	0.0058	0.0021	1	0.0064

Point Name	E (m)	N (m)	h (m)	A (m)	B (m)	PHI (deg)	Std.Hgt (m)
MP.1	278511.0175	4000212.5552	2445.7443	0.0033	0.0027	-21	0.0069
MP.2	278313.7407	4000178.7209	2444.6125	0.0024	0.0017	-14	0.0034
MP.3	278435.4993	4000091.3880	2426.2754	0.0034	0.0023	7	0.0058
MP.4	278654.8323	4000080.1495	2411.7712	0.0031	0.0021	26	0.0055
MP.5	278489.4608	3999826.7027	2387.3170	0.0023	0.0018	5	0.0052
MP.6	278664.6056	3999805.3933	2379.9293	0.0033	0.0022	3	0.0062
MP.7	278620.3956	3999644.3934	2354.4579	0.0038	0.0029	12	0.0068
MP.8	278785.8688	3999526.1411	2333.1684	0.0035	0.0024	27	0.0086
MP.9	278762.4981	3999434.3598	2325.1669	0.0026	0.0020	-68	0.0052
MP.10	279012.9207	3999335.7913	2301.2114	0.0029	0.0022	25	0.0053
MP.11	278900.6124	3999259.7364	2301.5249	0.0030	0.0020	-3	0.0045
MP.12	279075.4455	3999129.2280	2280.9594	0.0031	0.0020	16	0.0056
MP.13	279233.9330	3999118.7988	2263.0467	0.0028	0.0022	1	0.0055
MP.14	279418.7521	3999056.6997	2240.9590	0.0026	0.0021	29	0.0050
MP.15	279161.1265	3998955.0257	2262.7411	0.0023	0.0018	6	0.0050
MP.16	279335.3436	3998945.7718	2250.0625	0.0028	0.0020	10	0.0050
MP.17	279493.2044	3998984.9268	2226.6648	0.0025	0.0020	17	0.0067

#### ۷- تعیین جابجایی‌های مسطحاتی و ارتفاعی نقاط شبکه ژئودتیک پایش زمین لغزش

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 از لحاظ آزمون پی برد. بعلاوه با محاسبه بیضی خطای نسبی جابجایی‌های میان اپکی رخ داده در هر نقطه نیز از معنی‌دار بودن این جابجایی‌ها در بعد مسطحات مطلع شد؛ به این ترتیب که اگر بردار جابجایی در داخل این بیضی با سطح اطمینان ۹۹٪ قرار گرفت تحلیل به عدم جابجایی و در غیر این صورت تحلیل به جابجایی خواهد شد. ذکر این نکته حائز اهمیت است که به منظور این نوع از تحلیل باید از بیضی‌های خطا در حالت نسبی استفاده نمود. روابط زیر به ترتیب مربوط به محاسبه نیم قطر اطول، نیم قطر اقصر و زاویه پادساعتگرد قطر اطول با محور Xها در حالت نسبی می‌باشد. هر یک از مقادیر  $\delta_{\Delta x}^2$ ،  $\delta_{\Delta y}^2$  و  $\delta_{\Delta x \Delta y}^2$  با توجه به مقادیر خروجی نرم‌افزار و روابط آماری موجود قابل برآورد می‌باشد.

$$a^2 = \frac{1}{2} [\delta_{\Delta x}^2 + \delta_{\Delta y}^2 + \sqrt{(\delta_{\Delta x}^2 - \delta_{\Delta y}^2)^2 + 4\delta_{\Delta x \Delta y}^2}]$$

$$b^2 = \frac{1}{2} [\delta_{\Delta x}^2 + \delta_{\Delta y}^2 - \sqrt{(\delta_{\Delta x}^2 - \delta_{\Delta y}^2)^2 + 4\delta_{\Delta x \Delta y}^2}]$$

$$\tan 2\psi = \frac{2\delta_{\Delta x \Delta y}}{\delta_{\Delta x}^2 - \delta_{\Delta y}^2}$$

## ۷-۱- شبکه نقاط مبنا

در ابتدا به استحکام شبکه مبنا و میزان احتمالی جابجایی این نقاط می‌پردازیم. با پردازش و سرشکنی هر سه مرحله مشاهدات شبکه مبنا به صورت مکرر و مقایسه مختصات مراحل اول و دوم و همچنین دوم و سوم نقاط مشابه، می‌توان به بردار جابجایی نقاط مبنا پی برد. با Reference در نظر گرفتن دو نقطه از سه نقطه شبکه مبنا در سرشکنی به روش Inner Constraint می‌توان به میزان جابجایی نقاط مبنا و معنی‌دار بودن این جابجایی در مقابل میزان جابجایی نقاط شاهد پی برد. نتایج بدست آمده حاکی از این است که نقاط BM.1 و BM.2 و BM.3 تقریباً مستحکم بوده و می‌توان گفت که جابجایی رخ داده در این نقاط در مقابل میزان جابجایی نقاط شاهد قابل نظر می‌باشد. جابجایی مسطحاتی و ارتفاعی نقاط مبنا به همراه ابعاد بیضی خطای نسبی جابجایی و خطای تعیین جابجایی ارتفاعی در سطح و فاصله اطمینان ۹۹٪ در مرحله دوم نسبت به مرحله اول و همچنین مرحله سوم نسبت به مرحله دوم مشاهدات تعیین موقعیت ماهواره‌ای محاسبه گردیده و به ترتیب در جداول شماره ۱۲ و ۱۳ درج شده‌اند.

جدول شماره ۱۲ - مقادیر جابجاییهای مسطحاتی و ارتفاعی به همراه ابعاد بیضی خطای نسبی جابجایی و خطای تعیین جابجایی ارتفاعی شبکه نقاط مبنا منطقه لغزشی در سطح و فاصله اطمینان ۹۹٪ در بازه ۵ ماهه مرحله اول و دوم مشاهدات

Point Name	$\Delta x$ (mm)	$\Delta y$ (mm)	D (mm)	AZ (deg)	a (mm)	b (mm)	phi (deg)	Horizontal Status	$\Delta z$ (mm)	Sd. $\Delta z$ (mm)	Vertical Status
BM.1	-4	1	4	292	4	4	19	N	-4	11	N
BM.2	0	0	0	0	2	2	5	N	-1	5	N
BM.3	-5	9	11	332	3	2	5	Y	7	7	N

جدول شماره ۱۳ - مقادیر جابجاییهای مسطحاتی و ارتفاعی به همراه ابعاد بیضی خطای نسبی جابجایی و خطای تعیین جابجایی ارتفاعی شبکه نقاط مبنا منطقه لغزشی در سطح و فاصله اطمینان ۹۹٪ در بازه ۳ ماهه مرحله دوم و سوم مشاهدات

Point Name	$\Delta x$ (mm)	$\Delta y$ (mm)	D (mm)	AZ (deg)	a (mm)	b (mm)	phi (deg)	Horizontal Status	$\Delta z$ (mm)	Sd. $\Delta z$ (mm)	Vertical Status
BM.1	-24	-9	25	250	4	3	2	Y	3	10	N
BM.2	86	69	110	51	3	2	1	Y	-15	6	Y
BM.3	-1	0	1	288	2	2	2	N	-1	6	N

## ۷-۲- شبکه نقاط شاهد

بعد از بررسی نقاط مبنا به بررسی جابجایی و یا عدم جابجایی و میزان آن در نقاط شاهد که بر روی توده‌های لغزشی جانمایی شده‌اند، می‌پردازیم. با مشاهده تمامی ۱۷ نقطه شاهد موجود در منطقه از دو نقطه مبنا BM.2 و BM.3 که در قسمت قبل دیدیم که نقاط مستحکمی از دیدگاه جابجایی هستند، قابلیت اطمینان نتایج را بالا برده است. جابجایی مسطحاتی و ارتفاعی نقاط شاهد به همراه ابعاد بیضی خطای نسبی جابجایی و خطای تعیین جابجایی ارتفاعی در سطح و فاصله اطمینان ۹۹٪ در مرحله دوم نسبت به مرحله اول و همچنین مرحله سوم نسبت به مرحله دوم مشاهدات تعیین موقعیت ماهواره‌ای محاسبه گردیده و در جداول شماره ۱۴ و ۱۵ درج شده‌اند. بردار جابجایی مسطحاتی نقاط به همراه بیضی جابجایی نقاط در سطح اطمینان ۹۹٪ در اشکال شماره ۱۴ و ۱۵ به صورت گرافیکی ارائه گردیده است.



## مطالعات رفتارسنجی زمین لغزش قیدار زنجان

جدول شماره ۱۴ - مقادیر جابجاییهای مسطحاتی و ارتفاعی به همراه ابعاد بیضی خطای نسبی جابجایی و خطای تعیین جابجایی ارتفاعی

شبکه نقاط شاهد منطقه لغزشی در سطح و فاصله اطمینان ۹۹٪ در بازه ۶ ماهه مرحله اول و دوم مشاهدات

Point Name	$\Delta x$ (mm)	$\Delta y$ (mm)	D (mm)	AZ (deg)	a (mm)	b (mm)	phi (deg)	Horizontal Status	$\Delta z$ (mm)	Sd. $\Delta z$ (mm)	Vertical Status
MP.1	-1	1	2	298	3	3	19	N	-10	9	Y
MP.2	-2	-3	3	218	4	3	-1	N	-6	12	N
MP.3	3	-9	10	162	3	3	-41	Y	-11	13	N
MP.4	-3	-2	4	245	5	4	3	N	-13	9	Y
MP.5	-3	-11	12	195	6	5	19	Y	0	10	N
MP.6	-6	-1	6	264	6	4	5	N	-10	10	N
MP.7	7	-13	15	151	4	3	-36	Y	0	12	N
MP.8	-1	-1	2	216	6	4	0	N	3	10	N
MP.9	40	-68	79	150	5	4	6	Y	1	10	N
MP.10	-3	-1	3	254	3	2	-34	N	0	12	N
MP.11	24	-27	36	137	4	3	-23	Y	-2	12	N
MP.12	14	-25	29	151	5	3	-5	Y	-6	9	N
MP.13	3	-4	5	146	5	4	16	N	34	8	Y
MP.14	0	0	1	225	4	3	-3	N	2	9	N
MP.15	17	-8	19	115	4	3	1	Y	17	9	Y
MP.16	6	-5	8	127	3	3	32	Y	2	11	N
MP.17	11	-6	12	117	7	3	1	Y	16	10	Y

\* Y به منزله تحلیل به حرکت نقطه می‌باشد.

\* N به منزله تحلیل به عدم حرکت نقطه می‌باشد.



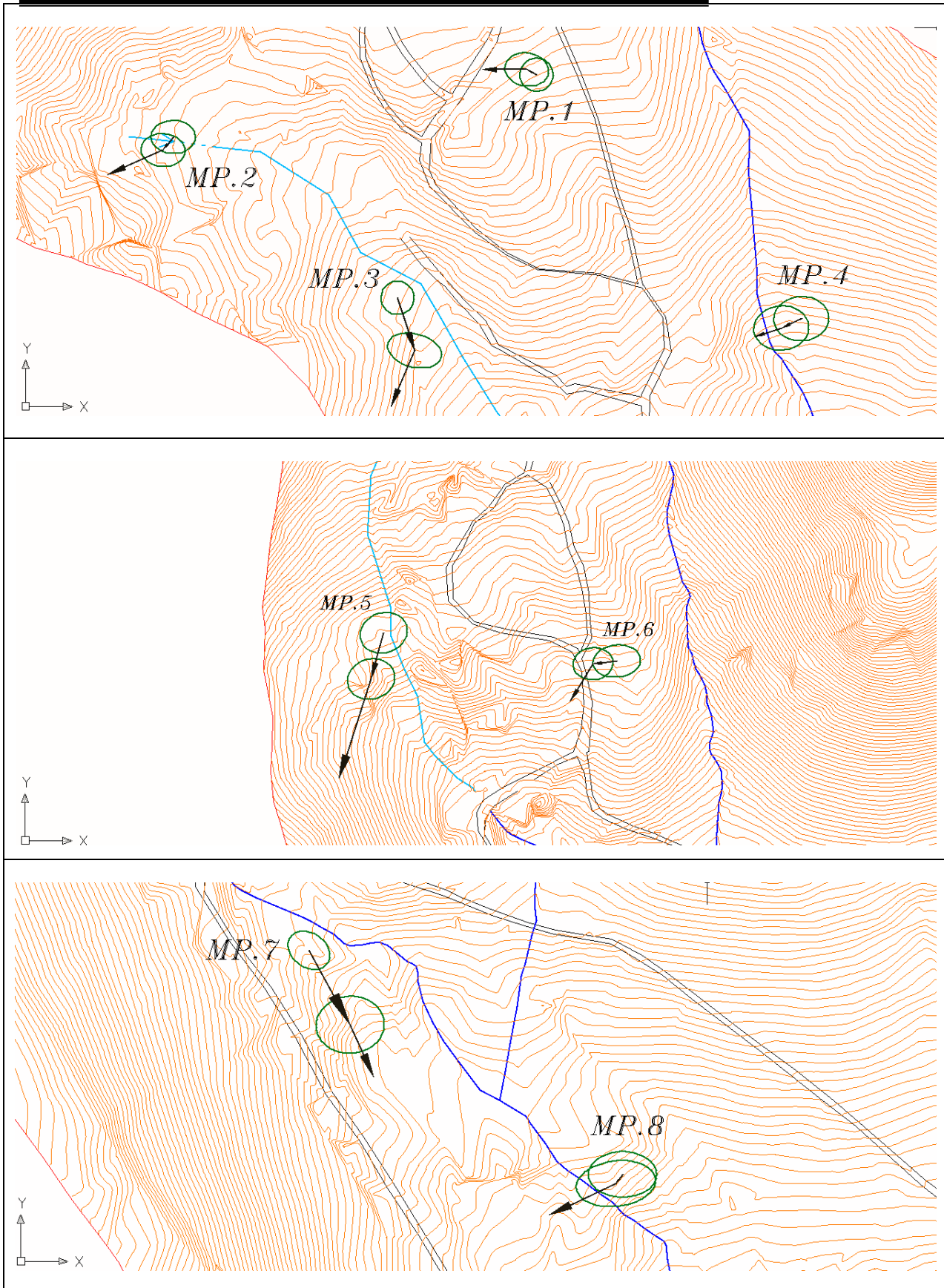
## مطالعات رفتارسنجی زمین لغزش قیدار زنجان

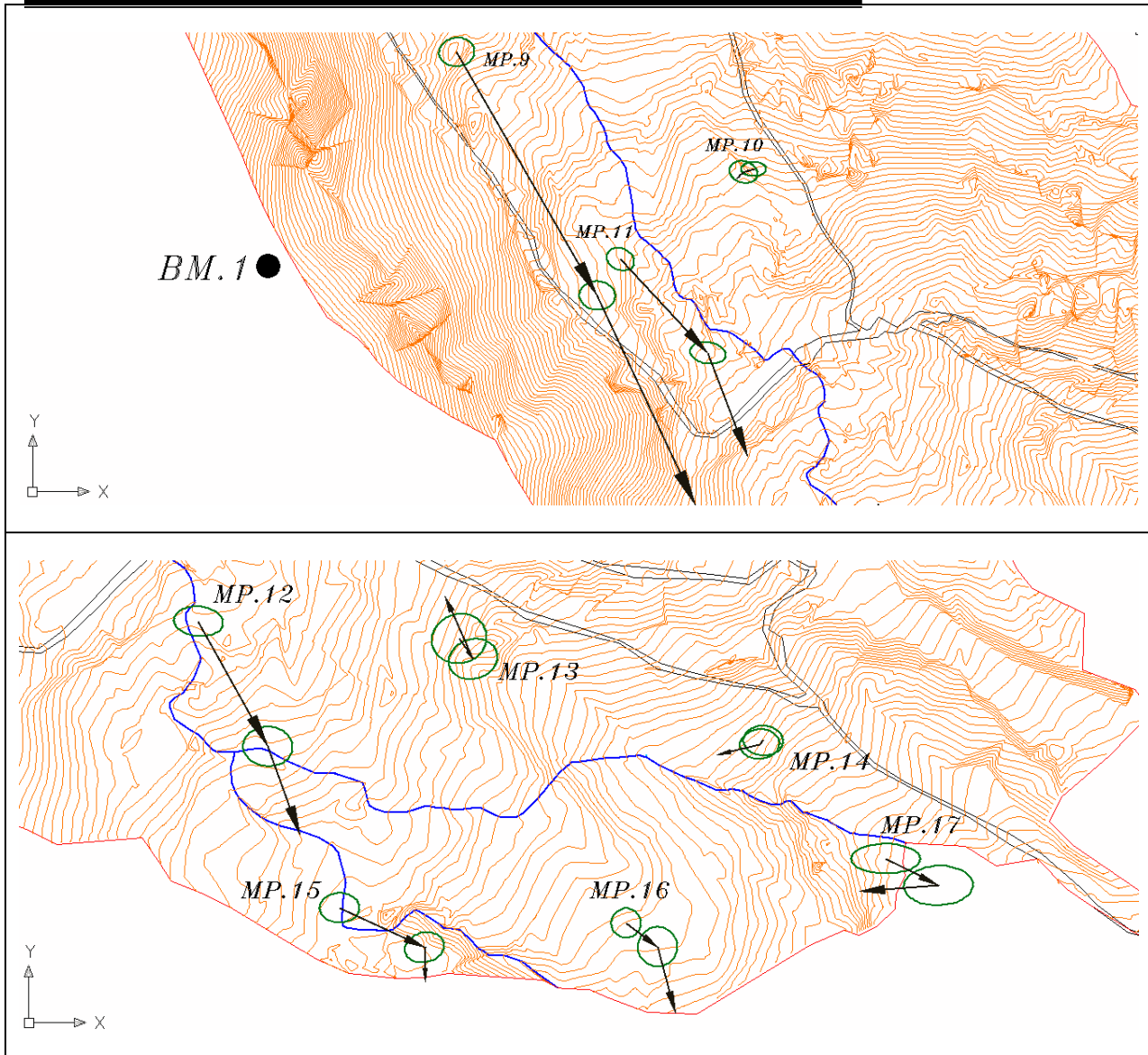
جدول شماره ۱۵ - مقادیر جابجاییهای مسطحاتی و ارتفاعی به همراه ابعاد بیضی خطای نسبی جابجایی و خطای تعیین جابجایی ارتفاعی

شبکه نقاط شاهد منطقه لغزشی در سطح و فاصله اطمینان ۹۹٪ در بازه ۳ ماهه مرحله دوم و سوم مشاهدات

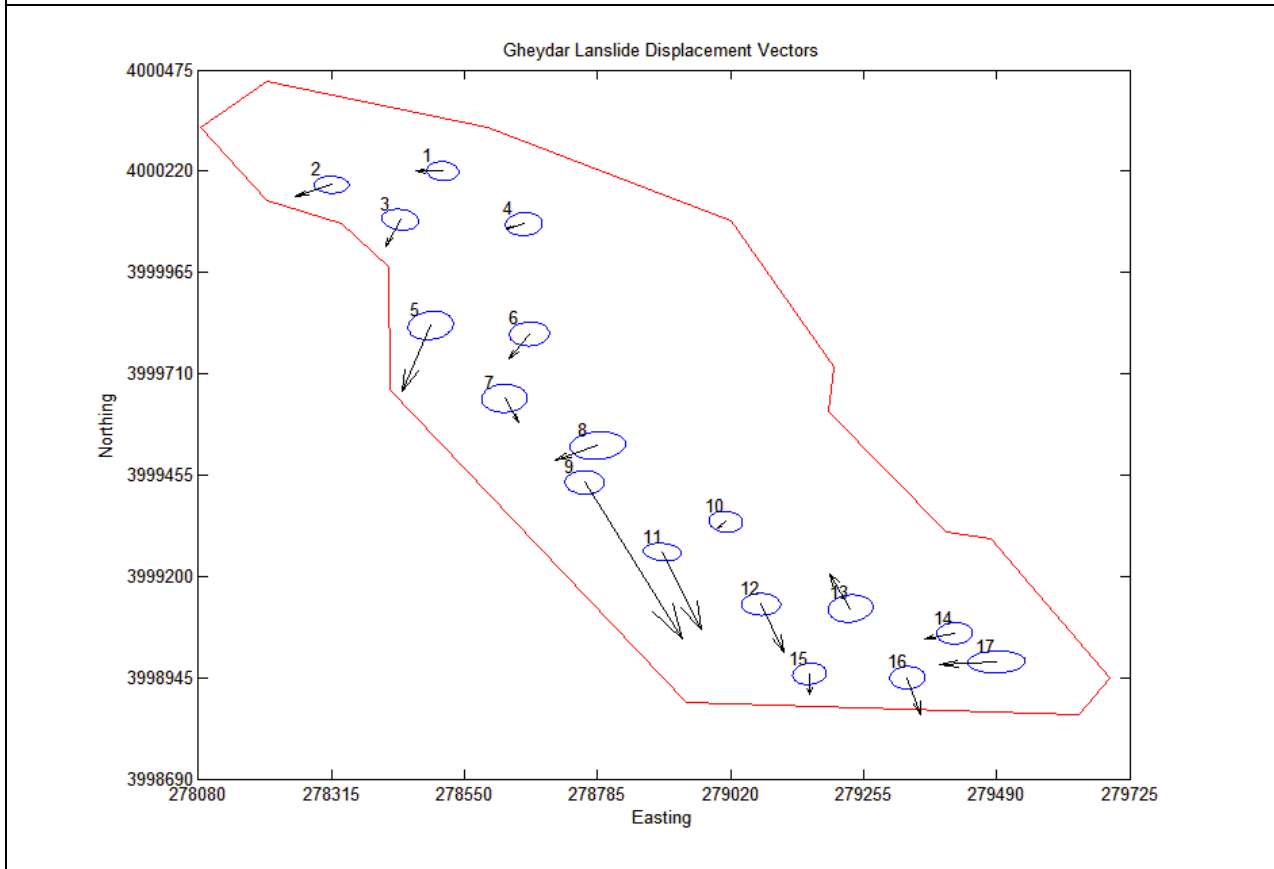
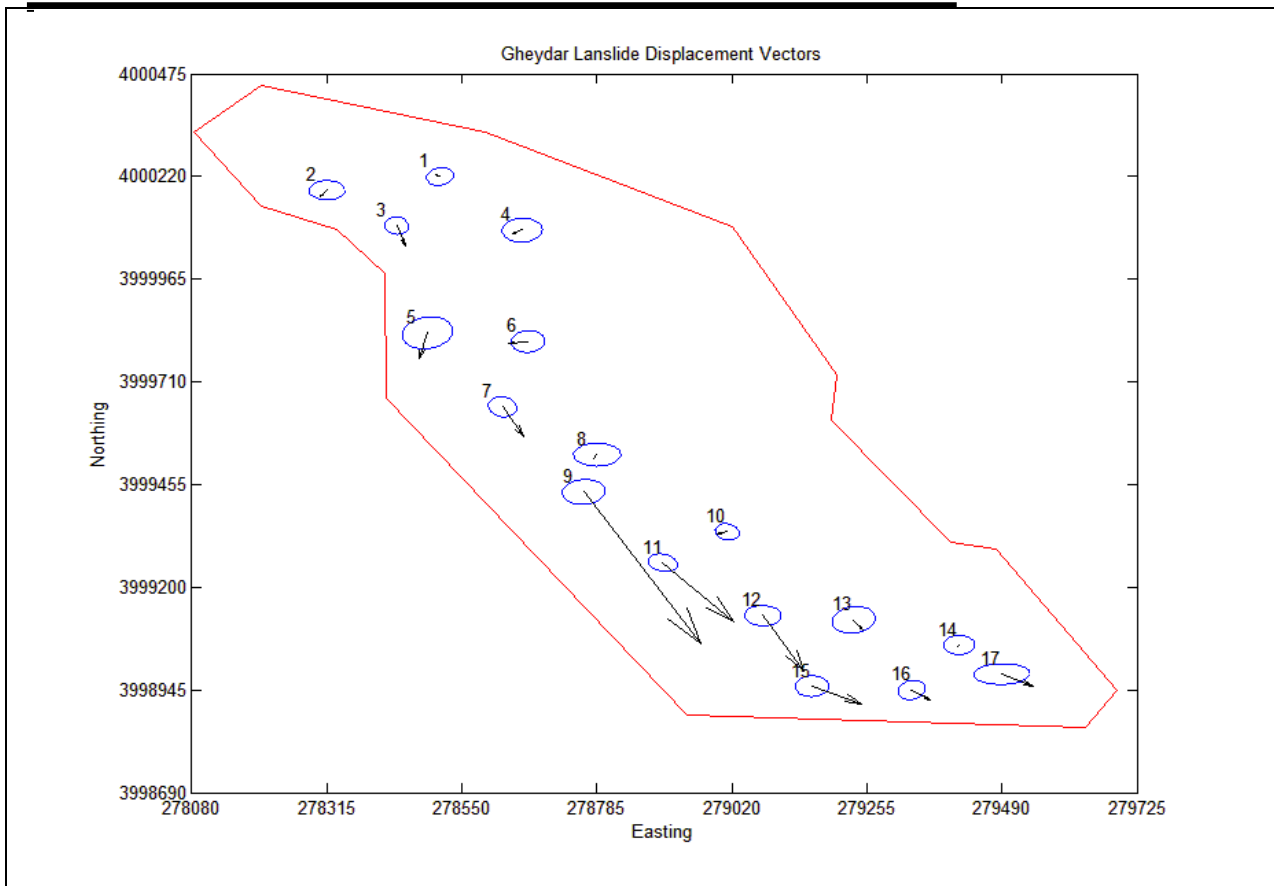
Point Name	$\Delta x$ (mm)	$\Delta y$ (mm)	D (mm)	AZ (deg)	a (mm)	b (mm)	phi (deg)	Horizontal Status	$\Delta z$ (mm)	Sd. $\Delta z$ (mm)	Vertical Status
MP.1	-8	0	8	270	4	3	-10	Y	0	12	N
MP.2	-10	-5	11	246	4	3	-4	Y	-4	8	N
MP.3	-4	-10	11	203	5	3	-15	Y	2	14	N
MP.4	-5	-2	5	252	5	4	5	N	6	10	N
MP.5	-8	-25	26	198	6	5	17	Y	-5	10	N
MP.6	-6	-9	11	211	5	4	5	Y	-2	12	N
MP.7	4	-9	10	156	6	5	4	Y	-4	13	N
MP.8	-12	-5	13	245	7	4	7	Y	-10	14	N
MP.9	28	-59	65	155	5	4	-3	Y	-28	11	Y
MP.10	-2	-2	3	226	4	3	-17	N	-8	13	N
MP.11	11	-29	31	159	5	3	-9	Y	-8	11	N
MP.12	6	-18	19	160	5	4	-3	Y	-10	11	N
MP.13	-6	13	14	336	6	4	13	Y	-19	10	Y
MP.14	-9	-2	9	256	4	3	5	Y	-9	10	N
MP.15	0	-7	7	179	4	3	13	Y	-23	10	Y
MP.16	4	-14	14	165	4	4	4	Y	-16	11	Y
MP.17	-16	-1	16	266	7	4	2	Y	-12	13	N







شکل شماره ۱۴- نمایش گرافیکی بیضی خطای نقاط شاهد به همراه بردار جابجایی هر کدام از آنها در مراحل دوم و سوم مشاهدات، بر روی نقشه توپوگرافی



شکل شماره ۱۵- نمایش کلی و به صورت یکجا از بیضی خطای نقاط شاهد به همراه بردار جابجایی هر کدام از نقاط در منطقه لغزشی:  
 (الف) شکل بالا: مربوط به مرحله دوم مشاهداتی. (ب) شکل پایین: مربوط به مرحله سوم مشاهداتی.

جدول شماره ۱۶- حداکثر جابجایی مسطحاتی و ارتفاعی شبکه نقاط مبنا و شاهد منطقه لغزشی در مرحله دوم مشاهداتی

شبکه ژئودتیک	حداکثر جابجایی مسطحاتی		حداکثر جابجایی ارتفاعی	
	Point Name	D (mm)	Point Name	$\Delta z$ (mm)
مبنا ( Ref. Table 12)	BM.3	11	-	-
شاهد ( Ref. Table 14)	MP.9	79	MP.13	34

جدول شماره ۱۷- حداکثر جابجایی مسطحاتی و ارتفاعی شبکه نقاط مبنا و شاهد منطقه لغزشی در مرحله سوم مشاهداتی

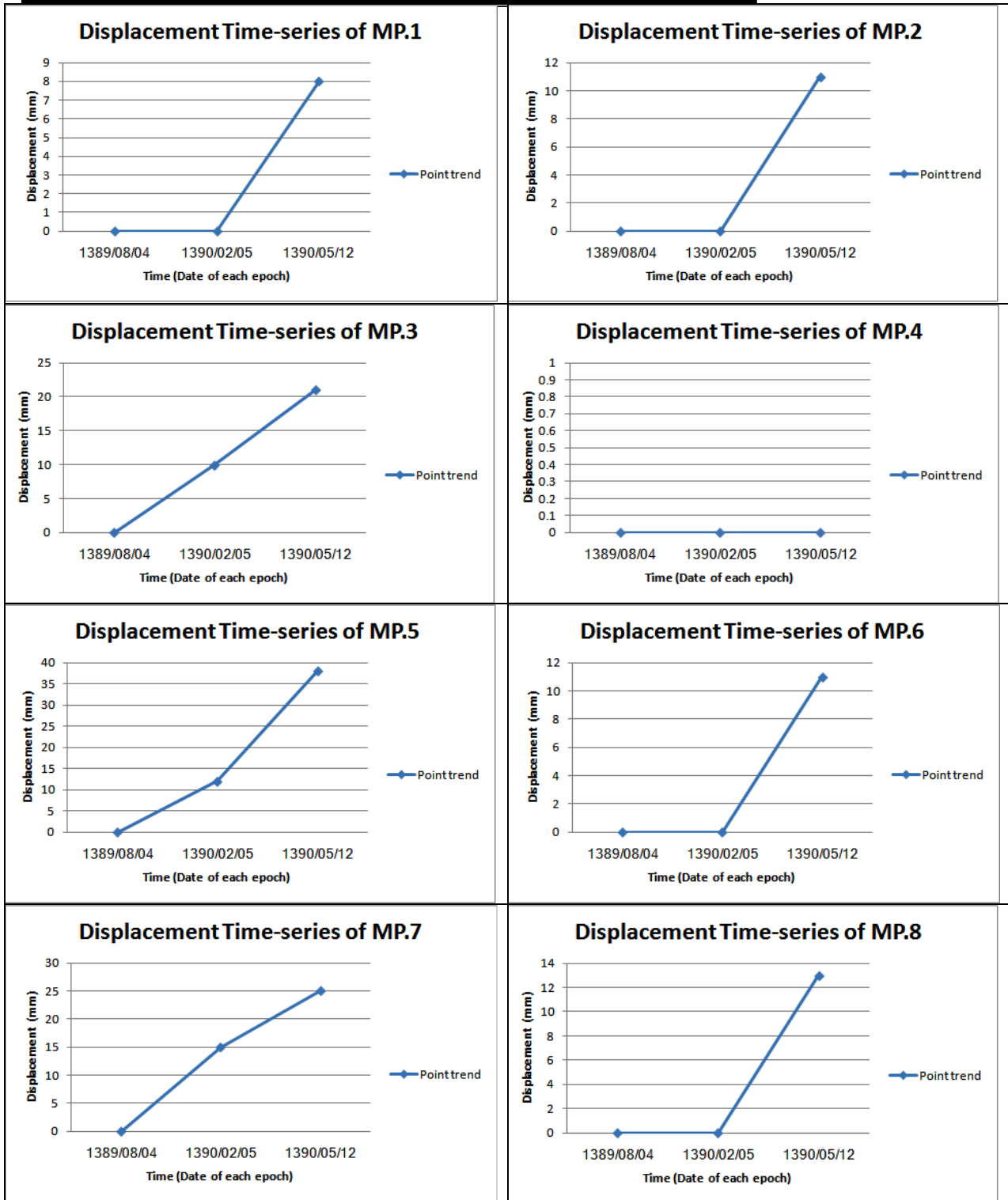
شبکه ژئودتیک	حداکثر جابجایی مسطحاتی		حداکثر جابجایی ارتفاعی	
	Point Name	D (mm)	Point Name	$\Delta z$ (mm)
مبنا ( Ref. Table 13)	BM.2	110	BM.2	-15
شاهد ( Ref. Table 15)	MP.9	65	MP.9	-28

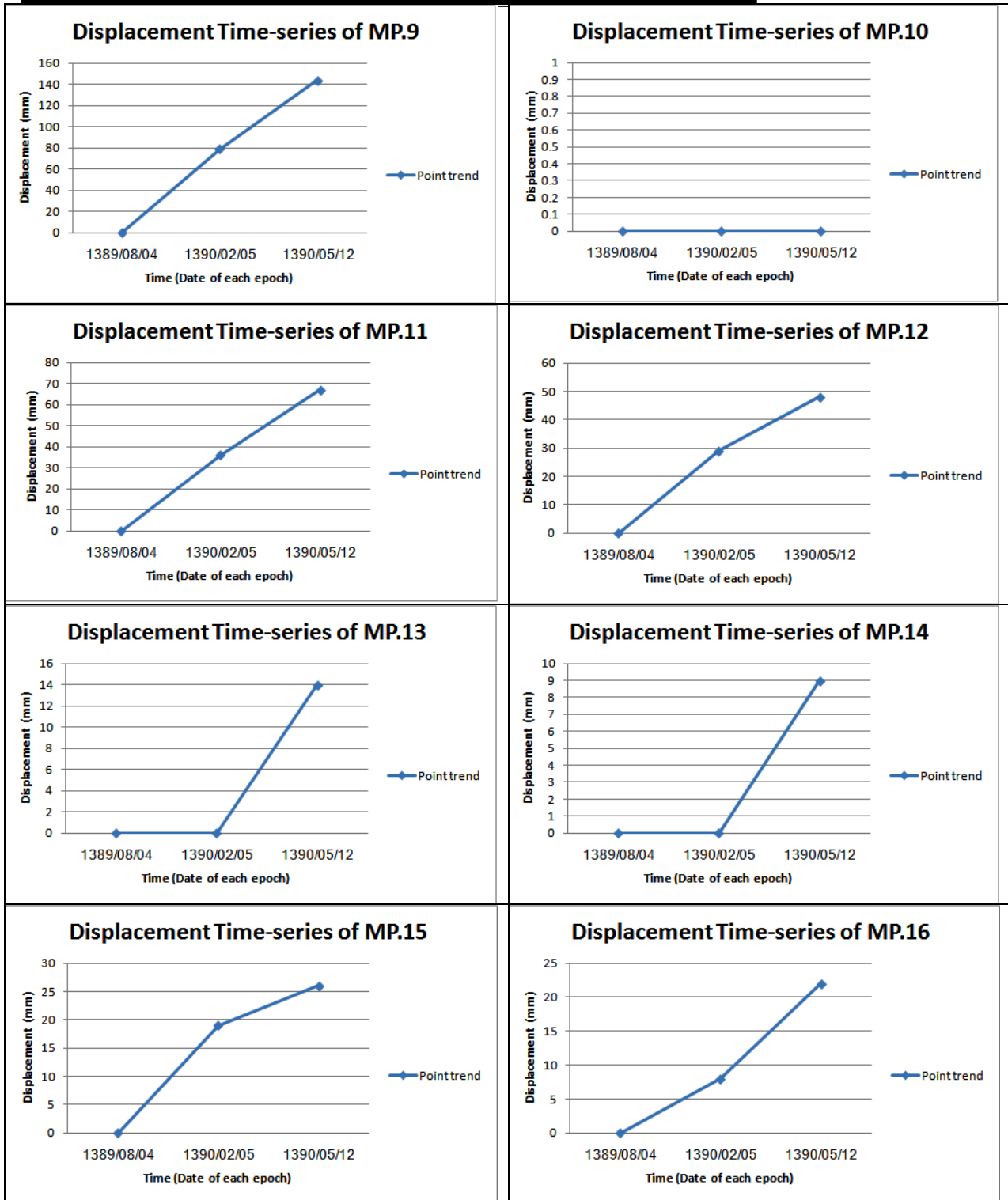
جدول شماره ۱۸- نرخ (سرعت) جابجایی نقاط شاهد در مرحله دوم مشاهداتی بر حسب میلیمتر در روز

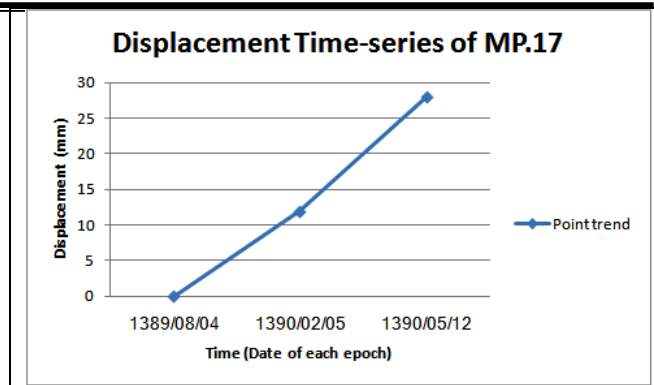
عنوان نقطه	نرخ جابجایی (mm/Day)	عنوان نقطه	نرخ جابجایی (mm/Day)
MP.1	-	MP.10	-
MP.2	-	MP.11	0.199
MP.3	0.052	MP.12	0.157
MP.4	-	MP.13	-
MP.5	0.065	MP.14	-
MP.6	-	MP.15	0.104
MP.7	0.083	MP.16	0.044
MP.8	-	MP.17	0.067
MP.9	0.435		

جدول شماره ۱۹- نرخ (سرعت) جابجایی نقاط شاهد در مرحله سوم مشاهداتی بر حسب میلیمتر در روز

عنوان نقطه	نرخ جابجایی (mm/Day)	عنوان نقطه	نرخ جابجایی (mm/Day)
MP.1	0.076	MP.10	-
MP.2	0.115	MP.11	0.310
MP.3	0.108	MP.12	0.190
MP.4	-	MP.13	0.143
MP.5	0.259	MP.14	0.088
MP.6	0.111	MP.15	0.075
MP.7	0.100	MP.16	0.142
MP.8	0.132	MP.17	0.162
MP.9	0.649		







شکل شماره ۱۶- نمودارهای سری زمانی جابجایی (جابجایی - زمان) نقاط شاهد شبکه ژئودتیک پایش زمین لغزش در سه مرحله مشاهداتی

جدول شماره ۲۰- معرفی اختصارات موجود در جداول مختلف این گزارش و معنی و مفهوم هر یک

اختصارات موجود در جداول گزارش	معنی و مفهوم اختصارات
Point Name	عنوان و نام نقطه
Zone	شماره زون یا اصطلاحاً قاج در سیستم تصویر UTM
E	مولفه مختصاتی غربی - شرقی در سیستم تصویر UTM
N	مولفه مختصاتی شمالی - جنوبی در سیستم تصویر UTM
h	ارتفاع از بیضوی مینا (WGS 84)
A	طول نیم قطر اطول بیضی خطای مطلق نقاط
B	طول نیم قطر اقصر بیضی خطای مطلق نقاط
a	طول نیم قطر اطول بیضی خطای نسبی (جابجایی) نقاط
b	طول نیم قطر اقصر بیضی خطای نسبی (جابجایی) نقاط
PHI	زاویه حامل پادساعتگرد نیم قطر اطول بیضی خطای مطلق از محور X
phi	زاویه حامل پادساعتگرد نیم قطر اطول بیضی خطای نسبی از راستای جابجایی
$\Delta X$	جابجایی در راستای مولفه X مختصاتی
$\Delta Y$	جابجایی در راستای مولفه Y مختصاتی
$\Delta Z$	جابجایی در راستای مولفه Z مختصاتی (جابجایی ارتفاعی)
D	طول بردار جابجایی مسطحاتی نقاط
Az	آزیموت یا راستای بردار جابجایی مسطحاتی نقاط از شمال
Std.Hgt	خطای معیار تعیین موقعیت مولفه ارتفاعی نقاط
Sd. $\Delta Z$	خطای معیار تعیین مولفه ارتفاعی جابجایی نقاط
Horizontal Status	وضعیت جابجایی مسطحاتی نقاط
Vertical Status	وضعیت جابجایی ارتفاعی نقاط