

بررسی جابه جایی توده ریزشی کهرود با استفاده از سیستم تعیین موقعیت جهانی GPS

تالیف و گردآوری:

مهندس زهره رحیمی	کارشناس اداره کل نقشه برداری زمینی سازمان نقشه برداری کشور z-rahimi@ncc.neda.net.ir
مهندس حمیدرضا نانکلی	رئیس اداره کل ژئودزی و ژئودینامیک سازمان نقشه برداری کشور h-nankali@ncc.neda.net.ir
دکتر یحیی جمور	سرپرست سازمان نقشه برداری کشور y-djamour@ncc.neda.net.ir
مهندس دادفر معنوی	کارشناس ارشد اداره کل نقشه برداری زمینی سازمان نقشه برداری کشور manavi@ncc.neda.net.ir

۱. چکیده

امروزه استفاده از فن آوری GPS در علوم و زمینه های مختلف مکان مبنا ضروری است. در تحقیق حاضر با استفاده از این فن آوری سعی شده است تا برای نخستین بار در ایران یک حرکت دامنه ای مورد بررسی کمی قرار گیرد. عارضه مورد بررسی یک توده ریزشی در مجاورت روستای کهرود در جاده هراز است. بدین منظور شبکه ای از نقاط GPS روی این توده ریزشی ایجاد گردید و از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ میلادی چندین نوبت مشاهداتی بر روی آن صورت گرفت. همچنین در سال ۲۰۰۶ یک ایستگاه دائم GPS نیز در منطقه ایجاد شد که به صورت روزانه در حال جمع آوری داده است. داده های شبکه محلی کهرود مورد پردازش های مختلف قرار گرفته است و نتایج بیانگر جابه جایی سالیانه به طور متوسط معادل با ۲۵ سانتیمتر و به سمت جنوب شرقی یعنی به سمت جاده هراز است. پردازش جداگانه ایستگاه دائم کهرود به همراه ۲۸ نقطه شبکه ژئودینامیک تهران این مقدار جابه جایی را تایید می نماید. نتایج نشان می دهد که مقدار جابه جایی در بالادست توده ریزشی بیشتر از پایین دست است که به طور کلی با شواهد ژئومرفولوژیکی موجود در منطقه هماهنگی دارد.

می گردد. مطالعه این حرکات به سبب خطرات جانی و مالی که برخی اوقات ایجاد می نمایند، امری لازم و ضروری است، به ویژه هنگامی که حرکات دامنه ای از نوع ریزش یا لغزش باشند. مطالعاتی که تاکنون در این زمینه در ایران انجام شده از دیدگاه زمین شناسی و ژئومرفولوژیکی بوده است و پدیده های مورد نظر را به شکلی توصیفی مورد بررسی قرار داده اند و تاکنون بنا به تحقیق نگارندگان مطالعه ای انجام نگردیده است که رفتار این حرکات را به طور کمی مورد بررسی قرار دهد. این مقاله به بررسی کمی یک توده ریزشی در منطقه کهرود با استفاده از فن آوری GPS می پردازد. بدین منظور شبکه ای متشکل از ۸ ایستگاه GPS در این منطقه ایجاد شده است. قبل از ورود به بحث اصلی ذکر مختصری از ویژگی های GPS و شبکه های ژئودزی خالی از فایده نیست.

دیگری که تاکنون مغفول مانده نیز وجود دارد. از جمله این کاربری ها می توان به تعیین رفتار حرکات دامنه ای اشاره نمود. حرکات دامنه ای به حرکتی اطلاق می شود که بر سطح دامنه ناهمواری ها ایجاد

۲. مقدمه

فن آوری GPS در کشور ما تاکنون در زمینه های گوناگونی مورد استفاده قرار گرفته و امکان استفاده از آن در زمینه های

کشور جمع آوری اطلاعاتی را از منطقه مذکور در دستور کار قرار داد و با استفاده از گیرنده‌های GPS دو فرکانسه نوع Trimble و آنتن‌های Chock ring مشاهداتی را در هفت نوبت طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۵ انجام داد.



نگاره ۱. بخشی از توده ریزشی و تاسیسات مخابراتی



نگاره ۲. روستای کهرود بالا (برداشت تصویر از شمال و از روی توده ریزشی)

۳. سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS) و

شبکه‌های ژئودزی در ایران

یکی از وظایف اصلی سازمان نقشه برداری کشور ایجاد شبکه‌های ژئودزی ملی در سطح کشور به منظور ایجاد چارچوبی در تهیه نقشه‌های مورد نیاز، تعیین مرز و حدود استان‌ها و هماهنگی در اندازه‌گیری‌ها و حفظ دقت لازم است. با ورود فن آوری سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS) به کشور، شبکه‌های فوق در سطح استاندارد درجه ۱، ۲ و ۳ طراحی، شناسایی، ساختمان و اندازه‌گیری گردیدند. استفاده از این فن آوری برتر در تعیین موقعیت علاوه بر کاهش هزینه و زمان، افزایش سرعت و راندمان کاری را نیز نسبت به روش کلاسیک به ارمغان آورد. پیشرفت‌های روزافزون در زمینه طراحی و ساخت نرم‌افزارها و گیرنده‌های GPS باعث شده، کارایی این سیستم در علوم مختلف مهندسی بیش از پیش نمایان شود. شبکه‌های دائمی GPS در گام اول به نام CIGNET و سپس به نام IGS^۱ ایجاد شد. IGS سرویس بین‌المللی GPS است و در حال حاضر بیش از ۴۰۰ ایستگاه دائمی در سطح جهان تحت پوشش آن هستند و هر کدام به صورت ۲۴ ساعته مشاهدات GPS را جمع آوری می‌کنند. سپس این مشاهدات به مراکز محاسباتی این موسسه ارسال می‌شوند تا برای تهیه محصولات نهایی از قبیل مختصات دقیق ماهواره‌ها، موقعیت ایستگاه‌ها و سرعت آنها، پارامترهای دوران زمین، مدل‌های یونسفریک و تروپوسفریک، ارسال زمان به صورت دقیق و تعیین مدار ماهواره‌های LEO مورد استفاده قرار بگیرند. توضیح اینکه سایر روش‌های اندازه‌گیری ژئودزی فضایی از قبیل VLBI^۲، SLR^۳، DORIS^۴ و LLR^۵ نیز در شبکه IGS به کار می‌روند (نانکلی ۱۳۷۵).

۴. منطقه کهرود

منطقه کهرود در ۵۴ کیلومتری شهر آمل و ۶۸ کیلومتری آمل در جاده تهران - آمل قرار گرفته است (نگاره ۱ و ۲). سال ۱۳۷۹ رانش شدیدی در این منطقه مشاهده گردید و خساراتی نیز به تاسیسات مخابراتی مستقر روی دامنه وارد شد و نگرانی‌های بسیاری را به وجود آورد. به همین منظور سازمان نقشه برداری

۵. زمین‌شناسی و ژئومرفولوژی منطقه کهرود

از نظر زمین‌شناسی، منطقه کهرود به طور کامل درون سازند شمشک قرار گرفته است (نگاره ۳). این سازند از نظر سن مربوط به اواخر دوره تریاس تا اوائل دوره ژوراسیک از دوران دوم زمین‌شناسی است و ضخامت آن در محل به ۱۵۰۰ متر می‌رسد. این

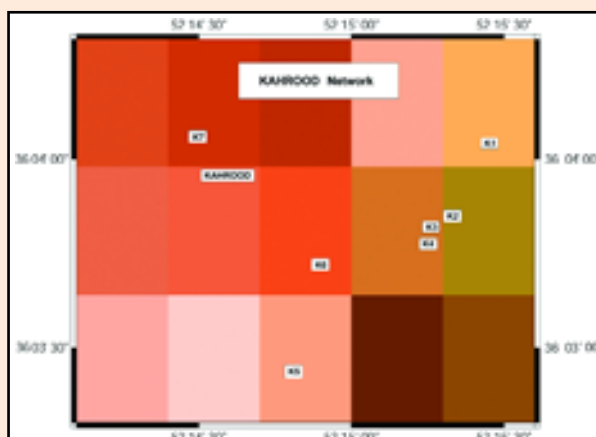


نگاره ۳. نقشه زمین شناسی ۱:۷۱۰۰۰۰ منطقه کهرود
(تهیه شده توسط سازمان زمین شناسی)

در جنوب آن نسبت داد. از سوی دیگر همجواری با کوه دماوند و لرزه خمیز بودن منطقه نیز موجب تسهیل حرکات دامنه‌ای می‌شود. در حال حاضر این توده ریزشی به سبب فرسایش رودهای هراز و رود مشک نهر که از پایین اعمال می‌شود از یک سو و همچنین فشار از بالای مواد تخریبی (مواد حاصل از ریزش که مخلوطی از مواد ریز و درشت منفصل است) تحت تاثیر نیروی ثقل از سوی دیگر، ناپایدار و دارای جابجایی و حرکت است. قدرت فرسایش و حمل مواد توسط دو رودخانه یاد شده در کنترل میزان حرکت این توده ریزشی موثر است. در این میان به نظر می‌رسد رود مشک نهر با توجه به شیب زیاد آن در محل توده ریزشی نقش بیشتری را در این مورد ایفا می‌کند و حرکت توده ریزشی به سمت این رود بیشتر است (ژئومرفولوژی ایران، علائی طالقانی).

سازند به طور عمده از ماسه سنگ به رنگ های مختلف و ماسه سنگ های سیلت دار شیلی و ورقه ای و چند نوع سیلت سنگ به همراه عدسی ها و لایه های ذغال سنگ و چند نوع شیل تشکیل شده است. به طور کلی مواد تشکیل دهنده این سازند در محیط های قاره ای رودخانه ای و مردابی و محیط های دریایی کم عمق رسوب نموده اند. ژئومرفولوژی منطقه نیز تحت تاثیر ساخت های ناحیه ای و همچنین ماهیت سنگ شناسی رخنمون ها است. در این منطقه نواحی با جنس های مقاوم همچون سنگ آهک و سازندهای آتشفشانی کرتاسه بر سازندهای کمتر مقاوم همچون سازند شمشک مسلط هستند. فرسایش های فیزیکی و شیمیایی تخریب سازندهای سطحی را سبب می‌شود. و مواد حاصل از این تخریب از طریق عملکرد فرایندهای دامنه‌ای و در نهایت توسط شبکه زهکشی موجود در منطقه به خارج از آن هدایت می‌شوند. رود هراز و شعبات آن شبکه زهکشی منطقه را تشکیل می‌دهند و نقش مهمی را در ژئومرفولوژی منطقه ایفا می‌کنند. این رود در منطقه کهرود از قدرت فرسایش و حمل رسوب برخوردار است و از این رو می‌تواند موجبات ناپایداری دامنه‌های مجاور خویش را فراهم آورد. این ناپایداری ها گاهی به صورت حرکات توده‌ای همچون انواع ریزش و لغزش بروز می‌کنند. این حالت در منطقه کهرود به وقوع پیوست و همجواری رود هراز با سازند سست شمشک در این منطقه سبب ایجاد یک ریزش عظیم شد. این ریزش به صورت یک مخروط واریزه ای است که قاعده آن در جوار رود هراز و راس آن در ارتفاعات شمال کهرود با فاصله تقریبی یک تا دو کیلومتر قرار دارد. آثار گسیختگی ناشی از این ریزش بر دامنه ناهمواری ها به صورت پرتگاهی هلالی شکل در شمال غرب روستای کهرود بالا مشهود است.

به طور کلی علل موثر در وقوع این ریزش را می‌توان به سست و نامقاوم بودن سازند شمشک در مقابل فرایندهای فرسایشی و همچنین عملکرد فرسایشی رود هراز در شرق و رود مشک نهر



نگاره ۵. شبکه محلی کهرود



نگاره ۶. ایستگاه دائم Kahr

۷. اندازه‌گیری و محاسبات

۱. شبکه کهرود

جمع‌آوری داده‌ها به کمک گیرنده‌های GPS نوع Trimble و آنتن‌های Chock ring انجام گرفت و به صورت ۲۴ ساعته با نرخ ۳۰ ثانیه انجام شد. مشاهدات مورد استفاده در این پردازش از نوع فاز و کد هستند که برای حل ابهام فاز مورد استفاده قرار می‌گیرند. پس از اتمام اندازه‌گیری‌ها، برای تعیین موقعیت ایستگاه‌های شبکه

۶. فعالیت‌های انجام شده

۱. ایجاد شبکه محلی کهرود

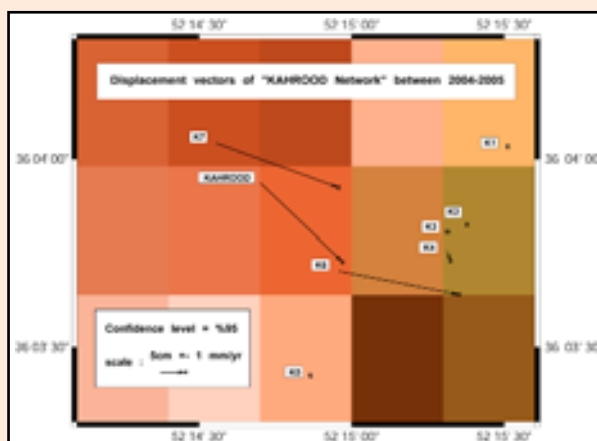
در راستای تحقق بخشیدن به اهداف ژئودینامیک در کشور یک معاهده همکاری بین‌المللی بین سازمان نقشه‌برداری کشور، سازمان زمین‌شناسی، پژوهشکده بین‌المللی زلزله‌شناسی، دانشگاه‌های مونت پلیه، ژوزف فوریه و استراسبورگ فرانسه تدوین گردید که شامل مطالعات علمی در زمینه مناطق زلزله‌خیز و بررسی تغییر شکل پوسته زمین، انجام عملیات زمینی به صورت مشترک، محاسبات و تفسیر نتایج است که در بازه زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۶ گنجانده شده است و احتمالاً ادامه خواهد یافت. از سال ۱۹۹۹ نقطه kahrood ایجاد (نگاره ۴) و در سال ۲۰۰۳ برای بررسی دقیق‌تر تغییرات، ۷ نقطه دیگر (k1-k7) نیز در اطراف نقطه kahrood ایجاد شد (نگاره ۵) که تاکنون در چهار اپک (۲۰۰۳، ۲۰۰۴، ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶) مشاهده شده است.



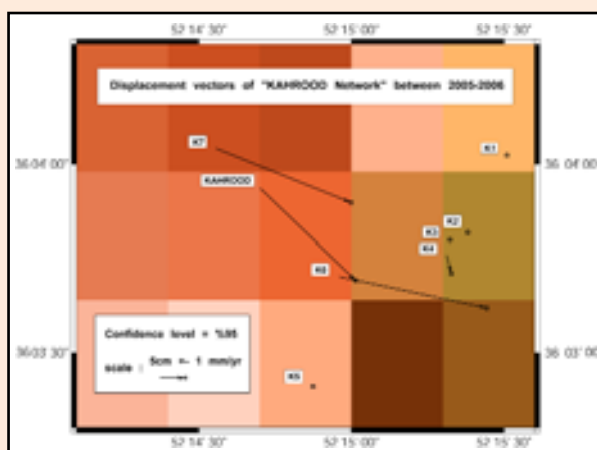
نگاره ۴. ایستگاه Kahrood از شبکه محلی کهرود

۲. نصب و راه‌اندازی ایستگاه دائم Kahr

در اواسط سال ۲۰۰۶ میلادی یک دستگاه گیرنده از نوع Trimble NetRS به منظور بررسی دقیق‌تر نرخ جابه‌جایی توده ریزشی در منطقه کهرود نصب گردید که به صورت ۲۴ ساعته در حال جمع‌آوری اطلاعات است (نگاره ۶).



نگاره ۸. بردار جابجایی و بیضی خطای نقاط شبکه کهرود طی سال های ۱۳۸۳ - ۱۳۸۴



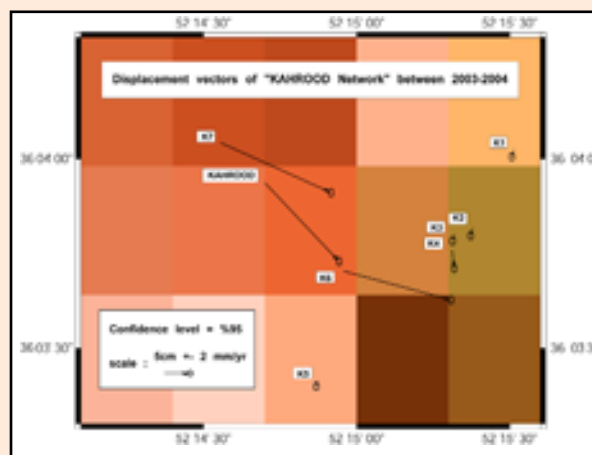
نگاره ۹. بردار جابجایی و بیضی خطای نقاط شبکه کهرود طی سال های ۱۳۸۴ - ۱۳۸۵

GAMIT-GLOBK استفاده شده است. این نرم افزار از نرم افزارهای علمی و بسیار دقیق در زمینه محاسبات داده های GPS است که توسط دانشگاه MIT آمریکا تهیه شده و در اختیار کاربران قرار گرفته است (www.gpsg.mit.edu). در این تحقیق ایستگاه kahr به همراه ۲۸ نقطه شبکه ژئودینامیک تهران پردازش شده است (نگاره ۱۰).

نتایج حاصل از این پردازش نیز بصورت سریهای زمانی در سه مولفه شمالی - جنوبی، شرقی - غربی و ارتفاعی در نگاره ۱۱ نمایش داده شده است که با نتایج شبکه قبلی سازگاری کامل دارد.

کهرود از نرم افزار GPSurvey نسخه ۲/۳۵ استفاده شده است. در پردازش داده ها، ایستگاه دائم تهران در تمامی نوبت ها به عنوان ایستگاه ثابت در نظر گرفته شد. برای کاهش میزان خطای تروپوسفر و یونسفر، زاویه ارتفاعی برابر ۱۵ درجه و بیشترین عدد تکرار در پردازش، برابر ۱۰ در نظر گرفته شد. پارامترهای مداری ماهواره ها نیز از نوع broadcast ephemerides انتخاب گردید. مدل های تصحیح یونسفری و تروپوسفری مورد استفاده Iono free و saastamoinen هستند.

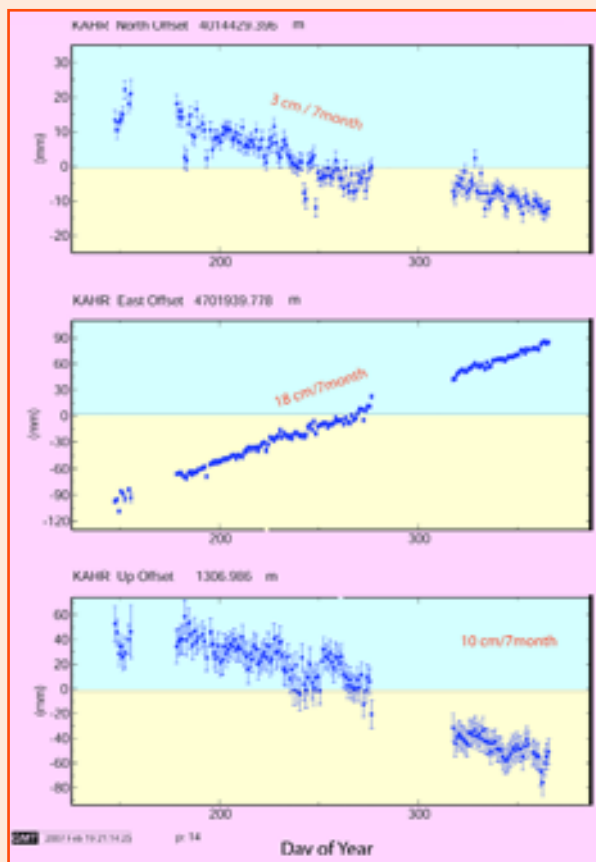
مختصات محاسبه شده توسط نرم افزار GPSurvey همراه با ماتریس واریانس - کواریانس مربوط، توسط نرم افزار Geolab سرشکن شدند. سپس برای تعیین جابه جایی ها در دو جهت x,y نتایج سرشکن شده به سیستم تصویر UTM منتقل گردید و جابه جایی ها در فواصل زمانی بین دو نوبت (با استفاده از زبان برنامه نویسی Matlab) محاسبه شدند. نتایج حاصل، در جدول ۱ و نگاره های ۷، ۸ و ۹ نمایش داده شده است.



نگاره ۷. بردار جابجایی و بیضی خطای نقاط شبکه کهرود طی سال های ۱۳۸۲ - ۱۳۸۳

۲. ایستگاه دائم کهرود

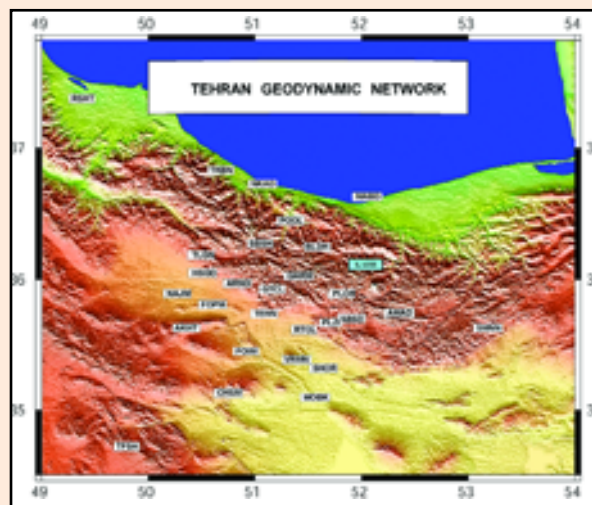
ایستگاه دائم کهرود (Kahr) از ۲۷ ماه می سال ۲۰۰۶ میلادی راه اندازی گردید و تاکنون به صورت ۲۴ ساعته در حال جمع آوری داده است. برای پردازش داده های این ایستگاه از نرم افزار



نگاره ۱۱. سری زمانی ایستگاه دائم kahr

با توجه به سری زمانی ایستگاه دائم kahr (نگاره ۱۱) میزان جابه جایی مسطحاتی محاسبه شده طی هفت ماه ۱۸ سانتیمتر در جهت جنوب شرقی است و اگر همین روند را تا پنج ماه بعد ادامه پیدا کند، این ایستگاه دارای جابه جایی سالیانه حدود ۳۰ سانتیمتر خواهد بود. نتیجه به دست آمده نتایج حاصل از پردازش داده های شبکه محلی کهرود را تایید می کند. همان گونه که در ابتدای مقاله بدان اشاره گردید این عملیات توسط نرم افزار GPSurvey انجام گرفته است.

نتایج حاصل از پردازش داده ها و تعیین میزان جابجایی نقاط با



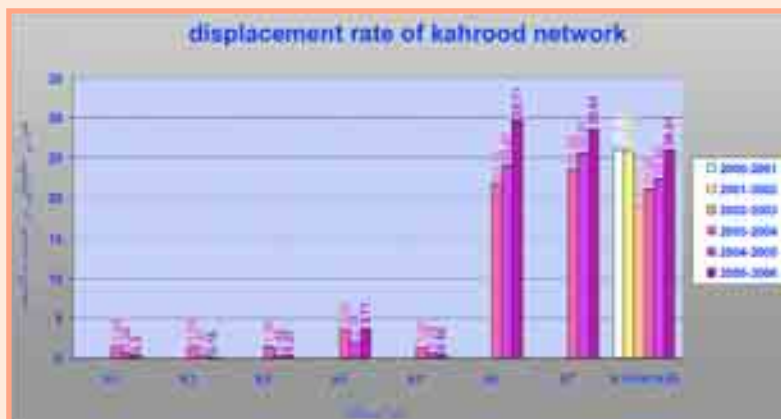
نگاره ۱۰. شبکه ژئودینامیک تهران به همراه ایستگاه دائم کهرود

۸. نتایج

جدول ۱ و نگاره های ۷، ۸، ۹ و ۱۲ جابجایی سالیانه حدود ۲۵ سانتیمتر را از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۶ در منطقه فرورانش کهرود نمایش می دهد. جهت این جابه جایی ها به سمت جنوب شرقی، یعنی به سمت جاده هراز است. با توجه به نتایج بدست آمده، نقاط k6 - k7 و kahrood بیشترین میزان جابه جایی مسطحاتی را دارند که جهت کلیه آنها به سمت جنوب شرقی است. نتایج نشان می دهد که این سه نقطه روی توده ریزشی واقع شده اند و حرکت این توده به سمت جنوب شرقی است. سایر نقاط شبکه محلی کهرود (k1, k2, k3, k4, k5) در محدوده پایینی توده قرار دارند و دارای کمترین جابه جایی مسطحاتی (در حدود چند میلیمتر) هستند. بیشترین جابه جایی در نوبت ۲۰۰۵-۲۰۰۶ مربوط به ایستگاه k6 به میزان تقریبی ۲۹ سانتیمتر مشاهده شده است. میزان جابه جایی مسطحاتی سالیانه ایستگاه کهرود به طور متوسط برابر با ۲۵ سانتیمتر است.

Station		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
K1	X_{UTM}	---	---	---	3992122.59	3992122.57	3992122.58	3992122.58
	Y_{UTM}	---	---	---	613338.09	613338.09	613338.09	613338.08
	Height	---	---	---	1022.21	1022.29	1022.31	1022.31
K2	X_{UTM}	---	---	---	3991739.77	3991739.76	3991739.76	3991739.76
	Y_{UTM}	---	---	---	613141.23	613141.22	613141.22	613141.22
	Height	---	---	---	1124.56	1124.64	1124.67	1124.66
K3	X_{UTM}	---	---	---	3991705.62	3991705.60	3991705.61	3991705.60
	Y_{UTM}	---	---	---	613051.87	613051.86	613051.86	613051.86
	Height	---	---	---	1122.00	1122.06	1122.11	1122.10
K4	X_{UTM}	---	---	---	3991626.64	3991626.61	3991626.58	3991626.54
	Y_{UTM}	---	---	---	613041.08	613041.08	613041.09	613041.10
	Height	---	---	---	1109.98	1110.06	1110.08	1110.00
K5	X_{UTM}	---	---	---	3990984.01	3990984.00	3990984.00	3990984.00
	Y_{UTM}	---	---	---	612388.79	612388.79	612388.79	612388.79
	Height	---	---	---	1254.17	1254.20	1254.27	1254.27
K6	X_{UTM}	---	---	---	3991514.76	3991514.71	3991514.65	3991514.58
	Y_{UTM}	---	---	---	612512.39	612512.60	612512.88	612513.24
	Height	---	---	---	1326.77	1326.76	1326.68	1326.51
K7	X_{UTM}	---	---	---	3992134.18	3992134.09	3992133.98	3992133.85
	Y_{UTM}	---	---	---	611900.29	611900.50	611900.78	611901.12
	Height	---	---	---	1645.22	1645.22	1645.13	1644.99
KAHROOD	X_{UTM}	3991942.59	3991942.40	3991942.21	3991942.09	3991941.93	3991941.76	3991941.53
	Y_{UTM}	612119.87	612120.09	612120.26	612120.40	612120.55	612120.74	612120.97
	Height	1565.96	1565.87	1565.72	1565.57	1565.57	1565.46	1565.31

جدول ۱. مختصات نقاط شبکه محلی کهرود در سیستم تصویر UTM



نگاره ۱۲. نرخ جابجایی مسطحاتی نقاط شبکه محلی کهرود در اپک های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶

۱۰. پانوشتها

1. International GNSS Service
2. Satellite Laser Ranging
3. Very Long Baseline Interferometry
4. Doppler Orbitography and Radio positioning Integrated by Satellite
5. Lunar Laser Ranging

۱۱. مراجع

- ۱) رحیمی، نانکلی، معنوی «گزارش فنی بررسی جابه‌جایی منطقه کهرود با استفاده از سیستم تعیین موقعیت جهانی GPS» - اداره کل نقشه برداری زمینی ۱۳۸۴
- ۲) نانکلی، حمیدرضا «شبکه صفر ژئودزی ماهواره ای کشور و اتصال آن به شبکه جهانی IGS»، نشریه نقشه برداری، شماره ۲۰، سال ۱۳۷۵
- ۳) سازمان زمین شناسی، نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین شناسی منطقه کهرود، سال ۱۳۶۰
- ۴) علائی طالقانی، محمود «ژئومرفولوژی ایران»، سال ۱۳۸۳
- ۵) پایگاه اینترنتی www.gpsg.mit.edu

شواهد ژئومرفولوژیکی هماهنگی دارد، به طوری که حرکت تعیین شده رو به سمت جنوب شرق توده با حضور رود مشک نهر در جنوب و رود هراز در شرق و نقش موثر آنها در فرسایش قابل تبیین است. جابه‌جایی بیشتر نقاط واقع در قسمت‌های فوقانی توده ریزشی را نسبت به نقاط واقع در پایین توده ریزشی، می‌توان دلیل بر ناپایداری بیشتر این نواحی و تاثیر بیشتر نیروی ثقل بر آنها دانست. نتایج به دست آمده از این تحقیق می‌تواند در مدل‌سازی رفتار توده ریزشی و پیش‌بینی وضعیت آینده آن می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. با بررسی‌های به عمل آمده پیشنهاد می‌شود در تحقیقاتی که در زمینه بررسی حرکات دامنه ای صورت می‌گیرد، ایستگاه‌هایی خارج از این توده و نزدیک به آن نیز ایجاد گردد، همچنین با استفاده از نرم‌افزارهای علمی تر برای رسیدن به دقت‌های بالاتر زمان مشاهدات نیز حداقل ۴۸ ساعت در هر نوبت مشاهداتی در نظر گرفته شود. همچنین استفاده از تصاویر INSAR می‌تواند مکمل بسیار مناسبی برای داده‌های GPS در تعیین نرخ جابه‌جایی توده ریزشی کهرود باشد.

۹. تشکر و قدردانی

در خاتمه لازم است از همکاری کلیه همکاران در بخش محاسبات ژئودینامیک، به‌ویژه خانم مهندس موسوی، خانم مهندس حسینی و خانم مهندس خرمی تشکر و قدردانی گردد.

www.ncc.org.ir