



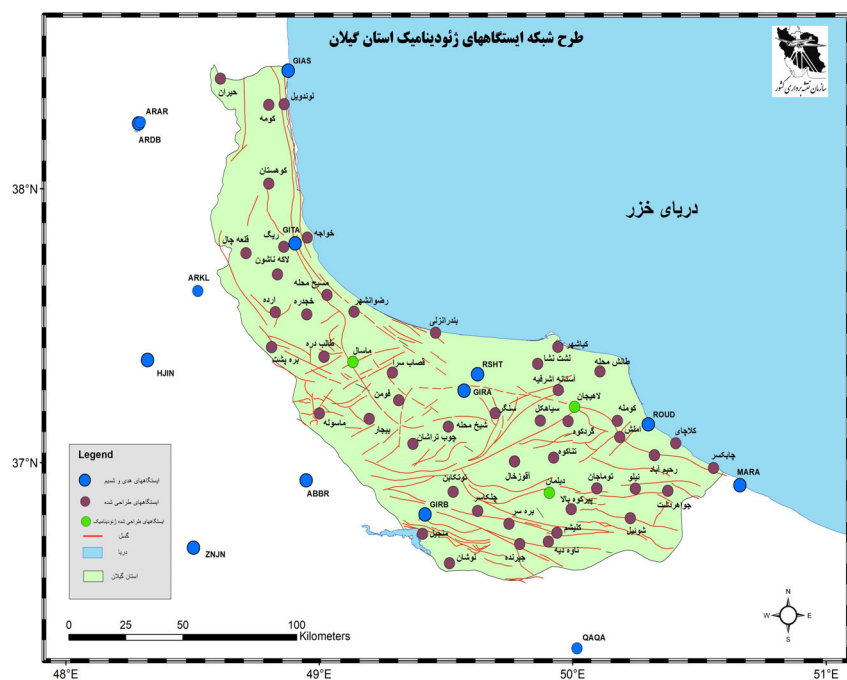
طراحی ایستگاه‌های GPS/GNSS به منظور پایش حرکت گسل‌های فعال استان گیلان

اداره کل نقشه برداری زمینی و بنیادی

کمیته مدیریت بحران

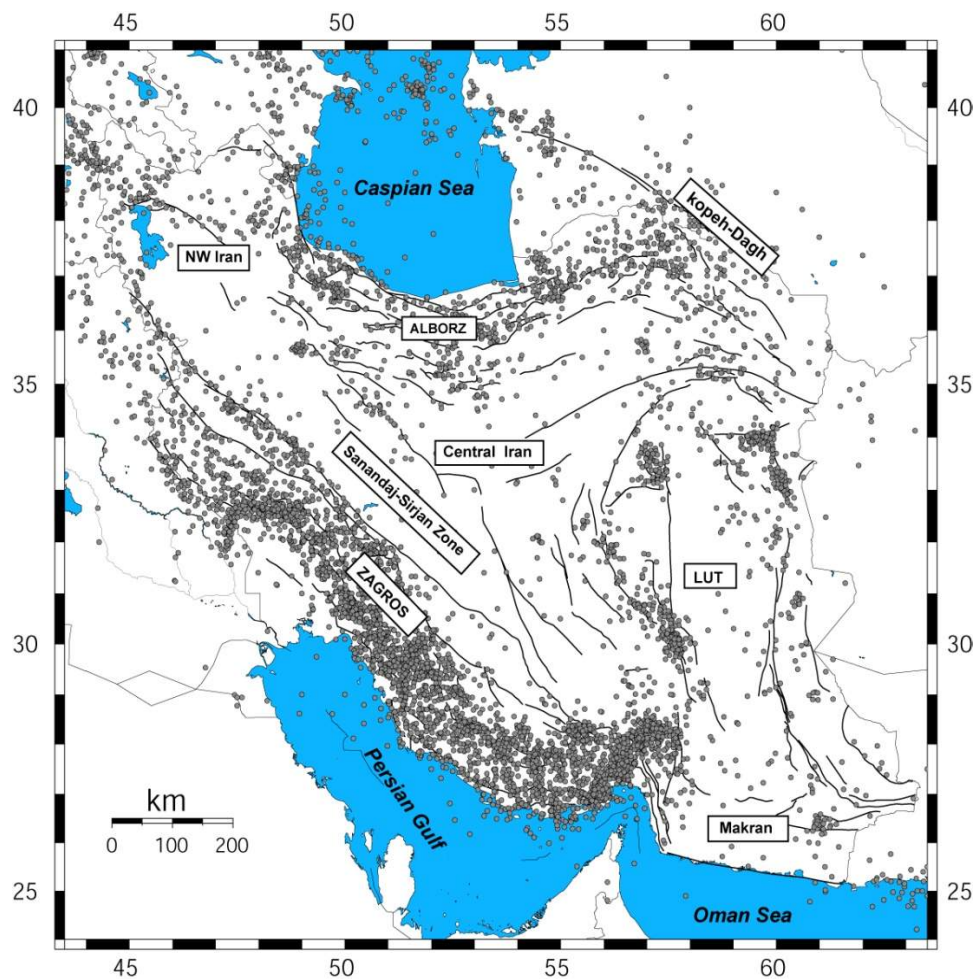
دکتر حمید رضا نانکی - دکتر عبدالرضا سعادت - مهندس صدیقه حسینی

مهندس پرستو توکلی - مهندس ویشکایی



۱-مقدمه:

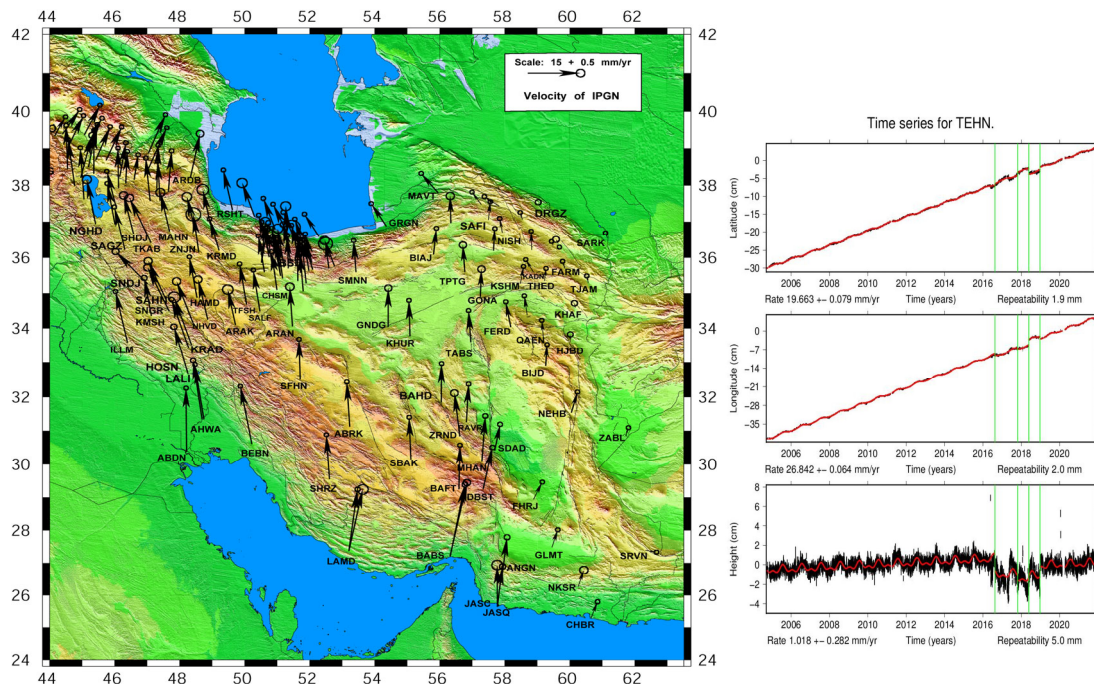
کشور ایران در بخشی از جهان با خطر لرزه ای بالا واقع شده است. پوسته زمین در این منطقه به علت قرارگرفتن بین صفحه اوراسیا در شمال و صفحه عربستان در جنوب، دچار دگرگونی و تغییر شکل بوده که نرخ متوسط کوتاه شدگی آن در حدود ۲۲ میلی متر در سال برآورد می گردد شکل ۱. حرکات پوسته زمین در این منطقه، موجب رخ دادن زمین لرزه های ویرانگر بسیاری در گذشته شده و با توجه به تداوم این حرکات انتظار وقوع چنین حوادثی در آینده نیز بسیار محتمل است. زلزله خیزبودن این سرزمین پهناور و خسارات جانی و مالی ناشی از آن، متخصصین و مسئولین امر را بر آن داشت تا با ایجاد شبکه های ژئودینامیکی مطالعات جامعی را جهت درک و شناخت بهتر از حرکات پوسته زمین و تغییر شکل های تکتونیکی در ایران انجام دهند و نتایج آن را به اطلاع مسئولین کشور برسانند.



شکل ۱- نقشه لرزه خیزی فلات ایران

از نقطه نظر لرزه زمین ساختی، کشور ایران بخشی از کمر بند زلزله خیز آلپ- هیمالایا را تشکیل می دهد. وجود گسل های فراوان فعال در منطقه ایران و همچنین زلزله های تاریخی و معاصر گویای پتانسیل بالای تغییر شکل در این منطقه می باشد. از بین ساختارهای تکتونیکی فعال در ایران رشته کوه های البرز که در بر گیرنده تعداد زیادی گسل فعال می باشد بسیار حائز اهمیت می باشد.

شبکه ایستگاه های دائمی ژئودینامیک و GNSS در سال ۱۳۸۳ توسط سازمان نقشه برداری کشور به عنوان مرجع قانونی و حاکم بر فعالیت های نقشه برداری کشور ایجاد گردید و فاز اول آن، شامل ۱۰۶ ایستگاه در اوایل دی ماه ۱۳۸۵ به بهره برداری رسید. در شبکه ایستگاه های دائمی ژئودینامیک و GNSS ایران، گیرنده ها به صورت ۲۴ ساعته و با نرخ ۳۰ ثانیه به ردیابی و ثبت سیگنال های دریافتی از ماهواره های GNSS می پردازند. داده های جمع آوری شده در هر ایستگاه که شامل فایل های مشاهداتی و ناوبری می باشد در مرکز اصلی (تهران) پردازش می شوند و در چارچوب مرجع کشوری و ITRF2014 و ITRF2020، نمایش داده می شوند. نتایج ثانویه به صورت سری های زمانی-میدان سرعت و نرخ استرین ارائه میگردد.



شکل ۲- سری زمانی و میدان سرعت نسبت به اوراسیا

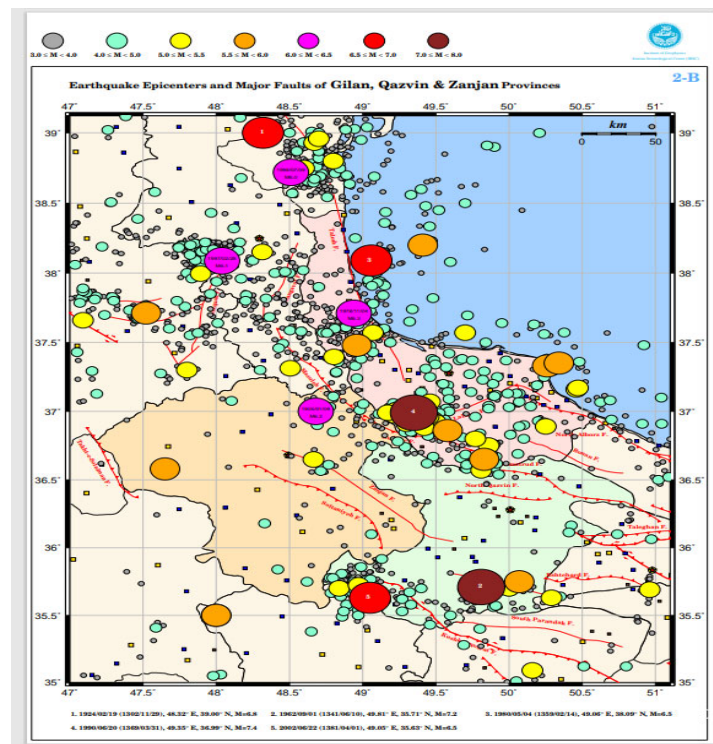
۲- اقدام عملی:

از اهداف مهم در ایجاد شبکه ژئودینامیک اندازه گیری و تعیین تغییرات پوسته زمین در طول زمان می باشد. در این راستا با اندازه گیری های دائم GPS در ایستگاه های شبکه ژئودینامیک، پردازش و آنالیز نتایج می توانیم به شناخت کاملتری از وضعیت و حرکات پوسته زمین در کشور دست یابیم و بتوانیم حرکات آنها را مدل سازی کنیم. اندازه گیری های دقیق ژئودینامیک در تعیین حرکات صفحات تکتونیک قاره ای، بررسی حرکات گسل های فعال و پیش بینی روند جابجایی آنها، تعیین جابجایی و حرکت پوسته زمین برای کاهش خسارات احتمالی ناشی از زلزله و همچنین جهت مکانیابی بهینه سازه ها در پروژه های عظیم مهندسی عمران نظیر سدها، نیروگاه ها، پالایشگاه ها و تشخیص محل و میزان افت ذخایر حیاتی آب، نفت و گاز و منابع زیرزمینی کاربرد دارد. لذا یکی از اصلی ترین بررسی های ژئودینامیکی دستیابی به مدل جنبشی بلوک ها و پهنه های ساختاری زمین شناسی و میزان واکنش و همکنش پهنه ها، گسل های فعال نسبت به یکدیگر است. خوشبختانه در ۱۵ سال گذشته اطلاعات بسیار خوبی در زمینه نرخ تغییر شکل فلات ایران و لغزش گسل های اصلی در کشور توسط ایستگاه های دائمی سازمان نقشه

برداری کشور بدست آمده است که زیر ساخت لازم برای توسعه وپایش حرکات پوسته و پیش نشانگری زلزله را فراهم ساخته است. وقوع زمین لرزه تابع پارامتر های بسیاری است از جمله عمق -رئولوژی پوسته ومنتل - ویسکوزیته -ضریب اصطکاک-نرخ همگرایی صفحات -تنش تکتونیکی و نرخ آن- نرخ استرین(کرنش)در سال و جهت محورهای اصلی آن می باشد. سرعت های نسبی، میدان تنش و لرزه خیزی موجود در ایران کاملاً وابسته به فعالیت این گسل ها و خصوصیات دینامیکی آنها است.در حال حاضر با توسعه شبکه های استانی از طریق سازمان مدیریت و برنامه ریزی استانها گام مهمی در زمینه متراکم سازی شبکه ایستگاه های دائمی و سامانه ملی تعیین موقعیت آنی در کشور برداشته شده است.

۳-لرزه خیری استان گیلان:

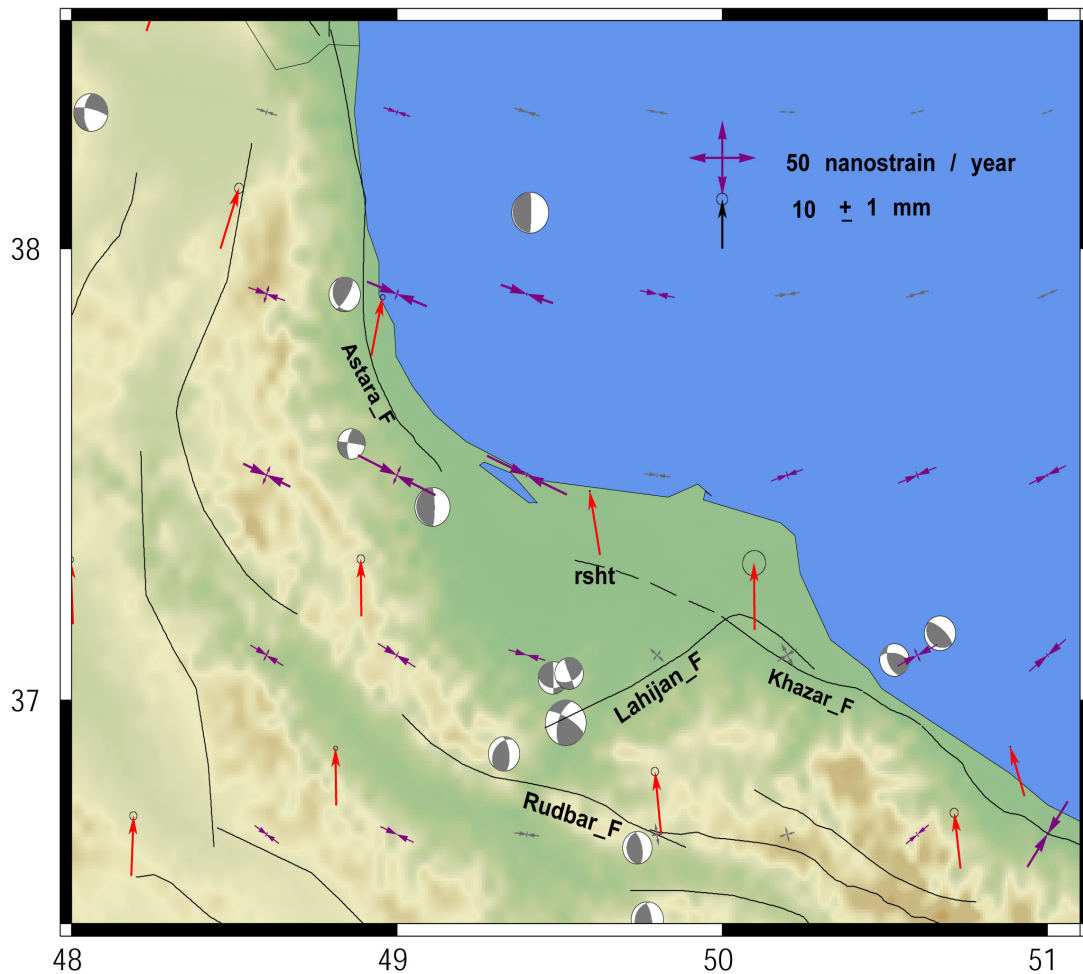
استان گیلان را در پهنه فعال وبا خطر نسبی بالای زمین لرزه قرار دارد. رخداد زمین لرزه های تاریخی و همچنین وجود گسل های جنباً در گستره گیلان همه نشان از لرزه خیزی بالای این استان و قرارگیری آن در زمره مناطق پرخطر از نظر مخاطرات لرزه ای است. از جمله زمین لرزه های مهم استان می توان به زمین لرزه تاریخی لاهیجان با بزرگی ۶٫۵ ریشتر و زمین لرزه دستگاهی ۳۱ خرداد ۱۳۶۹ خورشیدی رودبار- منجیل با بزرگی ۷٫۴ اشاره کرد. بنا بر گزارش مرکز لرزه نگاری کشوری طی دو دهه اخیر ۴۰۰ خردلرزه با بزرگای یک تا سه ریشتر و حدود ۱۵۰ زمین لرزه با بزرگای سه تا پنج ریشتر توسط دستگاه های لرزه نگاری در محدوده گیلان به ثبت رسیده که پرمخاطره بودن استان از نظر لرزه ای را یادآور می شود. گسل های مهم گیلان شامل گسل آستارا، گسل البرز(خزر)، گسل جیرنده، گسل رودبار، گسل منجیل و گسل لاهیجان می باشنددر حال حاضر گسل البرز به شدت فعال بوده و بسیاری از زمین لرزه های گیلان و مازندران در نتیجه فعالیت همین گسل است. شکل ۳



شکل ۳-لرزه خیری استان گیلان(مرکز لرزه نگاری کشوری)

۴- مدل حرکت استان گیلان با استفاده از نتایج شبکه های GNSS موردی و دائمی سازمان نقشه برداری کشور

میدان سرعت و نرخ کرنش در شکل ۴ به ترتیب نحوه تغییر شکل در امتداد و در سراسر محدوده استان را نشان میدهد. نمودار نرخ استرین نشان می دهد که تغییر شکل درون محدوده استان در حال تغییر کردن است. تغییر شکل به صورت مایل و فشارش و روند کاهشی به سمت جنوب شرقی استان مشاهده می شود.



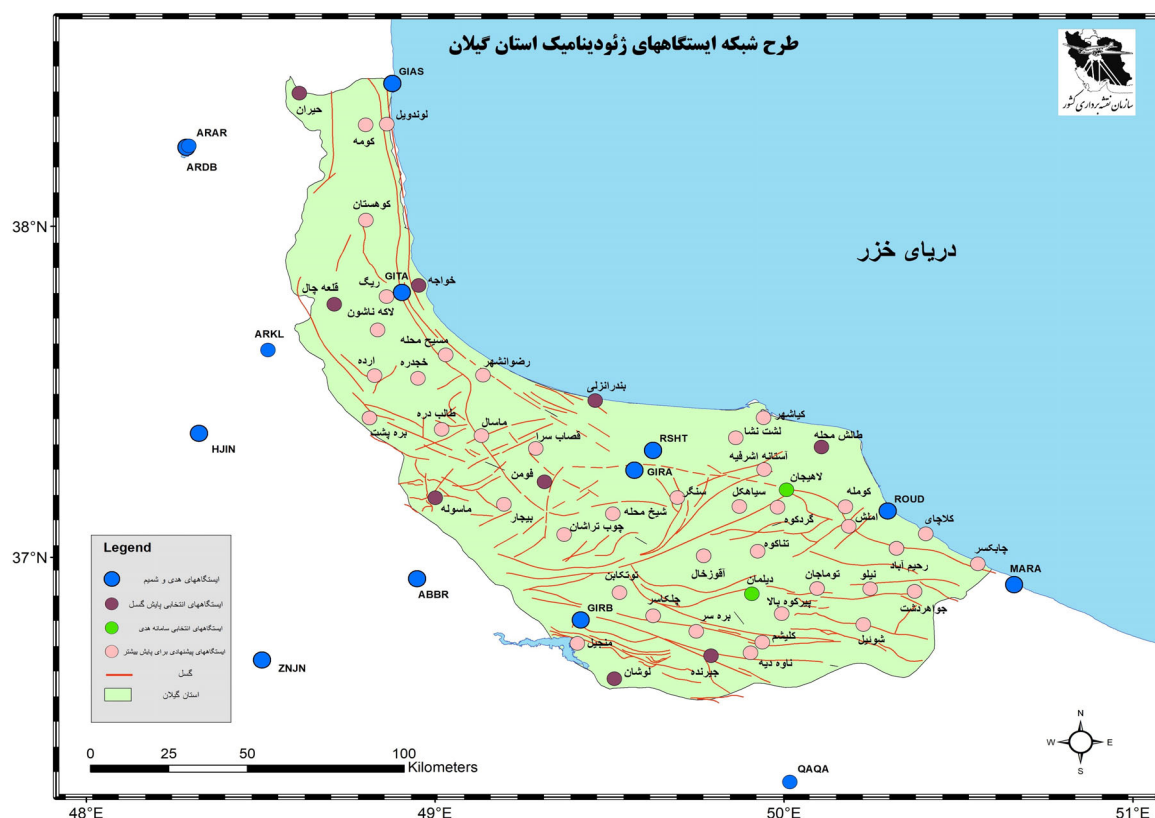
شکل ۴- میدان سرعت و نرخ کرنش (استرین) در پهنه استان گیلان

تعیین و بررسی تنسور نرخ استرین پوسته زمین، امکان توصیف فرآیندهای ژئودینامیکی مانند تجمع استرین گسل ها را که یک پارامتر مهم در ارزیابی خطر لرزه های محسوب می شود، فراهم می آورد. یکی از کاربردهای مهم شبکه ایستگاه های دائمی ژئودینامیک و GNSS، محاسبه نرخ استرین ژئودینامیکی و برشی با استفاده از بردارهای سرعت می باشد نتایج بدست آمده از سری های زمانی و میدان سرعت و استرین شبکه ایستگاه های دائمی سازمان نقشه برداری کشور در منطقه حاکی از رژیم فشارشی غالب است که از سمت غرب به مرکز و شرق کاهش میابد. تجزیه و تحلیل کرنش و تغییرات آن در طول زمان در یک منطقه فعال زمین ساختی می تواند ابزار قدرتمندی در پیش بینی مکان و بزرگی مورد انتظار زلزله های آینده باشد. مناطق با نرخ بالای استرین (کرنش) را می توان به عنوان مناطقی تفسیر کرد که در آن پوسته بالایی و پایینی در حال خزش هستند و به طور متناوب بارگذاری زمین ساختی در آن اثر دارد. مناطق با نرخ کرنش بالا به طور متوسط تحت فعالیت

لرزه ای بالا هستند، اما برای ارزیابی خطر چنین مناطقی باید دانست که آیا چرخه لرزه ای در مرحله اولیه است یا بعدی. نرخ کرنش بالا در مناطق خاص ممکن است ناشی از زلزله باشد، نه قبل از وقوع آن. بنابراین، همبستگی بین لرزه خیزی و تغییر شکل محلی و نرخ کرنش از سرعت های بین لرزه ای GNSS ممکن است شاخصی از وقوع رویداد لرزه ای آینده باشد. بالعکس نرخ کرنش کمتر نشان دهنده وجود گسل های قفل شده و رخ داد های اصلی در آینده است.

۵-افزایش تعداد ایستگاه های دائمی در سطح استان به منظور پایش گسل های فعال

طی دو سال اخیر طرح توسعه ایستگاه های دائمی توسط سازمان نقشه برداری کشور ارائه و با همکاری سازمان مدیریت و برنامه ریزی استانها به مرحله عملیاتی رسید و در قالب آن ۵۳ دستگاه جدید GNSS خریداری گردید. در همین راستا سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان گیلان با خرید ۱۲ دستگاه گام مهمی در جهت توسعه شبکه کشوری و هم چنین پوشش سامانه ملی هدی برداشت. به منظور استفاده بهینه از پتانسیل دستگاه های جدید با ۳ فاکتور پایش حرکات پوسته-پوشش سامانه ملی هدی-و پایش نشانگری زلزله جلسه ای با حضور نمایندگان سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان گیلان-پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله-سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور-موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران-مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی در محل سازمان نقشه برداری کشور تشکیل گردید. طراحی اولیه شبکه استان توسط سازمان نقشه برداری کشور انجام و با توجه به ساختار تکتونیک منطقه و پهنه های گسلی بحث و بررسی های لازم بر روی طرح اولیه صورت گرفت و دیدگاه های کارشناسی مطرح و جانمایی اولیه ایستگاه ها با در نظر گرفتن تمامی پارامترهای موجود در طراحی با توافق همه اعضای شرکت کننده مشخص گردید. شکل ۵



شکل ۵- شبکه ایستگاه های ژئو دینامیک استان گیلان

۴-راهکار آینده: پایش برخط گسل ها

از اهداف مهم در توسعه شبکه ژئودینامیک کشوری و استانی اندازه گیری و تعیین تغییرات پوسته زمین در طول زمان می باشد. در این راستا با اندازه گیری های دائم GPS در ایستگاه های شبکه ژئودینامیک، پردازش و آنالیز نتایج می توانیم به شناخت کاملتری از وضعیت و حرکات پوسته زمین در کشور دست یابیم و بتوانیم حرکات آنها را مدل سازی کنیم. بر مبنای وظایف محوله به سازمان نقشه برداری کشور در راستای برنامه ملی کاهش خطر حوادث وسوانح مصوب ۱۴۰۰/۹/۲۴ شورای عالی مدیریت بحران کشور تراکم شبکه های دائمی GNSS در اطراف گسل های فعال از جمله وظایف و مسئولیت های سازمان نقشه برداری کشور می باشد تا اینکه با بهره گیری از این سیستم به عنوان یکی از پیش نشانگرهای کوتاه مدت و سیستم هشدار زلزله احتمالا بتوان در جهت جلوگیری از خسارات جانی و مالی بهره برد.