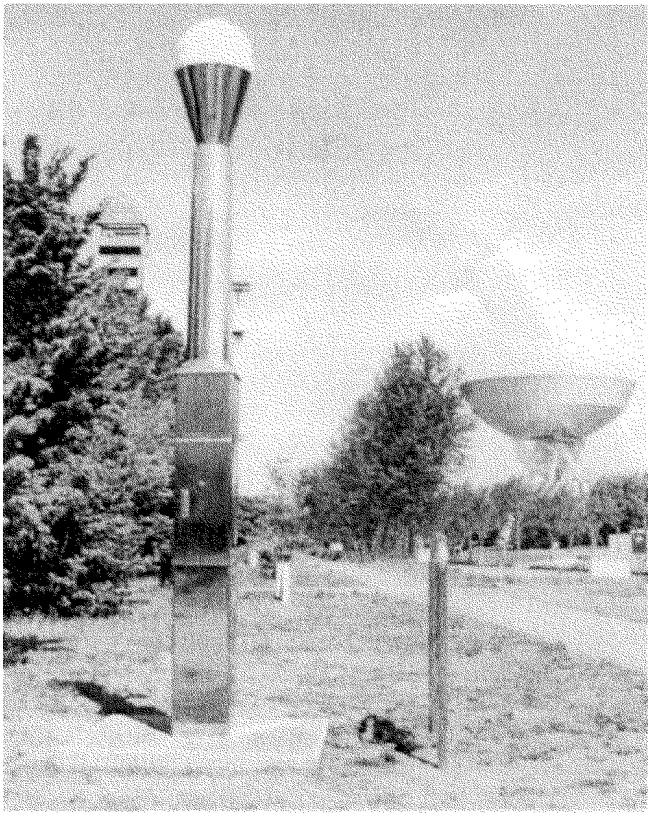
GEONET

شبکه ایستگاههای دائم GPS ژاپن

مؤلف:
Tetsuro Imakiiere[1]
مترجم: مهندس لطف‌اله عمادعلی
کارشناس ارشد ژئودزی (اداره نقشه‌برداری خوزستان)
I-emadali@ahvaz.ncc.ir

چکیده

GEONET (شبکه مشاهدات زمینی GPS) که شامل ۱۲۰۰ ایستگاه دائم می‌باشد، بزرگترین شبکه GPS در جهان است. این مقاله بطور خلاصه به بررسی تاریخچه، سیستم، کاربردها و چشم انداز آینده شبکه می‌پردازد.



مقدمه

GEONET (شبکه مشاهدات زمینی GPS) شبکه ملی GPS ژاپن و شامل ۱۲۰۰ ایستگاه دائم GPS بوده که در حال حاضر بزرگترین شبکه GPS در جهان می‌باشد.

این شبکه توسط سازمان جغرافیایی ژاپن و به منظور تعیین تغییر شکل‌های پوسته‌ای و کنترل ژئودتیک ایجاد شده است.اخیراً به منظور تسریع در فرآیند مربوط به مونیتورینگ تغییر شکل پوسته‌ای و نیز افزودن این وظیفه به عنوان یک زیرساخت اجتماعی برای سرویس‌های تعیین موقعیت آنی و کاربردهای دیگر، قابلیت تعیین موقعیت آنی نیز به این شبکه اضافه شده است.

در این مقاله، بطور خلاصه به بررسی تاریخچه، سیستم شبکه، کاربردها و دورنمای شبکه در آینده می‌پردازیم.

تاریخچه تکاملی شبکه

شبکه دائم GPS ژاپن توسط موسسه GSI از سال ۱۹۹۳ و با ۱۱۰ ایستگاه در منطقه Tokai و South Kanto ایجاد گردید. این شبکه صرفاً به منظور تعیین تغییر شکل‌های پوسته‌ای در این منطقه ایجاد گردید. از سوی دیگر،شبکه GPS ملی ژاپن شامل ۱۰۰ ایستگاه در سال ۱۹۹۴ ایجاد و در اول اکتبر همان سال راه اندازی شد.

سه سال بعد، در چهارم اکتبر سال ۱۹۹۴ زمین لرزه‌ای در منطقه East off Hokkaido با بزرگی ۸/۱ ریشتر به وقوع پیوست و فقط دو روز طول کشید تا جابجایی‌های ناشی از زمین لرزه که به ۴۰ سانتی متر می‌رسید با استفاده از مشاهدات این شبکه GPS اندازه‌گیری و برآورد گردد. این روش در مقایسه با روشهای نقشه برداری کلاسیک بسیار سریع، دقیق و کارا می‌باشد. از آنجایی که کارآیی این شبکه در آشکار سازی جابجایی‌های ناشی از حوادث لرزه‌ای / آتشفشانی بعدی از جمله زمین لرزه ۱۹۹۵ کوبه به اثبات رسید،

GSI تصمیم به یکی کردن دو شبکه موجود گرفته و به منظور آشکار سازی جزئیات بیشتری از تغییر شکل‌های پوسته‌ای به تدریج ایستگاههایی را به این شبکه اضافه نمود.

GEONET

GEONET شامل ۱۲۰۰ ایستگاه مشاهده دائم GPS بوده و ایستگاه مرکزی آن در GSI واقع در Tsukuba می‌باشد.

فاصله متوسط بین ایستگاههای مشاهداتی در حدود ۲۰ کیلومتر می‌باشد. هر ایستگاه بصورت پیلاری با بلندی ۵ متر با فونداسیونی به عمق ۲ متر بوده که از جنس فولاد ضد زنگ (استیل) ساخته شده و در بالای آن یک آنتن GPS در محفظه مخصوصی نصب شده است.

نوع آنتن استفاده شده در بیشتر ایستگاهها Chock ring می‌باشد. سایر تجهیزات شامل یک گیرنده GPS دو فرکانسه، دستگاههای ارتباطی، باتری ذخیره (UPS)، تیلت متر و غیره همگی در بدنه پیلار قرار گرفته‌اند.

در مناطقی که خط Broadband موجود می‌باشد، بیشتر ایستگاهها از طریق پروتکل اینترنتی VPN (شبکه مجازی خصوصی) دارای یک IP-Connection بوده و سیگنالهای دو فرکانس فاز حامل و کُد ماهواره‌های GPS با فرکانس 1HZ بصورت آنی به ایستگاه مرکزی ارسال می‌گردد. اطلاعات همچنین با نرخ نمونه برداری ۳۰ ثانیه و برای چند روز در حافظه گیرنده ذخیره می‌شوند تا چنانچه بنا به هر دلیل ارسال آنی اطلاعات با مشکل مواجه شد، از اطلاعات ذخیره شده استفاده گردد.

در ایستگاههایی که امکانات خط Broadband موجود نمی‌باشد، اطلاعات با نرخ ۳۰ ثانیه جمع آوری شده و هر ۳ ساعت از طریق خط تلفن یا ارتباطات ماهواره‌ای ارسال می‌گردند.

ایستگاه مرکزی وظیفه کنترل عملکرد ایستگاهها، ارتباطات و ارسال اطلاعات، مدیریت و بایگانی اطلاعات، آنالیز و غیره را بر عهده دارد. اطلاعات بانرخ برداشت یک ثانیه می‌توانند با نرم‌افزاری از نوع RTK پردازش شوند. این اطلاعات برای مدت دو هفته در حافظه کامپیوتر ذخیره شده و سپس پاک می‌شوند.

اطلاعات یک ثانیه‌ای ذخیره شده بلافاصله به اطلاعاتی با نرخ ۳۰ ثانیه تبدیل شده و پس از تبدیل شدن به یک فرمت مشترک، در بانک اطلاعاتی بایگانی می‌گردند. اطلاعات ۳۰ ثانیه‌ای بایگانی شده در آنالیزهای معمول مورد استفاده قرار می‌گیرند. سه نوع آنالیز معمول برروی اطلاعات صورت می‌پذیرد: آنالیز فوری (quick)، آنالیز سریع (rapid)، و آنالیز نهایی (final)، آنالیز فوری تقریباً بصورت آنی (real-time) هر سه ساعت و با استفاده از اطلاعات شش ساعته انجام می‌گیرد.

آنالیزهای سریع و نهایی از اطلاعات ۲۴ ساعته برای پردازش استفاده کرده و لذا از آنالیز فوری دقیق‌تر می‌باشند.

در پردازش‌های فوری و سریع از محصولات Ultrarapid (اولیه) ایستگاههای IGS استفاده می‌شود که شامل اطلاعات مداری محاسبه و پیش‌بینی شده ماهواره‌های GPS با استفاده از شبکه جهانی ایستگاههای IGS بوده و از اطلاعات مداری منتشر شده بسیار دقیق‌تر می‌باشند.

آنالیز نهایی اطلاعات دو هفته بعد و با استفاده از محصولات نهائی IGS که دقیق‌ترین اطلاعات افمریز موجود برای مطالعات GPS می‌باشند، انجام می‌گیرد.

جوابهای هر سه روش آنالیز در بانک اطلاعاتی ذخیره می‌گردند.

جوابهای آنالیزها را می‌توان به چندین روش بر روی صفحه مونیتور نمایش داده و یا پرینت نمود.

بعنوان مثال، می‌توان بردارهای جابجایی مسطحاتی / ارتفاعی نقاط و یا نمودار سریهای زمانی مؤلفه‌های بیس لاین‌ها را با انتخاب ایستگاهها، بیس لاین‌ها و دوره زمانی چاپ نمود. نتایج همچنین در سایت اینترنتی با آدرس http://mekira.gsi.go.jp/ENGLISH/index.html موجود می‌باشند.

کنترل تغییر شکلهای پوسته‌ای

GEONET نقش عمده‌ای را در فعالیت‌های ژئوفیزیک ایفا کرده است. بویژه با توجه به تعدد و تراکم ایستگاهها، دقت بالا و پیوستگی مشاهدات انقلابی را در فعالیت‌های مونیتورینگ تغییر شکل‌های پوسته‌ای مجمع‌الجزایر ژاپن بر پا کرده و دانش جدیدی را در شاخه تکتونیک و مکانیزم رویدادهای لرزه‌ای و آتشفشانی ایجاد نموده است.

با استفاده از نتایج تغییر شکل‌های پوسته‌ای که از اندازه گیریهای شبکه GEONET بدست آمده‌اند، مدلهای اولیه و ناقص زمین‌لرزه‌ها تعیین شده‌اند. یکی از نمونه‌های اخیر مربوط به زمین لرزه سال ۲۰۰۳ در Off-Tokachi با بزرگی ۸ ریشتر می‌باشد که در تاریخ ۲۶ سپتامبر ۲۰۰۳ در جنوب شرقی جزیره Hokkaido واقع در شمال ژاپن به وقوع پیوست. تغییر شکل پوسته‌ای ناشی از این حادثه در کل منطقه Hokkaido در حد چندین سانتیمتر بود. در نزدیکترین ایستگاه به مرکز زمین لرزه تغییر شکلی در حدود ۹۰cm مشاهده شد که ناشی از تغییر شکلهای حاصل از پس لرزه‌ها و در حدود ۱۵ cm برای ۶ ماه بوده است. مدل اولیه لغزش‌های حاصل از پس لرزه‌ها از نتایج GEONET به دست آمده و تصویری از وقایع زیرزمینی آتی را ارائه می‌دهد.

انفجار آتشفشان Usu واقع در Hokkaido یکی از نمونه هایی است که کارآیی شبکه GEONET در کاهش خطرات را نشان می‌دهد. لرزشهای متعدد به وقوع پیوسته در زیر آتشفشان در مارس ۲۰۰۰ بعنوان نشانه‌ای از انفجار در نظر گرفته شد.

چند روز قبل از انفجار مارس ۲۰۰۰، انبساط جزئی آتشفشان توسط شبکه GEONET آشکار شد. این افزایش حجم سپس تبدیل به کاهش حجم شدیدی شد و یک روز بعد انفجار آتش فشان بوقوع پیوست. به محض اینکه جریان ماگما (گدازه‌های آتشفشانی) به نزدیکی سطح زمین برسد، انحرافات در اندازه گیریها ملاحظه می‌شود.

این نتیجه مشاهدات یکی از مهمترین دلایلی بود که دولت را متقاعد به هشدار و اعلام خطر برای انتقال اهالی از مناطق اطراف آتشفشان به پناهگاه نمود. بخاطر همین اعلام قبلی بود که در جریان این انفجار هیچکس زخمی

یا کشته نشد.

نـمونه‌ای دیگـر در ایـن خـصوص، فـعالیت‌های لرزه‌ای / آتشـفشانی جزیره Miyake و منطقه اطراف آن در تابستان سـال ۲۰۰۰ مـی‌باشد. شـبکه GEONET بوضوح تغییر شکل پوسته‌ای مرتبط با انفجار آتشفشان Oyama در جزیره Miyake واقع در ۲۰۰ کیلومتری جنوب توکیو و پس لرزه هایی که در شمال جزیره بوقوع پـیوست، را آشکـار سـاخت. طـی ایـن انـفجارهای آتشفشانی و زمین لرزه‌ها تغیر شکل‌های پوسته‌ای قابل ملاحظه‌ای مشاهده شده است: جزیره Miyake نزدیک به یک متر نشست کرد؛ از سـوی دیگـر فاصله جزایر Kozu و Niijima بیش از یک متر افزایش یافته است.

GEONET مکانیزم جـابجایی پـوسته‌ای را نـه تـنها در مـواقـع زلزله و انفجار آتشفشانی نمایان ساخته است، بلکه تغییر شکل ثابت جزایر ژاپن را نیز آشکار ساخته است، نـتایج مشـاهدات سـالیانه بـخوبی حـرکت صـفحه تکتونیکی پیرامون ژاپن را نشان مـی‌دهد. یکـی دیگـر از مـوارد جـالبی کـه توسط GEONET کشف شده است، زمین لرزه‌های آرام می‌باشد کـه شـامل شکستگی‌های خیلی آرام و بدون ارتعاشات لرزه‌ای همراه بـا تـغییر شکـل پـوسته‌ای مـی‌باشد. بـا روشـهای نـقشه بـرداری کـلاسیک و لرزه نگـاری نمی‌توان چنین جابجایی‌هایی را آشکار نمود. در سال ۱۹۹۶ برای اولین بار در Boso Peninsula شبکه GEONET رویداد یک جـابجایی کـند را آشکـار نمود. از آن تاریخ به بعد چندین نمونه از چنین رویدادهـای کـندی تـوسط GEONET آشکار شده‌اند. یکی از مهمترین این رویـدادهـا در پـائیز سـال ۲۰۰۰ در منطقه Tokai به وقوع پیوست. از آنجایی که منطقه وقوع این حادثه در مجاورت محدوده فرضی گسل مـرتبط بـا زمـین لرزه Tokai مـی‌باشد و احتمال وقوع زمین لرزه در آینده وجود دارد، لذا ایـن رویـداد تـوسط GSI بدقت مورد ارزیابی قرار گرفت.

پس از بررسی دقیقی که برروی اطلاعات GEONET صورت گرفت، می‌توان برآورد نمود که محدوده لغزش تدریجی در زیر زمین و نیز افزایش تدریجی این محدوده –که از نتایج شـبکه GEONET تـعیین شـده است تـا محدوده فرضی گسل امتداد نداشـته و ایـن مسـئله در درک مکـانیزم زمـین لرزه‌های بزرگ بسیار مهم می‌باشد.

سیستم مرجع ژئودتیک و کنترل ژئودتیک

با استفاده از تکنیک‌های فضائی، چارچوب مرجع ژئودتیکی جدیدی به نام مبنای ژئودتیک ژاپن ۲۰۰۰ (JGD2000) توسط GSI ایجاد شد. به کمک این مبنا، سیستم ژئوسنتریک با اتصال به چارچوب مـرجـع جـهانی و از طـریق نقاط مشاهداتی VLBI (Very Long Baseline Inter Ferometry) تحقق پیدا می‌کند. در واقع GEONET نقش شـبکه پشـتیبان اصـلی JGD 2000 را ایـفا نموده و موقعیت نقاط ژئودتیک قدیمی از قبیل نقاط مثلث بندی را تحکیم می‌کند. بمنظور انتخاب و تصویب چارچوب ژئـودتیکی جـدید بـه عـنوان سیستم مرجع ملی، لایـحه نـقشه‌برداری و دیگـر قـوانـین دولتـی مـربوطه بازنگری شدند و هم اکنون ایستگاههای GEONET به عنوان عـلائم نـقشه برداری بنیادی در تمامی فعالیت‌های نـقشه بـرداری و تـعیین مـوقعیت در سطح وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

سرویس اطلاعات

GSI مشاهدات شبکه GEONET را به منظور ارائه به کـاربران در نـقشه برداری‌های ژئودتیک و ناوبری آماده نموده است. اطلاعات مربوط به یک ساله اخیر از طریق سایت اینترنتی GSI قابل دسترسی می‌باشند. اطـلاعات قدیمی‌تر نیز بصورت CD در آرشیو مـوجود بـوده و در صـورت تـقاضا از طریق E-Mail یا نامه و پرداخت مبلغ مورد نظر به جامعه نقشه برداران ژاپن (JAS) ارائه خواهند شد.

اطلاعات آنی ارسالی از بیش از ۹۰۰ ایستگاه GEONET امکان تـعیین موقعیت‌های آنی را فراهم می‌آورد. GSI به کمک JAS سرویس جدید تعیین موقعیت RTK را با استفاده از اطلاعات real-time شـبکه GEONET ایـجاد نموده است.

ایجاد کنندگان این سیستم تعیین موقعیت آنی می‌توانند با انعقاد قرار داد با JAS تصحیحات مربوط به تعیین موقعیت آنی با GPS را به کاربران نهایی از قبیل شرکت‌های نقشه برداری یا ساختمانی و از طریق تلفن همراه ارائـه نمایند. تراکـم بـالای نـقاط شـبکه GEONET امکـان مـحاسبه تـصحیحات یونسفریک و دیگر تصحیحات خطاها را در شبکه‌های تعیین موقعیت RTK فراهم نموده و کاربران را قادر می‌سازد در تعیین موقعیت با یک گـیرنده بـه دقت‌های در حد سانتی متر دسترسی پیدا کنند.

ملاحظات نهایی

GSI در حـال حـاضر تـصمیم بـه گسـترش و تکـمیل ایـن شـبکه دارد. ایستگاههای جدید در مناطقی که نیاز به جزئیات بیشتری در مـونیتورینگ داشته باشند و در مناطق خاص ایجاد خواهند شد. کنترل و مونیتورینگ آنی هدف بعدی در بهره وری از شبکه GEONET بـوده کـه بـه مـنظور کـاهش خطرات مد نظر می‌باشد.

در حال حاضر اطلاعات GEONET در کارهای نقشه برداری و تـعیین موقعیت توسط کاربران مورد استفاده قرار می‌گیرد و در آینده نزدیک شاهد به کارگیری این اطلاعات در زمینه‌های گـوناگـون بـه ویـژه در کـاربردهای real-time خواهیم بود.

پی‌نوشت

1 - GIS @ development, March 2004, volume 8, Issue 3.