نقشه‌برداری دقیق زمین‌شناسی

روشی نو جهت تجزیه و تحلیل گسل‌های سطحی

مهدی مدیری

عضو هیأت علمی دانشکده نقشه‌برداری

mmodiri@ut.ac.ir

چکیده

به منظور ارزیابی پتانسیل شکستگی سطحی ناشی از زلزله، کاربردی جدید از نقشه‌برداری بسیار دقیق زمین‌شناسی با توتال استیشن الکترونیکی ارائه شده است. این روش، امکانی را فراهم می‌سازد تا بتوان گسل‌های ثانویه، که کوچکی ۳۰ سانتیمترجابه‌جایی عمودی را که در سطح نشان نمی‌دهند، تشخیص داد. این گونه گسل‌های بسیار کوچک دارای علائم و نشانه‌های توپولوژی نمی‌باشند و لذا احتمال زیاد می‌رود که مورد توجه قرار نگیرند در حالی که وجود گسل در محدوده تأسیسات و تحرکات را نشان می‌دهند.

این روش شامل نقشه‌برداری نقاط در عوارض زمین‌شناسی و تحلیل دقیق و مفصل رایانه‌ای و عملیات صحرایی نابهنجاریها در ارتفاع نقاط نقشه برداری شده می‌باشد. نابهنجاریهای عمومی در ارتفاعاتی مورد بررسی قرار می‌گیرند که بیشتر از گسل‌های نرمال و وارونه تشکیل یافته‌اند. با این حال، این روش را می‌توان برای گسل‌های طولی لغزش نیز به کار برد.

این روش شرایطی را فراهم می‌نماید که براحتی داده‌های زمین‌شناسی را بتوان در GIS مجتمع نمود و به تحلیل جزئیات سه بعدی (3D) عوارض ساختار کوچک دست یافت؛ داده‌های صحرایی در نیمرخ‌ها، دیاگرام‌های سه بعدی و نقشه‌هایی که به کمک نرم افزارهای کارتوگرافی ساخته می‌شوند، مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند.

توانایی این روش برای شناسایی گسل‌ها باجابه‌جایی اندک امکان می‌دهد تا انواع سبک و شیوه دگردیسی، تقلیل درجابه‌جایی امتداد گسل‌هایی کوچک و واگرا که در دو انتهای گسل‌های بزرگ و معمولی قرار دارند، خمش‌های تک شیب و ساختارهای عرضی بین گسل‌ها را مشخص کرد.

واژگان کلیدی: نقشه‌برداری دقیق زمین شناسی، زلزله، نقشه رقومی، گسستگی سطحی و گسل‌ها.

مقدمه

توتال استیشن[1]، زاویه یاب همراه با رایانه است که از آن در مهندسی و ساختمان استفاده فراوانی می‌شود. با توجه به پیشرفتهای اخیر در سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و نرم افزارهای گرافیکی، به کارگیری توتال استیشن در کاربردهای زمین‌شناسی پذیرفته شده است.

این سامانه، جایگزین قطب نما برای اندازه‌گیری حالت مشخصه‌های ساختاری نظیر بستر، ترسیم و توجیه شکستگی گردیده است (Feng, 2001) و برای اندازه‌گیری جهت، سرعت و جریان درورودخانه‌ها هم از توتال استیشن استفاده می‌گردد (Philpotts, 1997). از این سامانه برای ثبت تراشه پارینه زلزله‌ای (Reneu, 2002)، نقشه‌های توپوگرافی، مطالعات رودخانه‌ای (Keim, 1999) و آزمون دقت مدل‌های رقومی زمین (DEM) استفاده می‌شود (Webber, 1995).

نیاز به شناخت و تشخیص گسل‌های بسیار کوچک با توانایی ایجاد شکستگی زلزله‌ای در زیر تأسیسات حساس همانند آزمایشگاه و مراکز تحقیقاتی، انگیزه بررسی روشهای مؤثر و شیوه جدیدی از نقشه‌برداری زمین‌شناسی با توتال استیشن گردید.

خطرات زلزله

جابه‌جایی عمودی در گسل‌های بسیار کوچک حوالی گسل‌های بزرگ که در طی زمین لرزه‌های گذشته روی می‌دهد، نشانگر استقرار تولید زمین لرزه‌هایی به بزرگی ۶ تا ۷ ریشتر را دارد که معمولاً باعث شکستگی گسل‌های اولیه و فرعی در سطح زمین می‌شوند. اگر چه بیشتر خسارات جدی زلزله ناشی از حرکت زمین است ولی تأسیساتی که بر روی گسل‌های گسیختگی قرار گرفته‌اند همیشه خسارت شدید ناشی ازجابجایی سطحی را متحمل می‌شوند (Kelson, 1999). تشخیص گسل‌های گسیختگی سطحی با جابجایی ۳۰ سانتیمتر یا بیشتر برای این مطالعات لازم است. نقشه برداری متعارف زمین‌شناسی، سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS) و دیگر سامانه‌های الکترونیکی نقشه برداری به ویژه در شیب‌های تند، نواحی جنگلی با رخنمون‌های نا پیوسته و گسسته، فاقد دقت کافی است و توان تشخیص گسل‌های گسیخته باجابجایی ۳۰ سانتیمتر بیشتر نیست.

با پیشرفت‌های اخیر که در علوم ژئوماتیک، سیستم تعیین موقعیت جهانی، سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و بسته‌های نرم‌افزاری مدل سازی سه بعدی (3D) صورت گرفته، نقشه‌برداری زمین‌شناسی یا توپوگرافی با توتال استیشن روش بسیار دقیق و مؤثری برای جمع آوری و بررسی داده‌های دقیق سه بعدی و رقومی در محیط‌های مختلف فراهم می‌آورد. نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی، نیمرخ‌های طولی و عرضی و مدل‌های سطحی سه بعدی را می‌توان در صحرا به طور مستقیم و بر روی نمایشگر سیستم اندازه‌گیری یا رایانه همراه مشاهده نمود.

- منطقه مورد بررسی[2]

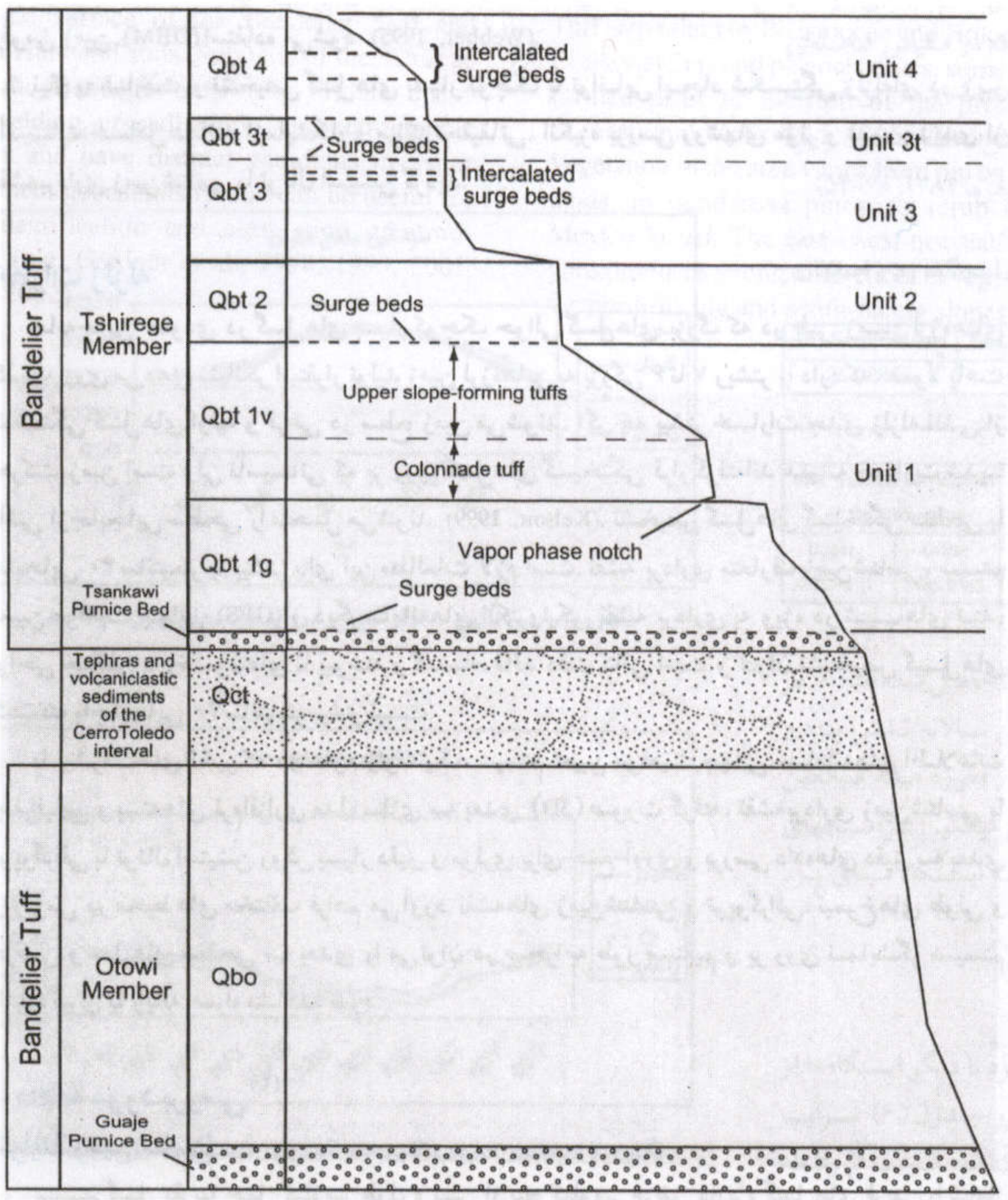
شرایط زمین‌شناسی

سیستم گسل تقریباً چهل کیلومتر طول و بیش از پنج کیلومتر عرض دارد و گسل‌های فرعی را شامل می‌شود. این گسل‌ها جابجایی عمودی برجسته‌ای (در مکانهای بیش از ۱۰۰ متر) است.

دگردیسی در امتداد هر سه گسل به شدت در امتداد گسل طولی متغیر است به نحوی که از نظر

ژئومورفولوژی طیفی از سراشیبی کاملاً مشخص تا منطقه‌های پهن از چین و گسل توزیعی برخوردار می‌باشد.

بر روی هر گسل نشانه‌ای برای گسیختگی هولوسن (در طی ۱۱۰۰۰ سال گذشته) یا گسیختگی هولوسن اجتماعی وجود دارد که همگی حاکی از منابع فعال زلزله‌ای است (Reneau, 2002). شیار به جا مانده از زلزله‌های گذشته‌نشان می‌دهد که آخرین زلزله بزرگ تقریباً در ۱/۵ کیلومتر بر روی گسل اصلی رخ داده است. برخی از زلزله‌های کوچک گذشته ($M \leq ۲$) در سیستم گسل، باعث تأثیرات گسترده‌ای شده است که با شدت Modified Mercalli تا ۴ رسیده است (Gardner & House , 1999)



نگاره ۱: چینه شناسی عمومی توف Bandelier (Gardner ot al, 2001). ضخامت واحدها به طور نموداری آمده است.

چینه شناسی

ناحیه مورد پژوهش شامل قدیمی‌ترین تا جوانترین چینه‌هاست.

یک بخش از توف، آبرفت بنیان، لایه‌ای، خاک، خاکستر و ذرات آتشفشانی متخلخل اولیه، دوباره انتقال یافته است.

بخش دیگر توف (نگاره ۱)، ماسه‌های آبرفتی با رویه ماسه و شن و خاک‌های وابسته، رسوبات ایوانی رودخانه‌ای، کوه رفت در شیب‌ها و دیواره‌های کانیون [۳]، آبرفت‌های جدید در کف کانیون می‌باشد.

بخش سوم که گسترده‌ترین واحد درناحیه مورد مطالعه است، ازدهانه آتشفشان، به عنوان یک سری ازجریانات داغ آذر آواری به سمت غرب فوران کرده است.

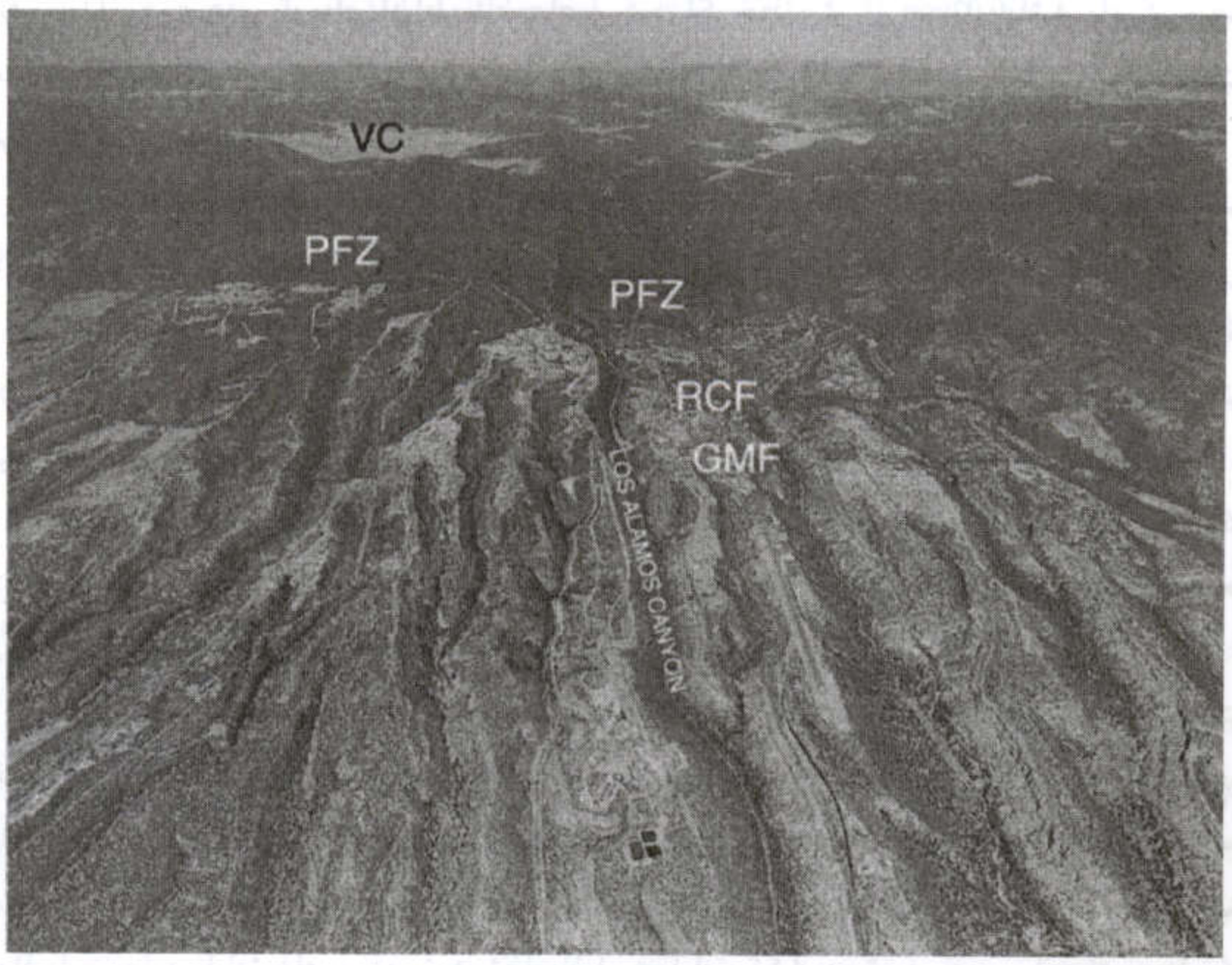
بخش چهارم، اگنیمبریت‌های بنیانی که بر روی سطوح نا منظم توپوگرافی رسوب کرده بودند، دارای جریان موجی کمتر و وفوقانی و هبری‌های واحد خنک کننده است که غالباً در زیر رسوبات جوانتر قرار گرفته‌اند (Broxton, 1996)

چشم انداز محلی

ناحیه مورد مطالعه یک چشم انداز و منظره بریده و شکافته است که کانیون‌ها و تخته کوه‌های متناوب مشخصه بارز آن می‌باشد (نگاره ۲)، بیشتر کانیون‌ها درناحیه دارای:

۱) ۵۰ تا ۶۰ متر عمق،

۲) شیب‌های تند با پرتگاه‌های متناوب و شیب‌هایی که بر اثر اختلاف در جوش خوردن و سخت شدن توف تشکیل یافته‌اند.



نگاره ۲: عکس هوایی مایل جنوب غربی ناحیه مورد مطالعه

۳) بالاخره این کانیون‌ها در موقعیت شرق و غرب یا غرب - شمال غرب واقع شده‌اند. در مجاورت دیواره گسل، توف با رسوب‌های پلیستوسن و هولوسن به شکل مخروط آبرفتی وکانال‌های دیرینه پوشیده شده‌اند که برخی از آنها پیش ازکندن و بریدن زهکشی‌های کنونی تشکیل یافته‌اند (Gardner, 2001). این ناحیه از تنوع پوشش گیاهی چون درختان سوزنی برگ، کاج، بلوط و سایر درختان محلی برخوردارمی‌باشد. جهت شرق و غرب کانیون‌ها اختلاف شدیدی را در پوشش گیاهی بین شیب‌ها نشان می‌دهد که رو به شمال و جنوب می‌باشند. شیب‌هایی که رو به شمال هستند معمولاً دارای پوشش ضخیم‌تر هستند، درحالی که شیب‌های رو به جنوب از پوشش گیاهی کمتری برخوردارند (Gardner, 2001).

روش و مواد

نقشه‌برداری باتوتال استیشن

با این روش امکان نقشه‌برداری دو بعدی و سه بعدی و گرد آوری داده‌ها فراهم می‌شود. این سیستم در محیط‌های مختلفی استفاده می‌شود و دارای کاربرد آسان است. توتال استیشن بر روی یک سه پایه قرار داده می‌شود، ابتدا با یک تراز حبابی استقرار نسبی پیدا می‌کند. سپس با یک تراز الکترونیکی به طور کامل تراز می‌شود سیستم به طور خود کار کالیبره می‌گردد، با توجه به اینکه سیستم مجهز به دستگاه تبدیل کننده محوردوگانه دوربین است، به صورت خودکار زوایای افقی و عمودی را در ارتباط با هرگونه انحرافی از خط شاغول تصحیح می‌کند، سیستم خیلی سریع هرگونه انحرافی را که بیش از ۶ درجه باشد، هشدار می‌دهد (Geodimeter , 1998).

توتال استیشن به طور مرتب برای خطاهای کلیماسیون افقی و عمودی مورد آزمایش قرار می‌گیرد تا از دقت اندازه‌گیری‌های زاویه‌ای آن اطمینان حاصل کرد، اگر خطا بیش از 0.02gon باشد، بایستی سیستم را به تعمیرگاه ارسال نمود. تجهیزات مورد نیاز برای نقشه برداری با این سیستم، کمترین موارد است مثل باطری، منشور، استاد یا و نوار اندازه‌گیری (متر).

برای دستیابی به داده‌های محورهای Z,Y,X در پی اندازه‌گیری‌های لازم، دستگاه باید در یک سیستم مبنا قرار داده شود. سیستم مبنا می‌تواند یک سیستم اختیاری یا سیستم مختصات معلوم باشد. نقشه برداری در یک سیستم مختصات معلوم نیاز به حداقل مکان معلوم دارد، برای مثال یک بنچ مارک دارد. (اگر به توان دستگاه را نسبت به جهات قطب نما توجیه نمود). در سیستم مختصات معلوم، دستگاه را می‌توان با تعیین یک نقطه معلوم و اندازه‌گیری یک عارضه مبنایی یا با مثلث بندی دو یا چند نقطه معلوم مستقر نمود.

داده‌ها در میدان بدون تأخیر و آنی بدست می‌آیند و این کار امکان محاسبات را برای ارزیابی کیفیت استقرار دستگاه فراهم می‌کند. انحراف استاندارد موقعیت دستگاه بعد از مثلث بندی دستگاه محاسبه می‌گردد و به طور خودکار این محاسبات نمایش داده می‌شود.

انحراف استاندارد مورد قبول برای موقعیت دستگاه در این مطالعات از نظر افقی و عمودی بزرگتر از ۳ سانتیمتر (3cm >) بود. دقت استقرار دستگاه و نقشه برداری با اندازه‌گیری مکرر بنچ مارک‌ها یا انجام نقشه برداری با مختصات معلوم در ابتدا و انتهای هر نقشه برداری مورد آزمون و آزمایش قرار می‌گیرد. انحراف از مختصات معلوم معمولاً به اندازه 1.5cm > است. اگر انحراف در اندازه‌گیری مختصات معلوم بیش از انحراف استاندارد پارامترهای موقعیت دستگاه باشد، عملیات تکرار می‌شود. بررسی انحراف محاسبه شده و جهت این انحراف برای هر بنچ مارک که در پی ورود مختصات آن در استقرار دستگاه به کار رفته است و

تعیین تأثیر هر بنچ مارک بر کیفیت استقرار دستگاه امکان‌پذیر می‌باشد. مؤلفه‌های فردی (برای مثال، محور y، محور X یا محور Z) هر بنچ مارک را می‌توان از داده‌هایی که برای محاسبه موقعیت دستگاه در میدان بکار رفته است، حذف نمود و موقعیت ایستگاه را می‌توان بدون نیاز به نقشه برداری مجدد بنچ مارک‌ها دوباره محاسبه کرد.

اگر انحراف استاندارد در استقرار دستگاه غیر قابل قبول باشد، این مشخصه می‌تواند به صرفه‌جویی زیادی در زمان‌بیانجامد.

انحراف استاندارد در استقرار و بر پایی دستگاه، تابعی از دقت مختصات بنچ مارک، توزیع زاویه‌ای بین بنچ مارک‌ها و خطای انسانی (یعنی عدم نگه داری عمودی به طور مستقیم روی بنچ مارک، ورود نادرست داده‌ها یا عدم نشان روی مستقیم دستگاه در مرکز منشور) است. وقتی دستگاه با استفاده از یک نقطه معلوم موقعیت یافته، انحراف استاندارد استقرار دستگاه را نمی‌توان تعیین نمود. داده‌هایی که از چنین استقراری جمع آوری شده به یک اندازه دقیق هستند. لیکن ممکن است نیاز به دوران داشته باشند و برای تحقق این دوران می‌توان از یک برنامه مبتنی بر CAD استفاده نمود که به طور وسیعی در یک سیستم مختصات معلوم قرار گرفته باشد.

همین که دستگاه در وضعیت یک سیستم اختیاری یا یک سیستم مبنایی معلوم قرار گرفت، زوایای افقی و عمودی اندازه‌گیری می‌شود و اندازه‌گیری فاصله هم با تعیین زمان گذر یک پرتو مادون قرمز است که از منشوری می‌تابد. اندازه‌گیری تنها درچند ثانیه انجام می‌گیرد و در زوایای افقی و عمودی از دقت ۳ میلیمتری در یک کیلومتر (3mm/km) برخوردار است. اما این دقت با دستگاههای متفاوت تغییر می‌کند و معمولاً در زاویه افقی و عمودی 5mm/km > است. دو فاکتوری که می‌تواند دقت اندازه گیریها را کاهش دهد، یکی مسافت‌های بزرگ بین دستگاه و منشور و دیگر خطای انسانی است. با افزایش مسافت، پرتو یا پالس مادون قرمز پخش می‌گردد و دستگاه ناحیه وسیع‌تری را اندازه‌گیری می‌کند (تقریباً به اندازه یک شعاع 0.5m در اطراف منشور گسترده و پخش گردد).

بنابراین در مسافت‌های زیاد (یعنی 300m <) نشانه روی به مرکز منشور دارای اهمیت است. با این حال، عامل ممکن است که قادر نباشد مرکز منشور در مسافت‌های زیاد را ببیند و بدین طریق خطاهای کوچکی در دقت اندازه‌گیریها پدید می‌آید. فاکتورهایی چون دما، فشار و رطوبت نسبی نیز می‌توانند بر دقت اندازه‌گیری‌ها تأثیر بگذارند. از اینرو باید محاسباتی برای تصحیح شرایط اتمسفریک به عمل آید (Geodimeter, 1998). پس اندازه‌گیری دستگاه در عرض چند ثانیه مختصات X، Y، Z را در سیستم مختصات خاص محاسبه می‌کند. عامل دستگاه می‌تواند دستگاه را طوری برنامه‌نویسی کند تا تمامی این داده‌ها بعلاوه داده‌های توصیفی دیگر در خصوص هر نقطه نقشه برداری در توتال استیشن ذخیره شوند. داده‌ها را می‌توان به آسانی به یک رایانه در صحرا یا در دفتر انتقال داد.

گردآوری داده‌ها

موقعیت ایستگاه‌های نقشه برداری گسل‌ها در منطقه مورد نظر بر روی بنچ مارک‌های مطمئن تعیین گردید. این کار برای تعیین موقعیت گسل‌ها با توجه به‌ساختمانها لازم بود. سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی محلی، که از طریق یک سرور پایگاه داده‌ای در دسترس قرار گرفته است، مشتمل بر پوشش توپوگرافی دیگر داده‌های مربوط برای کاربردهای علمی زمین و محیط زیست بوده است. از آنجا که

مختصات درسامانه‌های اطلاعات محلی در سیستم مختصات ایالتی‌ها است، لذا کلیه داده‌های نقشه‌برداری شده بر روی نقشه‌ها، مدلهای سه بعدی و نیمرخ‌ها نگه داری می‌شود. دقت نمونه برای استقرار دستگاههای کمتر از 1.5cm در محورهای X و Y و 6cm در محور Z است. در کاربردهای اولیه نقشه‌برداری باتوتال استیشن در محل از عارضه‌هایی استفاده گردید که بر روی ارتوفتو با مقیاس 1200: اشناسایی شده بود. این کار هر چند دقت کمتری نسبت به استفاده از بنچ مارکهای رسمی دارد و لی با این حال دقت کافی برای شناسایی و نقشه برداری گسل‌ها را فراهم می‌آورد. درنواحی دور دست که بنچ مارکی وجود ندارد، از ارتوفتوی دیجیتالی همراه با داده‌های مدل ارتفاعی زمین برای دستیابی مختصات مشخص کننده چون تقاطع جاده‌ها، دکل‌های برق و درختان استفاده شده است.

در آغاز وپایان نقشه‌برداری، نقاط پرتابی (ارزش تکراری برای حل مسائل مقادیر مرزی درمطالعات) که موقعیت معلوم دقت نقاط نقشه برداری شده را مورد آزمون قرارمی دهد، به طور تغییرناپذیری، دقت نقاط نقشه برداری شده بهتر از دقت استقرار دستگاه است.

بنچ مارک‌هایی که برای تغییر مکان دستگاه در موقعیت‌های جدید تعیین شده‌اند معمولاً چند بار از محل‌های مختلف استقرار ایستگاه نقشه برداری مجدد به عمل می‌آورند و مختصات دقیق دوباره بدست می‌آید (Gardner , 1999) بستن علامت‌های نقشه‌برداری در دورترین ناحیه مطالعه نشان می‌دهد که با فرض اینکه مختصات برای کلیه بنچ مارک‌های مستقر صحیح باشند یک خطای جمع شونده در فضای مطلق سه بعدی کمتر از 1m در محورهای (7cm , Y, X) در محور Z برای ۳ کیلومتر نقشه برداری پدید می‌آید.

در این بررسی کافی است که محل گسل را تا حدود یک متری (افقی) بنچ مارک‌های استقرار یافته تعیین کرد. در اینجا آنچه که بیشتر مهم است سازگاری داخلی داده‌ها می‌باشد، ایجاد گوشه‌ها نیز در جاهایی که امکان اطمینان سازگاری با موقعیت‌های ساختمانی درپایگاه داده‌ای موجود GIS محلی وجود داشت مورد نقشه برداری قرار گرفت. با مجتمع سازی داده‌های نقشه برداری شده در یک GIS، داده‌ها را در هر مقیاسی بر روی عکس‌های هوایی تصحیح شده با وضوح بالا که در روی آنها هر یک از صخره‌ها و درختان قابل شناسایی هستند، می‌توان ترسیم کرد که این کاربرد جای خود بازیابی هر نقطه نقشه برداری شده در میدان را تسهیل می‌بخشد. نقاط نقشه برداری شده نیز معمولاً با سنگ چین یا نوار پرچم‌گذاری شده است تا بازیابی هر نقطه آسان شود.

در عملیات صحرایی، همانطور که هر نقطه نقشه برداری می‌شود، شماره نقطه، توصیف گر نقطه و ارتفاع منشور در توتال استیشن وارد می‌شود، با هر نقطه که نقشه برداری می‌شود، شماره نقطه، کد نقطه، ارتفاع منشور، زاویه افقی، زاویه قائم، طول مایل، محورهای Z,Y,X با صفحه کلید به نمایش می‌آید و در حافظه ذخیره می‌گردد. مشخصه‌ها به همراه هر گونه نشانه‌های اضافی (مثل عدم اطمینان کاملی که برای محل استقرار شاخص «استادیا» که وجود دارد و نیز عدم قطعیت در محل بررسی زمین‌شناسی، قابلیت رؤیت، شرح توصیفات مشخصه‌های صخره یا گسل، توصیف موقعیت‌های بنچ مارک) در یک دفترچه ثبت می‌شود. شماره نقاط معمولاً به صورت مسلسل است لیکن این شماره‌ها توسط خود عامل توتال استیشن تعیین می‌گردد. توصیف‌گرهای نقطه‌ای رامی توان به صورت عددی یاالفبایی -عددی ثبت نمود وموارد چونواحدهای زمین شناسی، عوارض توپوگرافی نشانگرهای نقشه‌برداری، جاده و غیره را به توصیف درآورد. در این بررسی ایستگاههای نقشه‌برداری، معمولاً ۶۰ تا ۱۵۰ متر ازیکدیگرفاصله‌دارند.

برای شناسایی گسل در شیب تند، کانیون‌های متراکم از پوشش گیاهی، نقاط نقشه برداری در فاصله کمتر از ۶ متر قرار گرفته‌اند که این فاصله بستگی به خط دید موجود دارد. در نواحی دارای پوشش گیاهی کمتر و یا بیرون زدگی بهتر، نقاط نقشه برداری به دلیل موانع اندک نزدیکتر به یکدیگر قرار دارند. تراکم کمتر و انواع پوشش گیاهی خشک‌تر در دیواره‌های کانیون‌های سمت جنوبی، نقشه برداری را به دلیل قابلیت دید بهتر و بیرون‌زدگی‌های فراوان و پیوسته بسیار آسانتر می‌سازد.

نگاره ۳: استقرار توتال استیشن را در لبه کانیون در جنوب غربی ناحیه مورد مطالعه نشان می‌دهد و می‌توان فردی را که در آن سوی کانیون میر استادیا و یا منشور را نگه داشته است، مشاهده کرد (Gardner, 1999)

کاربرد اولیه از روش نقشه‌برداری توتال استیشن روی یک همبری زمین‌شناسی معین در توف متمرکز گردیده تا بتوان گسل‌ها و شیب‌واحدهای جریانی را شناسایی کرد (Reneau, 2002). درهمین اواخر برای تهیه داده‌های اضافی مربوط به ضخامت واحدهای زمین‌شناسی و توجیه گسل از چندین همبر زمین‌شناسی نقشه برداری به عمل آمد (Gardner, 2001).

در بیشترکانیون‌ها دست کم یک یا دو همبر زمین‌شناسی قابل نقشه‌برداری وجود دارد. در ترانشه‌ها و بیرون زدگی‌های مشابه (برای مثال، خاکریز و پر کردن گودال در محل). با این روش می‌توان نقشه‌برداری بسیار دقیق و برداشت جزئیات گسل‌ها و آتشفشانها و لایه‌های رسوبی جهت کمک به تعیین سبک و شیوه و سن گسلش به‌انجام رسید. بسیاری از نقاط نقشه برداری در این بیرون زدگی‌ها در فاصله کمتر از ۱۰ متر قرار دارند.

نمونه‌برداری واحدهای بستر سنگی برای تحلیل‌های سنگ‌شناسی و شیمی زمین، حفاری سطحی بر روی کوه تخت‌ها وترانشه‌های زلزله‌های دیرینه ازجمله جنبه‌های دیگری ازمطالعات خطرات زلزله‌ای را تشکیل می‌دهد، که کاربرد توتال استیشن را شامل می‌شود. واحدهای بستر سنگی توف برای تحلیل و آنالیز فلورسنت تمامی صخره با اشعه X درچندین محل ناحیه مورد مطالعه به منظور پشتیبانی شناسایی و همبستگی واحدهای چینه‌ای نمونه برداری می‌شوند (Gardner, 2001). محل‌های نمونه برداری، ترانشه‌ها وگمانه‌ها نقشه برداری می‌شوند تا داده‌ها با توجه به نقشه برداری به طور پیوسته و دائمی در GIS قرار گیرند.

تحلیل داده‌ها

بعد از گردآوری میدانی، داده‌ها از توتال استیشن به نرم‌افزاری در رایانه انتقال داده می‌شود. این رایانه گزارشاتی را در فرمات شیب گسترده تولید می‌کند که شامل داده‌های خام و مختصات Z,Y,X برای هر نقطه است. سپس داده به یک سامانه اطلاعات جغرافیایی و بسته‌های نرم‌افزاری دیگر دو بعدی و سه بعدی انتقال می‌یابد. داده‌ها ابتدا در دید نقشه و در نیمرخ‌ها برای هر یک از دیواره‌های کانیون، که معمولاً جهت شرقی - غربی دارند، مورد بررسی قرارگرفته‌اند.

برای کانیون‌هایی که جهت شرقی - غربی ندارند، نیمرخ‌ها با دوران نقاط در یک صفحه‌ای از مقطع که موازی جهت دیوارهٔ کانیون است، ایجاد می‌گردد. موقعیت‌های نابهنجار ارتفاعات همبری در نیمرخ‌ها بر روی نقشه‌ها و ارتوفتو (عکس‌های تصحیح شده) ترسیم و سپس در صحرا (کل عملیات نقشه‌برداری) بررسی می‌شوند تا ارزیابی گردند، که آیانابهنجاری‌ها در اثر موج‌های رسوبی در همبر و گسلش معین است یا در اثر خطای انسانی.

زمانی که داده‌های کافی برای تولید مدل سطحی سه بعدی فراهم گردید، داده‌ها به نرم‌افزاری انتقال می‌یابد که سطح سه بعدی را بر اساس شبکه بندی داده‌های Z,Y,X از یک همبر ژئولوژی معین، درون یابی می‌کند، از روش رگرسیون خطی برای به حداقل رساندن یک واریانس تخمین از مقادیر نمونه برداری نشده بین نقاط استفاده می‌کند (Deutsch, 1992).

چندین روش شبکه‌بندی برای درونیابی آزمایش شده است و روش کریجینگ (Kriging) از بین آنها بهترین بوده است. شبکه‌های سطحی را می‌توان با استفاده از انواع مختلف روش‌ها و بسته‌های نرم‌افزاری تولید نمود.

نتیجه گیری

نقشه‌برداری زمین‌شناسی با توتال استیشن نشان داده است، شیوه‌ای بسیار خوب برای نقشه برداری مناطق گسلی پیچیده در نواحی پرتگاهی و دارای پوشش گیاهی است و توتال استیشن نقش مهمی درارزیابی خطرات لرزه‌ای در منطقه را دارد.

بخش‌های سیستم گسل را می‌توان با تمامی جزئیات، مشخص و متمایز کرد که با دیگر روش‌ها نمی‌توان به این دقت از جزئیات دست یافت. تغییرات امتداد طولی را از نظر ویژگی‌های دگرشیبی در امتداد هر کدام از مناطق گسلی، می‌توان نقشه‌برداری نمود. از جمله تشخیص محدوده‌هایی که در آن هر کدام از گسل‌هایی که دارای جابه‌جایی کمتر از ۱ متر می‌باشد، انجام می‌گیرد.

لازم به ذکر است بررسی فوق مبنی بر گزارشی است که از نقشه‌برداری در منطقه‌ای انجام گرفت که در آن بیشتر گسل‌ها از هیچ گونه علائم ونشانه‌های ژئومورفیک و بیرون زدگی برخوردار نبودند، همچنین نواحی وسیعی را شناسایی نمود که در آن هیچ گسلی بیش از 30cm جابه‌جایی عمودی وجود ندارد.

منابع

1- Broxton, D.E., Reneau, S.L., 1995. Buried Early Pleistocene Landscapes beneath the Pajarito Plateau, northern New Mexico. New Mexico Geological Society Guidebook, 47th. Field Conference, Jemez Mountains Region, PP. 325-334.

2- Deutsch, C.V., Journel, A.G., 1992. GSLIB Geostatistical Software Library and Users Guide. Oxford Univ. Press, New York 340 PP.

3- Feng, Q., Sjogren, P., Stephansson, O., Jing,L., 2001. Measuring fracture orientation at exposed rock faces by using a non-reflector total Station. Engineering Geology 59, 133-146.

4- Gardner, J.N., House, L.S., 1999. High modified Mercalli intensities from Small Shallow earthguakes northern Rio Grande rift, New Mexico USA. Eos, Transaction- American Geophysical Union 80 (46), F 710

5- Gardner, J. N., Lavine, A., Wolde Gabriel, G.J., Vaniman, D., Caporuscio, F., Lewis, C., Reneau, P., Kluk, E., Sow. M.J., 1999, Structural geology if the northwestern Portion of Los Almos National Laboratory, Rio Grande rift, New Mexico: implications for Seismic Surface rupture Potential from TA-3 to TA-55. Los Alamos National Laboratory Report LA-13589-MS.112 PP.

6- Gardner, J.N., Reneau, S.L., Krier, D., Lavine, A., Lewis, C.J., Wolde Gabriel, G., Guthrie, G., 2001. Geology of the Pajarito Fault Zone in the Vicinity of S-site (TA-16), Los Alamos National Laboratory, Report LA - 13831-Ms . 85 PP.

7- Geodimeter, 1998. Geodimeter System Goo and 600 Pro User Manual, 10th Edition, Printed in Sweden.

8- Keim., R.F., Skaugset, A.E., Bateman, D.S., 1999. Digital terrain modeling of small Stream Channels With a total - Station theodolite Advances in water Resources 23, 41-48.

9- Kelson, K.I, at el 2001. Representative Styles of deformation along the Chelungpu Fault form the 1999 Chi-Ch (Taiwan) earthquake, Geomorphic Characteristics and Responses of man -made Structures. Bulletin of the Seismological Society of America 91 (5), 930-952.

10- Philpotts, A.R. 1997. The electronic total Station - a Versatile, revolutionary new geologic mapping tool. Journal of Geoscience Education 45, 38-45.

11- Reneau, R.E., 2002. Paleoseismic investigation of the Bandelier tuff at Mesita del Buey, Technical Area 54, Los Alamos National Laboratory.

12- Webber, B.B., 1995. Testing the vertical accuracy of United States Geologic Survery 7.5 minute and 1 degree digital elevation models. University of Idaho, 73 pp.

پی نوشت

1- Total Station

تئودولیت الکترونیکی که با توانایی انجام کلیه مراحل اندازه گیری (زاویه و فاصله) و محاسباتی و ترسیم مانند یک ایستگاه کامل کاری، همزمان با اندازه گیری، محاسبات مورد نیاز داده های مکانی را جهت ذخیره سازی، سازماندهی، ایجاد پایگاه داده ای و ترسیم نقشه فراهم می سازد.

۲ -این مقاله با طرح روش نقشه برداری زمین شناسی با استفاده از توتال استیشن و برداشت اطلاعات از جزئیات گسل های کوچک به منظور ارزیابی پتانسیل گسیختگی سطحی ناشی از زلزله و بررسی نتایج، پیامدها، مزایا و معایب پروژه تحقیقاتی بخش علوم و محیط زیست آزمایشگاه ملی لوس آلامس در نیو مکزیکو را که توسط آلکیس لاوین، جین گاردنر و استفن لئو انجام یافته تحلیل و نتایج تحقیق آنها را ارائه می کند.

3- Canyan