

نقشه‌برداری با استفاده از سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS)^۱

مقدمه

از مهم‌ترین امور در تهیه نقشه، تشکیل اسکلت و تعیین موقعیت نقاط مبناست که طی آن پس از انجام عملیاتی، مختصات سه‌بعدی نقاط (یعنی x و y و z) تعیین می‌گردد. با توجه به این که قبلاً برای این کار اندازه‌گیری دقیق زوایا و طول‌های تشکیل‌دهنده اسکلت فوق ضرورت داشت و به این منظور نیز لازم بود هر نقطه به نقاط قبل و بعد از خود دید داشته باشد، به اجبار این نقاط در روی ارتفاعات و مناطق صعب‌العبور انتخاب می‌شد و انجام اندازه‌گیری‌ها بسیار مشکل و وقت‌گیر بود و از آنجا که به دلیل تغییرات سطح زمین باید هرچند سال یک‌بار هم عملیات تکرار شود انجام این کار برای کل مناطق سطح زمین غیرممکن می‌نمود.

در سال ۱۹۷۳ سیستمی به نام (GPS) به کار گرفته شد که بر مبنای یک سیستم مختصات منحصر به فرد جهانی^۲ با سرعت فوق‌العاده و دقت بالا قادر است موقعیت هر نقطه در روی سطح زمین را برای افرادی که از گیرنده‌های مخصوص استفاده می‌کنند، تعیین نماید.

این سیستم علاوه بر مکان‌یابی نقاط ثابت در روی زمین، قادر است اجسامی که در حال حرکت هستند، نظیر اتومبیل، کشتی، هواپیما و ... را لحظه به لحظه تعیین موقعیت کند. به این ترتیب نه تنها در زمینه مهندسی نقشه‌برداری، بلکه در شاخه‌های جغرافیا - محیط زیست - تکنیک - ژئوفیزیک - حمل و نقل - ناوبری - ترافیک - سنجش از دور - شهرسازی و برنامه‌ریزی منطقه‌ای و غیره نیز کاربرد پیدا کرده است.

کاربردهای فراوان و روزافزون این سیستم، رقابت فشرده سازندگان بین‌المللی وسایل الکترونیکی نقشه‌برداری را برانگیخته است. به طوری که در کمتر از سه دهه، بیش از ۷۰ مؤسسه، حداقل ۲۳۰ نوع گیرنده از نوع مختلف سیستم GPS را به بازار عرضه کرده‌اند.

^۱ - Global Positioning System

^۲ - World Geodetic System

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند:

- GPS را معرفی نماید.
- بخش‌های اصلی در GPS را نام برده و درباره هر بخش مختصراً توضیح دهد.
- سیستم مختصات مبنا در کار با GPS را توضیح دهد.
- چگونگی برقراری ارتباط گیرنده با ماهواره را ذکر نماید.
- برای تعیین موقعیت دوبعدی و سه‌بعدی نقاط تعداد ماهواره‌های لازم جهت ارتباط را تعیین نماید.
- اصول تعیین موقعیت با GPS را بطور مختصر شرح دهد.
- روش‌های تعیین موقعیت با GPS را نام برده، هر کدام را مختصراً توضیح دهد.
- کاربردهای GPS را بیان کند.

۱-۵ — معرفی سیستم GPS

با پیشرفت معجزه‌آسای علوم و فنون و ورود فن‌آوری‌های جدید در قلمرو فعالیت‌های علمی و نظامی و اکتشافی دنیای متحول امروزی روش‌های مکان‌یابی سنتی و قدیمی جوابگوی نیازمندی‌های ناوبری نظامی نبود، از این‌رو دانشمندان علوم نظامی برای تأمین مقاصد خود ماهواره‌هایی را به‌فضا فرستادند و گیرنده‌هایی اختراع^۱ و بر روی ناوهای دریایی و هواپیماهای نظامی نصب کردند تا در هر نقطه از سطح زمین و در هر زمان دلخواه بتوان موقعیت آن نقطه را (بر مبنای یک سیستم مختصات جهانی تعریف شده) تعیین نمود.

در سال ۱۹۶۰ پس از پرتاب ماهواره اسپوتنیک^۲ توسط شوروی سابق نخستین فعالیت در این زمینه صورت گرفت و وزارت دفاع آمریکا در یک رقابت علمی — نظامی، با پرتاب ماهواره‌هایی به‌فضا، سیستم جدیدی را در نیروی دریایی خود پایه‌ریزی کرد.

از سال ۱۹۶۴ تا ۱۹۶۷ استفاده از این سیستم صرفاً جنبه نظامی داشت و از آن‌پس تدریجاً تحت شرایطی امکان استفاده برای کشورهای محدودی فراهم گردید.

از سال ۱۹۷۳ سیستم GPS برای استفاده عموم تحت توسعه قرار گرفت و خریداران گیرنده‌های

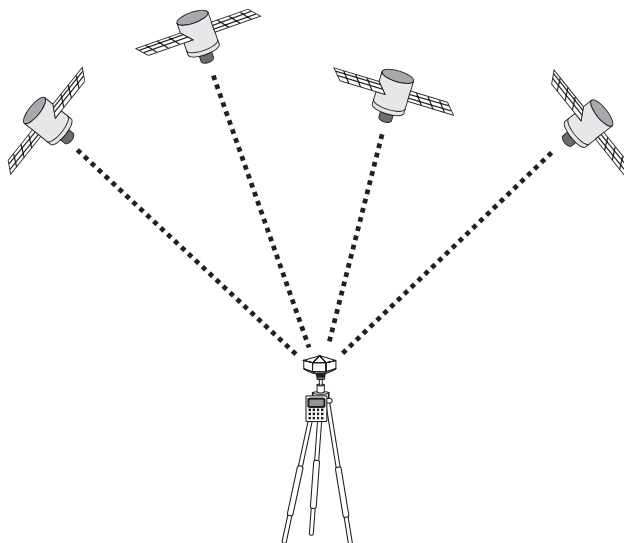
۱- اسم کامل این سیستم NAVSTAR GPS (Navigation System with Time and Ranging GPS) است که اطلاعات

مربوط به موقعیت دقیق سه‌بعدی و زمان را جهت استفاده‌کنندگانی که به گیرنده‌های خاص مجهز باشند، فراهم می‌آورد.

۲- ماهواره اسپوتنیک در چهارم اکتبر ۱۹۵۷ به فضا پرتاب شده بود.

ماهواره‌ای حق استفاده از آن را پیدا نمودند و از سال ۱۹۸۳ به عنوان روشی برای حل مسایل نقشه‌برداری در جهان مطرح گردید.

GPS نقشه‌برداری زمین به زمین را به اندازه‌گیری زمین به فضا تغییر داده است^۱.



شکل ۱-۵- ارتباط ماهواره‌ها با گیرنده

۲-۵- مزایای سیستم تعیین موقعیت جهانی

- توانایی کار در هر شرایط آب و هوایی
- توانایی کار در طول شبانه روز
- تهیه نقشه در مدت زمان کمتر
- داشتن دقت بالا

۳-۵- اجزای سیستم تعیین موقعیت جهانی

GPS دارای سه بخش اصلی است که عبارتند از:

الف) بخش فضایی^۲: که از ماهواره‌ها تشکیل شده است.

ب) بخش کنترل^۳: که وظیفه ارتباط و بررسی سیستم و ارائه اطلاعات مربوط با موقعیت

۱- قبل از آن در روشی بنام «دایر» این کار انجام شده است.

۲ - Satellite Segment

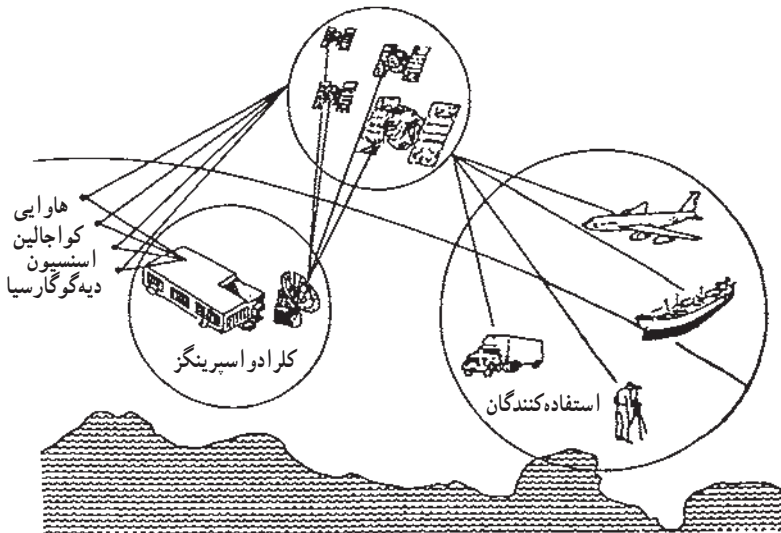
۳ - Control Segment

ماهواره‌ها را داراست.

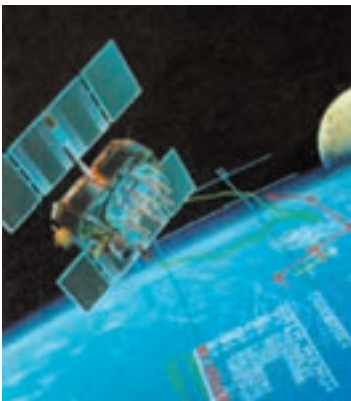
(ج) بخش کاربر^۱: که شامل انواع مختلف گیرنده‌هاست.

۱-۳-۵- بخش فضایی: ماهواره‌های GPS از پایگاهی در فلوریدای آمریکا توسط موشک

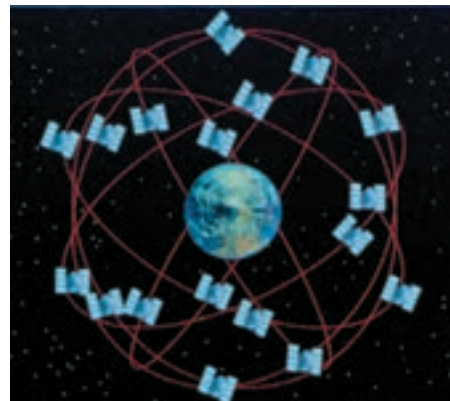
براساس یک برنامه زمان‌بندی شده به فضا پرتاب شده‌اند. ابتدا تعداد این ماهواره‌ها تا ۱۸ عدد بود و سپس به ۲۴ عدد افزایش یافت و قرار است در آینده نزدیک تعداد آنها به ۳۲ عدد برسد که نتیجه آن کاهش زمان ارتباط برای تعیین موقعیت و رسیدن به دقت بیشتر و صرفه‌جویی در هزینه‌هاست، این ماهواره‌ها



شکل ۲-۵- ایستگاه‌های کنترل



شکل ۴-۵- هر ماهواره دارای یک فرستنده، یک گیرنده، یک آنتن، یک میکروپروسسور و ۱۵ سیلاتور است.



شکل ۳-۵- مدارات ماهواره‌ها

در ارتفاع حدود ۲۰۱۰۰ کیلومتری از زمین در مدارهای مختلف بیضی شکل به دور زمین در گردش اند و مدارهای آنها طوری طرح ریزی شده که تمام کره زمین را پوشش می دهند به طوری که در فضای متناظر با هر نقطه از کره زمین اعم از خشکی و دریا حداقل چهار ماهواره در مدارهای خود در گردش اند. الکتریسته مورد نیاز از دو صفحه متشکل از باتریهای خورشیدی که سطح ۷/۲ متر مربع را پوشش می دهد تأمین می گردد و باتریهای نیکل - کادمیم انرژی مورد نیاز را در زمان گرفتگی خورشیدی در دسترس ماهواره قرار می دهد، وزن هر ماهواره حدود ۸۴۵ کیلوگرم است. ماهواره ها اطلاعات مربوط به موقعیت مداری خویش را نسبت به یک سیستم مختصات جهانی^۱ به زمین ارسال می کنند.

۲-۳-۵ - بخش کنترل: در حال حاضر مرکز کنترل فعالیت ماهواره های سیستم در یک پایگاه نیروی هوایی به نام فالکون^۲ در ایالت کلرادو قرار دارد. مأموریت مهم این مرکز هماهنگ کردن پیغام های اطلاعاتی ماهواره ها است. به غیر از این ایستگاه کنترل اصلی که ایستگاه مادر نامیده می شود، ایستگاه های کنترل دیگری^۳ نیز ردگیری حرکت ماهواره ها را به عهده دارند و اطلاعات مربوط به مسیر



شکل ۵-۵- موقعیت جغرافیایی ایستگاه های کنترل

۱- این سیستم که مبدأ آن در مرکز زمین است (World Geodetic System ۱۹۸۴) و به اختصار WGS ۸۴ نامیده شده است.

۲ - Falcon

۳ - این ایستگاه ها در جزایر Diego Garcia و Ascension در جنوب اقیانوس اطلس و Kwajalein در جزایر مارشال و هاوایی و شهر Colorado springs قرار گرفته اند.

پرواز و شرایط جوی را به ایستگاه کنترل اصلی می‌فرستند. ایستگاه کنترل اصلی، اطلاعات مربوط به موقعیت ماهواره‌ها و رفتار ساعت‌های هم‌ماهواره را از پیش تعیین و از طریق آنتن‌های زمینی ایستگاه به ماهواره‌ها ارسال می‌نماید. هماهنگی زمانی ماهواره‌ها نیز از وظایف بخش کنترل است که مستقیماً براساس استاندارد زمانی رصدخانه نیروی دریایی ایالات متحده آمریکا واقع در «واشنگتن دی‌سی» هماهنگ می‌شود.

۳-۳-۵- بخش کاربر: این بخش شامل انواع گیرنده‌هایی است که قادرند با ماهواره‌ها ارتباط برقرار کنند و از آنها سیگنال‌های حامل اطلاعات را دریافت نمایند. پس از ذخیره اطلاعات در حافظه گیرنده و انتقال آنها به نرم‌افزارهای موردنظر نقطه‌ای که آنتن گیرنده در آن قرار گرفته تعیین موقعیت می‌شود. نمونه‌هایی از گیرنده‌ها را در این صفحه و صفحه بعد می‌بینید.



شکل ۵-۶ چند نمونه دستگاه تعیین موقعیت ماهواره‌ای



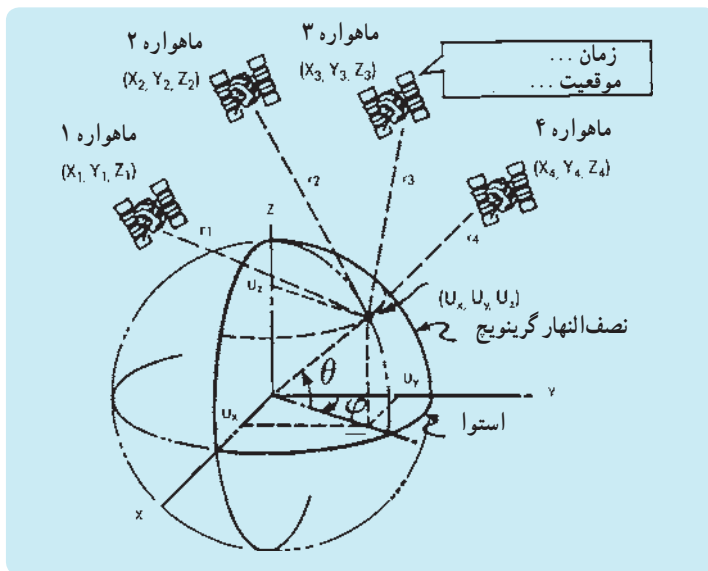
شکل ۵-۷- چند نمونه گیرنده‌های دقیق تعیین موقعیت ماهواره‌ای (GPS)

۴-۵- تعیین موقعیت با سیستم GPS

سیستم مختصات مبنای مورد استفاده در کار با (GPS) که به‌طور خلاصه WGS84^۱ نامیده می‌شود، برای اولین بار در اواخر دهه ۱۹۵۰ در آژانس نقشه‌برداری دفاع آمریکا (DMA)، مورد استفاده قرار گرفته است.

۱ - (World Geodetic System ۱۹۸۴)

آژانس فوق در قسمت‌های مختلف دنیا نقشه‌ها و چارت‌های متفاوت تهیه نموده و تصمیم گرفت، یک سیستم مبنای جهانی که بتواند برای کلیه محصولات فوق به‌عنوان «مرجع جهانی واحد» مورد استفاده قرار گیرد، طراحی نماید که هدف از آن ابداع سیستم بود.

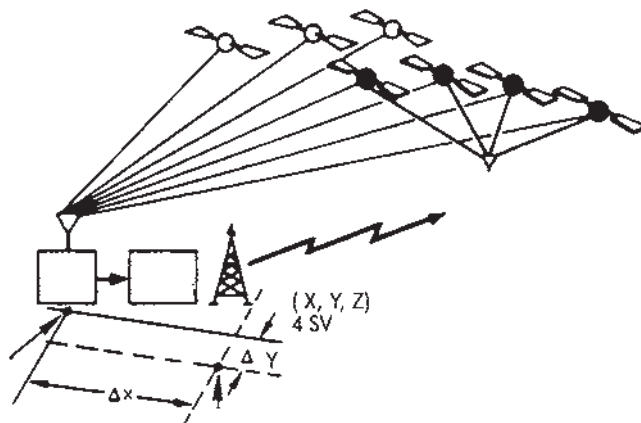


شکل ۸-۵ سیستم مختصات مبنا

هر کشوری تا مدتی قبل به‌طور مستقل سطح مبنایی برای خود انتخاب می‌کرد. این امر، باعث می‌شد تا یک مکان یکسان، بر روی نقشه‌های کشورهای مختلف، مختصات گوناگونی داشته باشد. در حال حاضر تمام گیرنده‌های (GPS) می‌توانند موقعیت‌ها را برحسب سیستم WGS84 گزارش دهند علاوه بر آن قادرند مختصات نقاط را از WGS84 به سطح مبنای نقشه‌های تهیه شده در کل جهان تبدیل نمایند.

از هر ماهواره GPS دو موج با دو فرکانس مختلف به زمین ارسال می‌شود و گیرنده‌های مستقر در روی زمین از طریق آنتن این امواج را می‌گیرند و در نتیجه ارتباط بین گیرنده و ماهواره برقرار می‌شود. پس از برقراری ارتباط، گیرنده بایستی ماهواره‌ها را ردیابی کند (و این بدان معناست که گیرنده موقعیت ماهواره‌ها را شناسایی می‌نماید). چنانچه با سه ماهواره ارتباط برقرار شود، گیرنده قادر است موقعیت دوبعدی محل استقرار را تعیین کند. برای یک تعیین موقعیت سه‌بعدی ارتباط، حداقل چهار ماهواره ضروری است و ارتباط با ماهواره‌های بیشتر باعث کنترل محاسبات می‌شود.

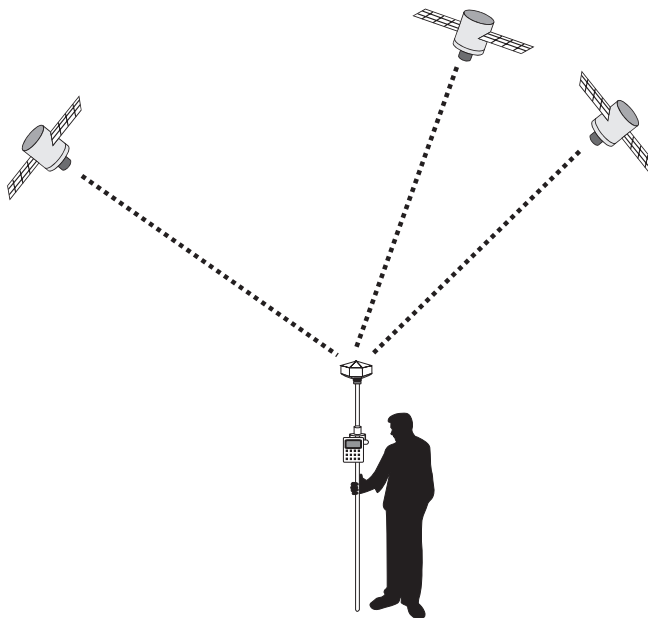
ارتباط با بیش از چهار ماهواره این حُسن را دارد که چنانچه گیرنده در کنار عوارض مرتفع (مانند صخره) یا مثلاً در جنگل قرار گرفته شد، خطر قطع ارتباط وجود ندارد، چرا که در این نوع مناطق زمانی از گیرنده‌ای استفاده می‌شود که تنها با چهار ماهواره در ارتباط است. ممکن است بعضی از امواج به‌ناگاه قطع شوند، در این صورت باید منتظر ماند تا با ماهواره جدید ارتباط برقرار شود. در صورتی که اگر گیرنده از نوعی باشد که بیش از چهار ماهواره را ردیابی می‌کند، از دست دادن امواج یک ماهواره باعث ایجاد وقفه در کار نمی‌شود. ضمناً ارتباط با ماهواره چهارم باعث کنترل ارتباط با سه ماهواره دیگر نیز می‌شود. زیرا برای محاسبه موقعیت گیرنده به راحتی اطلاعات را از بقیه ماهواره‌ها می‌گیرد و مورد استفاده قرار می‌دهد. غالب گیرنده‌ها می‌توانند بین ۸ تا ۱۲ ماهواره را ردیابی کنند.



شکل ۵-۹

۱-۴-۵- اصول تعیین موقعیت با GPS : اگرچه فن‌آوری به‌کار رفته در ماهواره‌ها و

گیرنده‌های زمینی سیستم GPS بسیار پیچیده است ولی اصول تعیین موقعیت نقاط در این سیستم ساده و قابل درک می‌باشد. در این سیستم ماهواره‌ها در مدارهایی حول زمین در گردش هستند که موقعیت نقطه به نقطه این مدارها در سیستم مختصات مبنا مشخص است و با استقرار گیرنده بر روی نقطه‌ای نامعلوم در روی زمین و پس از برقراری ارتباط، فاصله نقطه مذکور تا تمامی ماهواره‌های قابل مشاهده تعیین می‌شود. سپس با مشخص بودن فواصل گیرنده از ماهواره‌ها به روشی که در نقشه‌برداری «ترفیع فضایی» نام دارد، موقعیت نقطه مجهول محاسبه می‌گردد. درواقع هر نقطه زمینی محل تلاقی سه کره است که مرکز هریک از این کره‌ها در یک ماهواره است و شعاع آن برابر با فاصله آن ماهواره تا نقطه زمین می‌باشد.



شکل ۵-۱۰

۵-۴-۲ روش‌های تعیین موقعیت با (GPS) :

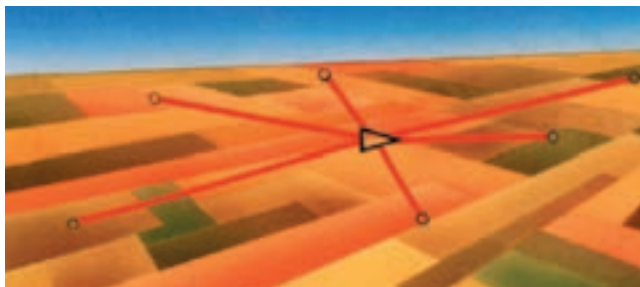
– روش / استاتیک^۱ : در این روش تنها مختصات نقاطی که گیرنده بر روی آنها مستقر است اندازه‌گیری می‌شود و برای نقاط با فواصل بلند (بیش از ۲۰ کیلومتر) کاربرد دارد. نقشه‌برداری استاتیک یک روش استاندارد برای تعیین موقعیت نقاط با دقت‌های بالا و مناسب برای مناطق گسترده و شبکه نقاط کنترل کشوری و قاره‌ای و برای نظارت در جابه‌جایی و حرکات زمینی با زمان استقرار نسبتاً طولانی (در حال حاضر بیش از ۳۰ دقیقه) می‌باشد.



شکل ۵-۱۱

دقت این روش برای دستگاه‌های دقیق $1\text{ ppm} + 5\text{ mm}$ می‌باشد. در روش استاتیک، یک گیرنده روی نقطه معلوم و گیرنده دیگر روی نقطه مجهول قرار می‌گیرد و هر دو گیرنده همزمان مشاهدات یکسانی را انجام می‌دهند.

— روش / استاتیک سریع^۱: در این روش که برای فواصل تا ۱۵ کیلومتر کاربرد دارد، یک گیرنده روی نقطه‌ای ثابت است و به‌عنوان ایستگاه مرجع^۲ موقتی عمل می‌کند و گیرنده دوم روی نقاط دیگر حرکت می‌کند و در مدتی کوتاه با ماهواره‌ها در تماس است (۵ تا ۱۵ دقیقه) و جابجا می‌شود. می‌توان به‌هنگام حرکت سیستم را خاموش کرده و در مصرف باتری صرفه‌جویی نمود. این روش را می‌توان در مورد نقشه‌برداری‌های کنترلی، انبوه‌سازی و نقشه‌های تفصیلی به‌کار برد. همچنین می‌توان به‌جای پیمایش و مثلث‌بندی‌های سنتی از آن استفاده کرد. در شرایط مطلوب دقت این روش $1\text{ ppm} + 10\text{ mm} \sim 5$ می‌باشد.



شکل ۱۲-۵

— روش / ایست — رو^۳: روشی است سریع که در آن، یک گیرنده روی نقطه معلوم قرار می‌گیرد و گیرنده دیگر روی نقاط مجهول حرکت می‌کند. زمان استقرار گیرنده متحرک^۴ کوتاه است (حداکثر یک دقیقه) و در تمام مدت بدون خاموشی دستگاه گیرنده باید با حداقل چهار ماهواره ارتباط داشته‌باشد. ضمناً در نقطه اول گیرنده متحرک نیازمند ۵ تا ده دقیقه همزمانی^۵ و توجیه است (فیکس اولیه^۶). این روش برای نقشه‌برداری‌های محدود و فواصل کوتاه مناسب است. دقت این روش $1\text{ ppm} + 1\text{ cm}$ برای دستگاه‌های دقیق می‌باشد.

۱ — Rapid Static

۲ — Reference

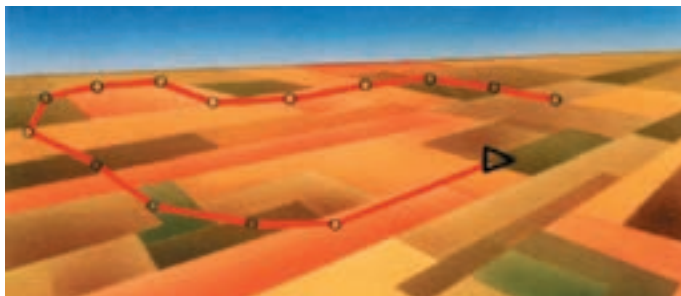
۳ — Stop and Go

۴ — Rover

۵ — مدت زمان مشترک اندازه‌گیری روی نقاط معلوم و مجهول را زمان مفید اندازه‌گیری (همزمانی) می‌گویند.

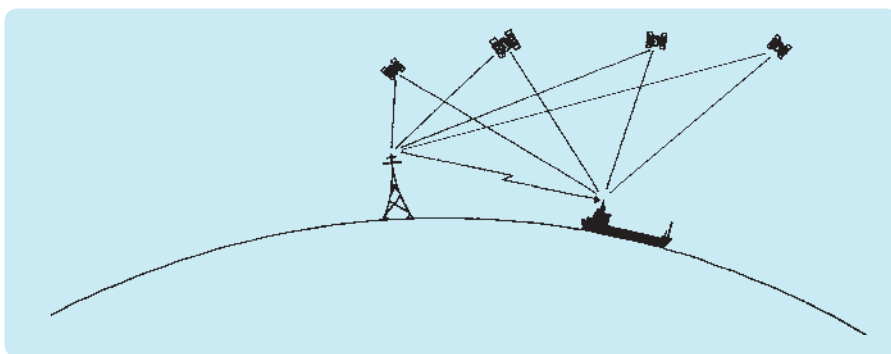
۶ — Rapid — static Fix

تفاوت روشهای استاتیک سریع و ایست – رو به جز مدت زمان استقرار آن است که در روش استاتیک سریع وقتی که از یک نقطه به نقطه دیگر حرکت می‌کنیم دستگاه بین راه خاموش است. در حالی که در روش ایست – رو لازم است همواره دستگاه روشن باشد.

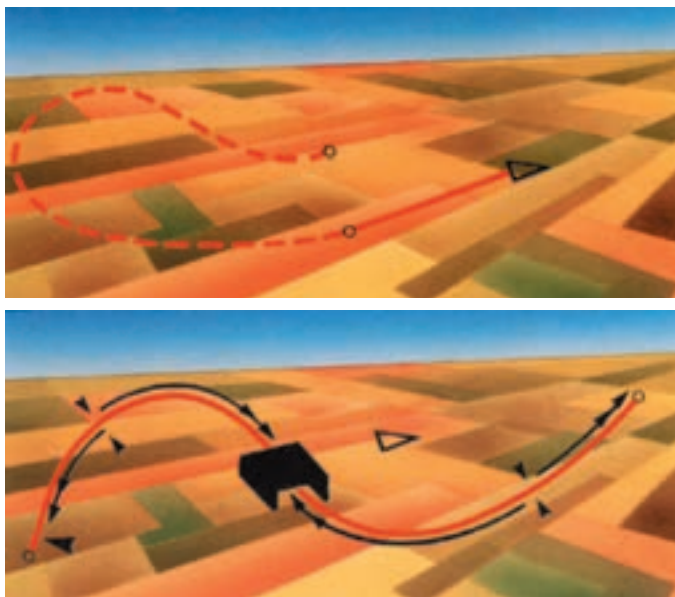


شکل ۱۳-۵

– روش کینماتیک^۱: در این روش پس از استقرار یک گیرنده روی نقطه معلوم، گیرنده دیگر بر روی وسیله متحرکی مانند اتومبیل یا کشتی و غیره قرار می‌گیرد. در روش کینماتیک طرز عمل مانند روش ایست – رو است با این تفاوت که بعد از (فیکس اولیه) گیرنده متحرک دائماً در حرکت است و به صورت خودکار هریک (یا چند) ثانیه یک بار عمل اندازه‌گیری را انجام می‌دهد. در این روش نیز دستگاه گیرنده متحرک باید دائماً با حداقل چهار ماهواره در ارتباط باشد.



شکل ۱۴-۵



شکل ۱۵-۵- دو نمونه تعیین موقعیت کینماتیک

۵-۵- پردازش اطلاعات در GPS

هر گیرنده‌ای فرمت خاص خود را دارد و مشاهدات در آن بر اساس این فرمت تعریف می‌شوند لذا داده‌های جمع‌آوری شده از انواع مختلف گیرنده‌ها نمی‌توانند با یک نرم‌افزار خاص پردازش شوند به عبارت دیگر هر نوع گیرنده نرم‌افزار خاص خود را داراست و داده‌های جمع‌آوری شده با آن تنها با نرم‌افزار خاص آن نوع گیرنده قابل تخلیه و پردازش است. امروزه در بیشتر گیرنده‌های GPS نرم‌افزار تبدیل از فرمت خاص گیرنده به فرمت Rinex وجود دارد. در واقع Rinex یک مبدل بین گیرنده‌ها و نرم‌افزارهای مختلف پردازشگر است. این فرمت ۳ فایل زیر را داراست.

۱- فایل مشاهدات

۲- فایل شرایط آب و هوایی

۳- فایل پیغام‌های ناوبری

اطلاعات دریافتی از ماهواره :

– ساعت ماهواره

– شماره ماهواره و تعداد آنها

– موقعیت ماهواره‌ها

– شرایط آب و هوای جو

اطلاعات پس از دریافت در گیرنده پردازش و در هر لحظه موقعیت گیرنده را نشان می‌دهد و برای داشتن دقت بهتر باید از تمامی اطلاعات ذخیره شده و اعمال تصحیحات لازم استفاده نموده و توسط نرم‌افزارهای پردازشگر مختصات دقیق نقاط استخراج می‌گردد.

۵-۶- کاربردهای GPS

۵-۶-۱- هدایت‌گری (ناوبری): تصور کنید داخل کشتی نشسته‌اید و هیچ نشانه‌ای برای توجیه موقعیت در اختیار ندارید. یعنی نه ساحلی دیده می‌شود و نه آفتابی و نه ستاره‌ای. حال، چگونه می‌توان موقعیت خود را پیدا نمود و جهت را تشخیص داد؟ یا در داخل هواپیمایی برفراز ابرها مسافرت می‌کنید؛ در این صورت، چگونه به موقعیت خود پی خواهید برد؟

۵-۶-۲- استفاده در علوم: استفاده دقیق GPS در بررسی تکتونیک، زلزله و آتش‌فشان، بررسی محور دورانی زمین و بررسی سطح تراز آب‌های آزاد، همچنین برای بررسی آب‌شدن یخ‌ها، هواشناسی، آب و هوای قاره‌ای، بررسی یونیسفر، نیز در آب‌شناسی (هیدرولوژی)، محیط‌شناسی و نمونه‌های بسیاری، کاربرد دارد.

۵-۶-۳- مهندسی نقشه‌برداری یا مدیریت پروژه‌ها: از روش‌های دقیق این شیوه، می‌توان برای کارهای گوناگون استفاده نمود که عبارت‌اند از:

علم نقشه‌برداری، بررسی جابه‌جایی سدها، بررسی فرونشینی یا خاگرزها، جمع‌آوری اطلاعات برای GIS^۱ مهندسی ارتباطات، مهندسی کشاورزی، اکتشافات طبیعی، پیش‌بینی هوا، بخار آب و دیگر ترکیبات اتمسفر.

۵-۶-۴- در علوم نظامی: در علوم نظامی نیز GPS کاربرد بسیاری دارد؛ برای مثال، در هدایت نیروهای نظامی به سمت اهداف از قبل تعیین شده، پرتاب موشک‌های دوربرد با دقت بسیار بالا و دیگر اهداف نظامی خاص.

۵-۶-۵- پیش‌بینی هوا: با بررسی تأخیر امواج ارسالی از ماهواره‌ها می‌توان به بخار آب موجود در فضا و دیگر ترکیبات موجود در اتمسفر پی‌برد. به وسیله شبکه نقاط GPS می‌توان اطلاعات بسیار مهمی برای شبیه‌سازی و مدل‌های پیش‌بینی هوا به دست آورد.

خودآزمایی

- ۱- GPS چیست؟ راجع به آن توضیح دهید.
- ۲- بخش‌های اصلی در (GPS) را نام برده و درباره هر بخش توضیح دهید.
- ۳- درباره سیستم مختصات مبنا در اندازه‌گیری با (GPS) توضیح دهید.
- ۴- طرز برقراری ارتباط با ماهواره را در یک دستگاه (GPS) شرح دهید.
- ۵- تعداد ماهواره‌های لازم جهت برقراری ارتباط را در تعیین موقعیت‌های دوبعدی و سه‌بعدی ذکر نمایید.
- ۶- محاسن ارتباط با بیش از چهار ماهواره را بیان نمایید.
- ۷- اصول تعیین موقعیت با (GPS) را به‌طور مختصر توضیح دهید.
- ۸- روش‌هایی را که برای تعیین موقعیت با (GPS) می‌دانید ذکر نموده درباره هر کدام مختصراً توضیح دهید.
- ۹- اطلاعات دریافتی از ماهواره را بیان کنید.
- ۱۰- کاربردهای GPS را شرح دهید.