دانشگاه تهران
دانشکده فنی

۱۳۷۸ /۸/ ۳۰

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
قسمت مدارک

پایان نامه کارشناسی ارشد
مهندسی عمران - نقشه برداری
گرایش : ژئودزی

موضوع

طراحی و اجرای برنامهٔ سرشکنی مشاهدات GPS به روش دیفرانسیلی مرتبه سوم

5918

دانشجو : حمید ابراهیمی

استاد راهنما : دکتر حمید عبادی
استاد مشاور : دکتر حسین نهاوندچی

شهریور ۱۳۷۸

موضوع

طراحی و اجرای برنامهٔ سرشکنی مشاهدات GPS به روش دیفرانسیلی مرتبه سوم

توسط

حمید ابراهیمی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی نقشه برداری، گرایش ژئودزی

از این پایان نامه در تاریخ ۷۸/۶/۳۱ در مقابل هیئت داوران دفاع بعمل آمده و مورد تصویب قرار گرفت .

استاد راهنما : دکتر حمید عبادی

استاد مشاور : دکتر حسین نهاوندچی

سرپرست گروه آموزشی : مهندس فرهاد صمدزادگان

سرپرست کمیته تحصیلات تکمیلی گروه : دکتر محمود رضا دلاور

اعضاء هیئت داوران :

- دکتر مهدی نجفی
- مهندس محمد علی شریفی

تقدیم به پدر و مادر گرانقدرم

قدردانی

بدینوسیله ازاستاد ارجمند جناب آقای دکتر حمید عبادی بخاطر هدایت و راهنمائی های ارزشمندشان درتهیه وارائه هرچه بهتر این پایان نامه، کمال تشکر و قدردانی را دارم. همچنین از جناب آقای دکتر حسین نهاوندچی که در مراحل تکمیلی پایان نامه از ارشاداتشان بهره مند شدم سپاسگزارم. از دوست عزیزم جناب آقای مهندس امیرحسین مقدم که در مراحل مختلف برنامه نویسی از مشاورهٔ ایشان سودبردم، صمیمانه قدردانی می نمایم. از مدیریت، معاونت و اساتید محترم گروه مهندسی نقشه برداری دانشکده فنی دانشگاه تهران جهت مساعدت های بی دریغشان، تشکر می نمایم. از مجری و مسئولین محترم طرح کاداستر کشور، بالاخص همکاران محترم بخش GIS طرح کاداستر کشور، که امکانات و شرایط لازم را جهت تسهیل در تهیه پایان نامه در اختیار اینجانب نهادند تشکر و سپاس خود را اعلام می دارم.

موفقیت و پیشرفت خود را در کلیهٔ مراحل زندگی مدیون فداکاری، محبت و راهنمایی های پدر و مادرم می دانم، بدینوسیله بر خود فرض می دانم از این بزرگواران کمال امتنان وقدردانی خود را ابراز دارم.

چکیده

در تعیین موقعیت یا استفاده از GPS ، علاوه بر عناصر مختلف دخیل در سیستم از قبیل ایستگاههای کنترل ، ماهواره ها و گیرنده ها ، نرم افزارهای پردازشگر اطلاعات دریافتی نیز از اهمیت ویژه ای برخوردارند . زیرا بدون داشتن یک نرم افزار کارآمد و انعطاف پذیر که مناسب برای انواع مشاهدات GPS باشد ، حصول نتیجه مطلوب از تعیین موقعیت ماهواره ای بعید به نظر می رسد . به همین دلیل نرم افزارهای پردازشگر اطلاعات و زیر برنامه های سرشکنی مشاهدات مربوط به آنها ، همواره در حال پیشرفت می باشند تا علاوه بر استفاده از امکانات جدید سیستم GPS و گیرنده های آن ، از روشهای جدید برنامه نویسی کامپیوتری برای بالا بردن دقت و سرعت محاسبات بهره مند گردند . این پایان نامه در ابتدا مفاهیم و اصول اولیه سیستم GPS را بررسی می کند . پس از آن به پارامترهای مختلف قابل مشاهده و اندازه گیری در GPS که در تشکیل معادلات مشاهدات ، نقش دارند می پردازد . در قسمتهای بعدی به بررسی مدلهای ریاضی مختلف از قبیل مدل تعیین موقعیت مطلق و نسبی و مدلهای مختلف دیفرانسیلی پرداخته و پس از آن روش سرشکنی مدلهای مذکور را بیان می کند . سپس مدل دیفرانسیلی مرتبه سوم، بطور اخص ارزیابی می گردد . در نهایت، نحوه طراحی و اجرای برنامه سرشکنی با استفاده از روش دیفرانسیلی مرتبه سوم که هدف این پایان نامه است ، بیان می گردد و نتایج حاصل از برنامه فوق الذکر از نظر می گذرد . در بخش های پیوست نیز قابلیت های مختلف نرم افزارهای GPS بررسی می شوند.

نتایج حاصل از برنامه نشان می دهد در طول های حدود چند کیلومتر با در نظر گرفتن وابستگی بین مشاهدات، دقتی در حدود ۳-۲ متر و با چشم پوشی از وابستگی دقتی در حدود ۸-۷ متر در تعیین مختصات نقطهٔ Rover ، قابل دستیابی می باشد.

فهرست مطالب

فصل اول – مقدمه ۱

فصل دوم – مروری بر سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS) ۶

۲-۱) بخش فضایی ۷

۲-۱-۱) ماهواره های GPS ۷

۲-۱-۲) زمان ماهواره های GPS ۸

۲-۲) بخش کنترل ۹

۲-۳) بخش کاربران ۱۰

۲-۳-۱) گیرنده های GPS ۱۱

۲-۴) حرکت مداری و المانهای کپلری ۱۲

۲-۴-۱) افمریزها ۱۴

۲-۵) ساختار امواج ارسالی توسط ماهواره و پیام ناوبری ۱۴

۲-۵-۱) پیام ناوبری ۱۵

۲-۶) سیستم مختصات مرجع در GPS ۱۷

۲-۷) شبه فاصله کد ۱۹

۲-۸) شبه فاصله فاز ۲۰

۲-۹) بایاس و نویز ۲۱

۲-۱۰) ترکیب خطی مشاهدات فاز ۲۲

۲-۱۱) بررسی اجمالی منابع خطا در GPS ۲۳

۲-۱۱-۱) اثراتمسقر بر روی مشاهدات ۲۳

۲-۱۱-۲) اثر multi path ۲۴

۲-۱۱-۳) اثر مرکز فاز آنتن ۲۵

فصل سوم – مدلهای ریاضی تعیین موقعیت با استفاده از GPS ۲۷

۳-۱) تعیین موقعیت نقطه ای ۲۸

۳-۱-۱) تعیین موقعیت نقطه ای با استفاده ازکد ۲۹

۳-۱-۲) تعیین موقعیت نقطه ای با استفاده ازفاز حامل ۳۰

۳-۲) تعیین موقعیت نسبی ۳۲

۳-۳) معادلات تفاضلی فاز ۳۳

۳-۳-۱) دیفرانسیلی مرتبه اول (تفاضل یگانه) ۳۳

۳-۳-۲) دیفرانسیلی مرتبه دوم (تفاضل دوگانه) ۳۴

۳-۳-۳) دیفرانسیلی مرتبه سوم (تفاضل سه گانه) ۳۶

۳-۴) وابستگی میان (Corrolation) مولفه های فاز ۳۷

۳-۵) تعیین موقعیت نسبی استاتیک ۴۱

۳-۶) تعیین موقعیت نسبی کینماتیک ۴۲

۳-۷) تعیین موقعیت نسبی شبه کینماتیک ۴۴
۳-۸) خطی کردن معادلات ۴۵
۳-۹) مدل خطی شده تعیین موقعیت نقطه ای توسط کد ۴۷
۳-۹) مدل خطی شده تعیین موقعیت نقطه ای توسط فاز حامل ۴۸
۳-۱۰) مدل خطی شده تعیین موقعیت نسبی ۴۸
۳-۱۰-۱) دیفرانسیلی مرتبه دوم ۴۹
۳-۱۰-۲) دیفرانسیلی مرتبه سوم ۵۱
۳-۱۱) سرشکنی شبکه نقاط ۵۱
فصل چهارم - بررسی روش دیفرانسیلی مرتبه سوم ۵۳
۴-۱) مدل ریاضی و سرشکنی در دیفرانسیلی مرتبه سوم ۵۴
۴-۲) استفاده از دیفرانسیلی مرتبه سوم در تعیین موقعیت استاتیک ۵۶
۴-۳) لغزش فاز (Cycle Slip) و کشف آن توسط دیفرانسیلی مرتبه سوم ۵۸
فصل پنجم - روش اجرای برنامه سرشکنی ... و نتایج حاصل از آن ۶۱
۵-۱) مشخصات نرم افزاری برنامه ۶۲
۵-۲) داده های ورودی برنامه ۶۳
۵-۲-۱) فایل ناوبری (Navigation File) ۶۳
۵-۲-۲) فایل مشاهدات (Observation File) ۶۵
۵-۳) نحوهٔ استخراج اطلاعات از فایل ها ی ورودی ها ۶۵
۵-۳-۱) استخراج اطلاعات از فایل مشاهدات ۶۶
۵-۳-۲) استخراج اطلاعات از فایل ناوبری ۶۸
۵-۴) ساختار برنامه اصلی ۶۹
۵-۵) خروجی های برنامه ۷۳
۵-۶) ارزیابی نتایج حاصل از اجرای برنامه ۷۷
۵-۶-۱) بازهٔ (۱۰۰۱ - ۱۰۰۲) ۷۷
۵-۶-۲) بازهٔ (۱۰۰۱ - ۱۰۰۳) ۸۰
۵-۶-۳) بازهٔ (۱۰۰۱ - ۱۰۰۶) ۸۱
فصل ششم - نتیجه گیری و پیشنهادات ۸۳
پیوست ها ۸۵
مراجع ۹۰

فهرست اشکال

شکل (۱-۲) مدار کپلری ۱۳

شکل (۱-۳) : تعیین موقعیت مطلق(نقطه ای) ۲۸

شکل (۲-۳) : طول پایه (Baseline) ۳۲

شکل (۳-۳) : دیفرانسیلی مرتبه اول ۳۴

شکل (۴-۳) : دیفرانسیلی مرتبه دوم ۳۵

شکل (۵-۳) : دیفرانسیلی مرتبه سوم ۳۶

فهرست جداول

(۲-۱) پارامتر های افمریزی در پیام ناوبری ۱۶
(۲-۲) الگوریتم محاسبه مختصات ماهواره با استفاده از افمریزهای ارسالی ۱۷
(۴-۱) تاثیر cycle slip بر دیفرانسیل های مختلف ۵۹
(۵-۱) نمونه ای از فایل ناوبری Rinex ۶۴
(۵-۲) نمونه ای از فایل مشاهداتی Rinex ۶۶
(۵-۳) نمونه ای از ماتریس mat_o2 (در دو اپک 50110,50100) ۶۷
(۵-۴) نمونه ای از مختصات محاسبه شدهٔ ماهواره ها در ماتریس mat_n2 ..... ۶۸
(۵-۵) Triple Diff. بین ماهواره ها جهت کشف لغزش فاز با استفاده از اطلاعات فایل td.dat ۷۵
(۵-۶) Triple Diff. بین ماهواره ها جهت کشف لغزش فاز با استفاده از اطلاعات فایل td.dat ۷۵
(۵-۷) نمایش تغییرات PDOP با استفاده از اطلاعات فایل dops.dat ۷۶
(۵-۸) نمایش تغییرات PDOP با استفاده از اطلاعات فایل dops.dat ۷۶
(۵-۹) نتایج حاصل از برنامه، مربوط به ۵ دقیقه مشاهده (سرشکنی با در نظر گرفتن وابستگی) ۷۸
(۵-۱۰) نتایج حاصل از ۵ دقیقه مشاهده (سرشکنی بدون در نظر گرفتن وابستگی) ۷۸
(۵-۱۱) نتایج حاصل از برنامه، مربوط به ۱۰ دقیقه مشاهده در بازهٔ (۱۰۰۱ - ۱۰۰۲) ۷۹
(۵-۱۲) نتایج حاصل از برنامه مربوط به ۳۴ دقیقه مشاهده در بازهٔ (۱۰۰۱ - ۱۰۰۲) ۸۰
(۵-۱۳) نتایج حاصل از برنامه مربوط به ۳۴ دقیقه مشاهده در بازهٔ (۱۰۰۱ - ۱۰۰۳) ۸۱
(۵-۱۴) نتایج حاصل از برنامه مربوط به ۲۰ دقیقه مشاهده در بازهٔ (۱۰۰۱ - ۱۰۰۶) ۸۱

فصل ۱

مقدمه

استفاده از سیستمهای ماهواره ای برای تعیین موقعیت ، به اوایل دهه ۶۰ میلادی و ماهواره های TRANSIT بر می گردد. این ماهواره ها در فاصله ۱۱۰۰ کیلومتری بالای سطح زمین و در مدارهای قطبی در حال گردش به دور زمین بودند. بعلت عدم دسترسی به این ماهواره ها در تمام لحظات و همچنین اثر پذیری شدید فرکانس آنها (۴۰۰ MHz و ۱۵۰) از شرایط جوی قرار می گیرد ، سیستم GPS (Global Positioning System) از سوی ارتش آمریکا بعنوان یک سیستم تعیین موقعیت جایگزین ، ایجاد گردید و نیاز آنها را به یک سیستم تعیین موقعیت دقیق ، ۲۴ ساعته و تا حد زیادی عاری از اثرات جوی برآورده ساخت . تعریفی که توسط Wooden (1985) برای GPS ارائه شده ، عبارت است از :

" GPS یک سیستم مناسب با هر شرایط آب و هوایی و بر پایه ناوبری فضایی است که توسط وزارت دفاع آمریکا (DOD) در حال بهبود وگسترش بوده و هدف آن برآورده ساختن نیازهای نیروهای نظامی جهت تعیین دقیق موقعیت ، سرعت و زمان در یک سیستم مشترک مبناء در هر نقطه از سطح یا نزدیک به سطح زمین می باشد . "

هم اکنون دو سرویس مختلف برای استفاده از GPS ارائه می گردد . نخست سرویس تعیین موقعیت استاندارد SPS (Standard Positioning System) که در آن به عمد دقت تعیین موقعیت کاهش می یابد و برای کاربران عمومی در دسترس می باشد و دیگری سرویس تعیین موقعیت دقیق PPS

(Pricise Positioning System) که استفاده از آن تنها برای گیرنده های مجاز (نظامی) امکان پذیر است . در مورد سرویس اول می توان با استفاده از مشاهدات بطریقه دیفرانسیلی که در فصل های آینده به تفضیل راجع به آن بحث خواهد شد عوامل کاهش دقت را تا حد زیادی حذف نمود . در این پایان نامه می خواهیم با استفاده از تکنیک های دیفرانسیلی به پردازش اطلاعات دریافتی از ماهواره در گیرنده پرداخته و به موقعیت نقطه مورد مشاهده دست یابیم. تکنیک های دیفرانسیلی تعیین موقعیت ، در حالتی مورد بحث قرار می گیرند که یک گیرنده (Master)، با استقرار در یک ایستگاه با مختصات معلوم ، بطور مداوم به انجام مشاهده بپردازد و با دیفرانسیل گیری میان مشاهدات مربوط به این گیرنده و مشاهدات همزمان گیرنده دیگر(Rover) که در نقطهٔ مجهول مستقر شده، به تعیین موقعیت نسبی گیرنده دوم پرداخت . برای عمل دیفرانسیل گیری روشهای مختلف بیان شده است که از آن جمله می توان به دیفرانسیل گیری مرتبه اول ، دوم و سوم مشاهدات فاز حامل اشاره نمود . در این دیفرانسیل گیری ها سعی شده تا با هر مرتبه از دیفرانسیل گیری پارامتر یا پارامتر های فرعی که در مدل های مربوطه مجهول می باشند حذف گردند و در واقع بتوان با محدود کردن نیاز به اطلاعات جانبی و اضافی به تعیین موقعیت نسبی نقطه با دقت کافی دست یافت . لازم به ذکر است که هر کدام از روشهای فوق در مراحل مختلف پردازش مشاهدات GPS از اهمیت خاصی برخوردارند .

در بین این روشها ما به روش دیفرانسیلی مرتبه سوم می پردازیم که در آن باتوجه به ماهیت دیفرانسیل گیری بین دو ماهواره و در دو اپک مختلف تعدادی از خطاها و پارامترهای مجهول حذف می گردند . علاوه بر آن این نوع دیفرانسیل گیری راه حل مناسبی برای کشف قسمت اعظم لغزش فازهای موجود در مشاهدات می باشد . البته در روش دیفرانسیلی مرتبه سوم بخاطر بالا رفتن نویز ، دقت نتایج نهایی ، نسبت به دیفرانسیل های مرتبه پائین تر ، کاهش می یابد . ولی این روش واسطه

خوبی برای دستیابی به مختصات تقریبی نقطه مجهول با دقت مناسب و کافی جهت استفاده از آن در محاسبات دیفرانسیلی مرتبه دوم می باشد .

به طور معمول در یک نرم افزار پردازش و سرشکنی مشاهدات ، اولین مرحله استفاده از مشاهدات شبه فاصلهٔ کد برای محاسبه تقریبی مختصات نقطه مجهول می باشد . پس از آن توبت به روش دیفرانسیلی مرتبه سوم است تا با نیاز به کمترین اطلاعات جانبی و با سرعت لازم مختصات تقریبی اولیه را بهبود بخشد و علاوه بر آن لغزش فاز را نیز کشف نماید . پس از این مرحله از مختصات تقریبی حاصله برای استفاده در محاسبات دیفرانسیلی مرتبه دوم استفاده می گردد . به این ترتیب با داشتن تعداد کافی مشاهدات از نظر طول مدت مشاهده و ماهواره ، به دقت خوبی در تعیین اختلاف مختصات نسبت به نقطه اول (معلوم) می رسیم .

امروزه در دنیا نرم افزارهای متعددی جهت پردازش مشاهد GPS موجود می باشند که هر کدام از آنها دارای قابلیت های خاص و مزایا ومعایبی می باشند. علاوه بر آن کارخانه های سازنده گیرنده های GPS در کنار عرضه تولیداتشان در بازار، نرم افزارهای خاص آن گیرنده ها را نیز ارایه می دهند .تا کنون در ایران طراحی و تهیه نرم افزارهای تخصصی برای پردازش مشاهدات GPS صورت نگرفته است و معمولا مدل ها و مسایل جانبی سیستم GPS مورد بررسی وتحقیق تئوریک واقع شده است .

اهداف پایان نامه : با توجه به مطالب بالا ، در این پایان نامه سعی گردید تا بعنوان گام نخست در طراحی و اجرای نرم افزارهای پردازش GPS ، روش دیفرانسیلی مرتبه سوم بطور کامل مورد بحث قرار گیرد و با تکیه بر این بحث تئوری، برنامه سرشکنی مشاهدات با استفاده از روش دیفرانسیلی مرتبه سوم تهیه گردد و در کنار آن بعضی از امکاناتی که معمولا" نرم افزارهای موجود در بازار دارا می باشند، بنحو ساده ای ارائه گردد. هرچند دستیابی به همه امکانات نرم افزارهای مشابه در بازار

نیاز به صرف وقتی ورای مدت یک پایان نامه کارشناسی ارشد و دانش و توانایی یک تیم تخصصی متشکل از متخصصین ژئودزی ، کامپیوتر دارد .

ساختار پایان نامه : پس از این مقدمه در فصل دوم به مرور مفاهیم کلی سیستم تعیین موقعیت جهانی GPS می پردازیم و در آن، بخش های مختلف تشکیل دهنده سیستم GPS و عناصر دخیل در هر کدام، حرکت مداری، الگوهای تعیین مختصات ماهواره با توجه به افمریزها وپیامهای ناوبری، ساختار امواج وسیستم های مختصات مطرح در GPS را مرور می نماییم . علاوه بر آن مشاهدات GPS وتعاریف آنها از قبیل شبه فاصله کد و فاز موج حامل، بایاس، نویز و ترکیبات خطی مشاهدات فاز، همچنین منابع مختلف خطا مانند اثر اتمسفر، multipath و مرکز فازآنتن را به طور اجمالی بررسی می نماییم.

در فصل سوم به بررسی مدل های ریاضی تعیین موقعیت با استفاده ازGPS می پردازیم و در آن مدل های ریاضی GPS مانند تعیین موقعیت مطلق و نسبی با استفاده از کد و فاز، مدل های مختلف دیفرانسیلی و معادلات مربوطه و روشهای مختلف انجام مشاهدات GPS (استاتیک،کینماتیک،شبه کینماتیک) را بیان کرده و پس از آن به بحث سر شکنی مدل های مذکور می پردازیم. در بحث سر شکنی، روش های خطی کردن مدلها و نحوهٔ تشکیل سیستم معادلات حاصل از آنها و وابستگی (Corrolation) مدل های مختلف دیفرانسیلی تا رسیدن به موقعیت نقاط با استفاده از سرشکنی کمترین مربعات را بیان کرده و سپس توضیح مختصری راجع به سر شکنی شبکه نقاط داده می شود.

درفصل چهارم، بطور اخص به ارزیابی وبررسی روش دیفرانسیلی مرتبه سوم پرداخته شده است و در آن مدل ریاضی مشاهدات و سر شکنی مدل مربوطه با استفاده از دیفرانسیل مرتبه سوم بطور کامل بیان شده است. در ادامه نحوه تشکیل ماتریس ضرایب، کوفاکتور و وزن توضیح داده می شود.

همچنین لغزش فاز (Cycle Slip)و روش کشف آن توسط روش دیفرانسیلی مرتبه سوم بیان گردیده است.

فصل پنجم، به توضیح مراحل طراحی و خصوصیات مختلف برنامه تهیه شده اختصاص داردو پس از معرفی اجزای مختلف تشکیل دهنده برنامه از قبیل ورودی ها ، ساختار و الگوریتم برنامه و خروجی های مختلف آن، نتایج بدست آمده از برنامه از نظر می گذرد.

نهایتا در فصل ششم جمع بندی و پیشنهادات ارایه می گردد.

در پیوست، قابلیت های نرم افزارهای GPS به اختصار بیان شده است.

فصل ۲

مروری بر سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS)

سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS) بعنوان یک سیستم اندازه گیری فاصله موقعیتهای مجهول در زمین ، دریا ، هوا و فضا، نسبت به موقعیتهای معلوم ماهواره ها در فضا معرفی شده است . سیگنال ماهواره بصورت پیوسته به همراه زمان ارسالش علامتگذاری می گردد بطوریکه پریود سیگنال دریافت شده با یک همزمان ساز در گیرنده قابل اندازه گیری است. جدای از تعیین موقعیت نقاط ، تعیین موقعیت لحظه ای وسایل نقلیه و سرعت (بمنظور ناوبری) از موضوعات اصلی GPS می باشند .

GPS فاصله بدست آمده از سیگنال ارسالی ماهواره را بکار می برد. فاصله یا از اندازه گیری زمان ارسال سیگنال (زمانی که طول می کشد تا سیگنال از ماهواره به گیرنده برسد) و ضرب آن در سرعت سیگنال و یا از اندازه گیری اختلاف فاز سیگنال بدست می آید .در هر دو حالت،ساعتهای گیرنده و ماهواره بکار گرفته می شوند . چون این ساعتها بطور کامل با زمان GPS، همزمان نیستند، شبه فاصله بدست می آید بطوری که خطای عدم همزمانی، که به خطای ساعت معروف است در محاسبات وارد می گردد . نتیجتا" ، هر معادله چهار مجهول را در بر می گیرد : سه مولفه مختصات نقطه مورد نظر و خطای ساعت . وقتی از مشاهدات فاز استفاده می گردد رسیدن به جواب پیچیده

تر می گردد . این مشاهدات از نظر تعداد طول موجهای کامل سیگنال دارای ابهام می باشند و به مدل اندازه گیری شبه فاصله از طریق فاز ، یک پارامتر جدید بنام ابهام فاز افزوده می گردد.

یک سیستم تعیین موقعیت جهانی سه بخش مختلف را در بر می گیرد : (۱) بخش فضایی ، شامل ماهواره های منتشر کننده امواج ، (۲) بخش کنترل، هدایت کننده کل سیستم ، و (۳) بخش کاربران ، شامل انواع مختلف گیرنده ها .

۱-۲) بخش فضایی

بخش فضایی امکان مشاهدات مربوط به ۴ تا ۸ ماهواره را بطور همزمان در ارتفاع بالای ۱۵ درجه در هر نقطه از زمین مهیا می سازد . این عمل توسط ماهواره هایی که با مدار های تقریبا" دایره ای شکل و در ارتفاعی حدود ۲۰۲۰۰ کیلومتری بالای سطح زمین و با پریود ۱۲ ساعت نجومی در حال گردش بدور زمین هستند انجام می گیرد(Perreault,1980). ماهواره های GPS بعنوان سکویی برای گیرنده ها و فرستنده های امواج ، ساعتهای اتمی ، کامپیوتر ها و تجهیزاتی جهت فعالیتهای مختلف سیستم می باشند . تجهیزات الکترونیکی هر ماهواره اجازه می دهد تا کاربران، شبه فاصله مابینگیرنده تا ماهواره را اندازه گیری نمایند، همچنین پیامهایی جهت تعیین موقعیت فضایی ماهواره در هر لحظه ارسال می گردد. با تعیین این فواصل، موقعیت کاربران بر روی زمین قابل محاسبه می گردد.

۱-۱-۲) ماهواره های GPS

در اواخر دهه هفتاد ، سیستم GPS کار خود را با ماهواره های بلوک I آغاز کرد . ماهواره های مذکور در مدارهایی با زاویه میل ۶۳ درجه پرتاب و درصفحه مداری به گونه ای توزیع گردیدند تا