GPS و پردازش اطلاعات

محمد فیضی (کارشناس ارشد مهندسی نقشه برداری –GIS)

فهرست مطالب

فصل ۱: مبانی نظری GPS ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- مروری بر سیستم تعیین موقعیت جهانی ۳

۱-۳- سیستم مختصات مرجع ۶

۱-۳-۱- سیستم های مختصات مرجع ماهواره ۶

۱-۳-۲- سیستم های مختصات زمین مرکز ۷

۱-۳-۳- سیستم های مختصات ژئودتیک ۹

۱-۳-٤- تبدیل مختصات ژئودتیک به مختصات زمین مرکز ۱۰

۱-۳-٥- تبدیل مختصات زمین مرکز به مختصات ژئودتیک ۱۰

۱-۳-٦- ارتفاع ژئودتیک و ارتفاع ارتومتریک . ۱۱

۱-٤- مبانی تعیین موقعیت ماهواره ای ۱۲

۱-٤-۱- اندازه گیری فاصله بر مبنای کد ۱۳

۱-٤-۲- اندازه گیری شیفت فاز موج حامل ۱٤

۱-٤-۳- خطاهای مشاهداتی ۱٥

۱-٤-٤- بایاس ساعت ۱٥

۱-٤-٥- انکسار ۱٦

۱-٥- گیرنده های GPS ۱٦

۱-٥-۱- گیرنده های دستی ۱۷

۱-٥-۲- گیرنده های تک فرکانسه ۱۸

۱-٥-۳- گیرنده های دو فرکانسه ۱۹

۱-٦- مزایای استفاده از سیستم GPS ۲۰

۱-۷- محدودیت های سیستم GPS ۲۰

۱-۷-۱-SA ۲۰

۱-۷-۲-AS ۲۱

۱-۷-۳- عدم پاسخگویی در برخی مناطق ۲۱

۱-۸- روش های مختلف مشاهده با GPS ۲۱

۱-۸-۱- روش استاتیک

.....

۱-۸-۲- روش استاتیک سریع ۲٤

۱-۸-۳- روش کینماتیک ۲٤

۱-۸-٤- روش RTK ۲٥

۱-۹- مشاهده با GPS ۲۷

فصل ۲: نرم افزار پردازش اطلاعات LGO ۳۱

۲-۱- آشنایی مقدماتی با محیط نرمافزار LGO... ۳۲

عرضه شده است. ۳۲

۲-۱-۱- منوی اصلی ۳۲

۲-۱-۲- نوار ابزار Toolbar ۳۳

۲-۲- معرفی اجزای Management ۳۷

۲-۳- مختصات نقاط و سیستم های مختصات..... ٤۰

۲-٤- معرفی ابزار موجود در Tools ٤۲

۲-۵- ایجاد یک پروژه و آماده نمودن اطلاعات جهت پردازش..... ٤٤
۲-٦- ورود مشاهدات به پروژه ایجاد شده در LGO ٤٩
۲-۷- پردازش مشاهدات..... ٥١

فصل ۳: پیوست های بخش GPS **٦٥**

مراجع **٩٤**

فهرست اشکال

شکل (۱-۱) بخش فضایی ٤
شکل (۱-۲) بخش زمینی ٥
شکل (۱-۳) سیستم مختصات مرجع ماهواره ۷
شکل (۱-٤) سیستم مختصات زمین مرکز ۸
شکل (۱-٥) پارامترهای ماهواره ۹
شکل (۱-٦) سیستم مختصات ژئودتیک ۱۰
شکل (۱-۷) ارتفاع ژئوئیدو بیضوی ۱۲
شکل (۱-۸) تعیین موقعیت با GPS ۱۷
شکل (۱-۹) GPS های دستی ۱۸
شکل (۱-۱۰) GPS دو فرکانس ۱۹
شکل (۱-۱۱) GPS دوفرکانس سیستم ٥۰۰ ..... ۲۷
شکل (۱-۱۲(متعلقات GPS جهت شروع عملیات ۲۸
شکل (۱-۱۳) GPS نصب شده و در حال مشاهده ۲۸
شکل (۱-۱٤) صفحه نمایش در حال مشاهده ۲۹
شکل (۱-۱٥) پورت های آنتن و باطری و محل رم ۲۹
شکل (۲-۱) محیط نرم افزار LGO ۳۲
شکل (۲-۲) نحوه دسترسی به List bar ۳۳
شکل (۲-۳) پنجره ایجاد آنتن جدید ۳٦
شکل (۲-٤) ایجاد پروژه جدید ۳۷
شکل (۲-٥) سیستم مختصات ژئودتیک ٤۰
شکل (۲-٦) سیستم مختصات کارتزین ٤۰
شکل (۲-۷) سیستم مختصات utm و lambert ٤۱
شکل (۲-۸) تب General جهت ایجاد یک پروژه جدید ٤٥
شکل (۲-۹) تب Coordinatesجهت ایجاد یک پروژه جدید... ٤٦
شکل (۲-۱۰) تب Dictionary جهت ایجاد یک پروژه جدید . ٤۷
شکل (۲-۱۱) تب Background Image جهت ایجاد یک پروژه جدید
..... ٤۸
شکل (۲-۱۲) تب Codelist Template جهت ایجاد یک پروژه جدید
..... ٤۹
شکل (۲-۱۳) فراخوانی مشاهدات gps ٥۰
شکل (۲-۱٤) تعیین نوع مشاهده ٥۱
شکل (۲-۱٥) مشاهدات وارد شده به محیطlgo ٥۲
شکل (۲-۱٦) نمایش پارامتر های پردازش اطلاعات.... ٥۳
شکل (۲-۱۷) پنجره تنظیمات پارامترهای پردازش
اطلاعات ٥۳
شکل (۲-۱۸(تب Strategy تنظیمات پیش از پردازش ٥٦
شکل (۲-۱۹) تب Extended Output تنظیمات پیش از پردازش ٦۰
شکل (۲-۲۰) تب Auto Processing تنظیمات پیش از پردازش ٦۱
شکل (۲-۲۱(مشخصات نقطه Base جهت پردازش اطلاعات... ٦٤

شکل (۳-۱(پراکندگی سامانه شمیم ٦٧
شکل (۳-۲(ایستگاه های سامانه ملی هدی ٦٩
شکل (۳-۳(ایستگاه های سامانه سمت در سطح تهران . ٧١
شکل (٤-۳) یوهان کپلر دانشمند و ستاره شناس آلمانی
قرون ١٦ و ١٧ میلادی..... ٧٣

فهرست جداول

جدول (۱-۱(انواع روش های مشاهده با GPS ۲۲

فصل ۱:

مبانی نظری GPS

۱-۱- مقدمه

در طول دهه ۱۹۷۰ ، یک روش نقشه برداری منحصر به فرد جدید به نام سیستم تعیین موقعیت جهانی(GPS) پا به عرصه وجود نهاد. عملکرد این سیستم بر سیگنال های منتشر شده توسط ماهواره ها استوار است. این سیستم محصول تحقیقات و توسعه بخش نظامی ایالات متحده به منظور ایجاد سیستمی برای ناوبری و هدایت جهانی بوده است. اخیرا سایر کشور ها نیز سیستم های مشابه خود را توسعه داده اند. از این رو، امروزه به حوزه کلی سیستم های ماهواره ای مورد استفاده در تعیین موقعیت سیستم های ماهواره ای ناوبری جهانی(GNSS) گفته می شود. به گیرنده هایی که از ماهواره های GPS و یک سیستم دیگر نظیر GLONASS استفاده می کنند، گیرنده های GNSS گفته می شود. این سیستم ها در تمامی مناطق جهان اطلاعات دقیق تعیین زمان و موقعیت را با قابلیت اطمینان بالا و هزینه اندک فراهم می آورند. این سیستم ها قابلیت کار در طول شب و روز، و تمامی شرایط آب و هوایی را داشته و نیاز به وجود امتداد نشانه روی مستقیم میان ایستگاه های نقشه برداری را از بین می برند. این قابلیت ها انقلابی در روش های معمول تعیین موقعیت در نقشه برداری ، که مبتنی بر اندازه گیری طول و زاویه بودند، بوجود آوردند. از آنجا که تمامی سیستم های تعیین موقعیت ماهواره ای تقریبا دارای اجزای مشابهی هستند، با جزئیات بیشتری به تشریح سیستم تعیین موقعیت جهانی می پردازیم.

توسعه نخستین نسل از ماهواره های GPS به سال ۱۹۵۸ باز می گردد. این سیستم نخستین، که با دو نام سیستم ناوبری ماهواره ای نیروی دریایی(NNSS) و یا ترانزیت شناخته می شود، بر اساس اصل داپلر کار می کرد.

در این سیستم، شیفت داپلر (تغییر در فرکانس) سیگنال ارسالی از ماهواره ها، توسط گیرنده های مستقر در ایستگاه های زمینی اندازه گیری می شد. شیفت های داپلر مشاهداتی تابعی از فاصله تا ماهواره ها و نیز جهت حرکت آنها نسبت به گیرنده ها هستند. فرکانس انتشار معلوم بود و به همراه داده های دقیق موقعیت مدار ماهواره ها و اندازه گیری دقیق زمان مشاهدات، موقعیت ایستگاه های گیرنده محاسبه می شد. ماهواره های سیستم ترانزیت، که تعداد آنها بین پنج تا هفت ماهواره تغییر می کرد، در مدارهای قطبی با ارتفاع تقریبی ۱۱۰۰ کیلومتر به دور زمین گردش می کردند. هدف اصلی سیستم ترانزیت، کمک به نیروی دریایی ایالات متحده برای ناوبری و هدایت زیر دریایی پلاریس در آب های آزاد بود. نخستین استفاده غیر نظامی این سیستم در سال ۱۹۶۷ بود، و پس از آن سازمان نقشه برداری ایالات متحده به سرعت از این فن آوری جدید استقبال

نمود و آن را به ویژه برای نقشه برداری کنترلی سودمند یافت. هـر چنـد ایـن تجهیـزات ابتـدایی، دارای شکلی بزرگ و گران قیمت بودند، مدت جلسات مشاهدات طولانی بود، و دقت حاصل از آنها متوسط بود، با این حال برنامه داپلر به طور کل در تعیین موقعیت ماهواره ای و به طـور خـاص در نقشه برداری یک پیشرفت شگرف بود.

به دلیل موفقیت برنامه داپلر، وزارت دفاع ایالات متحده در صدد توسعه ناوبری ماهواره ای مبتنـی بر اندازه گیری زمان و فاصله (NAVSTAR) سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS) برآمد.

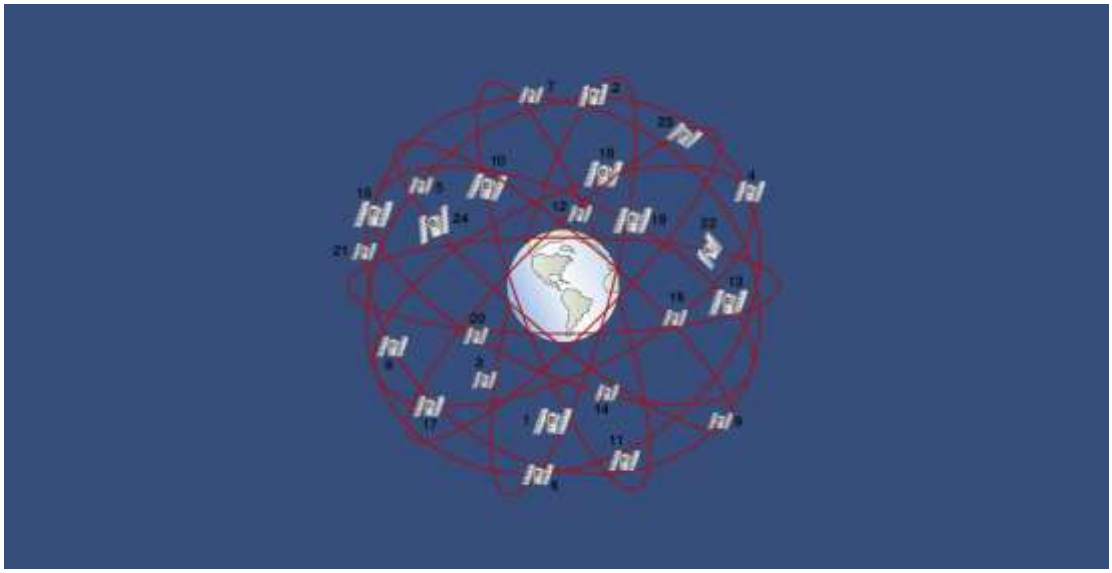
۲-۱- مروری بر سیستم تعیین موقعیت جهانی

فواصل دقیق ماهواره تا گیرنده که با اندازه گیری زمان و اطلاعات سیگنال تعیین می گردد، امکان محاسبه موقعیت گیرنده را فراهم می آورد. در نقشه برداری ماهواره ای، ماهواره ها ایسـتگاه هـای مرجع یا کنترل هستند و فاصله از این ماهواره ها برای محاسبه موقعیت گیرنده ها مـورد اسـتفاده قرار می گیرد. از نظر مفهومی، این فرآیند هم ارز ترفیع در نقشه برداری زمینی سنتی است، جایی که مشاهدات طول و یا زاویه ای از یک ایستگاه زمینی مجهول به نقاط کنترلی با موقعیـت معلـوم انجام می شود.

سیستم تعیین موقعیت جهانی را می توان به سه بخش اصلی تقسیم بندی نمود:

۱- بخش فضایی
۲- بخش کنترلی
۳- بخش کاربران

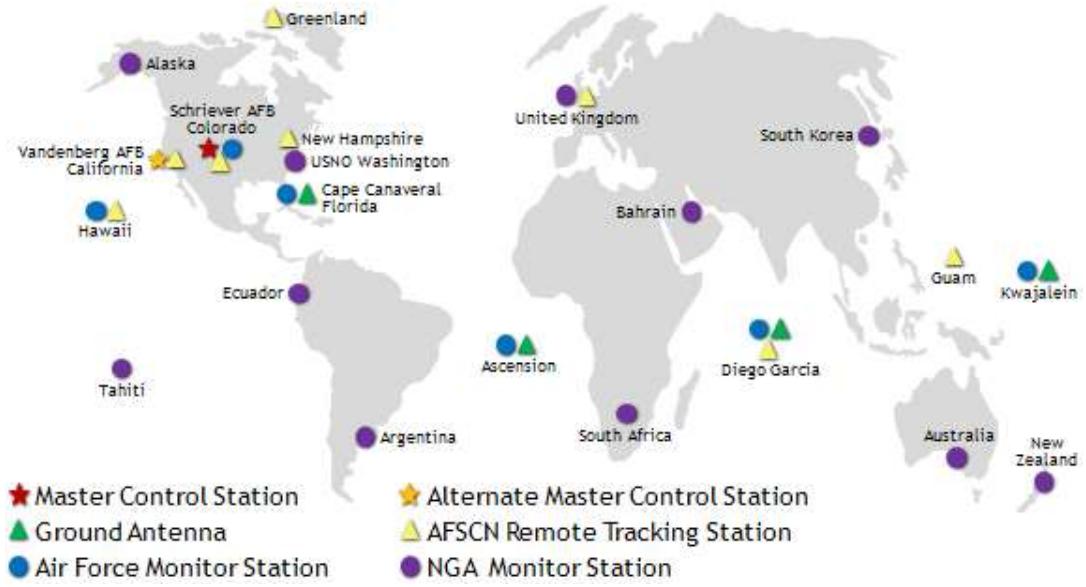
در بخش فضایی به طور معمول شامل ۲۴ ماهواره فعال در شش صفحه مداری است که در فاصله ۶۰ درجه ای از یکدیگر حول استوا قرار دارند. چهار ماهواره اضافی نیـز بـه عنـوان یـدک در مـدار نگهداری می شود. صفحات مداری نسبت به استوا دارای زاویه میل ۵۵ درجه هسـتند. ایـن پیکـر بندی یک پوشش ۲۴ ساعتی در عرض های ۸۰ درجه شمالی تا ۸۰ درجه جنوبی فراهم می آورد. ماهواره ها در مدارهایی نزدیک به دایره با ارتفاع متوسط ۲۰۲۰۰ کیلومتر از سطح زمـین، بـا دوره تناوب مداری ۱۲ ساعت نجومی به دور زمین دوران می کنند. هر ماهواره به طور معمول با شماره شبه نویز تصادفی(PRN) آن شناسایی می شود، که البته امکان شناسایی ماهواره ها با استفاده از شماره ماهواره حامل(SVN) یا موقعیت مداری آنها نیز وجود دارد.



شکل (۱-۱) بخش فضایی

در ماهواره ها از ساعت های اتمی دقیق برای کنترل زمان ارسال سیگنال ها استفاده می شود. این ساعت ها بی نهایت دقیق، و به همان اندازه گران هستند. اگر در گیرنده ها از این ساعت ها استفاده شود، قیمت آنها آنقدر گران خواهد بودکه تقریبا هیچ فردی توانایی تهیه آنها را نداشت و افزون بر این، لازم بود تمامی کاربران برای کار با مواد خطرناک آموزش ببینند. از این رو، ساعت گیرنده ها با استفاده از نوسانان کریستال کوارتز کنترل می شوند که، هر چند نسبت به ساعت های اتمی از دقت کمتری برخوردار است، اما دقت قابل قبولی برای اهداف تعیین موقعیت فراهم می کنند و هزینه تمام شده گیرنده ها را به میزان قابل توجهی پائین می آورند.

بخش کنترل متشکل از ایستگاه های پایش است که سیگنال ها را پایش نموده و موقعست ماهواره ها را در طول زمان ردیابی می کنند. نخستین ایستگاه های پایش GPS در کلرادو اسپرینگ، و در جزایر هاوایی، اسنشن، دیگو گارسیا و کواجالین قرار دارند. اطلاعات پایش به ایستگاه کنترل اصلی در مرکز فعالیت های فضایی تلفیقی(CSOC) واقع در پایگاه هوایی اشرایور در کلرادو اسپرینگ مخابره می شوند. ایستگاه کنترل اصلی از این داده ها برای افزایش دقت پیش بینی مدار ماهواره ها در آینده نزدیک، و برآورد پارامترهای تصحیح زمان آنها استفاده می کند.این اطلاعات به ماهواره ها بارگذاری می شود، سپس توسط ماهواره و به عنوان بخشی از پیام مخابراتی آنها منتشر می شوند. که این اطلاعات برای پیش بینی موقعیت ماهواره ها و بایاس (خطای سیستماتیک) ساعت آنها، توسط گیرنده ها مورد استفاده قرار می گیرند.



شکل (۲-۱) بخش زمینی

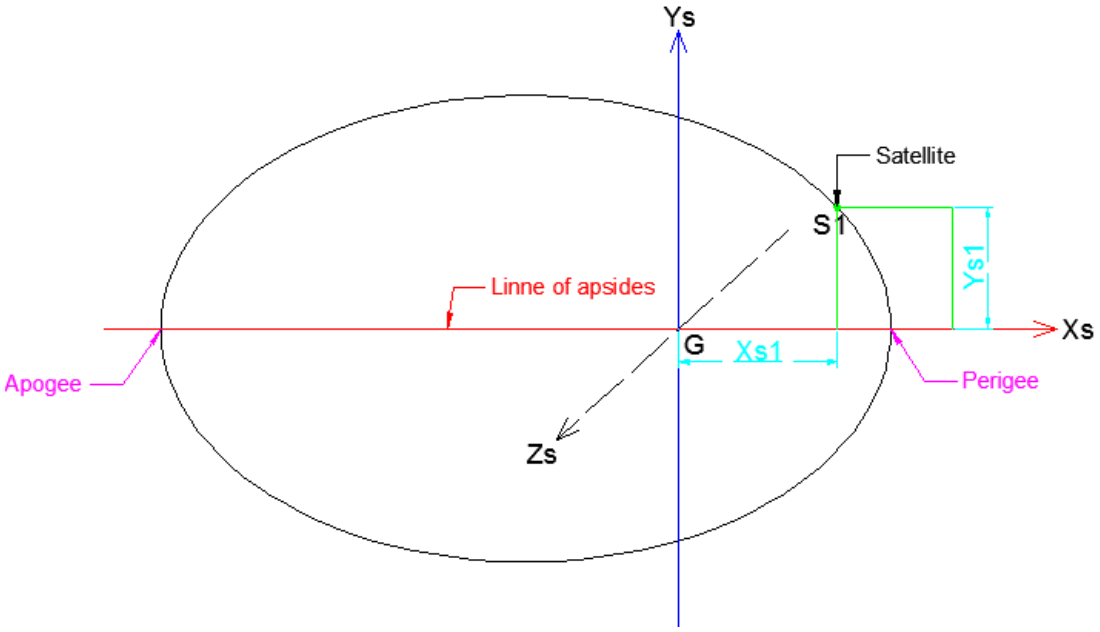
بخش کاربران GPS متشکل از دو دسته از گیرنده هایی است که بر اساس دسترسی آنها به دو نوع سرویس که توسط سیستم فراهم می آید، طبقه بندی می شود. این دو سرویس با نام های سرویس تعینن موقعیت استاندارد(SPS) و سرویس تعیین موقعیت دقیق (PPS) شناخته می شوند. سرویس SPS بر روی فرکانس های مخابراتی $L۱$ و اخیرا $L۲$ و بدون هیچ هزینه ای برای کاربران فراهم آمده است. در آغاز این سرویس با هدف تامین دقت مسطحاتی ۱۰۰ متر و دقت ارتفاعی ۱۵۶ متر با سطح اطمینان ۹۵ درصد ارائه گردید. هر چند، پیشرفت های صورت پذیرفته در سیستم و پردازش های نرم افزاری تا حدی این دقت ها را بهبود داده است. سرویس PPS بر روی هر دو فرکانس $L۱$ و $L۲$ مخابره می شوند، و تنها توسط گیرنده هایی که دارای رمزهای معتبر هستند قابل دریافت می باشند، که این گیرنده ها تماما در اختیار کاربران وزارت دفاع ایالات متحده می باشد. بر اساس آنچه در گزارشات آمده است، این پیام های مخابراتی دقت مسطحاتی ۱۸ متر و دقت ارتفاعی ۲۸ متر را با سطح اطمینان ۹۵ درصد فراهم می آورند.

۳-۱- سیستم مختصات مرجع

در تعیین موقعیت نقاط واقع بر سطح زمین با استفاده از مشاهدات ماهواره ای، سه سیستم مختصات مرجع متفاوت حائز اهمیت است. در ابتدا، موقعیت ماهواره ها در لحظه انجام مشاهدات در سیستم مختصات مرجع ماهواره، که با فضا در ارتباط است، تعیین می گردد. این سیستم ها، سیستم های قائم الزاویه سه بعدی هستند که با استفاده از مدار ماهواره ها تعریف می شوند. سپس موقعیت ماهواره ها به یک سیستم مختصات قائم الزاویه سه بعدی زمین مرکز، که از نظر فیزیکی با زمین در ارتباط است، منتقل می گردد.در نتیجه مشاهدات تعیین موقعیت ماهواره ای، موقعیت نقاط جدید بر روی زمین در این سیستم مختصات تعریف می شوند. در نهایت، این سیستم مختصات زمین مرکز به یک سیستم مختصات ژئودتیک پرکاربرد در محل منتقل می شود.

۱-۳-۱- سیستم های مختصات مرجع ماهواره

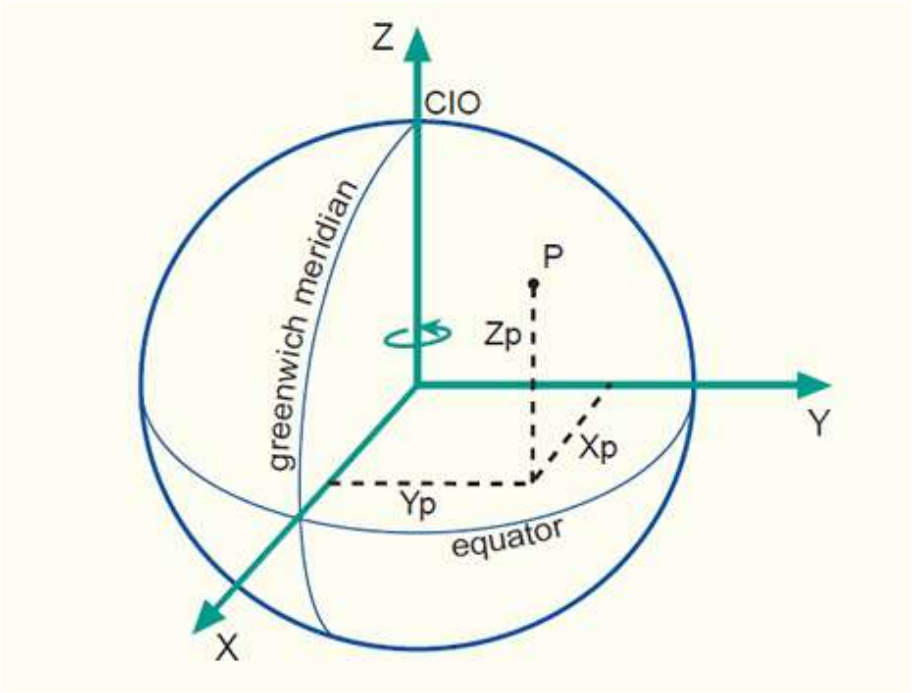
هنگامی که ماهواره در مدار قرار گرفت، از آن پس حرکت ماهواره در مدار عمدتا توسط نیروز گرانش زمین کنترل می شود. با این وجود، عوامل دیگری نظیر نیروی گرانش خورشید و ماه، و نیروی حاصل از تابش خورشیدی نیز بر این حرکت تاثیر گذار است که البته نسبت به نیروی گرانش زمین تاثیر کمتری دارند. به دلیل حرکت زمین، خورشید و ماه نسبت به یکدیگر، و نیز به سبب تغییرات تابش خورشید، این نیرو ها یکنواخت نبوده و از این رو، حرکت ماهواره تا حدی نسبت به مسیر ایده آل آن تغییر می کند. با صرف نظر از تمامی نیروها بجز نیروی جاذبه زمین، مدار ایده آل ماهواره یک بیضی خواهد بود، که مرکز جرم(G) در یکی از کانون های آن قرار دارد. افزون بر این، یک سیستم مختصات مرجع ماهواره با محور های X_S ، Y_S و Z_S نیز در شکل نمایان است. نقطه حضیض و اوج به ترتیب نزدیک ترین و دورترین مدار نسبت به G است. خط آپسایدز این دو نقطه را به یکدیگر متصل نموده، از دو کانون عبور می کند و مرجع X_S است. مرکز سیستم مختصات X_S ، Y_S و Z_S در نقطه G می باشد. محور Y_S در صفحه مداری متوسط قرار دارد و محور Z_S بر این صفحه عمود است.



شکل (۳-۱) سیستم مختصات مرجع ماهواره

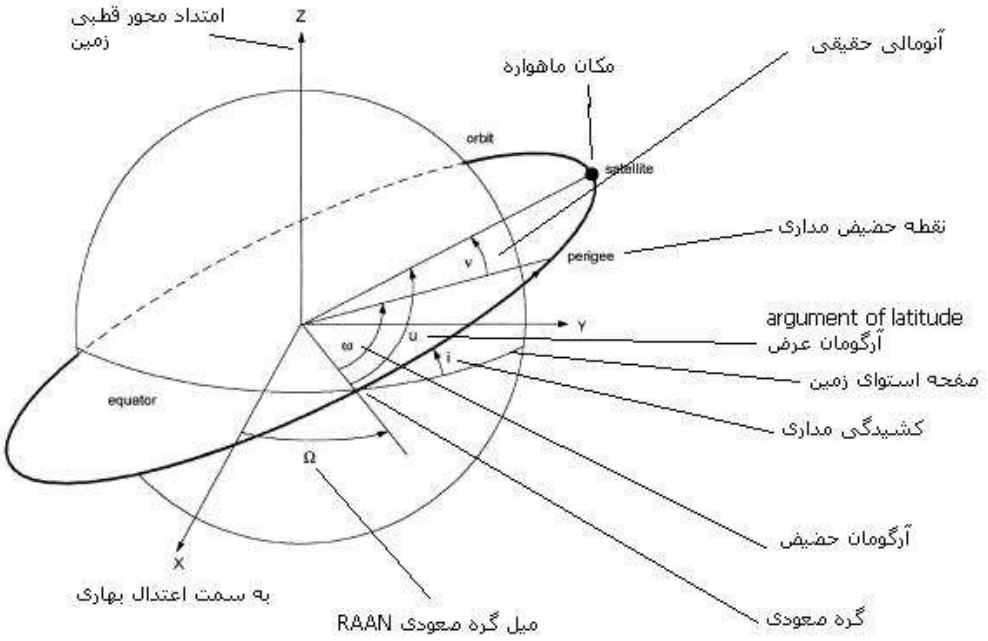
۲-۳-۱- سیستم های مختصات زمین مرکز

از آنجا که هدف نقشه برداری ماهواره ای تعیین موقعیت نقاط واقع بر سطح زمین است، به یک چار چوب زمین مرجع نیاز است که نقاط را به طور فیزیکی با زمین مرتبط کند. چار چوب مرجع مورد استفاده برای این منظور، سیستم مختصات زمین مرکز است. مرکز این سیستک مختصات قائم الزاویه سه بعدی مرکز جرم زمین است. محور X_e آن از نصف النهار گرینویچ در صفحه استوا می گذرد و محور Z_e آن واقع بر قطب زمین قراردادی CTP است.



شکل (۴-۱) سیستم مختصات زمین مرکز

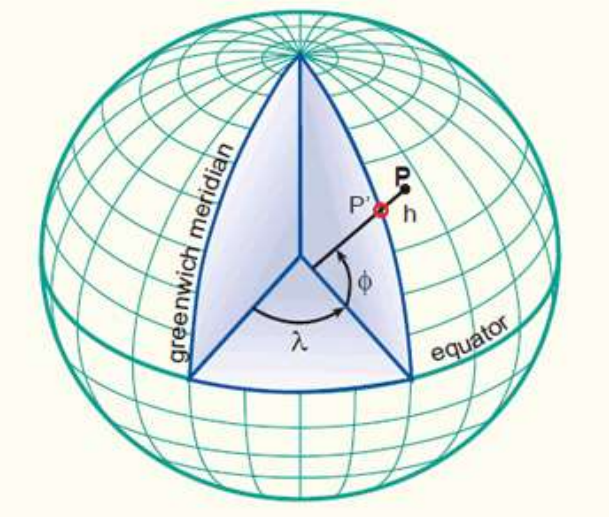
برای تبدیل سیستم مختصات مرجع ماهواره به سیستم مختصات زمین مرکز، چهار پارامتر زاویه مورد نیاز است که ارتباط میان سیستم مختصات مدار ماهواره و خطوط و صفحات مرجع کلیدی واقع بر سطح زمین تعریف می کنند. این پارامتر ها عبارتند از زاویه میل i (زاویه بین صفحه مداری و صفحه استوای زمین)، آرگومان پریجی ω (زاویه ای در صفحه مداری از استوا تا خط آپسایدز)، بعد نقطه گرهی صعودی Ω (زاویه ای در صفحه استوای زمین از نقطه اعتدال بهاری تا فصل مشترک صفحات مداری و استوا) و زاویه ساعتی گرینویچ نقطه اعتدال بهاری GHA_y (زاویه ای در صفحه استوا از نصف النهار گرینویچ تا نقطه اعتدال بهاری). تمامی این پارامترها بر اساس مدل های ریاضی پیش بینی مدار، برای هر ماهواره به صورت آنی معلوم است. در مواردی که دقت بیشتری مورد نیاز باشد، با استفاده از مشاهدات صورت پذیرفته در ایستگاه های پایش، موقعیت ماهواره در سیستم مختصات زمین مرکز برای هر اپک مشخص زمانی تعیین و در قالب افمریزهای دقیق توزیع می گردد.



شکل (۵-۱) پارامترهای ماهواره

۳-۳-۱- سیستم های مختصات ژئودتیک

در نقشه برداری ماهواره ای موقعیت نقاط در سیستم مختصات زمین مرکز محاسبه می شود. برای این موضوع سه دلیل وجود دارد: (۱) از آنجا که مبدا این سیستم در مرکز زمین است، مختصات زمین مرکز به طور معمول اعداد بسیار بزرگی هستند. (۲) با توجه به اینکه صفحه X-Y بر صفحه استوا منطبق است، محورهای مختصات با امتداد های شمال-جنوب یا شرق-غرب در سطح زمین هیچ ارتباطی ندارد. (۳) مختصات زمین مرکز هیچگونه اطلاعاتی درباره ارتفاع نسبی نقاط ارائه نمی دهند. بنا به این دلایل، مختصات زمین مرکز به مختصات ژئودتیک عرض جغرافیایی(φ)، طول جغرافیایی (λ)، و ارتفاع (h) تبدیل می شود تا موقعیت هایی که گزارش می شوند برای کاربران با معنا و مفهوم باشد.



شکل (۶-۱) سیستم مختصات ژئودتیک

٤-۳-۱- تبدیل مختصات ژئودتیک به مختصات زمین مرکز

$$X_p = (R_{NP} + h_p)cos\varphi_p + cos\lambda_p$$
$$Y_p = (R_{NP} + h_p)cos\varphi_p + sin\lambda_p$$
$$Z_p = ((R_{NP}(۱ - e^۲) + h_p)sin\varphi_p$$
$$R_{NP} = \frac{a}{\sqrt{۱ - e^۲ sin^۲ \varphi_p}}$$

X_p ، Y_p و Z_p :مختصات زمین مرکز نقطه P

e : خروج از مرکزیت بیضوی WGS٨٤ است. که مقدار این پارامتر e=۰,۰۸۱۸۱۹۱۹۰۸٤ است.

R_{NP} :شعاع قائم اولیه بیضوی در نقطهP است.

a: نیم قطر اصلی بیضوی است.

عرض های شمالی مثبت و عرض های جنوبی منفی فرض شده اند.

طول های شرقی مثبت و طول های غربی منفی فرض شده اند.

٥-۳-۱- تبدیل مختصات زمین مرکز به مختصات ژئودتیک

مرحله ۱: محاسبه D_p

$$D_p = \sqrt{X_p{}^۲ + Y_p{}^۲}$$

مرحله ۲: محاسبه طول جغرافیایی

$$\lambda_p = 2tan^{-1}(\frac{D_p - X_p}{Y_p})$$

مرحله ۳: محاسبه عرض جغرافیایی تقریبی، φ_0

$$\varphi_0 = tan^{-1}\left[\frac{Z_p}{D_p(1-e^2)}\right]$$

مرحله۴: محاسبه شعاع تقریبی قائم اولیه، R_N با استفاده از φ_0 حاصل از مرحله ۳ و رابطه ذیل

$$R_{NP} = \frac{a}{\sqrt{1-e^2 sin^2\varphi_p}}$$

مرحله ۵: محاسبه مقدار دقیق عرض جغرافیایی

$$\varphi = tan^{-1}(\frac{Z_p + e^2 R_{NP}\sin(\varphi_0)}{D_p})$$

مرحله ۶: تکرال مرحله ۴ و ۵ تا زمانی که تغییرات φ بین دو تکرار متوالی ناچیز شود. ایـن مقـدار نهایی، φ_p، عرض جغرافیایی ایستگاه خواهد بود.

مرحله ۷: محاسبه ارتفاع ژئودتیک ایستگاه، برای عرض های کمتر از ۴۵ درجه

$$h_p = \frac{D_p}{\cos(\varphi_p)} - R_{NP}$$

و برای عرض های بیشتر از ۴۵ درجه:

$$h_p = \left[\frac{Z_p}{\sin(\varphi_p)}\right] - R_{NP}(1-e^2)$$

۶-۳-۱- ارتفاع ژئودتیک و ارتفاع ارتومتریک

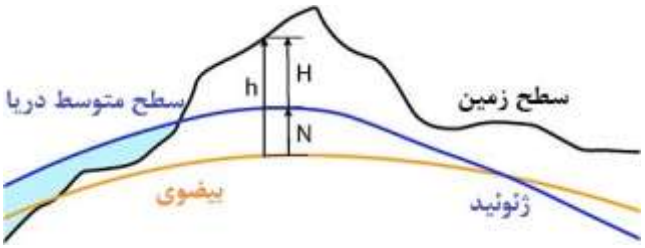
لازم به ذکر است که ارتفاع ژئودتیک حاصل از نقشه برداری ماهواره ای نسبت بـه بیضـوی انـدازه گیری می شود. این بدان معنا است که ارتفاع ژئودتیک یک نقطه فاصله قائم آن تا بیضـوی اسـت. این مقادیر به هیچ وجه با ارتفاعاتی که نسبت به ژئوئید اندازه گیری می شوند(ارتفاع ارتومتریک) برابر نیستند.

ژئوئید یک سطح مرجع هم پتانسیل از میدان ثقل زمین است که به عنوان سطح مبنـای ارتفـاعی مورد استفاده قرار می گیرد. برای تبدیل ارتفاع ژئودتیک به ارتفـاع ارتومتریـک لازم اسـت ارتفـاع ژئوئید(فاصله قائم بین بیضوی و ژئوئید) معلوم باشد. در این صورت، ارتفاع ارتومتریک بـه صـورت زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$H = h - N$$

که در آن H ارتفاع از سطح ژئوئید(ارتفاع ارتومتریک) ، h ارتفاع ژئودتیک حاصل از نقشه بـرداری ماهواره ای و N ارتفاع ژئوئید است.

با استفاده از یک سری مدل های ریاضی که با تلفیق داده های ثقل سنجی و شـبکه ای از نقـاطی که ارتفاع ژئوئید آنها اندازه گیری شده است توسعه یافته اند، ارتفاع ژئوئید هر نقطه قابـل تخمـین است.



شکل (۷-۱) ارتفاع ژئوئیدو بیضوی

۴-۱- مبانی تعیین موقعیت ماهواره ای

برای تعیین فاصله تا ماهواره ،لازم است زمان انتقال سیگنال به دقت اندازه گیری شود. از آنجا کـه ماهواره در مداری با ارتفاع تقریبا ۲۰۲۰۰ کیلومتر از سطح زمین قرار دارد، زمان انتقـال سـیگنال تقریبا ۰،۰۷ ثانیه پس از تولید سیگنال مشابه در گیرنده خواهد بود. اگر این تاخیر زمانی بـین دو سیگنال در سرعت سیگنال(سرعت نور در خلا) C ضرب شود، فاصله تا ماهواره بر اساس رابطه زیر قابل محاسبه خواهد بود.

$$r = c \times t$$

که در آن r فاصله تا ماهواره و t فاصه زمانی انتقال سیگنال از ماهواره تا گیرنده است.

گیرنده ها برای محاسبه ی فاصله ی تا ماهواره از دو روش اصلی استفاده میکنند:

فاصله یابی کد و اندازه گیری شیف فاز موج حامل. به گیرنده هایی کـه از روش اول اسـتفاده مـی کنند، گیرنده های نقشه سازی گفته می شود ; و به گیرنده هایی که از روش دوم بهره مـی برنـد، گیرنده های نقشه برداری اطلاق می گردد. با اندازه گیری فاصله گیرنده از چند ماهواره، موقعیـت گیرنده قابل محاسبه خواهد بود. توضیح هریک از دو روش بالا و مدل های ریاضی مربوط به آنها به زیر بخش های آتی بخش موکول می گردد. این مدل های ریاضی تنها برای کمک بـه درک بهتـر عملکرد GPS آورده می شوند، زیرا نرم افزار هایی که توسط شرکت هـای ارائـه دهنـده خـدمات نقشه برداری ماهواره ای ارائه می شوند، این محاسبات را انجام می دهد.

۱ – ٤ – ۱ – اندازه گیری فاصله بر مبنای کد

روش فاصله یابی کد (تطبیق کد) برای تعیین زمان انتقال سیگنال از ماهواره تا گیرنده ، در بخش های قبل به صورت مختصر توضیح داده شده است. پس از تعیین زمان انتقال، فاصله گیرنده تا ماهواره با استفاده از رابطه یr=c×t قابل محاسبه خواهد بود . با مشخص شدن فاصله از یک ماهواره ، گیرنده بر روی کره ای به مرکز آن ماهواره خواهد داشت. با تعیین فاصله گیرنده از دو ماهواره، موقعیت آن به دایره حاصل از فصل مشترک دو کره محدود میشود، شکل زیر اگر فاصله از ماهواره سوم نیز اضافه شود، از تقاطع کره حاصل با هر یک از دو کره قبل، یک دایره دیگر ایجاد می شود، که فصل مشترک آن با دایره قبل تنها دو نقطه خواهد بود، در نهایت با استفاده از یک seed positionیکی از این دو نقطه حذف می شوند.

برای مشاهدات انجام شده توسط سه ماهواره، دستگاه معادلات قابل استفاده برای تعیین موقعیت گیرنده ای در نقطه ی A به صورت زیر خواهد بود :

$$\rho_A^1 = \sqrt{(X^1 - X_A)^2 + (Y^1 - Y_A)^2 + (Z^1 - Z_A)^2}$$
$$\rho_A^2 = \sqrt{(X^2 - X_A)^2 + (Y^2 - Y_A)^2 + (Z^2 - Z_A)^2}$$
$$\rho_A^3 = \sqrt{(X^3 - X_A)^2 + (Y^3 - Y_A)^2 + (Z^3 - Z_A)^2}$$

که در آن ρ_A^n فواصل هندسی سه ماهواره از گیرنده ی واقع در ایستگاه A ، (X^n, Y^n, Z^n) مختصات زمین مرکز ماهواره ها در لحظه ی ارسال سیگنال، و (X_A, Y_A, Z_A) مختصات زمین مرکز گیرنده در لحظه ی ارسال سیگنال است. متغیر n هم شماره ماهواره می باشد که می تواند مقادیر ۱ و ۲ و ۳ را اختیار کند.

البته برای حصول مشاهدات زمانی دقیق، لازم است خطای سیستماتیک(یا بایاس) ساعت ها و شکست موج در اتمسفر نیز در نظر گرفته شود. در این مثال، بایاس ساعت گیرنده برای هر سه مشاهده یکسان است، زیرا از گیرنده ی واحدی برای انجام مشاهدات استفاده شده است. از این روی، با مشاهده ماهواره چهارم و انجام یک مشاهده ی اضافی، بایاس ساعت گیرنده به صورت ریاضی قابل تعیین است. این روش انجام محاسبات، امکان استفاده از گیرنده هایی که دارای ساعت هایی با دقت کمتر و (در نتیجه ارزان تر) هستند را فراهم می آورد. از روش جبری، دستگاه معادلات مورد نیاز برای بر آورد موقعیت و بایاس ساعت گیرنده به صورت زیر خواهد بود :

$$R_A^1 = \rho_A^1(t) + c(\delta^1(t) - \delta_A(t))$$
$$R_A^2 = \rho_A^2(t) + c(\delta^2(t) - \delta_A(t))$$
$$R_A^3 = \rho_A^3(t) + c(\delta^3(t) - \delta_A(t))$$
$$R_A^4 = \rho_A^4(t) + c(\delta^4(t) - \delta_A(t))$$

که در آن $R_A^n(t)$ فاصله(که شبه فاصله نامیده میشود) مشاهداتی از گیرنده تا ماهواره های ۱ تا ۴ در لحظه یt ، $\rho_A^n(t)$ فاصله ی هندسی گیرنده از چهار ماهواره، c سرعت نور در خلا، X بایاس ساعت گیرنده،و $\delta_A(t)$ بایاس ساعت ماهواره است، که با استفاده از ضرایب موجود در پیام مخابراتی ماهواره قابل مدلسازی میباشد. در نتیجه، با حل همزمان این چهار معادله میتوان موقعیت (X_A, Y_A, Z_A) و بایاس ساعت گیرنده $(\delta^n(t))$ را محاسبه نمود. به روابط بالا معادلات تعیین موقعیت نقطه ای گفته می شود و همانطور که پیشتر هم اشاره شد، این معادلات در گیرنده های مبتنی بر کد استفاده می شود.

به طوریکه دربخش خطاهای مشاهداتی خواهید دید، افزون بر اندازه گیری های زمان چندین منبع خطای دیگر نیز وجود دارد که سیگنال های ماهواره را متاثر می سازد. به سبب وجود بایاس های ساعت و سایر منابع خطا، فاصله مشاهداتی از ماهواره تا گیرنده فاصله صحیح نبوده، و از این رو شبه فاصله نامیده می شود. به روابط بالا معمولا مدل شبه فاصله ی کد۱ گفته می شود.

۲ – ٤ – ۱ – اندازه گیری شیفت فاز موج حامل

با مشاهده شیف فاز سیگنال ماهواره می توان به دقت های بهتری در اندازه گیری فواصل ماهواره ها دست یافت. در این روش، شیف فاز سیگنال که از لحظه ی ارسال آن توسط ماهواره تا زمان دریافت در ایستگاه زمینی رخ می دهد، اندازه گیری می شود. در این روش، که شباهت زیادی به طرز کار طولیاب های الکترونیکی دارد، کسر طول موج سیگنال از ماهواره تا گیرنده تعیین می شود. اما همچنان تعداد طول موج های کاملی که سیگنال تا رسیدن به گیرنده طی کرده است، مجهول است. این تعداد مجهول ابهام فاز یا به اختصار ابهام نامیده می شود. بر خلاف طولیاب های الکترونیکی، دارای ارتباط یکطرفه هستند، اما با توجه به اینکه ماهواره ها در حرکت هستند و در نتیجه فصول آنها مرتبا در حال تغییر است، ابهام فاز به سادگی و با ارسال یک فرکانس دیگر قابل حل نیست. چندین روش مختلف برای حل ابهام فاز وجود دارد. در تمامی این روش ها لازم است یک سری مشاهدات اضافی صورت پذیرد. یکی از این روش ها در بخش خطاهای مشاهداتی مورد بحث قرار گرفته است. پس از حل ابهام فاز، مدل ریاضی شیفت فاز موج حامل، که برای بایاس ساعت ماهواره و گیرنده تصحیح شده است، به صورت زیر خواهد بود :

$$\Phi_i^j(t) = \frac{1}{\lambda}\rho_i^j(t) + N_i^j + f^j\left[\delta^j(t) - \delta_i(t)\right]$$

که در آن برای هر اپک زمانی مشخص t، $\Phi_i^j(t)$ شیفت فاز اندازه گیری شده بین گیرنده یi و ماهواره ی j ، f^j فرکانس سیگنال مخابره شده توسط ماهواره j ، $\delta^j(t)$ بایاس ساعت ماهواره j

، λ طول موج سیگنال ، $\rho_i^j(t)$ فاصله ی بین گیرنده ی i و ماهواره ی j ، N_i^j ابهام فاز سیگنال از ماهواره ی j تا گیرنده ی i ، و $\delta_i(t)$ بایاس ساعت گیرنده است.

۳-٤-۱- خطاهای مشاهداتی

امواج الکترو مغناطیس در طول انتشار می توانند توسط منابع خطای گوناگونی متاثر شوند. بعضی از خطاهای بزرگتر عبات اند از :

۱)بایاس ساعت ماهواره و گیرنده

۲)شکست یونسفری و تروپسفری

سایر خطا های موجود در نقشه برداری ماهواره ای از (آ) خطاهای افمریز ماهواره، (ب)چند مسیری ، (پ)استقرار نادرست آنتن، (ت)اندازه گیری ارتفاع آنتن، (ث)هندسه ماهواره، و (ج)دسترسی انتخابی (پیش از ۱می سال ۲۰۰۰) ناشی می شود. تمامی این خطاها در خطای کلی مختصات زمینی به دست آمده به روش ماهواره ای سهیم خواهند بود.

٤-٤-۱- بایاس ساعت

دو خطا که در بخش مبانی تعیین موقعیت ماهواره ای نیز به آن اشاره شد، بایاس ساعت ماهواره و گیرنده هستند. بایاس ساعت ماهواره با اعمال ضرایب تصحیحی که در پیام مخابراتی آن ارائه می شود، قابل مدلسازی می باشد .مدل ریاضی این خطا یک چندجمله ای به شکل رابطه زیر است :

$$\delta^j(t) = a_0 + a_1(t - t_0) + a_2(t - t_0)^2$$

که در آن $\delta^j(t)$ بایاس ساعت مکاهواره در اپک t ، t_0 اپک مرجع ساعت ماهواره، و a_0و a_1و a_2 به ترتیب آفست ، دریفت ، اختلاف فرکانس هستند. پارامتر های و a_0و a_1و a_2 وt_0 بخشی از پیام مخابرای ماهواره هستند. بایاس ساعت ماهواره به صورت ریاضی در مرحله پس پردازش قابل حذف است.

به طوریطه که بخش مبانی تعیین موقعیت ماهواره ای گذشت، بایاس ساعت گیرنده را می توان یک پارامتر مجهول فرض و مقدار آن را با استفاده ار معادلات تعیین موقعیت نقطه ای و معادلات مدل ریاضی شیفت فاز موج حامل محاسبه نمود. البته ابن خطا به هنگام تعیین موقعیت نسبی، با استفاده از روش تفاضلی مرتبه دو در مرحله پس پردازش داده ها قابل حذف می باشند. این روش در بخش روش های کینماتیک مورد بررسی قرار می گیرد.

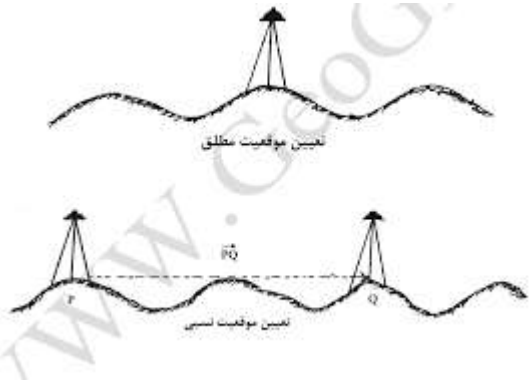
۵ – ٤ – ۱ – انکسار

سرعت امواج الکترو مغناطیس به هنگام عبور از محیطی با ضریب شکست متفاوت، تغییر میکند. به طور کلی جو زمین به چند بخش تقسیم میشود و هر بخش جو که دارای ترکیب و ویژگی های مشابهی است، یک کره یا سپهر نامیده میشود. لاسه های مرزی میان کره ها نیز یک ایست خوانده میشو. دو کره ای که بیشترین تاثیر را بر سیگنال های ماهواره دارند،تروپسفر(زیرین کره یا زیرین سپهر) و یونسفر(یون کره یا یون سپهر) هستند. تروپسفر پایین تربن لایه جو است، و تا ارتفاع ۱۰ تا۱۲ کیلومتری از سطح زمین ادامه میابد. تروپوپاز (زیرین ایست) تروپسفر را از استراتسفر(پوش کره یا پوش سپهر) جدا میکند. استراتسفر تا ارتفاع حدودا ۵۰ کیلومتری ادامه دارد. به انکساری که در استراتسفر، تروپوپاز، و تروپسفر رخ میدهد، شکست تروپسفری گفته میشود.
در ارتفاع بیش از ۵۰ کیلومتری جو زمین از چندین لایه دیگر تشکیل شده، که یکی از مهمترین این آنها در نقشه برداری ماهواره ای یونسفر است. این لایه از ارتفاع ۵۰ کیلومتری شروع و تا ارتفاع ۱۵۰ کیلومتری ادامه میابد. سیگنال های ماهواره با عبور از یونسفر و تروپسفر دچار شکست میشوند.این پدیده موجب بروز خطاهایی نظیر خطای اندازه گیری فاصله و زمان شده، و یکی از دلایلی است که به فواصل مشاهداتی شبه فاصله گفته میشود .
یونسفر عمدتا از یون ها، نی اتم ها و مولکول هایی با بار مثبت و الکترون های آزادی با بار منفی، تشکیل شده است. الکترون های آزاد انتشار امواج الکترومغناطیس را متاثر میسازد. تعداد یون های موجود در یونسفر در هر لحظه به میزان تابش فرا بنفش خورشید بستگی دارد. فوران های خورشیدی که آب و هوای فضایی نامیده میشود، میتوانند تعداد یون های یونسفر را به میزان قابل توجهی افزایش دهند. از این رو، لازم است به هنگام کار با نقشه برداری ماهواره ای در دوره های بیشینه فعالیت لکه های خورشیدی توجه ویژه ای به کار گرفته شود. با توجه به اینکه شکست یونسفر بزرگترین خطای موثر در تعیین موقعیت ماهواره ای است، لازم است پیش از انجام نقشه برداری وضعیت آب و هوای فضایی بررسی شود.

۵-۱- گیرنده های GPS

به طور کلی تعیین مو قعیت به دو صورت مطلق(Point Positioning) و تعیین موقعیت نسبی (Relative Positioning) می باشد. درتعیین موقعیت مطلق هدف، به دست آوردن پارامتر های تعیین موقعیت در یک سیستم مختصات مشخص می باشد. مثلا X,Y,Z برای هر نقطه در یک

سیستم ژئوسنتریک. ولی در تعیین موقعیت نسبی هدف تعیین موقعیت $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ هر نقطه نسبت به نقطه زمینی دیگر است.



شکل (۸-۱) تعینن موقعیت با GPS

طبیعی است که دقت تعیین موقعیت نسبی می تواند خیلی بیش تر از تعیین موقعیت مطلق باشد. تعیین موقعیت مطلق متناسب با نوع گیرنده و شرایط خاص ماهواره ها در زمان مشاهده می تواند متفاوت باشد. دقتی در حد ۳ الی ۶ متر با استفاده از این روش قابل حصول می باشد. در صورتیکه در روش تعیین موقعیت نسبی امکان رسیدن به دقت هایی در حد ۰.۵ + ۰.۵□□□ امروزه میسر می باشد، دقتی که جواب گوی عمده کارهای دقیق امروزی خواهد بود.

کاربردهای GPS می تواند شامل ایجاد شبکه های کنترل، نقشه برداری، ژئودینامیک، میکروژئودزی، نقشه برداری کاداستری، تعیین موقعیت دیگر ماهواره های فضایی، تعیین موقعیت های دریایی، هوانوردی، فتوگرامتری، سنجش از دور، کاربردهای نظامی، ناوبری و هدایت وسایل نقلیه و هزاران کاربرد دیگر می باشد.

گیرنده ها بر اساس نوع کمیت های مشاهداتی(شبه فاصله یا فاز موج حامل) و دسترسی به کد ها (کد C/A یا کد P) به سه گروه زیر قابل تفکیک است:

۲ – ۵ – ۱ – گیرنده های دستی

این گیرنده ها اکثرا با کد کار می کنند. بیشتر برای تعیین موقعیت مطلق به کار می روند. البته امروزه پژوهش هایی در حال انجام است که با روش های خاص بتوان دقت این گیرنده ها را بالا برد و به صورت نسبی نیز از آنها استفاده کرد. این گیرنده ها بیشتر برای کار شناسایی و ناوبری با دقت پایین(تا ۵ متر) مورد استفاده قرار می گیرند.

شکل (۹-۱) GPSهای دستی

۳-۵-۱- گیرنده های تک فرکانسه

گیرنده های تک فرکانس تنها توان استفاده از فرکانس L_1 را دارند. گیرنده های تک فرکانسه Code Correl از کد CA و کد P استفاده میکنند. گیرنده های تک فرکانسه ارزان تر از گیرنده های دو فرکانسه هستند. اما عیب این گیرنده ها این است که امکان حذف اثر یونسفر از روی مشاهدات در این گیرنده ها وجود نداشته و باید از مدلهای جهانی یا محلی یونسفری و یا از روش های تفاضلی در طول بازهای کوتاه برای کاهش خطای یونسفر استفاده نمود. بر خلاف نظر عموم که فکر میکنند این گیرنده ها کم دقت هستند، این گیرنده ها برای طول بازهای کوتاه دقت مناسب تری دارند و فقط در طول باز های بلند به دلیل عدم توانایی در حذف خطای یونسفر دقتشان کاهش می یابد. در تصویر زیر از این نمونه گیرنده ها را مشاهده میکنید.

٤ – ٥ – ١ – گیرنده های دو فرکانسه

گیرنده های دو فرکانسه به هر دو فرکانس L_1 , L_2 دسترسی دارند . بیشتر گیرنده هـای نظـامی دو فرکانسه هستند. با ترکیب مشاهدات دو موج، امکان حذف تقریبا کل اثر یونسفر وجود دارد. این گیرنده ها ابهام فاز را نیز سریع تر حل می کنند. این دستگاه ها شکل ظاهری مشابهی با دسـتگاه های تک فرکانسه دارند.

سیستم های کامل تر دیگری وجود دارند که علاوه بر توانای های سیستم های دو فرکانسـه دارای یک دستگاه رادیو و یک دستگاه مودم می باشند که توسط این ابزار هـا اطلاعـات و تصـحیحات از ایستگاه رفرنس به ایستگاه Rover برای تعیین موقعیت های آنی ارسال می گردد. این دستگاه ها را گیرنده های رادیو مودم دار می گویند.

شکل (۱۰-۱) GPSدو فرکانس

ضمنا امروزه دستگاه های پیشرفته تری وجود دارند که علاوه بر استفاده از ماهواره های GPS می توانند از دیگر سیستم های تعیین موقعیت مانند Glonass (سیستم مربوط بـه کشـور روسـیه) و Galileo (سیستم مربوط به کشور های اروپایی) و ... برای تعیین موقعیت استفاده کند.

۶-۱- مزایای استفاده از سیستم GPS

۱) عملیات در انواع شرایط آب و هوایی امکان پذیر است و در هر مکان و زمانی می تواند تعیین موقعیت را انجام دهد.
۲) برقراری دید همزمان بین ایستگاه های مجاور در کار های نقشه برداری، دیگر معیاری برای تعیین محل آنها نیست.
۳) امکان حذف خطاهای موثر (از قبیل خطاهای یونسفر، تروپوسفر و چندمسیری)
۴) دسترسی به دقت های بالای مورد نیاز حتی در حد میلیمتر.
۵) سرعت عمل زیاد در تعیین موقعیت ها نسبت به روش های کلاسیک نقشه برداری.
۶) راحت ترین روش در تعیین موقعیت که برای انجام مشاهدات نیازی به تخصص خاصی نبوده و فقط پردازش اطلاعات نیازمند اطلاعات تخصصی دارد.
۷)ارائه موقعیت تمامی نقاط در یک سیستم مختصات جهانی جهت یکسان سازی موقعیت ها، طرح ها و نقشه ها.

۷-۱- محدودیت های سیستم GPS

SA -۱-۷-۱

جهت کنترل دقت استفاده کنندگان غیر مجاز سیستم تعبیه شده است و سیاست این بوده که دقت را تا ۱۰۰ متر (مسطحاتی) و ۱۵۶ متر (ارتفاعی) کاهش دهند. در واقع SA خطایی عمدی است که توسط وزارت دفاع امریکا از طریق : ایجاد خطا در ساعت ماهواره و ایجاد خطا در اطلاعات مداری در سیستم GPS قرار گرفته است. فعالیت این پدیده از ۲۵ مارس ۱۹۹۰ آغاز شد و ماهواره های بلوک دوم را تحت تاثیر قرار داد. البته استفاده کنندگان مجاز از گیرنده های مخصوصی که قادر به حذف این اثرند، استفاده می کند. دولت امریکا تصمیم گرفت که از اول مه ۲۰۰۰ این اثر را از روی سیستم بردارد و از این تاریخ به بعد مشاهدات و اندازه گیری های GPS با دقت بالاتری برای استفاده کنندگان غیر مجاز سیستم امکان پذیر شد.

AS – ۱ – ۷ – ۲

نحوه ی ساخت کد C/A و تا حدودی P برای استفاده کنندگان سیستم مشخص است . لذا ساخت یک سیگنال جعلی و ارسال آن به گیرنده جهت ایجاد خطا در تعیین موقعیت وجود دارد. جهت جلوگیری از این مسئله سازندگان این سیستم، کد Y را ایجاد نمودند. نحوه ساخت کد Y معلوم نیست لذا امکان ساخت سیگنال جعلی با کد Y وجود ندارد. AS در واقع تعویض کد P با کد سری Y می باشد که تنها استفاده کنندگان نظامی قادر به استفاده می باشند.

۳ – ۷ – ۱ – عدم پاسخگویی در برخی مناطق

سیستم GPS در برخی از مناطق مانند مناطق جنگلی و مکان های سرپوشیده و مناطق شهری متراکم نمی تواند به خوبی تعیین موقعیت را انجام دهد و تحت تاثیر قرار گرفتن امواج GPS توسط امواج الکترو مغناطیسی دیگر و همچنین وجود انعکاس موج از سطوح شفاف اطراف (خطوط چند مسیری) از دیگر محدودیت های این سیستم محسوب می شود.

۸–۱– روش های مختلف مشاهده با GPS

روش های مختلفی برای انجام نقشه برداری ماهواره ای وجود دارد. هر روش نیازمند تجهیزات و روش های اجرایی منحصر بفردی است. در پروژه هایی که طول طول های باز بلند است و به دقت های بالایی هم نیاز است، روش نقشه بلرداری استاتیک با گیرنده های GNSS بهترین روش است. اما در پروژه های معمول که وسعت پروژه محدود است، گیرنده های تک فرکانس و روش های استاتیک سریع، شبه کینماتیک و کینماتیک هم می تواند مناسب باشد.

گیرنده های GNSS به سبب افزایش تعداد ماهواره های قابل رویت و بهبود هنسه مشاهدات، زمان مورد نیاز برای استقرار در هر ایستگاه را در نقشه برداری استاتیک کاهش می دهند.

به روش های مختلفی می توان با GPS تعیین موقعیت نمود که هر کدام از آنها می تواند در شرایط خاصی مورد استفاده قرار گیرد. در تمامی موارد که در ادامه به آنها اشاره می شود می بایست به نکات ذیل توجه گردد:

- اطلاع داشتن از مستندات سازنده ی دستگاه جهت استفاده بهینه از آن

- توجه و دقت بیشتر در اندازه گیری ارتفاع آنتن دستگاه موقع اندازه گیری ارتفاع، برای این هدف استفاده از هوک دستگاه نوصیه می گردد.
- ثبت شناسه نقطه هنگام اندازه گیری.
- GDOP(Geometric Dilution Of Precision) برای کارهای دقیق در هنگام انجام مشاهدات باید کمتر از ۴ باشد.
- Elevation Mask یا زاویه Cut Of Angel باید ۱۵ درجه انتخاب شود. یعنی ماهواره های با زاویه شیب کمتر از ۱۵ درجه برای تعیین موقعیت مورد استفاده قرار نگیرد. این موضوع به دلیل اجتناب از خطای انکسار می باشد.
- یک فرم مخصوص برای هر نقطه در حالت Static هنگام انجام مشاهدات باید تکمیل گردد که در آن، نام نقطه، اپراتور، تجهیزات مورد استفاده، تاریخ و زمان اندازه گیری، ارتفاع آنتن، شرایط خاص مانند وجود دکل فشار قوی در کنار ایستگاه یا رعد و برق شدید و . . . باید ثبت گردد.

جدول (۱-۱) انواع روش های مشاهده با GPS

روش	تجهیزات	کاربرد	دقت افقی	ملاحضات
Static(L1)	دستگاه تک فرکانسه GPS کامپیوتر برای پیش پردازش	نقاط کنترل نقشه برداری با دقت زیاد	۰.۵ + ۰.۵□□□	فاصله نقاط به دلیل خطای اتمسفر باید کمتر از ۵ کیلومتر باشد
Static(L1,L2)	دستگاه دو فرکانسه GPS کامپیوتر برای پیش پردازش	نقاط کنترل نقشه برداری با دقت زیاد	۰.۵ + ۱□□□	به دلیل حذف خطای یونسفر توسط دو فرکانس فواصل می تواند بیشتر باشد
Fast Static	دستگاه دو فرکانسه GPS	نقاط کنترل نقشه برداری با دقت متوسط	۲۰ + ۲□□□	
Stop and go	دستگاه GPS آنتن GPS برای حالت متحرک	توپوگرافی و تهیه نقشه	۴۰ + ۲□□□	لازم است Initializationشود. ماکزیمم فاصله بیس و روور ۱۰ کیلومتر باشد
Kinematic and RTK	یک گیرنده با توانایی RTCM آنتن GPS برای حالت متحرک امکان ارسال اطلاعات	تعیین موقعیت نقاط در حال حرکت و تعیین موقعیت های آنی	۴۰ + ۲□□□	

با به کارگیری قدرت GPS می توان سریعتر و دقیق تر نقشه برداری کرد. اطلاع و آگاهی از قابلیت های گیرنده های ماهواره ای قبل از شروع به کار بسیار مهم است. در کار با GPS دید بین نقاط ضروری نیستGPS .؛ بیست و چهار ساعته و در هفت روز هفته و تقریباً در هر شرایط آب و هوایی کار می کند و نتایج صحیح ژئودتیکی را رائه می دهد. و بهتر از همه این ها، امکان انجام مشاهدات بیشتر با نیروی انسانی کمتر است. با این وجود باید از محدودیت های GPS نیز آگاه بود.

گیرنده های GPS به برقراری ارتباط با حداقل چهار ماهواره نیاز دارند. درختان یا ساختمان های بلند می توانند ارتباط با GPS را قطع کنند. علاوه بر این GPS برای نقشه برداری در فضای سرپوشیده و داخلی یا indoor مناسب نیست. در برخی مواقع، ممکن است یک توتال استیشن اپتیکی مناسب و مؤثرتر باشد.

بسته به کار می توان یکی از چند روش مشاهداتی را انتخاب کرد:

- برای فواصل بلند، شبکه های ژئودتیک، یا مطالعات پلیت تکتونیک (تکتونیک صفحه ای)، از مشاهدات استاتیک استفاده می شود. این روش به شدت در فواصل طولانی دقیق است. اما نسبت به روش های دیگر کندتر است.
- برای ایجاد شبکه های کنترل محلی، گسترش شبکه، یا کارهای این چنین، از روش استاتیک سریع یا rapid static استفاده می شود. همچنین، برای داشتن طول بازهای دقیق تا ۲۰ کیلومتر، استاتیک سریع، از متد استاتیک خیلی سریع تر است.
- برای برداشت جرئیات یا برداشت تعداد زیادی از نقاط نزدیک به هم، روش کینماتیک بهترین روش است. این روش به این بستگی دارد که گیرنده ماهواره ای ۴ ماهواره را به وضوح مشاهده کند. در غیر این صورت به حل مجدد ابهام فاز نیاز است، که ممکن است بین ۵ تا ۱۰ دقیقه طول بکشد مگر اینکه گیرنده قابلیت پردازش-on-the flyداشته باشد.
- تکنیک دیگر کینماتیک آنی (RTK)است. که یک ارتباط رادیویی را از ماهواره به گیرنده مرجع و سپس به رُوِور برقرار می سازد. این تکنیک مادامی که تداخل رادیویی یا قطع ارتباط رخ نداده، برداشت آنی را میسر می سازد. روشRTK ، برای برداشت جزئیات، پیاده سازی و COGO کاربردی است.

۲-۸-۱- روش استاتیک

اصلی ترین تکنیک نقشه برداری باGPS ، برداشت استاتیک، است. به منظور مشاهده یک طول باز بلند، (۲۰ کیلومتر/۱۶ مایل و بیشتر)، گیرنده مرجع را در یک نقطه معلوم قرار دهید. در گام بعدی، گیرنده دوم را (که رُوِر نام دارد) در انتهای دیگر طول باز مستقر سازید. سپس، زمان مساوی برای ذخیره دیتا را تنظیم کنید – معمولاً ۱۵، ۳۰ یا ۶۰ ثانیه – و حداقل برای مدت زمان یک ساعت با روشن کردن گیرنده ها برداشت را انجام دهید. بسته به طول بیس لاین، تعداد ماهواره های در معرض دید، و هندسه یا آرایش نسبی ماهواره ها، ممکن است به مدت زمان بیشتری برای برداشت احتیاج داشته باشید. به خاطر داشته باشید: برای جلوگیری از بروز اشتباه همه چیز را دو مرتبه بررسی کنید. زمانی که داده کافی جمع آوری شد، رُوِر را خاموش کنید و به بیس لاین بعدی بروید، و این پروسه را برای طول باز جدید تکرار کنید. برای سرعت بخشیدن به مرحله برداشت، گیرنده رُوِر دیگری را اضافه کنید و با جا به جا کردن دو رُوِر هر بیس لاین را برداشت کنید.

۳-۸-۱- روش استاتیک سریع

چنانچه در سایتی کار می کنید که هرگز برداشت GPS در آنجا انجام نشده است، ابتدا نیاز به ایجاد چندین نقطه با مختصات معلوم دارید که بتوانید تبدیلات را محاسبه کنید. یک نقطه برای گیرنده مرجع انتخاب کنید، سپس با یک یا چند رُوِر به هر یک از نقاط معلوم حرکت کنید. به مانند برداشت استاتیک، مدت زمانی که هر گیرنده رُوِر باید اندازه گیری کند به طول بیس لاین و GDOP بستگی دارد. بعد از این که دیتاهایتان را برای پردازش به دفتر می برید، خطاها را به کمک اندازه گیری دوباره همان نقاط در زمان های مختلف از روز چک کنید.

٤-۸-۱- روش کینماتیک

گیرنده رفرنس را مستقر و تنظیم کنید، سپس رُوِر را در انتهای طول باز قرار دهید. مطمئن شوید که دستگاه ها از موقعیت ایستای خود جا به جا نمی شوند، هر دو گیرنده را روشن کنید و ۵ تا ۲۰ دقیقه منتظر بمانید (این زمان به تعداد ماهواره های در معرض دید و طول باز بستگی دارد). بعد از

اینکه دیتا جمع آوری شد، می توانید با رُوِر حرکت کنید. ذخیره نقاط با نرخ زمانی از پیش تعریف شده یا نرخ مکانی از پیش تعیین شده و یا هر دو، امکان پذیر است. در هر صورت، سعی کنید به موانعی که ممکن است سیگنال گیرنده را مسدود کنند نزدیک نشوید. زمانی که دید گیرنده ها به ماهواره، به کمتر از چهار ماهواره برسد، گیرنده را به محلی انتقال دهید که بتواند چهار ماهواره یا بیشتر را ببیند. در این حالت قبل از برداشت مجدد اجازه دهید ابهام فاز حل شود.

۵-۸-۱- روش RTK

RTKجایگزین مشاهدات کینمانیک است. گیرنده رُوِر؛ سیگنال را از ایستگاه مرجع می گیرد، اما چون خودش آنتن GPS دارد، سیگنال های ماهواره را نیز مستقیماً دریافت می کند. امروزه روش های متنوعی برای تعیین موقعیت با دقت بالا وجود دارد. بدون شک یکی از معروف ترین این روش ها، روش تعیین موقعیت آنی کینماتیک یا RTK می باشد.

سپس، رُوِر هر دو سیگنال را به منظور حل ابهام فاز پردازش می کند. کار را با استقرار و تنظیم گیرنده رفرنس آغاز کنید. به محض اینکه گیرنده رفرنس سیگنال های ماهواره را دریافت کرد، می توانید رُوِر را روشن کنید. صبر کنید تا رُوِر هر دو سیگنال ماهواره و ایستگاه مرجع را دریافت کند. وقتی این مورد اتفاق افتاد، رُوِر اصطلاحاً اینیشیالایز initialize خواهد شد و ابهام فاز حل می شود، و برای ثبت نقاط و مختصات آماده است. مشاهدات بیس لاین در این روش دقتی بین ۱ تا ۳ سانتی خواهند داشت. مطمئن شوید که ارتباط با رفرنس را از دست نمی دهید، چرا که قطع ارتباط سبب می شود محاسبات ابهام فاز رُوِر و همین طور دقت از دست برود. رادیو مودم را کنترل کنید چرا که تداخل در امواج رادیویی کار ارسال تصحیحات را مختل می سازد. مطمئن باشید آنتن ها، هم در ارسال و هم در دریافت های رادیویی به خاطر وجود ساختمان های بلند مسدود نمی شوند، و کابل بلند برای آنتن انتخاب نکنید چون این انتخاب باعث تضعیف سیگنال ها می شود RTK .که مخفف Real Time Kinematicاست، یکی از جالب ترین روش ها در زمینه تعیین موقعیت نسبی است که در آن دو گیرنده برای جمع آوری همزمان مشاهده های فاز، به وسیله رادیو مودم به هم مرتبط می شوند. این روش در تمامی تعیین موقعیت های دقیق همچون کاداستر، پیمایش، ناوبری، Mobile Mappingو... قابل استفاده است.

روش RTK فرایندی است که در آن تصحیح های سیگنال GNSS به صورت آنی (real-time) از یک ایستگاه گیرنده مرجع با موقعیت معلوم، برای یک یا چندین گیرنده متحرک فرستاده می شود. به این معنا که با استفاده از مشاهده های کوتاه مدت امکان تعیین موقعیت دینامیک (تعیین

موقعیت در حال حرکت بین ایستگاهها) فراهم شده و با استفاده از سیگنال های فاز حامل، موقعیت مکانی ایستگاه سیار با دقتی در حد چند سانتیمتر تعیین می گردد.

در حقیقت در روش RTK با استفاده از یک گیرنده ثابت) GNSS به نام (Base که بر روی یک ایستگاه با مختصات معلوم مستقر شده است، خطاهای مشاهده ها آشکارسازی می شوند و از طریق یک آنتن رادیویی به گیرنده های متحرک (Rover) ارسال می شوند و آن گیرنده ها با اعمال تصحیحات به مشاهده های خود، موقعیت دقیق محل خود را مشخص می نمایند.

بااستفاده از RTK در سیستم های تعیین موقعیت ماهواره ای GNSS قادر خواهیم بود خطای اتمسفری، خطای مداری و خطاهای دیگر را به مقدار چشمگیری کاهش دهیم که این امر سبب افزایش دقت تعیین موقعیت Real-Time در حد سانتیمتر می شود. بنابراین هر جا که دقت بالا مورد نیاز باشد میتوان از روش RTK استفاده کرد.

RTKبا استفاده از سیگنال فاز موج حامل، امکان اعمال تصحیح های تفاضلی برای ایجاد دقت بسیار بالا در تعیین موقعیت را فراهم می‌کند. روش های محاسبه عددی مورد استفاده در Rover به این صورت عمل می نماید که با ترکیب داده های Base و اندازه گیری های Rover مقدار عدد صحیح فاز موج حامل محاسبه می شود تا به کمک آن بتوان رفع ابهام فاز موج حامل را انجام داد. این روند رفع ابهام فاز، اغلب به عنوان initialization گیرنده شناخته می شود. بنابراین RTK روندی است که با حل ابهام اولیه فاز شروع می شود و این قسمت بسیار سخت هر سیستم کینماتیک است، مخصوصا در حالت real-time که سرعت گیرنده متحرک نباید عملکرد و قابلیت اطمینان کل سامانه را کاهش دهد.

با این توصیف ها میتوان گفت که RTK در واقع شبیه تصحیح تفاضلی است با این تفاوت که در این روش از یک ایستگاه مرجع محلی (base) استفاده می شود که از این ایستگاه تصحیحاتی برای مشاهدات فاز با دقت بسیار زیاد از طریق ارتباط های رادیویی به گیرنده سیار (Rover) ارسال می شود. به دلیل نزدیکی rover به ایستگاه مرجع، تقریبا تمامی خطای دریفت GNSS حذف می شود و تعیین موقعیت به دفعه های زیاد قابل تکرار است. اما برای اینکه سیگنال از ایستگاه اصلی (base)به سیار یا متحرک (rover) برسد نیاز به یک خط دید مستقیم میان آنهاست. (البته در RTKسنتی)

در زمینه اصول و عملکرد RTK یک قانون خیلی مهم وجود دارد : اگر rover از base دور باشد و در انتهای برد پوششی base قرار گیرد بخشی از دقت کار از دست میرود. دلیل ساده این امر این است که base همواره در حال تصحیح مشاهده های ماهواره ها از محل rover است. بنابراین دور بودن rover از base باعث می شود که تصحیح های مربوط به همه ماهواره ها در اختیار rover قرار

نگیرد و دقت کار کاهش یابد. در حقیقت موقعیت مکانی base در هنگام شروع به کار دقیقا مشخص است (از طریق روشهای مختلف تعیین موقعیت) بنابراین قادر است خطاهای مشاهده های ماهواره ای از موقعیت خود و rover را تصحیح کرده و از طریق ارتباط رادیویی این تصحیح ها را به roverبفرستد تا موقعیت آن هم تصحیح گردد.

۹-۱- مشاهده با GPS

دو دستگاهGPS به همرا متعلقات آن جهت شروع برداشت به روش استاتیک لازم است که یک دستگاه در روی نقطه ای با مختصات معلوم مستقر کرده و دستگاه دوم را روی نقطه ای که مختصات آن مجهول است مستقر می نمایید.

شروع به برداشت هم زمان دو دستگاه که فاصله آنها می تواند تا ۴۹ کیلومتر در بیشتر حالت فاصله از یکدیگر باشد. لازم به ذکر است هر چقدر فاصله دو دستگاه بیشتر باشد مدت زمان بیشتری (۳۰ دقیقه در بیشترین فاصله) جهت مشاهده مشترک دو دستگاه لازم می باشد.

خروج کارت حافظ و تخلیه آن جهت ورود اطلاعات به نرم افزار LGO(تخلیه توسط رم ریدر انجام می شود)

شکل (۱۱-۱) GPS دوفرکانس سیستم ۵۰۰

شکل (۱۲-۱) متعلقات GPS جهت شروع عملیات

شکل (۱۳-۱) GPS نصب شده و در حال مشاهده

شکل (۱۴-۱) صفحه نمایش در حال مشاهده

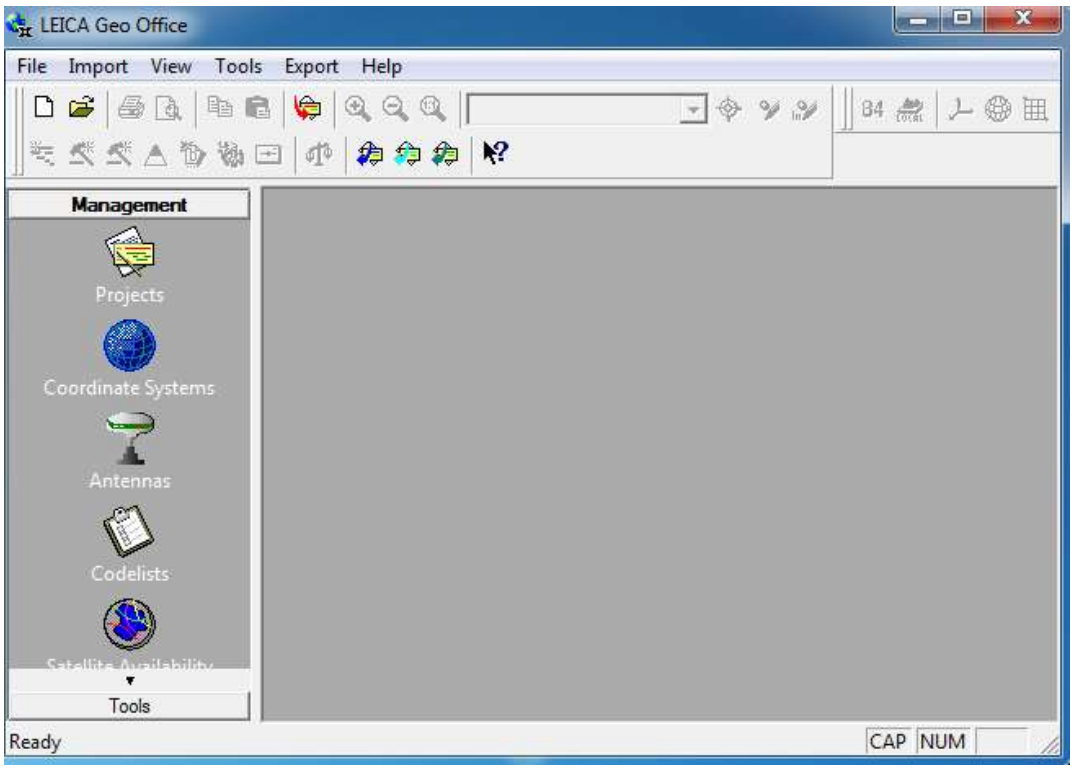
شکل (۱۵-۱) پورت های آنتن و باطری و محل رم

فصل ۲:

نرم افزار پردازش اطلاعات LGO

۱-۲- آشنایی مقدماتی با محیط نرم افزار LGO

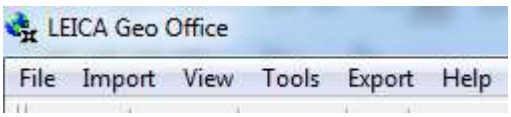
نرم افزار Leica Geo Office یک نرم افزار تجاری جهت پردازش داده های خام برداشت شده با استفاده از گیرنده های تک فرکانسه و دو فرکانسه GPS می باشد. این نرم افزار توسط شرکت لایکا طراحی و عرضه شده است.



شکل (۱-۲) محیط نرم افزار LGO

۲-۱-۲- منوی اصلی

این نوار که در بالای صفحه نمایش داده می شود در بر گیرنده گزینه های شکل زیر می باشد.

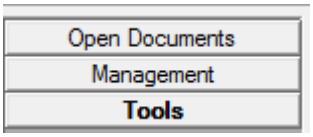


۳-۱-۲- نوار ابزار Toolbar

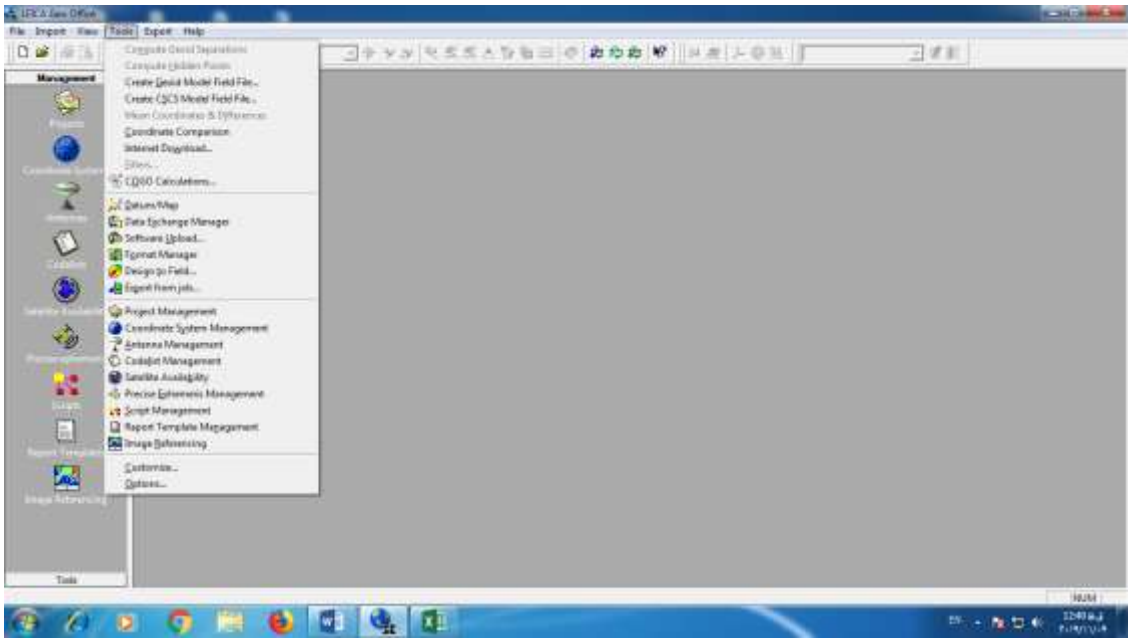
نوار ابزار استاندارد ابزاری را در بر گرفته است که بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد. اگر این نوار ابزار نمایش داده نمی شود بر روی View کلیک کرده و Toolbars را انتخاب نموده و یا بر روی قسمت خاکستری رنگ بالای صفحه راست کلیک نموده با انتخاب customize پنجره ای باز می شود که می توان نوار Standard و یا هر نوار ابزار دیگزی که مورد نیاز است را انتخاب نمود.

List bar1

این نوار ابزار امکان دسترسی آسان برای اجزای و ابزار مختلف LGO را فراهم می نماید و از سه گروه زیر تشکیل شده است.



برای باز کردن و یا بستن این پنجره از منوی اصلی View وList bar انتخاب گردد. راهی دیگر برای دسترسی به ابزار موجود در List bar استفاده از منوی Tools می باشد.



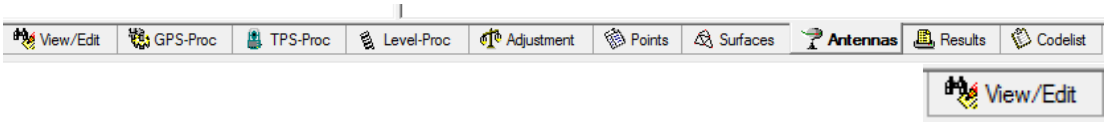
شکل (۲-۲) نحوه دسترسی به List bar

Context Menu

با راست کلیک کردن در هر قسمت از نرم افزار می توان به لیستی از دستورهای مفید دسترسی پیدا کرد.

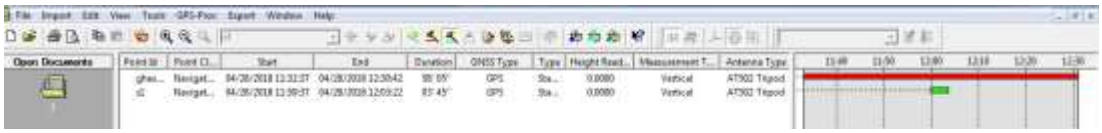
Tabbed View

جدول Tabbed View مربوط به پنجره project است که بعد از ساختن پروژه در اختیار قرار می گیرد که در ادامه به آن پرداخته می شود. این جدول قابلیت دسترسی سریع به صفحات مختلف از یک پروژه را فراهم می آورد. تغییرات این جدول را می توان با توجه به نیاز تغییر داد که این کار با راست کلیک کردن روی جدول و حذف و یا اضافه نمودن گزینه ها انجام داد.

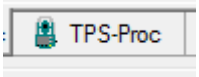


در تب View/Edit می توان نقاط و خطوط شبکه را در سیستم مختصات تعریف شده GPS که(WGS٨٤) می باشد و یا هر سیستم مختصات محلی دیگر را رویت نمود.

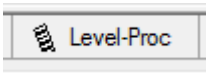
در این قسمت اطلاعاتی در مورد مشاهدان GPS از جمله گراف زمان، تاریخ اندازه گیری، نوع آنتن، ارتفاع آنتن و . . . به نمایش گذاشته می شود.



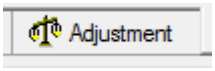
علاوه بر این می توان وضعیت پوشش زمانی اطلاعات برداشتی در ایستگاه های مختلف را در پنجره مشاهده نمود. پردازش نقاط، ویرایش اطلاعات آنتن ها و پردازش هایی از این نوع در این قسمت انجام می گیرد.



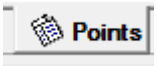
در این تب دستگاه های(Theodolite Positioning System) TPS که توسط LGO خوانده شده اند و همچنین پیمایش هایی که در پروژه تعریف و انجام گرفته اند به نمایش گذاشته می شود.



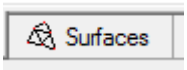
این تب مربوط به داده های تراز یابی می باشد. در این قسمت داده های ترازیابی به صورت کاملا اتوماتیک پردازش می شوند.



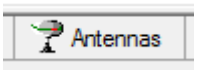
بعد از پردازش داده ها در قسمت GPS Procssing نتایج حاصل در تب Adjustment سرشکن می شوند. به دلیل اهمیت سرشکنی اطلاعات این موضوع به صورت کامل در ادامه توضیح داده خواهد شد.



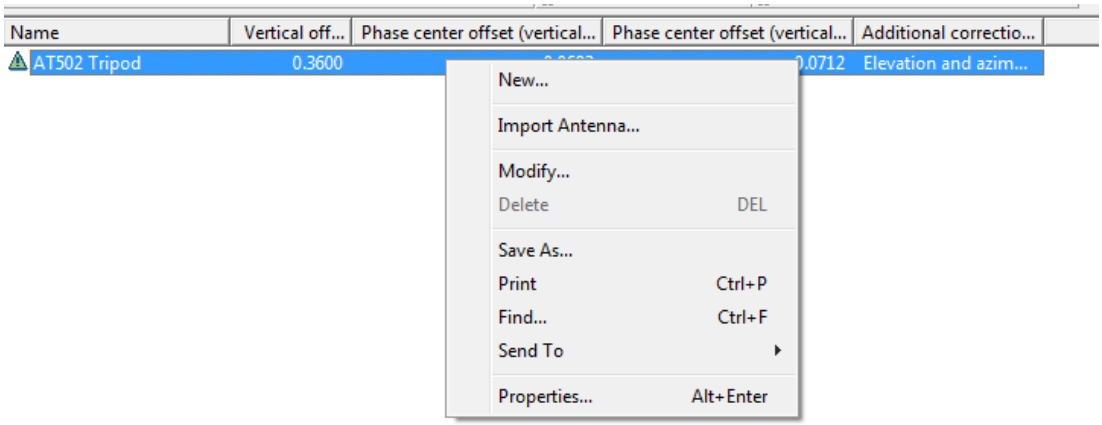
لیست مختصات نقاط در این تب قابل نمایش است. با استفاده از نوار ابزار Coordinate Format می توان مختصات نقاط را با فرمت های مختلف در اختیار داشت.



از این تب می توان برای نمایش و ویرایش کردن سطوح تعریف شده در پروژه استفاده کرد.

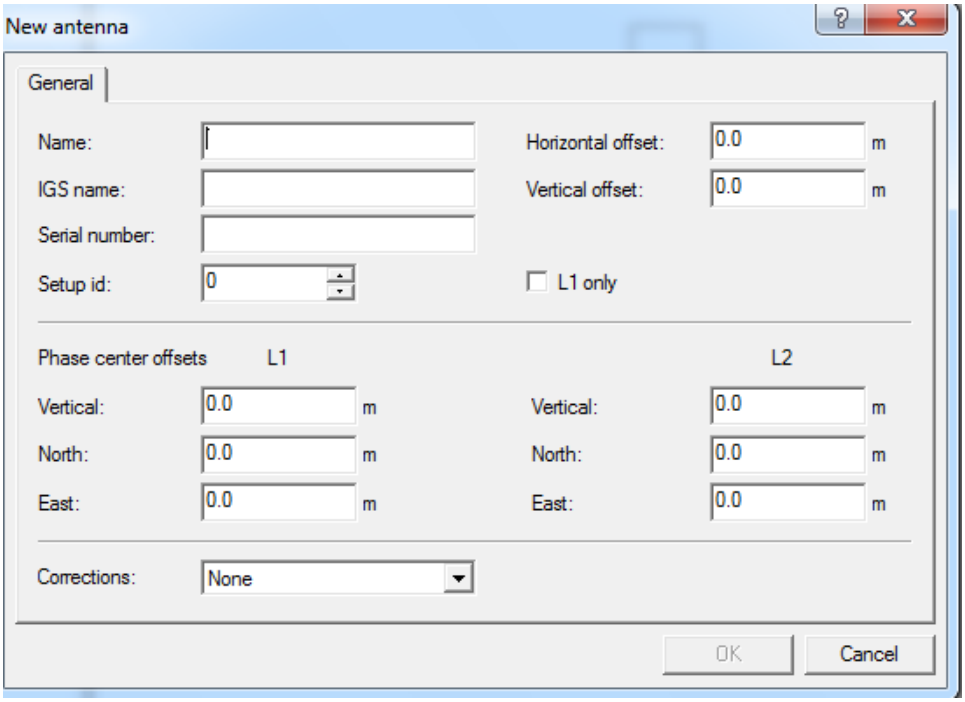


این تب در بر گیرنده ویژگی های آنتن هایی است که در پروژه از آنها استفاده شده است(آنتن هایی که با علامت ⚠ در پنجره مشخص شده اند آنتن هایی هستند که مربوط به شرکت لایکا نمی باشند که با داده های خام در ارتباط اند و می توان آنها را ویرایش و یا از لیست حذف نمود. اما اطلاعات مربوط به آنتن های لایکا که در نرم افزار موجود می باشد را نمی توان ویرایش کرد.

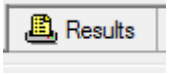


با راست کلیک روی مشخصات آنتن گزینه هایی در اختیار قرار داده می شود مانند properties که در صفحه مربوط به خود خصوصیات آنتن را در بر دارد. در صورتی که آنتن مورد نظر در بین

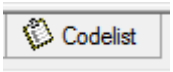
گزینه ها موجود نباشد، می توان آنتن جدید را به نرم افزار معرفی نمود. برای این کار روی صـفحه راست کلیک کرده و گزینه New را انتخاب نمود. پنجره New antenna باز می شود.



شکل (۳-۲) پنجره ایجاد آنتن جدید

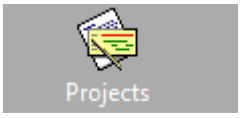


در این تب نتایج حاصل از پردازش نمایش داده می شود.

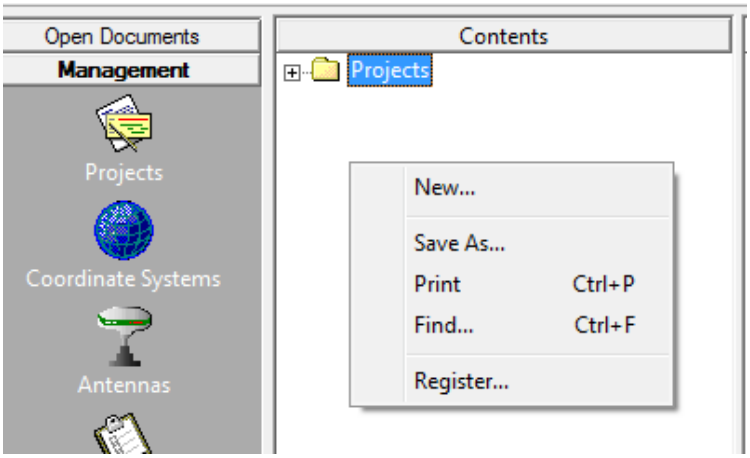


در این تب می توان ایستی از تمام کدهایی که هنگام وارد کردن داده های خام به پـروژه معرفـی شده اند را ببندید. علاوه بر این امکان ویرایش این کدها در این قسمت امکان پذیر می باشد.

۲-۲- معرفی اجزای Management

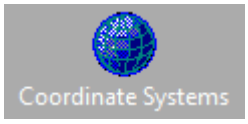


گزینه مدیریت پروژه Project management محلی برای ساختن پروژه جدید و همچنین باز کردن پروژه ای از پیش ساخته شده، کپی، انتقال و ویرایش نمودن آن می باشد.
با کلیک کردن روی دکمه پنجره Project management باز می شود. که در بر گیرنده پروژه های از پیش ساخته شده است، اگر پروژه ای در سیستم سخت افـزاری دیگـری سـاخته شـده اسـت را بخواهیم در نرم افزار باز کنیم و یا پروژه ای را به لیست اضافه کنیم و آن را در ایـن قسـمت ثبـت کنیم در هر جای دلخواه از این پنجره راست کلیک نماییم و Register زا انتخاب کنیم پنجـره ای برای ما باز می شود که می توان فایل خود را در آن پیدا و آن را تایید کرد و به این ترتیـب پـروژه قدیمی در لیست ثبت می شود.



شکل (۴-۲) ایجاد پروژه جدید

چنانچه قصد حذف پروژه ای از لیست داشـته باشـیم روی نـام آن راسـت کلیـک کـرده و گزینـه UnRigister را انتخاب می کنیم. می بایست توجه داشت با این کار فایل پروژه پاک نمـی شـود و فقط نامش از لیست حذف می گردد.برای پاک کردن فایل پروژه، روی نام آن راست کلیک کرده و گزینه Delete را انتخاب نموده و باید توجه نمود که نباید فایل ها را خارج از برنامه پاک نمود.



لازمه درک بهتر این قسمت ارائه توضیح مختصری در خصوص مختصات نقاط و سیستم های مختصات می باشد.

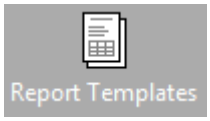
مدیریت آنتن Antennas Management امکان معرفی و تغییر در پارامتر های آنتن هـای مختلـف GPS را فراهم آورده است. به عنوان مثال، مهمترین پارامتر یک آنتن افست مرکز فاز phas center offset آن می باشد که این فاصله در معرفی Baseline و همچنین در پردازش ها اهمیت بسـیاری دارد، در این قسمت معرفی می شود.

شامل کدهای موضوعی و آزاد است که اطلاعاتی را در مورد توصیف ویژگی هـای توپـوگرافی و یـا اطلاعاتی در مورد نقاط در طول اندازه گیری را می دهد. این لیست ممکن است به چروژه ضمیمه شده باشد. امکان ایجاد و ویرایش این کدها نیز وجود دارد.

برای پیش بینی وضعیت ماهواره ها از این ابزار کمک می گیریم. با معرفی فایل Almanas به نـرم افزار اطلاعات گرافیکی و عددی ماهواره ها در صورت فلکـی در یـک زمـان و مکـان مشـخص، در اختیار کاربر قرار می گیرد. به این ترتیب به کاربر ذر طراحی کار میدانی GPS کمک می کند.

Precise Ephemeris Managment اطلاعات دقیق مدار ماهواره ها Precise Ephemeris را بـرای ما نشان می دهد. این اطلاعات برای پروژه های مختلف قابل استفاده است و بـه پـروژه ای خـاص محدود نمی شود.

نوار ابزار LGO دو زبان ویژوال بیسیک و زبان برنامه نویسی جاوا را پشتیبانی و اجرا می کند. شما می توانید برنامه های خود را برای انجام سریع تر و راحت تر یکسری عملیات روتین به یکی از این دو زبان نوشته و با استفاده از ابزار Scripts Management در لیست Scripts این نرم افزار ثبت کرده و آن را اجرا نمایید.

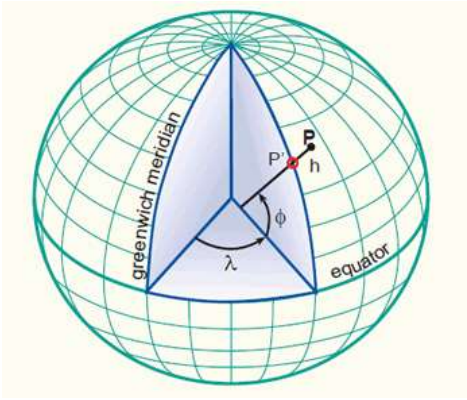


گزارش هایی که در قسمت های مختلف از نرم افزار می گیرید دارای ساختاری از پیش تعیین شده است با استفاده از Report Templates Management می توان این ساختارها را بر حسب نیازتان تغییر دهید و یا یک ساختار جدید ایجاد کرده و به لیست موجود آن را اضافه کنید.

این گزینه جهت مدیریت تصویر زمینه به کار برده می شود. این مولفه که در تب View/Edite قابل اجرا است این امکان را برای کاربر فراهم می کند که با معرفی کردن سیستم مختصات محلی به تصویر، مختصات نقاط مورد نظر را در تصویر مشخص کند. با توجه به این که این گزینه در پردازش GPS کاربرد ندارد به همین اندازه به توضیح آن اکتفا می کنیم.

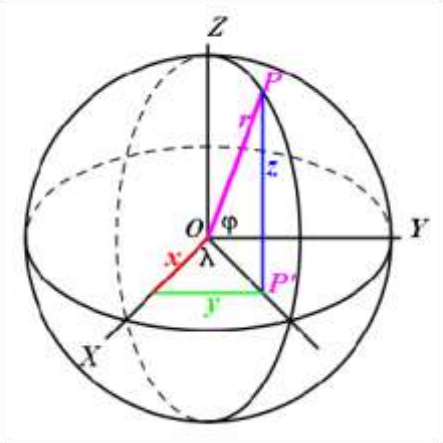
۳-۲- مختصات نقاط و سیستم های مختصات

برای هر نقطه می توان سه نوع مختصات بر روی بیضوی ارائه نمود.
مختصات منحنی الخط ژئودتیک(φ, λ, h) که مختصات یک نقطه بر روی بیضوی مشخص می باشد.



شکل (۵-۲) سیستم مختصات ژئودتیک

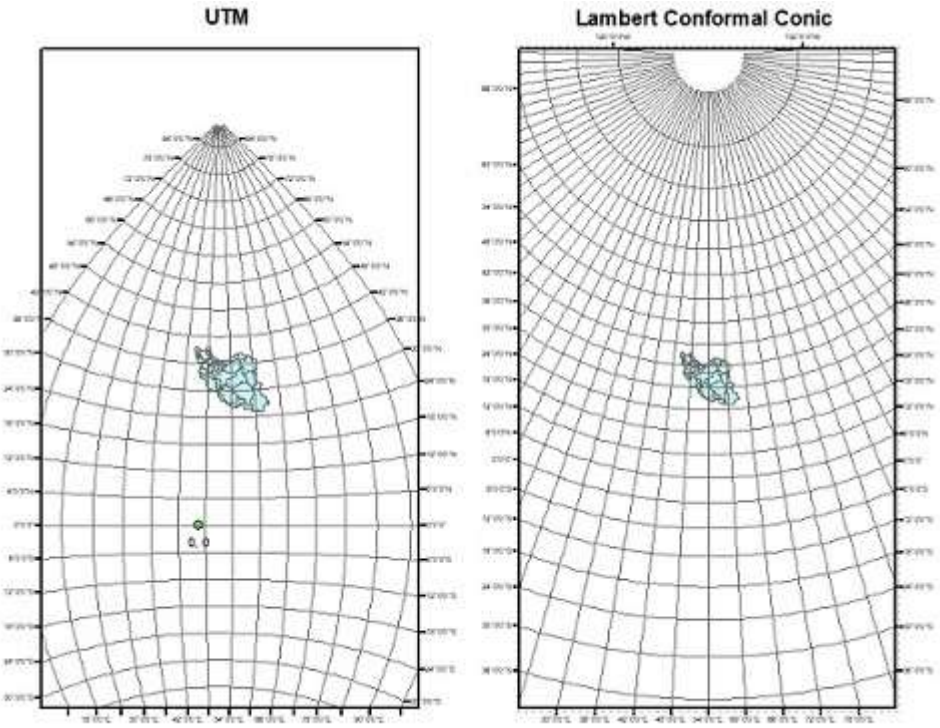
مختصات کارتزین(مستقیم الخط)ژئودتیک (XG,YG,ZG) که مربوط به مختصات سه بعدی درسیستم Geodetic می باشد.



شکل (۶-۲) سیستم مختصات کارتزین

محور XG به سمت نصف النهار گرینویچ
محور YG در صفحه استوا در ۹۰ درجه محور XG به صورتی که سیستم راست گرد باشد.
محور ZG به سمت محور دورانی بیضوی (Z مربوط به این نوع مختصات هیچ ارتباطی با ارتفاع نقطه ندارد).

سیستم مختصات Grid به سیستم تصویری که به پروژه معرفی شده بستگی دارد. از سیستم های تصویر می توان به سیستم تصویر UTM و لامبرت اشاره کرد.



شکل (۷-۲) سیستم مختصات utm و lambert

لذا در ادامه مدیریت Coordinate System Management امکان ارائه مختصات به اشکال مختلف که ذکر گردید مهیا شده است. همچنین امکان انتقال مختصات از سیستم جهانی (WGS۸۴) به سیستم محلی و بلعکس آن در این قسمت امکان پذیر می باشد. داده هایی که در این قسمت از نرم افزار وجود دارد در پایگاه داده Database مستقل از پروژه ذخیره می شود.

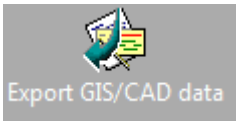
۴-۲- معرفی ابزار موجود در Tools

برای وارد کردن داده های خام GPS و داده های انـدازه گیـری شـده از ابـزار Import Raw Data استفاده می شود. البته توجه داشته باشید که این نرم افزار فرمت هـای خاصـی از داده هـا را مـی خواند که می توانید آنها را در قسمت Files of Type از پنجره Import Raw Data مشاهده کنید.

این ابزار برای وارد کردن فایل های ASCII(فایل های با فرمت SKI-ASCII) به پروژه مـی باشـد. فرمت ASCII به صورت Text بوده و قابل خواندن در تمامی کامپیوتر ها و سیستم های عامل می باشد. فایل های ASCII می توانند شامل لیستی از مختصات ها باشند و یا فایل های الگو (ASCII File Templates) را در بر گیرند. فرمتASCII بیشتر برای داده های کلاسیک استفاده می شود.

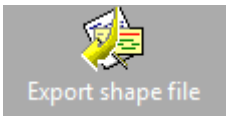
برای ساختن فایلی قابل اجرا در نرم افزار Land Desktop از این ابزار اسـتفاده مـی شـود. اگـر در حال کار کردن بر روی داده های GPS هسـتید، فایـل(FieldBooK File)FBK شـما مختصـات ایستگاه های مرجع (Refrence Station)، ارتفاع آنتن ها و همچنین مختصات اندازه گیری شـده ی نقاط Rover را در بر می گیرد.
(نقاط Refrence نقاط مختصات داری هستند که مختصات نقاط دیگر از آنها گرفتـه مـی شـود و نقاط Rover نقاطی هستند که به وسیله نقاط Refrence مختصات دار می شوند.)

برای داشتن خروجی با فرمت RINEX از داده های خام GPS پروژه از این ابزار استفاده می شـود. که این خروجی هم می تواند کل داده ها را در بر گیرد و یا در بر گیرنده ی بخش خاصـی از داده ها باشد.

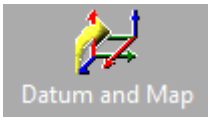


این ابزار امکان ایجاد فایل هایی با فرمت DXF,DWG که فرمت های نرم افزار AutoCAD می باشند و همچنین فایل هایی با فرمت DGN که مربوط به نرم افزار Micro Station است را از نقاط، خطوط و ناحیه های یک پروژه را فراهم می آورد.

البته می بایست توجه داشت که مختصات ها باید در یک سیستم مختصات محلی Local Grid System تعریف شده باشند. همچنین زمانی می توانیم فایل هایی با فرمت های نام برده بسازیم که نرم افزار مربوطه (اتوکد یا نرم افزار ماکرواستیشن) هنگام گرفتن خروجی ها همزمان در حال اجرا باشند.



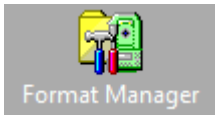
از این ابزار برای ساختن فایل های ESRI Shape File از نقاط، خطوط و ناحیه های ذخیره شده در یک پروژه استفاده می شود. این فایل در نرم افزار Arc GIS قابل اجرا می باشد.



اگر شما مختصات های نهایی را در همان سیستم مختصات GPS که WGS٨٤ است بخواهید، دیگر نیازی به این گزینه نیست. این گزینه برای انتقال مختصات از سیستم مختصات WGS٨٤ به سیستم مختصات محلی و همچنین تعیین پارامتر های تبدیل بین دو سرس مختصات قابل استفاده است. علاوه بر این ها برای مقایسه بین مختصات های موجود در پروژه های متفاوت قابل استفاده است.

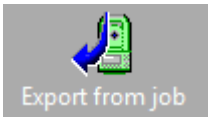
از این ابزار برای انتقال داده ها بین کامپیوتر و دستگاه هایی که قابل پشتیبانی توسط LGO می باشند، استفاده می شود. علاوه بر این شما می توانید از این گزینه برای تبدیل کردن پروژه های ساخته شده در LGO به jop دستگاه اضافه کنید.

با استفاده از این ابزار شما می توانید نرم افزار های مورد نیازتان را بر روی حافظه اصلی دستگاه ها نصب نمایید.



ابزاری برای ساختن و تعیین کردن فرم فایل ها format fileمی باشد که هنگـام نصـب LGO بـه صورت اتوماتیک نصب می شود. با استفاده از این قابلیت می توان فرم فایل های LGO و هم فـرم فایل دستگاه ها و تجهیزاتی مانند توتال استیشن ها را تعیین کرد.

این ابزار داده های مختلف را برای قرار دادن بر روی سیستم ۱۲۰۰ آماده می کنـد. ایـن داده هـا می توانند نقاط کنترل، نقشه ها و همچنین طرح جاده، تونل و یا ریلی باشد که قرار است بـر روی زمین پیاده شود، باشند.



برای تخلیه اطلاعلت سیستم ۱۲۰۰ از این ابزار استفاده می شود که از اطلاعات خام ایـن سیسـتم فایل ASCII خروجی می گیرد.

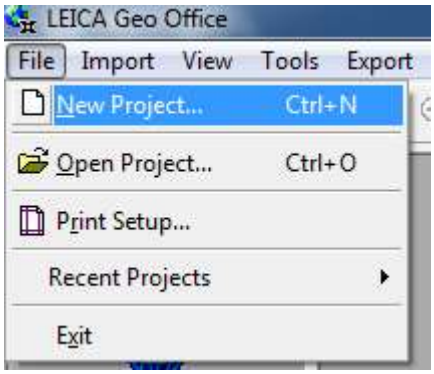
۵-۲- ایجاد یک پروژه و آماده نمودن اطلاعات جهت پردازش

برای پردازش داده های GPS در ابتدا می بایست نسبت به ایجاد یک پروژه جدید اقدام نماییم

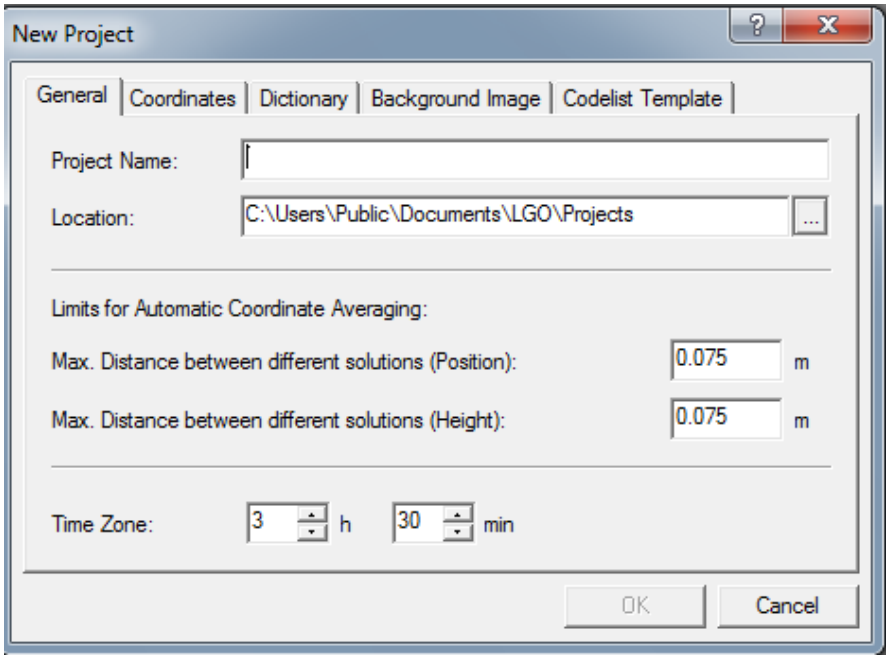
ایجاد پروژه

File → New Project

و یا با کلیک روی از منوی ابزار می توان به پنجره زیر دست یافت.



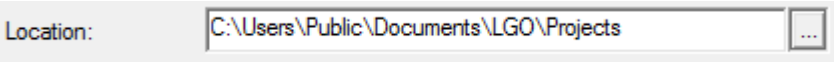
تب *General*



شکل (۸-۲) تب General جهت ایجاد یک پروژه جدید

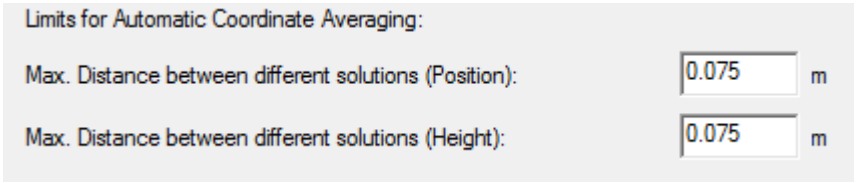
نامی که تا ۴۰ کارکتر را پشتیبانی می کند و در قسمت Project name نام پروژه درج می گردد

و در قسمت Location



آدرسی که قرار است

پروژه در آن ذخیره گردد ثبت می شود.

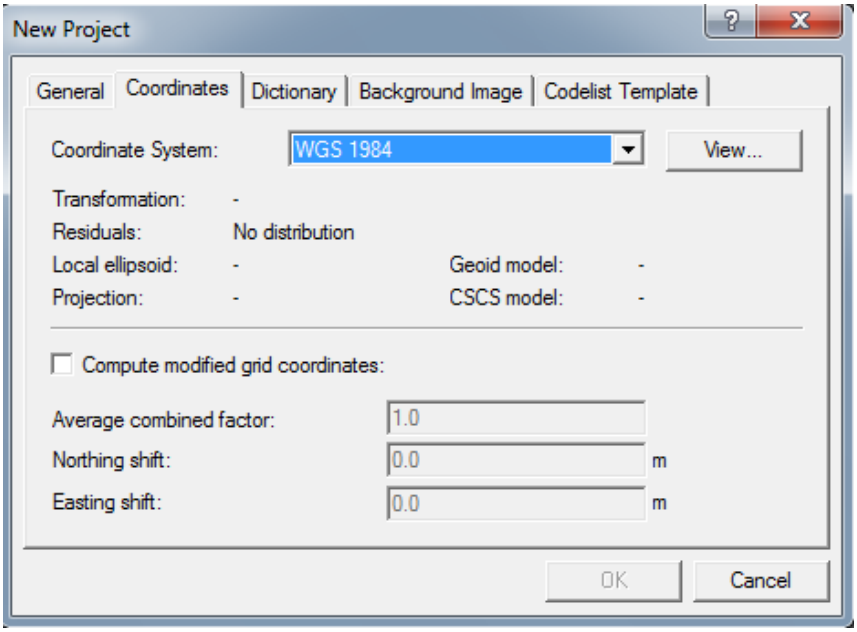


در پردازش GPS از یک نقطه که دارای مختصات معلوم است شروع کرده و به سایر نقاط مختصات می دهیم. در صورتی که به صورت حلقه Loop باشند در نهایت بـه ئنقطـه ابتـدایی بـا مختصـات معلوم رسیده که مختصاتی همراه با خطا خواهد داشت که با اختلافش با مقدار اولیه بیـان کننـده خطای Loop خواهد بود کخ در این قسمت خطای مجاز درج می شود.

در قسمت

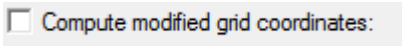
اختلاف ساعت منطقه ای که پروژه در آن انجام می شود با ساعت گرینویچ را درج می نماییم که این مقدار در ایران در نیمه اول سـال ۴:۳۰ است و در نیمه دوم سال ۳:۳۰ می باشد.

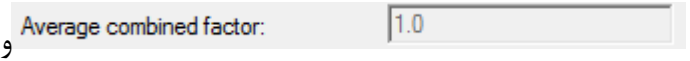
تب *Coordinates*



شکل (۹-۲) تب Coordinatesجهت ایجاد یک پروژه جدید

این قسمت مربوط به تعیین سیستم مختصات است که به صورت پیش فرض روی WGS۸٤ قـرار گرفته و برای تغییر آن و همچنین ایجاد یک سیستم مختصات جدید وارد لیستی که به این منظور در قسمت View آماده شده است شوید.

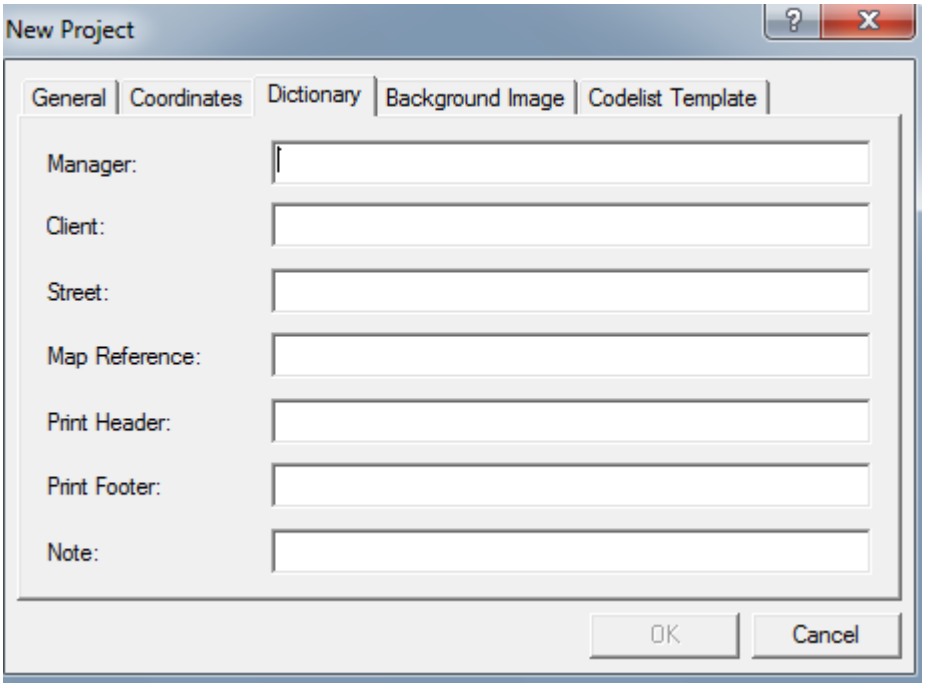
قسمت 

مربوط به اصلاح شبکه مختصات می باشد با زدن تیک آن می توانید فـاکتور مقیـاس را در 

و

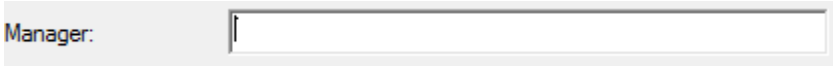
در دو قسمت بعدی میزان جلبجایی در دو جهت X,Y را وارد نمایید. با معرفی این مقادیر می توانید نقاط را به یک شبکه محلی انتقال دهید.

تب *Dictionary*



شکل (۱۰-۲) تب Dictionary جهت ایجاد یک پروژه جدید

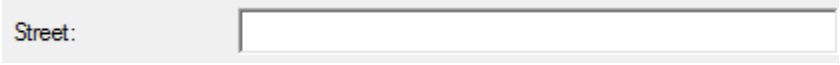
این صفحه مربوط به اطلاعات شخصی است که درخواست انجام پروژه را داده است که وارد کردن این اطلاعات اختیاری می باشد.

قسمت 

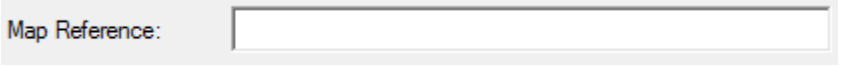
مربوط به نام مدیر پروژه

قسمت

نام درخواست کننده

قسمت 

آدرس مشتری

قسمت 

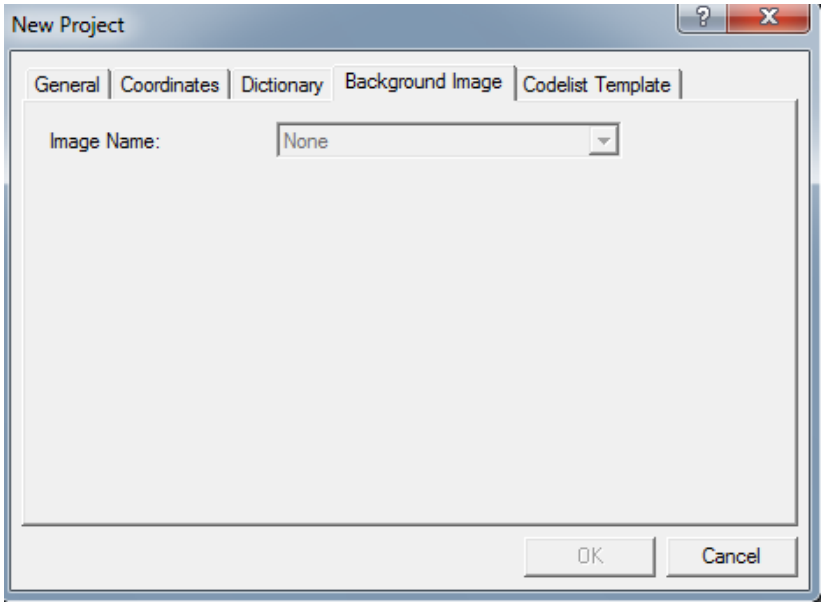
اطلاعات در خصوص ورق نقشه ی مربوط به منطقه پروژه را در بر می گیرد.

قسمت Print Header: سربرگ گزارش مشخص می گردد.

قسمت Print Footer: مربوط به پاورقی گزارش است.

قسمت Note: توضیح بیشتر در خصوص پروژه

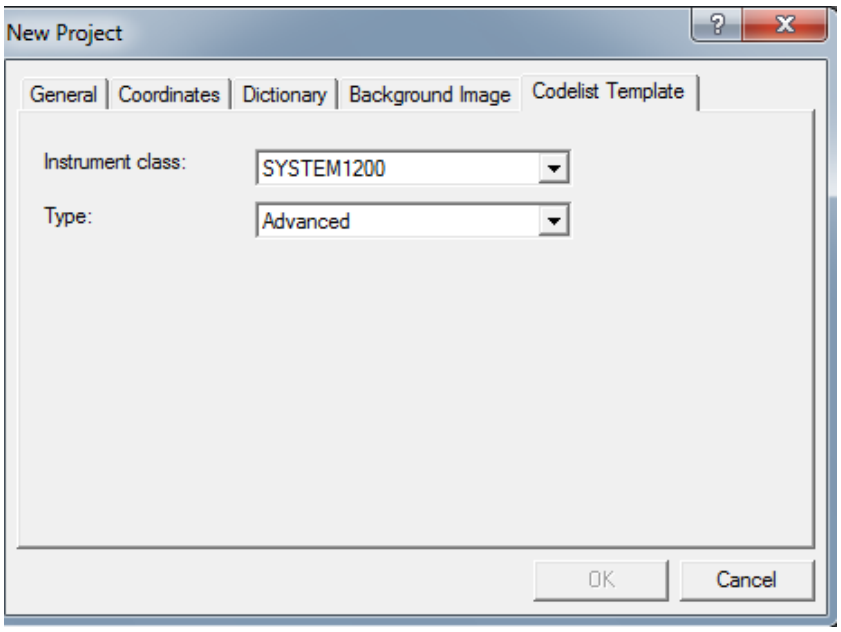
تب *Background Image*



شکل (۱۱-۲) تب Background Image جهت ایجاد یک پروژه جدید

در پرازش های GPS کاربرد ندارد

تب *Codelist Template*

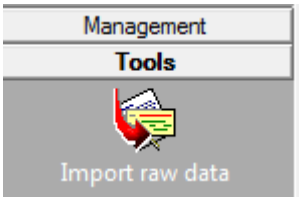


شکل (۱۲-۲) تب Codelist Template جهت ایجاد یک پروژه جدید

در این قسمت بسته به اینکه داده های خام از چه دستگاهی گرفته شده فرمت ها متفاوت است. پس از انجام تنظیمات مربوط به تب های مذکور بر روی دکمه ok کلیک کرده تـا اطلاعـات ثبـت شود و پروژه ایجاد گردد.

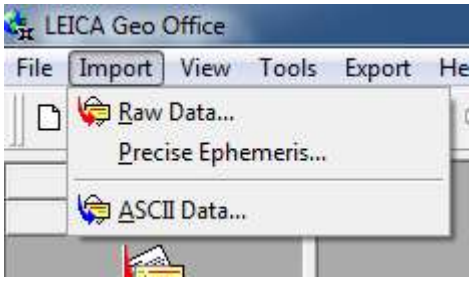
۶-۲- ورود مشاهدات به پروژه ایجاد شده در LGO

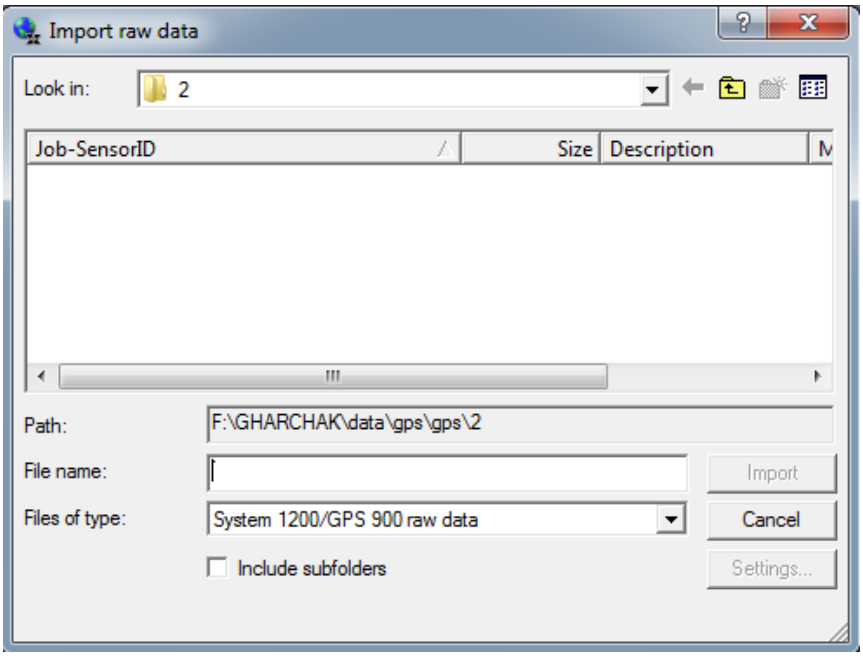
حالت اول:



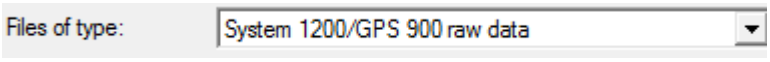
حالت دوم:

حالت سوم:

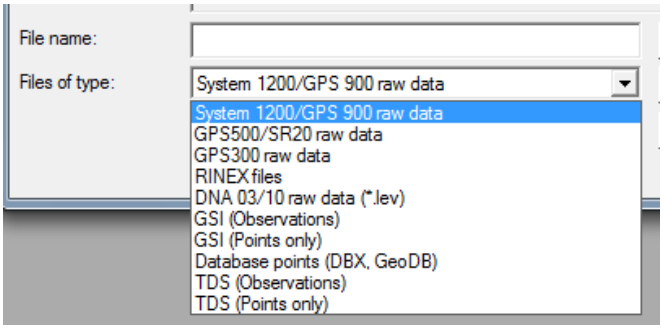




شکل (۱۳-۲) فراخوانی مشاهدات gps

در قسمت 

نوع داده ها مشخص می شود



شکل (۱۴-۲) تعیین نوع مشاهده

عبارت Rinex مخفف عبارتReceiver Independent Exchange Format و بـه معنـی فرمت مستقل از گیرنده می باشد که توسط موسسه نجوم دانشگاه برن در سال ۱۹۸۹ ایجاد شـده است.

Observation: مربوط به داده های مشاهدات می باشد که شـامل ۴ بخـش مـی باشـد . بخـش C۱(مشاهدات شبه فاصله کز C/A مربوط به L۱) ، L۱(مشـاهدان فـاز مربـوط بـه L۱) ، P۲(مشاهدات شبه فاصله کد P مربوط به L۲) و L۲(مشاهدات فاز مربوط به L۲) می باشد.

Navigation: مربوط به داده های موقعیت ماهواره می باشد.

Meteorological: مربوط به داده های هواشناسی می باشد.

در نهایت روی نام پروژه کلیک کرده و سپس گزینخ Assign را انتخاب نمایید. به این ترتیب داده ها به پروژه معرفی می شوند و پنجره مربوط به پروژه باز می شود.

۷-۲- پردازش مشاهدات

مماممبعد از ورود اطلاعات به نرم افزار و قبل از پردازش باید مشخص باشد کـدامیک از مشـاهدات قرار است در پردازش استفاده گردد و جهت پردازش هر Baseline(خطی که نقطه Reference

را به نقطه Rover وصل می کند) باید معرفی کنیم که کدامیک از مشاهدات Reference و کدامیک Rover است.

شکل (۱۵-۲) مشاهدات وارد شده به محیطlgo

جهت انتخاب همه مشاهدات به عنوان Rover

جهت انتخاب مشاهده ای به عنوان Reference

جهت انتخاب مشاهده ای به عنوان Rover

می توان ابتدا همه مشاهدات را با استفاده از به عنوان Rover انتخاب کرده و بعد با استفاده از مشاهده Reference را معرفی نمود.

Processing Mode

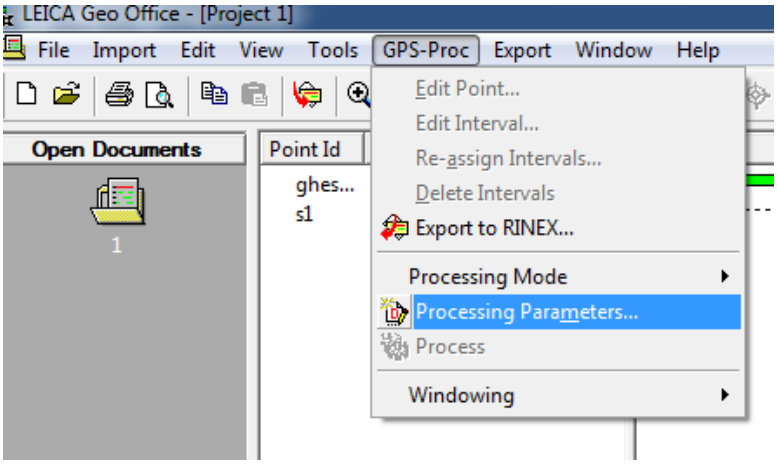
در نحوه انجام پردازش دو نوع انتخاب می توانیم داشته باشیم، پردازش به صورت دستی(Manual) و یا پردازش به صورت اتوماتیک(Automatic).

در پردازش به صورت Manual نحوه انتخاب و طراحی داده ها به دست کاربر می باشد، کاربر می تواند Baseline مورد نظرش را معرفی و آن را پردازش نماید.

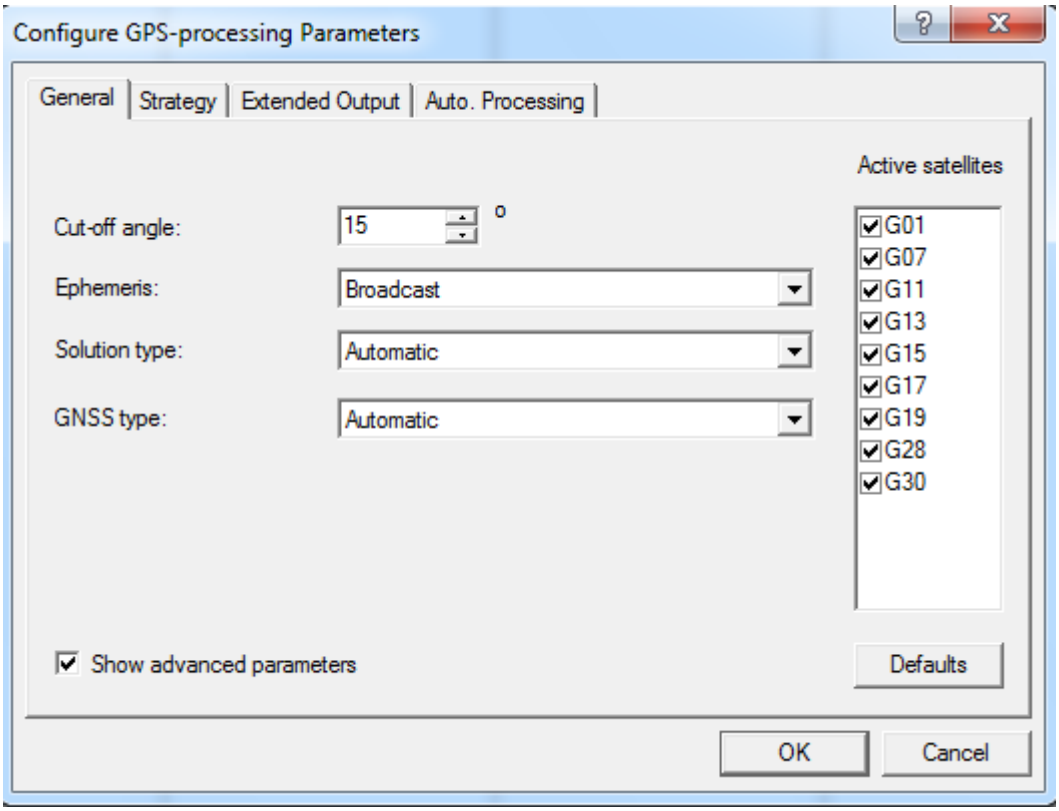
اما در پردازش به صورت اتوماتیک نرم افزار تمام ترکیب های خطوط Baseline منطقی را در نظر می گیرد و بر اساس یکسری قیود پردازش را بین مشاهداتی که انتخاب کرده اید به صورت اتوماتیک انجام می دهد و بر خلاف حالت Manual نمی توانیم ایستگاه Reference را معرفی نماییم و فقط می توانیم نقاط Rover را انتخاب نماییم و خود نرم افزار یکسری نقاط رفرنس مناسب در نظر می گیرد و این پردازش را طبق پارامترهایی که در Processing Parameters معرفی کرده اید انجام می دهد.

Processing Parameters

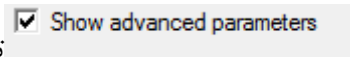
قبل از انجام پردازش باید پارامترهای مورد نیاز را جهت انجام محاسبات مشخص نمایید و این کار در قسمت Processing Parameters انجام می گیرد.



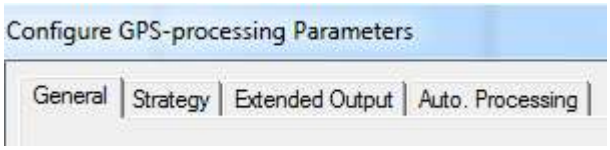
شکل (۱۶-۲) نمایش پارامتر های پردازش اطلاعات



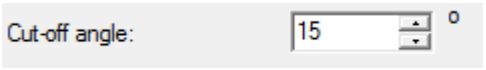
شکل (۱۷-۲) پنجره تنظیمات پارامترهای پردازش اطلاعات

اگر در این صفحه گزینه 

تیک خورده باشد این پنجره دارای چهار صفحه است.

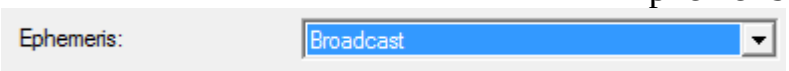


تب General



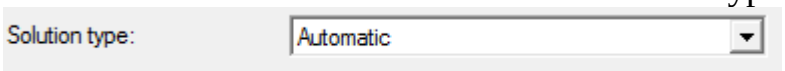
هنگامی که ارتفاع ماهواره ها از یک حدی پایین تر باشد احتمال وجود خطا در داده ها بیشتر است. به همین دلیل بهتر است که از مشاهدات آنها صرف نظر شود. و گاهی ممکن است مشکل در حل ابهام به دلیل نویزهای موجود در اطلاعات ماهواره هایی با ارتفاع کم باشد که با افزایش این زاویه ابهام حل شود. به همین منظور کمترین ارتفاعی که ماهواره ها می توانند داشته باشند را در این قسمت معرفی نمایید.

Ephemeris

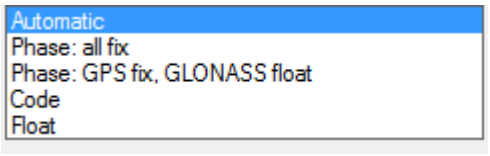


در این قسمت شما می توانید انتخاب نمایید که در پردازش، از اطلاعات Precise ephemeris استفاده نمایید و یا از Broadcast ephemeris ، استفاده از Precise ephemeris باعث بهبود دقت ها هنگام پردازش Baseline بلندی که مشاهده بر روی آنها در یک مدت زمان طولانی انجام گرفته است، می شود(برای وارد کردن این اطلاعات از گزینه Import/Precise ephemeris واقع در منوی اصلی استفاده نمایید).

Solution type

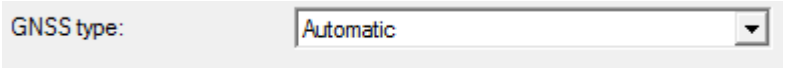


در این قسمت تعریف می کنیم که کدام روش برای محاسبه باید مورد استفاده قرار بگیرد و اینکه آیا ابهام فاز باید حل شود یا خیر. که در نرم افزار LGO می توان گزینه های زیر را انتخاب کرد.



حالت پیش فرض آن بر روی Automatic است که باعث می شود که سیستم از مشاهدات فاز و کد برای حل ابهام فاز استفاده کند. در حالت معمول احتیاجی به تغییر این گزینه نیست.

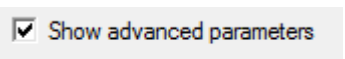
GNSS type



در این قسمت مشخص نمایید که از اطلاعات کدام ماهواره ها می خواهید استفاده نمایید. فقط از ماهواره های GPS و یا از داده های هر دو ماهواره (GPS,GLONASS). اگر گزینه Automatic را انتخاب نمایید نوع ماهواره به داده های ذخیره شده در نقاط Reference و Rover وابسته می شود.

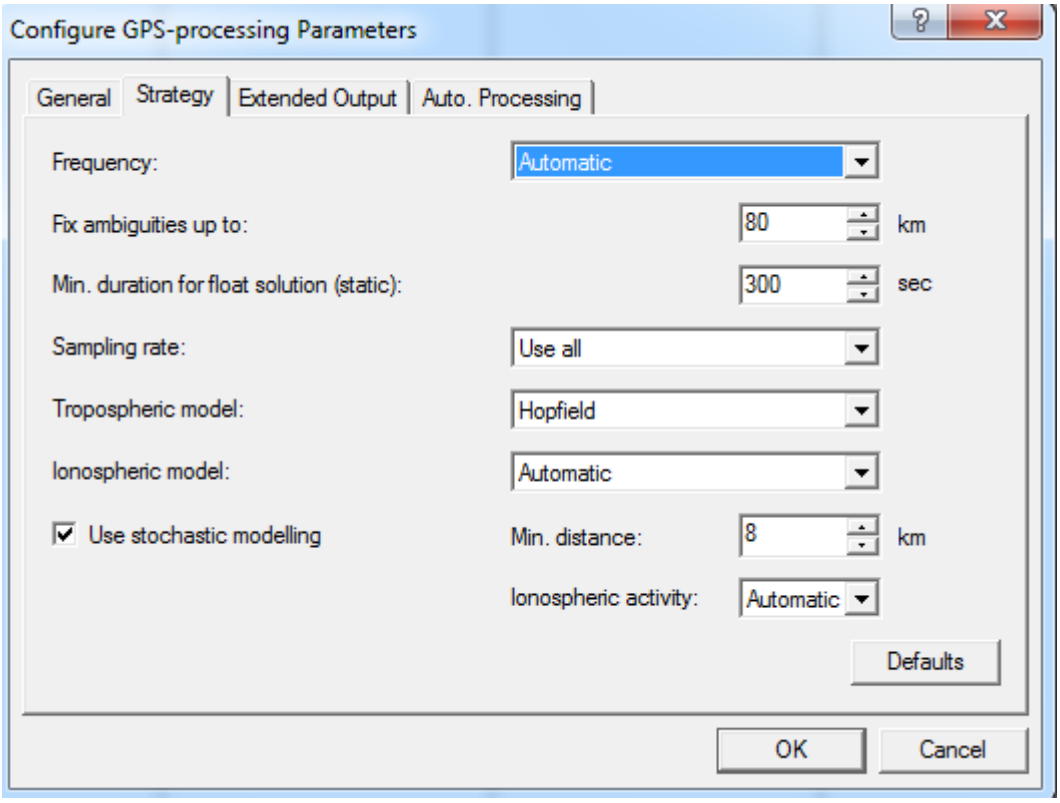
Active Satellites

در این قسمت شما لیستی از تمام ماهواره هایی که مشاهده شده اند را می بینید که در آن ماهواره های GPS با حرف G و ماهواره های GLONASS با حرف R نمایش داده شده است. با فعال کردن ماهواره ها(زدن تیک مربوط به هر ماهواره خاص) و یا غیر فعال کردن آنها این قابلیت برای شما قرار داده شده که مشاهدات مربوط به یک ماهواره را از شرکت در پردازش خارج نمایید و یا اینکه از اطلاعلت آنها در پردازش استفاده کنید.



با انتخاب این گزینه دو تب Strategy, Extended در اختیار شما قرار داده می شود.

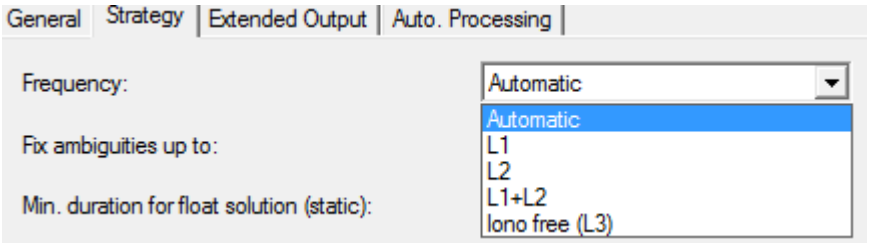
تب Strategy



شکل (۱۸-۲) تب Strategy تنظیمات پیش از پردازش

Frequency

در این قسمت می توانید مشخص کنید که نرم افزار از کدام فاز موج حامل جهت انجام پردازش استفاده کند.



Automatic

با انتخاب این گزینه نرم افزار بهترین فاز و یا ترکیبی از فازهـای امـواج حامـل را جهـت پـردازش انتخاب می کند.

L1,L2

با انتخاب فرکانس L۱ و یا L۲ ، نرم افزار جهت حل مسائل به استفاده از این فرکانس های خاص محدود می شود.

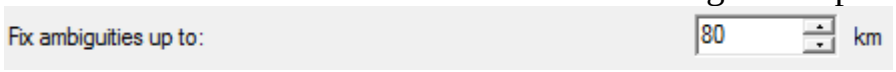
L1+L1

با انتخاب این گزینه از ترکیب امواج L۱ و L۲ جهت پردازش استفاده می شود.

Iono free(L3)

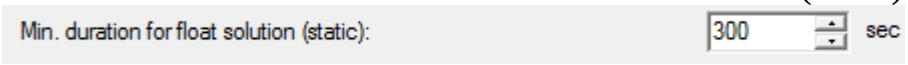
با انتخاب این گزینه شما دستور استفاده از موج عاری از اثر یونسفر(L۳) را در انجـام پـردازش بـه نرم افزار می دهد.

Fix ambiguities up to



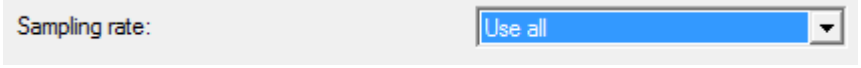
این مقدار بیان کننده بیشترین طول Baseline جهت حل ابهام در فاز می باشـد. یعنـی تـا چـه طولی ابهام در فاز را حل کند.

Min.duration for flot solution(static)



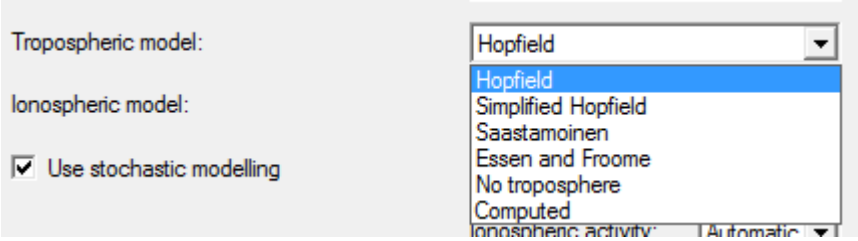
کمترین زمان مشاهده در حل به روش Flot در حالت Static می باشد که اگر مـدت زمـانی کـه مشاهده صورت گرفته از این مقدار کمتر باشد قادر به حل مسئله نمی باشد.

Sampling rate



با استفاده از این گزینه شما می توانید تعیین کنید که چه مقدار از داده های ثبت شده در پردازش استفاده کنید. به عنوان مثال اگر میزان مشاهدات حین عملیات زمینی بر روی ۱ ثانیه باشد یعنی هر یک ثانیه یک مشاهده ثبت کند، شما مـی توانیـد از همـه مشـاهدات ثبـت شـده در پـردازش استفاده کنید به این منظور Sampling rate را بروی فاصله زمانی مورد نظرتان قرار دهید و اگر می خواهید از همه مشاهدات استفاده کنید گزینه Use all را انتخاب کنید.

Tropospheric model



لایه تروپوسفر باعث تاخیر در انتشار سیگنال های GPS می شود که این تاخیر تروپسفری مستقل از فرکانس سیگنال های ارسالی، جهت محاسبه و برخورد با این بایاس نرم افزار از روش ها و مدل های قید شده استفاده می کند.

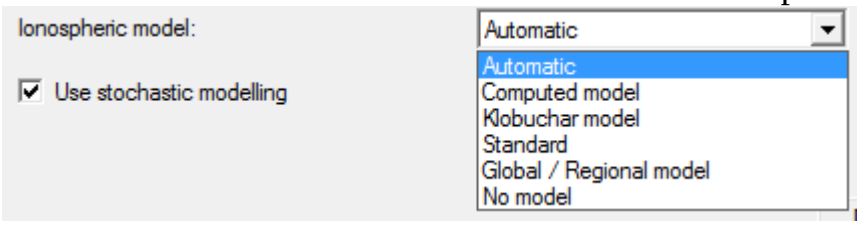
Computed:

محاسبه اختلاف تاخیر تروپسفری در راستای قائم در هر مشاهده بین ایستگاه Reference و Rover با انتخاب گزینه Computed امکان پذیر می باشد. البته در نظر داشته باشید هنگامی انتخاب این گزینه می تواند مفید باشد که Baseline بلند و یا اختلاف ارتفاع در دو سر آن زیاد باشد.

No troposphere: نادیده گرفتن اثر این بایاس در محاسبات

(Hopfield,Saastamoinen,Essen and Froome): استفاده از مدل های جهانی انکسار می باشند

Ionospheric model



لایه یونسفر حاوی الکترون های آزاد است که بر روی سرعت انتشار امواج الکترو مغناطیس تاثیر می گذارد و در نتیجه باعث تغییراتی در مشاهدات می شود. جهت محاسبه و برخورد با این بایاس نرم افزار از روش ها و مدل هایی بهره می گیرد که در ادامه به آنها اشاره می شود:

❖ Automatic

در حالت اتوماتیک نرم افزار بر طبق مدت زمانی که مشاهدات انجام گرفته مدلی را جهت حذف و یا کاهش این بایاس استفاده می کند. اگر مدت زمان مشاهده بیشتر از ۴۵ دقیقه باشد به صورت اتوماتیک بر روی گزینه Computed model قرار می گیرد و از ترکیب دو فرکانس جهت برخورد با این بایاس استفاده می کند و در صورت کمتر بودن زمان مشاهده از ۴۵ دقیقه از مدل Klobucher model جهت کاهش این خطا استفاده می کند.

❖ Computed model

هنگامی می توانید این گزینه را انتخاب کنید که از گیرنده های دو فرکانس برای مشاهده استفاده شده باشد و حداقل ۴۵ دقیقه بر روی ایستگاه مشاهده صورت گرفته باشد. با انتخاب این گزینه سیستم یک مدل یونسفری محاسبه می کند. اگر شرایط و زمان مشاهده به نحوه بیان شده باشد این روش می تواند بهترین حالت جهت محاسبه این خطا باشد. توجه نمایید اگر زمان مشاهده کمتر از ۴۵ دقیقه باشد این گزینه به صورت اتوماتیک بر روی No model قرار می گیرد.

❖ Klobucher model

در گیرنده های تک فرکانسه جهت کاهش این بایاس می توانید از مدل یونسفری Klobucher model که در پیغام های ناوبری که از طرف ماهواره ها ارسال می شوند استفاده نمایید. هنگامی که مشاهدات در بازه زمانی که فعالیت های خورشیدی شدید است انجام گرفته باشد این مدل می تواند مفید باشد. البته توجه داشته باشید که این مدل فقط برای داده هایی که از گیرنده های لایکا گرفته شده اند قابل استفاده است و مشخصات این داده ها باید فایل آلماناک را در بر داشته باشند. به همین دلیل اگر داده ها با فرمت RINEX به نرم افزار معرفی شود این مدل برای آنها قابل استفاده نیست و این گزینه به صورت اتوماتیک بر روی No model قرار می گیرد.

❖ Standard

اساس روش استاندارد بر روی مدلی است که بر مبنای تعداد الکترون ها و نحوه توضیع آنها در لایه یونسفر به محاسبه تاخیر یونسفری می پردازد و این مدل را برای هر اپک از هر ماهواره بدست می آورد.

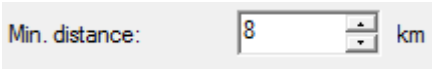
❖ No model

انتخاب این گزینه برای زمانی است که مشاهدات در هنگامی که فعالیت های خورشیدی کم است انجام گرفته باشد.

❖ Golobal/Regional model

اگر فایل مدل های یونسفری را دارید می توتنید با انتخاب این گزینه ها از مدل های جهانی یا محلی جهت حذف و یا کاهش این بایاس استفاده نمایید.

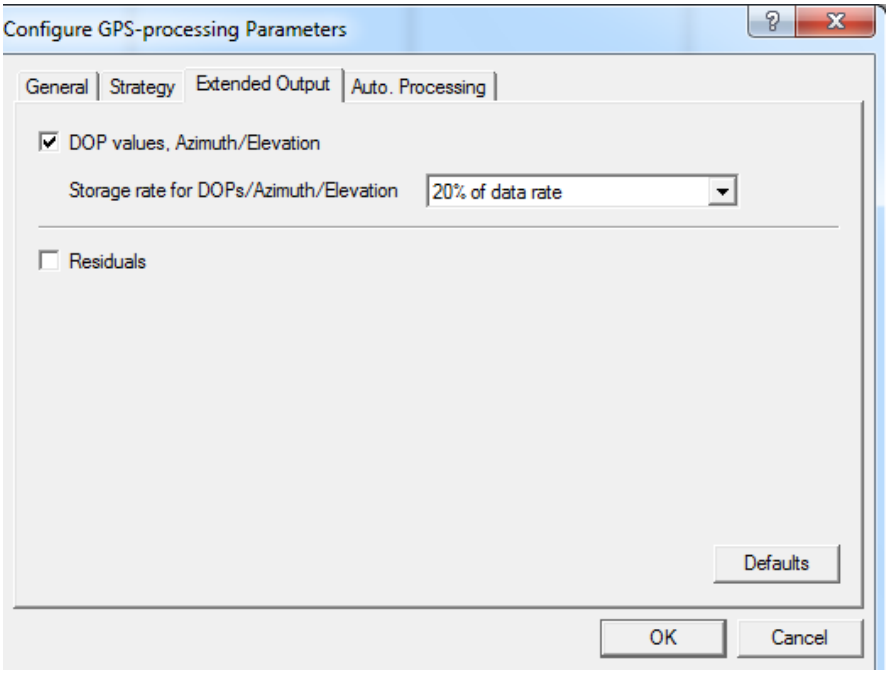
در شبکه های IGS مدل های جهانی یونسفری به صورت روزانه محاسبه و در اف تی پی ها بدون هزینه در اختیار عموم قرار می گیرد. هم اکنون دانشگاه برن در سویس این فایل هـا را در فرمـت Bernese ارایه می دهد. نرم افزار LGO فقط فایل های با این فرمت را قبول می کند.
اگر می خواهید مدل یونسفر به صورت اضافی به وسیله محاسبات یونسفر بـرای هـر اپـک در نظـر گرفته شود این گزینه را انتخاب نمایید. این مدل های تصادفی حـل ابهـام را در Baselineهـای بلند و متوسط هنگامی که شما شک دارید که یونسفر کاملا فعال باشـد، پشـتیبانی مـی کنـد(در مورد طول های کوتاه از داده های بد مانند خطای چند مسیری و یا یک مانع دیـد بایـد مطمـئن باشید که با نویز یونسفر اشتباه گرفته نشود).

قسمت 

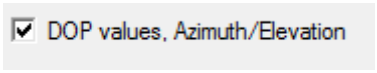
مربوط به کمترین مقدار برای طول Baseline می باشد.

تب Extended Output

شما می توانید در این صفحه یکسری اطلاعات اضافی را انتخاب نمایدد تا حین پردازش برای شـما محاسبه شوند. این پارامتر ها بعد از پردازش در صفحه Result View نمایش داده می شوند.



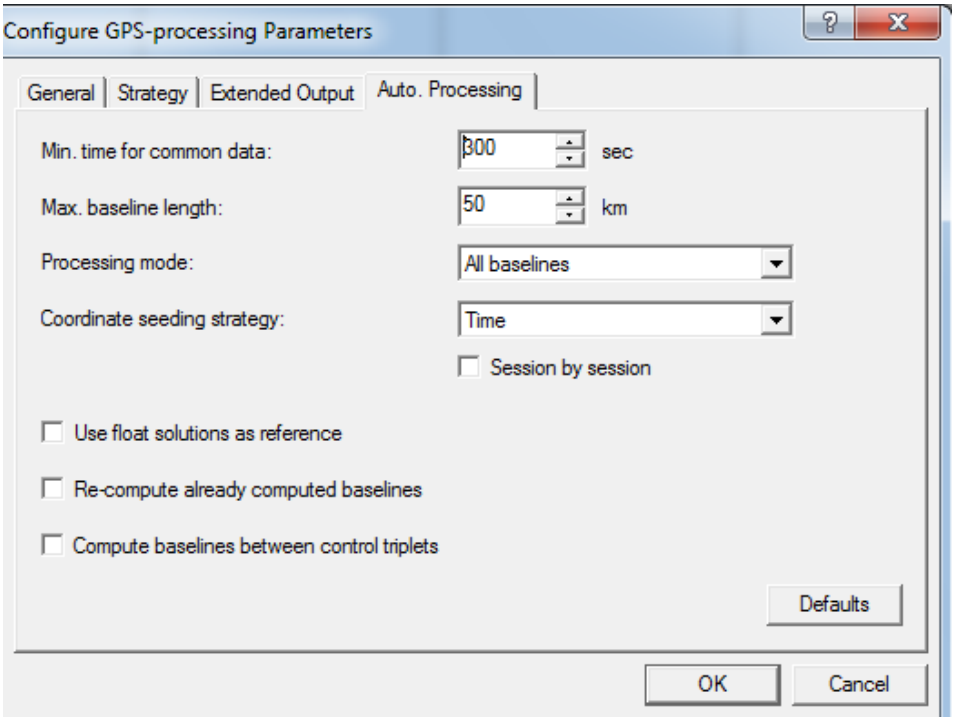
شکل (۱۹-۲) تب Extended Output تنظیمات پیش از پردازش

با انتخاب گزینـه 

نـرم افـزار مقـادیر DOP را بـرای مشـاهده و همچنین ارتفاع و آزیموت ماهواره ها را در هـر مشـاهده محاسـبه مـی کنـد و آنهـا را در قسـمت GPS-Processing Analysis tool به نمایش می گذارد.

تب Auto Processing

ایـن صـفحه و پـارامتر هـای موجـود در آن مربـوط بـه پـردازش بـه صـورت اتوماتیـک اسـت (Processing Mode / Automatic) اگر حالت اتوماتیک را برای پردازش انتخاب نکـرده ایـد نیازی به تعیین پارامترهای این صفحه ندارید.



شکل (۲۰-۲) تب Auto Processing تنظیمات پیش از پردازش

Min. time for common data :

در این قسمت کمترین زمانی را که باید مشاهده بین دو ایستگاه صورت گرفتـه باشـد را مشـخص نمایید که اگر بازه زمانی انجام مشاهدات از این مقدار کمتر باشد نرم افـزار قـادر بـه حـل مسـئله نباشد.

Max. baseline length :

در این قسمت بیشترین طولی را که نرم افزار به عنوان Baseline در نظر گیـرد و آن را پـردازش کند وارد نمایید.

Processing mode :

در این قسمت اگر شما All baseline را جهت پردازش انتخاب نمایید نرم افـزار تمـام ترکیـب های ممکن از Baseline هایی را که مستقل از هم باشند بـرای پـردازش در نظـر میگیـرد. (بـه عنوان مثال اگر n نقطه داشته باشیم n-۱ baseline مستقل خواهیم داشت).

Coordinate seeding strategy :

در این قسمت نحوه ترتیب در انتخاب Baseline ها در حالتDistance بـر کوتـاه تـر بـودن آنهاست یعنی در ابتدا کوتاه ترین Baseline از اولین نقطه رفرنس محاسبه مـی شـود و سـپس کوتاه ترین Baseline بعدی در نظر گرفته می شود. اما در حالت Time از خطی محاسـبات را شروع می کند که بیشترین زمان مشاهده را داشـته باشـد البتـه ایـن Baseline هـا بـه نحـوی انتخاب می شوند که دو پارامتری که در ابتدا معرفی شده است را داشته باشند.

اگر گزینه ی Session by session را انتخاب نمایید نرم افزار تمام Baseline های ممکنه از نقطه اول که بر اساس شرط معرفی شده در Coordinate seeding strategy در نظر گرفتـه شده است را محاسبه میکند و سپس به نقطه ی بعدی می رود.

Use float solutions as reference :

اجازه می دهد تا نقاط، که تنها راه حل های شناور وجود دارد، به عنوان نقاط مرجع برای پردازش بیشتر استفاده شوند.

Re-compute already computed baselines :

با انتخاب این گزینه Baseline هایی که قبلا محاسبه و ذخیره شـده انـد دوبـاره محاسـبه مـی شوند.

Compute baselines between control triplets :

با انتخاب این گزینه بین نقاط کنترل هم Baseline تعریف شده و پردازش می شـوند. بـه ایـن ترتیب نقاط کنترل در سرشکنی ثانویه نقاط ثابتی نیستند.

Process

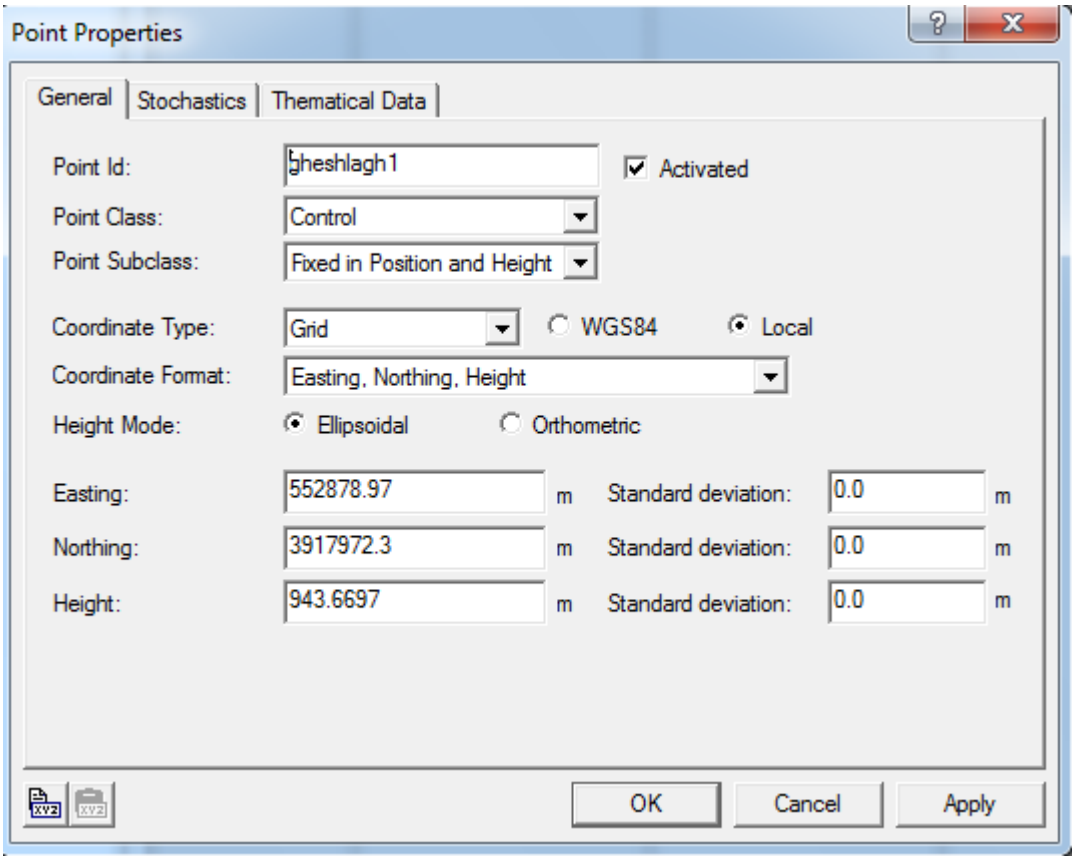
جهت پردازش داده هااز این گزینه استفاده می شود.

به عنوان مثال به نحوه انجام پردازش یک Baseline می پردازیم:

در ابتدا نقطه ای را به عنوان نقطه کنترل معرفی شده است را باید Reference بگیرید به این منظور روی میله مشاهداتی آن راست کلیک نموده و Reference را انتخاب نمایید. سپس بر روی مشاهده دیگری که آن را پوشش دارد(هم زمان دو نقطه با استقرار GPS مشاهده مشترک داشته اند) کلیک راست نموده و گزینه Rover را انتخاب نمایید.(به این ترتیب مشاهدات مربوط به نقطه Reference به رنگ قرمز و Rover به رنگ سبز مشخص می شوند).

نحوه ایجاد نقطه کنترل مطابق شکل زیر می باشد:

روی نقطه راست کلیک کرده و گزینه Edie Point را انتخاب نمایید سپس مطابق شکل تنظیمات را انجام دهید.



شکل (۲۱-۲) مشخصات نقطه Base جهت پردازش اطلاعات

در نهایت با راست کلیک نمودن بر روی صفحه و انتخاب گزینه Process پردازش انجام می گیر

فصل ۳:

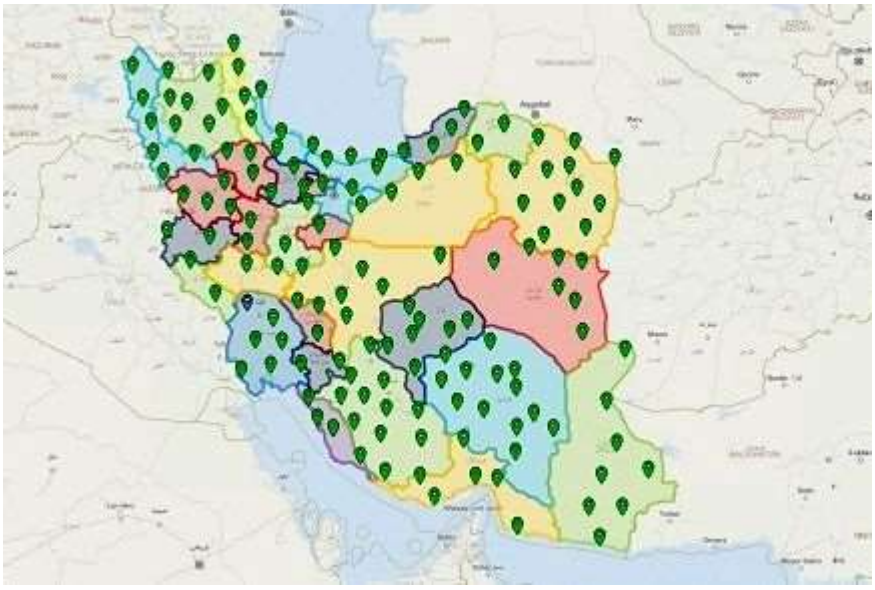
پیوست های بخش GPS

پیوست ۱

تشریح سامانه شمیم- سمت – هدا

تشریح سامانه شمیم- سمت – هدا

سامانه شمیم چیست؟



شکل (۱-۳) پراکندگی سامانه شمیم

شمیم به معنی ‘‘شبکه ملی یکپارچه ملک ’’بوده و برای اهداف نقشه بـرداری کاداسـتر بادقـت ۵ سانتیمتری با ارتباط با ایستگاه های ثابت و برداشت آنی که با ارتباط مخابراتی و سیم کارت هـای متصل شده بر روی دستگاه های متحرک (روور) و در راستای پیاده سازی قانون حدنگار و یکپارچه سازی نقشه های کلی انجام میابد. در ادامه این طرح تمامی ارگان ها و ادارات و حتی نقشه برداران نظام مهندسی نیز با استفاده از امکانات شمیم و بـا ایجـاد ارتبـاط و مجوزهـای قـانونی اقـدام بـه برداشت آنی قطعات خواهد شد.

طرح سامانه شمیم گام بزرگی در راستای تهیه نقشه های ارتفاعی مسطحاتی با سرعت بـالا اسـت که دقت سندهای صادره را بالا خواهد برد

از مزایای طرح شمیم ایجاد شبکه ملی نقشه برداری اسـت، کـه از ایـن پـس تمـامی ارگـان هـا و سازمان ها می توانند به جهت دقت بالای سیستم با ارتباط با این شبکه نقشه دقیق تهیـه نماینـد، که دارای دقت مطالعاتی بسیار بالایی است و به جهـت آنلایـن بـودن و داشـتن سـیم کـارت روی دستگاه های سیار اطلاعات و مختصات به صورت آنلاین به مرکز ارسال می گردد. از اهداف عمومی کارهای مطالعاتی ژئودینامیکی و زمین شناسی میکروژئودوی و مطالعات جابجایی گسل و سـدها و سازه های بزرگ می باشد.

همچنین نقشه های دقیق مسطحاتی و کاداستر بـا دقـت زیـر ۵ سـانتیمتر اسـت کـه بـه صـورت همزمان است که با تحویل دستگاه‌های روور (سیار) در سطح استان بـه تعـداد نقشـه بـرداران، بـه

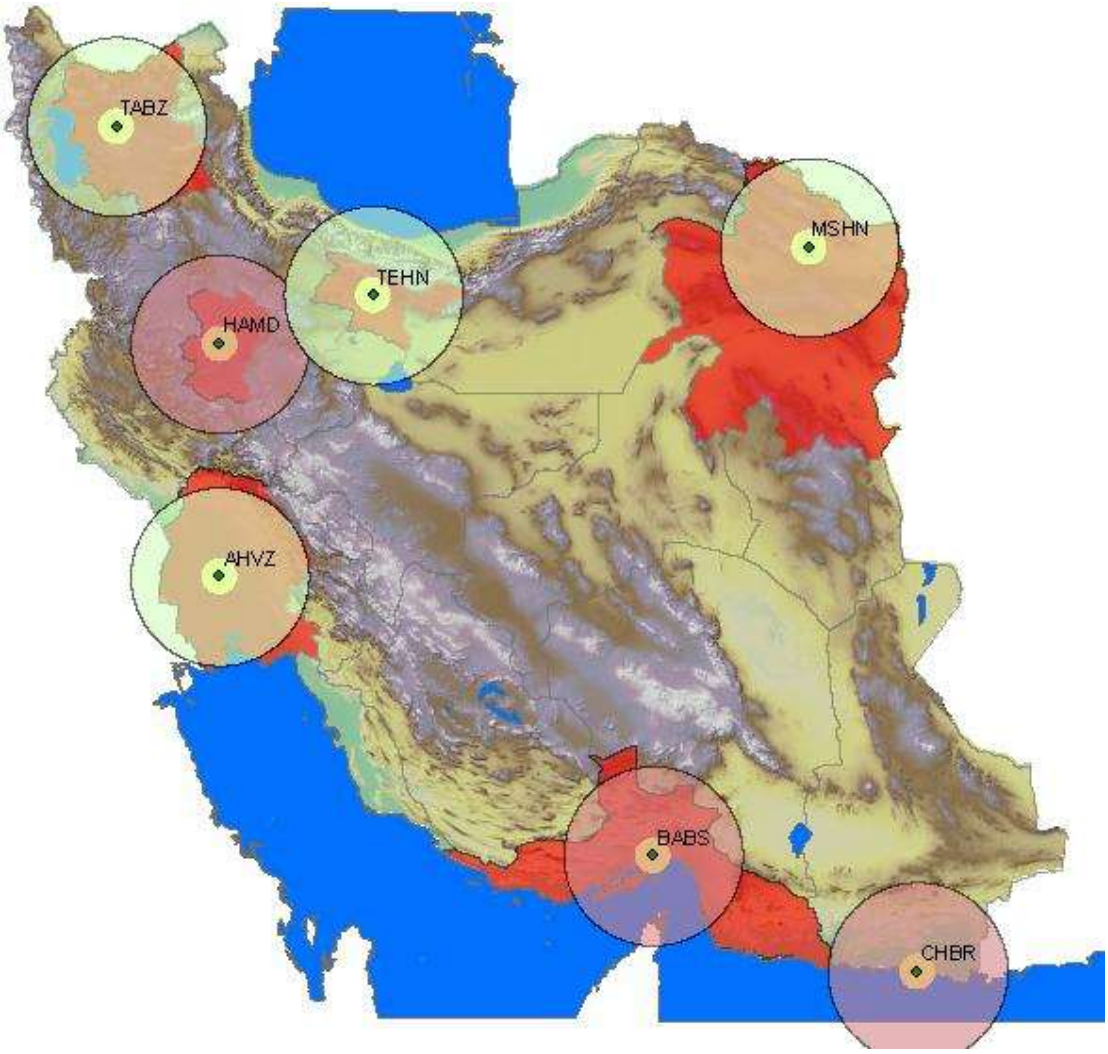
سرعت نقشه برداری افزوده خواهد شد. که با برنامه های دقیق و از پیش تعیین شده بتوان به اهداف ماده ۹ و ۱۰ قانون حدنگار برسیم

از مزایای این سامانه این است که تثبیت موقعیت املاک در کاداستر دقیق تر و صحیح تر خواهد شد. و باعث جلوگیری از تداخل و تعارض املاک می گردد. و در عمل استقرار پلاک های ثبتی در موقعیت جهانی صحیح تر خواهد بود. و سامانه جامع املاک و کاداستر دقیق تر، مطمئن تر و جامع ترخواهد بود. و نقش مهمی در اجرای بهینه قانون کاداستر و حد نگاری دارد

از مزایای دیگر این روش، استفاده از آن در مواقع بحران از جمله سیل، زلزله و جنگ است. که با از بین رفتن حد فاصل بین املاک و پلاک های ثبتی، میتوان از اطلاعات و مختصات دقیق و مطمئن روش فوق، حد فاصل و موقعیت املاک را با دقت بسیار بالایی احیاء نمود و از هرگونه تضییع حقی جلوگیری کرد

با اجرای این طرح امکان استفاده کاربران ثبتی و افراد ذیصلاح از سرویس ها و خدمات این طرح با بهره گیری از گیرنده های GPS فراهم خواهد شد و کاربران می توانند عوارض و گوشه ها املاک را با دقت مناسب برداشت و تصیحات لازم را از سامانه مربوط دریافت نمایند. با استقرار این شبکه در تکمیل طرح کاداستر خصوصا کاداستر زراعی و روستایی تسریع می گردد.

سامانه ملی هدی چیست



شکل (۲-۳) ایستگاه های سامانه ملی هدی

متخصصان ایرانی موفق‌شدند به‌رغم شرایط سخت‌گیرانه‌ی تحریم‌ها، در طول یک دوره‌ی زمانی کوتاه، طرح *DGPS*) تعیین موقعیت و ناوبری دقیق آنی -دی جی پی اِس) را که «سامانه‌ی ملی هدی» نام‌گذاری شده، بومی‌کنند که این طرح به‌زودی راه‌اندازی می‌شود.

به‌گزارش روابط‌عمومی سازمان نقشه‌برداری کشور این‌سامانه، که مراحل آزمایشی آن اخیرا به‌پایان‌رسیده‌است، هرگونه تحریم، یا اختلالی را در ناوبری‌های هوایی و دریایی، پیشاپیش عقیم خواهدگذارد.

سازمان نقشه‌برداری کشور، این نهاد سیاست‌گزار در امور تهیه‌ی نقشه و تعیین‌موقعیت، با داشتن بیش از ۱۰۰ ایستگاه دائم *GPS* در سراسر کشور، در سال همت مضاعف و کار مضاعف به‌همت متخصصان داخلی و در شرایط تحریم موفق‌شده‌است، شبکه‌ی *DGPS* ملی درسراسر کشور و *RTK* شهری را راه‌اندازی‌کند.

سیستم‌های تعیین‌موقعیت و ناوبری ماهواره‌ای، امروزه در جهان با سرعتی فزاینده درحال گسترش‌اند و می‌توان آن‌ها را به‌دو دسته‌ی جهانی و منطقه‌ای طبقه‌بندی‌کرد و دراین میان آمریکا، روسیه، اتحادیه اروپا، چین و ژاپن، از کشورهایی هستند که فن‌آوری این سیستم‌ها را دراختیاردارند، با این‌حال، این سیستم‌ها از جمله *GPS* آمریکا و *GALILEO*متعلق به اتحادیه‌ی اروپا، معایبی نیز دارند.

این سیستم‌ها دارای خطاهایی هستند که دقت را محدودکرده، به‌سطح چندین‌متر پایین‌می‌آورند و باعث‌می‌شوند تعیین موقعیت دقیق به‌صورت آنی امکان‌پذیرنباشد و درنتیجه، منجر به‌واردآمدن صدمات جبران ناپذیر می‌شوند .

به‌همین‌منظور کشورهای سازنده و صاحب این‌فن‌آوری، نرم‌افزار اصلاح‌کننده‌ی این خطاها *(DGPS)* را طراحی‌کرده‌اند و دراختیاردارند که گاهی از آن به‌عنوان اهرم فشار سیاسی در روابط بین‌الملل هم استفاده‌می‌کنند .

علاوه بر سوء استفاده‌های سیاسی، این نرم‌افزار را بدون در اختیارقراردادن دانش فنی آن، با قیمت‌هایی تا حدود ۵۰۰ هزاردلار در اختیار کشورهای مصرف‌کننده قرارمی‌دهند که با هزینه‌های تجهیزات و خدمات جانبی آن سالانه ارقامی میلیون‌دلاری را به‌این کشورها تحمیل‌می‌کنند.

جالب این‌که، در شرایطی که انحصار این‌نرم‌افزار و دانش فنی آن در اختیار چندکشور محدود قراردارد، سازمان بین‌المللی هوانوردی غیر نظامی *(ICAO)* هم در دستورالعمل‌های اخیر خود کشورهای عضو را به استفاده از سیستم *DGPS*به‌ویژه در هنگام فرود پروازها ملزم‌ساخته‌است.

علاوه بر این، جمهوری‌اسلامی ایران برای ناوبری ایمن دریایی خود نیز نیازمند شبکه‌ی *Beacon DGPS*بود که به‌راه‌اندازی شبکه دی جی پی اِس *(DGPS)* به‌نام سامانه راهبری خلیج فارس موفق‌شده‌است. این فن‌آوری، امکانی را برای ما ایجادکرده که بتوانیم در آب‌های نیلگون خلیج فارس و دریای عمان تعیین موقعیت دقیق و ناوبری ایمن را با استفاده از سیستم‌های ماهواره‌ای انجام‌دهیم و تصحیحات مربوط را با نام کهن خلیج فارس تا شعاع ۲۰۰ کیلومتری از سواحل‌وجزایرآن‌منتشرکنیم .

با بومی‌شدن نرم افزار *DGPS* در ایران، علاوه بر ارتقای دقت در ناوبری هوایی و ناوبری ایمن دریایی، هیچ تحریمی در این‌خصوص علیه کشورمان کاربرد نخواهدداشت.

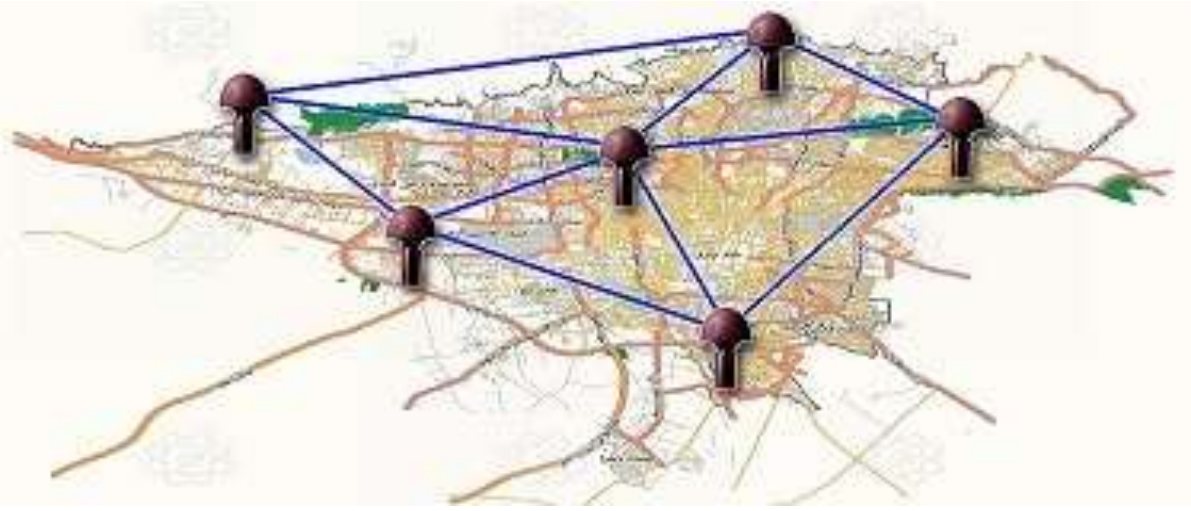
کاربرد این سامانه در پدافند غیرعامل در امر ناوبری، تعیین موقعیت دقیق آنی *DGPS* در حد متر، و *RTK* در حد دسی متر، و نیز ناوبری‌های زمینی، هوایی و دریایی ایمن از جمله کاربردهای این نرم افزار بومی‌شده در ایران است.

این نرم‌افزار هم‌چنین در بخش‌های دیگری مانند تهیه‌ی نقشه‌های شهری و کاداستر بزرگ‌مقیاس و دقیق، به‌روزرسانی نقشه‌ها در سیستم‌های اطلاعات مکانی *(GIS)* و پایش تغییرشکل‌های پوسته‌ی زمین کاربردهای ویژه دارد.

بومی‌سازی این نـرم‌افـزار، سـالانه از خـروج هـزاران دلار ارز و ثـروت کشـور جلـوگیری‌مـی‌کنـد، به‌طوری‌که هزینه‌های ملی را به‌ویژه

در تهیه نقشه‌ها، تامین تجهیـزات نـاوبری و فعالیـت‌هـای عمرانـی و تحقیقـاتی کشـور بـه‌شـدت کاهش‌می‌دهد

سامانه موقعیت یابی آنی تهران (سمت) چیست؟
شهرداری تهران جهت تامین زیرساخت مسطحاتی-ارتفاعی شهر سامانه موقعیت یابی آنی تهران را در مساحتی بالغ بر ۶۰۰ کیلومترمربع ایجاد نمود. این سامانه شامل ۶ ایستگاه مرجع است که یکی از آنها در مرکز و مابقی در مناطق مرزی تهران پیاده سازی شده اند .در این سـامانه بـرای اتصـال ایستگاه های اصلی به یکدیگر از زیرساخت قدرتمند شبکه داخلی شهرداری تهران و بـرای ارسـال تصحیحات و مشاهدات به گیرنده از بسترارتباط اینترنتی *(GPRS)* استفاده می شود



شکل (۳-۳) ایستگاه های سامانه سمت در سطح تهران

پیوست ۲
مروری بر قوانین کپلر

شکل (۴-۳) یوهان کپلر دانشمند و ستاره شناس آلمانی قرون ۱۶ و ۱۷ میلادی

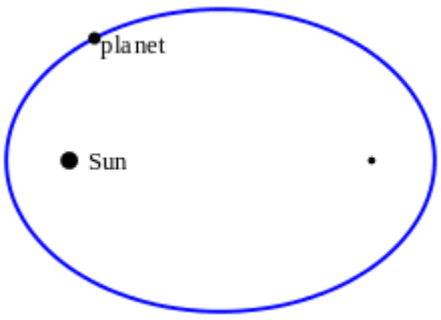
قوانین کپلر که توسط یوهان کپلر دانشمند و ستاره‌شناس آلمانی ارائه شد، حرکت سیارات را به دور خورشید مورد بررسی قرار می دهد . کپلر یافته‌های خود را مدیون تحقیق در مورد حرکت سیارات به دور خورشید می‌باشد، اما امروزه این قوانین که حرکت هر دو جرمی را در فضا نسبت به هم تشریح می‌نماید برای ارسال محموله‌های فضایی اعم از ماهواره ها ، فضاپیماهای سرنشین‌دار و روبات‌های کاوشگر به مدار زمین و فراتر از آن استفاده می‌شود.

یوهانس کپلر، ریاضیدان و منجم سرشناس آلمانی قرون ۱۶ و ۱۷ میلادی که در رصدخانه سلطنتی امپراتور سرزمین بوهمیا، رودولف یازدهم، استخدام شده بود، در موقعیتی قرار داشت که می‌توانست به انبوهی از اطلاعات دقیق رصدی تیکو براهه دسترسی داشته باشد .

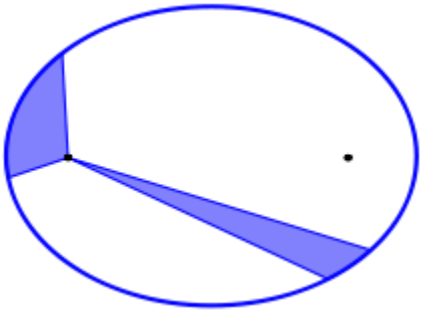
کپلر به مدل زمین مرکزی براهه اعتقادی نداشت و می‌دانست که مدل خورشید مرکزی کپرنیک با قوانین ریاضی و نتایج رصدی مطابقت خوبی دارد. اما او که فردی مذهبی بود و اعتقادات کهن دینی درباره زمین مقدسی که مرکز عالم قرار داده شده بود، در اعماق وجودش لانه داشت به سختی می‌توانست خود را به پیروی از این مدل جدید قانع کند و از طرفی هم نمی‌توانست آنچه را می‌دید انکار کند.

تا بدان روز به جز مدل بهاسکارای هندی و سجزی سیستانی، در همه مدلها مدار گردش سیارات و ستاره‌ها به دور جرم مرکزی را دایره می‌دانستند. دایره شکل مقدس و متقارنی بود که از نظر قدما با نظم مورد انتظار از آفریننده منظم گیتی، همخوانی بیشتری از خود نشان می‌داد. کپلر نیز به پیروی از همین عقیده به سختی تلاش می‌کرد تا حرکت سیاره مریخ را در مدلهای گوناگونی که تا

آن روز ارائه شده بود توجیه نماید. کپلر مریخ را از آن جهت انتخاب کرده بود که در اطلاعات به ارث رسیده از براهه، عدم تقارن زیادی در حرکت این سیاره مشاهده نمود.
همه تلاش‌ها و محاسبات ناموفق بود تا زمانی که به عقیده خود کپلر بر وی وحی نازل گردید. سرانجام زمانی که کپلر مدار مریخ را بیضی شکل فرض کرد، مدل خورشید مرکزی را به کار برد و مریخ را سیاره‌ای بیرونی نسبت به زمین در نظر گرفت، صاحب مدلی از سپهر گردون شد که در آن همه اجرام سماوی در جای خود شروع به حرکتی منظم، دقیقاً مطابق با واقعیت رصدی نمودند.
حاصل بیش از ۲۰ سال تحقیقات کپلر در زمینه دینامیک سیارات منظومه خورشیدی در قالب سه قانون که در دو مرحله منتشر شد و به قوانین حرکت سیاره‌ای کپلرو یا به اختصار قوانین کپلرمشهورند، سرنوشت دنیا را عوض کرد. ما امروزه از قوانین کپلر به منظور بررسی حرکت ماهواره‌ها به دور زمین، ارسال کاوشگران فضایی به اعماق بیکران فضا و اعزام فضانورد به مدار زمین و سطح ماه استفاده می‌کنیم. کپلر ابتدا دو قانون اول را منتشر نمود و پس از حدود ۱۰ سال قانون سوم را نیز معرفی کرد.
انتشار عمومی قوانین کپلر نگاه مردم را به مقدسات سماوی که سال‌ها بر فراز آسمان‌ها جولان می‌دادند، تغییر داد. اما سال‌ها طول کشید تا این تغییر صورت پذیرد. افکار و ایده‌های مترقی یوهان کپلر پس از مرگ وی مدت‌ها فراموش شد تا اینکه دانشمندان دیگری مانند گالیله و نیوتن به بررسی مجدد آنها پرداختند. کپلر خود در یکی از نوشته‌هایش آورده‌است: «من کتاب خود را می‌نویسم، تفاوتی ندارد اگرخوانندگان آن مردان امروزی باشند یا مردمی از آینده، این کتاب می‌تواند سالها انتظار خوانندگان واقعی خود را بکشد، مگر نه اینکه خداوند نیز شش هزار سال انتظار کشید تا تماشاگری برای آفرینش او پیدا شود.
قانون اول کپلر:
مسیر حرکت سیارات به دور خورشید بیضی است و خورشید در یکی از دو کانون این بیضی قرار دارد.



قانون دوم کپلر:
خط واصل بین خورشید و سیارات در زمان‌های مساوی، مساحت‌های مساوی را می‌پیماید. به بیان دیگر زمانی که سیاره به خورشید نزدیک‌تر است نسبت به زمانی که از خورشید دورتر است با سرعت بیشتری حرکت می‌کند.

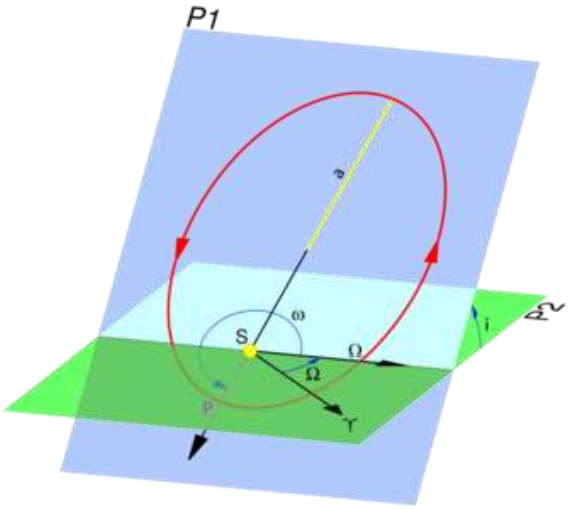


قانون سوم کپلر:

دوره حرکت سیاره به دور خورشید با فاصله سیاره تا خورشید تناسب دارد. به بیان ساده تر می توان گفت مربع زمان تناوب چرخش سیارات به دور خورشید با مکعب نصف محور بزرگ بیضی متناسب است. $T^2 \propto a^3$

پارامتر های کپلر:

عناصر مداری سنتی عناصر شش گانه کپلری هستند، که به تقلید از یوهان کپلر و بر اساس قوانین حرکت سیاره‌ای‌اش نامگذاری شده‌اند. هر مدار توسط شش عنصر کپلری به‌طور کامل تعریف خواهد شد و مقدار «مبدا» زمان اعتبار پارامترها را مشخص می‌کند (به دلیل تغییر جزئی مبناها، هر ۵۰ سال یک مبدأ جداگانه در نظر گرفته می‌شود تا تغییرات مبناها اصلاح شود). مدار واقعی (و عناصر مداری آن) اجرام هنگامی که در معرض آشفتگی‌های گرانشی قرار می‌گیرند تغییر می‌کند بنابراین مدار تعریف شده به وسیله عناصر مداری فقط تقریب ریاضی مداری در یک زمان خاص است که مشخصه مبدأ بیان‌کننده آن است.



دو پارامتر خروج از مرکزیت (e) و نیم قطر یزرگ(a) اندازه بیضی را مشخص می کنند.

دو پارامتر انحراف (i) و طول گره صعودی (Ω) جهت صفحه مداری را مشخص می کند.

شناسه حضیض (ω) جهت بیضی را در صفحه مداری مشخص می کند.

آنومالی متوسط(M_0) موقعیت مداری جرم را بر روی بیضی مشخص می کند.

پیوست ۳
ژئودزی ماهواره ای و سیر تکوینی آن

- ژئـودزی عبارتسـت از علـم انـدازه گیـری و تعیـین شـکل و ابعـاد زمـین و بررسـی تغییرات زمانی آنها
- یکی از وظـایف اصـلی ژئـودزین هـا و مهندسـین نقشـه بـردار تعیـین مختصـات نقـاط واقع بر سطح زمین و تغییرات زمانی آنها می باشد.
- ژئودزی فضایی صـورت کلـی تـری از ژئـودزی مـاهواره ای اسـت کـه در آن عـلاوه بـر مـاهواره هـای مصـنوعی از مـاه ، سـیارات، اواج رادیـویی سـتاره هـا و کوازرهـا نیـز استفاده می شود.
- اهداف عمده ژئـودزی مـاهواره ای عبارتنـد از: ۱- تعیـین دقیـق مختصـات سـه بعـدی در مقیـاس هـای جهـانی، منطقـه ای و محلـی ۲- تعیـین میـدان ثقـل زمـین ۳- انـدازه گیـری و مدلسـازی پدیـده هـای ژئودینـامیکی نظیـر حرکـت قطبـی، دوران زمین و تغییر شکل پوسته ای زمین
- مـاهواره هـای مصـنوعی در ژئـودزی مـاهواره ای بـه دو صـورت ممکـن اسـت مـورد اسـتفاده قـرار گیرنـد: ۱- نشـانه هـای هندسـی قـرار گرفتـه در ارتفـاع مـداری بـالا و قابل رویت در فواصل بلند ۲- حسگر های میدان ثقل زمین
- ارتباط بین ایسـتگاه هـای مشـاهداتی و مـاهواره هـا در سـه روش دسـته بنـدی شـده انـد: ۱- روش هـای زمـین بـه فضـا (ماننـد*GNSS, TRANSIT , SLR*) ۲- ر.ش هـای فضـا بـه زمـین(ماننـد *InSAR, Altimetery, Radar*) ۳- روش های فضا به فضا
- سابقه اسـتفاده از سـامانه هـای تعیـین موقعیـت مـاهواره ای در ایـران بـه سـال ۱۳۶۶ بـر مـی گـردد و عملیـاتی شـدن آن از سـال ۱۳۶۷ شـروع شـده و تـا سـال ۱۳۶۹ ادامه یافت که شامل ۲۴۲ ایستگاه درجه یک بود.
- انـدازه گیـری هـا در ژئـودزی مـاهواره ای یـه دو روش متمـایز هندسـی و دینـامیکی بدست می آیند. در روش هندسـی مـاهواره هـا بـه عنـوان یـک هـدف هندسـی معلـوم در فضـا قـرار گرفتـه و از ایسـتگاه هـای زمینـی مـورد مشـاهده قـرار مـی گیرنـد کـه منجـر بـه تعیـین موقعیـت مـی شـود. در روش دینـامیکی، حرکـت مـاهواره تـابعی از میدان ثقل زمین اسـت و بـا توجـه بـه ارتبـاط بـین مشـاهدات حاصـل از ایـن روش و مختصـات ایسـتگاه هـای مـورد انـدازه گیـری مـی تـوان بـه موضـوع تعیـین موقعیـت پرداخت.
- کاربردهـای ژئـودزی مـاهواره ای شـامل: ۱- ایجـاد شـبکه هـای مرجـع مختصـات جهـانی، منطقـه ای و ملـی ۲- امـور نـاوبری و تهیـه نقشـه ۳- کنتـرل پایـداری سـازه هـا و بناهـای مهـم۴- مشـارکت در انـدازه گیـری هـا و پـایش هـای جـوی۵- بررسـی رفتار پوسته زمین و مسائل ژئودینامیکی

پیوست ۴
آشنایی با برخی سامانه های تعیین موقعیت ماهواره ای

- سامانه های تعیین موقعیت ماهواره ای بر پایه آن دسته از ماهواره هایی که در حال چرخش به دور زمین هستند و با کمک دریافت امواج ارسالی یا انعکاسی از آنها در گیرنده ها، موقعیت نقاط تعیین می شود. و سابقه آن به سال ۱۹۷۰ بر می گردد.
- سامانه فاصله یابی لیزری ماهواره ای(SLR): این سامانه بر پایه اندازه گیری زمان رفت و برگشت یک پالس لیزری ارسالی از ایستگاه زمینی به ماهواره کار می کند. شکل گیری آن به سال ۱۹۶۴ میلادی بر می گردد. دقت قابل اکتساب در این سامانه وابسته به طول پالس و قدرت تفکیک پالس های لیزری است. SLR یک روش اندازه گیری رفت و برگشت فاصله است. اجزای اصلی ایستگاه زمینی آن عبارتند از: ۱- واحد تولید و ارسال پالس های لیزری۲- واحد تشخیص و تجزیه و تحلیل پالس ها۳- واحد اندازه گیری زمان رفت و برگشت پالس ها
- فاصله یابی لیزری تنها با ماهواره هایی امکان پذیر است که مجهز به بازتابنده های خاصی به نام $Retro\ \ Reflector$ باشند. این نوع بازتابنده ها نور لیزر دریافتی را دقیقا در همان مسیری که آمده است بر می گردانند. ابعاد آنها باید به اندازه ای بزرگ باشد تا پالس های لیزری بتوانند به انرژی کافی به سوی ایستگاه های زمینی منعکس شوند.
- مدلسازی دینامیکی داده های فاصله یابی لیزری ماهواره ای امکان برآورد موقعیت های سه بعدی ایستگاه های زمینی را فراهم می سازد. پردازش نسبی داده های SLR در یک بازه زمانی معین نیز اختلاف مختصات دقیق بین هر دو نقطه را بدست می آورد. به کمک پایش تغییرات زمانی موقعیت ها و خطوط مبنا ها می توان به نرخ حرکات تکتونیکی رسید. دقت حاصل از SLR در تعیین موقعیت ها و برآورد نرخ حرکات تکتونیکی به ترتیب حدود ۶ میلی متر و ۲ میلی متر در سال گزارش شده است.
- سامانه فاصله یابی لیزری با ماه(LLR): اصول آن شبیه به سامانه فاصله یابی لیزری ماهواره ای است، با این تفاوت که بازتابنده های لیزری به جای ماهواره های مصنوعی بر روی کره ماه قرار گرفته اند. این سامانه از سال ۱۹۶۹ برای اولین بار روی سطح ماه نصب شدند.
- سامانه تداخل سنجی فاصله خیلی بلند($VLBI$):این سامانه به کمک امواج رادیویی تولید شده از منابع بسیار در فضا به نام کوازرها صورت می پذیرد. اساس این روش اندازه گیری اختلاف زمان بین دریافت امواج رادیویی از یک منبع توسط دو آنتن می باشد و هدف از آن اندازه گیری فاصله دقیق بین دو آنتن است. برای اولین بار در سال ۱۸۹۰ میلادی عرضه شد.

- سیستم *VLBI* بعلت وابستگی به شرایط آب وهوایی به *SLR* برتری دارد و از آنجا که از دقت بسیار بالایی برخوردار است، کاربردهای بسیار وسیعی در ژئودزی ، ژئوفیزیک و نجوم دارد.مهمتریت کاربرد آن: ۱-مطالعات مربوط به حرکت های پوسته ای و پیش بینی زلزله۲-بررسی سرعت دورانی و حرکت قطبی زمین۳- توسعه و نگهداری چارچوب مرجع سماوی ۴- توسعه و نگهداری چارچوب مرجع زمینی جهانی ۵- تعریف سیستم زمانی وابسته به پارامت های حرکت زمین
- سیستم *VLBI* متاثر از خطای مداری ماهواره ها به علت جاذبه نیست. متاثر از تغییر مرکز جرم نیست . متاثر از عدم قطعیت ثابت جاذبی زمین و بنابراین مشکلات مقیاس مرتبط با آن نیست
- معایب *VLBI* شامل: ۱- هزینه بسیار بالای تهیه،راه اندازی و نگهداری تجهیزات۲- خطاهای دستگاهی مثل تغییر شکل تلسکوپ۳- غیر قابل دسترس بودن و عدم توانایی ارائه نتایج به صورت آنی ۴- عدم توانایی محاسبه موقعیت مطلق ایستگاه ها
- سامانه ترانزیت(*TRANSIT*): یا *NNSS* این سامانه بر اساس اصل تغییر فرکانس ناشی از حرکت نسبی بین فرستنده و گیرنده امواج بنا شده است. این اصل را یک فیزیک دان اتریشی به نام*Doppler* کشف کرد و به همین دلیل گاهی این سامانه را داپلر می نامند.
- در تعیین موقعیت ماهواره ای ما با تعدادی ماهواره در فضا و تعدادی گیرنده در زمین سروکار داریم که نسبت به هم در حال حرکت می باشند. با توجه به اصل بالا در صورت انتشار و دریافت سگنال در چنین ترکیبی شاهد پدیده داپلر و تغییر فرکانس خواهیم بود. میزان داپلر شیفت به سرعت و جهت حرکت ماهواره نسبت به گیرنده بستگی دارد.سال شروع ۱۹۶۴ و پایان خدمات رسانی ۱۹۹۶
- سامانه مدار نگاری داپلر و موقعیت یابی رادیویی به همراه ماهواره (*DORIS*)، یک سامانه فوق دقیق یکطرفه برای تعیین مدار ماهواره ها است که از سال ۱۹۹۰ فعال شده است و هدف نهایی آن رسیدن به دقت ۱ سانتی متر است. توسط سازمان هوایی فرانسه ایجاد شده است.
- سامانه تجهیزات فاصله و نرخ فاصله دقیق(*PRARE*)، همانند سامانه *DORIS* برای تعیین مدار ماهواره ها به کار می رود. در سال ۱۹۹۶ توسط دولت آلمان ایجاد شده و یک سامانه دو طرفه است . این سامانه دو سیگنال با فرکانس های ۲۲۴۸و۸۴۸۹ مگاهرتز تولید و منتشر می کند. ۲۹ ایستگاه زمینی با توزیع جهانی سیگنالها را دریافت و پس از تعیین فواصل و نرخ فواصل اندازه گیری شده تا ماهواره ها، آنها را به همراه داده های تروپسفر و یونسفر به ماهواره بر گردانده و

سپس ماهواره ها مجددا اطلاعات مذکور را به ایستگاه اصلی زمینی ارسال تا موقعیت ماهواره را با دقت حدود ۵ سانتی متر و سرعت ذرات را با دقت حدود ۱ میلی متر بر ثانیه تعیین نماید.

پیوست ۵
دستگاه های مرجع مختصات

- در ژئودزی ماهواره ای همواره به دو دستگاه مرجع مختصات نیاز است: ۱- دستگاه مرجع سماوی یا اینرشیال قراردادی (CIS) که برای توصیف حرکت ماهواره ها ضروری است.۲- دستگاه مرجع زمینی قراردادی (CTS) که برای مشخص ساختن موقعیت ایستگاه های مشاهداتی و بیان نتایج حاصل از ژئودزی ماهواره ای لازم است. از آنجا که تفسیر برخی پدیده ها و نتایج حاصل از ژئودزی ماهواره ای در یک دستگاه بیضی وار راحت تر و قابل غهم تر است، لذا می توان گفت به یک دستگاه مختصات دیگری موسوم به سطح مبنای ژئودتیک مانند بیضوی مرجع $WGS\text{-}84$ نیاز باشد.
- تعیین موقعیت دقیق در دستگاه های مرجع مختصات مستلزم استفاده از روابط ریاضی پیچیده برای در نظر گرفتن پدیده هایی نظیر حرکت قطبی، حرکات تکتونیکی ورقه های سنگ کره، جزر و مدهای زمین جامد و اقیانوسی، جابجایی های ناشی از بارگذاری مختلف روی پ.سته زمین و همچنین حرکات رقص محوری پرسشن و ناتیشن می باشد.
- دستگاه مرجع مختصات ماهیت تئوری و مفهومی شامل تعریف مبداء و توجیه محورهای مختصات دارد و در حالیکه بروز و تحقق عملی آن در قالب مجموعه ای از نشانه های فضایی یا زمینی مانند ستاره ها و ایستگاه های ژئودزی چارچوب مرجع نامیده می شود.
- حرکات رقص محوری پرسیشن و نوتیشن زمین: شتاب جاذبی اجرام سماوی،بویژه ماه و خورشید، باعث فشردگی زمین در قطبین و برآمدگی آن در استوا شده است. همین امر موجب شده است تا محور دوران واقعی زمین و صفحه استوایی آن در فضا نباشد ونسبت به یک دستگاه مرجع اینرشیا در حال دوران باشد. این دوران از دو بخش دوران با دوره تناوب بسیار بلند (حدود ۲۶۰۰۰ سال بنام پرسیشن و دوران با دوره تناوب کوتاه (۱۸/۶سال) بنام نوتیشن تشکیل شده است.
- پارامترهای دوران زمین یا پارامترهای توجیه زمین عبارتند از: ۱- مختصات قطبی زمین X_p و Y_p و زمان نجومی ظاهری گرینویچ
- نقطه تلاقی محور چرخش زمین با پوسته خارجی آن (قطب زمین) به صورت تابعی از زمان تغییر می کند که به آن حرکت قطبی گفته می شود.
- برای پرهیز از تغییرات حدودا ۱۰ متری ناشی از حرکت قطبی در عرض و طول ژئودتیک، یک قطب زمینی قرار دادی CTP که چسبیده به پوسته زمین باشد را تعریف می کنیم.

- ❖ محور چرخش لحظه ای زمین معمولا با استفاده از مختصات حرکت قطبی نسبت به CTP بیان می گردد.
- ❖ حرکت تکتونیک ورقه های سنگ کره را می توان با مدل های ژئوفیزیکی کروی یا ژئودتیکی نظیر محاسبه کرد.
- ❖ جزر و مدها به سبب تغیرات زمانی اثر نیروی جاذبه خورشید و ماه بر میدان ثقل زمین ، موجب برخی آشفتگی ها در حرکت مداری ماهواره می شوند. در حالی که جزر و مد های اقیانوسی به طور قابل ملاحظه ای تحت تاثیر خطوط ساحلی و شکل کف اقیانوس ها در سواحل قرار دارند، جزر و مدهای زمینجامد به طور نسبتا دقیقی قابل مدلسازی و پیش بینی می باشند.
- ❖ در جزر و مد ها باید متذکر شد که برای تعیین موقعیت تفاضلی بر روی خطوط مبنای کوتاه (کمتر از ۱۰۰ کیلومتر) هر دو ایستگاه تقریبا جابجائیهای جزر و مدی یکسانی دارند و بنا براین موقعیت های نسبی بر روی خطوط مبنای کوتاه بط.ر قابل ملاحظه ای تحت تاثیر جزر و مد زمین جامد قرار نمی گیرد.
- ❖ بارگذاری اقیانوس اساسا ناشی از چگونگی توزیع آب اقیانوس ها در هنگام جزر و مد می باشد که تابع شکل کف دریا و اراضی ساحلی است. هنگام بارگذاری اقیانوس، پوسته ی زمین تحت وزن آب جزر و مد دچار جابجایی و تغییر شکل عمودی می گردد. جابجایی عمودی پوسته زمین در اثر بار جزر و مد اقیانوسی ممکن است به چندین سانتی متر برای مناطق ساحلی برسد. برای یک خط مبنا با طول ۱۰۰ کیلومتر در جهت دور از ساحل، تاثیر بار جزر و مد اقیانوسی نسبی، ممکن است به ۱ سانتی متر برسد.
- ❖ قوانین حرکت نیوتن تنها در یک دستگاه مختصات اینرشیال معتبر هستند، یعنی در یک دستگاه مختصات ساکن یا دستگاه مختصات با حرکت مستقیم الخط یکنواخت. تئوری حرکت ماهواره ها بر اساس چنین دستگاه مختصاتی شکل گرفنه است.
- ❖ دستگاه مختصات اینرشیال فضا-چسب معمولا با اشیاء فرازمینی مانند ستاره ها، کوازرها، سیارات یا ماه مرتبط می باشد. از این رو چنین دستگاه مختصاتی را دستگاه مرجع مختصات سماوی CRS نیز می نامند.
- ❖ یک دستگاه مرجع مختصات سماوی بر پایه دینامیک یا کینماتیک استوار است. دستگاه مختصات سماوی کینماتیک بر اساس موقعیت ستاره ها یا کوازرها و دستگاه مختصات دینامیک بر اساس حرکت سیاره ها، ماه و یا ماهواره بیان می گردد.

- دستگاه مختصات استوایی یا بعدی در اپک TO که سال ها در نجوم کروی مورد استفاده بوده است با تقریب خوب از یک دستگاه مرجع اینرشیال قراردادی است. مبدا این دستگاه مختصات منطبق بر مرکز زمین و راستای مثبت محور Z در جهت قطب شمال و راستای محور X مثبت به سمت نقطه اعتدال بهاری یا نقطه گاما و راستای Y به گونه ای است که دستگاه مختصات دست راستی باشد. با توجه به اینکه مرکز جرم زمین به علت حرکت سالیانه اش به دور خورشید دارای شتاب است این دستگاه مختصات را شبه اینرشیال گویند.
- حرکت ورقه های سنگ کره باعث عدم سازگاری مختصات تثبیت شده ی ایستگاه ها نسبت به یکدیگر می شود. راه حل رفع مشکل مذکور تعریف یک دستگاه مختصات مرجع با استفاده از مختصات و سرعت یک مجموعه ی سازگار و مستحکمی از یک شبکه جهانی از ایستگاه ها در یک زمان مشخص می باشد. مرکز جرم زمین یک انتخاب طبیعی برای مختصات$CTRS$ می باشد. زیرا دینامیک و معادلات حرکت ماهواره ها نسبت به مرکز جرم زمین بیان می شوند.
- امروزه هر یک از سامانه های تعیین موقعیت ماهواره ای برای ارائه مختصات ایستگاه های مورد اندازه گیری از یک دستگاه مختصات مرجع زمینی قراردادی کارتزین و بیضوی دو محوره دورانی مربوط به خود استفاده می کنند که به یکدیگر نزدیک هستند. شناخته شده ترین آنها دستگاه مختصات زمینی و بیضوی مرجع $WGS\text{-}84$ مورد استفاده در سامانه GPS است. این دستگاه در واقع از نوع $CTRS$ است که بنا بر تعریف زمین مرکز و زمین چسب می باشد و محور Z آن ار قطب قراردادی زمین CTP نسخه مربوط به سال ۱۹۸۴ با دقت ۰،۰۰۰۵ ثانیه می گذرد. محور X آن فصل مشترک نصف النهار گرینویچ و صفحه استوای تعریف شده و در سال ۱۹۸۴ با دقت ۰،۰۰۵ می باشد و محور Y آن نیز به گونه ای تعریف شده است که از یک دستگاه مختصات سه بعدی دست راستی بدست آید.
- در حال حاض سه مقیاس زمانی در ژئودزی ماهواره ای مورد بحث می باشند : ۱- زمان نجومی و خورشیدی ۲- زمان دینامیکی ۳- زمان اتمی
- این سه زمان به ترتیب به دلیل ارتباط مشاهدات زمینی به یک چهارچوب فضا چسب و تبیین حرکت مداری ماهواره ها و اندازه گیری دقیق زمان ارسال و دریافت امواج مورد نیاز می باشند.
- زمان نجومی و زمان خورسیدی بر پایه دوران زمین تعریف شده اند و ارتباط آن ها بوسیله روابط ریاضی مشخص می شود. در حالیکه زمان دینامیکی و زمان اتمی مستقل از دوران زمین می باشند.

- به منظور دستیابی به دقت های مورد نظر در سامانه های تعیین موقعیت ماهواره ای، می بایست ارتباط بین دستگاه های مختلف زمانی با بالاترین دقت مشخص باشد.
- حرکت روزانه زمین نسبت به ستاره ها و خورشید به ترتیب مبنای زمان نجومی و زمان خورشیدی است. یک روز خورشیدی فاصله زمانی میان دو گذر متوالی خورشید از نصف النهار محل و یک روز نجومی فاصله زمانی میان دو گذر متوالی یک ستاره از نصفالنهار محل است.
- به دلیل حرکت سالیانه زمین به دور خورشید طول روز خورشیدی و روز نجومی یکسان نمی باشد و در واقع یک روز در سال با هم اختلاف دارند.
- زمان ظاهری خورشیدی، فاصله میان گذرهای متوالی خورشید است که از یک طول جغرافیایی مشخص مشاهده می شود. به صورت قراردادی ۱۲ ساعت به لحظه گذر خورشید نصف النهار محلی یا گرینویچ اضافه می شود تا شروع یک شبانه روز در نیمه شب قرار گیرد.
- از آنجا که مدار حرکت زمین به دور خورشید، دایره ای شکل نمی باشد، لذا شاهد تغییر طول روزها در طی سال هستیم. این بی نظمی ها موجود در حرکت ظاهری خورشید سبب ایجاد مشکل در محاسبات می شود. از اینرو زمان جهانی UT بر مبنای خورشید ظاهری متوسط که دارای حرکت یکنواخت می باشد تعریف می شود.
- زمان های اتمی: ۱- زمان اتمی بین المللی TAI ۲- زمان جهانی هماهنگ UTC ۳- زمان GPS ۴- زمان دینامیکی
- در این دستگاه مرجع زمان از ساعت های اتمی استفاده می شود و زمان اتمی که مقیاس زمانی پایه را برای سرویس های نگهداری زمان تعیین می نماید را زمان اتمی بین المللی TAI می گویند. این زمان بر اساس شمارش سیکل های یک جریان الکتریکی با فرکانس بالا استوار است.
- اثرات نسبیتی مانند موقعیت ساعت نسبت به ژئوئید بر نرخ این سیکل ها اثر می گذارد. واحد زمان اتمی در سطح آبهای آزاد ثانیه SI است.
  $TAI=UTC+1S*n$ و $TAI=TDT-32.184S$ +۱۹S
- تاریخ ژولین JD تعداد روزهای خورشیدی متوسط سپری شده از ساعت ۱۲ روز اول ژانویه سال ۴۷۱۳ قبل از میلاد در یک دوره ۷۹۸۰ سالی می باشد. تاریخ ژولین از ظهر هر روز آغاز می گردد تا ستاره شناسان بتوانند تمامی مشاهدات خود را در یک روز انجام دهند.

پیوست ۶
حرکت مداری ماهواره ها

- موقعیت لحظه ای دقیق ماهواره ها در فضا تقریبا در تمام مسائل ژئودزی ماهواره ای مورد نیاز است.
- عامل اصلی حرکت مداری ماهواره ها نیروی جاذبه مرکزی زمین تحت قوانین کپلر است.
- حرکت واقعی ماهواره ها علاوه بر نیروی جاذبه مرکزی زمین متاثر از نیروهای دیگری مانند نیروی جاذبه غیر مرکزی زمین، جاذبه خورشید و ماه، جزر و مد زمین و فشار وارد بر ماهواره ها به دلیل تشعشعات خورشیدی به عنوان نیروهای اغتشاشی می باشد. نیروی اصطکاک اتمسفری نیز وجود دارد که برای ماهواره های با ارتفاع زیاد قابل چشم پوشی است.
- نیروهای اغتشاشی به دو بخش نیروهای جاذبی و نیروهای غیر جاذبی تقسیم می شوند. نیروهای جاذبی شامل)جاذبه غیر کروی زمین – جاذبه ماه و خورشید و سایر سیارات منظومه شمسی – جاذبه جزر و مد پوسته ای و اقیانوسی) و نیروهای غیر جاذبی شامل(اصطکاک اتمسفر – تشعشعات خورشیدی و اثر غیر مستقیم تشعشعات خورشیدی) می باشد.
- از دیدگاه ریاضی، معادلات حرکت مداری ماهواره ها بصورت معادلات دیفرانسیل نوشته می شود که بوسیله انتگرال گیری عددی نسبت به زمان حل می شوند.
- اغلب برای بیان موقعیت ماهواره ها در فضا از عنصر یا پارامتر کپلری استفاده می شود. از آنجا که نیروی جاذبه مرکزی زمین بیشترین نقش را در حرکت مداری ماهواره ها دارد، لذا برای بررسی حرکت ماهواره ها از این واقعیت استفاده کرده و به جای مدارات واقعی از مدارهای ساده تری موسوم به مدارهای نرمال استفاده می کنیم.
- ماهواره ها در یک صفحه مداری حرکت می کنند که در فضا ثابت می باشند. با این فرض بر اساس قوانین کپلر از نقطه نظر ریاضی مسیر ماهواره ها در صفحه مداری یک بیضی است و یکی از کانون های بیضی مداری در مرکز زمین واقع می شود.
- فرضیات مربوط به مدارهای نرمال شامل : ۱- زمین یک نقطه مادی یا به عبارت دیگر یک کره با توزیع چگالی ثابت است. میدان جاذبه چنین جسمی بصورت شعاعی متقارن می باشد و تمام خطوط شاقولی بصوت مستقیم به مرکز کره منتهی می شوند. ۲- از جزم ماهواره در مقایسه با جرم زمین چشم چوشی می شود. ۳- حرکت ماهواره ها در خلاء کامل انجام می شود ۴- هیچ نیروی جاذبه ای از طرف خورشید، ماه و دیگر اجرام سماوی بر ماهواره ها وارد نمی شود.

- با در نظر گرفتن فرضیات فوق و قانون جاذبه نیوتن قوانین سه گانه کپلر که بر اساس آنها حرکت مداری ماهواره ها به دور زمین توصیف می شود به شرح زیر می باشند.
- قانون اول کپلر: مسیر حرکت هر ماهواره به دور زمین یک بیضی است که زمین در یکی از کانون های آن قرار دارد.
- قانون دوم کپلر: در طی حرکت ماهواره ها به دور زمین، بردار موقعیت ماهواره در زمان های مساوی ، مساحت های مساوی جاروب می کند. بنابراین هر گاه اندازه بردار موقعیت ماهواره کوتاه تر شود، سرعت ماهواره بیشتر می شود و هر گاه اندازه بردار موقعیت ماهواره بلند تر شود سرعت ماهواره کمتر می شود. این قانون به این معنی است که حداکثر سرعت ماهواره در نزدیک ترین نقطه بیضی مدار به مرکز زمین یعنی پریچی و حداقل سرعت ماهواره در دورترین نقطه بیضی مدار به مرکز زمین یعنی آپوچی رخ می دهد.
- قانون سوم کپلر: مکعب نیم قطر بزرگ مدار بیضی ماهواره a متناسب با مرجع دوره تناوب حرکت ماهواره به دور زمین T است.
- پارامترهای مداری کپلر شامل (Ω و i و ω و a و eو f) می باشند.
- Ω :زاویه بین نقطه گرهی صعودی و نقطه اعتدال بهاری در جهت خلاف عقربه های ساعت است.بعد نقطه گرهی صعودی که از آن به بعد ماهواره وارد فضای نیمکره شمالی و یا جنوبی می شود
- i :زاویه میل ، زاویه بین صفحه حرکت مداری و صفحه استوا در جهت خلاف عقربه های ساعت است.
- ω :آرگون پریچی که زاویه بین نقطه گرهی صعودی و نقطه پریچی در صفحه حرکت مداری در جهت خلاف عقربه های ساعت.است. بیان کننده توجیه بیضی مدار ماهواره در صفحه حرکت مداری است.
- a :نیم قطر بزرگ بیضی مدار ماهواره که قطعا بزرگتر از نیم قطر بزرگ مرجع زمین است.
- e: خروج از مرکزی اول بیضی مدار ماهواره، که عددی بسیار کوچک است و بیانگر انحراف جزیی بیضی مدار ماهواره از یک دایره است.
- f: آنومالی که نشان دهنده موقعیت لحظه ای ماهواره در مدار بیضی شکل خود باشد.

- از بین پارامتر های فوق بعد نقطه گرهی صعودی و زاویه میل(i و Ω) نشان دهنده موقعیت صفحه حرکت مداری در یک فضای اینرشیال یا دستگاه مرجع سماوی می باشد.
- $a)$ و e و f) نشان دهنده موقعیت لحظه ای ماهواره در بیضی است.
- گاهی موقعیت ماهواره با عناصر کپلری مشخص نمی شود و به جای آن از برداری موقعیت و بردار سرعت در دستگاه مختصات سماوی استفاده می شود.
- تئوری مدارهای نرمال بطور مشخص برای درک و تصور حرکت های فضایی ماهواره ها بسیار مفید هستند و در آنها جواب های معادلات حرکت ماهواره ها بطور ساده بصورت معادلات تحلیلی ارائه می شوند.
- مدار های نرمال تنها بصورت تابعی از بخش مرکزی میدان جاذبه زمین در نظر گرفته می شوند و فقط برای پیش بینی های مداری کوتاه مدت با دقت های پایین قابل استفاده می باشند و برای اجرای یک عملیات اندازه گیری با *GPS* مناسب هستند.
- حرکت اغتشاشی ماهواره : به دلیل وجود سایر نیرو ها ی اثر گذار بر حرکت مداری ماهواره هیچ یک از پارامتر های کپلری ماهواره ثابت نیستند و در محاسبه دقیق موقعیت های آن بایستی نیروهای اعوجاج دهنده در نظر گرفته شوند.
- نیروهای اعوجاج دهنده یا همان نیروهای اغتشاشی، نیروهایی هستند که باعث انحراف ماهواره ها از مسیر ساده نرمال خود می شوند. انحراف در میدان نرمال توسط غیر کروی بودن میدان جاذبه زمین، وجود جاذبه خورشید و ماه و سایر اجرام، فشار تشعشعات خورشیدی، نیروهای جزر و مدی و کشش اصطکاک اتمسفری بوجود می آید. هر چه ارتفاع مداری ماهواره ها پایین تر باشد اثر نیروی اغتشاشی بر حرکت مداری آنها بیشتر می شود.
- فشار تشعشعات خورشیدی ناشی از برخورد فوتون های نوری خورشید روی بدنه ماهواره است. پارامترهای اصلی در محاسبه اثر این شتاب ، سطح موثر ماهواره ، قابلیت انعکاس سطح، درخشش خورشید و فاصله ماهواره تا خورشید است. در ماهواره هایی که در منطقه سایه قرار دارند فشار تشعشعات خورشیدی صفر می شود. بر اساس فاصله ماهواره تا زمین نیروی اغتشاشی نیز متغیر است.

پیوست ۷
ساختار سیگنال ها و مشاهدات ماهواره ای

- در سامانه های تعیین موقعیت ماهواره ای که عموما سامانه های یک طرفه هستند هر ماهواره از طریق نوسان ساز های دقیقی تعدادی موج الکترومغناطیسی تولید و پس از عملیات مدولاسیون به منظور ترکیب امواج حامل، و امواج کد و پیام های ناوبری آنها را به سوی زمین گسیل می کند.
- فاصله بین گیرنده زمینی و ماهواره بر پایه روش های سنجش همبستگی بین سیگنال های همسان تولیدی در گیرنده با سیگنال های دریافتی از ماهواره بدست می آید.
- چنانچه فاصله بین گیرنده زمینی و ماهواره از طریق اندازه گیری زمان بین ارسال و دریافت اواج کد بدست آید در این صورت به آن فاصله کدی می گویند و اگر از طریق اندازه گیری اختلاف فاز امواج حاصل بدست آید در این صورت به آن فاصله فازی می گویند.
- سیگنال های ارسالی از ماهواره ها باید قابلیت تعیین موقعیت آنی برای تعداد نامحدودی از کاربران مختلف را داشته باشد. پایه این نوع تعیین موقعیت اندازه گیری فاصله لحظه ای گیرنده تا ماهواره از طریق همبستگی یابی بین سیگنال دریافتی از ماهواره و سیگنال مشابه تولیدی در گیرنده می باشد.
- به طور کلی ساختار سیگنال های ناوبری که به صورت یک طرفه از ماهواره به سوی گیرنده ها گسیل می شوند از سه بخش موج حامل ، کد و داده های ناوبری تشکیل شده است. موج حامل در واقع یک موج الکترو مغناطیسی با فرکانس $F1$ در باند L است. کد نیز یک سیگنال عددی است که امکان اندازه گیری مدت زمان طی شده از لحظه ارسال تا دریافت را برای کاربران فراهم می سازد.
- اساسا سه نوع مشاهده توسط گیرنده های $GNSS$ ثبت می شوند. یکی شبه فاصله، دیگری فاز موج حامل و بعدی داپلر یا نرخ فاز موج حاصل است.
- سنجه شبه فاصله در واقع از سنجش اختلاف زمانی بین لحظه ارسال و لحظه دریافت سیگنالهای $GNSS$بدست می آید.
- سنجه فاز موج حامل به عنوان دقیقترین مشاهده $GNSS$ عبارتست از اختلاف بین فاز موج حامل دریافت شده از ماهواره و فاز موج حامل تولید شده در گیرنده
- بر خلاف سنجه های کد و فاز، یا نرخ فاز موج حامل نتیجه مستقیم یک سیگنال ارسالی از ماهواره نیست. که علاوه بر برآورد سرعت لحظه ای گیرنده برای تعیین جهش های فاز یا همان قطعی های فاز در طول زمان اندازه گیری فاز بسیار مناسب است.
- معمولا به دلایل مختلف هر ماهواره ناوبری چندین موج تولید و ارسال می کند. بنابراین امکان استخراج انواع سنجه های ترکیبی وجود دارد. ب حضور همزمان

چنـدین مـاهواره و چنـدین گیرنـده در لحظـات مختلـف امکـان ترکیـب هـای تفاضـلی مختلف وجود دارد.

- یکـی از راه هـای افـزایش دقـت و کـارایی سـنجه کـد، هموارسـازی آن بـا سـنجه فـاز بوسیله ترکیب خطی سنجه کد با سنجه فاز است.
- ترکیب تفاضلی یگانه دارای نویز $\sqrt{۲}$ برابر از نویز سنجه ساده بزرگتر است.
- در ترکیب تفاضلی سـه گانـه خطـای سـاعت گیرنـده حـذف مـی شـود و نیـز ابهـام فـاز اولیـه حـذف مـی شـود و نیـز باعـث کـاهش خطاهـای مـداری و جـوی مـی شـود امـا خطاهـای چنـد مسـیری و نـویز گیرنـده نسـبت بـه ترکیـب هـای قبلـی تشـدید مـی شـود.در ایـن روش جهـت کشـف جهـش فـاز هـا و بـرآورد بهتـرین مختصـات اولیـه ایستگاه های زمینی استفاده می شود.

مراجع

۱- مهندس ابوالفضل رنجبر نحوه استفاده از سیستم تعیین موقعیت جهانی GPS در پروژه های نقشه برداری ″، نشر دانشگاهی فرهمند، ۱۳۹۵.

۲- محمد هادی نظری فر، رضوانه مومنی – شناخت GPS مفاهیم و کاربردها ″، نشر نهرگان قلم، ۱۳۹۰.

۳- مهندس علیرضا امیری، مهندس مهدی سعیدی – GPS اولین سیستم ماهواره ای ناوبری جهان ″، نشر دانشگاهی فرهمند ،۱۳۹۴.

۴- Guide To GPS Positioning(1987) David Wells

۵- User s Manual of Leica Geo office