نیاز به سیستم تعیین موقعیت ملی مکمل سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای خارجی درزمان صلح و جایگزین آنهادرمواقع بحرانی

دکترعلیرضاآزموده اردلان
دانشیارگروه مهندسی نقشه برداری -دانشگاه تهران
محمدادریسیان
فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد بزوهشکده علوم دفاعی دانشگاه امام حسین(ع)

چکیده

با توجه به اهمیت تعیین موقعیت و سهولت کاربرد روشهای ماهواره‌ای در تعیین موقعیت، امروزه سیستمهای تعیین موقعیت جهانی مانند GPS رواج بسیاری در زندگی روزمره و کاربردهای نظامی یافته است.

نکته‌ای که عموماً در استفاده از این سیستمهای ماهواره‌ای فراموش می‌گردد مبنای نظامی اینگونه سیستمها است. به علاوه استراتژیک بودن مقوله موقعیت ایجاب می‌کند که ایجادکنندگان اینگونه سیستم‌ها دسترسی انتخابی و انحصاری سیستم در مواقع اضطراری و جنگ برای خود محفوظ دارند. بلاشک با توجه به هزینه گزاف ایجاد و نگهداری اینگونه سیستم‌ها نمی توان براین سیاست خرده گرفت بلکه لازم است برای کاربردها و اهداف ملی، سیستم تعیین موقعیت جایگزین و یا مکمل پیش بینی کرد تا در مواقع اضطراری با اتکا به آن بتوان همچنان به تعیین موقعیت پرداخت. در این مقاله مروری کامل بر روشهای تعیین موقعیت ماهواره‌ای و زمینی از انواع GPS، ترانزیت، گلوناس، دوریس، لورن A، لورن C و امگا صورت گرفته و نهایتاً از میان این سیستم‌ها، با توجه به امکانات مملکتی و تحلیل های مختلف، روش تعیین موقعیت زمینی لورن C و یا سیستمی مشابه آن به عنوان سیستم تعیین موقعیت ملی، با نقش مکمل در زمان صلح و جایگزین در مواقع اضطراری، پیشنهاد گردیده است. سیستم تعیین موقعیت لورن C در حال حاضر سیستم ذخیره GPS می باشد.

واژه‌های کلیدی: تعیین موقعیت، GPS، داپلر، گلوناس، دوریس، لورن A، لورن C، امگا

۱ – مقدمه

بشر از آغاز پیدایش بر روی زمین همواره با مسئله تعیین موقعیت [۱] و ناوبری [۲] مواجه بوده است. ناوبری به بیان ساده مسئله یافتن راه ورفتن از مکانی معین به مکانی دیگر است. بطور تجربی یافتن راه از طریق نشانه‌های طبیعی یا نشانه گذاری آغاز گردیده و سالها معیار ناوبری بر روی زمین قرار گرفت تا آنکه بشر موفق به تعریف و ایجاد سیستم‌های مختصات جهانی متصل به زمین گردید. تعریف و ایجاد سیستم‌های مختصات جهانی متصل به زمین کاری ساده نبوده و بدین خاطر تا قبل از آن بشر توانایی مسافرتهای طولانی خصوصاً مسافرتهای دریایی را نداشت .بدین خاطر آغاز سفرهای دریایی اقیانوسی مقارن با دستیابی بشر به علم تعیین موقعیت جهانی است.

ایجاد یک سیستم مختصات مستلزم تعریف (۱) مبدأ، (۲) محورهای مختصات یا بردارهای پایه و (۳) مقیاس می‌باشد. تعریف مبدأ نیازمند تعریف مکان نقطه‌ای با موقعیت معلوم و قابل دستیابی به صورت عینی یا فیزیکی است. محورهای مختصات با تعریف دو امتداد عمود بر هم و امتداد سومی که عمود بر صفحه دو امتداد اول می‌باشد قابل تعریف‌اند. مقیاس، کمیتی قراردادی بوده و با توجه به تعریف فعلی آن به تعریف سرعت نور وابسته است . در عمل با تعیین یا تعریف مختصات در یک سری نقاط سیستم مختصات تعریف شده و سپس با استفاده از مشاهدات ارتباط دهنده نقاط با مختصات معلوم به نقاط با مختصات مجهول موقعیت نقاط نسبت به سیستم مختصات انتخابی تعیین می‌گردد. اولین تجربه‌های تعیین موقعیت، که خصوصاً در سفرهای دریایی مورد استفاده قرار گرفت، استفاده از ستارگان به عنوان نقاط با مختصات معلوم بود.[1] بعدها از نقاط دارای مختصات معلوم واقع بر سطح زمین برای تعیین موقعیت نیز استفاده گردید. ایجاد شبکه‌های ژئودزی مبنایی در کشورهای مختلف جهان و کشور ما نیز به همین دلیل است.

سیستم مختصات جهانی متصل به زمین مورد استفاده در تعیین موقعیت و ناوبری بر روی زمین سیستم مختصات " زمینی قراردادی یا CT" [۳] است که تعریف آن بصورت ذیل می‌باشد:

۱ – محور X در صفحه استوای قراردادی و محل تلاقی نصف النهار گرینویچ قراردادی.

۲ - محور Z در امتداد محور دوران زمین پس از حذف حرکت قطبی

۳ - محور Y سیستم مختصات را به یک سیستم مختصات کارتزین دست راستی تبدیل می‌کند.

ایجاد و بکارگیری سیستم مختصات یاد شده برای تعیین موقعیت مستلزم اندازه‌گیریهای نجومی، ثقلی و مشاهدات رادیویی به سمت ستاره‌های واقع در خارج منظومه شمسی به نام کویزار[۴] می‌باشد. کویزارها ستارگانی هستند که در کهکشانهای دیگر قرار داشته و به جای نور منشأ تولید امواج رادیویی با فرکانس و طول موج بسیارمنظم بوده و از شگفتی‌های عالم خلقت به شمار می‌روند. از کویزارها جهت تعریف توجیه محورهای سیستم‌های مختصات جهانی استفاده می‌گردد.

انتقال مختصات از طریق نقاط با مختصات معلوم واقع برسطح زمین، دارای محدودیت برقراری دید مستقیم نوری یا رادیویی به منظور انجام مشاهدات ارتباط دهنده است. بدین لحاظ با ایجاد و بکارگیری مخابرات ماهواره‌ای این ایده در فکر بشر شکل گرفت که از ماهواره‌ها به عنوان نقاط با مختصات معلوم جهت تعیین موقعیت استفاده نماید. به این طریق عصر تعیین موقعیت ماهواره‌ای آغاز گردید. اولین سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای که بر پایه استفاده از ماهواره به عنوان نقاط با مختصات معلوم جهت انتقال مختصات بوجود آمد، سیستم تعیین موقعیت دایلر[۵] بود که پس از تجربه موفق آن سیستم‌های تعیین GPS[۶]، GLONASS[۷] پای به عرصه وجود نهادند. این سیستم‌های تعیین موقعیت بگونه‌ای طراحی گردیده که امکان تعیین موقعیت جهانی را به سهولت فراهم آورند. این سهولت و توانایی به حدی است که زندگی روزمره خصوصاً در جوامع پیشرفته وابستگی شدیدی به سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای یافته است. به عنوان مثال، درحال حاضر تعداد استفاده کنندگان سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ایGPS در اروپا ۶ میلون نفر بوده و درآینده نزدیک براساس آمارهای اروپایی به ۲۵۰ میلیون نفر خواهدرسید که بخش عمده‌ای از این تعداد را استفاده کنندگان غیرنظامی و بخش حمل ونقل تشکیل می‌دهد. این وابستگی شدید به سیستم GPS، با توجه به تعلق آن به وزارت دفاع امریکا و عواقب خطرناک قطع دسترسی ناگهانی، اروپا را بر آن داشت تا درصدد ایجاد یک سیستم تعیین موقعیت اروپایی باشد. براین اساس در سال ۱۹۹۹ پروژه گالیله[۸] بعنوان یک سیستم تعیین موقعیت صددرصد اروپایی راه‌اندازی شد. این پروژه قرار است تا سال ۲۰۰۸ وارد مرحله بهره‌برداری آزمایشی گردد. به این ترتیب از زمان آغاز بکار این سیستم اگر به هر دلیل در سیاست سرویس دهی GPS تغییری رخ دهد و یا اختلالی در دسترسی به سیگنالهای این سیستم به وجود آید آنها می‌توانند از سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای خود استفاده نمایند. دقیقاً به دلیل مشابه، سالها قبل در دوران جنگ سرد نیز روسیه(شوروی سابق) تقریباً همزمان با امریکا سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای خود به نامGLONASS را طراحی، پیاده سازی و مورد بهره برداری قرارداد.

نکته حائز اهمیت در این خصوص آنکه سیستمهای تعیین موقعیت ماهواره‌ای، چه از نوع امریکایی، روسی و یا درآینده اروپایی، با هزینه‌های بسیار گزاف و با اهداف دراز مدت و استراتژیک، که در رأس آنها مقاصد نظامی قراردارد، ایجاد گردیده و بنابراین شکی نیست که در مواقع بحرانی و جنگی این کشورها حق استفاده اختصاصی از این سیستم‌ها را برای خود محفوظ می‌دارند. بدین خاطر وابستگی نیروهای نظامی به سیستم‌های تعیین موقعیت خارجی امری بسیار خطرناک و خارج از تدابیر امنیتی است.

براین اساس در این مقاله به بررسی سیستمهای تعیین موقعیت گذشته، حال و آینده پرداخته و پس از تجزیه و تحلیل این سیستم‌ها یک سیستم تعیین موقعیت ملی جایگزین در مواقع بحران و جنگ و یا مکمل در زمان صلح پیشنهاد خواهدگردید. امید آنکه نتایج ارائه شده در این مقاله مورد توجه مسئولین محترم قرار گرفته و درآینده نزدیک شاهد پیاده سازی یک سیستم تعیین موقعیت ملی در کشور باشیم.

۲ - مروری برسیستم‌های تعیین موقعیت زمینی

۲-۱ - سیستم تعیین موقعیت زمینی لورن

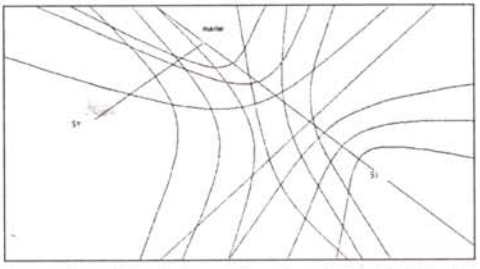
ایده نیاز به یک سیستم تعیین موقعیت بدون محدودیت زمانی و مکانی به اوایل ۱۹۴۰ و آغاز جنگ جهانی دوم باز می‌گردد[2].در آن سال کمیته تحقیقات دفاع ملی ایالات متحده امریکا آزمایشاتی را در رابطه با ایجاد یک سیستم تعیین موقعیت براساس نیازهای جنگی آغاز نمود. محققی که در این رابطه نقش کلیدی داشت دکتر جک پیرس[۹] نام داشت که مبتکر استفاده از سیستم ناوبری رادیویی به روش هذلولی به شمار می‌رود. او سیستم تعیین موقعیت پیشنهادی خود را برای آخرین باند طیفی خیلی کوتاه (VHF[۱۰]) با فرکانس ۳۰ مگاهرتز، طراحی نمود. نتیجه این آزمایشات منجر به گزارش کمیته فنی سیگنال ارتش امریکا در جلسه اول اکتبر ۱۹۴۰ مبنی بر امکان ایجاد یک سیستم ناوبری رادیویی با دقت حداقل ۱۰۰۰ پا[۱۱] در فاصله ۲۰۰ مایل از نقطه مرجع گردید. این مشخصات در آن زمان تأمین کننده دقت موردنیاز جهت مقاصد نظامی به شمار می‌رفت. به این ترتیب اولین سیستم ناوبری به نام سیستم لرن[۱۲] پای به عرصه وجود نهاد. این سیستم که شاید بتوان آن را یکی از ابزارهای اصلی پیروزی متفقین بر متحدین به شمار آورد، در طی دوران جنگ جهانی دوم تکامل یافته و تحت نامهای لرن A تا لرن C نامگذاری گردید[3]. سرعت تحول وتوسعه این سیستم تعیین موقعیت درحین جنگ جهانی دوم به حدی بود که تا پایان جنگ جهانی دوم در سال ۱۹۴۵ تعداد ایستگاههای زمینی این سیستم به ۷۵ و تعداد گیرنده‌های مورد استفاده در کشتی‌ها و هواپیماهای متفقین به ۷۵۰۰۰ رسید. مبدأ تاریخ عملیاتی شدن این سیستم سال ۱۹۴۳ می‌باشد که از آن سال رسماً به عنوان ابزار هدایت، ابتدا در کشتی‌های جنگی به خاطر وزن بالای گیرنده‌های اولیه، و پس از اندک زمانی، در هواپیماهای جنگی، باکاهش وزن گیرنده‌ها، توسط امریکا و انگلیس مورد استفاده قرارگرفت.

در این سیستم، برای ایجاد امکان تعیین موقعیت لازم است گیرنده سیگنالهای رادیویی را از یک ایستگاه اصلی[۱۳] دو ایستگاه فرعی[۱۴] بطور همزمان دریافت نماید. در گیرنده اختلاف زمانی بین فرکانسهای رسیده از هر دو ایستگاه فرستنده اندازه گیری شده و این اختلاف زمان با داشتن

سرعت انتشار امواج به اختلاف فاصله تبدیل و بدین ترتیب مکان هندسی نقاط با فاصله مساوی از دو فرستنده به عنوان خطوط موقعیت [15] برای گیرنده مشخص می‌گردد. این مکان هندسی در ریاضیات هذلولی نامیده می‌شود. تلاقی دو مکان هندسی حاصل به این طریق دو نقطه در صفحه خواهد بود که یکی مربوط به موقعیت گیرنده و دیگری نقطه‌ای در فاصله بسیاردور بوده که به سادگی از موقعیت گیرنده قابل تشخیص است. در این سیستم یافتن موقعیت گیرنده به روش ذکر شده بطور متوسط ۵ دقیقه طول می‌کشید. برای افزایش سرعت تعیین موقعیت هذلولی‌هایی از قبل مکان هندسی نقاط با اختلاف فاصله یکسان از دو فرستنده بر روی نقشه‌ای ترسیم و به این ترتیب بجای ترسیم هذلولی تنها هذلولی موردنظر انتخاب و موقعیت از طریق تلاقی هذلولی‌ها تعیین می‌گردید.

حداکثر فاصله قابل دسترسی توسط لورن A در روز ۷۰۰ مایل و در شب ۱۴۰۰ مایل بود. بدین خاطر این سیستم در عملیات نظامی شبانه کاربرد بسیار استراتژیک پیدانمود بطوری که در جنگ جهانی دوم بمباران‌های مواضع آلمانی در شب توسط هواپیماهای امریکایی تنها به پشتوانه این سیستم صورت می‌گرفت. نگاره(۱)

نشان دهنده هذلولی‌های رسم شده به کانون ایستگاه اصلی وایستگاههای فرعی و نحوه تعیین موقعیت با اندازه‌گیری اختلاف فاصله بین گیرنده تا فرستنده‌ها از طریق اندازه‌گیری اختلاف زمان دریافت امواج می‌باشد.



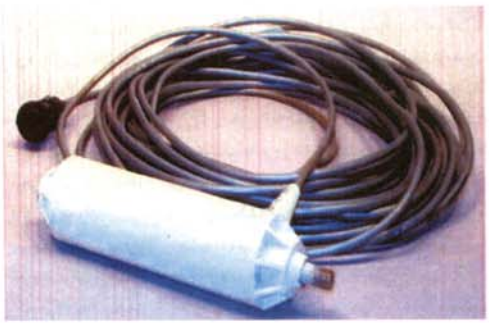
نگاره(۱): اختلاف زمانی محاسبه شده بین یک ایستگاه اصلی(master) ودوایستگاه فرعی S1,S2

فرستنده‌های لرن از طریق باند فرکانسی مورد استفاده و فاصله زمانی بین پالسها از یکدیگر تشخیص داده می‌شدند. خوانندگان علاقمند جهت دریافت جزئیات مربوط به ساختار سیگنال و تعیین موقعیت به کمک سیستم لرن می‌توانند به [2,3] مراجعه کنند. این سیستم تحت عنوان لرنC، که تنها سیستم تعیین موقعیت زمینی کاملاً فعال درحال حاضر می‌باشد، توسط امریکا به عنوان سیستم تعیین موقعیت ذخیره GPS به صورت کاملاً عملیاتی حفظ گردیده است. نگاره(۲) نشان دهنده یک فرستنده مدرن این سیستم ونگاره(۳) نشان دهنده یکی از گیرنده‌های تجاری موجود در بازار این سیستم تحت نام T.I.9000 و نگاره(۴) نشان دهنده یک آنتن مدرن این سیستم و نگاره(۵) نشان دهنده پوشش فعلی این سیستم است.

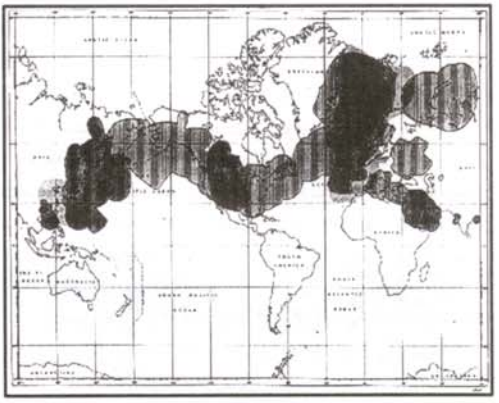
نگاره(۲): یک فرستنده مدرن لورنC

نگاره(۳): گیرنده لورنC مدلT.I.9000

T.I.9000 دارای یک کامپیوتر پردازشگر بوده که با سرعت بالا و بطور اتوماتیک عمل جستجو ایستگاهها فرستنده را به منظور تعیین موقعیت انجام و نهایتاً بطور خودکار موقعیت گیرنده را مشخص می‌سازد.



نگاره(۴): آنتن مخصوص گیرندهT.I.9000



نگاره(۵): پوشش جهانی لورنC

۲-۲ - سیستم تعیین موقعیت امگا

سیستم تعیین موقعیت امگا[۱۶] یک سیستم تعیین موقعیت رادیویی زمینی بوده که توسط نیروی دریایی امریکا جهت مقاصد نظامی ایجاد و در سال ۱۹۶۸ با یک پوشش کامل جهانی و با دقت ۴ مایل در تعیین موقعیت هواپیماها و کشتی‌های هسته‌ای امریکا در سرتاسر قطب شمال جهت مقابله با تهدید روسیه مورد استفاده قرار گرفت [4].این سیستم سپس در زیردریایی‌های امریکایی نیز نصب و در هدایت آنها استفاده گردید.

سیستم امگا از یک شبکه زمینی بالغ بر ۸ ایستگاه که ۲ ایستگاه آن، ایستگاه کنترل می‌باشد تشکیل شده است .این ایستگاههای کنترل در داکوتای شمالی[۱۷] و هاوایی ایالات متحده امریکا واقع در ۶ ایستگاه دیگر در آرژانتین، نوروژ، لیبریا، فرانسه، ژاپن و استرالیا قراردارند. روش تعیین موقعیت در این سیستم مشابه لرن، هذلولی است. تفاوت عمده این سیستم با لرن در باند فرکانسی مورد استفاده آن است. فرکانسهای مورد استفاده در این سیستم بین ۱۰ تا ۱۴ کیلوهرتز بوده که در باند فرکانسی VLF [۱۸] قرارمی‌گیرد. این باند فرکانسی امکان بازتاب سیگنال از یونسفر و در نتیجه ایجاد پوشش جهانی تنها با ۸ ایستگاه زمینی را میسرمی‌سازد. در این سیستم نیز مانند سیستم لرن با دریافت سیگنال از سه ایستگاه فرستنده امکان تعیین پدید می‌آید.

این سیستم نیز همانند لرن حاصل ایده پروفسور پیرس بوده که طراح استفاده از مدولاسیون طول موج در باندVLF برای اهداف تعیین موقعیت نیز به شمارمی‌رود. وی قابلیت اندازه گیری اختلاف فاز سیگنالهای رادیویی را برای تعیین موقعیت اثبات نمود. پروفسور پیرس ابتدا این سیستم را رادوکس[۱۹] نامیده که بعدها به رادوکس- امگا و نهایتاً امگا مشهور گردید. آنتنهای این سیستم با توجه به فرکانس مورد استفاده در باندVLF، دارای ارتفاعی برابر ۱۲۰۰ پا بوده که ایجاد آن مستلزم هزینه بسیاربالا است. اولین فرستنده‌های آزمایشی این سیستم با تغییر کاربری تعدادی از فرستنده‌های رادیویی موجود آن زمان بوجودآمد. برای ایجاد این سیستم ۳۱ مکان در سراسر جهان به عنوان محلهای محتمل برای نصب فرستنده‌ها انتخاب و نهایتاً ۸ مکان برای نصب فرستنده‌های سیستم برگزیده شد. ۸ ایستگاه انتخاب شده در مکانهایی بودندکه به راحتی امکان کنترل آنها توسط امریکاوجود داشت. امگا در سال ۱۹۸۳ با ۸ ایستگاه فرستنده فعال وارد مرحله سرویس دهی کامل خود شد. این سیستم در ابتدا در خطوط هوایی پرواز های نظامی و سپس توسط کلیه خطوط هوایی غیرنظامی جهان مورد بهره‌برداری قرارگرفت. در سال ۱۹۹۶ امگا توسط تجهیزات جدید کنترلی و سیستم‌های جدید زمان سنج بهبود یافت. از مزایای عمده این سیستم می‌توان به پوشش تقریباً جهانی آن (پوشش ۹۹٪کل جهان) با دریافت سیگنال از دو فرستنده و پوشش ۹۵٪کل زمین با امکان دریافت سیگنال از سه فرستنده و زمان نسبتاً کوتاه درحد ۱۰ ثانیه برای تعیین موقعیت اشاره نمود. این سیستم قرار بود تا سال ۲۰۰۵ به فعالیت خود ادامه دهد اما با توجه به کاربری گسترده GPS و جایگزینی عملی GPS در کلیه مأموریتهای تعریف شده برای امگا، از سال ۱۹۹۷ طی مراسمی رسمی خاموش گردید.

۲-۳ - سایرسیستم‌های تعیین موقعیت زمینی

علاوه بر دو سیستم تعیین موقعیت زمینی یادشده سیستم‌های تعیین موقعیت دیگری نیز توسط امریکا و انگلیس در مقیاس محلی ایجاد و مورد استفاده قرارگرفته‌اند که ذیلاً به آنها خواهیم پرداخت [5]:

۲-۳-۱ - سیستم تعیین موقعیت دکا

سیستم تعیین موقعیت دکا[۲۰] یک سیستم ناوبری هذلولی در فرکانس‌پایین بانداLF می‌باشد. منطقه پوشش این سیستم غرب اروپا، بخشی از کانادا، خلیج فارس و خلیج بنگال است .اساس کار این مشابه سیستم‌های هذلولی دیگر است .

۲-۳-۲ - سیستم تعیین موقعیت جی

سیستم جی[۲۱] نیز یک سیستم ناوبری هذلولی و متعلق به بریتانیای کبیر بوده و نظر اصول معماری ساخت بسیار شبیه لورن می‌باشد. فرکانس امواج این سیستم بین ۲۰ تا ۸۵ مگا هرتز و در باند فرکانس بسیاربالاVHF قراردارد. استفاده از این باند فرکانسی، سیستم را محدود به دید مستقیم[۲۲] می‌نماید. شبکه فرستنده جی از ۴ ایستگاه، دو ایستگاه اصلی و دو ایستگاه فرعی، تشکیل یافته است .

۲-۳-۳ - سیستم تعیین موقعیت تاکان

سیستم تعیین موقعیت زمینی تاکان [۲۳] با فرکانس کاری بین ۹۶۰ تا ۱۲۱۵ مگاهرتز جزء سیستم‌های تعیین موقعیت در باندUHF است. این سیستم بیشتر کاربرد نظامی داشته و پیش از سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای در هواپیماهای نظامی امریکا مورداستفاده قرار می‌گرفته است. ایستگاههای رادیویی تاکان اغلب با ایستگاههای سیستم ناوبری ور(به

بخش بعد مراجعه کنید) هم موقعیت‌اند. این سیستم در ناوبری هوایی، موقعیت نسبی و فاصله تا فرستنده‌ها را مشخص می‌نماید. برد تقریبی سیستم تاکان ۲۰۰ مایل است.

۴-۳-۲ - سیستم تعیین موقعیت ور

سیستم تعیین موقعیت زمینی ور[۲۴] دارای فرکانس کاری ۱۰۸ تا ۱۱۷/۹۵ مگاهرتز بوده و به این ترتیب درزمره سیستم‌های تعیین موقعیت در باندVHF قراردارد. برد این سیستم ۲۵۰ مایل و دقت آن کمتر از ۲۰ مایل است. این سیستم که یک سیستم غیرنظامی است در امریکا به عنوان سیستم تعیین موقعیت ثانویه در ناوبری هوایی غیرنظامی مورد استفاده قرارمی‌گیرد. سیستم ور از طریق فاصله و آزیموت، موقعیت گیرنده را نسبت به فرستنده، که ایستگاه راهنمای پرواز محسوب می‌شود، تعیین می‌کند. سیستم ور مانند سیستم لورن C، جزء سیستم‌های تعیین موقعیت زمینی فعال در حال حاضر محسوب می‌گردد.

۳ - مروری بر سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای

۳-۱ - سیستم تعیین موقعیت ترانزیت

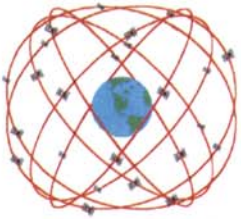
تعیین موقعیت جهانی ماهواره‌ای از طریق سیستم ترانزیت[۲۵] یا NNSS[۲۶] پای به عرصه وجود نهاد[6]. در این سیستم، که یک سیستم امریکایی است ،از اصل شیفت داپلر[۲۷] برای تعیین موقعیت استفاده می‌گردید. شیفت داپلر در واقع تغییر در فرکانس دریافتی بخاطر سرعت نسبی تولیدکننده و دریافت کننده امواج است. طراحی این سیستم از سال ۱۹۵۹ میلادی آغاز و اولین ماهواره آن در سال ۱۹۶۱ میلادی به فضا پرتاب گردید.این سیستم در سال ۱۹۶۴ وارد فاز بهره‌برداری در امور نظامی امریکا گردیده و از سال ۱۹۶۷ استفاده از آن برای استفاده کنندگان غیرنظامی آزاد گردید. سیستم تعیین موقعیت ترانزیت در اوج کارایی خود دارای ۶ ماهواره بود. این ماهواره‌ها در ارتفاع ۱۰۷۵ کیلومتر در مدار تقریباً دایره‌ای قرار داشتند. زاویه میل این ماهواره‌ها ۱۰۷ درجه و بنابراین در مداری نزدیک به قطب به دور زمین درحال گردش بودند. ماهواره‌های این سیستم توسط ایستگاه کنترلی که تحت نظارت واحدی از نیروی دریایی امریکا موسوم به NAG[۲۸] درمحلی به نام موگوا[۲۹] در ایالت کالیفرنیا قرارداشت، اداره می‌شد. این ماهواره‌ها توسط مرکز کنترل واقع در امریکا تعقیب، مختصات آنها در مدار تعیین و از طریق دو موج حامل ۴۰۰ و ۱۵۰ مگاهرتز به گیرنده‌ها ارسال می‌گردید. مشاهدات گیرنده‌های این سیستم شمارش شیفت داپلر[۳۰] بود که برروی دو موج حامل انجام و بین ترتیب اثر انکسار یونسفر نیز حذف می‌گردید. برای جزئیات مربوط به معادلات مشاهدات و نحوه دستیابی به مختصات گیرنده از طریق سیستم تعیین موقعیت ترانزیت خوانندگان علاقمند می‌توانند به [6] مراجعه کنند.

اتحاد جماهیر شوروی سابق نیز به طور همزمان استفاده از سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای مشابهی را صرفاً برای مقاصد نظامی به نام Tsikada ایجاد و مورد آزمایش قرارداد. از این سیستم اطلاعات بسیار اندکی موجود بوده که برای دستیابی به آنها می‌توان به عنوان مثال به [7] مراجعه نمود.

۳-۲ - سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ایGPS

GPS یک سیستم ماهواره‌ای جهانی تعیین موقعیت نظامی بوده و ساخت کشور ایالات متحده امریکا می‌باشد. اولین ماهواره این سیستم در سال ۱۹۷۸ به فضا پرتاب و گیرنده‌های غیرنظامی آن برای نخستین بار در سال ۱۹۸۰ به بازار آمد.

این سیستم از سال ۱۹۹۵ وارد مرحله سرویس دهی کامل خود گردیده است. سیستم تعیین موقعیتGPS از ۳ بخش فضایی، کنترل و استفاده کنندگان تشکیل شده است. بخش فضایی شامل ۲۴ ماهواره بوده که در مدارهای تقریباً دایره‌ای شکل حول مرکز جرم زمین در حرکتند. پریود دوران ماهواره‌های این سیستم ۱۲ ساعت، زاویه میل مداری ماهواره‌ها ۵۵ درجه و در ارتفاع ۲۰۲۰۰ کیلومتر از سطح زمین در حرکت می‌باشند. هر ماهواره مجهز به یک ساعت اتمی دقیق است که جهت تعیین موقعیت از طریق تقاطع طولی مورد استفاده قرار می‌گیرد. دراین سیستم با توجه به خطای ساعت گیرنده، از طریق تقاطع طولی از حداقل ۴ ماهواره، تعیین موقعیت سه بعدی پدیده میسر می‌گردد.

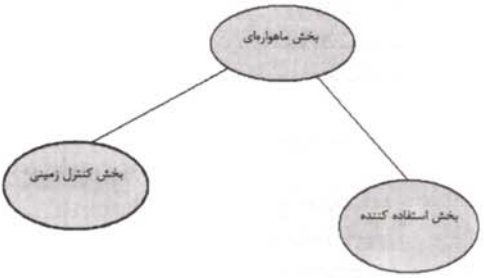


نگاره(۶): بخش فضایی سیستم تعیین موقعیتGPS،شامل ۲۴ ماهواره در۶ مداردرفواصل مساوی[9]

بخش کنترلی شامل ایستگاههایی در نقاط مختلف جهان به مرکزیت ایستگاه کلرادواسپرینگ[۳۱] در امریکا می‌باشد. این ایستگاهها وظیفه تعیین موقعیت ماهواره‌ها، نظارت بر کارکرد ماهواره‌ها، و ارسال اطلاعات مربوطه به ماهواره‌ها را بر عهده دارند. نگاره(۷) نشان دهنده ایستگاههای کنترلGPSاست.

نگاره(۷): مراکزکنترلGPS[9]

بخش استفاده کنندگان شامل کلیه کسانی است که دارای گیرنده GPSهستند. گیرنده‌ها از طریق مقایسه کد، فاصله ماهواره تا گیرنده(۳۲) را اندازه‌گیری می‌کنند. این فاصله چون دارای خطای ناشی از ساعت گیرنده است، در تعیین موقعیت از طریق تقاطع ۴ طول، قابل محاسبه به همراه موقعیت گیرنده می‌باشد. تعیین موقعیت توسط گیرنده‌های نظامی توسط دو کد انجام می‌گیرد، بدین لحاظ این گیرنده‌ها دارای قابلیت حذف خطای یونسفری نیز هستند. این روش تعیین موقعیت که برای استفاده نظامی امریکا محفوظ گردیده است PPS[۳۳] نامیده می‌شود. تعیین موقعیت توسط گیرنده‌های غیرنظامی تنها با یک کد انجام می‌گیرد(این سرویس SPS [۳۴] نام دارد) نگاره(۸) بخشهای مختلف سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای GPS را نشان می‌دهد.



نگاره(۸): بخشهای سه گانهGPS[9]

در تعیین موقعیت باGPS می‌تواند به سه روش کد[۳۵]،فاز موج حامل[۳۶] و داپلر[۳۷] به صورت مطلق یا تفاضلی استفاده نمود. به علاوه ترکیبات خطی این مشاهدات نیز امکان‌پذیر است. علاقمندان به توضیحات بیشتر در این خصوص می‌توانند به منابع GPSارائه شده در[8] مراجعه نمایند.

۳-۳ - سیستم تعیین موقعیت گلوناس

گلوناس نیز یک سیستم ناوبری ماهواره‌ای نظامی بوده که رقیب روسی GPS به شمار رفته و از لحاظ خصوصیات فنی و تکنولوژی بسیار شبیه GPS می‌باشد[10].اتحاد جماهیر شوروی سابق این سیستم را در ۱۹۷۰ ایجاد و از سال ۱۹۸۸ در مصارف ملی مورد استفاده قرارداد. گلوناس دارای ۲۴ ماهواره در ۳ صفحه مداری با زاویه میل ۶۴/۸ درجه نسبت به صفحه استوا و در فاصله ۱۹۱۰۰کیلومتر از سطح زمین است. براساس قانون دوم کپلر با توجه به فاصله از مرکز زمین، این ماهواره‌ها دارای پریود گردش ۱۱ ساعت و ۱۵ دقیقه می‌باشد. در منظومه‌کامل در هر نقطه از سطح زمین گیرنده گلوناس امکان دریافت سیگنال از ۶ تا ۱۱ ماهواره را خواهدداشت. ماهواره‌های گلوناس سیگنالهای خود را بر روی دو موج حامل در باندL و با دوکد باینری بصورت مدولاسیون فاز ارسال می‌دارند. فرکانس امواج حامل گلوناس برخلافGPS برای همه ماهواره‌ها یکسان نبوده و با تغییر فرکانس موج حامل ارسالی از ماهواره، امکان تشخیص ماهواره‌ها پدیدمی‌آید. جدول(۱) نشان دهنده تشابهات و اختلافات گلوناس باGPS می‌باشد. باتوجه به تشابهات بسیارزیادگلوناس و GPS این جدول می‌تواند سیستم گلوناس را بهتر معرفی نماید[11].

جدول(۱): مقایسه دوسیستم تعیین موقعیت گلوناس وGPS

پارامترفنی	سیستم تعیین موقعیت	
	GPS	گلوناس
تعدادماهواره ها	۲۴	۲۴
اختلاف‌موقعیت‌ماهواره‌هادرمدارات‌مجاور	۱۵دقیقه	۱۵دقیقه
امکان اجرای خطای عمدیSA	دارد	ندارد
عمرمفیدماهواره‌ها	۷-۵سال	دوسال
دقت‌تعیین‌موقعیت‌مطلق(برای‌ناوبری‌نظامی)	۲۰-۱۰ متر	۳۰-۱۵ متر
کدنظامیP	مخفی	آزاد
بیضوی مبنا	WGS-84	PZ-90
زاویه میل مدار	۵۵ درجه	۶۴/۸ درجه
ارتفاع ماهواره ازسطح زمین	۲۰۲۰۰ کیلومتر	۱۹۱۰۰ کیلومتر
کشورسازنده	امریکا	روسیه
زمان سیستم	UTC(US)	UTC(SU)
موج‌حامل L1	1575.42MHZ	1602-1614.94MHZ
موج حامل L2	60/77*L1	7/9*L1
طول آلمانا ک	۱۲۰bits	۱۵۲bits
تعدادپارامترهای مشخص کننده مدار	۱۶المان کپلری	۹ پارامتر

۴-۳ - سیستم تعیین موقعیت دوریس

دوریس[۳۸] یک سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای فرانسوی است که ابتدابه منظور تعیین دقیق مدار ماهواره‌های در ارتفاع پایین و عمدتاً ماهواره ارتفاع سنجی راداری توپکس / پوزیدن[۳۹] طراحی گردیده است[12]. دوریس در سال ۱۹۹۰ با پرتاب ماهواره اسپات ۲[۴۰] که یک ماهواره حمل کننده سنجنده‌های تصویربرداری برای کاربردهای سنجش از دور و متعلق به فرانسه می‌باشد شروع به کار نمود. در سیستم دوریس ماهواره حامل گیرنده و فرستنده‌ها بر روی زمین واقع‌اند. بدین خاطر شاید مقایسه GPS و گلوناس با دوریس عملی صحیح به نظر نیاید. اما با توجه به وجود این سیستم در زمره روشهای ماهواره‌ای تعیین موقعیت به معرفی مختصر آن خواهیم پرداخت. دوریس همچون سیستم ترانزیت براساس محاسبات داپلر شیفت سیگنال رادیویی دریافتی توسط ماهواره از ایستگاههای فرستنده زمینی موسوم به بیکن[۴۱] کارمی‌کند. تعیین موقعیت ماهواره در این سیستم می‌تواند به دو صورت ذیل انجام گیرد:

۱ - تعیین موقعیت ماهواره با سیستم قرارداده شده در ماهواره به‌صورت‌خودکار

۲ - ذخیره مشاهدات در ماهواره و ارسال آن به زمین جهت تعیین موقعیت دقیق ماهواره در مدار. در هنگام عبور ماهواره از هر یکی از ایستگاههای کنترل زمینی اوساگول[۴۲] درتولوز[۴۳] فرانسه باکیرونا[۴۴] در سوئد(در مورد ماهواره‌های اسپات ۲و۴) و همچنین بخش زمینی توپکس(برای

ماهواره‌های ارتفاع سنجی راداری) می‌توانند اطلاعات خود را تخلیه نمایند. کنترل این سیستم شامل تعیین موقعیت دقیق ایستگاههای فرستنده زمینی، مدلسازی خطای اتمسفر، مدلسازی میدان ثقل زمین توسط آژانس نقشه برداری ملی و گروه تحقیقات ژئودزی فرانسه انجام می‌گیرد. فرکانس امواجی که از ایستگاههای زمینی به ماهواره ارسال می‌گردند 401.25,2036.25 مگاهرتز بوده که در این میان فرکانس 401.25 مگاهرتز عمدتاً برای حذف خطای یونسفریک مورد استفاده قرارمی‌گیرد. دقت این سیستم برای تعیین مؤلفه شعاعی مدار درحد سانتیمتر است. بخشهای اصلی این سیستم عبارتند از :

۱ – شبکه فرستنده‌های زمینی موسوم به بیکن
۲ – بخشی که درماهواره مستقراست (۴۵)
۳ – مرکز عملیات
۴ – پایگاه داده

برای جزئیات بیشتر درخصوص این سیستم مراجعه به [12] توصیه می‌گردد.

۴ – علت نیاز به سیستم تعیین موقعیت ملی

وجود و سهولت دسترسی به سیستمهای تعیین موقعیت امروزه تاحدی است که گاهی استفاده کنندگان این سیستمها آنرا نعمتی همیشگی و دائمی تصورمی‌نمایند. اما نباید فراموش نمود که این دسترسی به سیستمهای تعیین موقعیت همچون نعمت نور آفتاب و روشنایی نبوده که به الطاف خداوندی در اختیار انسانها قرار گرفته باشد بلکه همچون هر پدیده ساخته دست بشر می‌تواند از بین رود. چراکه هر لحظه ایجادکننده سیستم می‌تواند از دادن سرویس به جهانیان منصرف شده و یا اساساً دیگر قادر به نگهداری و حفظ حیات سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای خود نباشد. بنابراین از آینده نگری و بلند اندیشی بدور خواهدبود اگر که در کلیه امور اعم از نظامی و غیرنظامی وابسته به سیستم تعیین موقعیتی گردیم که ایجاد، نگهداری و سرویس دهی آن در کنترل و اختیار دیگری است. همانگونه که در بخش قبل ذکر گردید در روشهای ماهواره‌ای، ماهواره‌ها به عنوان نقاط مرجع و با مختصات معلوم، اطلاعات راجع به موقعیت خود در مدار را توسط امواج رادیویی به زمین ارسال نموده و گیرنده‌ها که در نقاط مجهول قراردارند می‌توانند با دریافت این اطلاعات پس از پاره‌ای پردازشها به موقعیت خود در قالب مختصات جغرافیایی دست یابند. از آنجایی که این ماهواره‌ها در مدار خود همواره درحال حرکتند، لازم است خود توسط ایستگاههای قرار گرفته در نقاط با مختصات معلوم تعیین موقعیت گردند. بنابراین ملاحظه می‌گردد که فرایند تعیین موقعیت ماهواره‌ای یک فرایند پیچیده بوده که اگر در هر یک از بخشهای این فرایند کوچکترین اشکالی رخ دهد، سیستم از سرویس دهی باز خواهد ماند. به علاوه کشورهای تولیدکننده اینگونه سیستم‌های تعیین موقعیت، به دلیل استراتژیک بودن مقوله تعیین موقعیت، حق اختصاصی نمودن و قطع سرویس به دیگران را برای خود همواره محفوظ داشته‌اند، که کاملاً عقلایی است.

عمل اختصاصی نمودن دسترسی از کاهش دقت استفاده کنندگان ،جز کشور سازنده، آغاز و تا قطع کامل دسترسی می‌تواند ادامه یابد. به عنوان مثال در جنگ اروپا با صربها در یوگسلاوی در طول جنگ هواپیماهای آواکس امریکایی با پرواز بر فراز منطقه عملیاتی، امواج شبه ماهواره‌ای به گونه‌ای تولید می‌نمودند که موقعیت بدست آمده توسط هر گیرنده‌ای بجز گیرنده‌های نظامی امریکا و هم پیمانانش دچار خطای فاحش گردیده و بدین ترتیب عملاً تعیین موقعیت برای نیروهای غیرخودی به کمک GPS غیرممکن می‌گردید. از آنجایی که کشور ما نیز درحال حاضر به شدت در امور نظامی و غیرنظامی درحال وابستگی به GPS می‌باشد لذا لازم است همچون هر کشور ایده نگر در فکر ایجاد یک سیستم جایگزین و یا مکمل برای مواقع ضروری باشد. بنابراین سؤال اساسی که در این تحقیق برای نویسندگان مطرح گردید آن بود که: " چه راه حلی با توجه به امکانات و ویژگیهای خاص ایران برای ایجاد یک سیستم تعیین موقعیت ملی وجود دارد؟" در پاسخ به این سؤال دو امکان پیش روی ما قراردارد: (۱) ایجاد یک سیستم جایگزین یا مکمل ماهواره‌ای، (۲) ایجاد یک سیستم تعیین موقعیت زمینی. به علاوه دریافتن جواب سؤال مطرح شده نکات ذیل می‌تواند ما را دریافتن راه حل یاری دهد:

۱ – ایجاد و دراختیار داشتن یک سیستم ملی به عنوان جایگزین و مکمل سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای موجود از ضروریات است .

۲ – این سیستم جایگزین نمی‌تواند از نوع ماهواره‌ای باشد چراکه سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای مستلزم هزینه گزاف و تکنولوژی و امکاناتی است که درحال حاضر در کشور موجود نمی‌باشد. بنابراین سیستم جایگزین حتماً بایستی مبتنی بر روشهای تعیین موقعیت زمینی باشد.

۳ – بهتر است روش جایگزین قبلاً مورد استفاده قرار گرفته و توانایی آن به اثبات رسیده باشد تا در مرحله بکارگیری احتمال هرگونه اشتباه یا خطا منتفی گردد. درنظرگرفتن اصول یادشده فوق ونیز مطالعه دقیق کلیه روشهای ارائه شده در این مقاله ما را به نتیجه بخش آتی رساند.

۵ – سیستم تعیین موقعیت ملی جایگزین ویامکمل GPS

با توجه به مطالب ذکر شده لزوم در اختیار داشتن یک سیستم تعیین موقعیت ملی امری بدیهی و اجتناب‌ناپذیر است .با توجه به هزینه بسیاربالا و تکنولوژی و زمان موردنیاز ایجاد یک سیستم تعیین موقعیت ملی ماهواره‌ای، ایجاد یک چنین سیستمی غیرعملی می‌باشد. مطالعه دقیق ما در خصوص سیستم‌های تعیین موقعیت زمینی از ابتدا تا حال ما راکاملاً متقاعد نمود که سیستمی مشابه لورن بهترین راه حل برای ایجاد یک سیستم تعیین موقعیت ملی در کشور به شمارمی‌رود. این سیستم به لحاظ هزینه بسیار پایین در مقایسه با روشهای ماهواره‌ای توجیه اقتصادی بالا داشته و نیز از نظر تکنولوژی با توجه به امکانات مملکتی به راحتی قابل اجرا و پیاده سازی است. از مزایای دیگر این سیستم زمینی وجود نمونه‌های تجاری آن جهت ایده گرفتن به منظور ساخت نمونه‌های مشابه متکی به دانش داخلی است. به علاوه با توجه به فعال بودن سیستم لورن امریکایی می‌توان سیستم لورن ساخت خود را با سیستم مشابه موجود مقایسه(کالیبره) و به نواقص سیستم خود پی‌برده در جهت رفع نواقص احتمالی آن اقدام نمود.

به این ترتیب در زمانی کوتاه در صورت بوجودآمدن عزمی ملی می‌توان مجهز به یک سیستم تعیین موقعیت ملی شد که با ساخت گیرنده‌های تلفیقی این سیستم باGPS و سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای دیگر توسط صنایع داخلی، استفاده کنندگان غیرنظامی می‌توانند از مزیت دراختیار بودن یک سیستم تلفیقی استفاده نمایند.

مهمترین اصل در ایجاد این سیستم می‌بایست اتکای کامل به نیروهای متخصص کشور و توان علمی و صنعتی داخلی باشد. به این طریق در زمان طراحی و ساخت، بازار کار خوبی برای متخصصین کشور پدید خواهدآمد که آنرا می‌توان از مزایای ایجاد چنین سیستمی به شمارآورد.

به طور خلاصه برای ایجاد یک سیستم تعیین موقعیت زمینی ملی مراحل ذیل پیشنهاد می‌گردند:

۱ - مشخص نمودن مناطق تحت پوشش در داخل و مناطق نزدیک مرزی

۲ - انتخاب نوع طول موج و فرکانس امواج رادیویی که بتوانند منطقه موردنظر را به خوبی و بطور کامل پوشش دهند.

۳ - انتخاب محلهای مناسب جهت احداث ایستگاههای فرستنده با توجه به طول موج انتخابی و معلوم بودن مناطقی که قرار است تحت پوشش سیستم تعیین موقعیت قرارگیرند.

۴ - اقدام به تعیین موقعیت دقیق آنتنهای فرستنده از طریق تکنیکهای نقشه برداری (ژئودزی)

۵ - طراحی و ساخت سخت‌افزار و نرم‌افزار سیستم همزمان‌بامراحل۳و۴.

در خاتمه نگارندگان مقاله امیدوارند که این تحقیق توانسته باشد اهمیت و ضرورت مقوله تعیین موقعیت و خصوصاًدراختیارداشتن یک‌سیستم‌تعیین موقعیت ملی را روشن نموده و درآینده نزدیک شاهد قرارگیری ایجاد یک سیستم تعیین موقعیت ملی در زمره طرحهای ملی با اولویت بسیاربالای کشور باشیم.

۶ - بحث و نتیجه‌گیری

مروری بر تاریخچه تعیین موقعیت انجام و کلیه روشهای تعیین موقعیت زمینی و ماهواره‌ای مورد بررسی و مطالعه قرار گرفتند. دراختیار دیگری بودن کنترل سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای لزوم دراختیار داشتن یک سیستم تعیین موقعیت ملی را روشن می‌سازد. بکارگیری یک سیستم تعیین موقعیت مشابه لورن با توجه به دلایل عدیده همچون به روز و فعال بودن سیستم، وجود نمونه‌های تجاری گیرنده‌های سیستم و امکان طراحی و پیاده سازی نمونه مشابه صددرصد داخلی به عنوان سیستم تعیین موقعیت مکمل و جایگزین ملی پیشنهاد می‌گردد.

۷ - فهرست منابع ومآخذ

[1].http://encyclozine.com/Navigation

[2].http://encyclpedia,lockergnome.com/s/b/LORAN

[3].http://tycho.usno.navy.mil/loran.html

[4].http://tycho.usno.navy.mil/omega.html

[5].http://www.vectorsite.net/ttwiza.html

[6].http://education.qld.gov.au/curriculum/area/maths/compass/html

/satnavsystems/sahis.html

[7].http://www.fas.org/spp/guide/russia/nav/tsikada.htm

[8].http://www.ngs.noaa.gov/CORS/GPS - Bibliography

[9].http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps - f.html

[10].http://www.glonass-center.ru

[11].http://www.oso.chalmers.se/~geo/gg - comp.html

[12].http://large.ensg.ign.fr/DORIS/

واژه‌های انگلیسی به ترتیب استفاده درمتن

1 - Positioning

2 - Navigation

3 - Conventional Terrestrial(CT)Coordinate System

4 - Quazar

5 -Doppler Positioning System

6 - Global Positioning System(GPS)

7 - Global Navigation Satellite System(GLONASS)

8 - Galileo

9 - Jack Pierce

10 - Very High Frequency(VHF)

11 - Feet

12 - Loran

13 - Master

14 - Slave

15 - Position Lines(PL)

16 - OMEGA

17 - Dakota

18 - Very Low Frequency(VLF)

19 - RADUX

20 - Decca

21 - Gee

22 - Line-of-Sight

23 - TACAN

24 - VOR

25 - Transit

26 - Navy Navigation Satellite System(NNSS)

27 - Doppler Shift

28 - Naval Astronautics Group(NAG)

29 - Mugua

30 - Doppler Count

31 - Colorado Springs

32 - Pseudo Range

33 - Precise Positioning Service(PPS)

34 - Standard Positioning Service(SPS)

35 - Pseudo Range Measurements by Code Observations

36 - Carrier Phase Observations

37 - Doppler Shift Observations

38 - Doris

39 - Topex/Poseidon

40 - Spot2

41 - Beacon

42 - Aussaguel

43 - Toulous

44 - Kiruna

45 - On-board Package