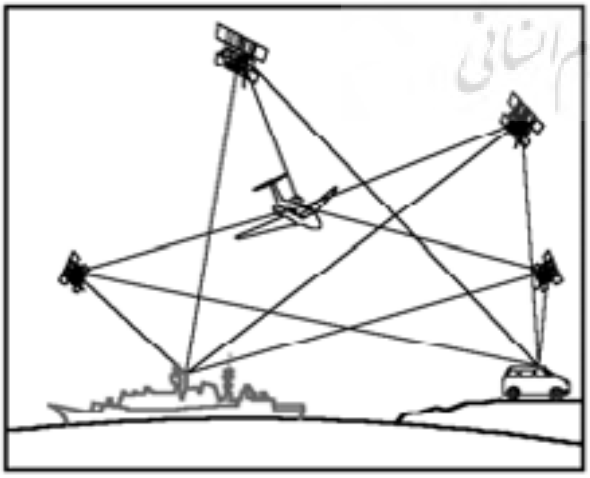
پیشرفت‌های جدید در سیستم‌های جهانی ناوبری ماهواره‌ای (GNSS)

و تاثیر آن در صنعت اطلاعات مکانی

نوشته: کریس ریزو پروفسور دانشگاه نیوسات ولز کشور استرالیا
ترجمه: مهندس محمد سرپولکی/ معاون فنی سازمان نقشه برداری کشور

c.rizos@unsw.edu.au
Sarpulki@ncc.neda.net.ir

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



سیستم‌های جهانی ناوبری ماهواره‌ای برای تعیین موقعیت در سراسر جهان شامل ماهواره ها، ایستگاه‌های زمینی و تجهیزات کاربران در زمینه‌های مختلف کاربرد دارند. از بین سیستم‌های GNSS سیستم آمریکایی Positioning System (GPS) Global هم بهترین و هم به صورت کامل عملیاتی می‌باشد و کشور روسیه از سیستم GLONASS متعلق به خود استفاده می‌نماید. با مدرن شدن سیستم آمریکایی GPS و عملیاتی شدن GPS-III، حیات دوباره GLONASS و سیستم طراحی شده Galileo در دهه آینده این سیستم‌ها تکامل یافته و توسعه می‌یابند. با توجه به اینکه پیشرفت‌های مهم در تکنولوژی هایی مانند GNSS طی ۲۰ تا ۳۰ سال انجام می‌گیرد اکنون زمان مناسبی برای بررسی توانایی‌های این سیستم‌ها در صنعت اطلاعات مکانی است.

سیستم تعیین موقعیت جهانی

سیستمی که اکنون به صورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد GPS است. ترکیب ۲۹ بلوک از ماهواره‌های IIA/IIR در حال حاضر با مشخصات زیر فعال است و اخیرا یک بلوک از ماهواره‌های IIR-Mبه عنوان بخشی از برنامه مدرنیزه کردن پرتاب شده‌اند:

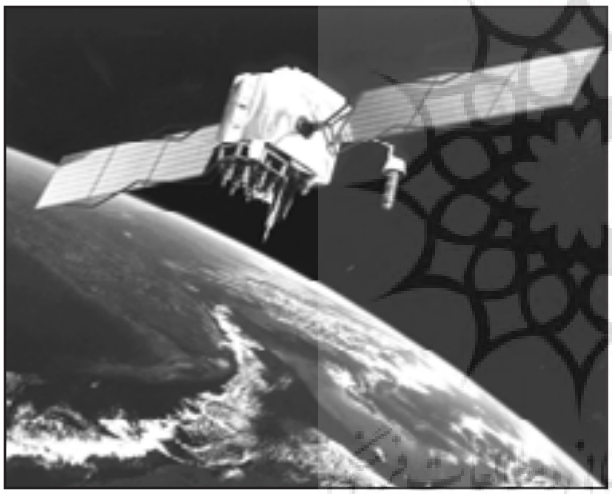
- GPS از دوباند امواج L1 و L2 با فرکانس‌های ۱۵۷۵/۴۲ و ۱۲۲۷/۶۰ مگاهرتز استفاده می‌نماید.
- گیرنده‌های GPS امکان اندازه گیری شبه فاصله و موج حامل در فرکانس‌های L1 و L2 را دارند.
- کاربران غیر نظامی‌در حال حاضر با گیرنده‌های ارزان قیمت به امواج L1 دسترسی دارند و از کد C/A (Code Course Acquisition) استفاده می‌نمایند. این گیرنده‌ها امکان تصحیح تاخیر حاصله در مسیر حرکت از یونوسفر که عامل اصلی خطا می‌باشد را ندارند.
- گیرنده‌های نظامی‌به کد فاصله (کد P که هم اکنون کد Y می باشد) در دو فرکانس L1 و L2 دسترسی دارند و در این گیرند ه‌ها امکان تصحیح خطای یونوسفریک وجود دارد.
- GPS به کاربران غیر نظامی‌دو نوع سرویس ارائه می‌نماید:

تعیین موقعیت استاندارد که در آن کد C/Aمستقیما از فرکانس L1 اندازه گیری می‌شود و آزمایش‌های اخیر انجام گرفته حکایت از دقت‌های بهتر از ۱۰ متر دارد.

تعیین موقعیت دقیق که از طریق اندازه گیری شبه فاصله از دو فرکانس L1 و L2 و با استفاده از کد Y انجام می‌گیرد.

در صنعت اطلاعات مکانی کاربردها بسته به دقت‌های قابل دستیابی تقسیم بندی می‌شوند:

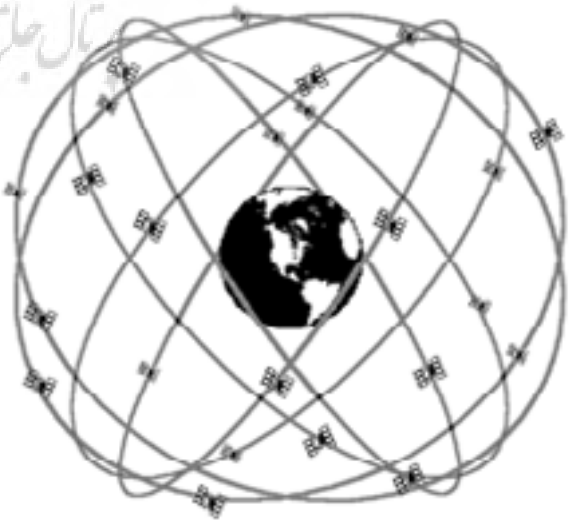
- تعیین موقعیت استاندارد که GPS اصولا برای آن طراحی شده است و تعیین موقعیت در این روش با دقت‌های فوق الذکر انجام می‌گیرد.
- GPS تفاضلی (DGPS)که از طریق اندازه گیری بر روی یک نقطه معلوم، تصحیحات به شبه فاصله‌های اندازه گیری شده اعمال شده تا بعضی از محدودیت‌های GPS مرتفع گردد. با این روش دقت‌های در حد چند متر تا چند سانتیمترقابل دسترس می‌باشد.
- نقشه برداری با GPS معمولا به صورت تفاضلی انجام گرفته و با بکار گیری تکنیک‌های خاص، دقت‌های در حد سانتیمتر قابل دسترس می‌باشد. گیرنده‌های تعیین موقعیت استاندارد و یا تفاضلی فاصله بین گیرنده و ماهواره را از طریق اندازه گیری زمان تعیین می‌نمایند. (به دلیل خطای ساعت گیرنده به این فاصله، شبه فاصله اطلاق می‌گردد)



مدرنیزه کردن GPS

ایالت متحده آمریکا مدرنیزه کردن GPS را با هدف افزایش دقت و قدرت سیگنال‌ها دنبال می‌نماید و علاوه بر طرح‌های توسعه مختلف زیر، مهمترین موضوع اضافه کردن یک سیگنال جدید به ماهواره‌های آینده GPS می‌باشد:

- بهبود کد (جایگزین کد C/A فعلی) در فرکانس L2 به نام L2C طراحی شده تا امکان تصحیح یونوسفریک برای گیرنده‌های غیر نظامی‌فراهم شده، همچنین مصونیت بیشتر در تداخل امواج و خطای چند مسیری ایجاد گردد. اولین بلوک ماهواره‌های IIR-M که فرکانس L2C را ارسال می‌نمایند در شهریور ماه سال ۲۰۰۵ پرتاب گردیده‌اند. پیش گویی در خصوص زمان جاگزینی تمام ماهواره‌ها مشکل است و احتمالا



گیرنده GPS دو فرکانسه

تا سال ۲۰۱۳ که ۲۴ ماهواره از این نوع در مدار قرار گیرند (۸ بلوک از ماهواره‌های IIR-M و ۱۶ بلوک از ماهواره‌های IIF) این شرایط بر قرار نمی‌شود.

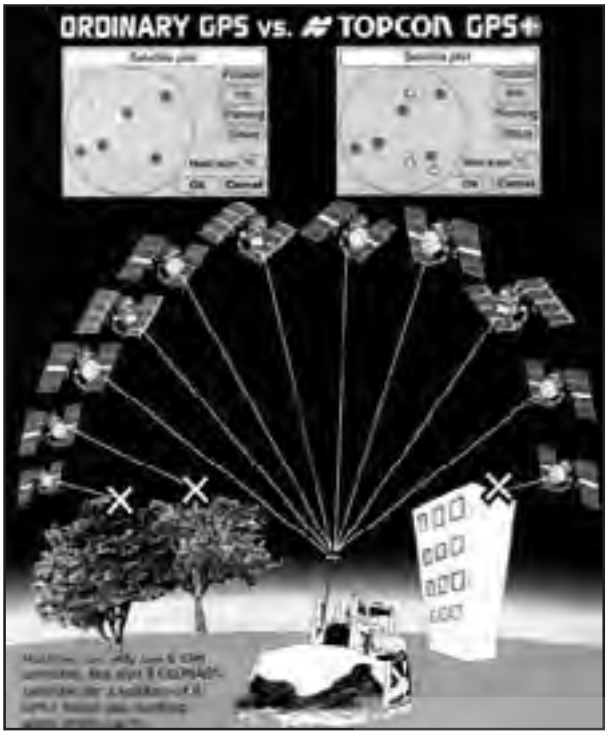
■ طیف رادیویی سیگنال L2 به صورت کامل تحت حمایت اتحادیه جهانی ارتباطات قرار نداشته و در باند امواج رادیوی خدمات ناوبری هوایی این اتحادیه قرار ندارد. این موضوع بدین معناست که فرکانس L2C برای کاربردهای ایمنی غیر نظامیان مانند هواپیمایی غیر نظامی‌و عملیات امداد و نجات قابل اعتماد نیست. لذا فرکانس سوم ۱۱۷۶/۴۵ مگاهرتز L5 برای ماهواره‌های بلوک IIF طراحی شده است. آغاز پرتاب ماهواره‌های بلوک IIF برای سال ۲۰۰۸ برنامه ریزی شده است و بهره برداری کامل از این توانایی تا زمان تکمیل ماهواره‌های GPS با سه فرکانس L1، L2 و L5 (۸ بلوک از ماهواره های IIR-M و ۱۶ بلوک از ماهواره‌های IIF) که حداقل تا سال ۲۰۱۵ انجام می‌گیرد میسر نیست.

■ GPS-III از سیگنال‌های اضافی L2 و L5 ماهواره‌های بلوک IIR-M و بلوک IIF و همچنین کد جدیدی در سیگنال L1 (به نام L1C) که سازگار با سیگنال L1 ماهواره‌های Galileo می باشد بهره می گیرد. لازم به ذکر است بمنظور قابل استفاده بودن گیرنده های قدیمی تمام سیگنال های فعلی و طراحی شده همچنان ارسال می شوند. برنامه ریزی برای پرتاب سی ماهواره GPS-III برای سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۷ انجام گرفته است.

گیرنده‌های ارزان قیمت احتمالا تنها از سیگنال L1 استفاده نخواهند کرد و احتمالا" فقط از فرکانس L2 و یا فرکانس L5 و یا هر دو فرکانس استفاده خواهند نمود.

از GPS تا سیستم تعیین موقعیت جهانی ماهواره ای

مکان‌های وجود دارد که به دلیل در دسترس نبودن امواج ماهواره، گیرنده‌های GPSکار نمی‌کند. علاوه بر تاثیرات مثبت قابل توجه مدرنیزه کردن GPS بهره گیری از سیستم هایی که از سیگنال‌ها و یا ماهوراه‌های اضافی نیز استفاده می‌نمایند در آینده از اهمیت خاصی برخودار می‌باشند. بنابر این می‌بایست موضوع سیستم

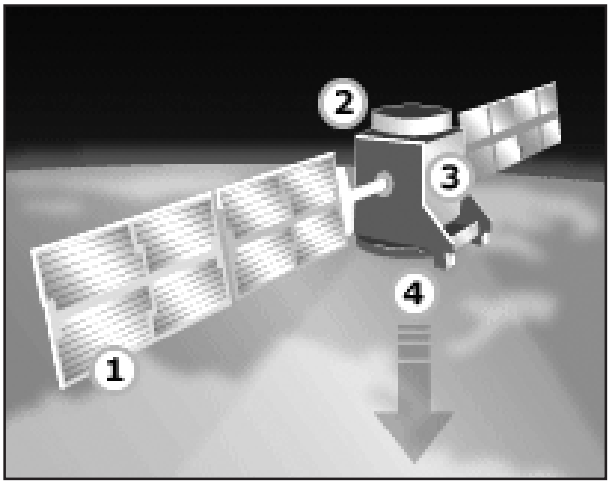


تعیین موقعیت ماهواره‌ای که ترکیبی از چند سیستم است مد نظر قرار گیرد.

GLONASS روسی

GLONASS در اتحاد جماهیر شوروی در مقابل GPS طراحی شده است.طراحی این سیستم شبیه GPS می باشد با این تفاوت که هر ماهواره فرکانس مربوط به خود را با کد Multiple Access)FDMA Frequency Division) ارسال می‌نماید. تمام ماهواره‌های GPS یک فرکانس مشابه را ارسال می‌نمایند و گیرنده‌ها بر اساس مشخصه‌ای که هر ماهواره ارسال می کند امواج دریافتی را تفکیک می‌نماید. GLONASS نیز خدمات متمایزی به کاربران نظامی‌و غیر نظامی‌ارائه می‌نماید. از زمان انحلال اتحاد جماهیر شوروی، اتحادیه روسیه درگیر تامین منابع مالی برای نگهداری سیستم GLONASS می‌باشد و تا زمان نوشتن این مقاله علیرغم نیاز به ۲۴ ماهواره برای ایجاد پوشش جهانی ۱۵ ماهواره عملیاتی می‌باشند و اتحادیه روسیه برنامه احیا این سیستم را تا سال ۲۰۰۸ تدارک دیده است. علاوه بر این:

■ فعالیت‌های جاری بر پرتاب ماهواره‌های GLONASS-M با طول عمر بیشتر ۷ سال که فرکانس‌های L1 و L2 را ارسال می‌نمایند متمرکز است. (این فرکانس‌ها با فرکانس‌های GPS



متفاوت اند)

■ از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۸ برنامه ریزی برای پرتاب ماهواره‌های GLONASS-K با کارایی بیشتر که فرکانس سوم غیر نظامی‌را ارسال می‌نماید انجام گرفته است. این فرکانس در باند رادیویی ناوبری هوایی قرار داشته و با فرکانس L5 متفاوت است.

■ تکمیل ماهواره‌ها که سه فرکانس را ارسال می‌نمایند برای سال ۲۰۱۲ برنامه ریزی شده است. لازم به ذکر است که دولت هندوستان در سال ۲۰۰۴ اعلام نموده در برنامه بازسازی GLONASS سرمایه گذاری می‌کند.

اگرچه فرکانس‌های GPS و GLONASS متفاوت هستند هر دو مجموعه توسط یک آنتن قابل دریافت می‌باشند. مدل سازی پردازش داده‌های تلفیق شده GPS/GLONASS کار مشکلی است که هم اکنون انجام گرفته و گیرنده‌های نقشه برداری با چنین قابلیتی سال‌ها است که در دسترس می‌باشند.

گیرنده دستی GPS

Galileo اتحادیه اروپا

شاید مهمترین عامل موثر در آینده سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای تصمیم اتحادیه اروپا در خصوص اجرای پروژه Galileo باشد. موارد زیر در این خصوص قابل توجه‌اند:

■ طراحی مجموعه‌ای از ۳۰ ماهواره در مداری مشابه GPS اما در ارتفاعی بالاتر (۳۰۰۰ کیلومتر بالاتر) که در عرض‌های بالا سیگنال‌ها بهتر دریافت می‌شوند.

■ ساختار نهایی سیگنال‌ها قطعی نشده است اما ماهواره‌های Galileoبا باندهای فرکانسی L1 و L5 سیستم‌های GPS و GLONASS سازگاری دارد. این فرکانس‌ها L1، E5a و E5b هستند. فرکانس سوم Galileo E6 است که مشابه فرکانس L2/L2C GPS و GLONASS نیست.

■ Galileo ۵ نوع سرویس مختلف ارائه می‌دهد که از این بین۲ سرویس رایگان عمومی، سرویس در ازای دریافت وجه و یک سرویس محرمانه می‌باشد.

■ ایستگاه‌های زمینی Galileo مشابه GPS و GLONASS شامل شبکه ردیابی و ایستگاه‌های کنترل اصلی می‌باشد.

■ با کنترل ارتش‌های آمریکا و روسیه بر روی سیستم‌های GPS و GLONASS تلاش‌ها برای بهبود دقت‌های این دو سیستم خارج از مجموعه‌های مربوطه انجام می‌گیرد، در صورتی که ساختار Galileo بسیار باز است و سیستم‌های بهبود خدمات می‌تواند از داخل مجموعه با لحاظ نمودن مسائل منطقه‌ای و محلی انجام گیرد.

■ اگرچه بخش فیزیکی شامل ماهواره ها، ایستگاه‌های کنترل و غیره متعلق به اتحادیه اروپاست اما Galileo توسط یک مجموعه غیر نظامی و به صورت تجاری و با مشارکت بخش خصوصی اداره شده و یک کنسرسیوم امور روزمره آن را انجام خواهد داد. مدل تجاری Galileo محرمانه است اما این کنسرسیوم می‌بایست سود ده باشد.

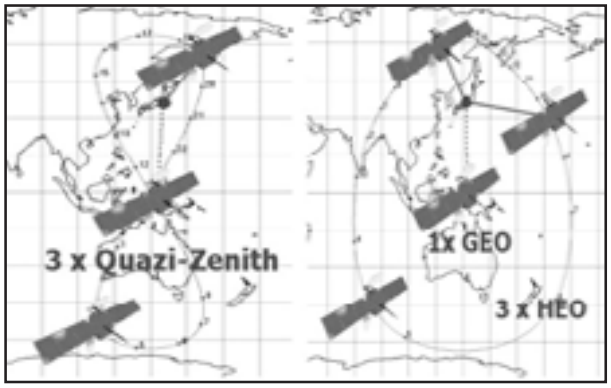
■ Galileo از مرحله طراحی به مرحله پرتاب آزمایشی رسیده است و اولین ماهواره (GIOVE-A) در ۲۸ دسامبر سال ۲۰۰۵ در مدار قرار گرفته و ماهواره GIOVE-B در اواخر سال ۲۰۰۶ پرتاب می‌گردد.

■ پرتاب تمام ماهواره‌ها در سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ انجام می‌گیرد و این سیستم تا سال ۲۰۰۹ به صورت کامل فعال می‌شود. اگرچه ممکن است برنامه‌ها یکی دو سالی تغییر نمایند.

سیستم ماهواره‌های شبه سمت الراس(Quasi-Zenith) ژاپنی

سیستم ماهواره‌های شبه سمت الراس QZSS مجموعه از چند ماهواره است که طرح آن توسط کنسرسیومی‌از بخش خصوصی به دولت ژاپن پیشنهاد شده است. این طرح شامل حداقل سه ماهواره می‌باشد که امواجی مشابه GPS (شاید Galileo و یا GLONASS) ارسال می‌نمایند. مدار این ماهواره‌ها به نحوی است که تعداد ماهواره‌ها در زاویه بالا در کشور ژاپن را افزایش می‌دهد.(اصطلاح شبه سمت الراس از این بابت انتخاب شده است).

این سیستم در مناطقی که موانع دریافت سیگنال‌ها وجود دارد مانند مناطق شهری موجب بهبود کارایی سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای می‌گردد. پیش بینی می‌شود نمونه‌ای از ماهواره‌های QZSS در سال ۲۰۰۸ پرتاب گردد. مدار ماهواره‌های QZSS به نحوی است که از روی منطقه جنوب شرق آسیا و استرالیا (ماهواره ها در ارتفاعی قرار می‌گیرند که وضعیت آنها نسبت به زمین ثابت است) عبور می‌نمایند و تعداد بیشتری ماهواره در اختیار کاربران سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای در این مناطق قرار می‌گیرد.



مسلما سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای دیگری مانند سیستم ژاپنی MSAS و یا سیستم هندی GAGANدر سال‌های آینده ایجاد می‌شوند، این سیستم‌ها صرفا برای ناوبری طراحی شده‌اند و فقط سیگنال‌های L1 و بعدا L5 ارسال می‌نمایند و مشخص نیست که این سیستم‌ها مانند QZSS برای نقشه برداری مناسب باشند.

مزیت ماهواره‌های بیشتر

ترکیب GPS و GLONASS مزیت بهره گیری از ماهواره‌های بیشتر را نشان داده است. ماهواره‌های بیشتر به معنی استمرار می‌باشد، GPS، QZSS و Gelileo سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای مستقل هستند و احتمال وقوع همزمان مشکلات حاد در این سیستم‌ها بسیار ضعیف است.

ماهواره‌های بیشتر دقت را افزایش می‌دهد:

- تعداد مشاهدات بیشتر از ماهواره‌های متعدد به معنی دسترسی سریعتر به دقت مورد نظر می‌باشد.
- تعداد سیگنال‌های بیشتر به معنی این است که مشاهدات بیشتری در الگوریتم‌های تعیین موقعیت گیرنده مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- دقت تعیین موقعیت حساسیت کمتری نسبت به تاثیر هندسه ماهواره خواهد داشت.
- تاثیر امواج چند مسیری و تداخل کاهش می‌یابد و مشاهدات از دقت بهتری برخوردار خواهند بود.

ماهواره‌های بیشتر کارآیی را افزایش می‌دهد:

- برای تعیین موقعیت بر اساس موج حامل تعداد ماهواره‌های بیشتر، زمان لازم برای رفع ابهام فاز را به نحو چشمگیری کاهش می‌دهد.
- استفاده از تکنیک سه فرکانسی تراکم ایستگاه‌های مبنا برای تعیین موقعیت تفاضلی را به نحو چشمگیری کاهش می‌دهد.

ماهواره‌های بیشتر مناطق نفوذ امواج را گسترش می‌دهد:

- کار در مناطقی که امواج ماهواره‌ها پوشیده می‌شوند، مانند مناطق شهری، زیر شاخ و برگ درختان، معادن روباز و غیره با مشکلات کمتری انجام می‌گیرد.

سیستم ناوبری GPS به همراه نقشه

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

گیرنده GPS موش واره

■ تعیین موقعیت در داخل ساختمان‌ها موضوع داغی است که با افزایش تعداد ماهواره‌ها و بهبود طراحی کدهای آنها این کار با اطمینان بیشتری انجام می‌گیرد.

ماهواره‌های بیشتر ضریب اطمینان را افزایش می‌دهد:

■ با اندازه گیری‌های بیشتر افزونگی داده‌ها بیشتر می‌شود و به شناسائی اندازه گیری‌های اشتباه تسهیل می‌گردد.

■ سیگنال‌های فعلی باند L2 مورد استفاده در GPSهای نقشه برداری با اغتشاش همراه بوده و پیوستگی کمتری نسبت به فرکانس‌های جدیدی L2C و L5 دارند، بنابر این عملیات دو فرکانسه با اطمینان بیشتری انجام می‌گیرد. (فرکانس L2 سیستم GLONASS چنین مشکلی ندارد)

■ سیگنال‌های بیشتر به راحتی با حذف و یا تداخل یک فرکانس کار متوقف نمی‌شود.

نتیجه گیری

اگرچه سیستم روسی فعال است اما GPS تنها سیستمی است که در حال حاضر به صورت کامل عملیاتی می‌باشد. عامل پیشرفت نسل بعدی سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای در حال طراحی می‌باشد. GPS در حال مدرنیزه شدن است، GLONASS در حال بازسازی و اروپایی‌ها با Galielo پیش می‌روند. ماهواره‌های بیشتر کارایی را در تمام کاربردها افزایش می‌دهد. در مناطقی که سیگنال‌ها با مانع مواجه می‌شوند، سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای مدرن دقت‌های بهتری دارند و زمان اولین تعیین موقعیت بر مبنای موج حامل کاهش می‌یابد.

سئوالات پاسخ داده نشده زیادی در خصوص تعامل پذیری سیستم‌های مختلف وجود داشته و بزرگترین عدم اطمینان در خصوص مدل تجاری اجرایی Galileo در توانایی تعیین موقعیت بسیار دقیق می‌باشد.■

منابع:

■ European Commission (2006), GALILEO - European Satellite Navigation System http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo/. Web site accessed 13 May 2006.

■ Russian Federation Ministry of Defense (2006), General GLONASS, http://www.glonass-center.ru/frame_e.html. Web site accessed 13 May 2006.

■ UN Action Team on GNSS (2004), Report of the Action Team on Global Navigation Satellite System (GNSS): Follow-up to the Third United Nations Conference on the Exploration and Peaceful Uses of Outer Space (UNISPACE III), Office for Outer Space Affairs, United Nations Office at Vienna, Austria, (United Nations Publications, Sales no. E.05.1.3) ISBN: 92-1-100955-3.

■ US Coast Guard Navigation Center (2006), GPS Modernization, http://www.navcen.uscg.gov/gps/modernization/default.htm. Web site accessed 13 May 2006