

آشنایی با

سیستم تعیین موقعیت جهانی

سید علی عبادی نژاد

عضو هیأت علمی دانشگاه علوم انتظامی

حمید پناهی

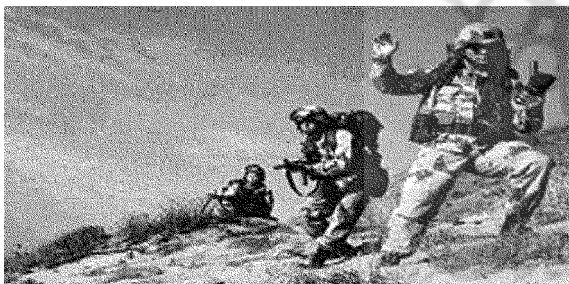
عضو هیأت علمی دانشگاه علوم انتظامی

چکیده

از زمانی که انسان برای اولین بار خانه خویش را به منظور جستجوی غذا ترک کرد نیاز به روشی برای بازگشت به خانه داشت. علامتگذاری سنگهای مسیر رفت و برگشت، استفاده از خط ساحل و اجرام سماوی مثل خورشید، ماه و ستارگان اولین راه‌حلهایی بودند که کم‌دقت و وقت‌گیر نیز بودند. بعدها، با توسعه فناوری و تکنولوژی سیستمهای راد یویی و سپس ماهواره‌های تعیین موقعیت، امر مسیریابی، سریعتر و دقیق‌تر گردید. سیستم تعیین موقعیت جهانی، برای اولین بار در سال ۱۹۸۳ توسط ارتش آمریکا، با صرف ۱۲ میلیارد دلار و با پرتاب اولین ماهواره به فضا ایجاد گردید. این سیستم دارای انواع مختلف پایه، دستی و خودرویی می‌باشد که به ترتیب دارای دقت بالاتر و هزینه بیشتری نیز هستند. این سیستم از سه قسمت فضایی، کنترل زمینی و کاربری تشکیل شده است. گیرنده‌ها از زمان ارسال سیگنال از ماهواره را با زمان دریافت آن مقایسه و از اختلاف این دو زمان فاصله گیرنده از ماهواره را تعیین می‌کنند. دریافت اطلاعات چهار ماهواره برای یافتن مختصات سه بعدی مورد نیاز است. قابلیت دسترسی در کلیه ساعات شبانه روز، هر نوع شرایط جوی و سهولت استفاده از آن از مزایای سیستم می‌باشد. از انواع این سیستم می‌توان به ترانزیت، گلونا، استار فیکس و دوریس اشاره نمود. منابع خطای سیستم نیز عبارتند از: خطای محاسبه کاربر و کم شدن دقت ژئومتریک و واژگان کلیدی: سیستم تعیین موقعیت جهانی، مختصات، ماهواره.

گرفت. (تروی، ۱۹۹۳، ۱) به دلیل مشکلات فراوانی که در بکارگیری این روشها وجود داشت، بشر به فکر سیستم جدیدی بود تا ضمن همگانی بودن در سطح کره زمین تحت هرگونه شرایط جوی بتواند از آن بهره‌برداری کند. (سلطانی سامانی، ۱۳۷۶، ۲)

صدها سال گذشت تا در ابتدای قرن بیستم ابزار الکترونیکی مسیریابی توسعه یافت، این موارد شامل سیستمهای رادیویی بودند. در این سیستمها با استفاده از یک آنتن و دریافت امواج، فواصل و جهت‌ها مشخص می‌شدند. (تروی، ۱۹۹۳، ۲) این سیستمها وقت‌گیر و کم‌دقت بود.



مسیریابی و هدایت نیرو با استفاده از جی.پی.اس

مقدمه

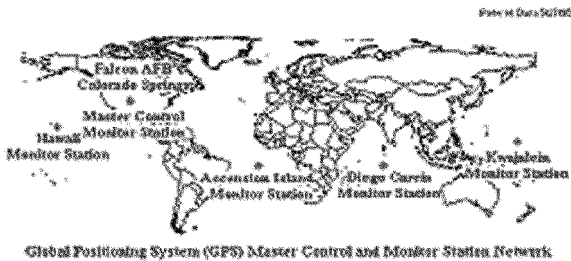
پیشرفت تکنولوژی پرتاب ماهواره، موجب تحولات شگرف بعدی در این مسیر گردید. نخستین ماهواره‌های جی.پی.اس. در سال ۱۹۸۳ پرتاب گردید (سایت کانون دانش، ۱۳۸۵) و با روی کار آمدن سیستم تعیین موقعیت جهانی تمام سیستمهای قبلی به تدریج از دور خارج شدند. این سیستم یک سیستم مسیریابی نظامی جهانی است که توسط ارتش آمریکا طراحی و ساخته شد (مهدی‌آبادی، ۱۳۸۳، ص ۳۳)، وزارت دفاع آمریکا با صرف ۱۲ میلیارد دلار موفق به ساخت این وسیله بسیار کارآمد شد. (فیروزبخت، ۱۳۸۲، ص ۱۵ - ۱۲) این سیستم، انقلاب سریعی در فضاییها و سیستمهای فضایی ایجاد کرده (محسنی ارمکی و فلاح، ۱۳۸۲، ص ۶۷) و موضوع هدایت و مکانیابی را برای همیشه تغییر داده است (بارنز به نقل از فیروزبخت، ۱۹۹۹، ص ۱۵ - ۱۲)

در حال حاضر ۲۴ ماهواره در اطراف زمین در طول شبانه‌روز سیگنالهایی را به سوی زمین گسیل می‌دارند که توسط گیرنده‌های

از زمانی که انسان برای اولین بار خانه خویش را به منظور جستجوی غذا یا هر چیز دیگری ترک کرد، نیاز به راه و روشی برای بازگشت به خانه داشت. او همچنین به یک روش تکرار مسافرت روزانه‌اش به مکان داد و ستد و یا جاهایی که قبلاً به شکار رفته بود نیاز داشت. در روزهای ابتدایی وی از علامت‌گذاری سنگها در طول مسیر یا علامتهایی که شامل اشکال ماندگار بر روی خط ساحل بود استفاده می‌کرد. این روش مسیریابی مسلماً خیلی محدود بود و مخصوصاً در زمانهایی که وی قصد گذشتن از عرض اقیانوسها یا پهنه‌های وسیع آبی را داشت، مسیریابی از طریق استفاده از خورشید، ماه و ستاره‌ها راه منطقی بعدی بود.

اختراع قطب‌نما و استفاده از آن راه دیگری بود که در حفاصل بین سالهای ۱۷۰۰ تا ۱۹۰۰ مورد توجه قرار گرفت. پس از آن نیز بکارگیری ایستگاههای موقعیت‌یاب زمینی مانند لرن، امگا و دکا مورد توجه قرار

به عبارت دیگر، گیرنده‌ها می‌توانند با انجام یک سری عملیات محاسباتی، موقعیت مکانی کاربر را مشخص نمایند. یک سری از گیرنده‌ها مخصوص ناوبری هواپیماها، کشتی‌ها و خودروها یا به عبارت دیگر اشیاء متحرک می‌باشند و برخی دیگر، در اختیار افراد منفرد همچون کوهنوردان و... می‌باشد.



ایستگاه‌های کنترل زمینی در سرتاسر کره زمین

نحوه کار با جی.پی.اس

ماهواره‌های این سیستم، در مدارهای دقیق هر روز ۲ بار به دور زمین می‌گردند و اطلاعات را به زمین مخابره می‌کنند، گیرنده‌های جی.پی.اس این اطلاعات را دریافت کرده و با انجام محاسبات هندسی، محل دقیق گیرنده را نسبت به زمین محاسبه می‌کنند. در واقع، گیرنده، زمان ارسال سیگنال از ماهواره را با زمان دریافت آن مقایسه می‌کند و از اختلاف این دو زمان، فاصله گیرنده از ماهواره را تعیین می‌کند. این عمل را با داده‌های دریافتی از چند ماهواره دیگر تکرار می‌کند و بدین ترتیب، محل دقیق گیرنده را با تقریب ناچیز معین می‌کند. (زارعی فر، ۱۳۸۵، ص ۲)

این ماهواره‌ها ۱۱۰۰ مایل بالاتر از سطح زمین قرار دارند و دو دسته سیگنال رادیویی به نامهای ۱ و ۲ به زمین ارسال می‌کنند. از این دو گروه، سیگنال دسته ۱، مربوط به امور غیرنظامی است و فرکانس آن ۱۵۷۴/۴ در باند یو.اچ.اف است. سیگنالهای رادیویی شامل یک سری اطلاعات نظیر وضعیت ماهواره یا شماره ماهواره فرستنده و... برای دریافت کننده‌های جی.پی.اس است. (هاهننگ به نقل از فیروزبخت، ۱۹۷۶، ص ۸۵-۷۰)

گیرنده، به دریافت اطلاعات همزمان از حداقل ۳ ماهواره برای محاسبه موقعیت دوبعدی (یافتن طول و عرض جغرافیایی) و همچنین دریافت اطلاعات ۴ ماهواره برای یافتن مختصات ۳ بعدی (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع) نیازمند است. با ادامه دریافت اطلاعات از ماهواره‌ها، گیرنده اقدام به محاسبه سرعت، جهت، مسیر پیموده شده، فواصل طی شده، فاصله باقی مانده تا مقصد، زمان طلوع و غروب خورشید و بسیاری اطلاعات مفید دیگر می‌نماید (سایت مرکز عمران ایران، ۲۰۰۶) جی.پی.اس برای تعیین موقعیت هر نقطه، ۵ مرحله را پشت سر می‌گذارد:

۱- مثلث بندی ماهواره‌ها

۲- برای عمل فوق، فاصله خود را تا ماهواره با امواج رادیویی از طریق محاسبه زمان رفت و برگشت امواج محاسبه می‌نماید.

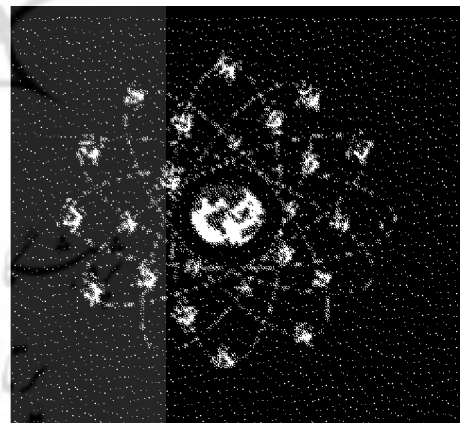
۳- انجام زمان بندی بسیار دقیق به منظور اندازه گیری زمان رفت

ایستگاههای زمینی و همچنین گیرنده‌های دستی قابل تشخیص و تفسیر می‌باشند. کلیه سامانه‌های عملیاتی در اختیار وزارت دفاع دولت ایالات متحده بوده و کنترل آن تحت اختیار این ارگان می‌باشد. (سررشته داری و همکاری، ۱۳۸۴، ص ۴۳)

بخشهای مختلف جی.پی.اس

سیستم موقعیت یاب جهانی یا جی.پی.اس از سه قسمت تشکیل شده است: فضا، کنترل و کاربر.

۱- **بخش فضایی:** این بخش شامل آرایش ماهواره‌ها در فضا می‌باشد، اولین سری این ماهواره‌ها در سال ۱۹۷۸ در مدار قرار داده شد و در سال ۱۹۸۶ توسعه و تکمیل آرایش ماهواره‌ای سیستم جی.پی.اس به علت جلوگیری از خطرات ناشی از عدم مسیریابی انجام پذیرفت. در فوریه ۱۹۸۹ آرایش ماهواره‌ای سیستم جی.پی.اس با ۲۴ یا تعداد بیشتری ماهواره در مدار کامل و فعال گردید. سیستم کنترل توسط ارتش آمریکا انجام می‌گیرد که ردیابی و نگهداری آنها را در مدار کنترل می‌نماید. از این تعداد، ۲۱ ماهواره برای ناوبری فعال و ۳ ماهواره به گونه‌ای تنظیم شده است که مدارات در فاصله متوسط ۲۰۰۰۰ کیلومتری بوده و سرعت گردش هر یک از ماهواره‌ها ۴ کیلومتر در ثانیه می‌باشد.



موقعیت ماهواره‌های جی.پی.اس در فضا

۲- **بخش کنترل:** قسمت دوم، از مراکز کنترل زمینی تشکیل می‌شود که برای نظارت بر مدار ماهواره‌ها، همزمان کردن زمان بین ماهواره‌ها و هماهنگ کردن آنها به کار می‌روند. البته اطلاعات ارسال شده از ماهواره‌ها را می‌توان از زمین تغییر داد، این ایستگاههای زمینی، کنترل نحوه حرکت و ارتباط ماهواره‌ها با زمین را بر عهده دارند. بعلاوه، این ایستگاهها، وضعیت سیگنالهای ارسالی را از لحاظ تناسب و صحت در حین ارسال، بررسی و کنترل می‌کنند (لیک به نقل از سررشته داری و همکار، ۱۹۹۰، ص ۴۴).

۳- **بخش کاربری:** بخش کاربری شامل گیرنده‌های جی.پی.اس می‌باشد که موقعیت محل، سرعت و زمان دقیق را در همه جای دنیا مشخص می‌نماید. این بخش، اندکی فضای باز لازم دارد تا از آن به خوبی استفاده کرد.

وبرگشت امواج تا گیرنده که محرمانه است.

۴- دستگاه نیاز دارد که مکان دقیق ماهواره را بدانند که مکانهای دیده بانی نیز محرمانه است.

۵- سیستم، تأخیر امواج را که از تأثیر اتمسفر سرچشمه می‌گیرد تصحیح نموده و مختصات را بیان می‌کند. (فیروزبخت، ۱۳۸۲، ص ۵۸۷)
هر قدر تعداد ماهواره‌های قابل مشاهده بیشتر شود، معادلات اساسی تعیین موقعیت بیشتر خواهند شد و بنابراین، زمان لازم برای تعیین موقعیت یک نقطه کاهش یافته و دقت تعیین موقعیت نیز افزایش خواهد یافت. (سیدنژاد، ۱۳۸۵، ص ۵)

مزایا

- ۱- قابلیت دسترسی در ۲۴ ساعت شبانه‌روز را داراست. (تروی، ۱۹۹۳، ص ۲)
- ۲- استفاده از آن رایگان است. (زارعی فر، ۱۳۸۵، ص ۱)
- ۳- اکنون به سهولت می‌توان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در هر لحظه و یا در هر شرایط جوی، جهت‌یابی را با دقت لازم انجام داد. (سررشته‌داری و همکار، ۱۳۸۴، ص ۵۲)
- ۴- بوسیله گیرنده‌های سیستم جی.پی.اس می‌توان هم به روش مطلق و هم به روش نسبی تعیین موقعیت کرد. (سایت کانون دانش، ۱۳۸۵)
- ۵- براحتی می‌تواند در حین حرکت و به همان دقت حالت سکون تعیین موقعیت نماید. (صالح‌آبادی، ۱۳۸۰، ص ۱)
- ۶- جی.پی.اس یک سامانه فضایی مناسب برای برآورده ساختن نیازهای نیروهای نظامی در تعیین دقیق موقعیت، سرعت و زمان در سطح یا نزدیک زمین می‌باشد. (صالح‌آبادی، ۱۳۷۶)
- ۷- امروزه کاربرد جی.پی.اس در سامانه ناوبری قایق‌ها، کشتی‌ها، هواپیماها، قطارهای درون شهری و برون شهری و حتی وسایل شخصی متداول شده است. (سررشته‌داری و همکار، ۱۳۸۴، ص ۵۲)
- ۸- ماهواره‌های مسیر یاب، قادر به مشخص نمودن طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، سرعت، فاصله و زمان با دقت بسیار بالا می‌باشند.

محدودیتها

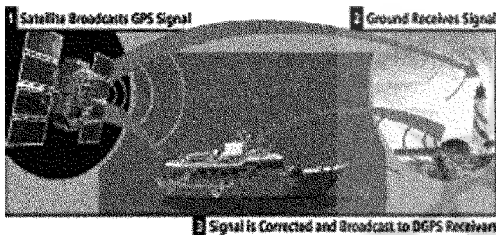
- ۱- مهمترین محدودیت سیستم این است که کشور آمریکا به دلیل آن که کنترل آن را به عهده دارد، ممکن است در هر زمانی که منافعش به خطر بیفتد سیگنالها را قطع کند یا در آن نویز ایجاد نماید و بدین ترتیب کاربر را به اشتباه اندازد.
- ۲- سیستم در نواحی دارای پوشش گیاهی زیاد مثل جنگل‌ها دچار مشکل می‌شود.
- ۳- در نواحی کوهستانی و دره‌های تنگ و باریک در یافت سیگنالها با مشکل مواجه می‌شود.
- ۴- در شهرها، وجود ساختمانهای بلند و آسمانخراشها برای کار کردن با آن محدودیت ایجاد می‌کند.
- ۵- نهایتاً این که پوشش ابری ضخیم نیز ممکن است آنرا دچار اشکال نماید.

انواع گیرنده‌های جی.پی.اس

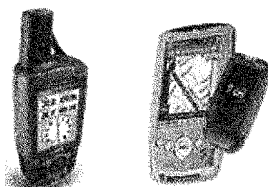
گیرنده‌های جی.پی.اس انواع گوناگونی دارند و انتخاب هر کدام از آنها بستگی به موارد استفاده کاربر دارد. برای نمونه این که کاربر بخواهد در داخل خودرو آن را نصب کند یا این که در کوله پشتی خود قرار دهد، گزینه‌های متعددی را پیش روی وی قرار می‌دهد.

۱- **گیرنده بیسیک یا پایه:** این گیرنده‌ها در واقع ساده‌ترین و کم‌قیمت‌ترین گونه‌ها هستند. (اغلب کمتر از ۱۰۰ دلار آمریکا)

یک گیرنده بیسیک (پایه) می‌تواند بسیار دقیق‌تر از گیرنده‌های گران‌قیمت باشد، اما باید این مسئله را هم در نظر داشت که این گیرنده‌ها بسیاری از ویژگی‌های دستگاههای گران‌قیمت را ندارند. ویژگی قابل توجهی که کمبود آن بیشتر حس می‌شود، نداشتن قابلیت نقشه‌برداری است. (زارعی فر، ۱۳۸۵، ص ۳)



۲- **گیرنده دستی جی.پی.اس - نقشه‌بردار:** همانطور که از نام این گیرنده برمی‌آید، گیرنده نقشه‌بردار از قابلیت نمایش نقشه برخوردار است. این گیرنده‌ها ابعاد بزرگتری نسبت به گیرنده‌های قبلی دارند. با اتصال این گیرنده به یک رایانه شخصی، نقشه دلخواه را می‌توان به گیرنده داد. جزئیات نقشه نیز بستگی به اندازه و درجه وضوح نمایشگر دارد. این گیرنده‌ها، فشارسنج، قطب‌نمای الکترونیکی، بازی و سالنامه هم دارند، نسبت به گیرنده‌های قبلی گرانتر هستند. قیمت آنها از ۱۵۰ دلار آمریکا شروع می‌شود و نقشه‌هایی که قابلیت بار کردن داشته باشند، در یک سی‌دی قرار دارند که هنگام خرید دستگاه تحویل خریدار می‌گردد. (سایت مرکز عمران ایران، ۲۰۰۶)



۳- **گیرنده‌های جی.پی.اس برای خودرو:** این گیرنده‌ها بزرگتر از گیرنده‌های دستی هستند و نمایشگری نسبتاً بزرگ دارند تا راننده هنگام رانندگی به سادگی آن را بخواند. این گیرنده‌ها با استفاده از برق خودرو کار می‌کنند و بنابراین تنها در داخل خودرو قابل استفاده هستند. ویژگی جالبی که معمولاً در این دستگاهها وجود دارد، راهنمایی‌های صوتی دستگاه است و به راننده اجازه می‌دهد، بدون این که چشم خود را از جاده بردارد، با گوش دادن به صدای دستگاه طبق نقشه پیش برود. قیمت این دستگاه از ۵۰۰ دلار

آمریکا شروع می‌شود. بسیاری از کارخانه‌های تولید خودرو با سفارش مشتری، یک دستگاه جی.پی.اس بر روی خودروهای فروشی خود نصب می‌کنند. آنها ثابت هستند و از زیبایی و نیز ایمنی بیشتری برخوردارند. (زرعی فر، ۱۳۸۵، ص ۴)

سامانه‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای

بدون شک در حال حاضر سامانه ناو استار - جی.پی.اس، مهمترین سامانه رادیو ناوبری متکی بر ماهواره است، ولی روشهای دیگری نیز برای تعیین موقعیت با ماهواره وجود دارند. سامانه ترانزیت در آمریکا و سامانه گلوناس در کشورهای آسیای میانه و روسیه هنوز موازی با جی.پی.اس مورد استفاده واقع گردیده و در حال تکامل می‌باشند. علاوه بر آن، سامانه‌های تعیین موقعیت دیگری نیز وجود دارند که به طور عمده برای اهداف علمی از آنها استفاده می‌شود. در ادامه به چند مورد اشاره شده است. (صالح آبادی، ۱۳۷۶)

۱- سامانه ترانزیت: سامانه رادیویی ناوبری نیروی دریایی آمریکا است و در اوایل دهه ۶۰ برای ناوگان زیر دریایی پلاریس تکامل و توسعه یافت. این سامانه از سال ۱۹۶۷ به طور نامحدود در اختیار بخش غیرنظامی قرار داده شده است. ماهواره‌های ترانزیت در مدارهای نزدیک قطب و در ارتفاع حدود ۱۰۷۵ کیلومتری به دور زمین می‌چرخند. زمان دوران این ماهواره ۱۰۷ دقیقه است که در مدار خاصی حرکت می‌کند.

۲- سامانه گلوناس: این سامانه معادل سامانه جی.پی.اس آمریکا است. برای مرحله نهایی این سامانه ۲۴ ماهواره پیش‌بینی شده است که در ارتفاع ۱۹۱۰۰ کیلومتری سطح زمین به دور زمین می‌چرخند. ماهواره‌ها در سه مدار با شیب ۶۴/۸ درجه تنظیم شده‌اند. برخلاف جی.پی.اس هر ماهواره در این سامانه، دارای فرکانس مخصوص به خود است و به وسیله اختلاف فرکانسها می‌توان هر ماهواره را شناسایی کرد، چون فن آوری‌های این سامانه با جی.پی.اس مشابه هستند این امکان وجود دارد که گیرنده‌ای ترکیبی جی.پی.اس - گلوناس نیز ساخته شود.

۳- سامانه استار فیکس: یک سامانه ناوبری ماهواره‌ای بخش خصوصی در آمریکا است که به وسیله چهار ایستگاه زمینی ماهواره‌ای و تعیین موقعیت دوبعدی با دقت ۵ تا ۱۰ متر در قاره آمریکای شمالی و خلیج مکزیک فعالیت می‌کند. فن آوری کاربردی این سامانه اساساً شبیه جی.پی.اس است.

۴- سامانه دوریس: یک سامانه تعیین داده‌های مداری است و از طرف کشور فرانسه تکامل و توسعه یافته است. این سامانه را می‌توان به عنوان یک مؤلفه یا تجهیزات بدکی به هر سامانه ماهواره‌ای اضافه یا مونتاژ نمود. (نخلستانی، ۱۳۷۶)

منابع خطا در جی.پی.اس

به طور کلی دو منبع خطای محاسبه کاربر و خطای کم شدن دقت ژئومتریک در کاربرد جی.پی.اس وجود دارد که در حصول به نتیجه نهایی تعیین موقعیت تأثیرگذار می‌باشد.

۱- خطای محاسبه کاربر: در حقیقت همان خطای محاسباتی است که در

فرآیند تعیین فاصله بین ماهواره و گیرنده رخ می‌دهد. (سررشته داری و همکار، ۱۳۸۴، ص ۴۸) این عامل ترکیبی از تأثیرات خطای مسیر ماهواره‌ها، خطای جوی و خطای مربوط به دستگاه گیرنده است (صالح آبادی، ۱۳۸۰، ص ۳۴)

۲- خطای کم شدن دقت ژئومتریک: داب یکی از پارامترهایی است که در دقت تعیین مختصات توسط گیرنده زمینی بسیار مؤثر می‌باشد. آرایش هندسی ماهواره‌ها در مقدار داب مؤثر هستند و هر چه ماهواره‌ها نسبت به هم نزدیکتر باشند یا به اصطلاح در فضای هندسی کمتری قرار گرفته باشند داب کمتری خواهیم داشت و هر چه مقدار داب کمتر باشد دقت تعیین موقعیت کم خواهد بود. بهترین حالت قرار گرفتن ماهواره‌ها حالتی است که یک ماهواره در بالای گیرنده زمینی و سه ماهواره دیگر در افق بوده و نسبت به هم ۱۲۰ درجه زاویه سمتی داشته باشند. (سلطانی سامانی، ۱۳۷۶، ص ۲۲)

این شاخص یک اندازه گیری از کیفیت پیکربندی ماهواره می‌باشد و اشاره به این موضوع دارد که ماهواره‌ها در فضا با یکدیگر در ارتباط هستند.

نتیجه گیری

این گونه می‌توان گفت که موضوع مسیریابی و تعیین موقعیت، قدمتی برابر با خلقت انسان دارد و همیشه فکر بشر را به خود مشغول ساخته و به همین دلیل است که در تمام سالهای گذشته روشهای گوناگون تعیین موقعیت، مورد آزمایش و استفاده قرار گرفته است. در این میان سیستم تعیین موقعیت جهانی به دلیل برخورداری از تکنولوژی بسیار پیشرفته ماهواره‌ها که از روابط فوق‌العاده دقیق ریاضی استفاده می‌کند، می‌تواند به نحو مطلوبی پاسخگوی نیازمندیهای همه کاربران باشد.

فهرست منابع

- ۱- زرعی فر، علی، ۱۳۸۵، گیرنده‌های GPS و کاربرد آنها، مرکز عمران ایران.
- ۲- سررشته داری، امیر و محمد جعفر سلطانی، ۱۳۸۴، نشریه علمی ترویجی حفاظت آب و خاک، سال اول، شماره ۱.
- ۳- سلطانی سامانی، ایرج، ۱۳۷۶، جی پی اس و پیدایش آن، نیروی زمینی ارتش جمهوری اسلامی ایران، مرکز آموزش توپخانه و موشکها، دانشکده توپخانه صحرائی، گروه آموزش نقشه برداری و ضد آتش.
- ۴- سید نژاد، سید مازیار، ۱۳۸۵، سیستم موقعیت یاب جهانی و کاربرد آن در مریخ، بانک مقالات کانون دانش.
- ۵- صالح آبادی، عباسعلی، ۱۳۷۶، ۱۳۸۰، GPS و کاربرد آن، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- ۶- فیروزبخت، علی، ۱۳۸۲، بررسی کاربرد GPS در تهیه نقشه‌های مورد نیاز عرصه‌های پخش سیلاب، سومین همایش آبخوانداری (کارگاه آموزشی).
- ۷- محسنی ارمکی، سید حسین و حسن فلاح، ۱۳۸۳، فضای، وضعیت جاری و چشم انداز آینده، فصلنامه پژوهش یار، شماره ۳۰.
- ۸- مهدی آبادی، مهران، ۱۳۸۳، بررسی اختلالات تأثیرگذار بر GPS و روشهای مرسوم مقابله با آن، ویژه نامه پژوهش یار، شماره ۳۲.
- ۹- نخلستانی، علی، ۱۳۷۶، ژئودزی ماهواره‌ای، نشر تندیس.