

**دانشگاه آزاد اسلامی**

سیستم تعیین موقعیت جهانی

(**GPS**)

**گردآورنده:**

بهار 92

**فهرست مطالب**

[1- چکیده 1](#_Toc455670830)

[2- مقدمه 1](#_Toc455670831)

[3- تعریف GPS 1](#_Toc455670832)

[4- مثلث بندی 2](#_Toc455670833)

[4-1- مثلث بندی به طور خلاصه 3](#_Toc455670834)

[5- اندازه گیری فاصله 4](#_Toc455670835)

[5-1- کد تصادفی Pseudo Random Code 5](#_Toc455670836)

[5-2- زمان سنجی دقیق 5](#_Toc455670837)

[5-3- موقعیت ماهواره 6](#_Toc455670838)

[5-4- تصحیح خطاها 7](#_Toc455670839)

[6- ساختار سیستم GPS 8](#_Toc455670840)

[6-1- بخش فضایی 8](#_Toc455670841)

[6-2- بخش کنترل 8](#_Toc455670842)

[6-3- کاربر 8](#_Toc455670843)

[7- کاربرد های GPS 9](#_Toc455670844)

[7-1- تعیین موقعیت Location 9](#_Toc455670845)

[7-2- راهبری Navigation 10](#_Toc455670846)

[7-2-1- در آب 10](#_Toc455670847)

[7-2-2- در هوا 11](#_Toc455670848)

[7-2-3- روی زمین 11](#_Toc455670849)

[7-3- مسیریابی Tracking 12](#_Toc455670850)

[7-4- موقعیت دیگر عوارض مختلف نسبت به یکدیگر Mapping 12](#_Toc455670851)

[7-5- زمان سنجی Timing تعیین زمان دقیق در سراسر جهان 13](#_Toc455670852)

[8- خلاصه و نتیجه گیری 14](#_Toc455670853)

[9- منابع 14](#_Toc455670854)

# 1- چکیده

از GPS می توان برای اندازه گیری سرعت، جهت یابی، جستجو، رفتن به مقصد و غیره استفاده کرد. ماهواره های GPS مدار زمین را هر روز دو بار طی می کنند و امواج اطلاعاتی را به زمین می فرستند. این سیستم شامل 24 ماهواره است که درمدار زمین قرار گرفته اند و اولین ماهواره آن در سال 1978 به فضا پرتاب شد. سامانه GPS اولین سیستم تعیین موقعیتی است که دارای دقت زیاد بوده و در سرتاسر کره زمین و در هر شرایط جوی کار می کند. به کمک GPS می توان عملیات نقشه برداری و تهیه نقشه را در کوتاه ترین زمان و با کمترین هزینه و متناسب با هر کاربردی انجام داد.

# 2- مقدمه

سامانه GPS یک تکنلوژی پیچیده است ولی در صورتی که مطالب مربوط به آن مرحله به مرحله مطالعه شود فهم آن کاملا آسان خواهد بود. راهبری (Navigation) و تعیین موقعیت (Positioning) از فعالیتهای فوق العاده پیچیده ای هستند و محاسبات مربوطه هنوز هم مشکل است.

# 3- تعریف GPS

سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS) Global Positioning System عبارتست از یک سیستم راهبری (Navigation) جهانی که با استفاده از 24 ماهواره و استگاه های زمینی مربوطه که اولین ماهواره آن در سال 1978 به فضا پرتاب شد.

سیستم GPS از این ماهواره ها به عنوان نقاط مبنا یا مرجع برای محاسبه دقیق موقعیت (در حد چند متر) استفاده می کند. در سیستم های پیشرفته GPS لمروزه می توان اندازه گیری هایی در حد یک سانتیمتر را انجام داد. در این سیستم ها هر متر مربع از کره خاکی دارای یک مختصات و آدرس ویژه خود است. در دنیای امروز GPS جایگاه خود را در اتومبیل ها، کشتی، هواپیما، تجهیزات ساختمانی، موتورهای حرکتی، ماشین های کشاورزی و حتی کامپیوترها یافته است. و جالب تر اینکه در فناوری های پیشرفته در گوشی های تلفن همراه نیز یافت می شود.

1. استفاده از GPS
2. اساس GPS بر اساس مثلثی در فضا است که در سه گوشه ی آن سه ماهواره قرار گرفته اند (مثلث بندی)
3. برای مثلث بندی گیرنده GPS با استفاده از ارسال پالس زمانی فاصله را اندازه گیری می کند.
4. برای اندازه گیری زمان رفت و برگشت امواج رادیویی، GPS نیاز به یک زمان سنجی بسیار دقیق دارد که با روش های مختلف حاصل می شود.
5. علاوه بر فاصله، موقعیت دقیق ماهواره ها در فضا باید معلوم شود. جزئیات مربوط به مدار حرکت و تعیین موقعیت آنها از موارد کاملا مخفی (Secret) است.
6. با توجه به عبور امواج رادیویی از درون اتمسفر، هنگام دریافت توسط گیرنده تاخیر دارند و تصحیحات مربوطه باید اعمال شود.

# 4- مثلث بندی

سامانه GPS چیزی نیست جز استفاده از ماهواره ها بعنوان نقاط مرجع (Reference) برای تعیین موقعیت روی کره زمین.

با اندازه گیری بسیار بسیار دقیق فاصله از سه ماهواره ما می توانیم روی موقعیت فعلی خودمان در هر کجای دنیا یک مثلث ببندیم.

کلید حل مسئله از نظر ریاضی:

فرض کنید که فاصله تا یک ماهواره برابر 11000 مایل اندازه گیری شده است. دانستن اینکه ما اکنون در 11000 مایلی یک ماهواره به خصوص هستیم موقعیت های ممکنه ما روی کره زمین را به یک دایره به مرکز آن ماهواره و شعاع 11000 مایل محدود می کند.

در مرحله بعد فرض کنید که فاصله ما تا ماهواره دوم 12000 مایل اندازه گیری شود. اندازه گیری دوم به ما می گوید که موقعیت ما نه تنها روی دایره اول است بلکه روی دایره ای به شعاع12000 مایل از ماهواره دوم نیز می باشد، به عبارت دیگر می توان گفت موقعیت ما رو دایره ای بر تقاطع دو دایره مذکور می باشد. اگر فاصله تا ماهواره سوم اندازه گیری شودوو بدانیم که 13000 مایل از آن فاصله داریم موقعیت ما به طور مشخص محدود به دو نقطه که تقاطع دو دایره است میشود:

یکی دایره ای به شعاع 13000 مایل و مرکز ماهواره سوم و دیگری دایره ای که از نقاط تقاطع دو دایره اول عبور می کند. بنابراین با اندازه گیری فاصله از گیرنده GPS تا سه ماهواره می توانیم موقعیت را به دو نقطه محدود کنیم.

## 4-1- مثلث بندی به طور خلاصه

1. تعیین موقعیت با استفاده از اندازه گیری فواصل تا ماهواره ها انجام می گیرد.
2. از نظر ریاضی برای تعیین موقیت دقیق نیاز به 4 فاصله تا 4 ماهواره داریم.

# 5- اندازه گیری فاصله

در قسمت قبل دیدیم موقیت یک نقطه با اندازه گیری حداقل 3 فاصله تا ماهواره قابل محاسبه است.

اما چگونه می توان فاصله تا یک شی متحرک را که در فضا در حال گردش است را اندازه گیری کرد؟

این کار با زمان سنجی دقیق انجام می شود. مدت زمانی که طول می کشد تا یک موج از ماهواره به گیرنده برسد.

در مورد GPS سرعت امواج رادیویی که برابر سرعت نور و به عبارتی چیزی در حدود 186000 مایل در ثانیه است مطرح می گردد. پس اندازه گیری زمان پی مودن مسیر برای ما بسیار مهم می باشد. مسئله اندازه گیری زمان کمی پیچیده است:

اولا زمان پیمودن مسیر از ماهواره تا گیرنده فوق العاده کوتاه است، چنانچه ماهواره دقیقا بالای سر ما در آسمان باشد. این زمان چیزی در حدود 06/0 ثانیه است. ثانیا با فرض در اختیار داشتن یک ساعت دقیق چگونه می توان این زمان را اندازه گیری کرد. فرض کنید که دقیقا سر ساعت 12 ظهر ماهواره و گیرنده به طور همزمان شروع به پخش یک صوت بخصوص (Star spangled banner) نمایند. چنانچه صوت منتشر شده توسط ماهواره بتواند از فضا به گیرنده برسد وشنیده شود (که چنین چیزی غیر ممکن است)، در گیرنده دو نسخه مختلف (Version) از این آهنگ شنیده می شود: یکی از ماهواره و دیگری از گیرنده. این دو نسخه با هم هماهنگ نیستند، نسخه ماهواره نسبت به نسخه گیرنده مقداری تاخیر (Delay) خواهد داشت زیرا فاصله ای در حدود 11000 مایل را پیموده است.

برای تعیین مقدار تاخیر باید آهنگ مربوط به گیرنده را آنقدر به عقب برد (تاخیر در آن ایجاد کرد) تا دقیقا با نسخه ماهواره هماهنگ شود. روشن است که مقدار تاخیری که به نسخه گیرنده داده می شودبرابر است با زمان پیمودن مسیر از ماهواره تا گیرنده. حال با ضرب زمان مذکور در سرعت نور، فاصله تا ماهواره محاسبه می شود. اساس کار با GPS نیز به همین صورت است با این تفاوت که در GPS به جای پخش آهنگ مخصوص ماهواره و گیرنده از یک نوع کد مخصوص به نام کد تصادفی (Pseudo Random code) استفاده می کنند.

## 5-1- کد تصادفی Pseudo Random Code

این کد (که از این به بعد به اختصار به نام PRC به آن اشاره می شود) قسمت اصلی کار GPS را تشکیل می دهد: از نظر فیزیکی یک کد پیچیده دیجیتالی است و به عبارت دیگر پالس های روشن و خاموش متناوبی هستند که بطور کاملا پیچیده و مسلسل وار پشت سر هم می آیند به شرحی که توضیح داده می شود:

سیگنال های مذکور به حدی پیچیده هستند که مانند یک تداخل (noise) به نظر می رسند به همین دلیل به آن نسبت تصادفی می دهند. از آنجایی که هر ماهواره کد های مخصوص خود را تولید می کند امواج آنها در گیرنده اشتباه گرفته نمی شود و همه ماهواره ها می توانند بدون هیچ تداخلی از یک فرکانس استفاده کنند بدون این که سیستم در شناسایی آنها دچار مشکل شود.

معجزه دیگر کدهای PRC این است که آنها امکان استفاده از تئوری اطلاعاتی را برای تقویت امواج GPS در اختیار می گذارند و دقیقا به همین دلیل است که گیرنده های GPS برای دریافت امواج نیاز به آنتن های بزرگ ندارند.

## 5-2- زمان سنجی دقیق

1. مهم ترین مسئله در اندازه گیری فاصله زمان سنجی دقیق می باشد.
2. زمان سنج های ماهواره به اندازه کافی دقیق است زیرا دارای ساعت اتمی می باشند.
3. ضرورتی ندارد که گیرنده ها دارای ساعت های فوق العاده دقیقی باشند زیرا اطلاعات اضافی دریافتی از ماهواره ها خطاها را از بین می برد.

## 5-3- موقعیت ماهواره

فرض می کنیم که موقعیت و مختصات ماهواره ها مشخص است و بر همین اساس است که می توان از آنها به عنوان نقاط راهنما یا مرجع استفاده کرد. اما چگونه می توان به موقعیت دقیق و صحیح آنها پی برد. با توجه به اینکه آنها در فاصله تقریبا 11000 مایلی کره زمین در فضا در حال حرکتند.

پس میتوان نتیجه گرفت که:

1. برای استفاده از ماهواره ها به عنوان نقاط مرجع لازم است که مختصات آنها در هر لحظه معلوم باشد.
2. ماهواره های مخصوص GPS آنقدر بالا هستند که می توان مسیر آنها را به خوبی پییش بینی کرد.
3. انحرافات جزئی و خطاهای مسیر حرکت ماهواره ها، به طور دائم توسط وزارت دفاع آمریکا دقیقا اندازه گیری می شود.
4. اطلاعات مربوط به خطاها و انحرافات به ماهواره ها ارسال میشود و آنها نیز به نوبه خود اطلاعات فوق را در کنار اطلاعات مربوط به زمان سنجی برای گیرنده ها ارسال می کنند.

## 5-4- تصحیح خطاها

توجه کنیم که کلیه محاسبات مربوط به تعیین موقعیت، درون دستگاه گیرنده (Receiver) GPS که یک سیستم کاملا بسته است انجام می شود. برای حصول اطمینان از صحت عملکرد سسیتم و همچنین لحاظ نمودن شرایط محیط خارج یک گیرنده خوب باید بتواند انواع مختلف خطاهای ممکن را در محاسبات مد نظر داشته باشد.

ابتدا باید بگوییم که فاصله از ضرب سرعت نور در زمان پیمایش مسیر محاسبه می گردد.

اما سرعت نور فقط در خلا ثابت است و در شرایط دیگر تفاوت می کند. با توجه به اینکه امواج GPS از میان ذرات معلق در یونسفر و همچنین از میان بخار آب موجود در تروپسفر عبور می کنند سرعت آنها کمی کاهش می یابدو به همین علت در اندازه گیریها خطا ایجاد می شود.

خوب پس برای اینکه بتوانیم این خطا را تا حد ممکن کاهش دهیم باید دو مورد مهم را در نظر بگیریم:

1. می توان پیش بینی کرد که چه کاهشی در چه روزهای خاصی در سرعت نور ایجاد میشود و به عبارتی دیگر اگر بتوان کاهش سرعت در روزهای خاصی را ثابت فرض نمود می توان میزان خطا را محاسبه نمود.
2. راه دوم غلبه بر خطای ایجاد شده در اتمسفر با مقایسه سرعت نسبی دو سیگنال مختلف با همدیگر است.

# 6- ساختار سیستم GPS

این سیستم از سه بخش تقسیم شده است:

1. فضایی
2. کنترل
3. کاربر (استفاده کننده)

## 6-1- بخش فضایی

شامل سیستم ماهواره های GPS است. این حاملان فضایی امواج رادیویی را می فرستند.

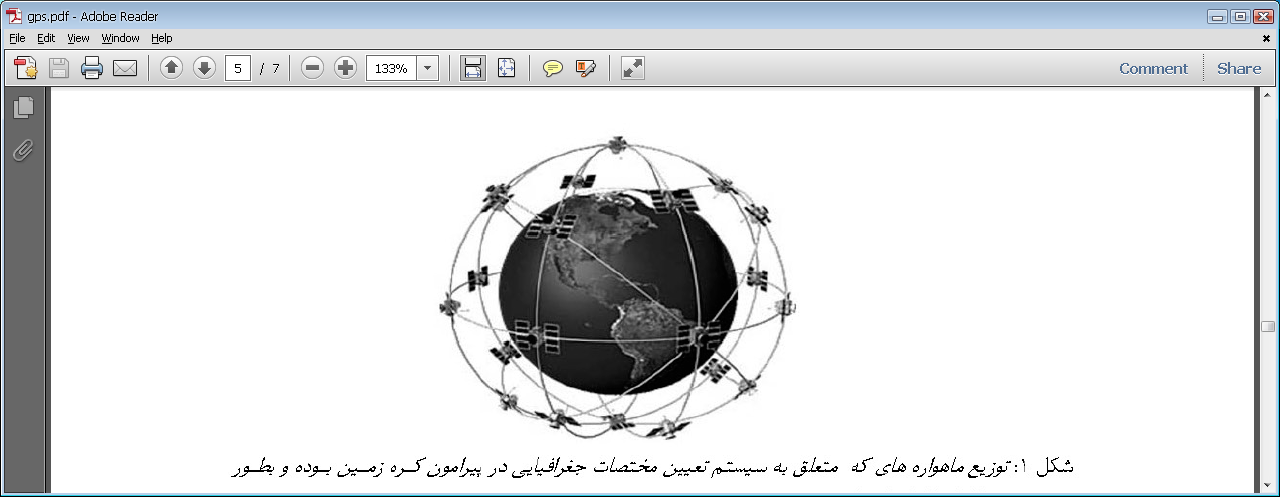
## 6-2- بخش کنترل

شامل سیستمی است که با در نظر گرفتن موقعیت ماهواره ها در سراسر جهان مسیر آنها را دنبال می کند. چایگاه های کنترل کننده سیگنال رسانه های فضایی را که به مدل های اربیتالی برای همه ماهواره ها ادغام شده اند اندازه گیری می کنند.

## 6-3- کاربر

شامل گیرنده های GPS و گروه کاربر است. گیرنده های GPS سیگنال های حاملان فضایی را به مکان سرعت و زمان حدس زده شده تبدیل می کنند.

چهار ماهواره برای محاسبه چهار بعد X، Y، Z (مکان) و زمان نیاز است. کاربرد اولیه GPS رابری در سه بعد است. گیرنده های GPS برای هواپیما، کشتی ها، وسایل نقلیه زمینی و برای انتقال دستی به وسیله اشخاص ساخته شده اند.



شکل 1: توزیع ماهواره هایی که متعلق به سیستم GPS در پیرامون کره زمین بوده و بطور پیوسته در حال ارسال امواج بطرف کره زمین هستند.

# 7- کاربرد های GPS

تکنلوژی GPS در مدت زمان کوتاهی آنچنان دگرگون شد که بسیار فراتر از اهداف اولیه آن پیش رفت. امروزه دانشمندان، ورزشکاران، کشاورزان، سربازان، خلبانان، شکارچیان، رانندگان و ... و تقریبا همه کسانی که به نوعی در حرکت و جابجایی هستند از GPS استفاده می کنند تا کارهایشان سریع تر، موثرتر، ایمن تر و در بعضی موارد آسانتر انجام گیرد.

## 7-1- تعیین موقعیت Location

سامانه GPS اولین سیستم تعیین موقعیتی است که دارای دقت زیاد بوده و در سرتاسر کره زمین و در هر شرایط جوی کار می کند. دانستن موقعیت دقیق یک چیز یا یک شخص مخصوصا هنگامی که اطلاعات پی در پی غلط ناشی از اندازه گیری های انسانی، نتایج دور از واقعیت بدست دهند یک مسئله مهم و بحرانی است. این مسئله هنگام نجات جان افراد در مواقع خطرناک بسیار مشهود است.

سامانه GPS همچنین برای تعیین مختصات دقیق شبکه ژئودزی کاربرد دارد. شبکه ژئوزدی کشور ایتالیا به کمکGPS نقشه برداری دقیق شد و به این ترتیب شبکه مذکور برای همیشه به بیضوی WGS متصل گردید. تا مدتها مسئله مرتفع ترین قله دنیا در پرده ابهام بود، ولی GPS به آسانی ارتفاع قله اورست را تعیین نمود. اطلاعات جمع آوری شده، روی اطلاعات قبلی صحه گذاشته و همچنین ثابت کرد که کوه اورست نسبت به قبل کمی مرتفع تر شده است.

## 7-2- راهبری Navigation

سامانه GPS به شما کمک می کند تا بدانید کجا هستید. ولی بعضی مواقع چگونه و از چه راهی به مقصد رسیدن بسیار مهم است. در ابتدای امر، GPS برای رهبری کشتی ها و هواپیما ها طراحی شد، بنابراین همانقدر که این وسیله روی آب می تواند مفید باشد در خشکی و هوا نیز کاربردهای خوبی دارد.

### 7-2-1- در آب

جالب است بدانید که محدوده دریاها، که یکی تز قدیمی ترین راههای ارتباطی و حمل و نقل در دنیا هستند، بوسیله GPS (جدیدترین تکنولوژی راهبری) بازنگری و تعیین شدند. شرکتهای ماهیگیری در نیوزیلند به کمک GPS به آسانی به محلهای مناسب ماهیگیری هدایت می شوند بدون این که هیچ نگرانی از گم شدن داشته باشند.

### 7-2-2- در هوا

پرواز یک هواپیمای تک موتوره و یک جمبوجت بازرگانی به یک اندازه به راهبری دقیق نیاز دارد و یک GPS همه اطلاعات لازم را با اطمینان کامل در اختیار خلبان می گذارد، با اختراع دستگاه های ناوبری جدیدتر و سیستم های فرود دقیقتر، GPS نه تنها پرواز را مطمئن تر کرده است بلکه کارآیی آن را نیز افزایش داده است. سامانه GPS با هدایت دقیق نطقه به نقطه، کمک بزرگی به مصرف سوخت می کند و برد مسافرت را افزایش می دهد تا جایی که خلبان بدون نگرانی از انحراف از مسیر مستقیم، به طرف مقصد پیش می روند. مثلا در فرودگاه در ناحیه کوهستانی، همزمان با فرود یک یک هواپیما، هلیکوپتر نجات می تواند به کمک GPS با اطمینان خاطر به ماموریت خود همزمان در همان منطقه ادامه دهد. به خاطر داشته باشید که برای جهت یابی با GPS نیاز به دیدن مسیر با چشم نخواهید داشت.

### 7-2-3- روی زمین

علائم روی زمین عوض می شوند، جای ستارگان در آسمان تغییر می کند و قطب نما در مجاورت مواد مغناطیسی منحرف می شود و در صورتی که نشانه های غیر قابل اعتمادی در اختیار داشته باشید، قطعا مشکل خواهید داشت. شرایط مختلف همیشه خوب و عالی نیستند.

امروزه شکارچیان، دوچرخه سواران، اسکس بازان و رانندگان اتومبیل از GPS برای یافتن مقصدشان استفاده می کنند. مکتشف معروف (Borges outland) از GPS برای رسیدن به بالای کره زمین (قطب شمال) کمک گرفت.

## 7-3- مسیریابی Tracking

اگرراهبری (Navigation) عملیات مسیریابی از یک نقطه به نقطه دیگری باشد. نشان دادن مسیر (روی نقشه یا کامپیوتر) را مسیریابی گویند. ترکیب GPS با خطوط ارتباطی و کامپیوتر، سیستمی را ارائه می کند که مسائل فوق را به بهترین شکل حل می کند و کاربردهای خوبی در زراعت، حمل و نقل، خدمات شهری، ایمنی و راههای ارتباطی و غیره دارد. بنابراین جای تعجب ندارد اگر ببینیم که پلیس، آمبولانس و اداره آتش نشانی به کمک GPS هر کدام سیستم هایی مطابق نیازمندیشان در اختیار دارند که در آن محل حادثه و همچنین محل نزدیکترین خودروی نجات را روی نقشه در کامپیوتر می توانند ببینند، با داشتن این تصویر روشن از موقعیت می توان به بهترین وجه اعلام حادثه نمود و اقدامات لازم را انجام داد.

## 7-4- موقعیت دیگر عوارض مختلف نسبت به یکدیگر Mapping

به کمک GPS می توان عملیات نقشه برداری و تهیه نقشه را در زمان کوتاهتر و با هزینه کمتر و متناسب با هر کاربردی انجام داد. امروزه یک نقشه بردار به تنهایی می تواند در مدت یک روز کر چندین هفته یک اکیپ را انجام دهد. جالب تر اینکه این کار با دقتی بیش از پیش انجام می شود.

تولید نقشه عبارت است از هنر و علم بکارگیری GPS برای تعیین مختصات عوارض مختلف و سپس ایجاد نقشه یعنی ترسیم و نمایش آنها روی نقشه در هر جای کره خاکی.

یعنی GPS تمام کره زمین را نقشه برداری می کند. در آتش سوزی سال 1991 در شهر برکلی اورکلند، اتش نشانان به کمک GPS بسرعت و به دقت محدوده منطقه آسیب دیده را شناسایی و توانستند آتش را مهار کنند.

## 7-5- زمان سنجی Timing تعیین زمان دقیق در سراسر جهان

اگرچه GPS با کاربردهایی نظیر راهبری، تعیین مسیر و تهیه نقشه شناخته شد ولی این وسیله همچنین برای تعیین زمان دقیق و فرکانس نیز استفاده می شود.

سامانه GPS عمل هماهنگ سازی ساعتها رابسیار آسان و دقیق و مطمئن کرده است.

سه کاربرد اساسی برای زمان وجود دارد:

الف – بعنوان یک علامت جهانی، زمان دقیق می تواند به ما بگوید که وقایع چه موقع اتفاق می افتند و یا خواهند افتاد.

ب- برای هماهنگ کردن مردم وقایع و حتی هماهنگی دیگر سیگنالها زمان دقیق می تواند کل جهان هستی را طبق یک برنامه زمان بندی شده یکپارچه کند.

ج- برای پی بردن به مدت زمان پدیده های مختلف زمان دقیق می تواند پاسخ مطمئنی را ارائه کند.

ماهواره های GPS حامل ساعتهای اتمی دقیقی هستند و برای آنکه سیستم GPS بتواند کارکند گیرنده نیز باید با ماهواره هماهنگ باشد و این موضوع به این معنی است که هر گیرنده به تنهایی دارای یک ساعت اتمی فوق العاده دقیق است. فضانوردان، شرکتهای تولید کننده برق، شبکه های کامپیوتری، سیستم های مخابراتی، بانکها و ایستگاه های رادیو و تلویزیونی از این زمان سنج دقیق بهره می برند.

یکی از شبکه های بانکی در آمریکا از ساعت GPS برای ثبت معاملات بانکی استفاده می کنند و به این ترتیب کلیه محاسبات همزمان در سراسر شعب این بانک در دنیا ثبت می شود.

# 8- خلاصه و نتیجه گیری

1. تعیین موقعیت با استفاده از اندازه گیری فواصل تا ماهواره ها انجام می شود. فاصله گیرنده GPS تا ماهواره با استفاده از زمان پیمودن مسیر فوق توسط امواج رادیویی قابل محاسبه و اندازه گیری است. (ارسال پالس زمانی)
2. GPS اولین سیستم تعیین موقعیتی است که دارای دقت زیاد بوده و در سرتا سر کره زمین و در هر شرایط جوی کار می کند.
3. دقت بالای GPS امکان هدایت هواپیما ها را در کریدورهای نزدیک تر و مستقیم تر فراهم کرده است.
4. GPS عمل هماهنگ سازی ساعت ها را بسیار دقیق و مطمئن کرده است.
5. مهمترین نتیجه ای که می توان از GPS گرفت این است که گیرنده GPS در زمین در محل دقیق دستگاه و در نتیجه جای شما را با دقتی حتی کمتر از 3 متر در هر نقطه اندازه گیری می کند.

# 9- منابع

معرفی سیستم نقشه برداری GPS، امیر روشندل دوازدهمین کنفرانس مهندسی عمران دانشگاه علم و صنعت ایران