

# توسعه یک سیستم شبیه ساز برای دستیابی به طرح کلی استقرار شبه ماهواره ها در محیط های شهری

نویسندگان:

Ryosuke Shibasaki - Tomohiro Hakamata - Yusuke Konnishi - Yong Cheol Suh

مرکز علوم اطلاعات فضایی دانشگاه توکیو

مترجمان:

اسدا... حقیقت کارشناس اداره عکسبرداری هوایی اداره کل نقشه برداری هوایی، سازمان نقشه برداری کشور

haghighat@ncc.org.ir

مهران رضانی رئیس اداره امور فروش مدیریت خدمات فنی، سازمان نقشه برداری کشور

rezaei@ncc.org.ir

دکتر رحیم سرور دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری

sarvar@yahoo.com

## چکیده

از زمان پرتاب اولین ماهواره تعیین موقعیت جهانی، نیاز به کسب اطلاعات بیشتر و دقیق تر از پدیده های زمینی به طور روز افزون در حال افزایش است. به ویژه یکی از نگرانی های ناوبران نیاز به تعیین موقعیت مستمر به روش یکپارچه با درصد اطمینان بالاتر، در مناطق شهری است. متأسفانه مناطق عمیقی در شهرها وجود دارند که در حاشیه آنها ساختمان های بلند قرار دارد. این موضوع باعث ایجاد سایه و خطای چند مسیری می شود. در نتیجه این مناطق در تضاد با سیستم تعیین موقعیت ناوبری جهانی (GNSS) هستند و به این دلیل که در میدان رؤیت ماهواره قرار نمی گیرند، دقت تعیین موقعیت را کاهش می دهند. برای غلبه بر چنین مشکلاتی استفاده از شبه ماهواره ها به عنوان مکمل سیستم GPS می تواند برای از بین بردن ضعف دریافت سیگنال ها، رفع ابهام فاز، رسیدن به صحت کامل و افزایش بهره وری سیستم ماهواره ای ناوبری جهانی (GNSS) مؤثر باشد.

شبه ماهواره ها ابزاری زمینی هستند که امواجی شبیه امواج GPS را مخابره می کنند و می توانند به عنوان مکمل، کارایی گیرنده ها را افزایش دهند. این ابزار یک عامل مشاهداتی اضافی برای بهبود معایب ذکر شده می باشد. اما به علت بالا بودن هزینه های اقتصادی و مشکلات محیطی تعداد شبه ماهواره هایی که می توان نصب نمود محدود است. مهمتر اینکه برای کاهش مناطقی که تحت تأثیر خطای چند مسیری سیگنال های شبه ماهواره قرار می گیرند ضروری است که موقعیت آنتن و دستگاه شبه ماهواره به دقت تعیین گردد.

به طور کلی، این مقاله به توسعه سیستم شبیه ساز شبه ماهواره ای و ارزیابی مناسب آن از لحاظ اقتصادی، برای پوشش نقاط کور سیستم GPS در مناطق شهری می پردازد، و در آن از اطلاعات دقیق ماهواره ها و نقشه های رقومی سه بعدی استفاده شده است.

واژگان کلیدی: شبه ماهواره<sup>۱</sup> - سیستم تعیین موقعیت جهانی<sup>۲</sup> - سیستم ماهواره ای ناوبری جهانی<sup>۳</sup> - نقشه سه بعدی رقومی<sup>۴</sup> - سیستم شبیه ساز<sup>۵</sup>

سیستم GPS و... به طور گسترده ای مورد استفاده قرار گرفته اند. علاوه بر این، نیاز به تعیین موقعیت با دقت هرچه بالاتر در حال افزایش است. مشکل اینجاست که در تعیین موقعیت مکان هایی مانند، مناطق بین ساختمان های بلند در شهرها، تونل ها و فروشگاه های زیر زمینی (مانند فروشگاه های داخل مترو) یا مکان هایی که در معادن عمیق قرار دارند، سیستم GPS یا GNSS نمی تواند دقت مورد نیاز کاربران را

## ۱. مقدمه

در سال های اخیر، در علم ژئودزی و نقشه برداری روش های تعیین موقعیت بر مبنای استفاده از ماهواره ها (مانند

موقعیت مکانی گیرنده‌ها حتی برای یک مدت زمان معین و کوتاه رهایی می‌بخشد. این روش به رفع ابهام سریع فاز حامل<sup>۸</sup> ختم می‌شود [Lawnee etsl, 1995]، زیرا مختصات خطوط مبنای موجود راحت‌تر تشخیص داده می‌شوند. این سیستم شبه ماهواره‌ای برای کاربردهای ویژه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفته است.

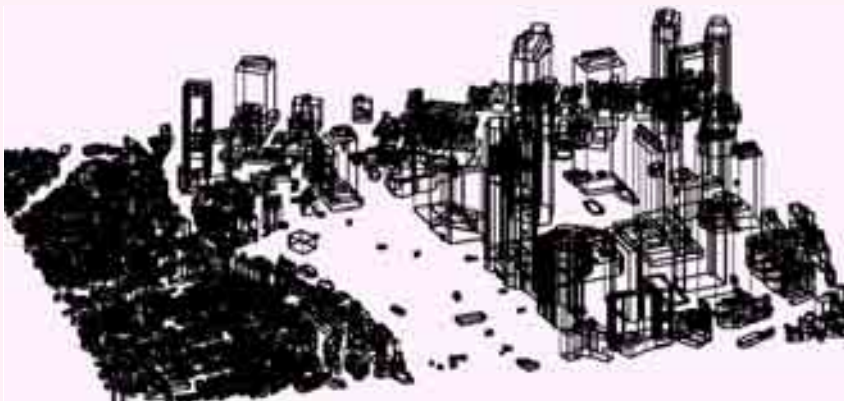
برای مطالعه بیشتر :

[cabb, 1997] and

cf[Erold and ran Dirend on ck, 1996]

### ۳. شرح سیستم شبیه‌ساز

این سیستم شبیه‌ساز شامل یک نقشه رقومی سه‌بعدی، یک مدل مداری ماهواره‌ای GPS و یک مدل مداری ماهواره‌ای Zenith-Quasi<sup>۹</sup> است. این سیستم به وسیله Java<sup>۱۰</sup> تکمیل شده است و در آن ماهواره‌های GPS و داده‌های نقشه به صورت جداگانه به کار گرفته می‌شوند. شکل ۱ نقشه سه‌بعدی رقومی شینجوکو<sup>۱۱</sup>



شکل ۱. نقشه سه‌بعدی رقومی که در این شبیه‌سازی مورد استفاده گرفته است.

(DiaMap by Mitsubishi Corporation)

## ۲. سیستم تکامل یافته

### شبه‌ماهواره GPS

شبه ماهواره‌ها این قابلیت را دارند که به عنوان ماهواره‌های ناوبری رادیویی زمینی در نظر گرفته شوند. یعنی اینکه شبه ماهواره‌ها سیگنال‌هایی که ساختارشان مشابه سیگنال‌های GPS است را مخابره می‌کنند و نصب آنها نیز ساده است. بنابراین، از این سیستم می‌توان به تنهایی یا در کنار سیستم GPS استفاده نمود دلایل متعددی برای استفاده از شبه ماهواره در کنار سیستم GPS وجود دارد. یک دلیل عمده، بهبود دقت در تعیین موقعیت است. حتی استفاده از شبه ماهواره‌ها در مکان‌هایی که سیگنال ماهواره دریافت نمی‌شود و یا ضعیف دریافت می‌شود، ضروری می‌باشد. از جمله این مکان‌ها می‌توان از محیط‌های شهری یا معادن عمیق نام برد. از این گذشته به علت ارتفاع پایین شبه ماهواره‌ها، می‌توان از آنها برای بهبود هندسه سیستم تعیین موقعیت استفاده نمود. در نهایت استفاده از شبه‌ماهواره‌ها ما را از سرگردانی برای تعیین

فراهم کند. زیرا ممکن است تعداد و هندسه پراکنندگی مسیر ماهواره‌ها برای صحت و تعیین موقعیت قابل اعتماد در آن مکان‌ها، کافی نباشد. برای بهبود این وضعیت از شبه ماهواره‌هایی که در روی زمین نصب می‌گردند و سیگنال‌هایی شبیه سیگنال‌های GPS مخابره می‌کنند استفاده می‌گردد. اغلب طول موج ارسالی توسط این شبه ماهواره‌ها همان فرکانس موج L1<sup>۶</sup>، سیستم GPS که برابر با 1575.42MHZ است، می‌باشد. شبه ماهواره‌ها قابلیت اعتماد به سیستم GPS یا GNSS را به وسیله ارسال سیگنال‌های اضافی برای رفع ابهام فاز حامل<sup>۷</sup>، افزایش می‌دهند. واضح است که دقت، در دسترس بودن و قابلیت اعتماد به ماهواره‌ها جهت تعیین موقعیت ماهواره‌ای به وسیله این روش با افزایش تعداد ماهواره‌ها یا شبه ماهواره‌ها بهبود می‌یابد. به دلیل مسائل اقتصادی و مشکلات محیطی، تعداد شبه ماهواره‌های قابل نصب محدود است. بنابراین برای نصب شبه ماهواره‌ها باید موقعیت آنتن و دستگاه شبه ماهواره به دقت تعیین گردد.

این مقاله توسعه سیستم شبیه‌ساز را برای دستیابی به شمای کلی شبه ماهواره‌ها در محیط‌های شهری ارائه می‌نماید. همچنین به ارزیابی تناسب علمی و اقتصادی نصب شبه ماهواره‌ها با استفاده از اطلاعات دقیق مداری ماهواره، ماهواره و نقشه رقومی سه‌بعدی می‌پردازد. در این سیستم امکان تخمین تعداد و موقعیت شبه ماهواره‌ها از راه شبیه‌سازی بدون نیاز به مشاهده مستقیم عملی شده است.

● تخمین مدارهای ماهواره‌های GPS با استفاده از عناصر حقیقی مدارهای ماهواره‌های GPS در حدود ۳۱ ماهه ۲۰۰۲

● استفاده از نقشه سه بعدی رقومی ساده شده از منطقه شینجوکو در توکیو ژاپن به مساحت  $(705N \times 000m^2)$  که به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد.

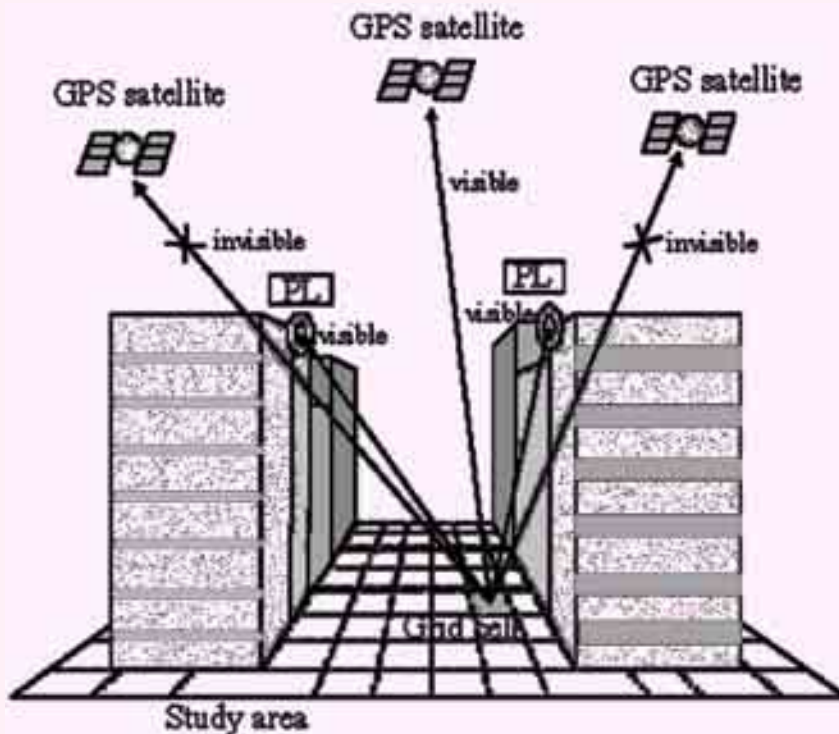
● منطقه مورد مطالعه به مربع‌هایی با ابعاد دومتر به صورت منظم شبکه بندی

اقتصادی مقرون به صرفه هست یا خیر؟ قبل از هرچیز لازم است تعداد و هندسه پراکندگی ماهواره‌های GPS در مناطقی که برای تعیین موقعیت انتخاب شده است تعیین گردد. مراحل انجام کار به شرح زیر است.

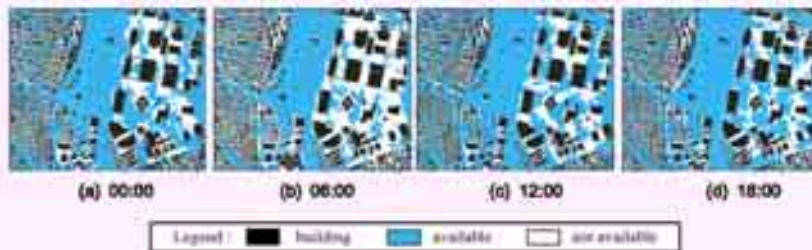
● برآورد پردازش در هر ساعت، از ساعت صفر در اول آگوست ۲۰۰۲ تا ساعت صفر دوم آگوست ۲۰۰۲ که در مجموع به ۲۵ بازه زمانی تقسیم می‌گردد.

در توکیو، که در این شبیه‌سازی مورد استفاده قرار گرفته است را نمایش می‌دهد. ابتدا منطقه مورد آزمایش به شبکه منظمی تقسیم بندی می‌گردد، سپس تخمین زده می‌شود که خط منظر از مرکز هر شبکه به ماهواره GPS، عوارض را قطع می‌کند یا نه. در مرحله بعد تعداد ماهواره‌هایی که در دید هر خانه شبکه قرار دارند تخمین زده می‌شود. در صورتی که تعداد ماهواره‌های قابل رؤیت در آن شبکه از چهار تا بیشتر باشد، آن شبکه شبکه‌ای ویژه خواهد بود و این سیستم، خانه مورد نظر از آن شبکه (grid cell) را، برای تعیین موقعیت، مناسب تشخیص می‌دهد. شکل ۲ مفهوم سیستم شبیه‌سازی کامل را برای تخمین در دسترس بودن ماهواره‌های GPS و شبه ماهواره‌ها در هر منطقه نمایش می‌دهد.

علاوه بر این، سیستم شبیه‌سازی می‌تواند ضریب تعدیل دقت ( $Dop$ )<sup>(۱)</sup> و انتشار خطا را با استفاده از اطلاعات دقیق مدارهای ماهواره و نقشه رقومی سه بعدی محاسبه کند. در ضمن این سیستم می‌تواند در تخمین تعداد ماهواره‌های قابل رؤیت GPS یا شبه‌ماهواره‌های فرستنده، همچنین نصب سیستم‌های ماهواره‌ای تعیین موقعیت جدید مانند گالیله یا سیستم ماهواره‌ای Quasi-Zenith کاربرد داشته باشد.



شکل ۲. مفهوم تخمین منطقه قابل دسترسی برای تعیین موقعیت



شکل ۳. وضعیت ماهواره‌های قابل رؤیت GPS در هر خانه شبکه

#### ۴. شرح نحوه اندازه‌گیری سیستم شبیه‌سازی شده

هدف از این تحقیق ارزیابی این موضوع است که آیا استفاده از شبه ماهواره‌ها در کنار سیستم GPS به عنوان مکمل، از نظر

## ۵. نتایج شبیه‌سازی

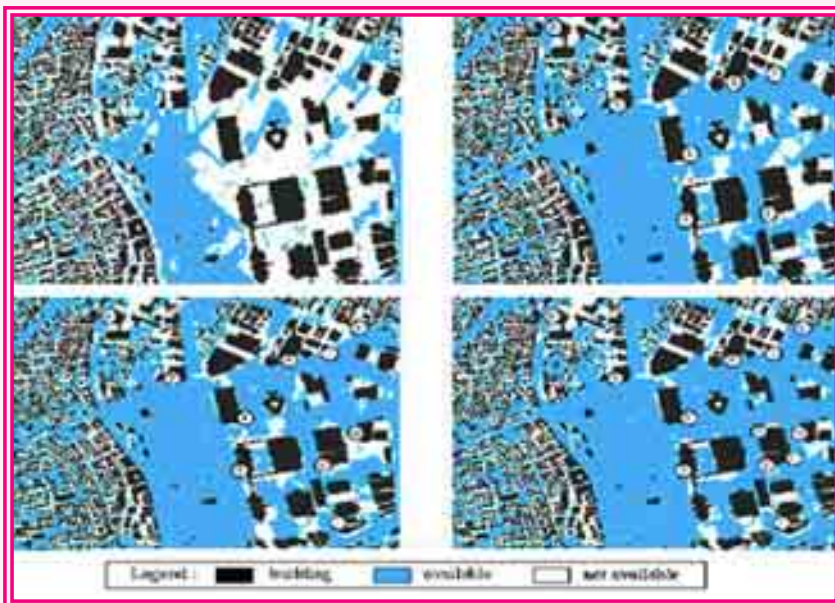
در این قسمت نتایج حاصل از مقایسه تعداد مختلف شبه ماهواره‌هایی که در بخش قبل شرح آن داده شد ارائه می‌شود. در شکل ۴ نتایج حاصل از مقایسه برای تعیین موقعیت زمانی که، فقط از ماهواره‌های GPS به تنهایی (شکل ۴ سمت چپ بالا) استفاده شده و زمانی که از ۸ شبه‌ماهواره (شکل ۴ سمت راست بالا)، ۱۰ شبه‌ماهواره (شکل ۴ سمت چپ پایین) و ۱۲ شبه‌ماهواره (شکل ۴ سمت راست پایین) نیز یاری گرفته شده ارائه شده است. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌کنید، مناطقی که برای تعیین موقعیت در دسترس قرار می‌گیرند، به تدریج با افزایش تعداد شبه‌ماهواره‌ها گسترش می‌یابند. نسبت مناطق قابل دسترس برای تعیین موقعیت در حالتی که فقط از ماهواره‌های GPS استفاده شده ۳۸/۵٪ است و این نسبت برای مناطقی

ماهواره‌های قابل رؤیت توسط دستگاه گیرنده بستگی دارد. به علت اهمیت صرفه اقتصادی و محدودیت‌های محیطی، نصب شبه‌ماهواره‌ها به‌طور نامحدود غیرممکن است. بنابراین سعی می‌کنیم که با حداقل تعداد ماهواره‌ها به حداکثر کارایی دست‌یابیم. در این شبیه‌سازی سعی شد، فرستنده‌های شبه‌ماهواره در فاصله یک متری از دیوار ساختمان‌ها نصب گردند تا خطای چندمسیری که ناشی از انعکاس امواج توسط سطوح نزدیک گیرنده است کاهش یابد. در گام بعدی پراکندگی خطای DOP، که از اندازه‌گیری هندسه ماهواره با مراجعه به سایت مشاهداتی به دست می‌آید محاسبه شد. هندسه ماهواره‌های قابل رؤیت عامل مهمی برای رسیدن به نتایج با کیفیت بالا به خصوص برای تعیین موقعیت است.

شد. (شکل ۳ وضعیت در دسترس بودن ماهواره‌های GPS را به صورت گرافیکی نمایش می‌دهد). این شکل وضعیت در دسترس بودن ۴ ماهواره یا بیشتر را برای هر شبکه در طول مدت ۲۴ ساعت که به چهار بازه زمانی ۶ ساعته تقسیم شده، براساس مفهوم شکل ۲ نمایش می‌دهد.

● همین‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، هنوز بر روی زمین مکان‌هایی مانند مناطق بین ساختمان‌های بلند و ... وجود دارد که سیستم GPS به تنهایی قادر به خدمات‌رسانی به کاربران خود در زمینه تعیین موقعیت نیست. در این تحقیق از شبه‌ماهواره‌ها در کنار سیستم تعیین موقعیت GPS به منظور پوشش مناطقی که در آنها رؤیت ماهواره‌های GPS یا صحت تعیین موقعیت ضعیف است، استفاده شده است. در بین نتایج به دست آمده از مناطقی که برای تعیین موقعیت فقط در رؤیت فرستنده‌های ماهواره‌ای GPS بوده‌اند، نتیجه‌ای که در ساعت ۱۹/۳۰ اول آگوست (شکل ۴ الف) به دست آمده و در آن ضعیف‌ترین پوشش دهی ماهواره‌ای را در طول روز، در زمان شبیه‌سازی داشته‌ایم برای مقایسه انتخاب شده است. در این مقایسه ساختار و مشاهدات ماهواره‌ای (Satellite configuration and satellite observation) یکسان به کار گرفته شده است.

در اولین گام شبه‌ماهواره‌ها را روی ساختمان‌هایی که برای گیرنده‌های GPS ایجاد مناطق کور می‌کردند و بر روی نقشه‌های رقومی سه‌بعدی تعیین موقعیت شده بودند نصب کردیم. می‌دانید به‌طور کلی صحت تعیین موقعیت به تعداد



شکل ۴. وضعیت پوشش مناطق در شرایط متفاوت استفاده از GPS و شبه‌ماهواره‌ها

## ۷. پانوشتها

- 1.Pseudolite
- 2.GPS
- 3.GNSS
- 4.Three dimensional digital map
- 5.Simulation system

۶. فاز حامل غیرنظامی که برای دقت تا حد سانتی‌متر می‌باشد (معادل طول موج ۱۹ سانتی‌متر).

### 7. carrier phase ambiguity

۸. در خود دستگاه گیرنده GPS تعداد سیکل‌های ابهام فاز شمرده نمی‌شود، روشی که برای یافتن تعداد سیکل‌ها به کار گرفته می‌شود روش حل ابهام فاز نامیده می‌شود.

۹. سیستم ماهواره‌ای شبه سمت‌الراسی که از چند ماهواره تشکیل شده و طرح آن توسط کنسرسیومی از بخش خصوصی به دولت ژاپن پیشنهاد شده‌است. این طرح شامل حداقل سه ماهواره است که امواج مشابه ماهواره‌های GPS (شاید گالیله یا گلوناس) ارسال می‌نماید. مدار این ماهواره‌ها به نحوی است که تعداد ماهواره‌ها را در زاویه بالا بر روی ژاپن افزایش می‌دهد (اصطلاح شبه سمت‌الراسی از این بابت انتخاب شده‌است).

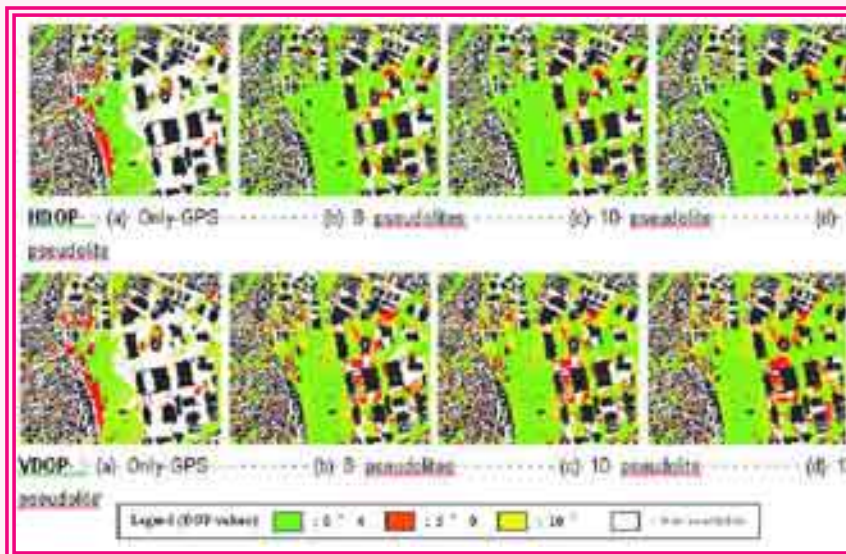
براستی همان‌گونه که نشان داده شد، امکان ارزیابی تناسب و هزینه‌های اقتصادی ناشی از نصب شبه ماهواره‌ها در این سیستم شبیه‌ساز توسعه یافته بدون نیاز به مشاهدات واقعی امکان پذیر است. در نتایجی که با استفاده از این سیستم به دست آمده، این موضوع به اثبات می‌رسد که مکان مناسب و تعداد شبه ماهواره‌ها، بهره‌وری در سیستم تعیین موقعیت دقیق را افزایش داده‌است.

یکی از اهداف آتی، توسعه ابزاری برای تعیین موقعیت بهینه با کمک شبه ماهواره، به صورت خودکار است. علاوه بر این لازم است که مدل انتشار امواج رادیویی برای مقابله با مشکل خطای چند مسیری شدن (که به دلیل سطوح انعکاس دهنده نزدیک گیرنده به وجود می‌آید) توسعه یابد و همچنین ایجاد یک تابع اضافی برای تخمین صحت تعیین موقعیت و ارزیابی انتشار خطای چند مسیری شدن ضروری به نظر می‌رسد.

که از ۸ شبه ماهواره استفاده شده ۶۴/۴٪ و در حالت استفاده از ۱۰ شبه ماهواره ۶۶/۳٪ و زمانی که از ۱۲ شبه ماهواره در منطقه مورد مطالعه استفاده شده به ۷۰/۲٪ می‌رسد. خلاصه اینکه ۱۲ شبه ماهواره می‌تواند شرایط سخت مشاهداتی برای مناطق عمیقی که در بین و زیر سایه ساختمان‌های بلند قرار می‌گیرند و همین طور تعیین موقعیت به صورت مستمر در جاده‌ها را بهبود بخشد. علاوه بر این شکل ۵ توزیع خطای Dop را در حالتی که فقط از سیستم تعیین موقعیت GPS و سیستم GPS تکامل یافته با شبه ماهواره استفاده شده باشد نمایش می‌دهد. در قسمت بالای شکل ۵ خطای  $13^{\text{H}}\text{Dop}$  و در قسمت پایین شکل خطای  $14^{\text{VDop}}$  نمایش داده شده‌است. خلاصه اینکه هرچه تعداد ماهواره‌های مورد استفاده بیشتر باشد، به دقت بالاتری می‌رسیم. شکل‌های ۱.۴ تا ۴.۴ وضعیت پوشش مناطق در شرایط متفاوت استفاده از GPS و شبه ماهواره‌ها را نشان می‌دهند.

## ۶. اهداف و اقدامات آتی

مدارهای ماهواره‌ها در فضا تحت کنترل کاربران نیستند. در حالی که شبه ماهواره‌ها فرستنده‌هایی هستند که به راحتی بر روی زمین و در مناطق مورد نیاز بر روی زمین قابل نصب هستند. بنابراین ما از انعطاف‌پذیری بیشتری جهت تعیین موقعیت برخوردار می‌شویم. اما انتخاب تعداد و مکان شبه ماهواره‌ها با توجه به هزینه‌های اقتصادی و ساختار محیط بسیار مهم است.



شکل ۵. نتایج خطای DOP با افزایش تعداد شبه ماهواره

- [4] James Stafford , 1997 , Practical Investigations on DGPS For Aircraft Precision Approaches Augmented by Pseudolite Carrier Phase Tracking , ION GPS 1997 ,16-19 September , Kansas City C Missouri: 1851-1860
- [5] Liwen Dai , Jun Zhang , Chris Rizos , Shaowei Han , Jinling Wang , 2000, GPS and Pseudolite integration for Deformation Monitoring Application , ION GPS 2000 ,1922 September , Salt Lake City , UT: 1-8
- [6] Sandra Verhagen , 2001 , Ambiguity Resolution and Success Rates with an Integration GNSS-Pseudolite Positioning System , ION GPS 2001,11-14 September , Salt Lake City , UT: 30363043
- [7] Wang , j , Rizos , c , Dai , l , Tsujii , T , Barnes , J , Grejner-Brzezinska , D ,& Toth , C .K , 2001, Integration of GPS and Pseudosatellites : New concepts for precise positioning . IAG Scientific Meeting , Budapest , Hungary , 3-8 September .
- [8] Christian Altmayer , Sven Martin , Stephan Theil , Autonomous Onboard Orbit and Attitude Control of Geostationary Satellites Using Pseudolites ,ION GPS 1998,15-18 September Nashville , Tennessee , UT: 1565-1575
- [9] B .Hofmann- Wellenhof , H.Lichtenegger , J . Collins , 2001 , GPS - Theory and Practice , Fifth , Revised edition , Springer Wien New York.

۱۰. نوعی زبان برنامه نویسی

11. Shinjuku

12. Dilution of precision

ضریب تعدیل دقت از هندسه ماهواره ها یا آرایش مداری ماهواره های GPS را DOP گویند.

13. Horizontal dilution of precision

14. Vertical dilution of precision

## ۸. منابع

- [1] Yong-Cheol Suh , Yusuke Konish, Ryosuke Shibasaki, 2002 Integration GPS and Pseudolite for Seamless Positioning , International Symposium for the 20 Anniversary of KSFP 12-13 April, Seoul, Korea: 77-84
- [2] Yusuke Konish, Ryosuke Shibasaki , 2001, Development of ASimulation System to Estimate Available Area of GPS and Pseudolite , The 22 Asian Conference on Remote Sensing 59 November , Singapore : 1506-1511.
- [3] H.S .Cobb, 1997 , GPS Pseudolites : Theory , Design , and Applications , A Ph.D. dissertation , Stanford Unive rsity.

اطلاع رسانی فناوریهای اطلاعات مکانی

www.GeoRef.ir

خبر آموزش و پژوهش  
بخش خصوصی  
فروشگاه

GIS  
RS  
GPS  
AVL