مزایای کاربرد سیستم GPS همراه با Glonass[1]

نام مقاله: **Advantages of Integrated GPS/GLONASS Operations**

نگارش: **Dr. Jacyues Beser, Dr. M artin Haunschild**

مترجم: مهندس عباسعلی صالح‌آبادی

پیشگفتار

سیستم ناوبری ماهواره‌ای روسیه به نام Glonass معروف شده واواخر سال ۱۹۹۵ م کامل خواهد شد. این سیستم شامل ۲۴ ماهواره می‌باشد که در سه مدار بیضی شکل، و در فاصله ۱۹,۱۰۰ کیلومتری از سطح زمین قرار دارد. این ماهواره‌ها سیستم Glonass را معرفی میکنند. که در معرض مقایسه با سیستم آمریکایی مشابه خودش قرار گرفته است. در اینجا سوالی که مطرح می‌شود این است که چه مزیّتی در کار هر دو سیستم با یک گیرنده وجود خواهد داشت. در حال حاضر هر دو سیستم ناوبری که در حال اجراء هستند مورد بررسی قرار می‌گیرند. سیستم آمریکایی به نام GPS در اوج دوران کارایی خویش و سیستم روسی Glonass که تا آخر سال ۱۹۹۵م کامل خواهد شد. هر کدام از این دو سیستم GPS و Glonass شامل ۲۴ ماهواره می‌باشند. هر چند مشابهت‌های فراوانی بین دو سیستم وجود دارد، ولی خصوصیات هر سیستم کاملا مختلف می‌باشند. به گونه‌ای که در اجرای سیستم مؤثر نمی‌باشند.

کاربردهای تعیین شده

با توجّه به سیستم Glonass با سه مدار بیضی شکل در مقایسه سیستم GPSبا شش مدار بیضی و اختلاف در زاویه میل این ماهواره‌ها با استوا برای هر دو سیستم، در اینجا به جدایی جنبه‌های مورد قبول دو سیستم اشاره می‌کنیم که به عنوان تابعی از عرض ژئودتیک محل مطرح می‌باشند. سیستم Glonass برای استفاده در عرضهای ژئودتیک بالا و سیستم GPS جهت عرضهای متوسط کارایی و پوشش بیشتری دارند. این موضوع باعث افزایش بیشتر زاویه ماسک[2] ماهواره‌ها در مناطق عملیاتی می‌شود.

گیرنده‌ای که مجهز به کاربرد هر دو سیستم GPS و Glonass باشد، امکان استفاده از بهترین وضعیت ماهواره‌ها را در جهان دارد. کارایی یکی از سیستمهای محدودیت ناشی از سیستم دیگر را در عرضهای ژئودتیک خاص ازبین می‌برد. قابلیتهای اضافه شده از سیستم Glonass نه تنها باعث افزایش تعداد ماهواره‌های قابل رؤیت در منطقه می‌شوند، بلکه استفاده از ماهواره‌هایی که در زاویه ارتفاعی بالاتری نسبت به ماهواره‌های GPS هستند، امکان پذیر می‌شود. از طرفی علاوه بر افزایش تعداد ماهواره‌ها و بهبود دقّت هندسی و وضعیت ماهواره‌ها، گیرنده سیستم توأم GPS/Glonass شامل یک کانال امن برای دست یابی به داده‌های ارسالی می‌باشد. یعنی هنگامی که گیرنده GPS/Glonass به وسیله خطای ظاهری S.A.[3] مورد تهدید قرار می‌گیرد، این خطا فقط در مورد امواج ارسالی از ماهواره‌های GPS می‌تواند تأثیرگذارباشد. اگر گیرنده‌ای در اجراءمنحصر به ماهواره‌های Glonass باشد. خطای S.A. بر روی آن هیچ گونه تأثیری نمی‌گذارد و در نهایت دقّت قابل قبول حدود ۱۵ متر الی ۲۰ متر را در فاصله اطمینان ۶۸٪ یا یک سیگما($\delta 1$) برآورد می‌کند.

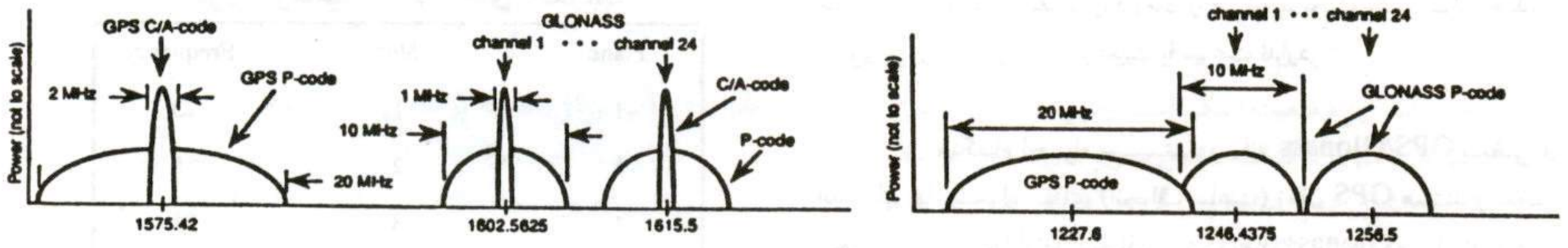
این یک مزیّت مهم می‌باشد، زیرا در زمان اجرای خطای S.A. و طول باز تعیین شده توسط ماهواره‌های GPS دارای دقّت افقی حدود ۵۰ متر در فاصله اطمینان ۶۸٪ درصد است. لذا برای بهتر نمودن دقتها نیازمند به اجرا تکنیکهای تفاضلی برای مشاهدات ماهواره‌ای هستیم. امّا جهت اجراء تکنیکهای تفاضلی و کاهش تأثیر خطای S.A. از نتایج نیاز به انتخاب نقطه کنترل زمینی معلوم[4] و به کارگیری اسبابی همچون Datalink هستیم. نوعی وسیله رادیویی همانند بیسیم است که تصحیحات مربوط به خطاهای سیستماتیک ناشی از اتمسفر و مدار ماهواره را از نقطه کنترل معلوم به گیرنده‌هایی که در نقاط مجهول مستقر هستند و یا

در حال حرکت باشند، ارسال می‌کند. بنابراین اجراء تکنیکهای تفاضلی موجب افزایش هزینه‌های جانبی و پیچیدگی مراحل اجراء توسط گیرنده‌های GPS است. به علاوه P کد سیستم ماهواره‌ای Glonass سری نبوده و به‌طور عادی برروی هر دو فرکانس موج حامل ماهواره قابل رؤیت است، لذا این عامل دقّت خوبی را برای استفاده کنندگان غیرنظامی ارائه می‌دهد که قابل مقایسه با دقتهای yکد ارائه شده توسط GPS است. کاربرد اندازه‌گیریهای فاز امواج حامل هر دو سیستم GPS و Glonass در اجراء، کارایی بهتری را اراده می‌دهند. علت این امر امکان دسترسی بهتر و آسانتر به اندازه‌گیریهای هر دو فرکانس حامل سیستم Glonass است.

سیستم Glonass

سیستم Glonass مشابه با GPS یک سیستم ناوبری ماهواره‌ای می‌باشد که ماهواره‌های آن در طول ۲۴ ساعت دارای پوشش جهانی هستند. و در هر وضعیت و شرایط آب هوایی امکان دسترسی به موقعیتهای دقیق را فراهم می‌سازند. این سیستم نیز اطلاعات مربوط به زمان و سرعت متحرک را برای استفاده کننده‌ای که به‌طور مناسب تجهیز شده باشد، فراهم می‌کند. این سیستم دارای ۲۴ ماهواره در سه مدار صفحه‌ای در ارتفاع ۱۹,۱۰۰ کیلومتری از سطح زمین است. پریود چرخش ماهواره‌ها حول زمین در حدود ۱۱ ساعت و ۱۵ دقیقه است. زاویه میل مدار چرخش آنها با استوا در حدود ۶۴/۸ درجه می‌باشد، که این زاویه برای ماهواره‌های GPS در حدود ۵۵ درجه است. همان طور که قبلاً متذکر شدیم، بالا بودن زاویه میل سیستم Glonass موجب بالا رفتن کارآیی این سیستم در مناطق با عرض ژئودتیک بسیار بالا است. همانند سیستم GPS، ماهواره‌های سیستم Glonass نیز موقعیتهای دقیق[5] و غیردقیق[6] خودشان را برای گیرنده‌های زمینی ارسال می‌کنند. امّا اطلاعات و داده‌های ارسالی از ماهواره به شکل مختصات فیکس و ثابت شده نسبت به مرکز ثقل زمین[7] است. همچنین این ماهواره‌ها اطلاعات مربوط به ضرایب واسطه یابی (انترپولاسیون) برونی معادلات مدار حرکت ماهواره‌ها را در مقایسه با پارامترهای مداری ارسالی توسط GPS، برای گیرنده‌های زمینی خویش ارسال می‌کنند. بخش کنترل زمینی سیستم Glonass در زمینه هدف و عملکرد مشابه GPS است هرچند که هنوز اطلاعات کمی در این مورد در مقایسه با GPS در کشورهای غربی وجود دارد. همچنین بخش استفاده کنندگان سیستم. شامل تجهیزاتی و وسایلی می‌باشند که کار تعقیب و مشاهده ماهواره‌ها را انجام می‌دهند. سپس زمان، سرعت، موقعیت خویش، اطلاعات و اندازه‌گیریهای ماهواره‌ای را نیز مشخص می‌سازند. هر ماهواره Glonass از دو فرکانس حامل در طول موج باند L استفاده می‌کند که برعکس سیستم GPS برای هر ماهواره مختلف است. L_1 از فرکانس ۱۶۰۲/۵۶۲۵ مگاهرتز تاا ۱۶۱۵/۵ مگاهرتز نوسانهای ۰/۵۶۲۵ مگاهرتزی متغیّر است. امّا تغییرات باند L_2 از فرکانس ۱۲۴۶/۴۳۷۵ مگاهرتز تا ۱۲۵۶/۵ مگاهرتز در نوسانهای ۰/۴۳۷۵ مگاهرتزی متغیّر می‌باشد. بنابراین ۲۴ کانال فرکانس برای هریک از امواج L_2,L_1 تولید می‌شود. هر کدام از این امواج حامل L_2,L_1 می‌توانند با کدهای دقیق P با فرکانس ۰/۵۱۱ مگاهرتز و کد غیردقیق C/A[8] با فرکانس ۰/۵۱۱ مگاهرتز کار کنند. البته معمولاً کد P فقط برروی موج L_2 قرار دارد. سیگنالهای Binary (رشته‌ای از اعداد صفر و یک) به وسیله کدهای P یا C/A تولید می‌شوند. این سیگنالها تا میزان 50bps (Bite در ثانیه) اطلاعات را روی موج L_1 مدوله می‌کنند. سیگنالهای Pکد و C/Aکد به صورت مجذور فاز به موج حامل L_1 مدوله و اضافه می‌شوند. البته موج L_2 تنها باکد P مدول خواهد شد. Pکد در واقع یک رشته شبه تصادفی از اعداد صفر و یک است که دارای پریود و دوره تناوب ۱ ثانیه می‌باشد در حالی که C/Aکد رشته‌ای شبه تصادفی[9] با دوره تناوب ۱ میلی ثانیه است. در مقام مقایسه با سیستم GPS که تمامی کدها برای هر ماهواره‌ای منحصر به فرد و یگانه می‌باشد، در سیستم Glonass کد یگانه‌ای برای تمامی ماهواره‌های سیستم به کار برده می‌شود. گیرنده Glonass به محض دریافت کد از ماهواره، کد مشابهی را برای P و C/A تولید می‌نماید. انحراف زمانی بین کدهای ارسالی از ماهواره و کدهای مشابه همسان بازسازی شده درگیرنده به وسیله گیرنده مقایسه می‌شوند ونهایتاً مدت زمان عبور موج از ماهواره تا گیرنده اندازه‌گیری خواهد شد. برای استفاده کنندگان شخصی و غیرنظامی GPS، دقّت قابل دستیابی از طریق Glonass حقیقتاً نسبت به دقتهای ارائه شده توسط سیستم GPS ارجحتر است، زیرا خطای مدار S.A. در مورد ماهواره‌های Glonass ارسال نمی‌شود. از طرفی در زمینه تلاش برای کاهش وسعت باند فرکانس[10] مورد استفاده ماهواره‌های Glonass و نیز کاهش تداخل امواج ناشی از تشعشعات مغناطیسی جوّ زمین، طراحان سیستم Glonass طرح فرکانس انتقالی ذیل را برای ماهواره‌ها فرموله میکنند. تا سال ۱۳۷۷ هجری شمسی، کانالهای فرکانس ۱۳ الی ۲۱ از طریق اجرا یک ترکیب هندسی متقابل،تا آن‌جاییکه امکان پذیر باشد، از همدیگر مجزا نگاه داشته خواهند شد، بدین شکل که دو ماهواره موجود در یک مدار مشابه از طریق انتظار اطلاعات افمریز[11] در زاویه ۱۸۰ درجه نسبت به همدیگر برروی یک فرکانس یکسان از یکدیگر تفکیک می‌شوند. از سال ۱۳۷۷ هجری شمسی تا سال ۱۳۸۴ هجری شمسی، تمامی کانالهای فرکانسی از ۱۳ بالاتر استفاده نخواهند شد. فقط از کانال ۱۳ ممکن است تا اندازه‌ای استفاده شود. البته بعد از سال ۱۳۸۴ هجری شمسی باند فرکانس از محدوده صفر الی ۱۲ به محدوده ۷- الی ۸+ تغییر پیدا می‌کند.

خلاصه‌ای از ویژگی سیگنالهای GPS و Glonass درنگاره (۱) نشان داده شده است و دیگر ویژگی این سیستمها در جدول شماره ۱ نیز آورده شده است. جدول شماره ۲ وضعیت هندسی ماهواره‌ها را از تاریخ دهم ماه August سال ۱۹۹۵ م مصادف با نوزدهم مردادماه سال ۱۳۷۴ هجری شمسی به نمایش می‌گذارد. این جدول نشان می‌دهد که در حدود ۱۸ ماهواره در حال انتشار افمریز (اطلاعات مداری) در فضا وجود دارند. فراموش نشود که ماهواره‌های موجود در کانال ۱۸ (فرکانس ۱۰) تا تاریخ جولای ۱۹۹۵ م مصادف با تیرماه ۱۳۷۴ هجری شمسی تحت تعمیر و مراقبت بوده‌اند و بعد ا این تاریخ تا دهم ماه August (نوزدهم امرداد)



نگاره (۱): کاربرد فرکانسهای سیستم GPS در مقایسه با Glonass

Glonass	GPS
● سیستم پخش امواج جهانی	● سیستم پخش امواج جهانی
● ارسال همزمان علائم با یک فرکانس با امواج حامل	● ارسال همزمان علائم به صورت کد برروی امواج حامل
● ۲۴ ماهواره در سه مدار بیضی شکل	● ۲۴ ماهواره در شش مدار بیضی شکل
● دوره تناوب چرخش ماهواره‌ها در مدار ۱۱ ساعت و ۱۵ دقیقه	● دوره تناوب چرخش ماهواره‌ها در مدار ۱۱ ساعت و ۱۵ دقیقه
● زاویه میل صفحه مدار ماهواره‌ها نسبت به استوا تقریباً ۶۵ درجه است	● زاویه میل صفحه مدار ماهواره‌ها نسبت به استوا تقریباً ۵۵ درجه است
● عدم اجرای خطای (S.A) برروی ماهواره‌ها	● اجرای خطای (S.A) برروی ماهواره‌ها
● موقعیت ECEF منتشره ماهواره‌ها سرعت، شتاب آن هر ۳۰ دقیقه به روز می‌شود و تغییر می‌کند	● اطلاعات مداری منتشره ماهواره هر ساعت به روز می‌شود و تغییر می‌کند
● سطح مبناء ژئوسنتریک آن بیضوی SGS-90	● سطح مبناء ژئوسنتریک آن بیضوی جهانی WGS-84
● زمان Glonass ماهواره‌ها با زمان جهانی واتمی (UTC)su همزمان شده است	● زمان GPS ماهواره‌ها با زمان جهانی واتمی UTC(USNO) همزمان شده است

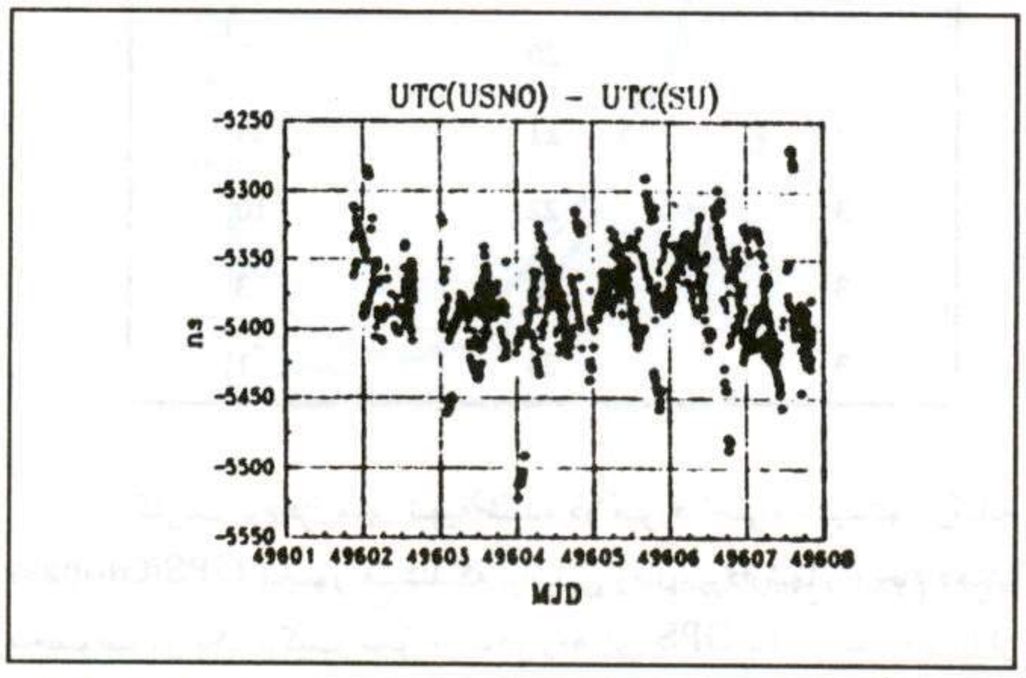
جدول (۱): ویژگیهای GPS و Glonass

همان سال مجدداً فعّال شده‌اند.

همچنین دو ماهواره در بیست وچهار جولای (دوم امردادماه) در مدار قرار گرفتند که قرار بود در طول دو هفته دیگر فعّال شوند. تنها یک پرتاب ماهواره دیگر تا پایان امسال در طرح لیست قرار دارد. با این پرتاب ترکیب هندسی ماهواره‌های سیستم Glonass کامل خواهد شد.

اجرای سیستم دوگانه GPS/Glonass

یکی از مزایای این سیستم این است که در زمان شروع کارکرد گیرنده زمان کوتاهتری جهت دست یابی به ماهواره‌های بیشتری وجود دارد. بنابراین با افزایش تعداد ماهواره‌های قابل رؤیت برای گیرنده در هر زمان و هر مکان احتمال دست یابی به ماهواره‌ها بیشتر می‌شود. پوشش بیشتر ماهواره در هنگام کارکرد گیرنده در مناطق و محیطهای پرموانع (همانند قرارگیری در بین ساختمانهای بلند) یکی از مزایای عمده سیستم دوگانه GPS/Glonass می‌باشد. این نکته یکی از ویژگیهای اولیه این سیستم در هنگام به کارگیری است. در مناطقی که درختان و کوهها و ساختمانهای بلند اطراف گیرنده را احاطه نموده‌اند این مزیّت عامل اساسی در اندازه‌گیریهای امواج پیوسته ارسالی از ماهواره‌ها است. استفاده از سیستم دوگانه GPS/Glonass در واقع تعداد و وضعیت هندسی ماهواره‌ها را در این گونه مناطق افزایش می‌دهد و موجب توانایی و کارایی بیشتر سیستم می‌شود. دقّت استاندارد موقعیت افقی GPS یا (SPS) در فاصله اطمینان ٪۹۵ (2D RMS) در حدود ۱۰۰ متر می‌باشد. این معیار به‌طور تقریبی برای ما دقّت ۵۰ متر را در فاصله اطمینان ٪۶۸ را ارائه می‌دهد. اگرچنانچه HDOP برابر ۲ باشد در آن صورت به دقّت ۲۵ متر در اندازه‌گیریها خواهیم رسید، HDOP در واقع تأثیر وضعیت هندسی ماهواره‌ها برروی دقّت موقعیت افقی ایستگاه می‌باشد. در مورد اندازه‌گیری با سیستم Glonass تجربه نشان داده است که در فاصله اطمینان ٪۶۸ (۱) دقّت اندازه‌گیریها در حدود ۸ متر است.



نگارهٔ ۲: اختلاف (UTC) زمان اتمی جهانی از زمانهای USNO و SU با کاربرد گیرنده یک فرکانسه L_1 و C/A کد R-100/20 از ششم سپتامبر تا دوازدهم سپتامبر ۱۹۹۴ م در سازمان 3 S & Navigation

جدول ۲ وضعیت ماهواره‌های Glonass

Plane	Slot	Frequency
1	1	23
1	2	5
1	3	21
1	4	12
1	5	23
1	6	13
1	7	21
1	8	2
2	9	-
2	10	-
2	11	-
2	12	22
2	13	-
2	14	9
2	15	-
2	16	22
3	17	24
3	18	-
3	19	3
3	20	1
3	21	24
3	22	10
3	23	3
3	24	1

اکثریت نرم‌افزارهای تهیه شده در مورد اجراء سیستم دوگانه GPS/Glonass مجبور هستند که براساس زمان، پردازشها را انجام دهند. مخصوصاً در یک ترکیب مجزّا از ماهواره‌های GPS یا ترکیب مجزا از ماهواره‌های Glonass تمامی اندازه‌گیریهای مشمول خطای انحراف ساعت گیرنده از زمان GPS یا زمان Glonass هستند. بسته به آن‌که کدام یک از این سیستمها در این ترکیب مجزا منحصراً به کار برده شوند، این انحراف را شامل می‌شوند. از آنجایی که این خطا برای تمامی اندازه‌گیریها مشترک می‌باشد لذا تنها برآورد زمان را می‌تواند تحت تأثیر قرار دهد، و تأثیری برروی برآوردهای موقعیت یا سرعت ندارد.

در هنگام اجراء سیستم دوگانه GPS/Glonass بعضی از اندازه‌گیریها مشمول خطای (انحراف ساعت) زمان GPS هستند و بعضی دیگر از اندازه‌گیریها شامل انحراف ساعت زمان Glonass می‌باشند. واضح است که دسترسی به دقتهای مورد قبول در موقعیت لزوم معلوم بودن مراجع زمانی Glonass,GPS را می‌طلبد. زمان GPS با زمان UTC (USNO) یازمان اتمی و جهانی واشنگتن مرتبط است و زمان Glonass با زمان اتمی ایستگاه مسکویا UTC (SU) ارتباط دارد. همان طور که در نگارهٔ ۲ ملاحظه می‌شود این اختلاف می‌تواند به چندین میکروثانیه برسد، این امر در دقّت روش اجراء سیستم دوگانه GPS/Glonass حائز اهمیت است. انحراف دیگری که از اجزا سیستم دوگانه پدیدار می‌شود ناشی از اختلاف بین بیضویهای مورد استفاده در دو سیستم است.

همان طور که در نگارهٔ ۲ ملاحظه می‌شود این اختلاف می‌تواند به چندین میکروثانیه برسد، که این امر در دقّت روش اجراء سیستم دوگانه GPS/Glonass حائز اهمیت است. انحراف دیگری که از اجزای سیستم دوگانه پدیدار می‌شود ناشی از اختلاف بین بیضویهای مورد استفاده در دو سیستم است. بیضوی GPS همان بیضوی جهانی و ژئوسنتریک WGS-84 (World Geodetic survey) سال ۱۹۸۴ م می‌باشد در حالی که بیضوی Glonass، سیستم مختصات ژئوسنتریک روسیه یا (SES-90)یا Saviet Geocentric Coordinate System سال ۱۹۹۰ م است.

از آن جایی که اطلاعات مداری و مکانی منتشره از ماهواره‌های Glonass برمبنای مختصات کارتزین ژئوسنتریک سیستم SGS-90[12] می‌باشد و در مورد GPS، اطلاعات افمریز و الگوریتم پیش بینی و محاسبه موقعیت ماهواره‌ها براساس مختصات کارتزین ژئوسنتریک سیستم WGS-84 است. بنابراین باید ارتباط بین دو بیضوی به‌طور صریح مشخص شده باشد.

دقّت کلّ و صریح بودن سیستم

دقّت کلّی موقعیت در معنی آماری آن از طریق حاصل ضرب دقّت اندازه‌گیریها در PDOP[13] (دقّت هندسی وضعیت ماهواره‌ها) حاصل می‌شود.

سطح مبنای[14] GPS همان بیضوی جهانی و ژئوسنتریک WGS-84[15] است در حالی که سطح مبنای Glonass سیستم مختصات ژئوسنتریک شوروی یا SGS-90 می‌باشد. از آنجایی که اطلاعات مداری و مکانی منتشره از ماهواره‌ها Glonass برمبنای مختصات کارتزین و ژئوسنتریک سیستم (SGS-90) می‌باشد در حالی که در مورد GPS اطلاعات افمریز و الگوریتم محاسبه و پیش‌بینی موقعیت

ماهواره‌ها براساس مختصات کارتزین و ژئوسنتریک سیستم WGS-84 می‌باشد، لذا ارتباط بین دو بیضوی باید به‌طور صریح مشخص و معیّن شده باشد.

دقّت کلّ و میزان قابلیّت سیستم

دقّت کلّی موقعیت در معنی آماری آن، از طریق حاصل ضرب دقّت اندازه‌گیریها در PDOP حاصل می‌شود. دقّت اندازه‌گیریهای Glonass در حدود ۸ متر و دقّت GPS در هنگام اجراء خطای .S.A در حدود ۲۵ متر است. اگر چنانچه PDOP را برابر با عدد ۳ فرض نمائیم. در آن صورت استفاده از GPS ما را به دقّت حدود ۷۵ متر در سطح اطمینان

(δ ۱) ۶۸ درصد می‌رساند، در حالی که با Glonass به دقّت ۲۴ متر در همان سطح اطمینان خواهیم رسید. دقّت اجراء دوگانه سیستم GPS/Glonass بستگی به ترکیب تأثیر بهبودی PDOP برروی هر سیستم به تنهایی دارد، به گونه‌ای که این اثر در زاویه متقابل با کاهش دقّت انداه‌گیریهای GPS نسبت به Glonass است همچنین این موضوع در مورد خطای باقیمانده‌ها در برآورد اختلاف بین مراجع زمانی دو سیستم نیز مصداق دارد. با صریح بودن سیستم[۱۶]، یک مانع بزرگ در پذیرش گسترده GPS یا Glonass می‌باشد. در هنگام اجراء یگانه سیستم GPS یا Glonass صریح بودن حل را می‌توان به وسیله اجرای حل ریاضی[۱۷] با کاربرد کلیهٔ معادلات موجود در حل آزمایش نمود. زمانی که تعداد مشاهدات یا معادلات ریاضی بیشتر از تعداد مجهولات باشند در آن صورت ما با یک اجرای حل ریاضی مواجه هستیم. در این حالت از طریق معادله‌ها مشاهدات اضافی می‌توان مجدداً به مجهولات دسترسی یافت. این موضوع صراحت جواب حل ریاضی معادله‌ها را دچار مشکل می‌کند. بنابراین از طریق سرشکنی به روش کمترین مربعات بهترین و محتملترین جواب از طریق آمار برای مجهولات برآورد می‌شود. به یک چنین روشی حل کمترین مربعات مجهولات گفته می‌شود.

برای مثال هنگامی که اندازه‌گیریهای ۵ ماهواره موجود باشد، بنابراین پنج ترکیب یا پنج حل بین ۴ ماهواره به‌وجود می‌آید. اگر یکی از ماهواره‌ها اندازه‌گیریهای بد را ارائه دهد یکی از پنج حل می‌خواهد خوب باشد، در حالی که چهار حل دیگر ضعیف جلوه می‌کنند، بنابراین ماهواره بد مشخص و تعیین می‌شود.

امّا این روش حلّ با توجّه به تعداد مشاهدات ماهواره‌ای نیاز به محاسبهٔ حلهای ریاضی فراوان دارد، و بار محاسباتی زیادی را بردوش پردازشگر گیرنده می‌گذارد. روش حل دیگری که قصدپردازش تمامی ماهواره‌ها را در یک لحظه[۱۸] دارد، می‌تواند در اینجا مطرح شود. این روش حل با ترکیبی از آزمایش تمامی باقیمانده‌ها به سرعت می‌تواند ماهواره بد را بدون احتیاج به محاسبهٔ حلهای ریاضی چندگانه به دست آورد. این روش از حل نیازمند به ۵ ماهواره یا بیشتر در هر لحظهٔ زمانی داده شده است. هر سیستم به تنهایی نمی‌تواند شرایط فوق را به علّت محدودیتهای موجود در رؤیت ماهواره‌ها فراهم نمایند. اجراء سیستم دوگانه GPS/Glonass با دو برابر شدن تعدادماهواره‌ها شرایط بهتری را برای بالا بردن توانایی حل صریح مجهولات فراهم می‌سازد.

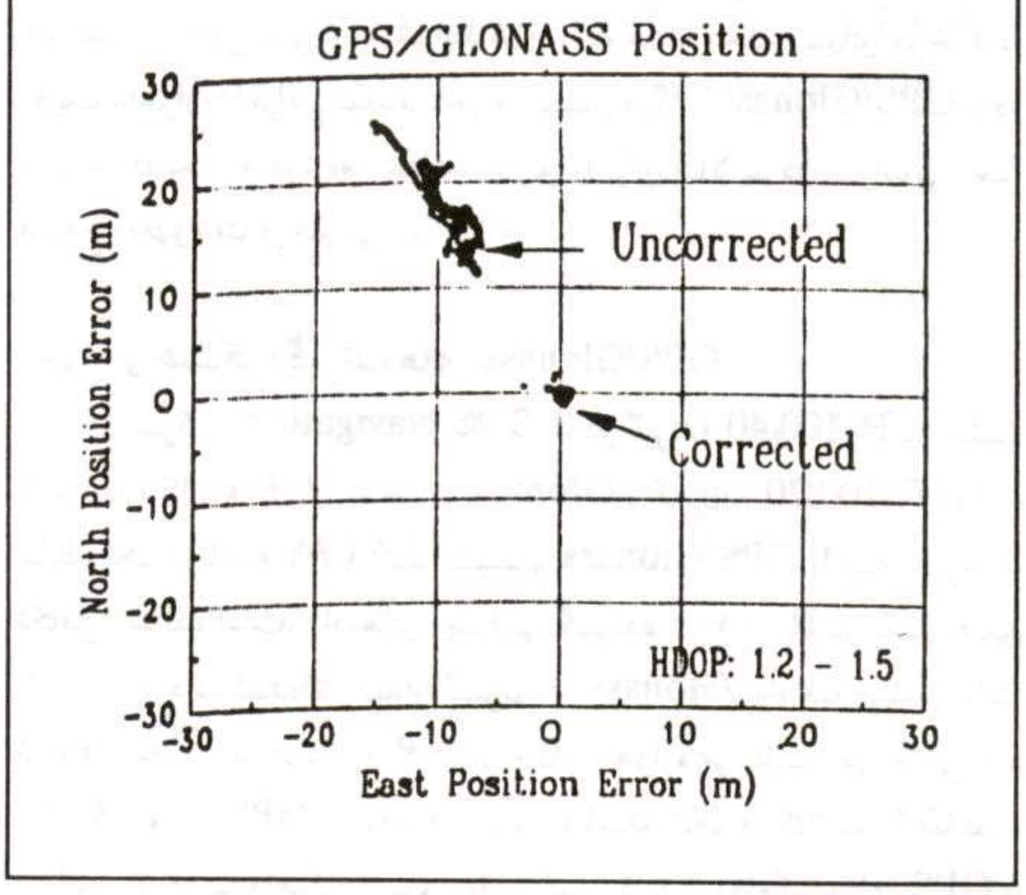
اجراء و عملکردگیرنده‌های GPS/Glonass

شرکت 3 S & Navigation دو گیرنده R-100/40 با هشت کانال دوفرکانسه P کد سیستم Glonass و گیرنده R-100/20 دوازده کاناله تک فرکانسه C/A کد سیستم GPS/Glonass را به مرحلهٔ تکامل رسانده است. داده‌های اجرایی گیرنده R - ۱۰۰ در نگاره‌های ۳ و ۴ نشان داده شده‌اند. اندازه‌گیریهای Glonass در واقع مشاهدات شبه فاصله[۱۹] تک فرکانسه P کد از چهار ماهواره می‌باشند. در حالی که اندازه‌گیریهای GPS مشاهدات شبه فاصله تک فرکانسه C/A کد دریافتی از هفت ماهواره است. حل ترکیبی کلیهٔ اندازه‌گیریهای GPS و Glonass را پردازش می‌کند. گیرنده‌های GPS/Glonass می‌توانند به طریق تفاضلی اندازه‌گیریهای کد و فاز حامل[۲۰] را مورد استفاده قرار دهند.

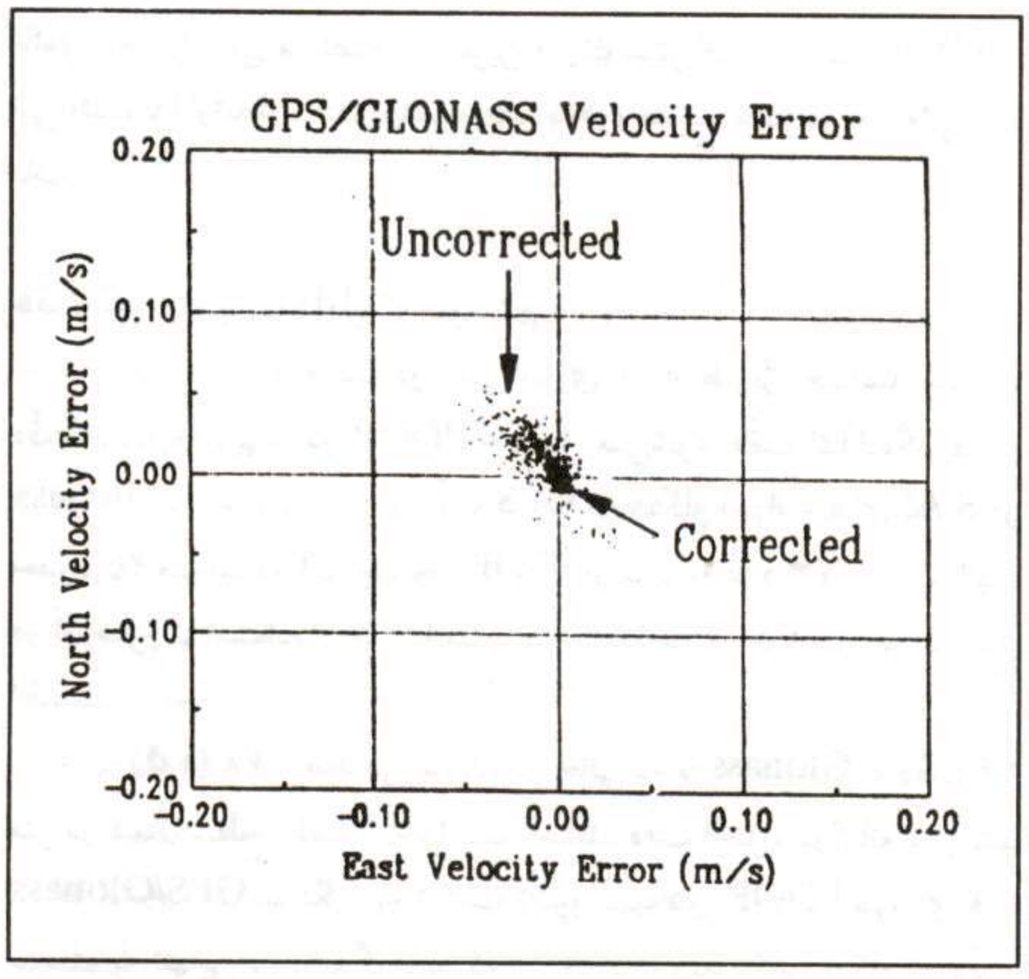
تلاش برای اجرای غیرتفاضلی گیرنده در مورد سرعت متحرّک و موقعیّت آن در نگاره‌های ۳ و ۴ نمایش داده شده است. البته به استثناء اندازه‌گیریهای تفاضلی مربوط به طولهای باز کوتاه، تأخیر یونسفریک بخش اساسی خطای باقیمانده‌ها را در اندازه‌گیریها تشکیل می‌دهد. اندازه‌گیریهای فرکانس دوگانه Glonass امکان اندازه‌گیری و حذف تأخیر زمانی یونسفریک را برای مشاهدات امکان پذیر می‌سازد. از این اطلاعات جهت رسیدن به یک برآورد خوب از تأخیرات یونسفریک در مورد مشاهدات ما را یاری می‌کنند. زیرا در مورد GPS تنها می‌توان مشاهدات تک فرکانسه و C/A کد را اندازه‌گیری و ثبت نمود. گیرنده‌های سری R-100 برای مقایسه دقیق زمان نیز می‌توانند مورد استفاده واقع شوند. انتقال زمان در گیرنده‌ها براساس استانداردهای ارائه شده به وسیله موسسه بین المللی BIPM[۲۱] و کمیته مشورتی CCDS[۲۲] انجام می‌پذیرد.

حل کمترین مربعات برای انطباق مجموعه‌های ۱۵ ثانیه‌ای از مشاهدات کد (شبه فاصله) که در هر لحظه زمانی جمع آوری می‌شوند، انجام می‌گیرد. به وسیلهٔ یک نرم افزار اضافی از گیرنده R-100/40 می‌توان به عنوان یک ایستگاه مرجع برای هر دو سیستم GPS و Glonass استفاده نمود.

در چنین حالتی تصحیحات مربوط به مشاهدات کد و فاز حامل در فرمت RTCM-SC-104 تولید می‌شوند. □



نگارهٔ ۳: خطای موقعیت افقی با کاربرد اندازه‌گیرهای تصحیح نشده و اندازه‌گیریهای تصحیح شده از طریق تفاضلی در نهم سپتامبر ۱۹۹۴ م



نگارهٔ ۴: خطای سرعت افقی با کاربرد اندازه‌گیریهای تصحیح نشده و اندازه‌گیریهای تصحیح شده از طریق تفاضلی در نهم سپتامبر ۱۹۹۴ م

پاورقی:

1) Global Navigation Satellite System
2) cut-off angle
3) Selective Avialability
4) Reference Point
5) Precise
6) Broadcast
7) Earth - Centered - Earth - Fixed
8) Coarsc Acquisition
9) Pseudorandom Sequence
10) Band with
11) Ephemeris
12) SGS-90: Soviet Geocentric Coordinate System 1990
13) PDOP: Positioning Dilution of Precesion
14) Datum
15) WGS-84 ^World Geodetic Surver - 1984
16) Integrity
17) Overdetermine solution
18) All-in-view
19) Pseudorange
20) Carrier Phase
21) CCDS : Comite Consultatif Pour Definition de la Seconde
22) BIPM : Bureau International dos Poids et Mesures