بکارگیری سیستم GPS در طرح 1:25000 تهران

از: مهندس عباسعلی صالح آبادی
سازمان جغرافیایی

پیشگفتار

درشأن و منزلت مقالاتی که بازگو کننده تحقیقات با روشهای جدید در جهان نقشه‌برداری هستند تردیدی وجود ندارد ولی به نظر نگارنده ارائه گزارشی از کارهای نو با ابزارنو با روش نو با طرح مقاله‌ای از تحقیقات و مطالعات انجام شده در کشور توسط کارشناسان ایرانی در نشریات علمی‌وفنی نقشه‌برداری کشور جلوه‌خاصی دارد و باید به آن اهمیت و اعتبار دیگری داد. با این احتمال که کلام گفته‌شده از دیدگاه دیگران تجربه‌ای قدیمی یا حرفی معمولی باشد.

بررسی نشریات معتبر نقشه‌برداری جهان بویژه نشریات چند منظوره که معرف طیف کلی فن نقشه‌برداری هستند نشان می‌دهند که بخشی از مقالات ارائه شده به معرفی تجربه‌های کاربردی نقشه‌برداری اختصاص دارد. یعنی یک کارشناس یا گروهی از کارشناسان نقشه‌برداری پس از انجام یک کار متداول نقشه‌برداری باروشی خاص که به اعتقاد آنها در کوتاه کردن زمان نیل به اهداف طرح یا اقتصادی کردن آن مؤثر بوده‌است، نتایج و تجربیات حاصل را طی مقاله‌ای در دیدگاه دیگر همکاران قرار داده‌اند هرچند که ابزار ریاضی مقاله‌مورد نظر نسبت به مقالات تخصصی ژئودزی یا فتوگرامتری کمتر باشد ولی به عنوان ارائه یک تجربه اهمیت ویژه‌ای دارد.

باید برای همه نقشه‌برداران خصوصاً کارشناسان جوان ما این باور به وجود آید که هر نوع تجربه با نوآوری و هرگونه ابتکار در زمینه‌های گوناگون نقشه‌برداری می‌تواند به عنوان یک مجموعه مفید قابل درج در نشریه‌های علمی وفنی کشور ارائه گردد. این شیوه سبب خواهد شد که اولاً کارشناسان در طراحی و اجرای عملیات، اندیشهٔ بیشتری مبذول دارند. ثانیاً تجربه‌ها، ابتکار و نوآوری آنها در عملیات مشابه برای دیگر همکاران قابل استفاده گردد. ثالثاً به گزارش نویسی و نتایج را به زبان آماربیان کردن رغبت نشان دهند و مهمتر اینکه به تدریج این نوع توجه و تعمق به یادگیری تحقیقات و پژوهشهای پیشگام در نقشه‌برداری منجر می‌شود.

نمونه جالب این نوع برخورد ارائه مقاله «بکارگیری سیستم G.P.S در طرح ۱:۲۵٫۰۰۰ تهران» در مجله سپهر می‌باشد.

سیستمهای تعیین موقعیت ماهواره‌ای در چند سال اخیر با چنان شتابی متحول و فراگیر شده‌اند که از مرزهای پیش‌بینی شده قبلی هم فراتر رفته‌اند. کاربرد این سیستمها در کلیه مسائل تعیین موقعیت با طیفهای متفاوت مورد دقت نظر: ژئودزی ـ تعیین مقدار جا به جایی پدیده‌های زمین‌شناسی ـ تعیین مسیرها ـ عملیات نقاط کنترل عکسی ـ عملیات هیدروگرافی و غیره به صورت گسترده‌ای متداول شده‌اند. متناسب با نیازهای موجود ابزارنو با نرم افزار جدید به بازار مصرف عرضه شده‌است.

رقابت فشردهٔ سازندگان بین‌المللی وسائل الکترونیکی نقشه‌برداری در زمینه ساخت سیستمهای تعیین موقعیت ماهواره‌ای چه از نظر سخت افزاری و چه از نظر نرم افزاری به منظور ارائه دستگاههای دقیقتر، ساده‌تر، کم‌وزن‌تر (با کاهش قیمت) همچنان ادامه دارد. بدین ترتیب گیرنده‌های ماهواره‌ای که با استفاده از عنوان فضا و ماهواره در چند سال گذشته جایگاه برآوازه‌ای دست و پا کرده بودند. به جبر زمان و با پیشرفت سریع تکنولوژی به سرعت از آن مقام جبروتی نزول کرده و در کنار دیگر همقطاران قدیمی: ترازیابها و زاویه یابها و طول یابها، در هر کارگاه نقشه‌برداری به ارائه خدمات پرداخته‌اند و بدین ترتیب رؤیای طلایی نقشه‌برداران همه زمانها به حقیقت پیوسته است با این جعبه جادویی به آسانی می‌دانند کجای زمین ایستاده‌اند و دیگر برای ایجاد شبکه‌ای با مختصات معلوم نیازی به عقابان بلند پرواز ژئودزی نیست.

سیستمهای تعیین موقعیت ماهواره‌ای از اولین نسل آن JMR تا G.P.S در کشور تجربه شده و می‌شود. ارائه مقالات در این زمینه خصوصاً تجزیه و تحلیل اقتصادی ـ فنی عملیات کاربردی آنها چه برای نقشه‌برداریهای بنیادی و چه برای خدمات موردی مفید و راهگشا خواهد بود.

منوچهر کوشا

مقالهٔ ذیل ، نقدی گذرا بر ارزیابی نتایج بدست آمده از تعیین ـ وقعیت نقاط کنترل طرح ۱:۲۵,۰۰۰ تهران با استفاده از سیستم G.P.S می‌باشد . امروزه کمتر نقشه‌برداری را می‌توان یافت که نام و نشانی از سیستم ماهواره‌ای G.P.S را نشنیده یا ندیده باشد . سیستم G.P.S با آنکه مدت زمان کوتاهی از عمر ایجاد این سیستم نمی‌گذرد ، ولی در همین مدت کوتاه این سیستم به‌خوبی توانسته است کارایی و کاربرد خویش را در اکثر پروژه‌های نقشه‌برداری و مهندسی نشان دهد.

یکی از این پروژه‌ها که براساس روش تعیین موقعیت سیستم G.P.S انجام گرفته است ، طرح تهیهٔ نقشه‌های ۱:۲۵,۰۰۰ تهران و شهرک‌های اطراف آن می‌باشد. این طرح شامل چهار بلوک فتوگرامتری (که وسعت هر بلوک ۸۰ × ۴۰ کیلومتر مربع) است . همان طورکه می‌دانیم برای اجراء هر پروژه مهندسی و عمرانی ما نیاز به نقشه‌های کوچک مقیاس داریم ؛ تا طراحی و مطالعات اولیه را برروی این نقشه‌های کوچک‌مقیاس انجام بدهیم . ازآنجاییکه نقشه‌های کوچک‌مقیاس فعلی کشور (۱:۱۰۰,۰۰۰) دارای اطلاعات کم و همچنین اکثریت اطلاعات قدیمی هستند ؛ و ازطرفی با توجه به شرایط مملکت که در مرحله بازسازی به‌سر می‌برد ، ضرورت تهیه این نقشه‌ها هماوره احساس می‌شود . بنابر همین ضرورت در تاریخ شهریورماه سال ۱۳۶۹ (هجری شمسی) ریاست محترم سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح دستور تهیهٔ نقشه‌های ۱:۲۵,۰۰۰ تهران و شهرک‌های اطراف آن را به دایرهٔ ژئودزی و فتوگرامتری سازمان جغرافیایی ابلاغ نمودند ؛ تا بدین وسیله به‌توان نمونه‌ای از کارایی‌های این سازمان در تهیهٔ نقشه‌های بوشش را به‌وسیله این طرح به‌اثبات برسانیم . قبل از انجام توضیحات بیشتر در مورد این موضوع ابتدا لازم می‌دانیم که توضیح مختصری در مورد اصول سیستم G.P.S را ارائه بدهیم . اصولا ماهواره‌های G.P.S شامل ۲۴ ماهواره می‌باشند ؛ که در فاصله ۲۰,۰۰۰ کیلومتری سطح زمین قرار دارند و به دور زمین دوران می کنند. این ماهواره‌ها در روی شش مدار بیضی شکل قرار دارند که هر مدار شامل چهار ماهواره بوده و ماهواره‌ها هر ۲۴ ساعت دو بار حول محور زمین دوران می کنند.

اصول اندازه‌گیری در سیستم G.P.S بدین صورت می‌باشد که یک ماهواره G.P.S که در روی مدار قرار دارد ، اطلاعات مربوط به موقعیت مداری خویش نسبت به یک سیستم جهانی (ژئوسنتریک) را به‌صورت کد روی امواج حامل با فرکانس‌های ۱۵۰۰ مگاهرتز و ۱۲۰۰ مگاهرتز به زمین ارسال می کند. این اطلاعات توسط گیرنده دریافت و سپس ذخیره شده ، در داخل کامپیوتر تخلیه می‌شوند؛ با توجه به نرم افزارهای مختلف که در کامپیوتر موجود می‌باشند ، روابط ریاضی که در اصول سیستم G.P.S معتبر هستند ؛ اطلاعات آن پردازش شده و در نهایت از پردازش آنها اختلاف مختصات بین دو نقطه، طول شیب‌دار ، آزیموت ژئودتیک و اختلاف ارتفاع بین دو نقطه بدست می‌آید. همچنین می‌توان فاصله گیرنده تا ماهواره را بدست آورد.

شبکه G.P.S طراحی شده برای طرح ۱:۲۵,۰۰۰ تهران

این طرح شامل چهار بلوک فتوگرامتر بود ؛ که هر بلوک شامل ۱۲ جفت نقطه کنترل مسطحاتی از نوع «A» و «B» بود که در جمع کار دو بلوک از چهار بلوک فوق تا مرحلهٔ نوشتن این مقاله پایان یافته ، و نتایج حاصل در انتهای این مقاله ارائه و مورد بررسی قرار می‌گیرد.

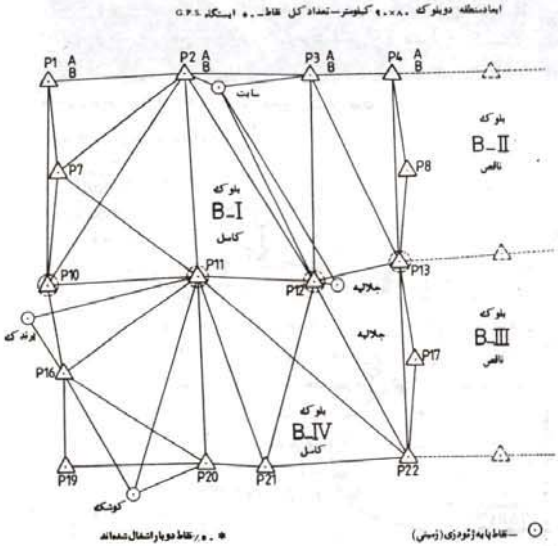
ازآنجاییکه در اجراء این طرح برای ما زمان و هزینه دو عامل تعیین کننده در رسیدن به هدف مورد نظر یعنی نقشه‌های ۱:۲۵,۰۰۰ تهران بودند ؛ سعی براین شد که شبکه‌ای برای تعیین مختصات این ۱۲ جفت نقطه، طراحی شود که برای ما علاوه بر این دو فاکتور ، فاکتور سومی که همان برآورد دقت‌های استاندارد نقشه‌های ۱:۲۵,۰۰۰ می‌باشد را نیز برای ما امکان‌پذیر سازد . این چنین طرحی مشابه شکل ۳ ارائه گردید . همان‌طور که می‌دانیم این نقاط کنترل که تعیین مختصات به وسیلهٔ G.P.S شده‌اند . برای تهیهٔ نقشه‌های ۱:۲۵,۰۰۰ ازعکس‌های هوایی درمرحلهٔ مثلث‌بندی هوایی و توجیه نسبی و مطلق کاربرد ، کارآیی بسیاری از خود نشان می‌دهند . بنابراین سعی ما همواره بر این بود که دقت مختصات ایستگاههای G.P.S به‌گونه‌ای باشد که جوابگوی محاسبات فتوگرامتری (محاسبات مثلث‌بندی هوایی) باشند.

عوامل مؤثر در کیفیت نتایج بدست آمده برای طرح (۱:۲۵,۰۰۰) تهران

تا این مرحله، ما وسیله‌ای که می‌بایست توسط آن ، به‌هدف نهایی (تهیه نقشه‌های ۱:۲۵,۰۰۰ برسیم مشخص شده و در عین حال برروی این وسیله (G.P.S) تست‌های اولیه‌ای انجام گرفته بود ؛ ازجمله تست برروی شبکهٔ ژئودتیک کلاسیک حسن‌آباد قم شامل هشت ایستگاه با موقعیت‌های معلوم دقیق و نیز تست برروی یک مثلث از نقاط آرک سراسری کشور (که اساس نقاط پایهٔ ژئودزی هستند) به‌وسیلهٔ G.P.S انجام گرفته است ؛ و ما به‌این نتیجه رسیدیم که ،

الف : با G.P.S می‌توان به دقت‌های استاندارد نقشه‌برداری رسید ؛

ب : G.P.S راه میان بردی می‌باشد که می‌تواند ما را سریعتر و ارزانتر به هدف مورد نظر برساند.



بنابراین برای ما وسیله معین بود . همچنین راهی که می‌بایست ما از طریق آن حرکت کنیم تا به هدف نهایی برسیم . ولی با توجه به دانشی که از اصول سیستم G.P.S و عوامل مؤثر براندازه‌گیری‌های آن داشتیم ، می‌دانستیم که رسیدن به این هدف چندان هم بی‌اشکال نخواهد بود ؛ و ما در این راه با چندین مانع مواجه هستیم که بایستی از هر کدام با موفقیت عبور کرده تا به نتایج دقیق در تهیهٔ نقشهٔ ۱:۲۵،۰۰۰ دست یابیم. این موانع به‌ترتیب اهمیت در ذیل ذکر خواهد شد ؛ و نتایج حاصل از برطرف نمودن تأثیر هر کدام از این عوامل نیز آورده می‌شود. (نگارهٔ ٤)

اثر خطای تروپسفر

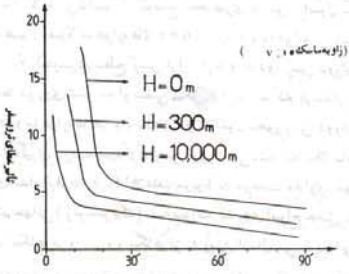
همان‌طور که از گراف تروپسفر مشاهده می‌شود تأثیر خطای تروپسفر برروی اندازه‌گیری ماهواره‌ای ، نسبت عکس با ارتفاع ماهواره‌ها از سطح زمین دارد . بدین معنی که هرچه ارتفاع ماهواره افزایش پیدا کند از تأثیر این خطا برروی اندازه‌گیری‌ها کاسته می‌شود . بنابراین برای کم نمودن تأثیر این خطا روی اندازه‌گیری‌های ماهواره‌ای در طرح ۱:۲۵،۰۰۰ ، عملا از اطلاعات ماهواره‌هایی دارای زاویهٔ ارتفاع بیش از ۱۵ درجه استفاده گردید . همچنین در طول این عملیات دریافتیم که لزومی به معرفی اندازه‌گیری‌های درجه حرارت و رطوبت نسبی و فشار به دستگاه گیرنده در سرزمین نمی‌باشد ؛ و بهتر است که از همان مقادیر معرفی شده برای درجهٔ حرارت و رطوبت نسبی که توسط مدلهای هواشناسی جهان مسطرح می‌شود ، استفاده کنیم . چون امواج G.P.S. از فضا به سمت گیرندهٔ زمینی حرکت می کنند و در طول مسیر از لایه تروپسفر نیز عبور می‌نمایند ؛ و همان‌طور که می‌دانیم بخارات آب که عامل اصلی رطوبت می‌باشند ؛ در فاصله ۱۰ کیلومتری از سطح زمین به‌طور یکنواخت پراکنده شده‌اند . بنابراین با اندازه‌گیری‌های درجهٔ حرارت و فشار در سطح زمین نمی‌توان رطوبت نسبی را در فاصلهٔ ۱۰ کیلومتری سطح زمین به‌دست آورد. لذا لزومی به معرفی این اندازه‌گیری‌ها به گیرنده مشاهده نمی‌شود . ازطرفی با توجه به نتایج بدست آمده از طولهای محاسباتی به‌وسیلهٔ G.P.S معلوم شد که استفاده از داده‌های مدل هواشناسی ما را به‌طولهای باز ، با دقت و اطمینان بیشتر هدایت می کند .

اثر یونسفر

اطراف زمین را اتمسفر فرا گرفته است ؛ این اتمسفر دارای دو لایه به عمده « تروپسفر» و « یونسفر» می‌باشد . به‌طوری که تروپسفر از فاصله صفر الی ۶۰ کیلومتری سطح زمین قرار دارد ؛ و یونسفر در فاصله ۶۰ الی ۴۰۰ کیلومتری از سطح زمین است ، عامل اصلی بیش از ۵۰ الی ۶۰ درصد از خطاها در اندازه‌گیری‌های سیستم G.P.S ناشی از اتمسفر (تروپسفر و یونسفر) است .

ما اثر یونسفر را به روش اندازه‌گیری تفاضلی در عمل در عملیات نقشه‌برداری کاهش می‌دهیم ؛ ولی نتیجهٔ جالبی که از مقایسه اطلاعات بر طولهای اندازه‌گیری شده بلوک « I » و بلوک « IV » بدست آوردیم ، این بود که متوجه شدیم ، طولها و موقعیت‌های اندازه‌گیری شده و تعیین شده در بلوک « I » دارای چهار برابر دقت بیشتر نسبت به موقعیت و طولهای بدست آمده از بلوک « IV » دارند . این تفاوت تنها می‌توانست ناشی از اثر لایهٔ یونسفر زمین باشد ؛ زیرا کلیه شرایط و عوامل برای هر دو بلوک در طول اندازه‌گیری‌ها یکسان بود، بجز یک تفاوت اساسی و آن این که اندازه‌گیری‌های ماهواره‌ای بلوک « I » در شب و اندازه‌گیری‌های بلوک « IV » در روز بودند ؛ و ما متوجه شدیم که اثر لایهٔ یونسفر بر روی اندازه‌گیری‌های ماهواره‌ای ٤ برابر در شب کمتر از همین اثر در روز می‌باشد . چرا؟ جواب این سؤال را بدین‌گونه توجیه نمودیم که چون ، اولا لایه‌های تشکیل

اتمسفر اطراف زمین
- لایه تروپسفر : در فاصله (۰ — ۶۰) کیلومتر از سطح زمین
- لایه یونسفر : در فاصله (۶۰ — ۴۰۰) کیلومتر از سطح زمین
- بیش از ۵۰٪ عوامل خطای مؤثر در اندازه‌گیری‌ها ناشی از اتمسفر می‌باشد .

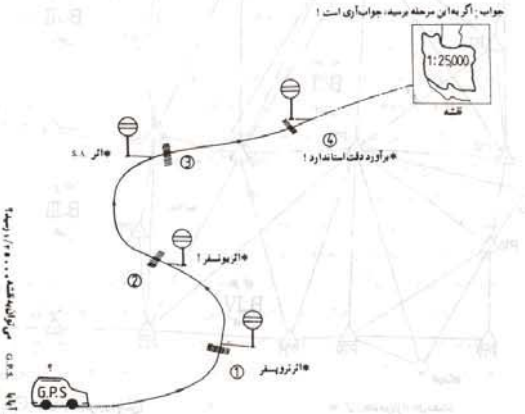


نگاره ۵ — زاویه ارتفاعی ماهواره از افق (درجه)

تأثیر خطای تروپسفر برروی اندازه‌گیری‌های ماهواره نسبت عکس با افزایش ارتفاع ماهواره دارد .
بخارآب که عامل اصلی رطوبت می‌باشد ، بطور غیر یکنواخت در داخل لایه ۱۰ کیلومتری تروپسفر زمین پراکنده می‌باشد ، بنابراین بسیار سخت خواهد بود اگر بخواهیم رطوبت را بطور دقیق از اندازه‌گیری‌های بخار و درجه حرارت در سطح زمین تعیین نمائیم .
در هنگام اندازه‌گیری توسط گیرنده، لزومی به تعیین درجه حرارت و رطوبت نسبی در سطح زمین نمی‌باشد — (گراف به نحوی براین امر است)

• شناسائی از عوامل مؤثر در کیفیت کار با G.P.S در طرح ۱:۲۵،۰۰۰ ، تهران

جواب : اگر به این مرحله برسید ، جواب آری است !



نگاره ۶

• ـــ مسیر حرکت
موانع موجود

*گذشتن از هر کدام از این مراحل توأم با نتایج و تجربیات عملی بوده است !

دهنده یونسفر شامل چهار لایهٔ اصلی به ترتیب نزدیکی با سطح زمین لایه‌های (D)، (E)، (F_1) و (F_2) می‌باشند ؛ هنگامی که اشعهٔ ماوراء بنفش خورشید به لایهٔ یونسفر زمین تابیده می‌شود، یونیزاسیون گازهای موجود در لایهٔ یونسفر(مخصوصاً لایه D) بیشتر و انسفر دارای یونهای آزاد بیشتری می‌شود ؛ که این یونها در دریافت اطلاعات توسط گیرندهٔ زمینی از ماهواره اختلال ایجاد کرده و موج دریافتی را مختل می‌سازند. درحالیکه درشب که خورشید نمی‌تابد و اشعهٔ ماوراءبنفش خورشید نیز وجود ندارد این یونیزاسیون در لایهٔ (D) کاهش و بطور کلی می‌توان این چنین تصور کرد که لایهٔ (D) ناپدید می‌شود (به همین علت موجهای رادیوئی در شب بهتر گرفته می‌شوند .) در نتیجه انسفر زمین رقیق ترواز طرفی اختلال در امواج ماهواره که به‌گیرنده ارسال می‌گردد کمتر می‌باشد . بنابراین ، نتایجی که از اندازه‌گیری‌های کار نقشه‌برداری G.P.S. در شب بدست می‌آید بسیار دقیق‌تر از نتایج همان اندازه‌گیری‌ها در روز است.

اثر(S.A) Selective availability

همان طور که توضیح داده شد ، زمانی که ماهواره در مدار خویش به‌گرد زمین در حال دوران است اطلاعات مربوط به موقعیت مداری خویش را برای گیرنده‌های زمینی ارسال می‌دارد؛ وگیرنده با دریافت این اطلاعات موقعیت خویش را معین می‌سازد . زمانی که اثر (S.A) بر روی ماهواره G.P.S. اجراء می‌شود ، در واقع سویچ (S.A) روشن می‌شود . این عمل باعث می‌گردد اطلاعاتی که همان ماهواره در مورد موقعیت مداری خویش برای گیرنده‌های زمینی به زمین ارسال می‌دارد ، در اثر تأثیر(S.A) غلط باشد ؛ و در واقع ماهواره، اطلاعات غلط را به زمین ارسال نماید . در این لحظه بالطبع موقعیت گیرنده نیز که باتوجه به این اطلاعات غلط تعیین می‌شود ؛ مسلماً غلط خواهد بود و دارای خطایی حدود ۳۰ الی ۱۰۰ متر در موقعیت می‌باشد . حال بایستی دید چرا این عمل (اثر S.A) روی ماهواره‌های G.P.S. اجراء می‌شود و مسئله به‌این بزرگی را در تعیین موقعیت به‌وسیلهٔ آنها ایجاد می کند ؟ جواب این است که این عمل بدین خاطر می‌باشد که مانع استفاده از کارایی بسیار بالای G.P.S. در امور نظامی بشوند . (S.A) موجب معیوب نمودن اطلاعات مداری و خطای ساعت ماهواره‌ها که از طریق ماهواره به‌زمین می‌آید ، می‌شود . در واقع اثر (S.A) امواج ارسالی از ماهواره به‌گیرنده را مختل می‌سازند ؛ تا نتوانند کارایی‌های فوق‌العاده G.P.S. را برای مقاصد استراتژیکی و نظامی مورد استفاده قرار دهند . ولی تأثیر این S.A در کارهای نقشه‌برداری عملا ناچیز است . بدین علت که ما در نقشه‌برداری همواره به‌دنبال اندازه‌گیری طول و زاویه و سپس تعیین موقعیت نقاط مجهول از نقاط معلوم مختصات دار با استفاده از این اندازه‌گیری های طول و زاویه هستیم ؛ بنابراین در مورد نقشه برداری چون دوگیرنده G.P.S. به طور همزمان روی دو نقطهٔ نقشه‌برداری (یکی روی ایستگاه معلوم و یکی روی ایستگاه مجهول) قرار دارند و هر دوگیرنده بطور همزمان با ماهواره مورد نظر در تماس هستند و امواج آن را دریافت می کنند، لذا تأثیر (S.A) بر روی طول اندازه‌گیری شده بین آن دو ایستگاه در نهایت بسیار ناچیز و اندک است . بنابراین در مورد عملیات نقشه‌برداری ما نگرانی چندانی در مورد این خطا روی اندازه‌گیری‌هانداریم ؛ ولی ما در طول این طرح 1:2,000 به یک نتیجهٔ بسیار جالب دست یافتیم و آن این بود که اولاً ماهواره‌هایی که در حال حاضر در فضا قرار دارند ۶ ، ماهواره هستند که ۳ ، ماهواره فعال می‌باشد.

این ۶ ، ماهواره متعلق به دو بلوک کل ، از سه بلوک تشکیل دهنده طرح ماهواره‌های G.P.S. می‌باشد، ۲ — ماهواره‌های بلوک یک شامل ماهواره‌های ۳، ۶، ۹، ۱۱، ۲، ۱۳ که در مورد آنها اثر (S.A) به‌طور کلی اجرا نمی‌شود .

۲ — ماهواره‌های بلوک ۲ شامل ماهواره‌های، ۴، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۲۰، ۱ و ۲۳ که درمورد آنها اثر (S.A) به‌طورمتناوب اجراء می‌گردد و با آنالیزی که روی اندازه‌گیری‌ها و اطلاعات دوبلوک فتوگرامتری طرح 1:2,000 انجام دادیم، به این نتیجه رسیدیم، که از آنالیز و محاسبات اطلاعات مربوط به‌ماهواره‌های بلوک یک (که اثر (S.A) روی آنها اجراء نمی‌شود) به نتایج بهتر ودقیق‌تری در تعیین موقعیت نقاط مجهول نسبت به‌ماهواره‌های بلوک دو (که اثر (S.A) روی آنها اجراء می‌شود) می‌رسیم . از طرفی همچنین ماموجه شدیم که باتوجه به اینکه اندازه‌گیری‌های ماهواره‌ای بلوک ۲ فتوگرامتری، در زمانی انجام گرفت که مسئله بحران خلیج فارس درمنطقه مطرح بود (اشغال کویت توسط عراق) . لذا اثر (S.A) حتی به‌طورمتناوب بر روی ماهواره‌های بلوک ۲ نیز اجراء نمی‌گردید. این بدین خاطر بود که سربازان آمریکایی مجهز به گیرنده‌های دستی G.P.S. (مشابه بی‌سیم‌های دستی پلیس) بودند که به‌وسیلهٔ آنها به راحتی می‌توانستند محل تجمع و موقعیت دشمن را به‌گیرنده معرفی و سپس به‌راحتی آن را مشخص و شناسایی و منهدم نمایند . و یا بالعکس درشب اگر چنانچه محل اردوی استقرار خویش را به هر علتی کم کرده باشند بادقت خوبی به وسیله گیرنده دستی G.P.S. آن را شناسایی و پیدا نمایند و بدین وسیله به مقر خویش برسند.

ارزیابی نتایج و تجزیه‌وتحلیل آنها : (نگارهٔ ۱ — ۷)

در واقع طریق اندازه‌گیری طول به‌وسیله G.P.S. ، بدین صورت است که امواج ارسالی از ماهواره (تعداد سیکلهای ارسالی) توسط گیرنده دریافت‌شده و این تعداد سیکل با یک دقت معینی (R.M.S. گیرنده) شمرده و اندازه‌گیری می‌شود . ولی همواره یک تعداد سیکل به علت فاصله بین ماهواره از زمین و گیرنده شمرده نشده ، ازشروع تا پایان کار باقی می‌مانند . در واقع این تعداد سیکل را در همان شروع اندازه‌گیری ، گیرنده از دست می‌دهد که بطور ثابت تا انتهای کار، از دست داده باقی می‌ماند . به این تعداد سیکل در اصطلاح که همواره بطور ابهام باقی می‌ماند به نام ابیوتی[1] درسیستم G.P.S. معروف می‌باشد . که این ابیوتی در نهایت در پردازش و سرشکنی نهایی که روی اطلاعات انجام می‌گیرد محاسبه، و این تعداد سیکل مجهول به‌علاوهٔ تعداد سیکل شمرده شده توسط گیرنده جمع ، و درطول موج فرکانس G.P.S. اگر ضرب شود ، فاصله گیرنده تا ماهواره و در نهایت فاصله بین دو گیرنده حاصل خواهد شد . خود این ابیوتی عاملی برای ارزیابی نتایج بدست آمده از سیستم G.P.S. است ؛ که هر چه قسمت اعشار این سیکل های مجهول به راحتی بتواند به عدد صحیح نزدیک و تصحیح شود ، نشانهٔ کیفیت بالایی است که در اندازه‌گیری طول بین دو ایستگاه وجود دارد.

تأثیر خطای مداری (S.A.) روی نتایج

همان طور که از جدول زیر ملاحظه می کنید (نگارهٔ ۸) ؛ در اینجا گیرنده حدود ۵ ماهواره را دریافت کرده است که تعداد ۴ ماهواره از نوع ماهواره‌های بلوک ۱ ، (که S.A. روی آنها اجرا نمی‌شود) ، هستند؛ و یک ماهواره (ماهواره ۲)، از بلوک دومی‌باشد ، که S.A. روی آن اجراء می‌شود. بنابراین باتوجه به‌این که ماهواره ۲ دارای خطای S.A. است ؛ ولی در نهایت نتیجه بدست آمده از اندازه‌گیری‌ها خوب است . چونکه R.M.S. (خطای مربعی متوسط اندازه‌گیری سیکلها) کمتر از ۰/۰۰۱ سیکل (طول موج G.P.S.) است . یعنی حدود ۰/۰۰۱ میلی‌متر است ؛ که نشان می‌دهد فاصله‌گیرنده تا ماهواره با دقت کمتر از ده میلی‌متر اندازه‌گیری شده است . اگر اطلاعات مربوط به ماهواره ۲ ازمحاسبات حذف و مجدداً محاسبات انجام بگیرد به نتایج بسیار عالی‌تری مجدداً خواهیم رسید.

بررسی دقت‌های نسبی طولها (درطرح 1:25000 تهران)

در نگارهٔ (۹) نتایج به‌دست آمده در مورد دقت نسبی طولها بلوک(I) می‌باشد؛ که کلیهٔ عملیات آن به وسیله G.P.S در شب انجام گرفته شده است. بنابراین نتایج بسیار جالبی برای طولها به دست آمده که تمامی آنها دارای دقت نسبی کمتر از P.P.m. ۲ (دقت مورد ادعای سیستم G.P.S.) می‌باشند. به‌غیر از یک طول و آن هم بین ایستگاههای GALA و P.12.B. است، که فاصلهٔ آن یک کیلومتر، ولی خطای آن بسیار زیاد و در حدود P.P.m. ۶/۴ است؛ از جمله دلایل خطای زیاد آن سه عامل عمده بوده است. (توضیح P.P.m. ۲ یعنی برای یک کیلومتر طول ۲ میلی متر خطای نسبی وجود دارد.) - عامل اول که از همه مؤثرتر در این خطا بوده، ناشی از این امر است که اپراتور نقشه‌برداری به‌طور غلط و اشتباها بر روی ایستگاه P.12.B. استقرار پیدا کرده باشد. بدین معنی که ایستگاه P.12.B. را در محلی به غیر از محل اصلی خودش مستقر شده باشد. عامل دوم ممکن است ناشی از خطا در سانتراژ و عدم تراز بودن دستگاه باشد. و عامل سوم نیز ناشی از خطا در قرائت ارتفاع دستگاه گیرنده توسط نقشه بردار باشد. هر سه این عوامل در ایجاد خطای P.P.m ۶/۴ برای طول یک کیلومتری مورد نظر دارای نقش هستند. ولی با این حال با توجه به این خطا در مجموع دقت‌های نسبی بسیار خوبی برای دیگر طولهای موجود در بلوک یک از طول ۴ کیلومتر تا طول ۴۰ کیلومتری به‌دست آمده است.

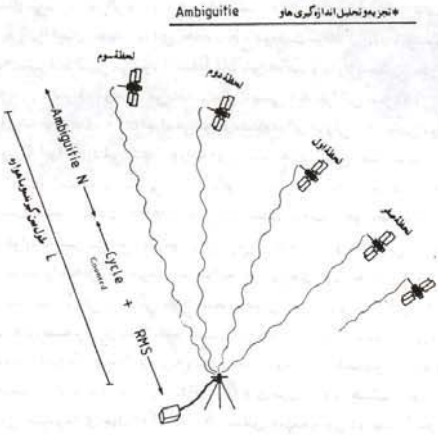
برآورد دقت‌های استاندارد:

در نگارهٔ شمارهٔ (۱۰) دوگراف به‌نمایش گذاشته شده است؛ یکی گراف دقت ودیگری گراف زمان می‌باشد، درگراف دقت، من سعی نموده‌ام دقت نسبی طولهای بلوک «I» را نسبت به فاصله آنها نمایش بدهم.

همان طور که از این گراف مشاهده می‌شود، طولهای کمتر از ۵۰ کیلومتر دارای خطای کمتر (حدود ۲ سانتی‌متر) و طولهای حدود ۲۰ الی ۳۰ کیلومتر دارای خطای بیشتری (در حدود ۴ سانتی‌متر) هستند. همان‌طور که مشاهده می‌شود سیستم G.P.S. در اندازه‌گیری طولهای کوتاهتر، دارای دقت بیشتر و بهتری می‌باشد. بجز دو استثناء در مورد طولهای ۳۶ و ۴۰ کیلومتر که طبق گراف به‌جای آن که دارای خطاهای بیشتری باشند، دارای خطای کمتری هستند؛ و این خلاف روند افزایشی گراف دقت بدست آمده‌می‌باشد.

این‌گونه استثنائات، معمولا در محاسبات ایجاد می‌شود. ولی با این حال می‌بینید که این دو استثناء تأثیر چندانی در دقت‌های نسبی به‌دست آمده برای طولهای دیگری بلوک«I»نداشته‌اند. برای آن که مطمئن شویم این دقت زیاد برای طولهای ۳۶ الی ۴۰ کیلومتر صحیح است، ناچاریم محاسبات رامجددا و اندازه‌گیری این دو طول را برای تحقیق بیشتر تکرار نماییم. در هر حال این دو استثناء تأثیر چندانی در نتایج نهایی بدست آمده نداشته‌اند. درگراف بعدی که به‌نام گراف زمان معروف است، توسط تجربیات بدست‌آمده از کارعملی با گیرنده‌های G.P.S. در طرح 1:25,000 تهران است که برای ما مشخص گردید، چه‌مدت اندازه‌گیری اطلاعات ماهواره‌ای برای طولهای مختلف لازم می‌باشد تا به‌دقت‌های مورد نیاز خودمان برای طولها برسیم، به‌گونه‌ای که طول با اطمینان و دقت بهتر و استاندارد بدست‌آوریم؟ در این گراف مشخص است که، اگر فرضاً بخواهیم یک طول ۱۰ کیلومتر را اندازه‌گیری کنیم، چنانچه اطلاعات ۵ ماهواره را استفاده کنیم زمان ۹۰ دقیقه لازم است؛ و چنانچه اطلاعات ۶ ماهواره استفاده شود زمان ۴۰ دقیقه برای رسیدن به طولی با دقت و کیفیت استاندارد کافی است؛ و اگر از اطلاعات سه ماهواره استفاده شود (که ما هیچوقت این عمل را توصیه نمی کنیم) زمان ۱۰۰ دقیقه برای اندازه‌گیری طول کافی می‌باشد.

گراف بعدی که یک‌گراف تعمیم داده شده برای حدود ۳۰۰۰ نقطهٔ نقشه‌برداری می‌باشد، گویای این پیام است که در طرح 1:25,000، که دو بلوک فتوگرامتری در بر دارندهٔ ۵۰ نقطهٔ کنترل مسطحاتی بودند، عملیات تعیین موقعیت این ۵۰ نقطه به وسیله سه‌گیرنده G.P.S. که به‌اجراء درآمد، حدود ۲۰ روز به‌طول انجامید. و اگر چنانچه با ۴ گیرنده اجراء می‌گردید ۱۲ الی ۱۵ روز و اگر با ۶ گیرنده انجام می‌گرفت ۶ تا ۹ روزبه‌طول می‌انجامید. بنابراین، گراف را می‌توان تعمیم داد، و برای کلیهٔ نقاطی که در حدود ۲۰ کیلومتر به ۲۰ کیلومتر سطح مملکت را برای طرح 1:25,000 مملکتی پوشش می‌دهند، در نظر بگیریم، به‌این نتیجه می‌رسیم. که در چنین حالتی ما حدود ۲۷۰۰ نقطهٔ کنترل نقاط مسطحاتی داریم که بایستی تعیین موقعیت شوند؛ تا به‌وسیله آنها نقشه 1:25,000 پوششی مملکت تهیه شود. در این وضعیت ما اگر تعیین موقعیت ۲۷۰۰ نقطه را با سه‌گیرنده انجام بدهیم، دو سال زمان مفید برای اجراء عملیات تعیین موقعیت لازم است؛ و اگر با چهارگیرنده عملیات به‌اجراء درآید، ۱/۵ تا ۱ سال و اگر با ۶ گیرنده اجرا شود ۸ تا ۶ ماه ضروری می‌باشد. اگرچه امکان دارد که در ابتدای امر این گراف برای ما اغراق‌آمیز باشد، و این‌گونه جلوه نماید؛ ولی چنانچه ما زمان‌های تلف شده ناشی از عدم هماهنگی اکیپ‌های اجرایی طرح 1:25,000 و همچنین زمان تلف شده ناشی از عدم تدارکات کافی را در نظر نگیریم، خواهیم



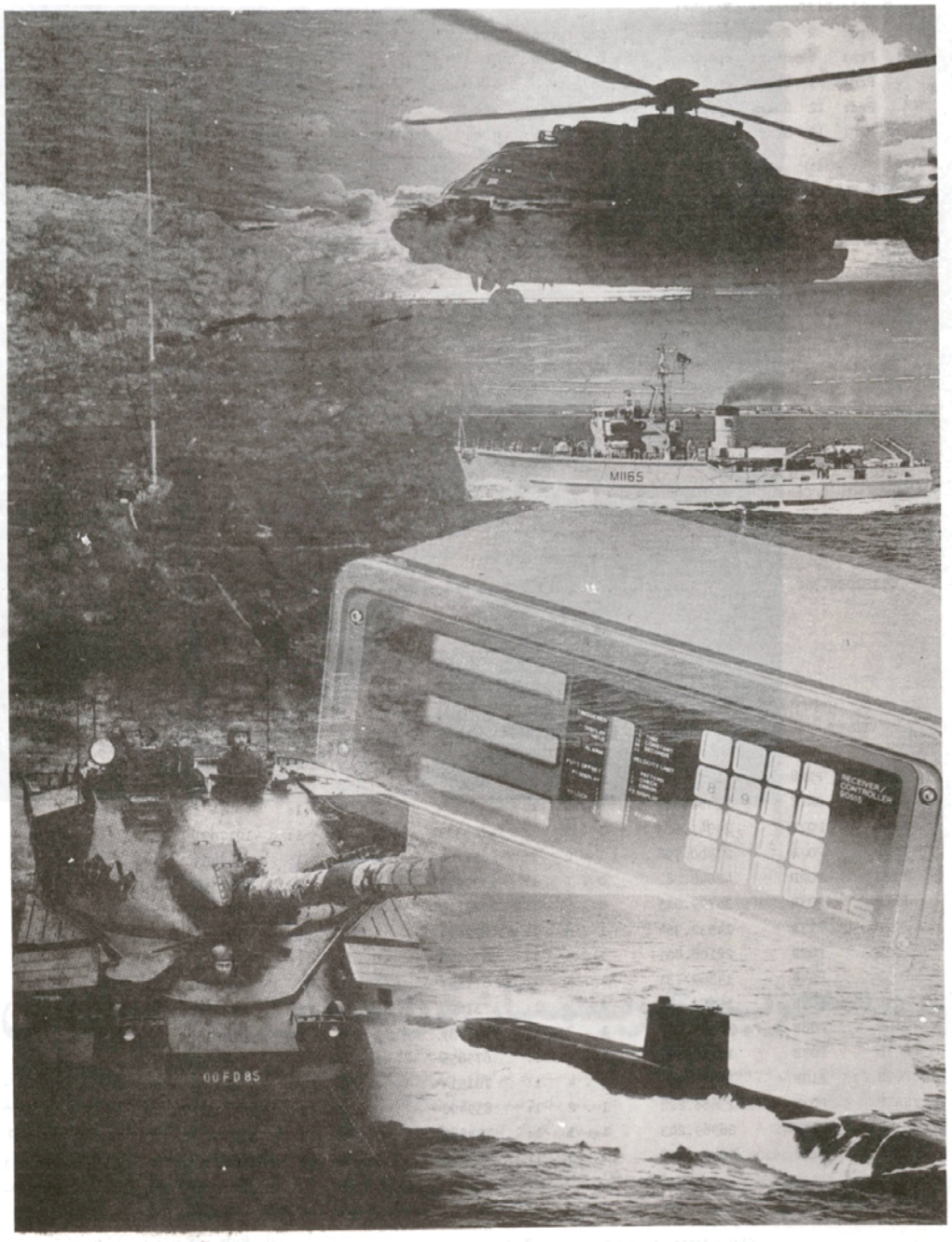
نگارهٔ سی

- تعداد سیکل های کامل که گیرنده قبل از لحظهٔ دریافت اطلاعات (لحظهٔ صفر) از دست داده،
- تعداد سیکل‌های شمارش شده توسط گیرنده بعد از لحظهٔ دریافت اطلاعات.
- سیکل‌ها توسط گیرنده با یک دقت معینی (RMS) شمارش می‌شدند

$$L = (A - Cycles - R.M.S.) \lambda (L: \text{طول موج}, \text{cm})$$

L (فاصله گیرنده تا ماهواره)

- N (ابهام، Ambiguite) خوب، عنصراً بایستی به یک عدد صحیح روند شود.
- چنانچه قسمت دسی‌متر Ambiguite کمتر از ۰/۵ یا بزرگتر از ۰/۵ باشد، Ambiguite مجدداً محاسبه نمی‌شود
- Ambiguite تعداد صحیح سیکل های کامل بین گیرنده و ماهواره در اولین اندازه‌گیری اختلاف فاز هستند.


M1165
RECEIVER/
CONTROLLER
00FD85

```
Double-Difference  Epochs:
  Prn:   2  Start  epoch:      2  End epoch:   461      ( S.A  ON       Block 2 )
  Prn:   6  Start  epoch:      6  End epoch:   704
  Prn:   9  Start  epoch:      2  End epoch:   704
  Prn:  12  Start  epoch:    154  End epoch:   704
  Prn:  13  Start  epoch:      2  End epoch:   704      ( S.A OFF       Block 1 )

THE FLOAT DOUBLE DIFFERENCE SOLUTION  FOLLOWS:
Float-dlsq measure of geometry: 0.010391
num meas = 1711   num used = 1688  rms - resid= 0.052837 (0.07 cycle )      خوب

Reference SV:   13
amb(0) =    -2928905.185   SV-02  Fit:   0.050   Num meas = 455   Ambiguiti  بد
amb(1) =    -1916318.172   SV-06  Fit:   0.049   Num meas = 694   Amb)0.2
amb(2) =    -3345916.947   SV-12  Fit:   0.060   Num meas = 539   Amb)0.9

    Top ten cases based on (O-C)-squared.
  0  0  0 Case:   13 - -   0.024484 ratio =   8.047    3.0        خوب
  1  0  0 Case:   12 - -   0.197019
  0 -1  0 Case:   10 - -   0.293052
  0  0  1 Case:   22 - -   0.310291
  0  0 -1 Case:    4 - -   0.384511

011B12BB.350            line: 197    col: 1   Free Memory:453k      Window:
```

نگارهٔ(۸) تأثیر خطای مداری روی نتایج

VECTOR		LENGEH	PPM(h)	RATIO(h)	PPM(V)	RATIO(V)	
GALA	P12B	1133.638	6 . 4	1: 155301	5 . 3	1: 187273	* *
GALA	SAIT	37431.329	0 . 0	1: 0	0 . 0	1: 0	
P02B	P01B	24341.623	1 . 3	1: 743333	0 . 3	1: 1217031	
Po2B	P07B	27900.796	1 . 2	1: 857764	0 . 7	1: 1468463	
P12B	P02B	42648.282	0 . 7	1: 1339947	0 . 5	1: 1938558	
P12B	P03B	35799.015	0 . 5	1: 2023114	0 . 4	1: 2557073	
P12B	P13B	14532.364	1 . 6	1: 622494	1 . 1	1: 908273	
P03B	P02B	22108.801	1 . 5	1: 679596	0 . 3	1: 1163621	
P03B	P04B	14369.731	1 . 5	1: 677387	1 . 1	1: 893108	
P04B	P08B	15657.140	1 . 4	1: 737640	1 . 0	1: 978571	
P13B	P08B	16384.168	1 . 3	1: 747035	1 . 0	1: 1024010	
P01B	P07B	16248.706	1 . 5	1: 675856	1 . 0	1: 955806	
P07B	P10B	19841.954	1 . 4	1: 701514	1 . 0	1: 1044313	
SAIT	P03B	13688.828	1 . 2	1: 839400	0 . 9	1: 1052987	
P10B	P11B	26969.203	1 . 3	1: 794587	0 . 6	1: 1797947	
P21B	P12B	20493.457	1 . 3	1: 762675	0 . 7	1: 1366230	

```
3.OUT                    line:  231     col:  1      Free Memory: 452k     Window : 1
```

نگارهٔ(۹) بررسی دقتهای نسبی حاصل از سیستم G.P.S. در طرح 1:25000 تهران

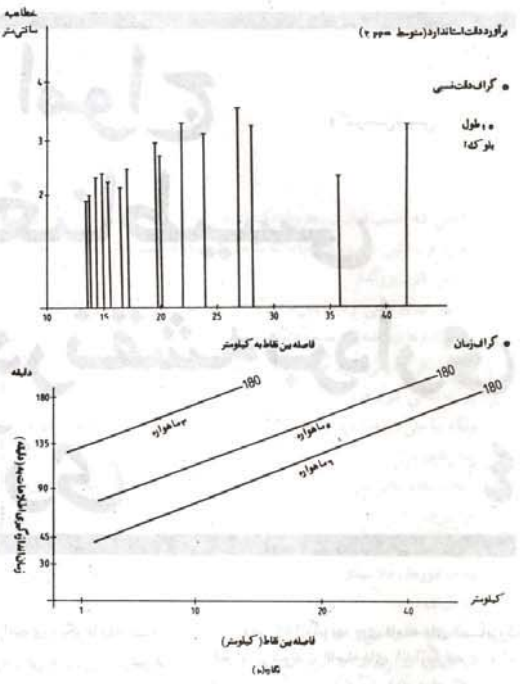
دید که این گراف زمانی ، چندان هم دور از واقعیت نمی‌باشد ؛ و می‌تواند الگو و نویدی برای دست اندرکاران طرح تهیهٔ نقشه‌های ۱:۲۵,۰۰۰ پوششی کشور باشد . بدین‌گونه که‌گویای این مطلب است که اجراء طرح ۱:۲۵,۰۰۰ توسط سیستم G.P.S. راه میان برد و کم هزینه و مطمئن برای رسیدن به نقشه‌های پوششی ۱:۲۵,۰۰۰ مملکت می‌باشد .

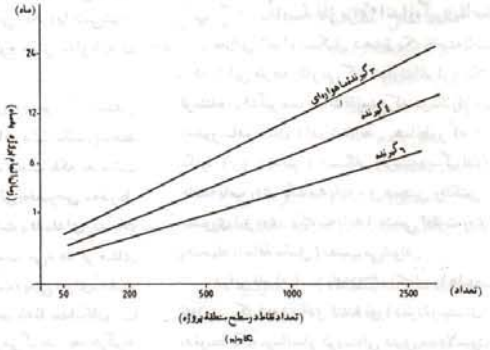
نتیجه

درپایان نتایج بدست آمده ازطرح ۱:۲۵,۰۰۰ تهران ، وشهرک‌های اطراف آن را به‌طورگذرا ذکر می کنیم . دراجراء این طرح ما به این نتیجه رسیدیم که از پردازش اطلاعات ماهواره‌های بلوک« I » که(S.A.)در مورد آنها اجراء نمی‌شود به نتایج خوبی برای اندازه‌گیری طولهای بازمی‌رسیم.همچنین دقت نسبی حاصل ازسیستم G.P.S. در این طرح برای موقعیت‌ها و طولهای‌بازموجود در این طرح کمتر از۲P.P.m است . ونیز برای ما مشخص گردید که ، اولا سیستم G.P.S. در مورد اندازه‌گیری طولهای کوتاه دقت بسیار عالی‌تری را نسبت به‌طولهای بلند می‌دهد . وازطرفی G.P.S. سیستمی است که دربدترین شرایط آب و هوایی جوی قابل کاربرد است ، بدون آن که ریزش باران و برف و مه...تأثیر چندانی روی اندازه‌گیری‌های G.P.S. داشته باشد. و ازطرفی دریافتیم که . تأثیر خطای اتمسفر بر روی اندازه‌گیری‌های ماهواره درشب چهار برابر کمتر از روز می‌باشد .

بنابراین ،اندازه‌گیری‌طولها وموقعیتها درشب باسیستم G.P.S. دارای‌دقت بالا و کیفیت بهتری هستند. همچنین مشخص شد که دراندازه‌گیری های سر، زمینی، به وسیله سیستم G.P.S. لزومی به‌اندازه‌گیری درجهٔ حرارت، فشار، رطوبت نسبی و معرفی آنها به‌گیرنده نمی‌باشد ؛ و در این چنین مواقع استفاده از داده‌های درجهٔ حرارت ، فشار و رطوبت نسبی معرفی شده توسط مدلهای هواشناسی جهانی ، ما را به نتایج بهتری درمورد تعیین موقعیت ایستگاهها می‌رساند . ونیز مشخص گردید که اجراء با سیستم G.P.S. ،نسبت به سیستم کلاسیک از لحاظ هزینه و زمان قابل مقایسه با سیستم کلاسیک نمی‌باشد ، واز زمان وصرف هزینه کمتری برخوردار است.

1)Ambiguitie





● مثال : مساحت ایران تقریباً ۱,۶۴۸,۰۰۰ کیلومتر مربع
طولهای شبکه بطور متوسط ۲۰ کیلومتر
در مجموع ۴۰۰۰ نقطه سطح ایران را پوشش دهد .
با ۴ گیرنده
برای پروژه ۱/۲۰۰۰۰
و سال زمان سفید