اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ و ۳۰ دی ماه ۱۳۹۴

The 1st National Conference on
Geospatial Information Technology
K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering
19 - 20 January 2016

# ایجاد طول‌مبنای کوتاه کالیبراسیون دانشگاه زنجان و کاربرد آن در بررسی عملکرد گیرنده‌ی جی‌ان‌اس‌اس دو فرکانسه South

**صادق سعادتی[1*]، سعید عباسی[2]، مجید عباسی[3]**

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد ژئودزی دانشگاه زنجان
۲- کارشناس ارشد ژئودزی دانشگاه زنجان
۳- استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری دانشگاه زنجان

**چکیده :**

پایش تغییر شکل در سازه‌ها و پروژه‌های صنعتی از وظایف ژئودزی مهندسی است. بدین منظور انجام اندازه‌گیری‌های مناسب، نیازمند آگاهی از رفتار ابزارهای اندازه‌گیری است. طول‌های مبنا به منظور کالیبراسیون و تعیین دقت و صحت تجهیزات ژئودتیک در دنیا به کار می‌روند. در سال ۱۳۹۲ در دانشگاه زنجان، دو ایستگاه استاندارد به عنوان طول‌مبنای کالیبراسیون احداث شد. فاصله‌ی این دو ایستگاه در شرایط مختلف جوی در شش اپک، در مجموع با تعداد ۴۰ اندازه‌گیری، با استفاده از دو دستگاه توتال استیشن لایکا TC2003 با دقت اسمی 1mm ± 1ppm، اندازه‌گیری شد. پس از پردازش و انجام تصحیحات روی مشاهدات، فاصله‌ی طول‌مبنای کالیبراسیون 82.7922m ± 0.5mm، در سطح اطمینان ۹۵ درصد به‌دست آمد. تست آماری، تساوی نتایج حاصل از هر دو دستگاه توتال استیشن را تایید کرد. در مرحله‌ی بعد، این طول‌مبنا با استفاده از گیرنده‌های جی‌ان‌اس‌اس دو فرکانسه SOUTH به مدت ۵ ساعت اندازه‌گیری شده و عملکرد آن مورد بررسی قرار گرفت. پس از پردازش مشاهدات در نرم‌افزار برنیز با روش تفاضلی، نتایج حاصل از این بررسی مشخص کرد که این گیرنده‌ها با اختلاف 0.4mm از طول‌مبنا، نتیجه‌ی قابل قبولی را نشان می‌دهد.

**واژه‌های کلیدی :** طول‌مبنای کوتاه کالیبراسیون، فاصله‌یاب لایکا TC2003 ، گیرنده‌ی جی‌ان‌اس‌اس SOUTH

**نویسنده مکاتبه کننده :** صادق سعادتی
**آدرس پستی :** زنجان، بلوار دانشگاه، دانشگاه زنجان، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی نقشه‌برداری. صندوق پستی : ۳۸۷۹۱ - ۴۵۳۷۱
**تلفن :** ۳۳۰۵۲۴۶۸-۰۲۴
**آدرس پست الکترونیک :** sadegh.saadati@znu.ac.ir

## ۱- مقدمه

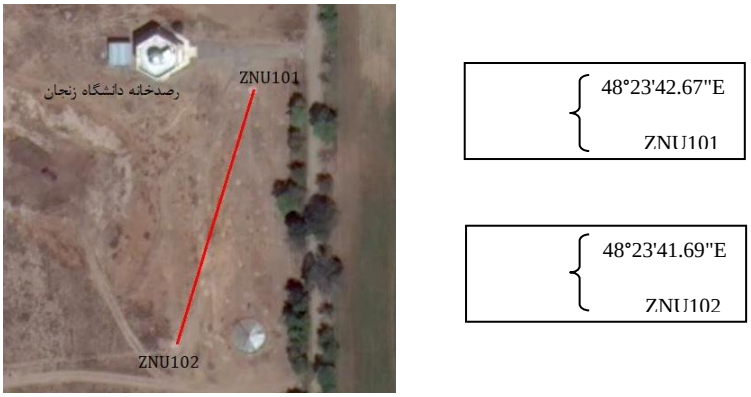
واقع شدن کشور ایران در منطقه‌ی زلزله‌خیز با وجود سدها، پل‌ها، تونل‌ها، نیروگاه‌ها و سازه‌های بزرگ ایجاب می‌کند که با اندازه‌گیری‌های دقیق ژئودزی مهندسی، رفتارسنجی پیوسته روی آنها انجام پذیرد. لذا وجود تجهیزات دقیق نقشه‌برداری و کالیبره بودن آنها از نیازهای ضروری متخصصین ژئودزی مهندسی است.

از نمونه‌های مشابه می‌توان به کار بکرا[1] و همکاران (۲۰۱۵) اشاره کرد. در این تحقیق در دانشگاه سینالوای[2] کشور مکزیک، یک طول‌مبنای کوتاه با فاصله‌ی تقریبی ۱۲۵ متر، در سال ۲۰۱۰ احداث گردید. این طول‌مبنا با سه نوع گیرنده‌ی مختلف جی‌ان‌اس‌اس در یک اپک با مدت زمان ۲ ساعت و سه نوع توتال استیشن مختلف، اندازه‌گیری شد. مختصات هر ایستگاه با استفاده از یک ایستگاه دائم جی‌پی‌اس برآورد شده است، سپس با توجه به مختصات برآورد شده‌ی ایستگاه‌ها، طول‌مبنا و دقت آن به‌دست آمده است. همچنین دقت اندازه‌گیری توتال استیشن‌ها نیز با ۲۰ اندازه‌گیری برآورد شده است. بیشترین اختلاف بین انواع گیرنده‌های جی‌ان‌اس‌اس 2mm و بیشترین اختلاف بین انواع توتال استیشن 3mm به‌دست آمده است[۱].

دانشگاه زنجان با مساحتی بیش از ۴ میلیون متر مربع[۲]، در ۶ کیلومتری غرب شهر زنجان واقع شده است، که به نوبه‌ی خود یکی از وسیع‌ترین دانشگاه‌های کشور به شمار می‌آید. فضای دانشگاه و وجود ابزارهای دقیق اندازه‌گیری، انجام کارهای میدانی را میسر می‌کند. در سال ۱۳۹۲ در دانشگاه زنجان، دو ایستگاه استاندارد به عنوان طول‌مبنای کالیبراسیون، با فاصله‌ی تقریبی ۸۲ متر، احداث شد. این فاصله در شرایط مختلف جوی در شش اپک، در مجموع با تعداد ۴۰ اندازه‌گیری، با استفاده از دو دستگاه توتال استیشن لایکا TC2003 با دقت اسمی 1mm ± 1ppm [۳] اندازه‌گیری شد. در این تحقیق، عملکرد گیرنده‌های جی‌ان‌اس‌اس دو فرکانسه SOUTH، روی این طول‌مبنای کوتاه مورد بررسی قرار می‌گیرد. این تحقیق شامل چهار بخش کلی است: بخش اول شامل روند ساخت ایستگاه‌ها است، بخش دوم شامل شرح کارهای میدانی، مشاهدات توتال استیشن و پردازش مشاهدات است، بخش سوم شامل مشاهدات ماهواره‌ای و پردازش آنها است و نتایج به‌دست آمده از تحقیق، در بخش چهارم آورده شده‌اند.

## ۲- احداث ایستگاه‌ها

در سال ۱۳۹۲ مکان احداث ایستگاه‌های استاندارد طول‌مبنای دانشگاه زنجان، در بخش جنوبی دانشگاه و در فضایی با دید آسمانی مناسب برای مشاهدات ماهواره‌ای انتخاب و ساخته شد (شکل ۱).




**شکل ۱: نمایی از منطقه‌ی ساخت ایستگاه‌ها (منبع: سایت گوگل)**

[1] Becerra
[2] Sinaloa

در طراحی و ساخت سازه‌ی ایستگاه‌ها موارد زیر مدنظر قرار گرفته است:

- این سازه با گذشت زمان نباید دچار آسیب و تغییر شکل در اثر عوامل طبیعی گردد.
- فونداسیون ایستگاه به عمق یک متر بر بستر مقاوم نسبت به تغییر شکل قرار داده شده است (شکل ۲ب).
- در بتن مسلح سازه از سیمان تیپ پنج با الیاف پلیمر استفاده شده است.
- میله‌ی استیل ضدزنگ به طول ۳۰ سانتیمتر در داخل بتن تعبیه شده است (شکل ۲ج).
- ارتفاع ایستگاه از سطح زمین ۱۴۰ سانتیمتر است.
- درنظرگرفتن آداپتورهایی از جنس تفلون صنعتی برای ارتباط دستگاه با سطح بتن (شکل ۲د).

**شکل ۲ : (الف) ایستگاه استاندارد دانشگاه زنجان، (ب) نحوه‌ی کنده‌کاری جهت ساخت ایستگاه، (ج) میله‌ی استیل ایستگاه، (د) آداپتور رابط بین دستگاه و سطح بتن**

## ۳- فرآیند فاصله‌یابی الکترونیک

در این بخش، به گزارش نحوه‌ی اندازه‌گیری‌ها، پردازش مشاهدات و ارائه‌ی نتایج پرداخته می‌شود.

### ۳-۱- اندازه‌گیری‌ها

طول‌مبنا با استفاده از دستگاه فاصله‌یاب الکترونیکی لایکا TC2003 اندازه‌گیری شد (شکل ۳). این دستگاه ساخت کشور سوئیس و محصول سال ۲۰۰۳ است. این دستگاه از نوع الکترواپتیکی بوده و با موج مادون قرمز کار می‌کند و یک دستگاه بسیار دقیق می‌باشد. همچنین این دستگاه قابلیت تصحیح خطای اتمسفری را دارد. در جدول (۱) برخی از ویژگی‌های آن دیده می‌شود. رفلکتور مورد استفاده، رفلکتور دقیق لایکا با ثابت رفلکتور صفر است[۳]. فاصله‌ی طول‌مبنا به صورت دو طرفه اندازه‌گیری شد، همچنین برای کاهش خطای اتمسفری، تمام مشاهدات در شب انجام گرفت.

شکل ۳: دوربین لایکا TC2003 و رفلکتور لایکا

جدول ۱: مشخصات دستگاه لایکا TC2003 (برگرفته از [۳])

| ویژگی | مقدار یا قابلیت ویژگی |
|---|---|
| دقت فاصله‌یابی | 1mm ± 1ppm |
| نمایش فاصله | تا ۵ رقم اعشار |
| دقت زاویه‌یابی | ± 0.5” |
| نمایش زاویه | تا ۵ رقم اعشار |
| وزن | 7.5 kg |
| ظرفیت کارت حافظه | 3 MB |
| نوع طول موج | مادون قرمز |
| اندازه‌ی طول موج | 850 nm |
| تصحیح خطای اتمسفر | دارد |
| برد اندازه‌گیری با رفلکتور استاندارد | 2500 m |
| بازه‌ی دمایی قابل اندازه‌گیری | (-20°C ,50°C) |
| تشخیص اتوماتیک رفلکتور | ندارد |

### ۳-۲- تصحیحات

فرآیند اندازه‌گیری همواره از منابع خطای متعدد تاثیر می‌پذیرد. منابع خطا در اندازه‌گیری فاصله با فاصله‌یاب‌های الکترونیکی با امواج مادون قرمز، به دو گروه خطاهای دستگاهی و خطاهای محیطی تقسیم می‌شود. خطاهای دستگاهی ناشی از ساختار دستگاه اندازه‌گیری بوده و شامل خطای اندکس ($Z_0$)، خطای دوره‌ای و خطای مقیاس است. خطاهای محیطی ناشی از تاثیر محیط پیرامون دستگاه اندازه‌گیری بر مشاهده است و مهم‌ترین این نوع خطا، خطای ناشی از انکسار است. بدین ترتیب برای ارائه‌ی دقت یک دستگاه از رابطه‌ی زیر استفاده می‌شود[۴]:

$$\delta_s^2 = a^2 + b^2 s^2 \qquad (۱)$$

در این رابطه، بخش ثابت (a) مربوط به تاثیر خطاهای اندکس، دوره‌ای و مقیاس است، که می‌توان این خطاها را قبل از استفاده‌ی دستگاه، برآورد کرد. همچنین بخش دوم رابطه که وابسته به فاصله‌ی اندازه‌گیری (s) است، تاثیر خطای انکسار اتمسفری (b) می‌باشد.

خطای اندکس و خطای دوره‌ای برای دستگاه لایکا TC2003 ، با استفاده از روش‌های متداول به ترتیب مقدار 0.3mm- و 0.1mm به‌دست آمد. خطای مقیاس نیز با توجه به کاتالوگ دستگاه، صفر در نظر گرفته شد. در هنگام اندازه‌گیری فاصله، پارامترهای فشار هوا، دمای هوا و رطوبت نسبی نیز با دستگاه هواشناسی Kestrel 4000 مشاهده شده و به منظور برآورد میزان تصحیح خطای اتمسفری، به دستگاه فاصله‌یاب معرفی شدند. دستگاه با مدل انکساری که برای آن تعریف شده، مقدار تصحیح را برآورد کرده و در اندازه‌گیری‌ها اعمال می‌کند. رابطه‌ی زیر، مدل انکسار برای این دستگاه است[۵]:

$$\Delta D = 281.8 - \left[ \frac{0.29065 \times P}{1 + (\alpha \times T)} - \frac{4.126 \times 10^{-4} \times r}{1 + (\alpha \times T)} \times 10^{u} \right] \qquad (۲)$$

در این رابطه:

$\Delta D$ : تصحیح اتمسفری (ppm)

P : فشار هوا (mbar)

T : دمای هوا ($^{\circ}C$)

r : رطوبت نسبی

$\alpha$ : $\frac{1}{273.16}$

u : $\frac{7.5 \times T}{237.3 + T} + 0.7857$

همچنین برای تصحیح انحنای مسیر موج، ضریب انکسار[۳] برای این دستگاه $k = 0.13$ تعریف شده است[۳].

### ۳-۲-۱- پالایش مشاهدات

برای پالایش مشاهدات با توجه به حجم نمونه (۴۰ نمونه) و مجهول بودن انحراف معیار جامعه، از تست آماری t در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاد شد. این تست روی میانگین مشاهدات انجام گرفت، که بازه‌ی آن به صورت زیر تعریف می‌شود[۶]:

[3] refraction coefficient

$$\bar{l} - \frac{S}{\sqrt{N}} \xi t_{(N-1,1-\frac{\alpha}{2})} \langle \mu \langle \bar{l} + \frac{S}{\sqrt{N}} \xi t_{(N-1,1-\frac{\alpha}{2})} \quad (۳)$$

S: انحراف معیار نمونه

N: حجم نمونه

$\alpha$: سطح معنی دار و (1-$\alpha$) بازه‌ی اطمینان

$\mu$: میانگین جامعه

$\bar{l}$: میانگین مشاهدات

### ۳-۳- نتیجه‌ی حاصل از مشاهدات فاصله‌یابی الکترونیکی

طول‌مبنا با استفاده از دستگاه فاصله‌یاب الکترونیکی لایکا TC2003 در شرایط مختلف جوی، به صورت دوطرفه در شش اپک با تعداد ۴۰ اندازه‌گیری، هچنین با برآورد میزان تصحیح و اعمال خطاهای سیستماتیک، به صورت میانگین وزن‌دار سرشکن شده و میانگین مشاهدات پالایش شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد به صورت زیر ارائه می‌شود:

طول‌مبنا = 82.7922m ± 0.5mm

### ۴- بررسی عملکرد گیرنده‌های جی‌ان‌اس‌اس South

طول‌مبنای کالیبراسیون با استفاده از گیرنده‌های جی‌ان‌اس‌اس دو فرکانسه SOUTHS82 اندازه‌گیری شد. دقت اسمی ارائه‌شده برای این دستگاه در حالت استاتیک مسطحاتی 3mm ± 0.5ppm است[۷]. مشاهدات به روش تفاضلی برداشت شده‌اند. پس از پردازش مشاهدات در نرم‌افزار برنیز[۴]، عملکرد این گیرنده‌ها در اندازه‌گیری طول‌مبنا بررسی می‌شود.

### ۴-۱- مشاهدات جی‌ان‌اس‌اس

طول‌مبنا با گیرنده‌ی دو فرکانسه جی‌ان‌اس‌اس SOUTHS82 در دو ایستگاه ZNU101 و ZNU102 به صورت همزمان در مدت زمان ۵ ساعت مشاهده شد. در جدول (۲) اطلاعات مربوط به اندازه‌گیری جی‌ان‌اس‌اس قابل مشاهده است.

**جدول ۲: اطلاعات مشاهدات جی‌ان‌اس‌اس**

| ردیف | ایستگاه | نوع آنتن | دقت اسمی | شروع زمان محلی | پایان زمان محلی | فاصله ی زمانی اپک‌ها |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ZNU101 | SOUTHS82 | 3mm ± 0.5ppm | ۰۹ : ۱۰ | ۱۴ : ۰۰ | ۳۰ ثانیه |
| ۲ | ZNU102 | SOUTHS82 | 3mm ± 0.5ppm | ۰۹ : ۲۰ | ۱۴ : ۱۵ | ۳۰ ثانیه |

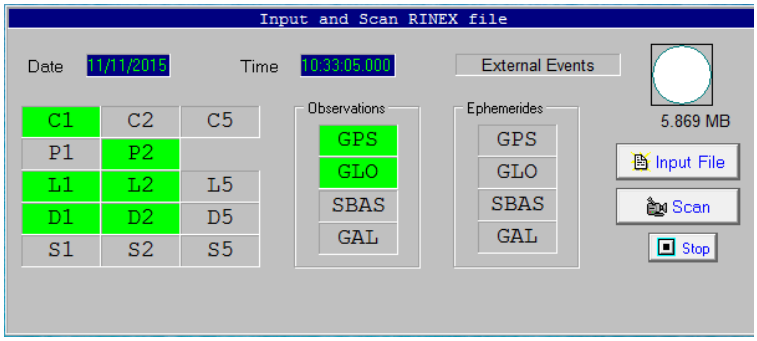
### ۴-۲- پردازش مشاهدات جی‌ان‌اس‌اس

مشاهدات پس از اندازه‌گیری به فرمت راینکس تبدیل شدند. پردازش داده‌ها برای رسیدن به حداکثر دقت ممکن و همچنین کنترل تمام مراحل پردازش، در نرم‌افزار برنیز انجام شد، زیرا نرم‌افزارهای تجاری موجود، داده‌ها را با یک

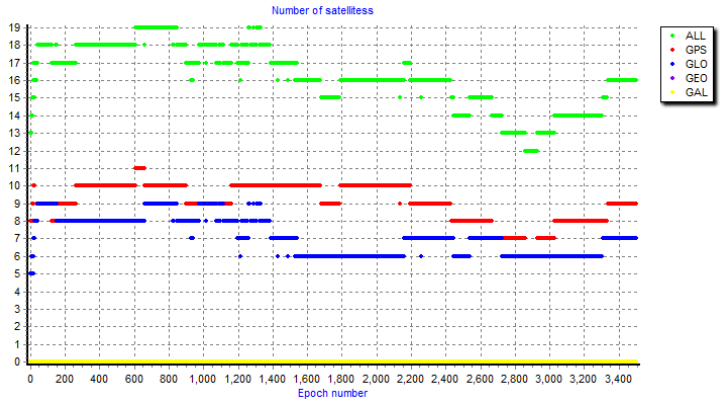
[4] Bernese

الگوریتم خاص پردازش کرده و به کاربر امکان ایجاد تغییر در الگوریتم را نمی‌دهند. این نرم‌افزار یکی از نرم‌افزارهای پیشرفته و سطح بالا در پردازش داده‌های سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی بوده و دارای جدیدترین روش‌های مدل‌سازی و کنترل جزئیات پردازش است[۸]. در حال حاضر هر دو سیستم فعال جی‌پی‌اس و گلوناس در این نرم‌افزار پشتیبانی می‌شوند. این نرم‌افزار در آزمایشگاه نجومی دانشگاه برن سوئیس تولید شده و در حال حاضر از آن در مرکز تعیین مدار در اروپا برای فعالیت‌های جهانی (آی‌جی‌اس) و اروپایی (EUREF/EPN) استفاده می‌شود[۹].

مشاهدات در یک بازه‌ی ۵ ساعته، در مجموع با ۵۹۸۳ مشاهده بر روی طول‌مبنا انجام شد. در شکل (۴) انواع مشاهدات و در شکل (۵) تعداد ماهواره‌های مشاهده شده در هر اپک دیده می‌شود.




**شکل ۴: انواع مشاهدات از ماهواره‌های مختلف موجود در فایل راینکس**




**شکل ۵: تعداد ماهواره‌های مشاهده شده در هر اپک**

برای پردازش داده‌ها، فایل مشخصات ماهواره‌ها، فایل مشکلات ماهواره‌ها (جهت حذف داده‌های اشتباه که توسط ماهواره‌ها ارسال شده است)، فایل مشخصات گیرنده‌ها و فایل آفست و تغییرات مرکز فاز آنتن ماهواره و گیرنده، از سایت آزمایشگاه نجومی دانشگاه برن سوئیس دانلود و استفاده شد. همچنین از فایل پارامترهای دورانی زمین و فایل مدار و ساعت دقیق ماهواره‌ها که در این سایت وجود دارد، استفاده شد. در مراحل پردازش، ابتدا خطای ساعت گیرنده با استفاده از مشاهدات کد به همراه مدار و ساعت دقیق ماهواره‌ها و تشکیل ترکیب خطی یونسفر آزاد، برآورد شد. سپس تفاضل مرتبه اول مشاهدات تشکیل و جهش فازها با تشکیل ترکیب خطی یونسفر آزاد مشاهدات فاز آشکار و ترمیم شد. در این مرحله در محل جهش فازهای غیرقابل ترمیم یک مجهول ابهام در فاز اضافه می‌شود. در مرحله بعد با تشکیل ترکیب خطی یونسفر آزاد مشاهدات تفاضلی دوگانه‌ی فاز و حل آنها به صورت شناور (فلوت) باقی‌مانده‌های به‌دست آمده بررسی و مشاهدات با باقی‌مانده‌های بزرگ از سرشکنی حذف شد. سپس این مرحله دوباره و بدون

مشاهدات اشتباه انجام و برآوردهایی از تروپسفر و مختصات ایستگاه صورت گرفت. در مرحله بعد عدد ابهام در فاز با استفاده از برآورد تروپسفر و مختصات مرحله قبل و همچنین مدل جهانی یونسفر به همراه استراتژی کیوآی‌اف، با مشاهدات تفاضلی دوگانه برای هر موج حامل برآورد شد. در مرحله‌ی نهایی مختصات دقیق با استفاده از ترکیب خطی یونسفر آزاد مشاهدات تفاضلی دوگانه فاز به‌دست آمد. نتایج حاصل از پردازش مشاهدات در نرم‌افزار برنیز و اعمال تصحیحات، در سطح اطمینان ۹۵ درصد، در جدول (۳) قابل مشاهده است.

**جدول ۳: نتایج حاصل از پردازش مشاهدات ماهواره‌ای**

| دقت | فاصله‌ی اندازه‌گیری | نوع آنتن |
|---|---|---|
| 0.4 mm | 82.7918 m | SOUTHS82 |

## ۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش گزارشی از ساخت ایستگاه‌های استاندارد طول‌مبنای کوتاه کالیبراسیون دانشگاه زنجان ارائه شد. این طول‌مبنا با اندازه‌گیری‌های دو دستگاه توتال استیشن لایکا TC2003 در اپک‌های شش‌گانه در شرایط مختلف جوی با تعداد ۴۰ اندازه‌گیری محاسبه شد و اندازه‌ی آن در سطح اطمینان ۹۵ درصد معادل 82.7922m ± 0.5mm به‌دست آمد. در مرحله‌ی بعد همین فاصله با دو دستگاه جی‌ان‌اس‌اس SOUTHS82 به صورت همزمان و به مدت حدود ۵ ساعت اندازه‌گیری شد. پردازش این اندازه‌گیری‌ها با نرم‌افزار برنیز صورت گرفت و فاصله‌ی دو نقطه در سطح اطمینان ۹۵ درصد، معادل 82.7918m ± 0.4mm به‌دست آمد. این عدد با طول‌مبنای حاصل از توتال استیشن‌ها، 0.4mm اختلاف نشان می‌دهد که با دقت اسمی دستگاه همخوانی دارد. این طول‌مبنا می‌تواند به عنوان مرجعی برای سنجش صحت کارکرد دستگاه‌های توتال استیشن و گیرنده‌های جی‌پی‌اس و جی‌ان‌اس‌اس مورد استفاده قرار گیرد.

## تشکر و قدردانی

نویسنده مکاتبه‌کننده از شرکت بازرگانی امیر، بابت حمایت مالی برای ارائه‌ی این تحقیق در اولین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، کمال تشکر را دارد. همچنین از آقایان مهندس وحید قربانلو و مهندس بابک شریفی بابت همکاری صمیمانه در انجام اندازه‌گیری‌ها، سپاسگزاری می‌شود.

## مراجع

[1] G. E. V. Becerra, R. A. Bennett, M. C. Chávez, M. E. T. Soto, and J. R. G. Camacho, *Short Baseline Calibration using GPS and EDM Observations*. Geofísica internacional 54.3, 2015, pp. 255-266.
[2] http://www.znu.ac.ir
[3] Leica Geosystem, *User Manual of TPS-System 1000*, Version 2.3en, Heerbrugg, Switzerland, 1998.
[4] S. Kuang, *Geodetic Network Analysis and Optimal Design*. Ann Arbor Press Inc, 1996.
[5] G. Johnston, and P. Digney, *Technical Report 9*. National Mapping Division, Geoscience Australia, 2002.
[6] P. Vanicek, and E. J. Krakiwsky, *Geodesy the Concepts*. Elsevier, Netherlands, 2nd Edition, 1986.
[7] http://www.southinstrument.com
[8] R. Dach, U. Hugentobler, P. Fridez, and M. Meindl, *Manual of Bernese GPS Software Version 5.0*. Astronomical Institute University of Bern, 2007, pp. 253-277.
[9] http://www.bernese.unibe.ch

# Establishment of Short Baseline Calibration of the University of Zanjan and its Application in SOUTH GNSS Receivers performance investigation

**Saadati, S. *[1], Abbasi, S. [2], Abbasi, M. [3]**

1- MSc student of Geodesy, Surveying Engineering Department, University of Zanjan
2- MSc in Geodesy, Surveying Engineering Department, University of Zanjan
3- Assistant professor, Surveying Engineering Department, University of Zanjan

**Abstract**

Minute structural deformation monitoring is one of the main tasks of engineering geodesy. Investigation of the behavior of measurement instruments becomes therefore a crucial step. Baselines calibration are used for accuracy and precision determination of instruments. In 2013, two standard stations have been constructed in the University of Zanjan. The horizontal distance between these two stations is measured by two Leica TC2003 precise total stations with nominal (1mm ± 1ppm) precision, in 6 epochs with 40 measurements. The distance is estimated equal to 82.7922m ± 0.5mm in 95% confidence level. Statistical test indicates that two total stations give the same results. In second part of this research, we measured the distance with two SOUTH GNSS receivers during about 5 hours. We processed the measurements with Bernese software. Comparison of the distances obtained with GNSS and total stations shows 0.4mm difference which is consistent with nominal precision of SOUTH GNSS receivers which is 3mm ± 0.5ppm.

**Keywords:** Short Baseline Calibration, Leica TC2003 EDM, SOUTH GNSS Receiver.

Correspondence Address: Surveying Engineering Department, University of Zanjan, P. O. Box: 45371-38791, Zanjan, Iran.

**Tel: +98 24 33052468.**

**Email:** sadegh.saadati@znu.ac.ir