

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

كلية الهندسة

مدرسة هندسة المساحة



بحث مقدم كاستيفاء جزئي لنيل درجة البكالوريوس مرتبة الشرف في هندسة
المساحة

بـعـنـوان:

**تصميم وتوقيع خطوط الزلزلة Seismic Lines في عملية استكشاف
النفط**

إعداد الطالبات:

- آمال آدم حسن
- تبيان متوكل شرف الدين
- تقوى عبد الكريم ابراهيم

إشراف:

أ/ قمر الأنبياء عثمان حاج علي

نوفمبر 2020

قال تعالى:

﴿هُوَ الَّذِي بَعَثَ فِي الْأُمِّيِّينَ رَسُولًا مِنْهُمْ يَتْلُو عَلَيْهِمْ آيَاتِهِ وَيُزَكِّيهِمْ وَيُعَلِّمُهُمُ الْكِتَابَ وَالْحِكْمَةَ وَإِنْ كَانُوا مِنْ قَبْلُ لَفِي ضَلَالٍ مُبِينٍ﴾

[الجمعة: 2]

إِهْدَاء

إلهي لا يطيب الليل إلا بشكرك ولا يطيب النهار إلا بطاعتك ولا تطيب اللحظات إلا بذكرك، ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك، ولا تطيب الجنة إلا برويتك

"الله جل جلاله"

إلى من بلغ الرسالة وأدى الأمانة، ونصح الأمة، وكشف الله به الغمة، إلى نبي الرحمة ونور العالمين

"سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم"

إلى من كللها الله بالهبة والوقار، إلى من علماني العطاء بدون انتظار، أمد الله في عمركما لتريا ثماراً قد حان قطفها بعد طول انتظار

"والدي العزيز"

"أمي الحبيبة"

كم اخطأنا فقومتنا بحسه أسلوبك وكم زلنا فانتشلنا بلباقة تعاملك، كم كان يعجبنا فيك مطابفة قولك لفعلك، وعلانيتك لسرك!

تحت على الصفوف الأولى وأنت مع أهلها، وتحت على البذل، وأنت في المقدمة.

"أستاذ/ قمر الأنبياء"

التجريدة:

تكمن الأهمية الاقتصادية للنفط في أنه مصدر الطاقة الرئيسي في العالم؛ فهو دخل في جميع الصناعات فبدونه لم نكن نصل إلى هذا التقدم الذي نعيشه، ويعد النفط مصدر للوقود الأكثر شهرة.

تعد الطريقة السيزمية أو طرق المسح الزلزالي من أهم الطرق في البحث عن النفط حيث يتم الحصول على معلومات عن التركيب الجيولوجي للموقع، ويعتمد هذا المسح على خطوط تسمى بخطوط الزلزلة.

ولإنشاء خطوط الزلزلة تم اختيار منطقة للدراسة ذات مساحة واسعة "المجاهدين جنوب كلية الطب جامعة إفريقيا العالمية". وتم تصميم نقاط الضبط، وشبكة الإحداثيات بمسافات متساوية وتوقيعها باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي ومعالجة الأخطاء وتصحيحها والتأكد من مواقعها الصحيحة بعد التوقيع، وذلك لتجهيز مواقع المستقبلات والمتفجرات على خطوط الزلزلة حسب المعايير المطلوبة.

شُكْرٌ وَعِرْفَانٌ

الحمدُ والشكرُ لله في المبتدئِ والمنتهي، ثم إلى من تدرن دعواته حتى بلغنا
ما نحد عليه **أمهاتنا**

إلى الذي تكبدوا مشاق الحياة لنشوق طريق العلم والمعرفة **آبائنا**

إلى الذي صبر علينا وتحمل أخطائنا **الأستاذ قمر الأنبياء**

إلى الذي ارتوينا من فيض علمهم وتجاربهم ولم يخلوا علينا بما يعلمون

أساتذتنا

إلى رفقاء العلم والمعرفة زملائنا إلى منارة العلم قلعة الصمود والمعرفة

جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

إلى كليتنا التي نفخر بها ونتمنى ان تظل دوما في الريادة **كلية الهندسة**

أخيراً إلى مدرسة **هندسة المساحة** فالشكر لهم جميعاً.

قائمة المحتويات

رقم الصفحة	الموضوع	الترقيم
-	الآية	-
-	الإهداء	-
-	التجريدة	I
-	الشكر والعرفان	II
-	قائمة المحتويات	III
-	قائمة الجداول	VI
-	قائمة الأشكال	VII
الإطار النظري		
الباب الأول: مقدمة البحث		
1	مقدمة	(1.1)
1	مشكلة البحث	(2.1)
1	الهدف من البحث	(3.1)
1	منهجية البحث	(4.1)
2	محتويات البحث	(5.1)
الباب الثاني:		
3	مقدمة	(1.2)
3	نظام الموقع العالمي	(2.2)
4	مكونات نظام الموقع العالمي	(3.2)
8	أقمار نظام الموقع العالمي	(4.2)
9	كيفية تحديد الموقع	(5.2)
10	فكرة عمل ال GPS	(6.2)
12	إشارات الأقمار في نظام الموقع العالمي	(7.2)
13	خدمات نظام الموقع العالمي	(8.2)
14	مميزات نظام الموقع العالمي	(9.2)
15	تطبيقات نظام الموقع العالمي	(10.2)

قائمة المحتويات

الترقيم	الموضوع	الصفحة
الباب الثالث		
(1.3)	مقدمة	16
(2.3)	تعريف	16
(3.3)	مصادر الأخطاء	16
(4.3)	أنواع الأخطاء	17
(5.3)	الدقة والصحة	18
(6.3)	الأرصاء المساحية	20
(7.3)	القيمة الأكثر احتمالاً	20
(8.3)	الخطأ الحقيقي	21
(9.3)	الفروق أو الأخطاء	21
(10.3)	التباين	22
(11.3)	الخطأ المعياري	23
(12.3)	الانحراف المعياري	23
(13.3)	الانحراف المعياري المتوسط	23
(14.3)	ضبط الشبكات	24
الباب الرابع		
(1.4)	مقدمة	27
(2.4)	تعريف المسح الزلزالي	27
(3.4)	طرق المسح الزلزالي	28
(4.4)	مبدأ العمل	29
(5.4)	أهمية المسح الزلزالي	30
(6.4)	الموجات الزلزالية	30
(7.4)	قانون سنل	32
(8.4)	الهدف من البيانات الزلزالية	33
(9.4)	مميزات وعيوب الطريقة الزلزالية	34
(10.4)	الأدوات المستخدمة في المسح الزلزالي	34
(11.4)	مصادر التشويش	38
(12.4)	معالجة البيانات الزلزالية	38
(13.4)	تحليل البيانات الزلزالية	39

قائمة المحتويات

الإطار العملي		
الباب الخامس: القياسات والنتائج		
40	المقدمة	(1.5)
40	العمل الحقلّي	(2.5)
الباب السادس: الخلاصة والتوصيات والمراجع		
48	الخلاصة	(1.6)
49	التوصيات	(2.6)
50	المراجع	(3.6)
	الملاحق	

قائمة الجداول:

الترقيم	العنوان الجدول	الصفحة
(1.5)	نقاط التحكم	40
(2.5)	الخط الأول	41
(1.2.5)	الخطأ المعياري للخط الأول	41
(3.5)	الخط الثاني	42
(1.3.5)	الخطأ المعياري للخط الثاني	42
(4.5)	الخط الثالث	43
(1.4.5)	الخطأ المعياري للخط الثالث	43
(5.5)	الخط الرابع	44
(1.5.5)	الخطأ المعياري للخط الرابع	44
(6.5)	الخط الخامس	45
(1.6.5)	الخطأ المعياري للخط الخامس	45
(7.5)	الخط السادس	46
(1.7.5)	الخطأ المعياري للخط السادس	46

قائمة الأشكال:

رقم الصفحة	عنوان الشكل	التقييم
3	أقمار ال GPS	(1.2)
4	وحدة الفضاء	(2.2)
5	وحدة المراقبة	(3.2)
6	محطة التحكم الرئيسية	(4.2)
6	هوائيات أرضية	(5.2)
7	محطات وحدة التحكم الأرضية	(6.2)
9	الملاحة بالأقمار الصناعية	(7.2)
9	المبدأ المساحي للملاحة بالأقمار الصناعية	(8.2)
12	مبدأ الرصد في نظام الجي بي أس	(9.2)
14	التردد والشفرة في إشارات الأقمار الصناعية	(10.2)
19	الدقة والصحة	(1.3)
24	ضبط الشبكات	(2.3)
25	مثال لضبط شبكة الميزانيات	(3.3)
27	يوضح طريقة المسح السيزمي	(1.4)
31	يوضح الموجة الجسمية	(2.4)
32	يوضح الموجة السطحية.	(3.4)
33	يوضح قانون سنل	(4.4)
36	الجيوفون	(5.4)
37	مبدأ عمل الجيوفون	(6.4)
37	أجهزة التسجيل	(7.4)
38	نظام تسجيل البيانات السيزمية	(8.4)
47	منطقة الدراسة	(1.5)
47	نقاط الضبط	(2.5)

الباب الأول

المقدمة

(1.1) من مميزات المسح الزلزالي أنه يعطينا تصور عما هو موجود تحت سطح الأرض وبذلك نستطيع من خلاله تحديد العمود الطبقي للمنطقة.

ولكونه يعتمد على انتشار الموجات في الصخور وحيث أن انتشار هذه الموجات يعتمد على معاملات المرونة للصخر فإننا نستطيع ومن حيث المبدأ تحديد هذه المعاملات. وأيضا نستطيع الكشف عن الهيدروكربونات بواسطة هذه الطريقة.

(2.1) مشكلة البحث:

خطوط الزلزلة تعطي مساحات شاسعة وبأطوال كبيرة وهي من الأهمية بمكان تحديد أنسب موقع تحفر الآبار لاستخراج النفط وذلك بعد تحليل الاهتزازات الناتجة من التفجير على تلك الخطوط وعليه، فإن تصميمها بطريقة صحيحة ودقيقة يعد الأساس في مجال النفط.

(3.1) الهدف من البحث:

الحصول على تصميم سليم لخطوط الزلزلة ومن ثم توقعها كما هو مصمم والتحقق من ذلك.

(4.1) منهجية البحث:

يعد الحصول على المنطقة المراد تغطيتها، يتم تصميم مسافات المستقبلات والمتفجرات على الخط استنادا على المعايير المطلوبة وذلك باستخدام برنامج GPS Seismic .

يتم نقل هذه البيانات على جهاز تحديد المواقع العالمي الجيوديسي، واستناداً على نقاط الضبط المنشأة يتم توقيع النقاط والتحقق من كل جلسة توقيع على نقاط الضبط.

(5.1) محتويات البحث:

يحتوي الباب الأول على المقدمة عن علم المساحة ووصف مختصر عن مشكلة البحث وبلورة الهدف من البحث ومنهجية البحث. أما الباب الثاني يتحدث عن نظام تحديد المواقع العالمي، يحدثنا الباب الثالث عن الأخطاء في نظام تحديد المواقع العالمي.

أما الباب الرابع يتناول المسح الزلزالي أو المسح الزلزالي، الباب الخامس يأخذ الإطار العملي ببيانات خطوط الزلزلة تصميم ومعالجة النقاط وتوقيعها والخطأ ونقاط الضبط المنشأة.

الباب الثاني

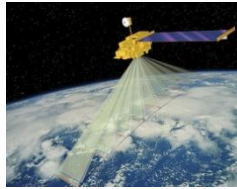
النظام العالمي لتحديد المواقع

(1.2) مقدمة:

مع بداية المنتصف الثاني من القرن العشرين الميلادي دخلت المعرفة البشرية منعطفًا تقنيًا جديدًا حيث استطاع الإنسان أن يرسل أجسامًا معدنية إلى خارج نطاق الغلاف الجوي لكوكب الأرض، وهي الأجسام التي أُصطلح على تسميتها بالأقمار الصناعية "Satellites" (الشكل 1-2). بعد إطلاق القمر الروسي الأول سبوتنيك-1 "Sputnik-1" في 4 أكتوبر 1957م، وهو إعلان دخول الإنسان لعصر الأقمار الصناعية. وهذا قد بدأ إطلاق الأقمار الصناعية وغزو الفضاء - بصفة عامة - بعد أن تطورت عدة تقنيات وخاصة الصواريخ والرادار، فالصاروخ هو الوسيلة لإيصال القمر الصناعي إلى الفضاء كان أول صاروخ يطلق للفضاء بواسطة فريق علماء ألمان بقيادة براون عام 1934 م. والرادار مهم لتعقب القمر ومعرفة موقعه. كما ساهم التطور في الحاسبات الآلية وأنظمة الاتصالات في الإسراع بالدخول إلى عصر الفضاء.

(2.2) تعريف:

نظام ال GPS: هي اختصار ل Global Positioning System، وهي نظام ملاحية لاسلكي يسمح للمستخدمين في البر والجو والبحر بتحديد موقعهم وسرعتهم ووقتهم على مدار 24 ساعة في اليوم في جميع الأحوال الجوية وفي أي مكان في العالم.



(الشكل 1.2) أقمار ال GPS

يعد نظام التموضع العالمي بمثابة مرفق من مرافق الولايات المتحدة توفر من خلاله للمستخدمين خدمات في مجال تحديد الموقع الذي يقف المرء عليه والملاحية والتوقيت (PNT).

(3.2) ما هي مكونات نظام الرصد العالمي لتحديد الموقع GPS؟

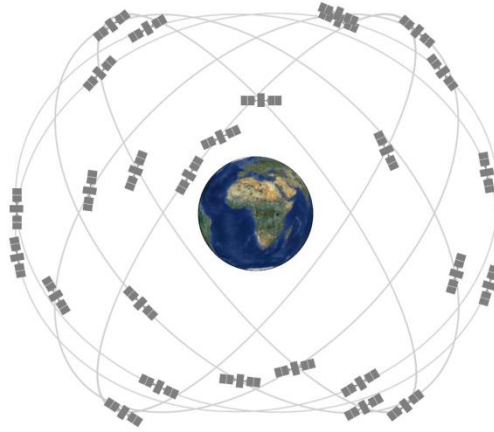
1. قطاع الفضاء
2. قطاع التحكم
3. قطاع المستخدم

• وتتكفل القوات الجوية الأمريكية بتطوير وصيانة وتشغيل قطاعي الفضاء الخارجي والتحكم.

(1.3.2) وحدة الفضاء:

توجد في الفضاء الخارجي مجموعة من السواتل التي ترسل إشارات لاسلكية للمستخدمين، وتبعد مسافة 20200 كم، كل قمر يدور مرتين في اليوم. تلتزم الولايات المتحدة بالحفاظ على توفر 24 قمراً صناعياً لنظام تحديد المواقع العالمي (GPS) على الأقل، 95% من الوقت.

ولضمان هذا الالتزام، أطلقت القوات الجوية الأمريكية 31 قمراً صناعياً لنظام تحديد المواقع العالمي (GPS) خلال السنوات القليلة الماضية.



(الشكل 2.2) وحدة الفضاء

(2.3.2) وحدة التحكم:

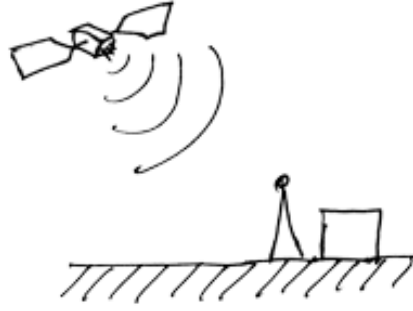
يتكون قطاع الفضاء من مرصد عالمي بالإضافة إلى محطات تحكم أرضية تضمن استمرار دوران الأقمار الصناعية في مداراتها الصحيحة، كما تقوم بضبط الساعات الموجودة على متن الأقمار

الصناعية، بالإضافة لتتبع خط سير أقمار الصناعية للنظام، وتحميل المعلومات الملاحية التي تتم تحديثها بصفة دائمة، والحفاظ على صحة وحالة الأقمار الصناعية وغيرها.

(1.2.3.2) عناصر وحدة التحكم:

(1.1.2.3.2) أولاً: محطات مراقبة:

- تتبع أقمار GPS عندما تمر فوقها
- جمع إشارات الملاحة وقياسات المدى / الموجة الحاملة وبيانات الغلاف الجوي
- ملاحظات التغذية لمحطة التحكم الرئيسية
- استخدم أجهزة استقبال GPS المتطورة
- توفير تغطية عالمية عبر 16 موقعاً: 6 من القوات الجوية بالإضافة إلى 10 من NGA



(الشكل 3.2) وحدة المراقبة

(2.1.2.3.2) ثانياً: محطة التحكم الرئيسية

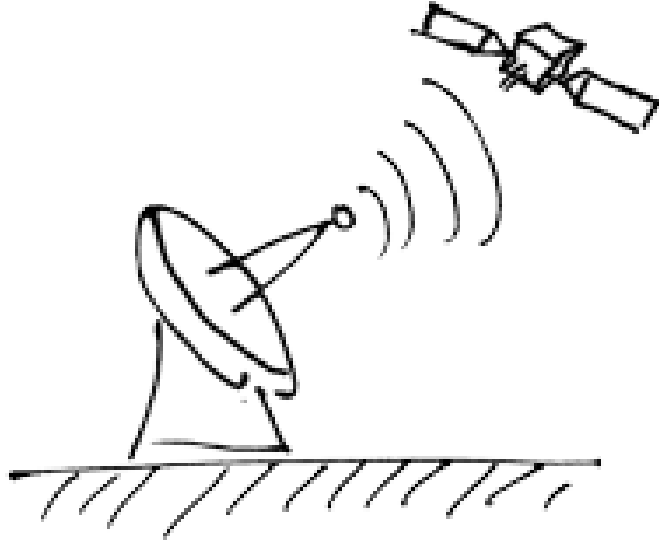
- يوفر الأمر والتحكم في أقمار ال GPS يستخدم بيانات محطة المراقبة العالمية لحساب المواقع الدقيقة للأقمار الصناعية.
- يولد رسائل ملاحية للتحميل على الأقمار الصناعية.
- يراقب البث عبر الأقمار الصناعية وسلامة النظام لضمان صحة الأقمار ودقتها.
- يقوم بصيانة الأقمار الصناعية وحل الشذوذ، بما في ذلك إعادة تعيين الأقمار الصناعية للحفاظ على أقمار مثالية.
- يستخدم حالياً أنظمة منفصلة (AEP & LADO) للتحكم في الأقمار الصناعية التشغيلية وغير التشغيلية.
- مدعومة بمحطة تحكم رئيسية بديلة تعمل بكامل طاقتها.



(الشكل 4.2) محطة التحكم الرئيسية

(3.1.2.3.2) ثالثاً: هوائيات أرضية

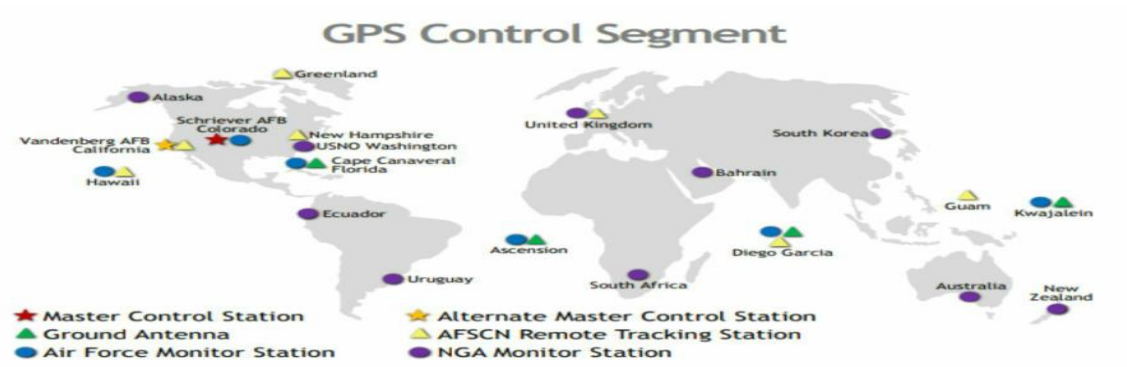
- إرسال الأوامر وتحميل بيانات الملاحة وتحميل برنامج المعالج على الأقمار الصناعية
- جمع القياس عن بُعد.
- تواصل عبر S-band والقيام بأداء نطاق S-band لتوفير حل غير طبيعي ودعم المدار المبكر.
- يتكون من 4 هوائيات أرضية مخصصة لنظام تحديد المواقع العالمي (GPS) بالإضافة إلى 7 محطات تتبع عن بعد لشبكة التحكم بالأقمار الصناعية التابعة للقوات الجوية (AFSCN).



(الشكل 5.2) هوائيات أرضية

(2.2.3.2) وتتكون وحدة التحكم الأرضية من خمس محطات موزعة حول العالم كما يلي:

- ❖ المحطة الموجودة في كوارادو وهي المحطة الرئيسية (الأم).
 - ❖ محطة Ascension وهي محطة متابعة وهوائي.
 - ❖ محطة Diego Garica وهي محطة متابعة وهوائي.
 - ❖ محطة Kwajalein وهي محطة متابعة وهوائي.
 - ❖ محطة Hawaii وهي محطة متابعة فقط.
- وتوجد محطة إضافية في كلورادو وهي محطة متابعة ومساعدة.



(الشكل 6.2) محطات وحدة التحكم الأرضية.

(3.2.3.2) مهام وحدة التحكم:

- 1- مراقبة النظام والتحكم به بشكل مستمر.
- 2- تعيين زمن النظام.
- 3- التنبؤ بالمواقع اللاحقة للأقمار وسلوك ساعاتها.
- 4- التجديد الدوري للمعلومات الملاحة لكل قمر.

(3.3.2) وحدة المستخدمين (المستقبلات):

هي عبارة عن أجهزة تستخدم من قبل الراصد وهي مكونة من هوائي (Antenna) ومستقبل (Receiver) تستقبل إشارات الأقمار الصناعية وتحللها للحصول على عدة أرقام والمستقبلات مزودة بساعة دقيقة لحساب الزمن الذي تستغرقه الموجة.

هنالك العديد من أنواع المستقبلات وظيفتها تحويل الموجات الصادرة عن الأقمار إلى مواقع وسرعة وزمن. وتحتاج المستقبلات إلى أربعة أقمار صناعية لحساب إحداثيات أي موقع بالإضافة إلى الزمن، يكشف الهوائي الموجات الكهرومغناطيسية القادمة من الأقمار الصناعية ويقوم بتحويل طاقة الموجة إلى تيار كهربائي ويزيد من قوة الموجة، ويجب أن يكون الهوائي حساساً جداً بحيث يتمكن من التقاط الموجات الضعيفة الصادرة من الأقمار الصناعية.

(4.2) يمكن تقسيم الأقمار الصناعية – بصفة عامة – إلى ثلاثة مجموعات أو أنواع:

(1.4.2) أولاً: أقمار صناعية ملاحية Navigation Satellites

الهدف الرئيسي منها تقديم تقنيات ووسائل دقيقة لعمليات الملاحة [أرضية، جوية، بحرية، أو فضائية] بين موقعين. وهذا النوع يستخدم تقنيات أو نظم مثل: ال GPS، ونظام جاليليو Galileo، ونظام دوبلر Doppler، ونظام جالوناس Glonass.

(2.4.2) ثانياً: أقمار صناعية للاتصالات Communication Satellites

وهي أقمار تساعد في نقل البيانات [مثل: البث الإذاعي والتلفزيوني] وتوزيعها على أجزاء كبيرة من سطح الأرض لتتغلب على مشكلة كروية الأرض التي تعيق النقل المباشر الأرضي لهذه البيانات. ومن أمثلة هذه النوعية من الأقمار الصناعية: نايل سات، عرب سات.

(3.4.2) ثالثاً: أقمار صناعية لدراسة موارد الأرض Earth Resources Satellites

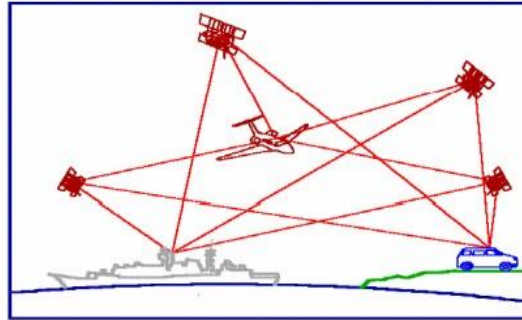
ومنها أقمار صناعية خاصة بدراسة البحار، وأخرى خاصة بدراسة الطقس، وثالثة مخصصة للتصوير الفضائي أو ما يُعرف الآن بالاستشعار عن بعد Remote Sensing.

(5.2) تحديد الموقع باستخدام الأقمار الصناعية:

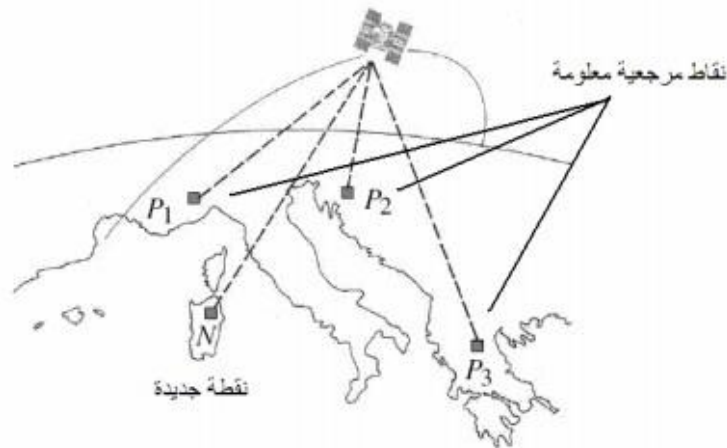
قبل بدء عصر الأقمار الصناعية توصل العلماء إلى طريقة جديدة لتحديد المواقع باستخدام الموجات الراديوية أو الكهرومغناطيسية، وكان المبدأ الأساسي في هذه الطريقة هو قياس الزمن الذي تستغرقه الموجة الراديوية في الرحلة ذهاباً وعودة بين محطة البث أو الإرسال Transmission Station وجهاز الاستقبال Receiver. فإذا استخدمنا القاعدة العلمية المعروفة كما في المعادلة (1.2):

$$\text{المسافة} = \text{السرعة} \times \text{الزمن (1.2)}$$

مع ظهور الأقمار الصناعية طبق العلماء نفس مبدأ الملاحة الرادوية في تطوير ما عرف باسم الملاحة بالأقمار الصناعية Satellite Navigation. فإذا استبدلنا محطات الإرسال الأرضية بأقمار صناعية ترسل موجات رادوية يستطيع جهاز الاستقبال أن يتعامل معها ويحسب المسافة من موقعه إلى موقع كل قمر صناعي فيمكن تحديد الموقع الذي به هذا المستقبل، وبالتالي فيمكننا القول أن موقع كل قمر صناعي يكون معلوما في أي لحظة طوال ٢٤ ساعة يوميا، أي أن كل قمر صناعي سيكون بمثابة نقطة مرجعية وطبقا لهذا المبدأ الأساسي فيمكن اعتبار القمر الصناعي - من وجهة النظر المساحية - علي أنه هدف Target عالي الارتفاع ، بحيث إذا أمكن رصده من ثلاثة نقاط أرضية معلومة الإحداثيات فيمكن تحديد موقع نقطة مجهولة ترصد هذا القمر الصناعي في نفس اللحظة.



(الشكل 7.2) الملاحة بالأقمار الصناعية



(الشكل 8.2) المبدأ المساحي للملاحة بالأقمار الصناعية

تطورت نظم الملاحة بالأقمار الصناعية مع إطلاق نظام الملاحة الأمريكي Navy Navigation Satellite System الذي عرف باسم ترانزيت Transit وأيضاً باسم نظام دوبلر Doppler - في الستينات من القرن العشرين الميلادي، وكان الهدف الرئيسي منه تحديد مواقع القطع البحرية في البحار والمحيطات والمعرفة الدقيقة للإحداثيات المواقع الاستراتيجية وبالرغم من هذه الأهداف العسكرية إلا أن المهندسين المدنيين قد استخدموا هذا النظام في العديد من التطبيقات المساحية وخاصة إنشاء شبكات الثوابت الأرضية الدقيقة. أعتمد نظام الدوبلر على عدد من الأقمار الصناعية التي تدور على ارتفاع حوالي ١٠٠٠ كيلومتر من سطح الأرض حيث يكمل كل قمر دورة كاملة حول الأرض في مدة تبلغ ١٠٧ دقيقة وكانت دقة تحديد المواقع الأرضية اعتماداً على هذا النظام في حدود 30-40 متر. ومع أن أقمار دوبلر تغطي معظم أنحاء الأرض إلا أن عددها (6 أقمار صناعية فقط) لم يكن يسمح يتواصل الإشارات طوال ٢٤ ساعة يومياً - بل لعدة ساعات طبقاً للموقع المطلوب على الأرض - مما لم يلبي حاجة مستخدمي النظام سواء العسكريين أو المدنيين وأدى ذلك إلى بدء وزارة الدفاع الأمريكية -مع بداية السبعينات- في تطوير نظام ملاحي آخر.

(6.2) فكرة عمل ال GPS في تحديد الموقع:

كما أشرنا سابقاً فإن نظرية عمل نظم الملاحة أو الجيوديسيا بالأقمار الصناعية تعتمد على مبدأ قياس الزمن الذي تستغرقه الموجة الرادوية منذ صدورها من وحدة البث (القمر الصناعي) وحتى وصولها لوحدة الاستقبال (المستقبل)، ومن ثم يمكن حساب المسافة بين القمر الصناعي وجهاز الاستقبال من المعادلة (2.2):

$$D = C \cdot \Delta t \quad (2.2)$$

حيث:

$D \equiv$ المسافة بين القمر الصناعي و جهاز الاستقبال.

$C \equiv$ سرعة الإشارة وتساوي سرعة الضوء = 299792.458 كيلومتر/ثانية.

$\Delta t \equiv$ فرق الزمن = زمن الاستقبال - زمن الإرسال لهذه الموجة الرادوية.

يمكن التعبير عن هذه المسافة بدلالة الإحداثيات الجيوديسية الكارتيزية لكلا من القمر الصناعي (Xs)

(Ys , Zs ,) و جهاز الاستقبال (Xr , Zr , Yr) كالآتي:

$$D = \sqrt{[(Xs - Xr)^2 + (Zs - Zr)^2]} \quad (3.2)$$

حيث أن إحداثيات القمر الصناعي في أي لحظة تكون معلومة فإن المعادلة (2-3) تحوي علي 3 قيم مجهولة وهم إحداثيات جهاز الاستقبال ذاته (Yr , Zr ,Xr). مما يدل على أنه يلزم وجود 3 معادلات حتى يمكن حلهم معا آنيا simultaneously لحساب قيم الإحداثيات الثلاثة لجهاز الاستقبال. أي بمعنى آخر: يلزم لجهاز الاستقبال رصد 3 أقمار صناعية في نفس اللحظة.

حيث أن سرعة الإشارة (سرعة الضوء) كبيرة جدا فإنه للوصول لدقة عالية في حساب المسافة يلزمنا دقة عالية أيضا في قياس الزمن أو حساب فرق الزمن Δt في المعادلة (2.2). لاحظ أن الإشارة لا تستغرق أكثر من 0.06 ثانية لتقطع مسافة 20,000 كيلو متر من القمر الصناعي إلى سطح الأرض. إن الساعة الموجودة في القمر الصناعي من النوع الذري عالي الدقة جدا في تحديد زمن الإرسال (زمن خروج الإشارة من القمر الصناعي) لكن الساعة الموجودة في جهاز الاستقبال ليست بنفس هذه الدقة العالية (وإلا فأن سعرها سيكون مرتفعا جدا بصورة تجعل سعر أجهزة الاستقبال غير متاحة لكل المستخدمين). أبتكر العلماء فكرة جديدة وذكية للتغلب على مشكلة عدم دقة الساعة في أجهزة الاستقبال، وهي إضافة قيمة الخطأ في ساعة المستقبل وحلها من خلال معادلة رياضية. أي أن المعادلة (2.2) والمعادلة (2.3) ستحولان إلي:

$$D = C. (\Delta t + E_t) \quad (4.2)$$

$$D + \Delta D = v[(X_s - X_r)^2 + (Y_s - Y_r)^2 + (Z_s - Z_r)^2] \quad (5.2)$$

حيث E_t هو الخطأ المطلوب حسابه لزمن الاستقبال الذي يقيسه جهاز المستقبل، AD هو قيمة الخطأ في المسافة المحسوبة بين القمر الصناعي وجهاز الاستقبال. وبالتالي فأن عدد القيم المجهولة Unknowns أصبح؛ وليس 3 (ثلاثة إحداثيات لموقع جهاز الاستقبال، Y_r, Z_r, X_r وتصحيح المسافة الناتج عن خطأ ساعة الجهاز AD) مما يلزم وجود؛ معادلات حتى يمكن حساب قيم العناصر الأربعة المجهولة (المعادلة (6.2):

$$D_1 + \Delta D_1 = v[(X_{S1} - X_r)^2 + (Y_{S1} - Y_r)^2 + (Z_{S1} - Z_r)^2]$$

$$D_2 + \Delta D_2 = v[(X_{S2} - X_r)^2 + (Y_{S2} - Y_r)^2 + (Z_{S2} - Z_r)^2]$$

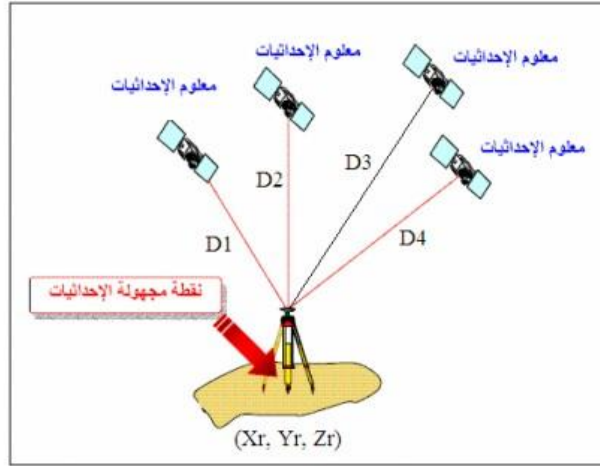
$$D_3 + \Delta D_3 = v[(X_{S3} - X_r)^2 + (Y_{S3} - Y_r)^2 + (Z_{S3} - Z_r)^2]$$

$$D_4 + \Delta D = v[(X_{S4} - X_r)^2 + (Y_{S4} - Y_r)^2 + (Z_{S4} - Z_r)^2]$$

(6.2) معادلات تصحيح المسافة الناتجة من خطأ ساعة الجهاز.

حيث D_1, D_2, D_3, D_4 المسافات المقاسه بين جهاز الاستقبال و الأقمار الصناعية الأربعة، (X_{S1}, Y_{S1}, Z_{S1}) و (X_{S2}, Y_{S2}, Z_{S2}) و (X_{S3}, Y_{S3}, Z_{S3}) و (X_{S4}, Y_{S4}, Z_{S4}) تمثل إحداثيات الأقمار الصناعية الأربعة ، (X_r, Y_r, Z_r) تمثل إحداثيات جهاز الاستقبال ، E_r يمثل خطأ زمن جهاز الاستقبال.

إن: المطلوب لحل مجموعة المعادلات هذه هو أن يقوم جهاز الاستقبال برصد أقمار صناعية في نفس اللحظة. وهذا هو الشرط الأساسي لحساب الإحداثيات ثلاثية الأبعاد باستخدام الجي بي اس (نكتفي برصد 3 أقمار صناعية فقط لحساب الإحداثيات ثنائية الأبعاد أي بإهمال حساب ارتفاع الموقع. فإذا توفر لدينا عدد من المعادلات أكبر من؛ (أي تم رصد أكثر من 4 أقمار صناعية في نفس اللحظة) فستؤدي هذه الأرصاد الزائدة Redundant Measurement إلي زيادة دقة وجودة حل المعادلات ومن ثم زيادة دقة الإحداثيات المستنبطة.



(الشكل 9.2) مبدأ الرصد في نظام الجي بي أس

(7.2) إشارات الأقمار الصناعية في الجي بي أس:

يقوم كل قمر صناعي من أقمار الجي بي أس بإرسال إشارتين رادويتين على ترددين Carrier Frequencies ومحمل عليهما نوعين من الشفرات الرقمية digital codes بالإضافة لرسالة ملاحية navigation message. يبلغ تردد الإشارة الأولى - تسمى L1 - 1575.42 ميغا هيرتز بينما يبلغ تردد الإشارة الثانية - تسمى L2 - 1227.60 ميغا هيرتز.

كما يبلغ طول الموجة wavelength لتردد L1 19 سنتيمتر، بينما يبلغ 24.4 سنتيمتر لتردد L2.

السبب الرئيسي وراء وجود ترددين صادرين من كل قمر صناعي هو تقدير وحساب الخطأ الذي تتعرض له الإشارات عند مرورها في طبقات الغلاف الجوي.

أما طريقة وضع modulation الشفرة على التردد الحامل له فتختلف من قمر صناعي لآخر حتى يتم تقليل أخطاء تداخل الإشارات.

الشفرة الأولى تسمى شفرة الحصول الخشن **Coarse-Acquisition Code** وترمز لها بالرمز C/A وأحياناً نسميها الشفرة المدنية (لأنها المتاحة للأجهزة المدنية للتعامل معها وقراءة محتوياتها)،

بينما الشفرة الثانية تسمى الشفرة الدقيقة **Precise Code** ويرمز لها بالرمز P والبعض يطلق عليها اسم الشفرة العسكرية (لأن التعامل معها وقراءتها لا تتم إلا باستخدام أجهزة استقبال خاصة غير متاحة إلا لأفراد الجيش الأمريكي). تتكون كل شفرة من سيل من الأرقام (0 و 1)، ولذلك تعرف الشفرة بمصطلح الضجة العشوائية الزائفة Pseudo Random Noise أو PRN لأن الشفرة تشبه الإشارة العشوائية، لكن في الحقيقة فإن الشفرة يتم توليدها من خلال نموذج رياضي وليست عشوائية (الشكل 2-12). تُحمل شفرة C/A على التردد الأول L1 فقط، بينما تُحمل الشفرة P على كلا الترددين L1 , L2

ملاحظة:

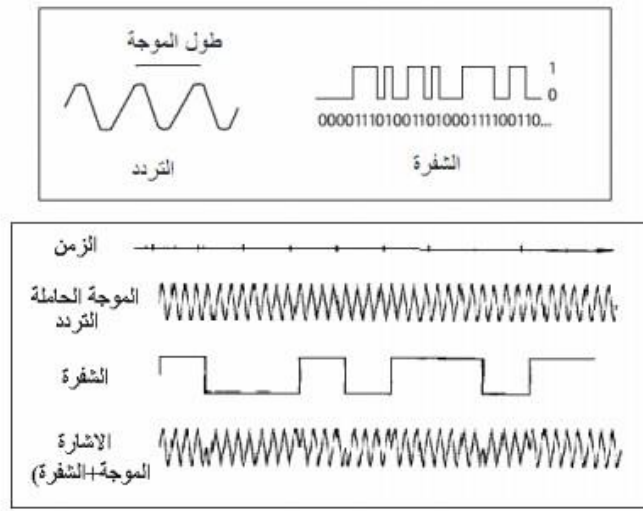
الشفرة P أدق كثيراً من الشفرة C/A ولذلك فقد تم منع إمكانية قراءتها من قبل المستخدمين المدنيين منذ فبراير 1994م وقصرها فقط على التطبيقات العسكرية للولايات المتحدة الأمريكية وحلفائها (عن طريق إضافة قيم مجهولة لها تسمى w-code بحيث تتغير الشفرة من P إلى ما يُسمى الشفرة γ -code).

(8.2) وبذلك يمكن القول أن نظام ال GPS يقدم نوعين من الخدمات:

- خدمة التحديد القياسي للمواقع Standard Positioning أو اختصاراً SPS والتي تعتمد على استقبال وقراءة واستخدام البيانات من الشفرة المدنية C/A، ولذلك تُسمى هذه الخدمة بالخدمة المدنية.
- خدمة التحديد الدقيق للمواقع Precise Positioning Service أو اختصاراً PPS والتي تعتمد على استقبال وقراءة واستخدام البيانات من الشفرة الدقيقة P ولذلك تُسمى هذه الخدمة بالخدمة العسكرية.

تتكون الرسالة الملاحة لكل قمر صناعي من مجموعة من البيانات، وهي تُضاف على كلا الترددين L1 :L2

- تحتوي بيانات الرسالة الملاحية على إحداثيات القمر الصناعي.
- معلومات عن حالة وكفاءة القمر (صحة القمر Satellite health) وأيضا الأقمار الأخرى
- تصحيح خطأ ساعة القمر.
- الإحداثيات المتوقعة أو المحسوبة للقمر الصناعي (ولباقي الأقمار) في الفترة المستقبلية وتسمى .almanac
- بالإضافة لبيانات الغلاف الجوي.



(الشكل 10.2) التردد والشفرة في إشارات الأقمار الصناعية

(9.2) بعض مميزات تقنية ال GPS:

- متاح طوال 24 ساعة يومياً ليلاً ونهاراً وعلى مدار العام كله.
- يُغطي جميع أنحاء الأرض.
- لا يتأثر بأية ظروف مناخية مثل درجات الحرارة والمطر والرطوبة والرعد والبرق والعواصف.
- الدقة العالية في تحديد المواقع لدرجة تصل إلى مليمترات في بعض التطبيقات وطرق الرصد الجيوديسية أو دقة أمتار قليلة (5.2 متر في المتوسط) للتطبيقات الملاحية.

- الوفرة الاقتصادية بحيث أن تكلفة استخدام ال GPS تقل بنسبة أكبر من 25% بالمقارنة بأي نظام ملاحي أو فضائي آخر.
- لا يحتاج لخبرة تقنية متخصصة لتشغيل أجهزة الاستقبال (وخاصة المحمولة يدوياً) لدرجة أن بعض مستقبلات ال GPS أصبحت تدمج في الساعات اليدوية وأجهزة الاتصال التلفزيوني.

(10.2) بعض التطبيقات المساحية لتقنية ال GPS:

- إنشاء الشبكات الجيوديسية للثوابت الأرضية الدقيقة وتكثيف الشبكات القديمة منها (عن طريق إضافة محطات جديدة لها).
- رصد حركات القشرة الأرضية.
- رصد إزاحة أو هبوط المنشآت الحيوية كالكباري والجسور والسدود والقناطر.
- أعمال الرفع المساحي التفصيلي والطبوغرافي.
- إنتاج خرائط طبوغرافية وتفصيلية دقيقة وفي صورة رقمية.
- تحديد المواقع لعلامات الضبط الأرضي للصور الجوية Aerial Photogrammetry والمرئيات الفضائية لنظم الاستشعار عن بعد Remote Sensing.
- تطبيقات المساحة التصويرية الأرضية Close-Range Photogrammetry.
- تطوير نماذج الجيويد الوطنية بالتكامل مع أسلوب الميزانية الأرضية.
- تجميع البيانات المكانية عند استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية GIS، وخاصة لتطبيقات تحديد مواقع الخدمات المدنية Location-Based Services وتطبيقات النقل الذكي Transportation Intelligent وأيضا تطبيقات نظم معلومات الأراضي Land Information Systems أو LIS.
- الربط بين المراجع الجيوديسية المختلفة للدول في حالات المشروعات الحدودية المشتركة.
- نظم الخرائط المحمولة Mobile Mapping Systems أو MMS.
- الرفع الهيدروجرافي وتطوير الخرائط البحرية والنهرية.
- تثبيت وتوثيق مواقع العلامات الحدودية بين الدول.
- بدمج تقنيتي ال GPS ونظم المعلومات الجغرافية أمكن إنتاج خرائط رقمية وقواعد بيانات محمولة يدوياً للمدن بكافة تفاصيلها وخدماتها.

الباب الثالث

الأخطاء

(1.3) مقدمة:

يعتمد علم المساحة الجيوديسية في المقام الأول على القياسات، والتي مهما بلغت دقة قياسها فلن تُعطي نتائج صحيحة بصورة مطلقة بل سيكون بها خطأ مهما كان صغيراً جداً. فعلى سبيل المثال إذا قال راصد ذو خبرة كبيرة مستخدماً جهاز ثيودلايت دقيق بقياس زاوية ما عدد من المرات فلن تكون قيمة الزاوية واحدة في كل هذه القياسات، لذلك من الضروري على دارس الجيوديسيا أن يلم بمصادر الأخطاء وأنواعها وكيفية التغلب عليها - إن أمكن - أو كيفية التعامل معها حسابياً للوصول إلى قيمة أقرب صحةً للكمية التي تم قياسها.

(2.3) تعريف:

الخطأ هو مقدار الفرق بين القيمة المقاسة (المرصودة) والقيمة الحقيقية لها.

(3.3) مصادر الأخطاء:

يصعب معرفة القيمة الحقيقية لأي قياس، لذلك فنستعويض عنه تحدث الأخطاء نتيجة لثلاثة أسباب أو مصادر وهي:

(1.3.3) أولاً: أخطاء آلية:

هي أخطاء ناتجة عن عيوب الأجهزة المستخدمة في القياس والتي يمكن التغلب عليها من خلال ضبط الجهاز ضبط دائم ومعايرته كل فترة وإتباع خطة معينة في الرصد وتصحيح أو ضبط الإرصاء من خلال المعادلات الرياضية.

(2.3.3) ثانياً: أخطاء شخصية:

هي أخطاء ترجع للراصد ذاته مثل عدم اعتنائه بعملية الرصد بصورة سليمة أو قلة خبرته العملية.

(3.3.3) ثالثاً: أخطاء طبيعية:

هي أخطاء ترجع أسبابها لتغيير الظروف الطبيعية أثناء عملية الرصد مثل تغيير تأثير الانكسار الجوي على الميزان في فترات اليوم الواحد.

(4.3) تنقسم أنواع الأخطاء إلى أربعة أنواع تشمل:**(1.4.3) أولاً: الخطأ أو الغلط الجسيم: Mistake or Blunder or Gross Error**

هو قيمة شاذة تجعل القيم المرصودة غير متجانسة مع بقية الإرصاء المماثلة، وينتج عن قلة الخبرة أو الإهمال في القياس.

مثال: كتابة 135 بدلاً عن 153.

يمكن اكتشاف الغلط من خلال الحرص في المراجعة والتحقق من كل خطوة من خطوات الرصد ثم استبعاده نهائياً من عملية الحسابات المساحية. تجدر الإشارة إلى أن الغلط هو أخطر أنواع الأخطاء وأشدّها تأثيراً علي دقة العمل في حالة عدم اكتشافه.

(2.4.3) ثانياً: الخطأ التراكمي: Accumulative Error

هو خطأ صغير القيمة نسبياً (عند مقارنته بقيمة الغلط) يتكرر بنفس المقدار والإشارة إذا تكرر القياس تحت نفس الظروف وباستخدام نفس الأجهزة ونفس الراصدين. الخطأ المنتظم خطأ تراكمي بمعنى أن قيمته تزيد كلما تكرر القياس.

مثال: إذا كان هناك خطأ 10 سنتمتر في شريط طوله 20 متر واستخدمنا هذا الشريط في قياس مسافة تبلغ 100 متر فإن خطأ منتظم قيمته 10 سنتمتر سيكون في كل طرحة

$$10 \text{ سنتمتر} \times 5 \text{ مرات قياس} = 50$$

يتم التغلب على الخطأ المنتظم إما بإضافة التصحيحات اللازمة له أو بوضع خطة دقيقة لعملية الرصد ذاتها، ويجب أن يتم ذلك قبل استخدام الإرصاء في العمليات الحسابية المساحية.

(3.4.3) ثالثاً: الخطأ المنتظم: Systematic Error

يشبه الخطأ المنتظم الخطأ التراكمي في طبيعته إلا أنه قد يكون تراكمياً بنفس المقدار والإشارة وقد يختلف في قيمته وإشارته من أجزاء العمل الحقلية.

كمثال تأثير عوامل الطقس (الحرارة والرطوبة) على قياسات الزوايا والمسافات المقاسة إلكترونياً سواء بأجهزة EDM أو المحطات الشاملة، ولذلك توجد معادلات رياضية لحساب قيمة هذا الخطأ المنتظم بناءً على قيم درجات الحرارة والرطوبة المقاسة أثناء عملية الرصد الميداني.

يتم التغلب على الأخطاء المنتظمة من خلال إجراء التصحيحات اللازمة أو بوضع خطة دقيقة لعملية الرصد واختيار أنسب ظروف القياس. أيضاً يجب أن يتم التغلب على الأخطاء المنتظمة وتصحيحها (مثل الأخطاء التراكمية) قبل استخدام الأرصاد في العمليات الحسابية المساحية.

(4.4.3) رابعاً: الخطأ العارض أو العشوائي: Random or Accidental Error

الخطأ العشوائي خطأ متغير غير ثابت لا في القيمة ولا في الإشارة ولا يمكن التنبؤ به ولا معرفة مصدره الرئيسي، ولذلك فاسمه العشوائي.

توجد الأخطاء العشوائية - مهما صغرت القيمة - في كل القياسات ويتم التعامل معها بطرق رياضية لمحاولة الوصول إلى القيمة الأكثر احتمالاً للكميات المطلوب حساب قيمتها الدقيقة وهذا هو موضوع نظرية الأخطاء Adjustment أو عملية الضبط Theory of Errors.

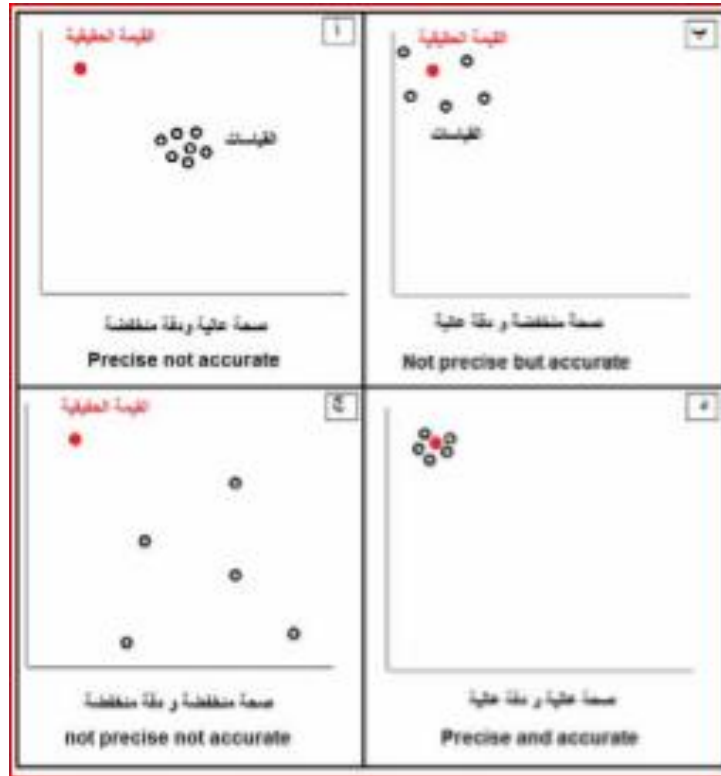
(5.3) الدقة Accuracy والصحة Precision:

يجب على دارس المساحة أن يفرق بين كلا المفهومين وخاصة - للأسف - أن بعض الكتب باللغة العربية تترجم كلا الكلمتين إلى "دقة" مع أنه يوجد اختلاف جذري بينهما. فالصحة (البعض يسميها الأحكام أو الدقة الظاهرية) Precision تدل على مدى تقارب مجموعة من القياسات لنفس الهدف، أي أن الصحة هي درجة التوافق بين عدة قياسات لقيمة واحدة، أو هي درجة تنقية الأرصاد من الأخطاء معروفة المصدر وإزالة تأثيرها على القياسات. بينما الدقة Accuracy تدل على مدى قرب هذه الأرصاد من القيمة الحقيقية ولها، أو بمعنى آخر فالدقة هي درجة الكمال في الأرصاد وخلوها من الأخطاء بقدر الإمكان.

لنأخذ مثال: تم قياس مسافة عدد من المرات فكانت النتائج ٨,٢٢، ٨,٢٠، ٨,٢٦، ٨,٢٤ متر. هذه الأرصاد متقاربة جداً من بعضها مما يجعلنا نقول إن صحة الأرصاد عالية. لكن ماذا لو كان الشريط المستخدم في هذه الأرصاد به خطأ منتظم قيمته ٢٠ سنتيمتر مثال، هنا ستكون كل القياسات بعيدة عن القيمة الحقيقية للمسافة المقاسة، أي أنها "دقة" الأرصاد ستكون منخفضة.

الشكل (1.3) يمثل أربعة حالات للفرق بين الدقة والصحة:

- (أ) فان كانت القياسات متقاربة جدا من بعضها البعض لكنها في نفس الوقت بعيدة عن القيمة الحقيقية فهنا تكون الصحة عالية لكن الدقة منخفضة.
- (ب) أما إن كانت القياسات متباعدة عن بعضها البعض لكنها في نفس الوقت قريبة من القيمة الحقيقية فهنا تكون الصحة منخفضة لكن الدقة عالية.
- (ج) أما إن كانت القياسات متباعدة عن بعضها البعض وأيضا بعيدة عن القيمة الحقيقية فهنا تكون الصحة منخفضة والدقة منخفضة أيضا.
- (د) أما إن كانت القياسات متقاربة جدا من بعضها البعض وفي نفس الوقت قريبة من القيمة الحقيقية فهنا تكون الصحة عالية والدقة عالية أيضا.



(الشكل 1.3) الدقة والصحة

من الصعب معرفة القيمة الحقيقية ألي قيمة مقاسة لتحديد دقة القياسات، وغالبا نستطيع حساب قيمة هي الأكثر احتمالا أو الأكثر قربا للقيمة الحقيقية.

(6.3) الأرصاد المساحية:

يمكن تقسيم الأرصاد المساحية إلى مجموعتين:

(1.6.3) أولاً: أرصاد مباشرة: Direct Observations

عند قياس الكمية المطلوبة قياساً مباشراً فمثال قياس المسافة مباشرة وكذلك قياس الزوايا المطلوبة ... الخ. تسمى هذه الكميات في هذه الحالة كميات مستقلة Observations Independent أي لا تعتمد على أية أرصاد أو كميات أخرى.

(2.6.3) ثانياً: أرصاد غير مباشرة Indirect Observations:

هي الكميات التي لا يمكن قياسها مباشرة لكن يتم عمل أرصاد لكميات أخرى والتي منها سيتم تحديد أو حساب قيم الكميات الأصلية المطلوبة. فمثال قياس طول وعرض مربع بهدف حساب مساحته، وعند حساب إحداثيات نقاط ترافيرس فنقيس زوايا وأضلاع الترافيرس والتي هنا تمثل أرصاد غير مباشرة. وتسمى الأرصاد غير المباشرة كميات تابعة Dependant Observations.

(7.3) القيمة الأكثر احتمالاً: Most-Probable Value

يصعب معرفة القيمة الحقيقية المضافة إلى كمية مقاسة وذلك لوجود أخطاء في القياس مهما كانت قيمة هذه الأخطاء صغيرة جداً. إن كانت الأرصاد مستقلة ولا تعتمد على بعضها البعض وقمنا بتكرار القياس عدة مرات فإن قيمة المتوسط ستمثل القيمة الأكثر احتمالاً أو الأكثر توقفاً أو الأكثر قرباً للقيمة الحقيقية.

المتوسط الحسابي = مجموع الأرصاد / عدد الأرصاد

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (1.3)$$

حيث:

y_i تمثل الأرصاد $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ ، n تمثل عدد الأرصاد.

(8.3) الخطأ الحقيقي: True Error

هو الفرق بين القيمة المرصودة والقيمة الحقيقية لها. وبما أن القيمة الحقيقية التي يمكن معرفتها ففي معظم الأحيان فإن الخطأ الحقيقي أيضا يمكن معرفته. لكن في بعض الحالات يمكن معرفة الخطأ الحقيقي من خلال المواصفات أو قواعد هندسية معلومة فمثال عند قياس الزوايا الثالثة لمثلث فيجب أن يساوي مجموع الزوايا ١٨٠ درجة، ففي هذه الحالة يكون الخطأ الحقيقي هو ناتج طرح مجموع الزوايا المقاسة من ١٨٠.

الخطأ الحقيقي = القيمة المرصودة - القيمة الحقيقية (٢-٨)

$$\varepsilon_i = y_i - \mu \quad (2.3)$$

حيث:

ε الخطأ الحقيقي،

μ القيمة الحقيقية

(9.3) الفروق أو الأخطاء المتبقية: Residuals or Discrepancies

الفرق أو الخطأ المتبقي (أو الباقي) هو الفرق بين القيمة المرصودة والقيمة الحقيقية لها. لكننا نستعيض عن القيمة الحقيقية بالقيمة الأكثر احتمال لها وبذلك يكون الخطأ المتبقي:

الفرق = القيمة الأكثر احتمال - القيمة المرصودة

$$v_i = \bar{y} - y_i \quad (3.3)$$

حيث:

v الخطأ المتبقي أو الفرق

Variance: التباين (10.3)

التباين هو مؤشر إحصائي يحدد مدى تباين أو انتشار أو تشتت مجموعة من الأرصاد حول القيمة الحقيقية لها أو القيمة الأكثر احتمال لها، ولذلك يوجد نوعين من التباين:

Population Variance: تباين المجتمع: (1.10.3)

إذا تم قياس كل الأرصاد الممكنة للقيمة المطلوبة فإن تباين المجتمع يساوي مجموع مربعات الأخطاء الحقيقية مقسوما على عدد الأرصاد:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon^2}{n} \quad (4.3)$$

ε الخطأ الحقيقي

Sample Variance: تباين العينة: (2.10.3)

إذا تم قياس عينة أو مجموعة من الأرصاد للقيمة المطلوبة فإن تباين هذه العينة يساوي مجموع مربعات الأخطاء المتبقية (وليست الأخطاء الحقيقية) مقسوما على عدد الأرصاد ناقص واحد:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1} \quad (5.3)$$

v الخطأ المتبقي.

(11.3) الخطأ المعياري : Standard Error

الخطأ المعياري هو الجذر التربيعي لقيمة تباين المجتمع.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n}} \quad (6.3)$$

(12.3) الانحراف المعياري : Standard Deviation

يعبر الانحراف المعياري (يطلق عليه أيضا أسم الخطأ التربيعي المتوسط Mean Square Error) عن مدى انحراف (ابتعاد أو اقتراب) القيمة المقاسة عن القيمة الأكثر احتمالاً لها، وقيمتة تساوي الجذر التربيعي لقيمة تباين العينة:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}} \quad (7.3)$$

(13.3) الانحراف المعياري المتوسط : Standard Deviation of the Mean

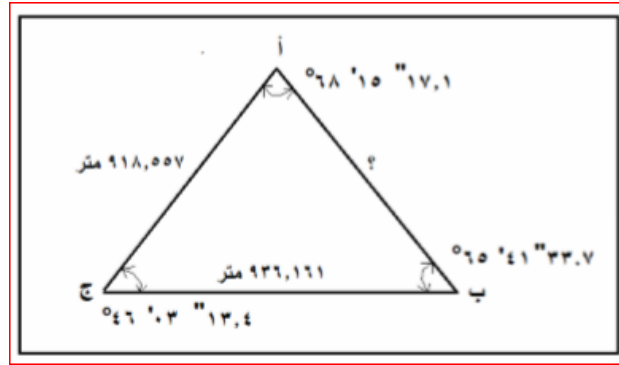
الانحراف المعياري للمتوسط الحسابي هو حاصل قسمة الانحراف المعياري للعينة على الجذر التربيعي لعدد الأرصاد:

وفي العمل المساحي نعبر عن القيمة الأكثر احتمالاً بقيمة المتوسط فقط إنما بقيمتي المتوسط والانحراف المعياري معا.

$$S_{\bar{y}} = \pm \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (8.3)$$

(14.3) ضبط الشبكات : Network Adjustment

من مبادئ العمل المساحي إننا نقوم بقياس عدد من الأرصاد أكثر من العدد الفعلي المطلوب وذلك لكي يتوافر لدينا أرصاد زائدة Redundant Observations يمكننا من توفير فرصة للمراجعة والتحقق الحسابي وفحص الأرصاد. فمثال من الممكن أن نكتفي بقياس زاويتين في مثلث ونقوم بحساب الزاوية الثالثة لكننا في الواقع نقيس الزوايا الثلاثة حتى نتحقق من أن مجموعهم يساوي ١٨٠ درجة وبالتالي نتأكد من جودة القياسات ونستطيع أن نحدد قيمة الخطأ. وهنا تكون لدينا رصدة واحدة زائدة حيث أن عدد الأرصاد الفعلية للمثلث هو ٢ بينما عدد الأرصاد المقاسة هو ٣.



(الشكل 2.3) ضبط الشبكات

(1.14.3) الضبط بطريقة مجموع أقل المربعات Least-Squares**Adjustment**

توجد عدة طرق لضبط الشبكات مثل:

(١) طريقة أقل مجموع والتي تعتمد علي ضبط الأرصاد بحيث يكون مجموع الأخطاء المتبقية أو الفروق أقل ما يمكن.

(٢) طريقة مجموع أقل المربعات والتي تعتمد علي جعل مربعات الأخطاء المتبقية أقل ما يمكن. وهذه الطريقة الثانية هي الأشهر والأكثر استخداما في أعمال المساحة والجيوديسيا.

أثبتت الدراسات الرياضية والإحصائية أن حل مجموعة من المعادلات - بحيث يكون مجموع مربعات الأخطاء المتبقية أقل ما يمكن - ينتج عنه أدق قيم العناصر المجهولة في هذه المعادلات. الشرط الرئيسي للضبط بطريقة مجموع أقل المربعات أن ال تحتوي الأرصاد (القياسات) الأصلية

على أي أخطاء منتظمة أو أغالط أو أخطاء تراكمية، إنما فقط الأخطاء العشوائية. أي يجب معالجة الأخطاء المنظمة واكتشافها وإزالتها من الأرصاد قبل البدء في تنفيذ ضبط أقل مجموع مربعات.

يوجد أسلوبين لتنفيذ ضبط الشبكات في طريقة مجموع أقل المربعات:

(1.1.14.4) أولاً: طريقة معادلات الرصد Observation Equations

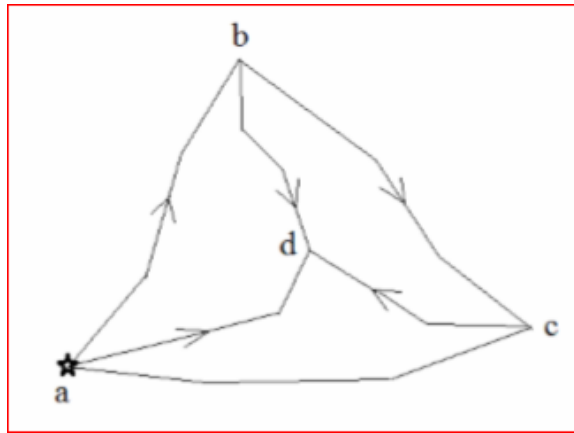
يتم تكوين معادلة رياضية تربط بين القيمة المرصودة (الرصد) والقيم المجهولة، ثم يتم حل هذه المعادلات معاً. كما تسمى هذه الطريقة أيضاً باسم الضبط المباشر، حيث أن القيم المجهولة تظهر مباشرة في معادلات الرصد المطلوب حلها.

(2.1.14.3) ثانياً: طريقة معادلات الشرط Conditional Equations

يتم تكوين معادلات شرطية بحيث تحقق كل معادلات منهم شرطاً رياضياً معيناً يجب تحقيقه في الأرصاد المساحية، ثم يتم حل هذه المعادلات معاً لحساب قيم العناصر المجهولة. وتسمى هذه الطريقة أيضاً باسم الضبط الشرطي Conditional Adjustment.

(2.14.3) ضبط أقل المربعات لمعادلات الرصد:

الشكل التالي يمثل شبكة من أرصاد الميزانيات تربط بين 4 روبرات BM حيث تتكون هذه الشبكة من 6 خطوط ميزانية، ونفترض أن منسوب النقطة a معلوم (سنفرضه = صفر متر في الحالة الحالية) في هذه الحلقة.



الشكل (3.3) مثال لضبط شبكة الميزانيات

المعادلات الخطية للحل بطريقة ضبط أقل التربيعات:

$$\bar{X} = N^{-1} C = (A^T P A)^{-1} (A^T P \bar{L}) \quad (9.3)$$

أمثلة لمعادلات غير خطية:

معادلة المسافة المقاسة بين خطين:

$$D_{jk} = \sqrt{[(X_k - X_j)^2 + (Y_k - Y_j)^2]} \quad (10.3)$$

معادلة الانحراف المقاس بين نقطتين:

$$\alpha = \tan^{-1} [(X_k - X_j) / (Y_k - Y_j)] \quad (11.3)$$

(3.14.3) ضبط أقل المربعات لمعادلات الشرط:

تعتمد هذه الطريقة من طرق ضبط مجموع أقل المربعات على تحقيق مجموعة من الشروط conditions أو القيود constrains على الأرصاد. يكون عدد هذه الشروط مساويا لعدد الأرصاد الزائدة عن الحاجة redundant observation المتوفرة بمجموعة الأرصاد.

الباب الرابع

المسح الزلزالي

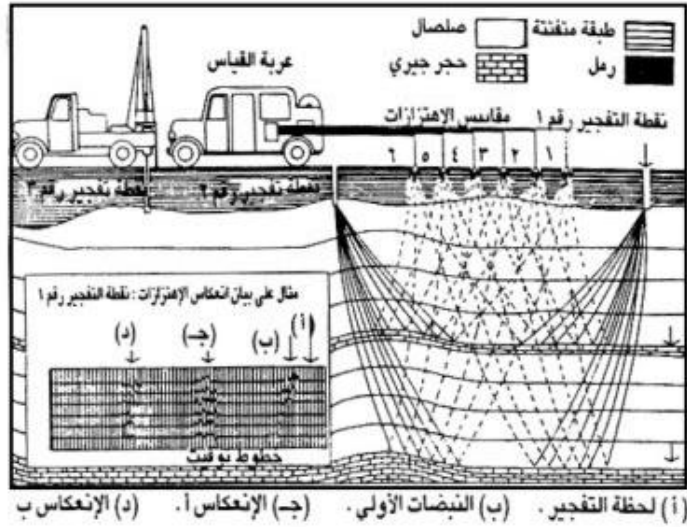
(1.4) مقدمة:

يُطلق مصطلح استكشاف الهيدروكربونات على عملية البحث عن مخزون جديد من النفط والغاز، وبما أن هذه المخزونات توجد عميقاً تحت سطح الأرض، لجأ الجيوفيزيائيون لابتكار طرائق للكشف عما في تلك المستويات.

يعد المسح الزلزالي الأداة الأكثر أهمية في عملية الاستكشاف في باطن الأرض، لقد كان هناك تطور سريع وملحوظ منذ عام 1979م في تطبيق تقنية الانعكاس الزلزالي الثلاثية الأبعاد، إذ استعملت الصناعة الهيدروكربونية هذه التقنية في استكشاف النفط والغاز واستخراجهما، والملاحظ أن هذه التقنية أصبحت مستغلة وعلى نطاق واسع عالمياً.

(2.4) ما هو المسح الزلزالي؟

المسح الزلزالي أو السيزمي هو الأداة الأولية لاستكشاف النفط والغاز التي تستخدمها الشركات النفطية، مع إمكانية استخدام هذه الأداة سواء برأ أو بحراً.



(الشكل 1.4) يوضح طريقة المسح السيزمي

(3.4) طرق المسح السيزمي:

(1.3.4) طريقة الانعكاس الزلزالي Seismic Reflection: تعد من أنجح

الطرائق الزلزالية المستخدمة في معرفة الطبقات القريبة من سطح الأرض وتحديد الظواهر التركيبية التي يحتمل أن تكون مكامن نفطية، وبخاصة في الطيات المحدبة والفوالق والقباب الملحية وبعض البنيات الاختراقية الأخرى.

تستخدم تقنية المسح الانعكاسي الزلزالي الطاقة الصوتية أو السمعية التي تنتقل بسهولة خلال الصخور الصلبة، فخصائص الصخور تتغير عند الأعماق، وينعكس مرئداً بعضاً من الطاقة إلى السطح فيتم تسجيله.

يتم الحصول على البيانات في الحقل باستخدام طريقة الانعكاس الزلزالي الحديثة التي تتضمن وضع مصادر صوتية (تكون عادة بطانات اهتزاز مركبة على السيارات) وأجهزة استشعار صوتية (تسمى السماعات الأرضية أو المستقبلات) في مواقع مختلفة على سطح الأرض، ويتم وضع الآلاف من أجهزة الاستشعار على خط واحد (مسح زلزالي ثنائي الأبعاد) أو على أبعاد منتظمة في منطقة واسعة (مسح زلزالي ثلاثي الأبعاد). وينبعث من المصدر صوت منتظم بينما تقوم أجهزة الاستشعار الموصولة بنظام تسجيل رقمي بقياس هذا الصوت الذي يصل إليها عن طريق حساب وقت الوصول، إذ قليلة بعد انبعاث الصوت تقوم أجهزة الاستشعار في العادة بالتسجيل لثوان من المصدر.

(2.3.4) طريقة الانكسار الزلزالي Seismic Refraction: فنتيح تسجيل

الإشارات الزلزالية على مسافات كبيرة من نقطة التفجير، كما أنها تتيح كذلك الحصول على معلومات عن السرعات والأعماق الخاصة بالطبقات تحت السطحية التي تنتقل خلالها، لقد استخدمت هذه الطريقة على نطاق واسع في مجال الاستكشافات الجيوفيزيائية، لكن نظراً لأطوال الموجات المستخدمة فيها فإن النتائج المتحصل عليها من هذه الطريقة هي جدا ضعيفة.

استخدمت طريقة الانكسار الزلزالي في الماضي في تحديد جوانب قباب الملح قبيل استخدام الطريقة الانعكاسية، ومع أن طريقة الانكسار لا تعطي معلومات دقيقة عن التراكمات الصخرية، وهي أقل استخداماً في استكشاف النفط حالياً إلا أنها مصدر جيد للمعلومات عن سرعة انتشار

الموجات في طبقات الانكسار، ومن ثم، فهي تساعد في التحديد التقريبي لمواقع وأعماق طبقات صخرية أو تكوينات جيولوجية معينة.

(3.3.4) مقارنة بين الطريقة السيزمية الانعكاسية والانكسارية:

(1.3.3.4) من مميزات الطريقة الانكسارية:

أولاً: أننا نحتاج لأقل عدد ممكن من المصادر والمستقبلات ولذلك فهي رخيصة نسبياً في جمع البيانات في حين أن الطريقة الانعكاسية تحتاج لعدد أكبر من المصادر والمستقبلات لذلك فإن جمع البيانات بواسطة هذه الطريقة مكلف جداً.

ثانياً: وعند تحليل البيانات فإن تحليل البيانات الانكسارية أسهل من تحليل البيانات الانعكاسية حيث أننا نعتمد في تحليل البيانات الانكسارية على زمن وصول أول موجة في حين أن تحليل البيانات الانعكاسية يعتمد على الجزء المتبقي من الطاقة كما أنها تحتاج إلى أجهزة حاسوبية متطورة وعدد كبير من الخبراء لذلك فهي تكلف الكثير (عالية التكلفة).

(2.3.3.4) أما عن مساوي الطريقة الانكسارية:

أولاً: فيجب أن تكون المسافة بين المصدر والمستقبلات كبيرة بعض الشيء حتى تتمكن من استقبال البيانات، في حين أننا لا نحتاج هذه المسافة عندما نجمع البيانات بواسطة الطريقة الانعكاسية.

ثانياً: أيضاً من مساوي الطريقة الانكسارية أنها لا تعمل إلا إذا كانت السرعة تزداد مع العمق، في حين أن الطريقة الانعكاسية تعمل في جميع الأحوال.

ثالثاً: ونلاحظ أيضاً أن الطريقة الانكسارية تترجم لنا ماهية الطبقات الموجودة في الأسفل هذه الطبقات من الممكن أن تكون عميقة جداً وغير مستوية، في حين أن البيانات الانعكاسية يمكن أن تكون مترجمة بسهولة أكثر من ناحية علم الطبقات.

(4.4) مبدأ العمل:

تتم عملية المسح الزلزالي بإنشاء موجات زلزالية ذات مصدر للطاقة على سطح الأرض على طول خط يتم تحديده مسبقاً، وتنتقل الموجة الزلزالية إلى الأرض وتعكسها طبقات وتشكيلات الأرض المكمية، ثم تعود إلى السطح حيث تسجلها أجهزة استقبال تدعى الجوفونات، ومن ثم قياس وقت

وصول هذا الصوت إلى نقاط مختلفة في جميع أنحاء المصدر المراد استكشافه، ومن خلال هذه البيانات بإمكان المستكشف أن يحصل على استنتاج عن مكان وجود المصدر بين الطبقات تحت سطح الأرض.

(5.4) أهمية المسح السيزمي:

يعتبر المسح السيزمي من أهم تطبيقات علم الجيوفيزياء، لأنه يعطي صورة واضحة عن الطبقات الجيولوجية الواقعة تحت سطح الأرض وعن امتدادها واستمراريتها ووجود أية انحرافات أو انقطاعات فيها وذلك بهدف اختيار التركيب الأكثر ملاءمة واحتمالاً لتجمع المواد الهيدروكربونية.

(6.4) الموجات السيزمية:

من المعروف أن سرعة الموجات الصوتية تعتمد على كثافة الصخور التي تمر بها، كما يمكن حساب أعماق الطبقات وسمكها واستنتاج أنواعها بقياس أزمنة الانعكاس ومقارنتها، وهكذا ستعرف الظواهر التركيبية في الطبقات السفلى وبيئة الترسيب، ومن ثم سيتم إنتاج خرائط تركيبية لأي مستو جيولوجي يعطي انعكاسات للموجات الصوتية وتحديد أماكن الطيات المحدبة والفوالق والقباب الملحية والشعب وخواصها.

(1.6.4) تعريف:

لموجة الاهتزاز (أو الصدمة) الحرة منافع خاصة بوصفها مصدراً للمسح الزلزالي، إذ يمكن تعريفها بدقة على أنها مقاييس طبيعية لها تفاعلاتها مع البيئة الصخرية المتوقعة.

ملاحظة هامة:

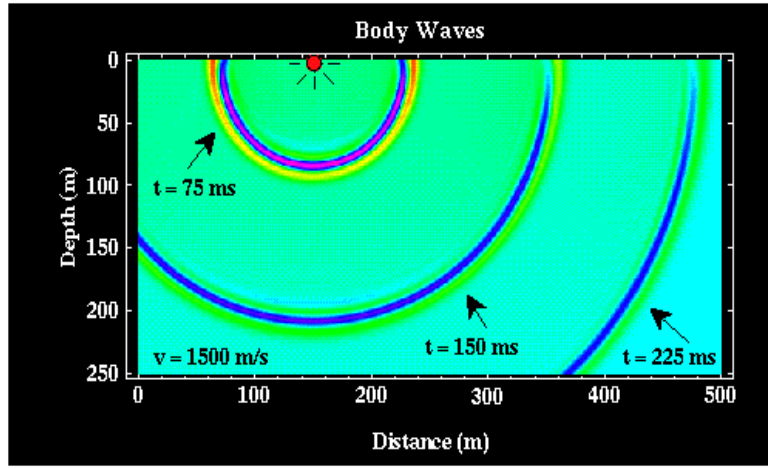
إن إحداث الهزات الصناعية في طبقات الأرض التي تشبه الهزات التي تحدثها الزلازل لا يقتصر إحداثها على استخدام تفجيرات الديناميت فحسب، بل يتعد ذلك إلى إسقاط ثقل كبير فوق سطح الأرض ثم استقبال الهزات على مسافات متباعدة من مركز التفجير أو يتم الإسقاط بواسطة سماعات، تثبت فوق سطح الأرض وتنقل صد الهزات إلى أجهزة التسجيل فينعكس ذلك في صورة قراءات مختلفة تستخدم في إعداد الخرائط الجيوفيزيائية.

(1.6.4) أنواع الموجات السيزمية:

تنقسم الموجات السيزمية إلى قسمين وهي:

(1.1.6.4) الموجات الجسمية Body Waves: وهذه هي الموجات التي تسري في

باطن الأرض، نحن نعلم أن الموجات تنطلق بسرعة ثابتة ما لم تتغير معاملات المرونة للوسط الذي تسري فيه كما أنها تنتشر في جميع الاتجاهات بعيداً عن المصدر، من ذلك نستنتج أن الموجات السيزمية وعند أي لحظة تعطي شكلاً كروياً عند انتشارها في وسط متجانس homogeneous.



(الشكل 2.4) يوضح الموجة الجسمية

وتنقسم الـ Body waves إلى نوعين:

- الموجات الأولية primary waves: وتعرف باسم P Waves وسميت بهذا الاسم لأنها لكونها الأسرع ولذلك فهي أولى الموجات وصولاً، ويعود سبب سرعتها إلى أنها تسلك سلوكاً بسيطاً حيث تتحرك فيها الجزيئات في نفس خط انتشار الموجة وتشبه هذه الموجات الصوتية حيث أنها تنتشر في الهواء وفي الماء أيضاً.

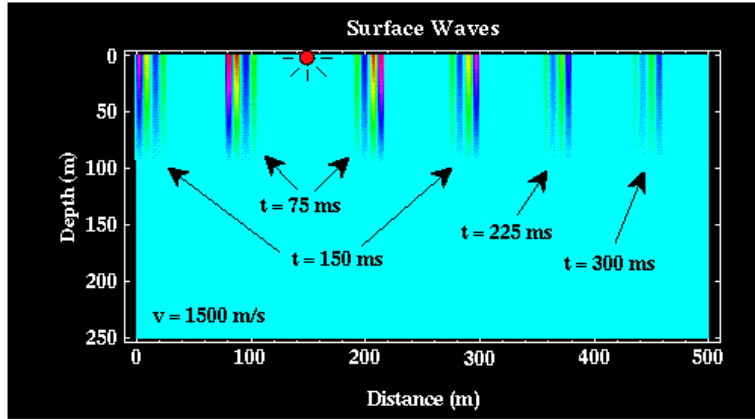
- الموجات الثانوية secondary waves: وتعرف باسم S Waves وهي أبطأ من الموجات الأولية حيث تتحرك فيها الجزيئات عمودياً على خط انتشار الموجة ولا تنتشر إلا في الأوساط الصلبة فقط.

إن الموجات الثانوية أكثر حساسية تجاه المحتويات الطينية مقارنة مع الموجات التقليدية، لذا فهي أكثر فائدة في التمييز بشكل مباشر بين الرمال النظيفة والطيني الذي يمتلك خصائص

إنتاجية مختلفة، كما تساعد تقنية الموجات الثانوية أيضاً في التعرف على مناطق الصدوع المفتوحة التي تعد خطوة حيوية لتطوير نماذج محاكاة دقيقة للمكانم النفطية وتعزيز استراتيجيات الإنتاج إلى أقصى حد.

(2.1.6.4) الموجات السطحية Surface waves: وهي الموجات التي تسري على سطح الأرض فقط.

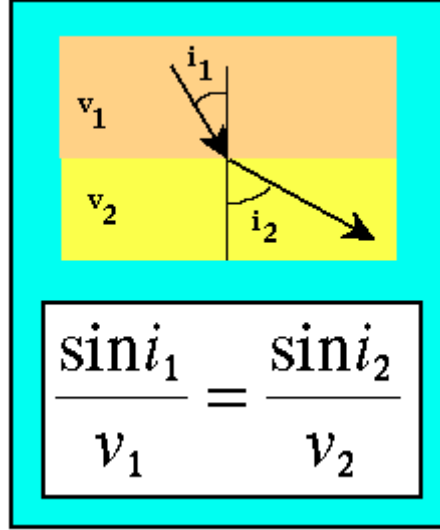
سعة الموجة amplitudes للموجات السطح يكون كبير جداً على السطح ويصغر كلما اتجهنا إلى العمق لذلك فإن هذه الموجات تضمحل أسياً مع العمق، أيضاً تضمحل هذه الموجات كلما ابتعدنا عن المصدر، وتعتبر هذه الموجات أقل سرعة من الموجات الثانوية ونستطيع التقليل من هذه الموجات بدفن المصادر في الأرض، وتوضح الصورة التالية مقطع عرضي لانتشار الموجات السطحية.



(الشكل 3.4) يوضح الموجة السطحية.

(7.4) قانون سنل Snell's Law:

يوضح لنا قانون سنل العلاقة بين سرعات الموجات وزوايا سقوطها وانكسارها، في العادة تميل خطوط الـ Raypaths إلى الانتشار في خطوط مستقيمة ما دامت تسري في وسط متجانس، لكن لو بدأت هذه الخطوط في التفاعل مع الحدود الفاصلة بين الطبقات فإنها ستبدأ بتغيير اتجاه مساراتها حسب قانون سنل، ويصف قانون سنل الطريق الذي تسلكه خطوط الـ Raypaths عند نقطتين ثابتتين وهي نقطة سقوط الموجات على السطح الفاصل ثم نقطة انكسارها بعد عبورها الوسط الفاصل.



(الشكل 4.4) يوضح قانون سنل

إن الصوت المطلوب هو الطاقة التي تصل إلى باطن الأرض ثم تنعكس من السطوح الموجودة بين طبقات الصخور قبل أن تعود إلى السطح مرة أخرى، ويكون الوقت الذي تستغرقه الطاقة في العودة من منطقة معينة مؤشراً صحيحاً على العمق والشكل، فمثلاً يكون انعكاس الصوت من سطح أقل عمقا أسرع من انعكاس الصوت الذي ينتقل من سطح أعمق.

ملاحظة:

سرعة انتشار الموجات الزلزالية تبلغ نحو 5500 قدم في الثانية في الرواسب الفتاتية، وترتفع إلى أكثر من 23000 قدم في الثانية في بعض من الصخور النارية، وبذلك يسهل تحديد عمق الحوض الرسوبي وشكله، وذلك برسم خريطة صخور القاعدة التي تتراكم عليها الصخور الرسوبية.

(8.4) الهدف من البيانات الزلزالية:

إن الهدف من البيانات الزلزالية، بما في ذلك تحديد المواقع المراد دراستها وتحديد كمية الطاقة الزلزالية اللازمة هو تحديد الصخور المستهدفة والترتيب المناسب لمصادر الطاقة ومستقبلاتها. وبعد تحديد منطقة المسح يجتمع موظفو التحليل والمعالجة وأعمال الحقل لمناقشة الهدف الجيوفيزيائي والمنطقة المستهدفة، وقد يحتم ظهور أية مشكلات استخدام مقاييس تجميع خاصة.

(9.4) مميزات وعيوب الطريقة السيزمية:**(1.9.4) من مميزات هذه الطريقة:**

- ❖ أنها تعطينا تصور عما هو موجود تحت سطح الأرض وبذلك نستطيع من خلالها تحديد العمود الطبقي للمنطقة.
- ❖ ولكونها تعتمد على انتشار الموجات في الصخور وحيث أن انتشار هذه الموجات يعتمد على معاملات المرونة للصخر فإننا نستطيع ومن حيث المبدأ تحديد هذه المعاملات.
- ❖ وأيضاً نستطيع الكشف عن الهيدروكربونات بواسطة هذه الطريقة.

(2.9.4) ومن مساوي هذه الطريقة:

- أنها مكلفة جداً مقارنة بالطرق الجيوفيزيائية الأخرى.
- ويتطلب تحليل البيانات المستخلصة بهذه الطريقة وقتاً طويلاً.
- بالإضافة إلى حاجة المحللين إلى أجهزة حاسوبية متطورة تكلف مبالغ طائلة.
- أيضاً الاجهزة المستخدمة في تجميع البيانات مكلفة جداً وأعلى من الأجهزة المستخدمة في طريق الجيوفيزيائية الأخرى.

(10.4) ماهي الأدوات التي يستخدمها الجيوفيزيائيين لعمل المسح**السيزمي؟****(1.10.4) أولاً: مصادر للطاقة لإحداث الاضطرابات وتوليد الموجات Seismic****Source**

هنالك العديد من المصادر المستخدمة لتوليد الطاقة لكن الأكثر استخداماً هي:

(1.1.10.4) Image Sources: وتعتبر المطرقة الثقيلة من أكثر هذه المصادر استعمالاً

حيث يوضع قرص معدني على الأرض ويضرب بواسطة المطرقة توصل بنظام التسجيل حيث يتم تسجيل الموجات الصادرة عنها عن طريق الجيوفون.

من مميزات هذا المصدر:

- أنه بسيط وسهل الاستخدام.

من عيوبه:

- أن العملية تتم يدوياً ولا تنتج الكثير من الطاقة.
- ويولد الكثير من الموجات السطحية.

Gun Sources (2.1.10.4): وهي عبارة عن طلاقات تطلق على الأرض حيث تتحول

الطاقة الحركية إلى طاقة زلزالية.

وكما في المطرقة الثقيلة يكون هذا المصدر متصل بنظام التسجيل لتسجيل زمن انطلاق الموجات واستقبالها بواسطة الجيوفون.

ومن مميزات هذا المصدر:

- أنه لا يولد الكثير من الموجات السطحية وينتج الكثير من الطاقة.

ومن سلبياته:

- أن تكاليف استخدامه مرتفعة مقارنة بالمطرقة الثقيلة.
- إضافة إلى حاجتك إلى تصريح لاستخدام هذا النوع من الأجهزة.

Explosive Sources (3.1.10.4) وتنتج هذه المصادر المتفجرة

كمية كبيرة من الطاقة وهي عبارة عن صندوق يحتوي على المادة المتفجرة ثم يقذف بطلاقات تؤدي إلى تفجيره.

وكما في المصادر السابقة يرتبط هذا المصدر بنظام التسجيل ليتم تسجيل زمن انطلاق الموجات واستقبالها بواسطة الجيوفونات.

ومن مميزات هذا المصدر:

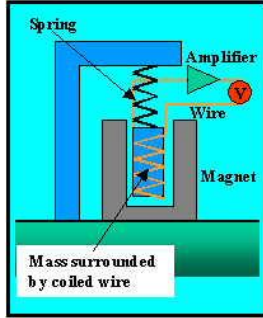
- أنها تنتج كمية كبيرة من الطاقة مقارنة بالمصادر السابقة.
- ولا تنتج الكثير من الموجات السطحية.

ومن سلبياته:

- أنها خطيرة بعض الشيء.
- وتستغرق البيانات الصادرة عن هذا المصدر وقتاً حتى تصل إلى نظام التسجيل مقارنة بالمصادر الأخرى.

(2.10.4) ثانياً: مستقبلات لاستقبال الموجات ويطلق عليها اسم جيوفون .Geophones

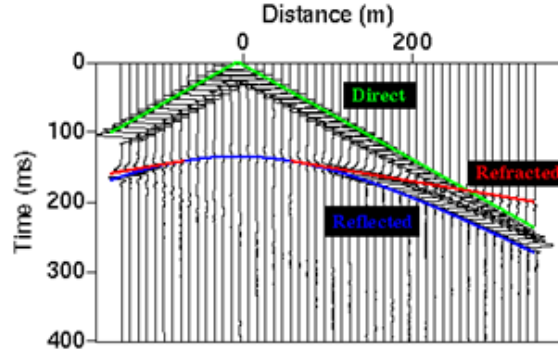
يكون الجيوفون مزود بمسمار صغير لتثبيته على الأرض وهو مخصص للأسطح الصلبة كما هو موضح في الشكل التالي:



(الشكل 5.4) الجيوفون

(1.2.10.4) مبدأ عمل الجيوفون:

أن الجيوفون يتكون من كتلة مرنة قابلة للاهتزاز مع حركة الأرض واهتزازها، ويحيط بهذه الكتلة سلك معدني، ويحيط بالكتلة والسلك مغناطيس صغير مولد للمجال المغناطيسي، عند اهتزاز الكتلة يبدأ السلك بتقطيع خطوط المجال فيتولد فيه تيار كهربائي يسجله نظام التسجيل.



(الشكل 6.4) مبدأ عمل الجيوفون

(3.10.4) ثالثاً: نظام التسجيل Recording System ويستخدم لتسجيل الموجات

التي تستقبلها الجيوفونات.

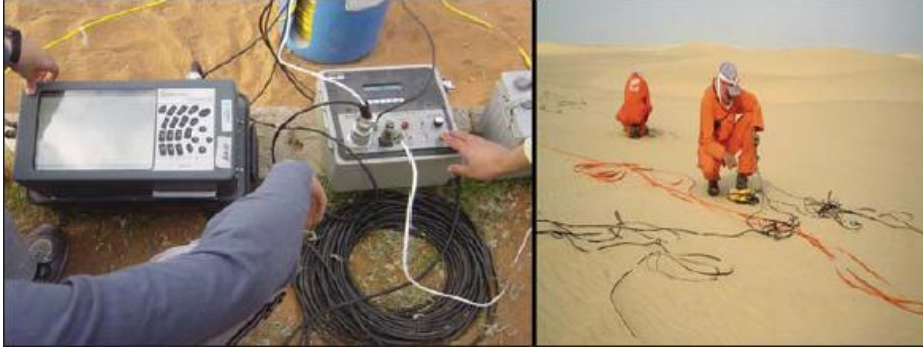
هذا النظام يقوم بتسجيل الإشارات الكهربائية التي تطلقها الجيوفونات ويتصل معها بواسطة أسلاك كهربائية كما في الصورة:



(الشكل 7.4) أجهزة التسجيل.

(4.10.4) رابعاً: أسلاك للربط بين الجيوفونات ونظام التسجيل.

ونلاحظ في الصورة التالية أن الأسلاك تربط الجيوفونات ببعضها ثم تتجه إلى سيارة الأبحاث التي تحمل نظام التسجيل، ومن الممكن أن يتراوح عدد الجيوفونات بين 10 إلى 110 في المرة الواحدة وتكون المسافات بينها ثابتة، ومن أنواع أنظمة التسجيل.



(الشكل 8.4) نظام تسجيل البيانات السيزمية

(11.4) مصادر التشويش:

وكما هو الحال مع جميع الطرق الجيوفيزيائية فإن هناك مصادر للتشويش تؤدي إلى تشويش البيانات السيزمية.

من هذه المصادر:

- (1) الحركات الأرضية الخارجة عن سيطرتنا مثل حركة النقل البري حتى تحريك الرياح لفروع الأشجار يؤدي إلى تشويش البيانات السيزمية.
- (2) التشويش الكهربائي: فكما نعلم أن الجيوفونات تستقبل الحركة الأرضية وتحولها إلى إشارات كهربائية فأبي تشويش على هذه الإشارات الكهربائية يؤدي إلى التشويش على البيانات السيزمية.
- (3) التشويش الجيولوجي: حيث أن التغير في طبوغرافية الطبقات يؤدي إلى التشويش على البيانات السيزمية مما يزيد من صعوبة تحليله.

(12.4) معالجة البيانات السيزمية:

وتعتبر البيانات التي تم الحصول عليها من المسح الزلزالي في حالتها الأولية أو "الخام" غير المعالجة، وقبل أن يتم استخدامها ينبغي أن تمر بسلسلة من المعالجات المحوسبة، وهذه العمليات تشمل: الفلترة، التجميع، النقل وغيرها من معالجات محوسبة، ما يجعل هذه البيانات قابلة للاستخدام ولكن يتطلب أجهزة حاسوب ممكنة وبرامج متطورة. وبما أن أجهزة الحاسوب أصبحت أكثر تطوراً في عصرنا وتقنيات المعالجة أكثر تقدماً، بات بالإمكان ومن الشائع إعادة معالجة البيانات الزلزالية

التي تم الحصول عليها في السنوات السابقة، ما يخلق فرصاً جديدة للاستكشاف لم يكن من الممكن استنباطها من البيانات ثلاثية الأبعاد الأصلية، ويمكن أن تكون معالجة البيانات مكلفة وتستغرق وقتاً طويلاً، وهذا يتوقف على حجم المساحة التي شملتها الدراسة وكمية البيانات التي تم الحصول عليها.

(13.4) تحليل البيانات السيزمية:

وأخيراً يتم تحليل البيانات التي تمت معالجتها بواسطة الجيوفيزيائي أو الجيولوجي، وكافة البيانات المعالجة تخضع للتحليل، مع العلم أنه قد لا يتفق الخبراء على نفس التحليل، فعلم الجيولوجيا يعتبر علماً ذاتياً على الرغم من أنه تم التقليل من الثقوب الجافة باستخدام تكنولوجيا المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد، إلا أنه لم يتم التخلص منها نهائياً، فمسألة تحليل البيانات ثلاثية الأبعاد هي عملية حساسة وخطوة حاسمة عند القيام بمشروع مسح زلزالي ثلاثي الأبعاد.

الباب الخامس

الإطار العملي

تم تقسيم العمل إلى مرحلتين:

1. مرحلة التصميم.

2. مرحلة التوقيع.

أولاً: مرحلة التصميم

تم أخذ صورة فضائية للمنطقة من Google Earth وتم إدخالها في برنامج الأوتوكاد وعمل ارجاع جغرافي لضبطها عن طريق نقاط الضبط المعلومة لدينا، ثم تم ترسيم حدود المنطقة المراد العمل فيها، وبعد ذلك تم تقسيمها لخطوط طول وخطوط عرض بمسافات متساوية 25 متر بين كل خط والثاني، ومن ثم تم حفظها في الجهاز.

ثانياً: مرحلة التوقيع:

تم توقيع نقاط الضبط وشبكة الإحداثيات ببرنامج ال GPS. حيث تم توقيع نقاط الضبط بطريقة الرصد الثابت بمعلومية نقطة ثابتة معلومة الإحداثيات (Africa)، أما نقاط الشبكة فتم توقيعها بطريقة الرصد المتحرك. وبعد ذلك تمت معالجة نقاط الضبط وحساب الخطأ وتصحيح الإحداثيات. الجداول التالية توضح إحداثيات التصميم والتوقيع، وارتفاع النقاط لأي خط مع التصحيحات.

ملحوظة: جميع القياسات بالأمتار.

(جدول رقم 1.5) يوضح نقاط الضبط

Processing Summary

Observation	From	To	Solution Type	H. Prec. (Meter)	V. Prec. (Meter)	Geodetic Az.	Ellipsoid Dist. (Meter)	ΔHeight (Meter)
africa1 --- base2 (B2)	africa1	base2	Fixed	0.005	0.007	119°00'02"	868.716	-16.032
base1 (B1)	africa1	base1	Fixed	0.007	0.016	134°27'02"	840.249	-15.483
Invalid leap seconds - Invalid leap seconds (C2)	africa1	Invalid leap seconds - Invalid leap seconds (C2)	N/A	?	?	?	?	?

(جدول رقم 2.5) يوضح إحداثيات الخط الأول:

point	Design Easting	Design Northing	ET	NT	Design Elevation	ΔEasting	ΔNorthing
18	454092.5.02	1716865.227	454092.5.01	1716865.221	0.000	0.001	-0.006
17	454117.5.02	1716865.227	454117.5.09	1716865.251	0.000	0.007	0.024
16	454142.5.02	1716865.227	454142.5.26	1716865.219	0.000	0,043	-0.008
15	454167.5.02	1716865.227	454167.5.45	1716865.209	0.000	0.002	-0.018
14	454192.5.02	1716865.227	454192.5.07	1716865.191	0.000	0.003	-0.036
13	454217.5.02	1716865.227	454217.5.05	1716865.197	0.000	-0.006	0.030
2	454242.5.02	1716865.227	454242.4.96	1716865.225	0.000	0.009	0.002
1	454267.5.02	1716865.227	454267.5.11	1716865.241	0.000	-0.005	0.014

قانون الخطأ المعياري:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n}}$$

(جدول رقم 1.2.5) يوضح الخطأ المعياري للخط الأول

σ الخطأ المعياري (E)	σ الخطأ المعياري (N)
0.01602342	0.020603397

(جدول رقم 3.5) يوضح إحداثيات الخط الثاني:

point	Design Easting	Design Northing	ET	NT	Design Elevation	Δ Easting	Δ Northing
3	454267.502	1716840.227	454267.497	1716840.240	0.000	-0.005	0.013
5	454242.502	1716840.227	454242.490	1716840.226	0.000	-0.012	-0.001
19	454217.502	1716840.227	454217.518	1716840.237	0.000	0.016	0.010
20	454192.502	1716840.227	454192.447	1716840.223	0.000	-0.055	-0.004
23	454167.502	1716840.227	454167.503	1716840.213	0.000	0.001	0.014
28	454142.502	1716840.227	454142.517	1716840.227	0.000	0.015	0.000
29	454117.502	1716840.227	454117.500	1716840.251	0.000	-0.002	0.024
	454092.502	1716840.227	454092.483	1716840.247	0.000	-0.019	0.020

(جدول رقم 1.3.5) يوضح الخطأ المعياري للخط الثاني:

σ الخطأ المعياري (E)	σ الخطأ المعياري (N)
0.022474986	0.0135

(جدول رقم 4.5) يوضح إحداثيات الخط الثالث:

point	Design Easting	Design Northing	ET	NT	Design Elevation	Δ Easting	Δ Northing
33	454092.502	1716815.227	454092.498	1716815.215	0.000	-0.004	-0.012
31	454117.502	1716815.227	454117.468	1716815.225	0.000	-0.034	-0.002
30	454142.502	1716815.227	454142.499	1716815.210	0.000	-0.003	-0.017
24	454167.502	1716815.227	454167.51	1716815.261	0.000	0.013	0.034
22	454192.502	1716815.227	454192.512	1716815.196	0.000	0.010	-0.031
21	454217.502	1716815.227	454217.496	1716815.224	0.000	-0.006	-0.003
6	454242.502	1716815.227	454242.483	1716815.207	0.000	-0.019	-0.020
4	454267.502	1716815.227	454267.486	1716815.202	0.000	-0.016	-0.025

(1.4.5) الخطأ المعياري للخط الثالث

σ الخطأ المعياري (E)	σ الخطأ المعياري (N)
0.0085215	0.0220227

(جدول رقم 5.5) يوضح إحداثيات الخط الرابع:

point	Design Easting	Design Northing	ET	NT	Design Elevation	ΔEasting	ΔNorthing
7	454267.502	1716790.227	454267.494	1716790.221	0.000	0.004-	-0.006
8	454242.502	1716790.227	454242.520	1716790.228	0.000	0.018	0.001
25	454217.502	1716790.227	454217.492	1716790.232	0.000	-0.010	0.005
26	454192.502	1716790.227	454192.496	1716790.235	0.000	-0.006	0.008
27	454167.502	1716790.227	454167.527	1716790.225	0.000	0.025	-0.002
34	454142.502	1716790.227	454167.498	1716790.216	0.000	-0.004	-0.011
35	454117.502	1716790.227	454167.564	1716790.215	0.000	0.062	-0.012
36	454092.502	1716790.227	454092.482	1716790.239	0.000	-0.020	0.012

(1.5.5) الخطأ المعياري للخط الرابع

σ الخطأ المعياري (E)	σ الخطأ المعياري (N)
0.02588677	0.008208227

(جدول رقم 6.5) يوضح إحدائيات الخط الخامس:

POINT	Design Easting	Design Northing	ET	NT	Design Elevation	Δ Easting	Δ Northing
47	454092.502	1716765.227	454092.477	1716765.246	0.000	-0.025	0.019
44	454117.502	1716765.227	454117.462	1716765.187	0.000	-0.040	-0.040
43	454142.502	1716765.227	454142.500	1716765.241	0.000	-0.002	0.017
41	454167.502	1716765.227	454167.496	1716765.226	0.000	-0.006	-0.001
38	454192.502	1716765.227	454192.482	1716765.207	0.000	-0.002	-0.020
3	454217.502	1716765.227	454217.514	1716765.221	0.000	0.012	-0.006
11	454242.502	1716765.227	454242.496	1716765.203	0.000	-0.006	-0.024
9	454267.502	1716765.227	454267.500	1716765.225	0.000	-0.002	0.020

(1.6.5) الخطأ المعياري للخط الخامس

σ الخطأ المعياري (E)	σ الخطأ المعياري (N)
0.000306625	0.021398013

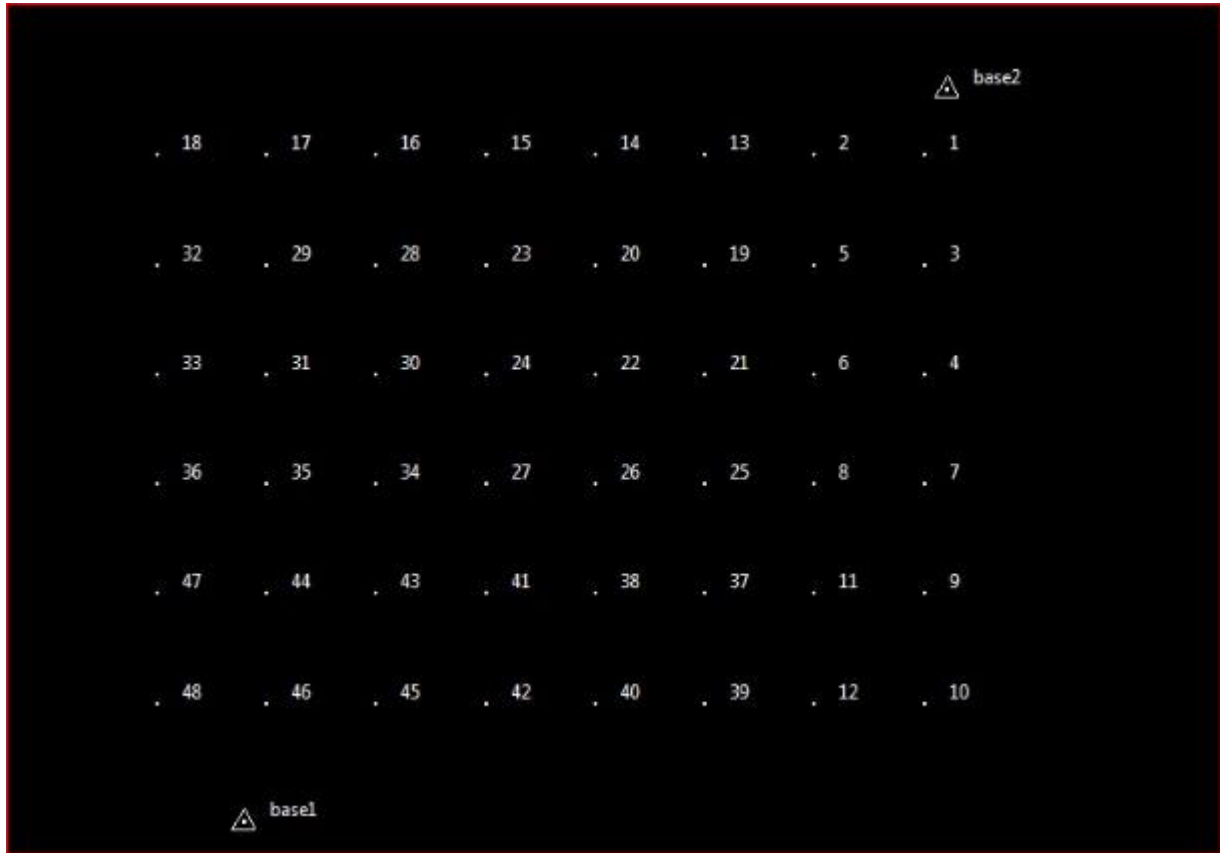
(جدول رقم 7.5) يوضح إحداثيات الخط السادس:

POINT	Design Easting	Design Northing	ET	NT	Design Elevation	Δ Easting	Δ Northing
10	454267.502	1716740.227	454092.477	1716765.246	0.000	-0.003	0.016
12	454242.502	1716740.227	454117.462	1716765.187	0.000	0.004	-0.020
39	454217502	1716740.227	454142.500	1716765.241	0.000	-0.015	-0.025
40	454192.502	1716740.227	454167.496	1716765.226	0.000	0.023	-0.014
42	454167.502	1716740.227	454192.482	1716765.207	0.000	0.006	-0.007
45	454142.502	1716740.227	454217.514	1716765.221	0.000	-0.003	-0.006
46	454117.502	1716740.227	454242.496	1716765.203	0.000	0.000	0.000
48	454092.502	1716740.227	454267.500	1716765.225	0.000	-0.008	0.005

(1.7.5) الخطأ المعياري للخط السادس

σ الخطأ المعياري (E)	σ الخطأ المعياري (N)
0.010488088	0.0140845660

(الشكل 1.5) يوضح منطقة الدراسة



(الشكل 2.5) يوضح شكل نقاط الضبط Control Points



(1.6) الخلاصة:

تم الحصول على تصميم لخطوط المسح الزلزالي، وتجهيز مواقع المستقبلات والمتفجرات على خطوط الزلزلة، وتوقعها باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي، وتم اكتشاف الأخطاء وتصحيحها والتأكد من مواقعها الصحيحة بعد التوقيع. وبالتالي نكون قد حصلنا على تصميم سليم لخطوط الزلزلة وتوقعها بدون أخطاء.

(2.6) التوصيات:

- تحديد مساحة أكبر لعملية الدراسة مع زيادة عدد النقاط تُعطي نتائج أفضل.
- استخدام تقنيات حديثة للحصول على البيانات مثل صور الأقمار الاصطناعية وغيرها.
- استخدام أجهزة حديثة من إصدارات (GPS) وأسرع في عملية الرصد.
- ربط GPS مع نظم المعلومات الجغرافية للحصول على تحليل الجيولوجية لمنطقة الدراسة.

(3.6) المراجع:

(1) جمعة داؤود، 2012م، أسس المساحة الجيوديسية والجي بي إس، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية.

(2) زياد حسن أبو هين، 2007م، مقدمة في جيوفيزياء البيئة.

(3) عمار محمد سلو العبادي، تقنيات استكشاف النفط والغاز وعوائدها، العدد 173، مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية.

(4) موقع جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقانة.

رابط الموقع:

<https://www.kaust.edu.sa/ar>

(5) موقع GPS.GOV.

رابط الموقع:

www.gps.gov/systems/gps/arabic.php



Project file data		Coordinate System	
Name:	C:\Users\bakhet\Desktop \SUST24\14112019sust24.vce	Name:	World wide/UTM
Size:	52 KB	Datum:	WGS 1984
Modified:	11/14/2019 11:37:58 AM (UTC:2)	Zone:	36 North
Time zone:	Egypt Standard Time	Geoid:	EGM96 (Global)
Reference number:		Vertical datum:	
Description:			
Comment 1:			
Comment 2:			
Comment 3:			

Baseline Processing Report

Processing Summary

Observation	From	To	Solution Type	H. Prec. (Meter)	V. Prec. (Meter)	Geodetic Az.	Ellipsoid Dist. (Meter)	ΔHeight (Meter)
africa1 --- base2 (B2)	africa1	base2	Fixed	0.005	0.007	119°00'02"	868.716	-16.032
base1 (B1)	africa1	base1	Fixed	0.007	0.016	134°27'02"	840.249	-15.483
Invalid leap seconds - Invalid leap seconds (C2)	africa1	Invalid leap seconds - Invalid leap seconds (C2)	N/A	?	?	?	?	?

Acceptance Summary

Processed	Passed	Flag	Fail
3	3	0 	0 

africa1 - base2 (Invalid leap seconds-Invalid leap seconds) (S2)

Baseline observation: africa1 --- base2 (B2)
Processed: Invalid leap seconds
Solution type: Fixed
Frequency used: Dual Frequency (L1, L2)
Horizontal precision: 0.005 m
Vertical precision: 0.007 m
RMS: 0.008 m
Maximum PDOP: 1.409
Ephemeris used: Broadcast
Antenna model: NGS Absolute
Processing start time: Invalid leap seconds (Local: UTC+2hr)
Processing stop time: Invalid leap seconds (Local: UTC+2hr)
Processing duration: 00:10:00
Processing interval: 1 second

Vector Components (Mark to Mark)

From: africa1					
Grid		Local		Global	
Easting	453513.915 m	Latitude	N15°31'58.02478"	Latitude	N15°31'58.02478"
Northing	1717302.824 m	Longitude	E32°33'59.44655"	Longitude	E32°33'59.44655"
Elevation	400.544 m	Height	402.363 m	Height	402.363 m

To: base2					
Grid		Local		Global	
Easting	454272.568 m	Latitude	N15°31'44.32211"	Latitude	N15°31'44.32211"
Northing	1716880.274 m	Longitude	E32°34'24.94256"	Longitude	E32°34'24.94256"
Elevation	384.531 m	Height	386.331 m	Height	386.331 m

Vector					
Δ Easting	758.654 m	NS Fwd Azimuth	119°00'02"	Δ X	-327.013 m
Δ Northing	-422.549 m	Ellipsoid Dist.	868.716 m	Δ Y	692.735 m
Δ Elevation	-16.013 m	Δ Height	-16.032 m	Δ Z	-410.120 m

Standard Errors

Vector errors:					
σ Δ Easting	0.002 m	σ NS fwd Azimuth	0°00'00"	σ Δ X	0.003 m
σ Δ Northing	0.001 m	σ Ellipsoid Dist.	0.002 m	σ Δ Y	0.003 m
σ Δ Elevation	0.004 m	σ Δ Height	0.004 m	σ Δ Z	0.002 m

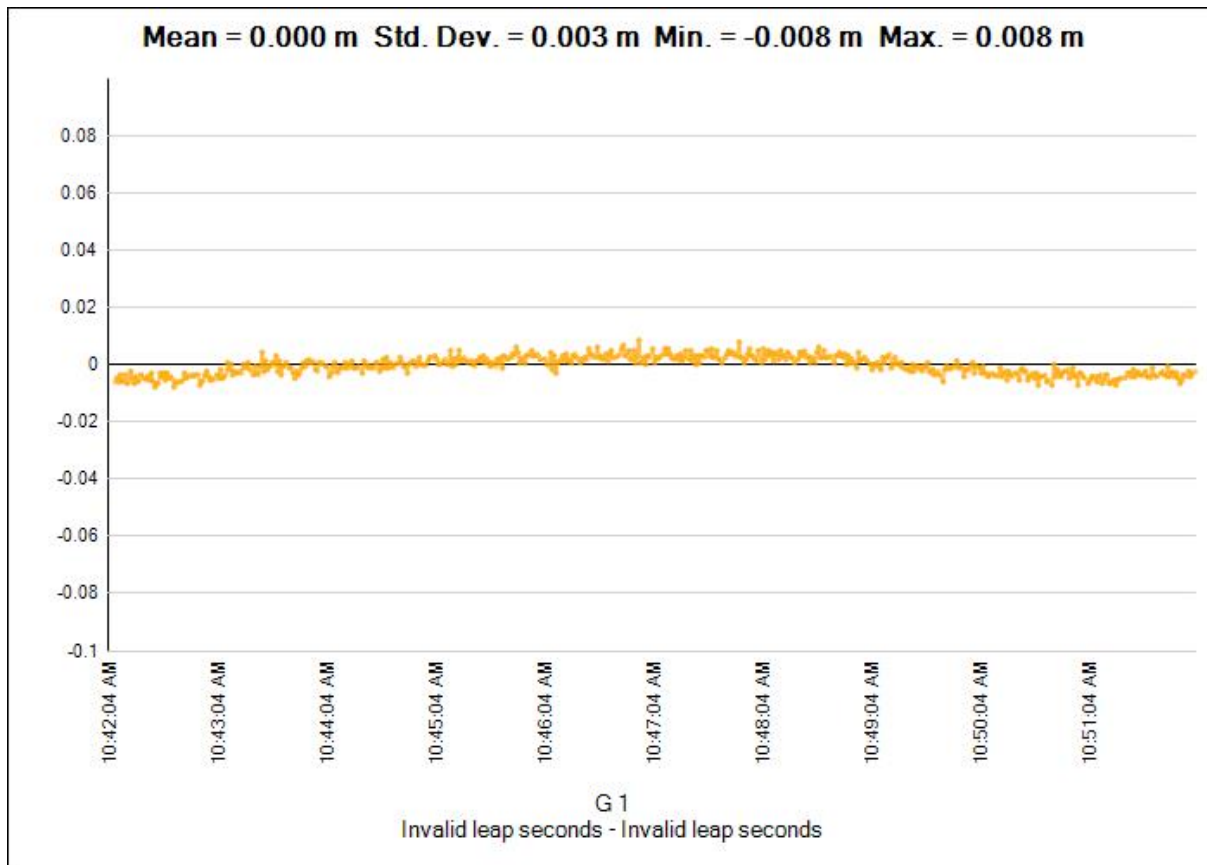
Aposteriori Covariance Matrix (Meter²)

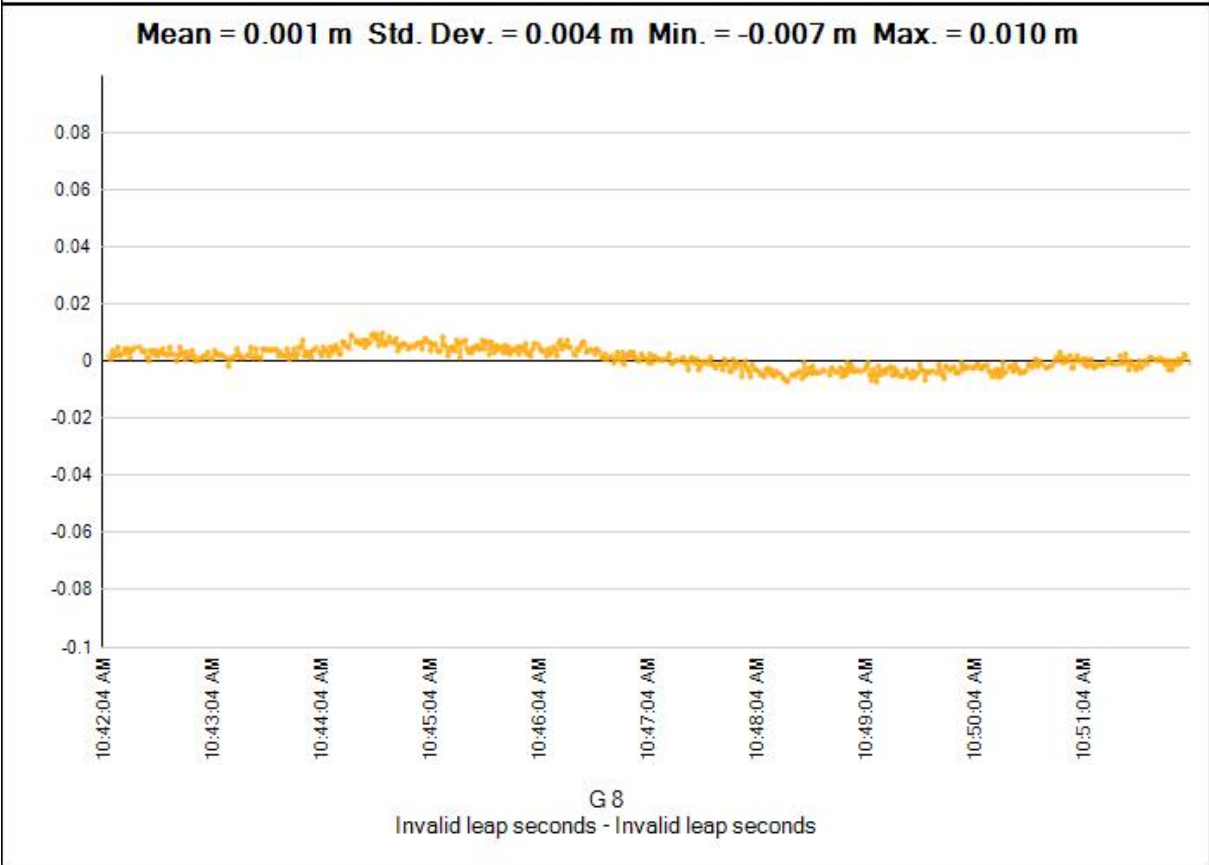
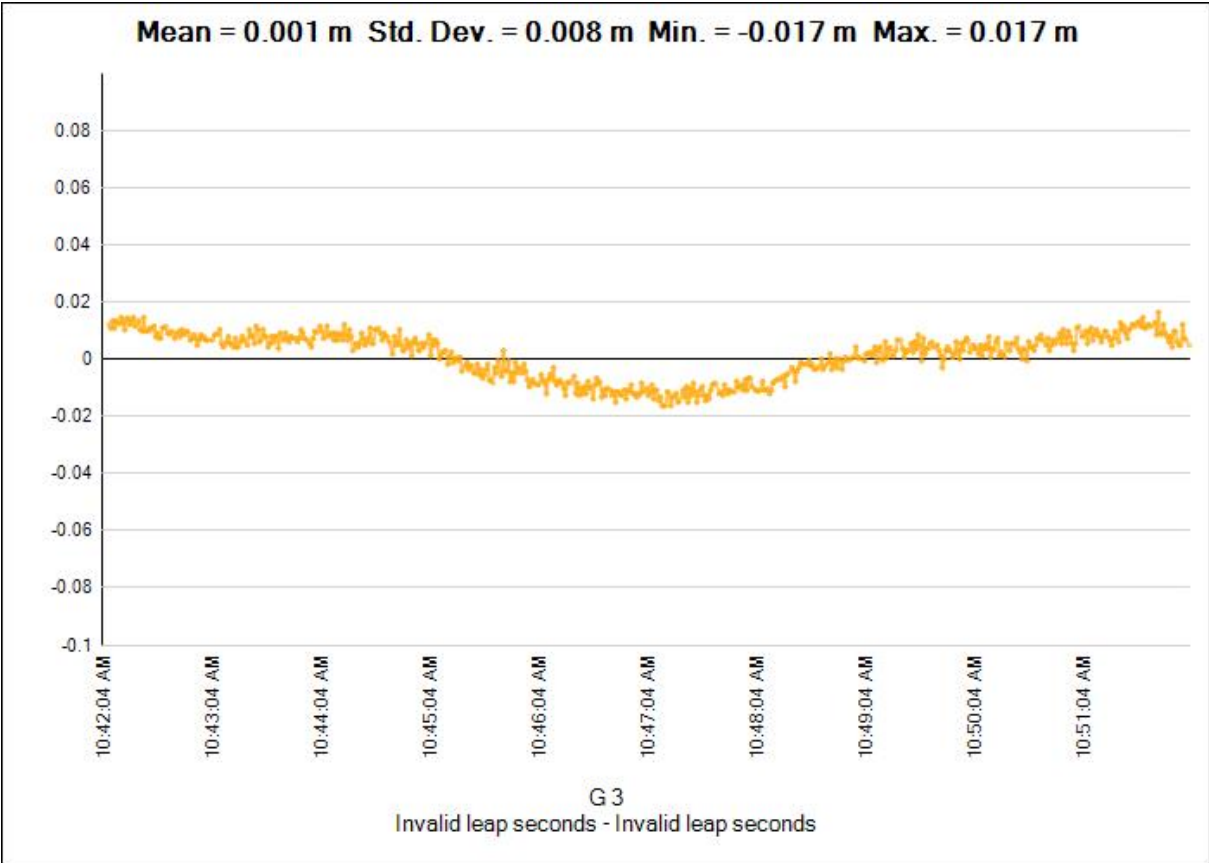
	X	Y	Z
X	0.0000085839		
Y	0.0000054973	0.0000080467	
Z	0.0000022634	0.0000012860	0.0000024934

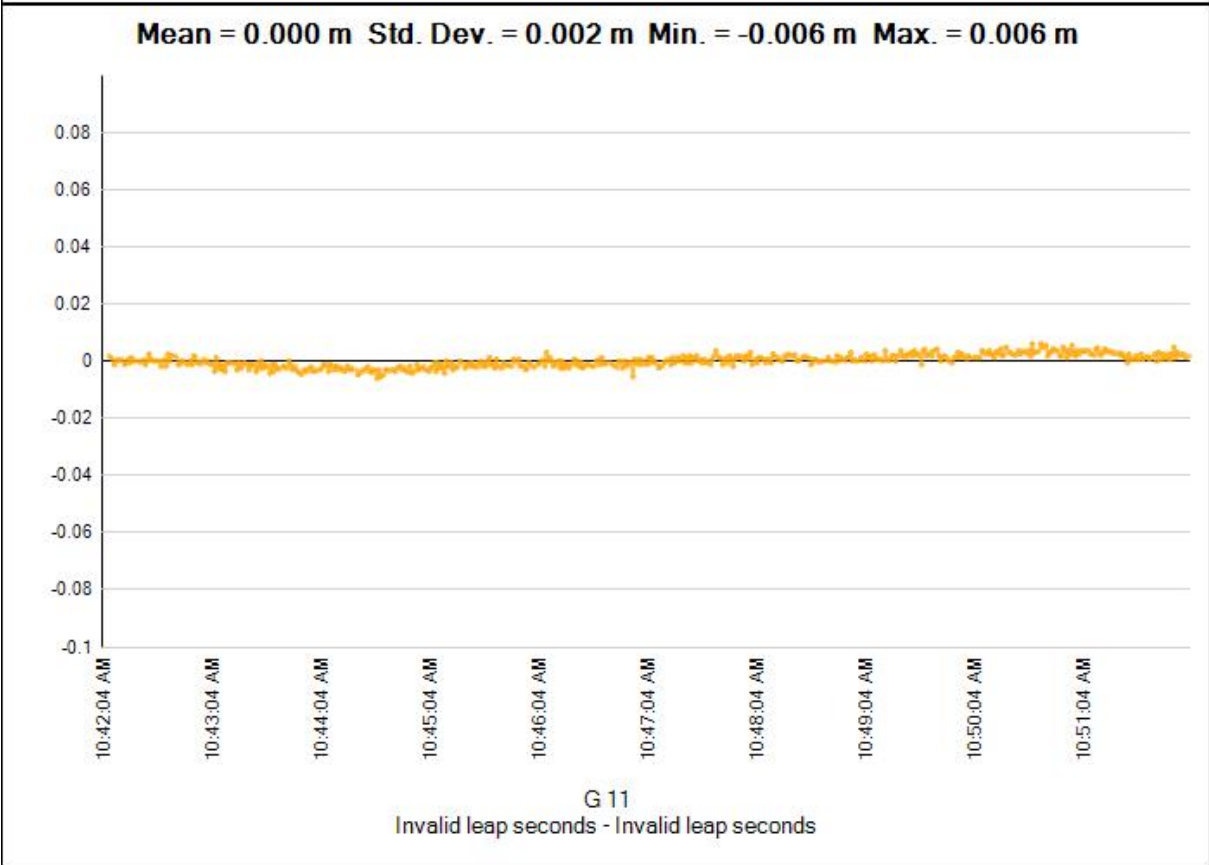
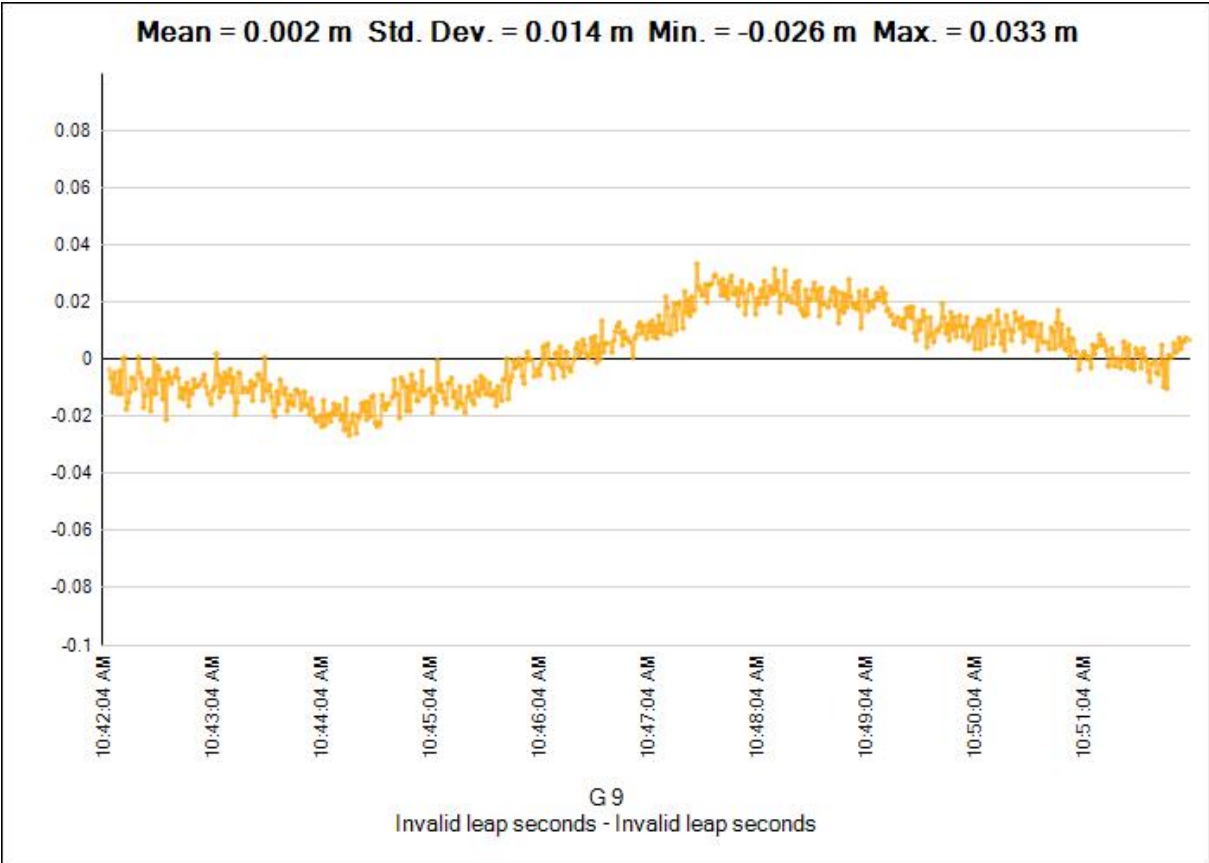
Occupations

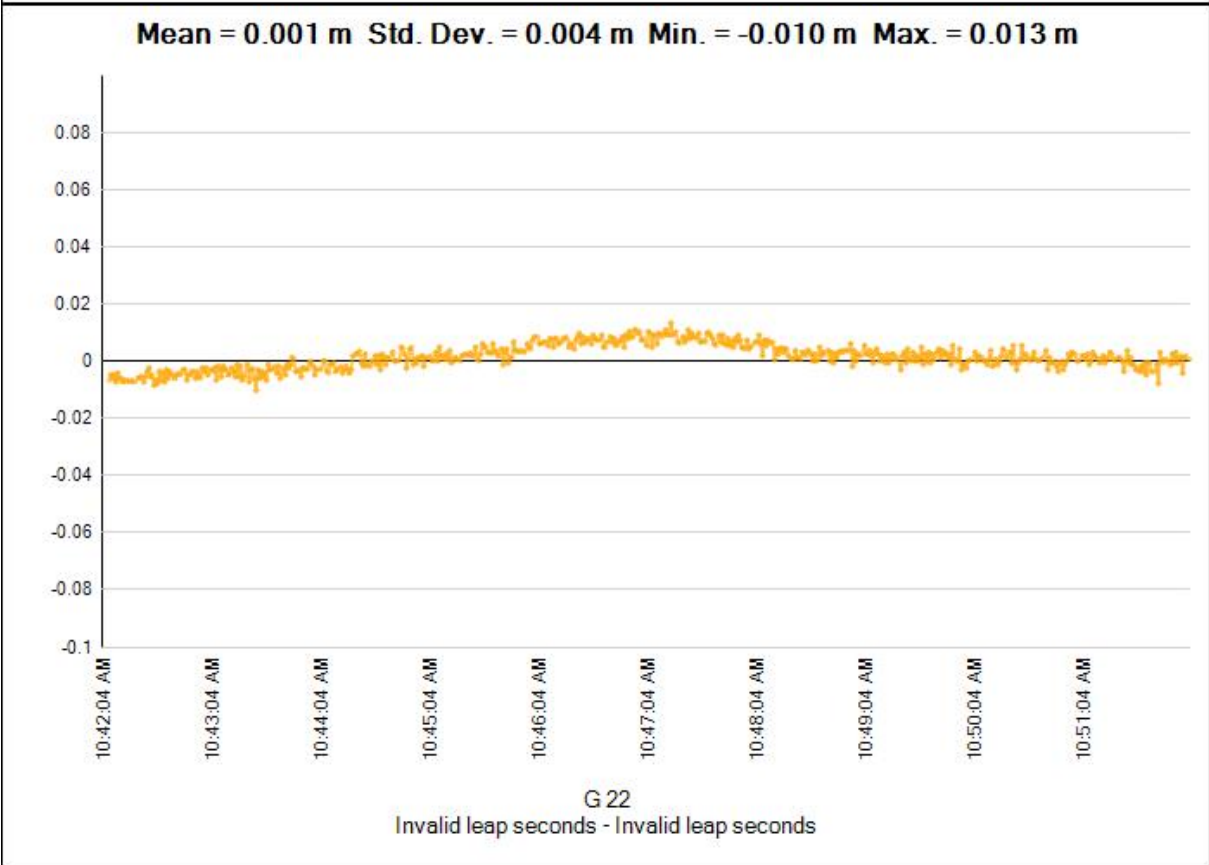
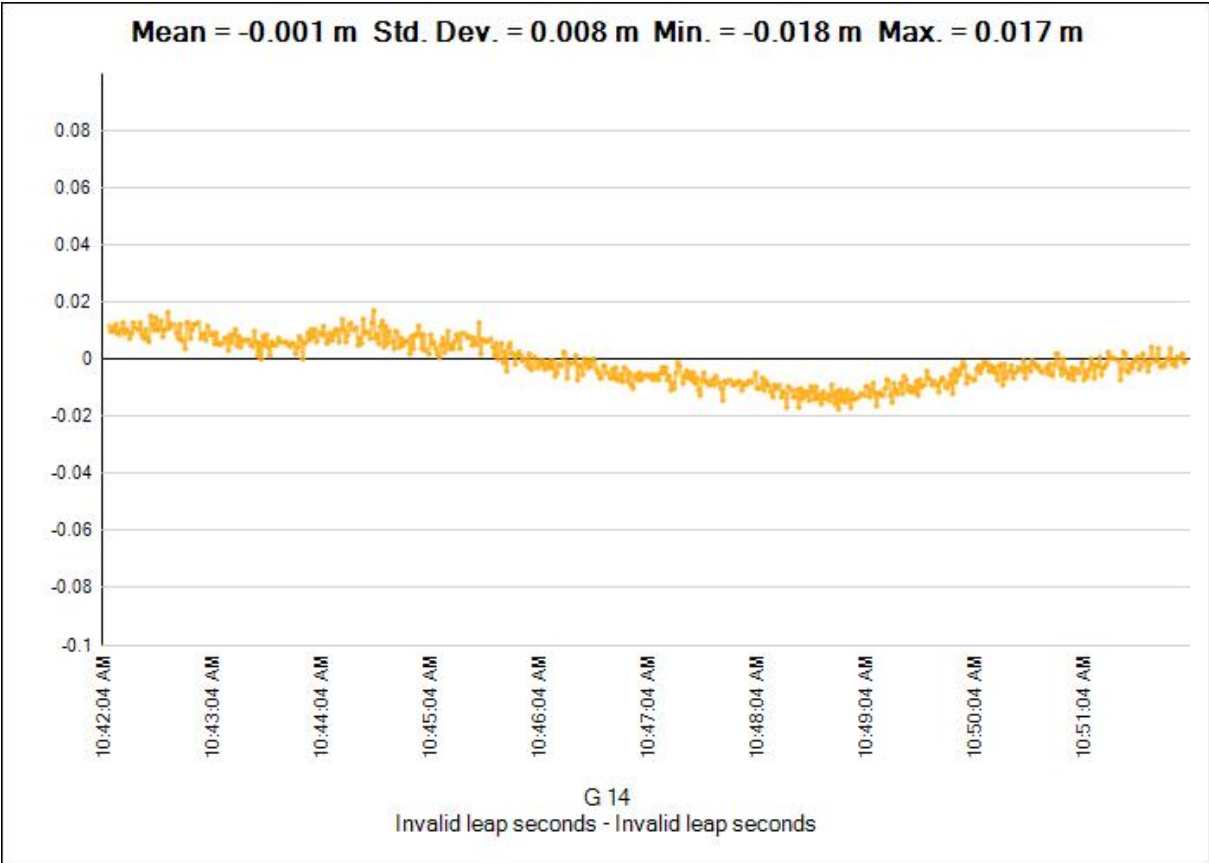
	From	To
Point ID:	africa1	base2
Data file:	C:\Users\bakhet\Desktop \SUST24\14112019sust24\71093181.T02	C:\Users\bakhet\Desktop \SUST24\14112019sust24\14112019sust24 .job\14112019sust24 Files\30123180.t02
Receiver type:	R10	R10
Receiver serial number:	5611457109	5608456479
Antenna type:	R10 Internal	R10 Internal
Antenna serial number:	-----	-----
Antenna height (measured):	1.570 m	1.700 m
Antenna method:	Lever of R10 extension	Bottom of quick release

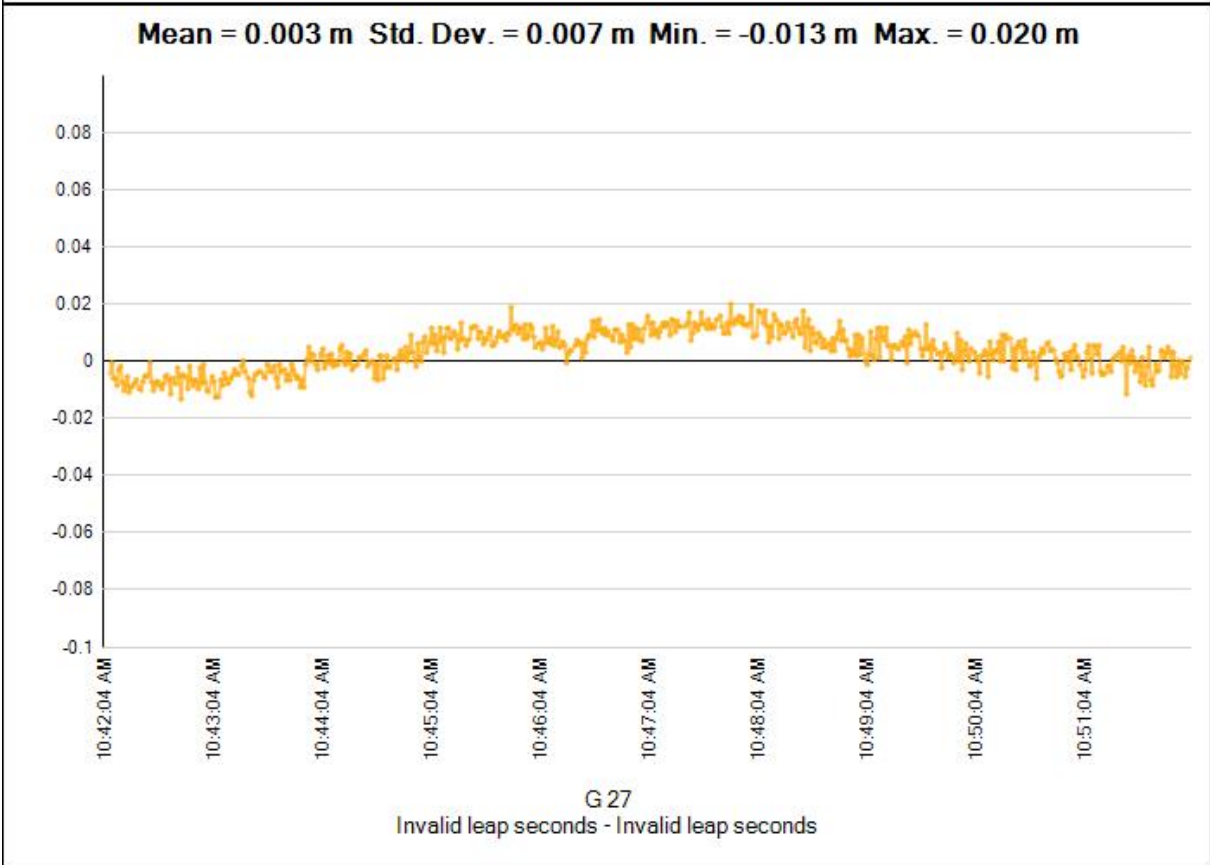
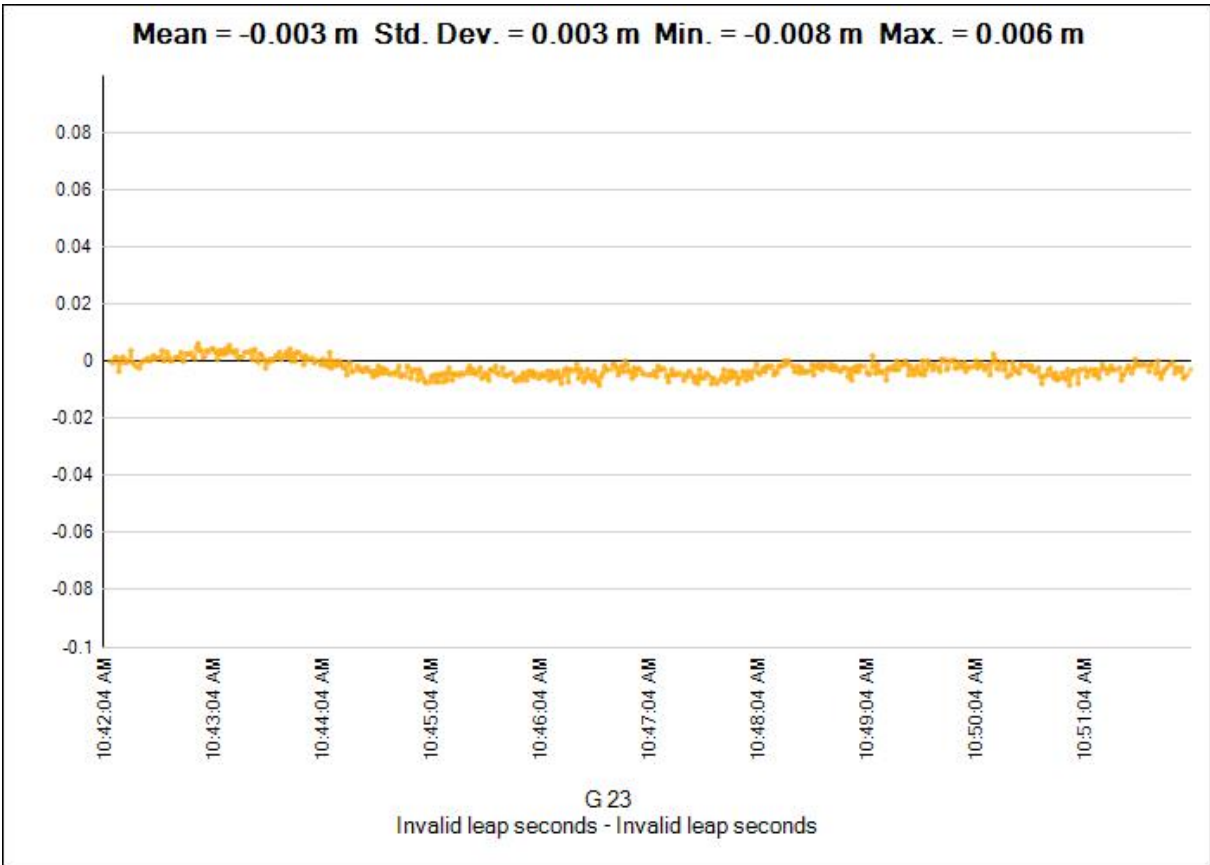
Residuals

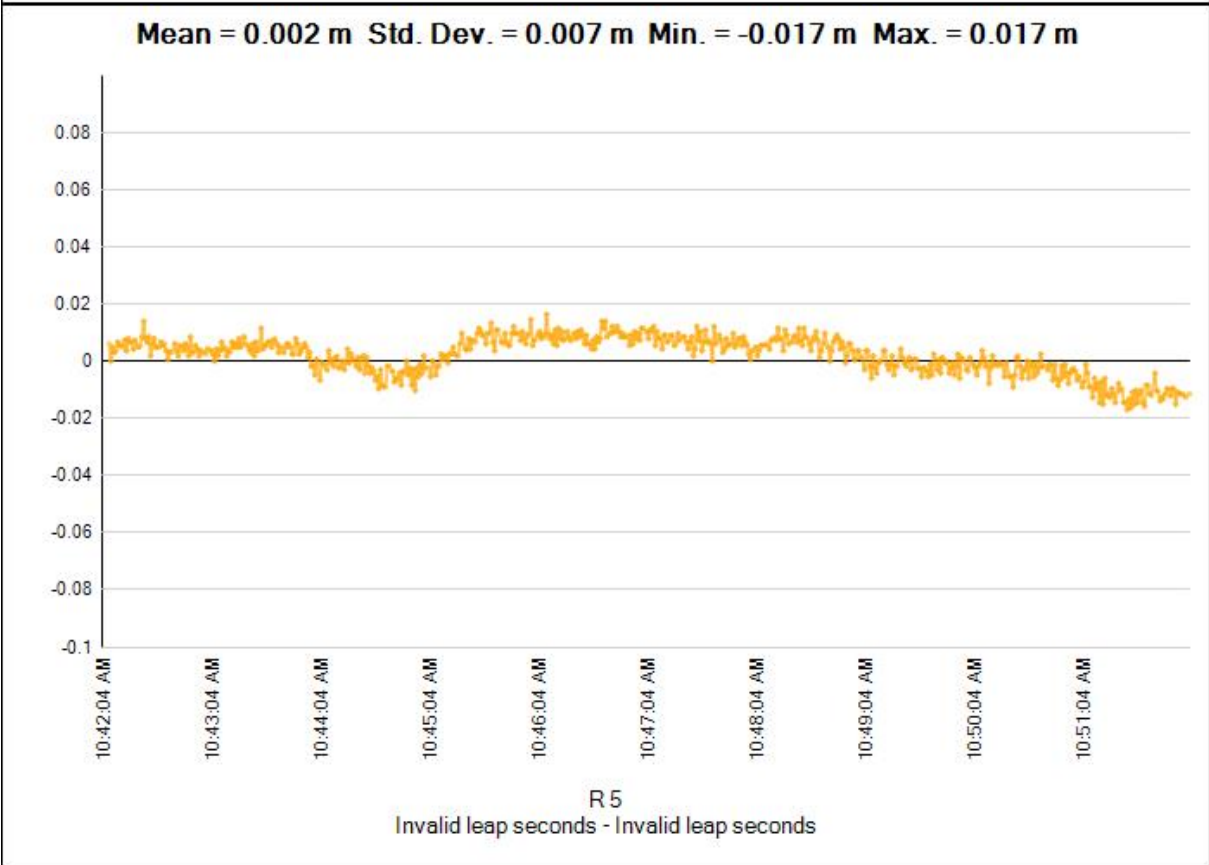
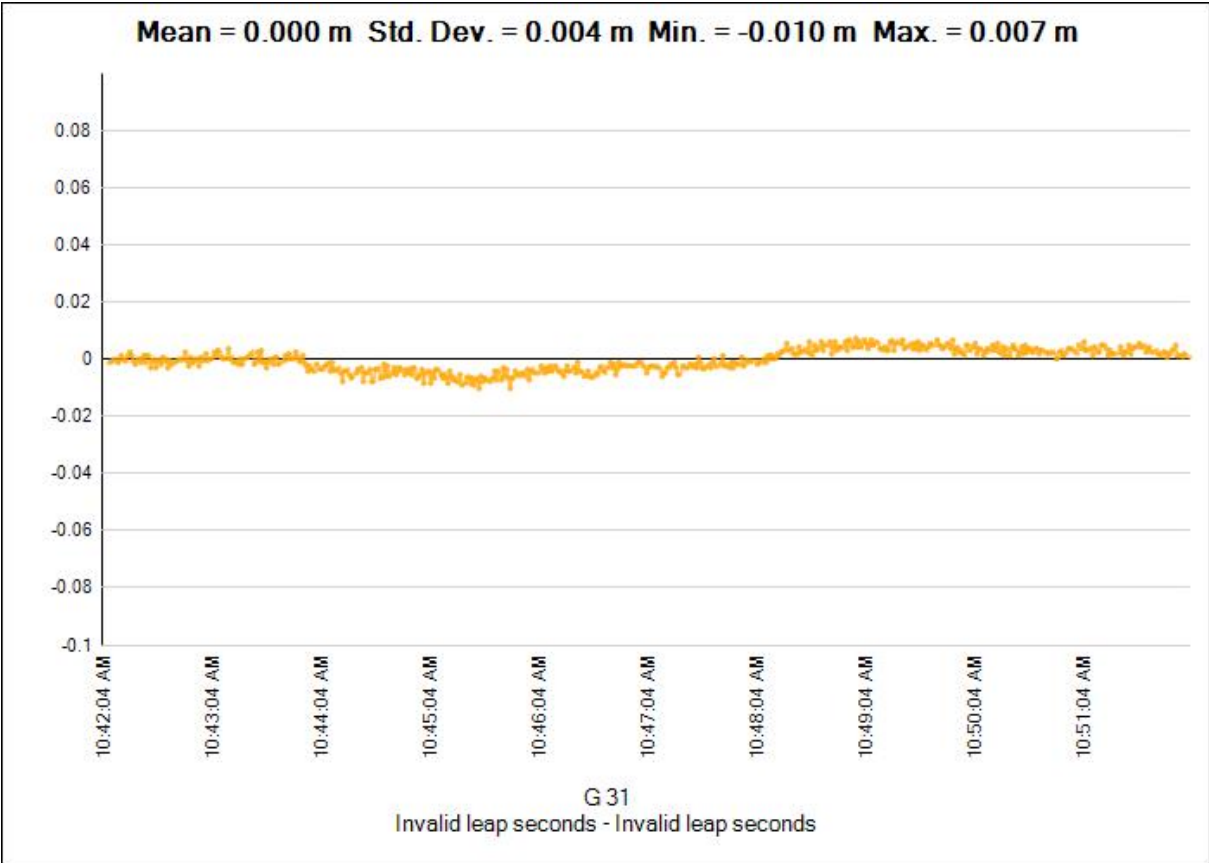




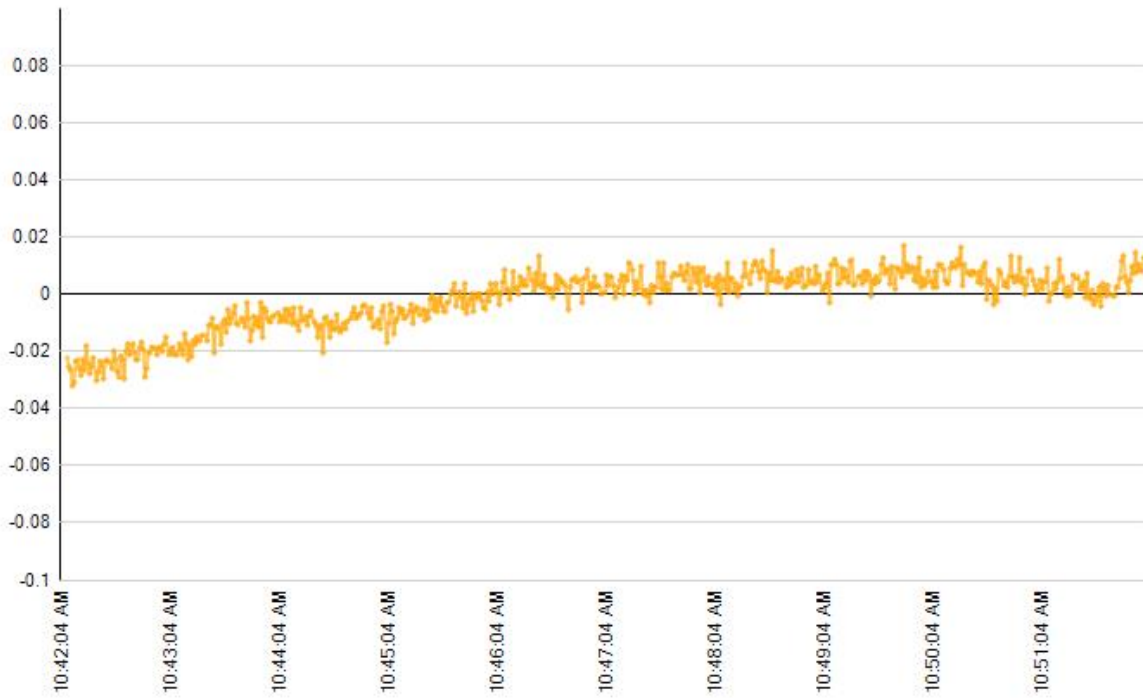








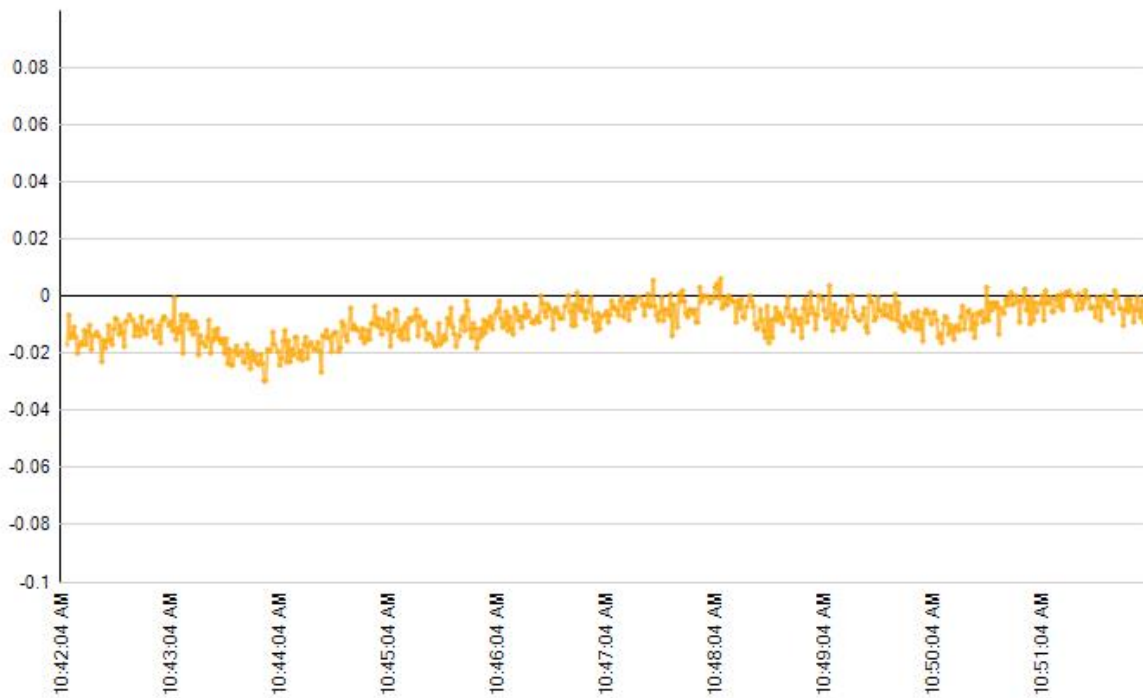
Mean = -0.002 m Std. Dev. = 0.010 m Min. = -0.032 m Max. = 0.017 m



R 15

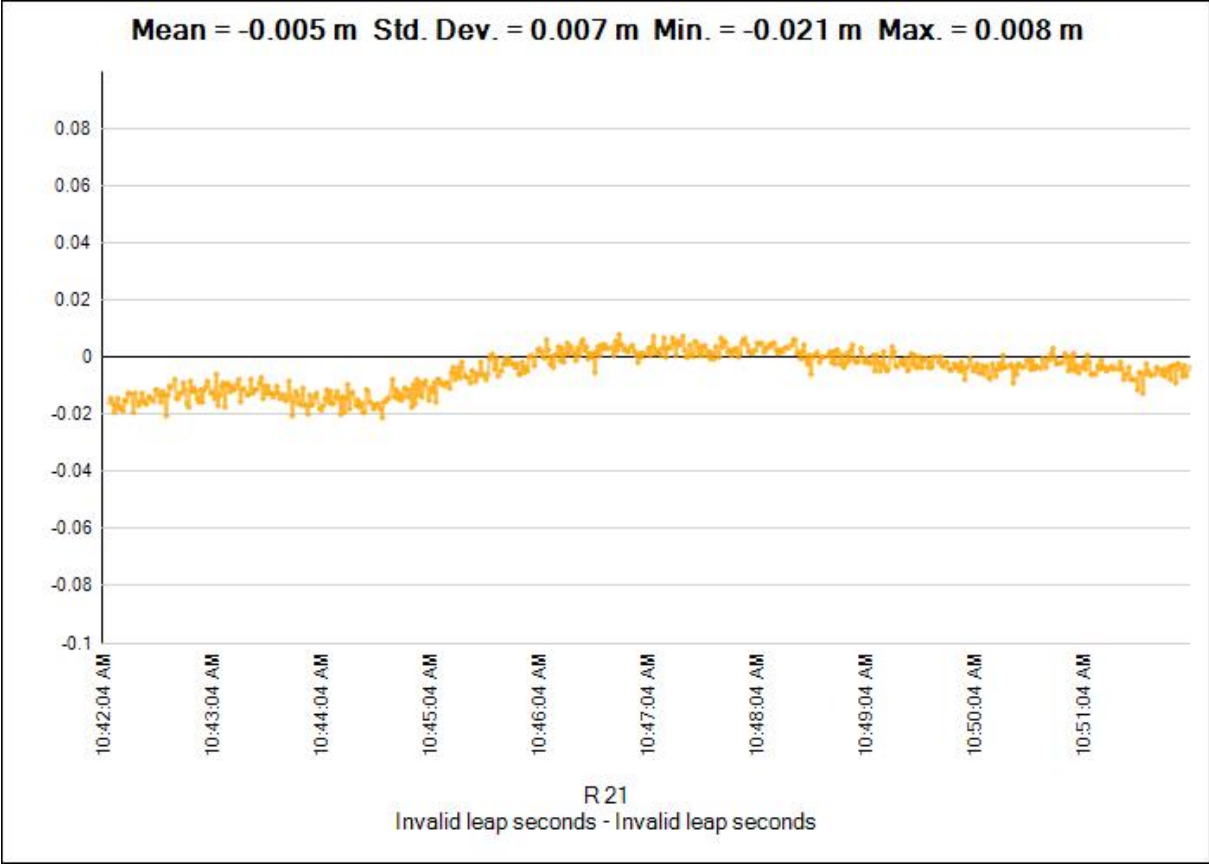
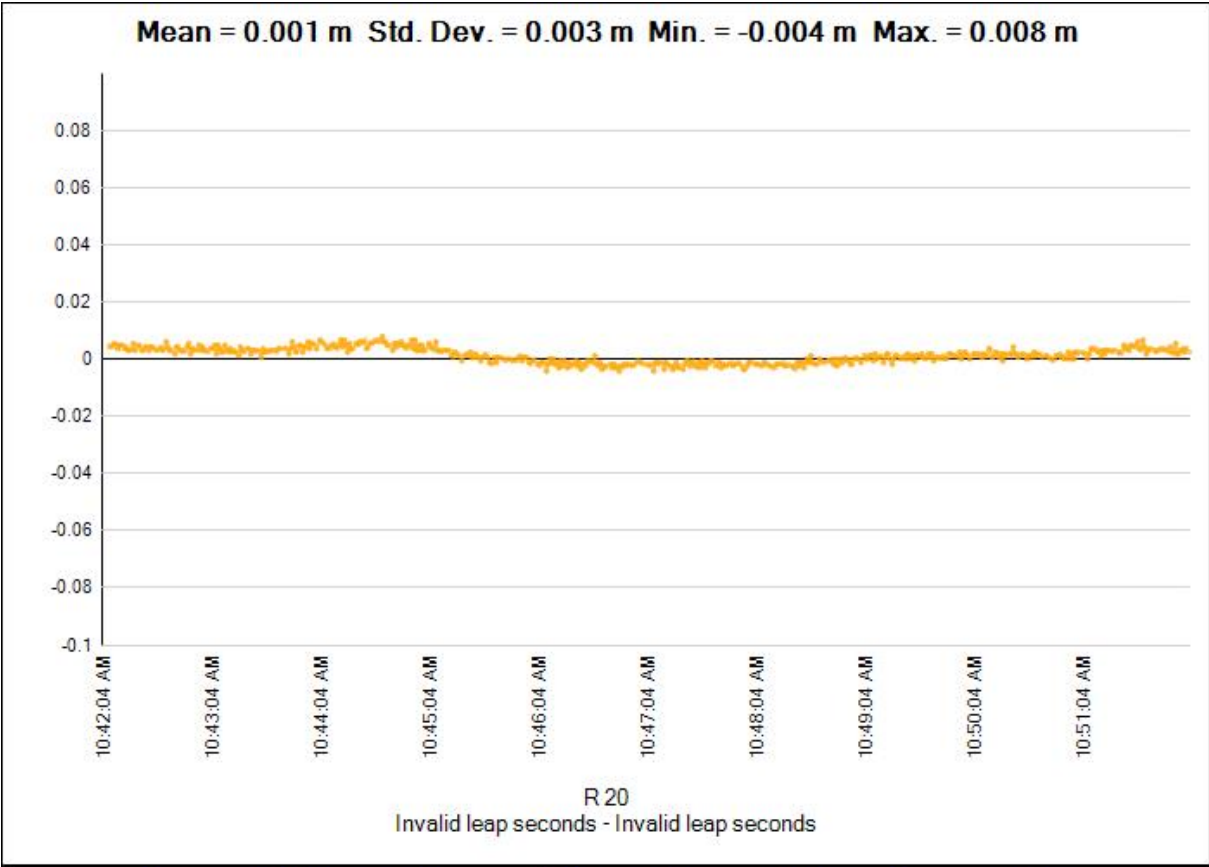
Invalid leap seconds - Invalid leap seconds

Mean = -0.009 m Std. Dev. = 0.006 m Min. = -0.030 m Max. = 0.006 m



R 16



Invalid leap seconds - Invalid leap seconds



Processing style

Elevation mask: 10°00'00.0"
Auto start processing: Yes
Start automatic ID numbering: AUTO0001
Continuous vectors: No
Generate residuals: Yes
Antenna model: Automatic
Ephemeris type: Automatic
Frequency: Multiple Frequencies
Processing Interval: Use all data
Force float: No

Acceptance Criteria

Vector Component	Flag 	Fail 
Horizontal Precision >	0.050 m + 1.000 ppm	0.100 m + 1.000 ppm
Vertical Precision >	0.100 m + 1.000 ppm	0.200 m + 1.000 ppm

africa1 (Invalid leap seconds-Invalid leap seconds) (S1)

Baseline observation: base1 (B1)
Processed: Invalid leap seconds
Solution type: Fixed
Frequency used: Multiple Frequencies
Horizontal precision: 0.007 m
Vertical precision: 0.016 m
RMS: 0.006 m
Maximum PDOP: 1.623
Ephemeris used: Broadcast
Antenna model: NGS Absolute
Processing start time: Invalid leap seconds (Local: UTC+2hr)
Processing stop time: Invalid leap seconds (Local: UTC+2hr)
Processing duration: 00:00:30
Processing interval: 1 second

Vector Components (Mark to Mark)

From: africa1					
Grid		Local		Global	
Easting	453513.915 m	Latitude	N15°31'58.02478"	Latitude	N15°31'58.02478"
Northing	1717302.824 m	Longitude	E32°33'59.44655"	Longitude	E32°33'59.44655"
Elevation	400.544 m	Height	402.363 m	Height	402.363 m

To: base1					
Grid		Local		Global	
Easting	454112.313 m	Latitude	N15°31'38.88088"	Latitude	N15°31'38.88088"
Northing	1716713.408 m	Longitude	E32°34'19.57412"	Longitude	E32°34'19.57412"
Elevation	385.079 m	Height	386.880 m	Height	386.880 m

Vector					
Δ Easting	598.398 m	NS Fwd Azimuth	134°27'02"	Δ X	-202.698 m
Δ Northing	-589.415 m	Ellipsoid Dist.	840.249 m	Δ Y	582.299 m
Δ Elevation	-15.465 m	Δ Height	-15.483 m	Δ Z	-571.127 m

Standard Errors

Vector errors:					
σ Δ Easting	0.003 m	σ NS fwd Azimuth	0°00'01"	σ Δ X	0.007 m
σ Δ Northing	0.002 m	σ Ellipsoid Dist.	0.003 m	σ Δ Y	0.006 m
σ Δ Elevation	0.008 m	σ Δ Height	0.008 m	σ Δ Z	0.003 m

Aposteriori Covariance Matrix (Meter²)

	X	Y	Z
X	0.0000424071		
Y	0.0000285578	0.0000308483	
Z	0.0000114365	0.0000087355	0.0000083052

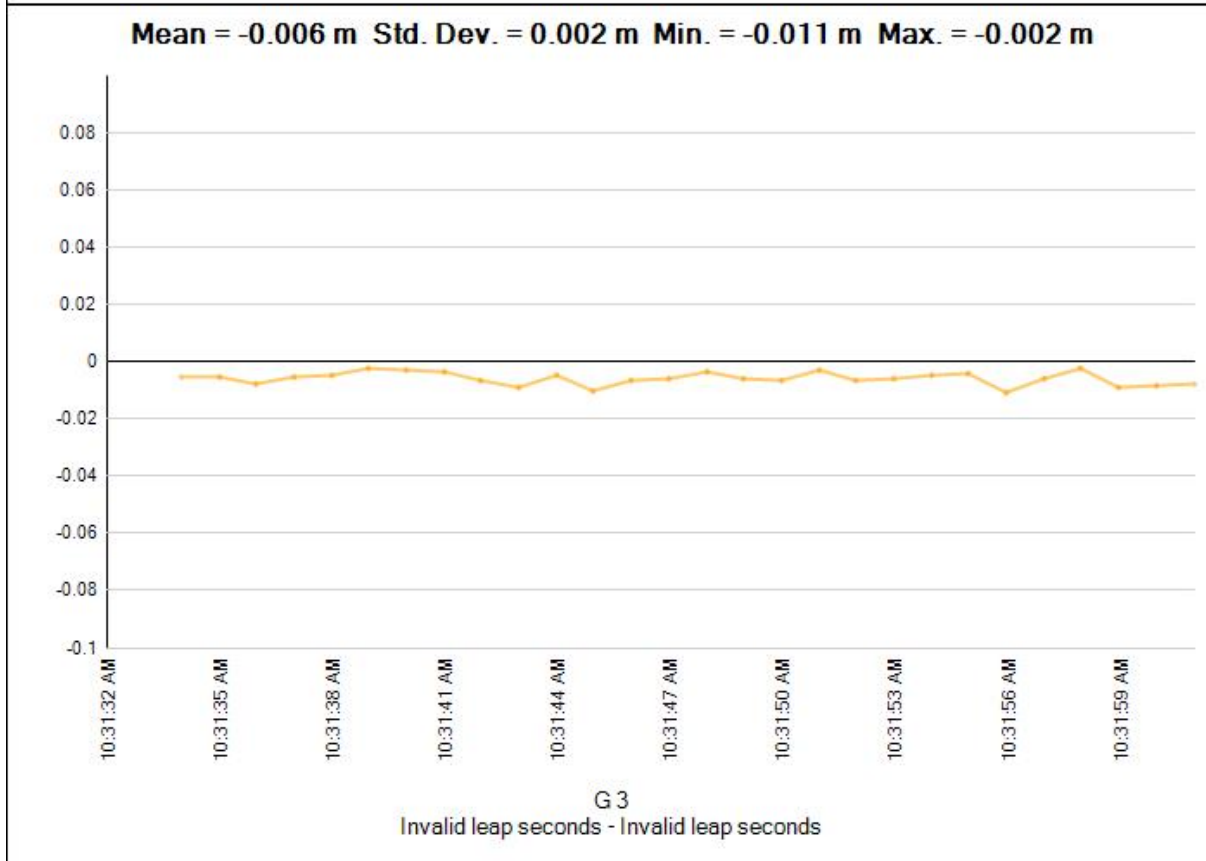
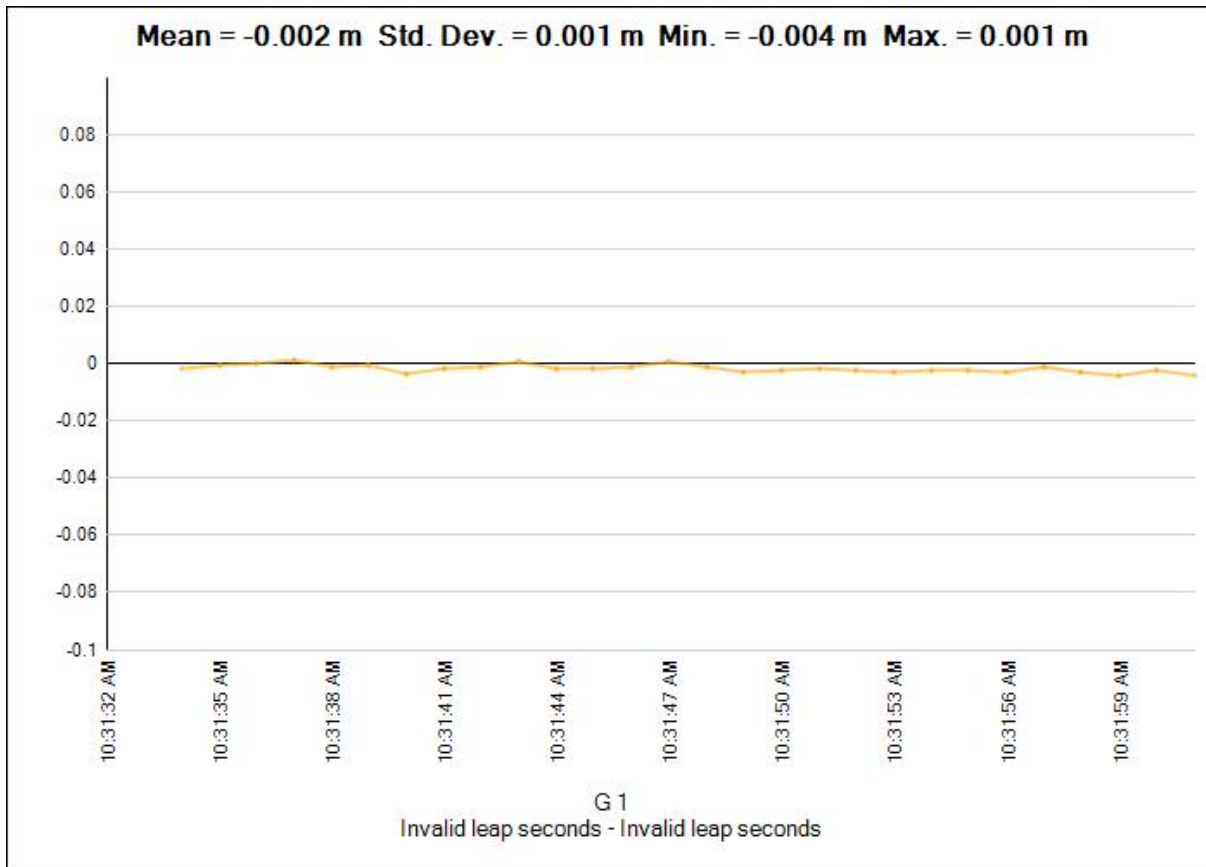
Occupations

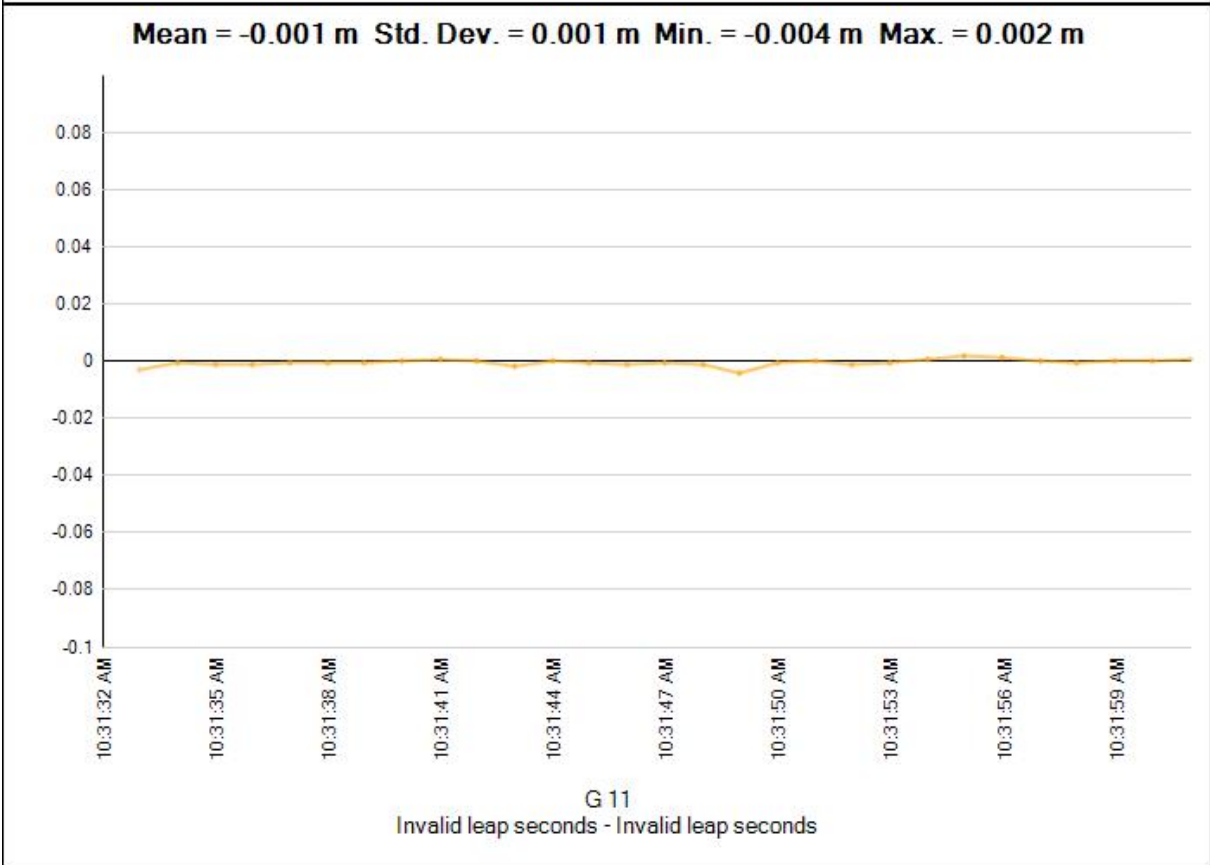
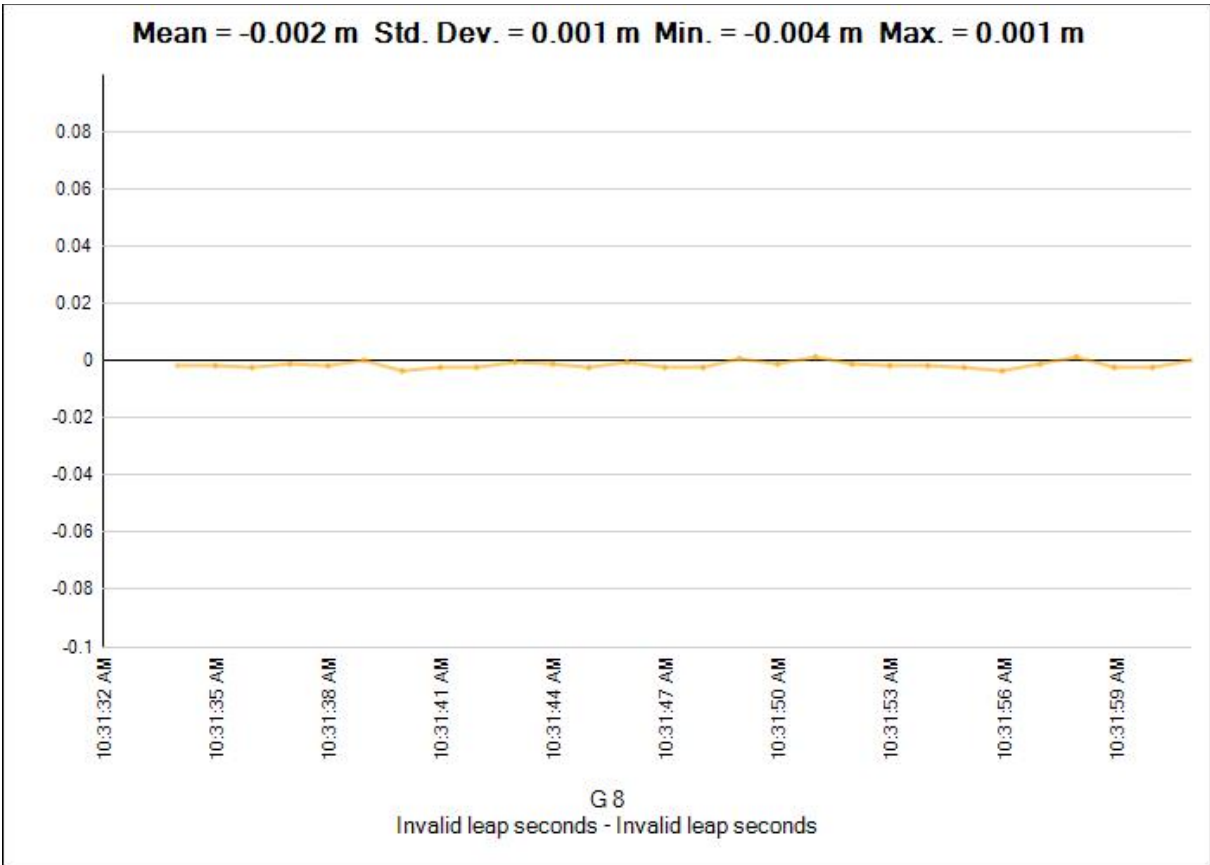
	From	To
Point ID:	africa1	base1
Data file:	C:\Users\bakhet\Desktop \SUST24\14112019sust24\71093181.T02	C:\Users\bakhet\Desktop \SUST24\14112019sust24\66973180.T02
Receiver type:	R10	R10
Receiver serial number:	5611457109	5609456697
Antenna type:	R10 Internal	R10 Internal
Antenna serial number:	-----	-----
Antenna height (measured):	1.570 m	1.477 m
Antenna method:	Lever of R10 extension	Bottom of quick release

Tracking Summary

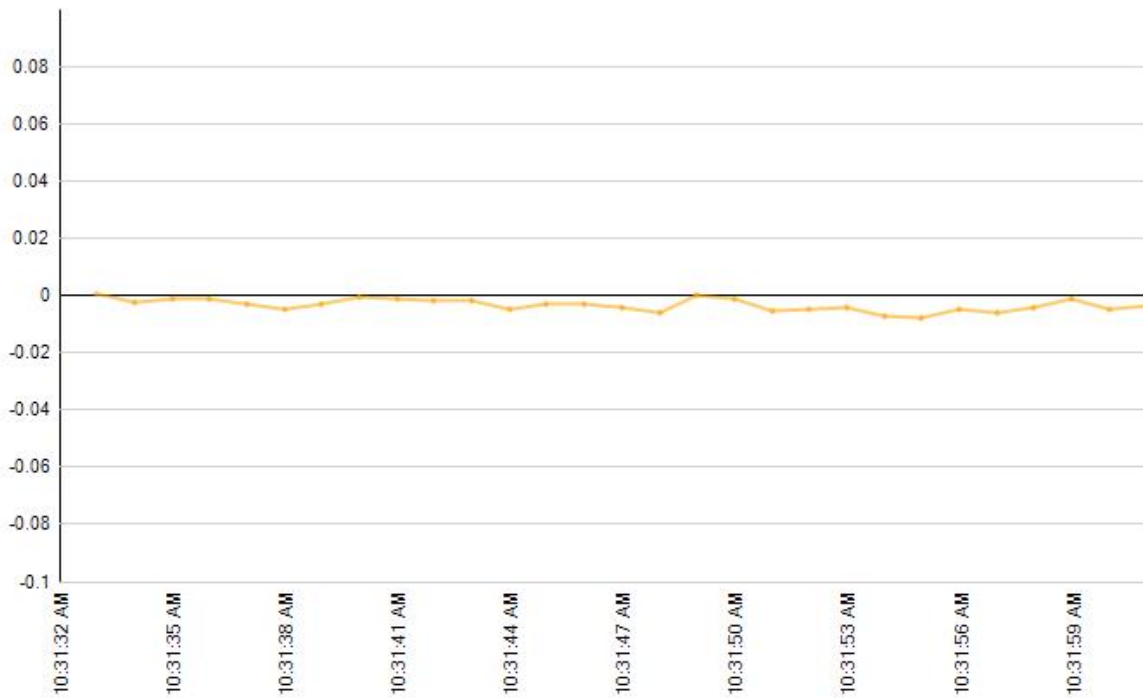
SV	Invalid leap seconds	Duration: 00:00:30 Major interval: 00:01:00	Invalid leap seconds
G 1	L1 L2 L5		
G 3	L1 L2 L5		
G 8	L1 L2 L5		
G 11	L1 L2		
G 14	L1 L2		
G 22	L1 L2		
G 23	L1 L2		
G 27	L1 L2 L5		
G 31	L1 L2		
R 5	L1 L2		
R 6	L1		
R 15	L1 L2		
R 16	L1 L2		
R 19	L1 L2		
R 20	L1 L2		
R 21	L1 L2		

Residuals



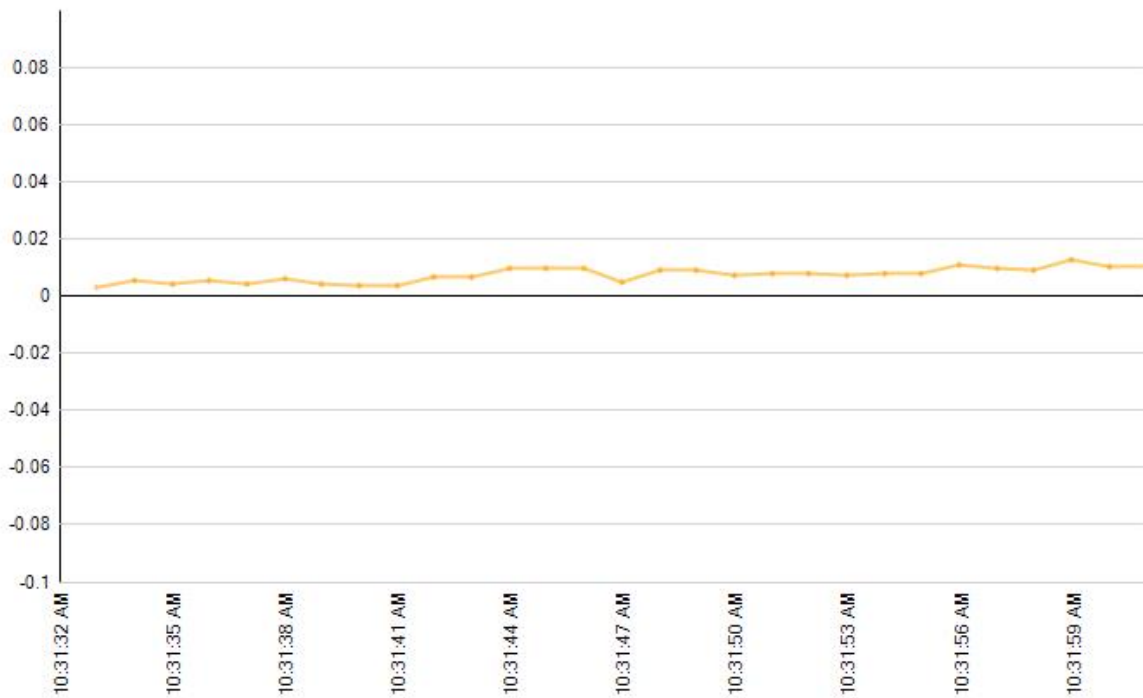


Mean = -0.003 m Std. Dev. = 0.002 m Min. = -0.008 m Max. = 0.001 m

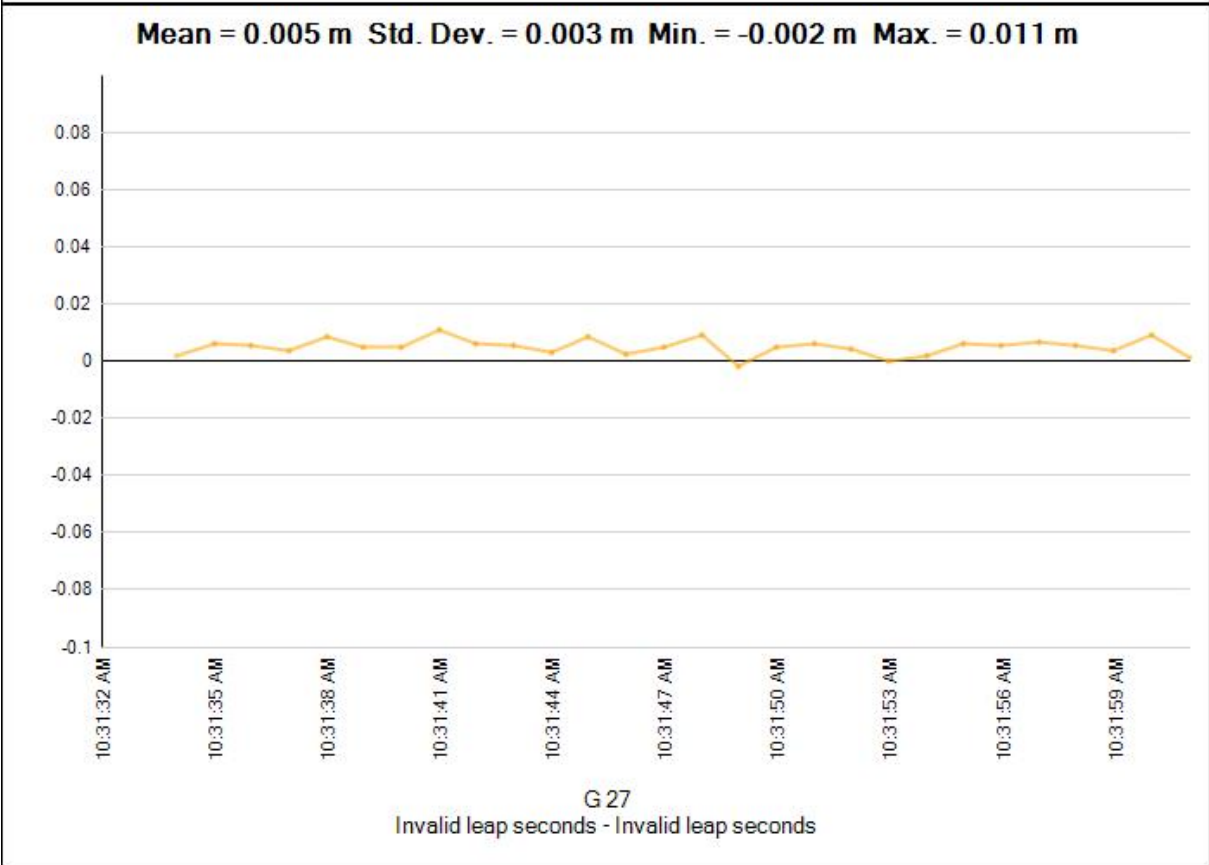
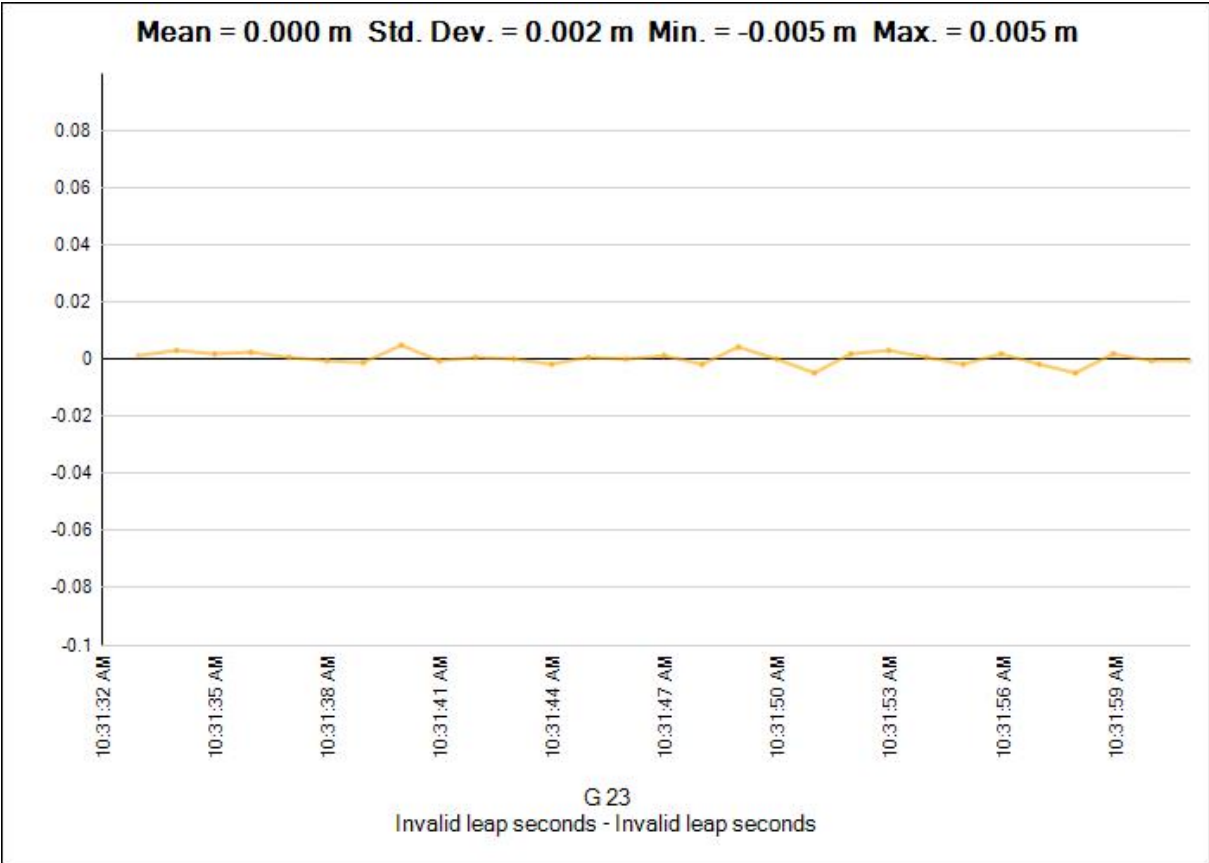


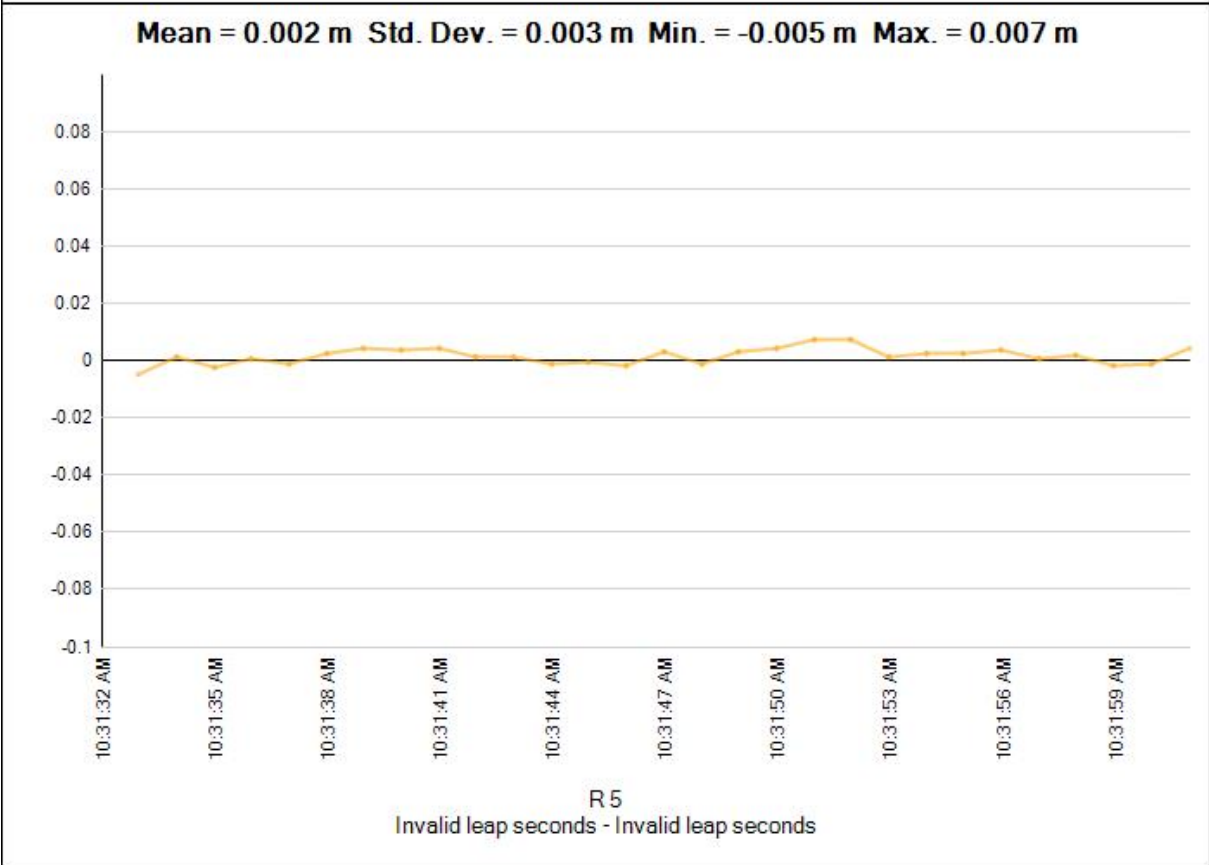
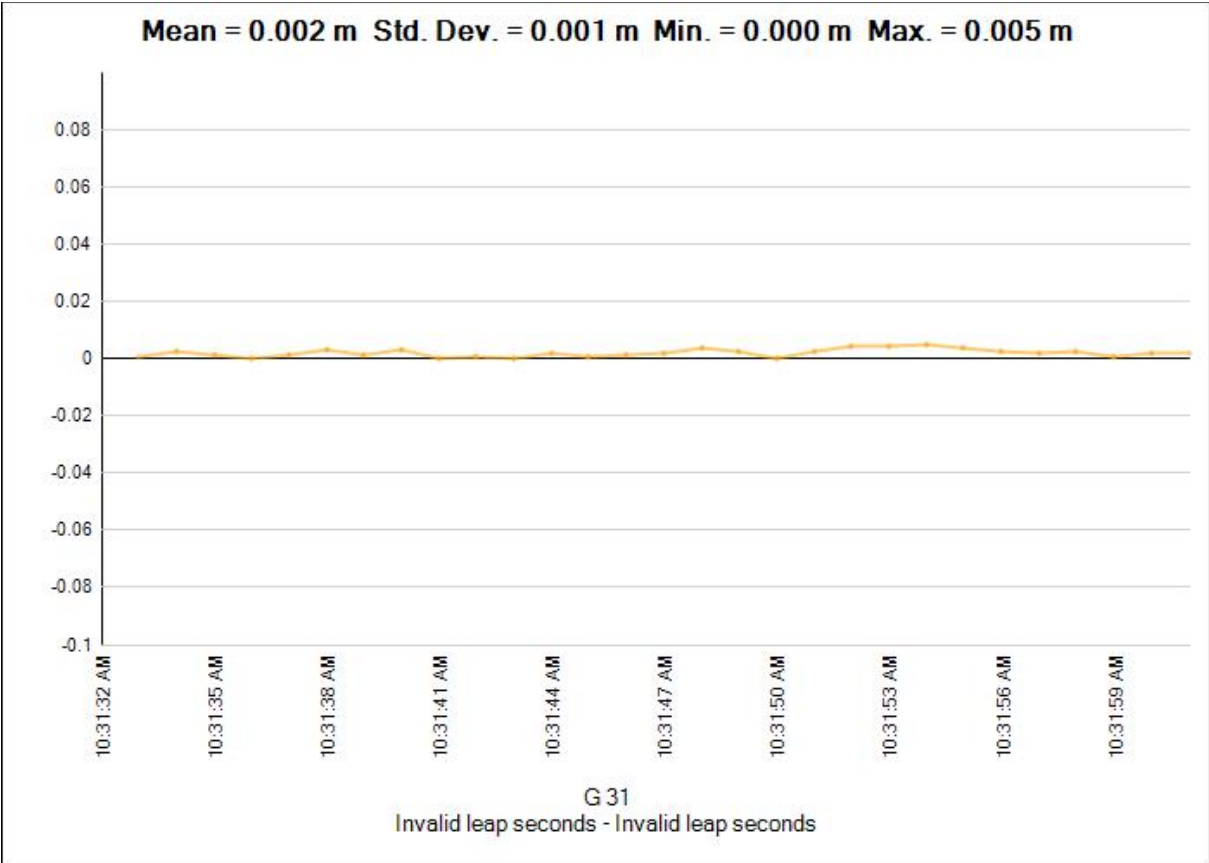
G 14
Invalid leap seconds - Invalid leap seconds

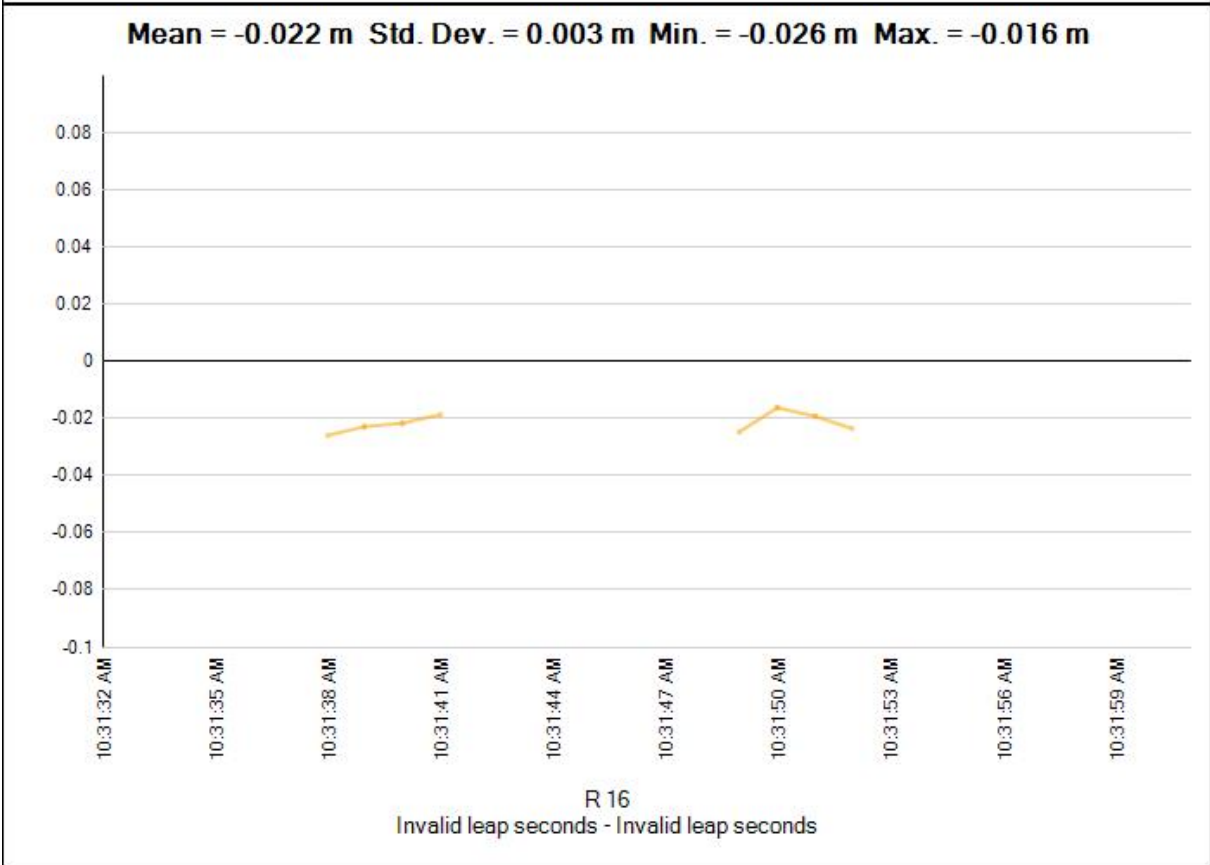
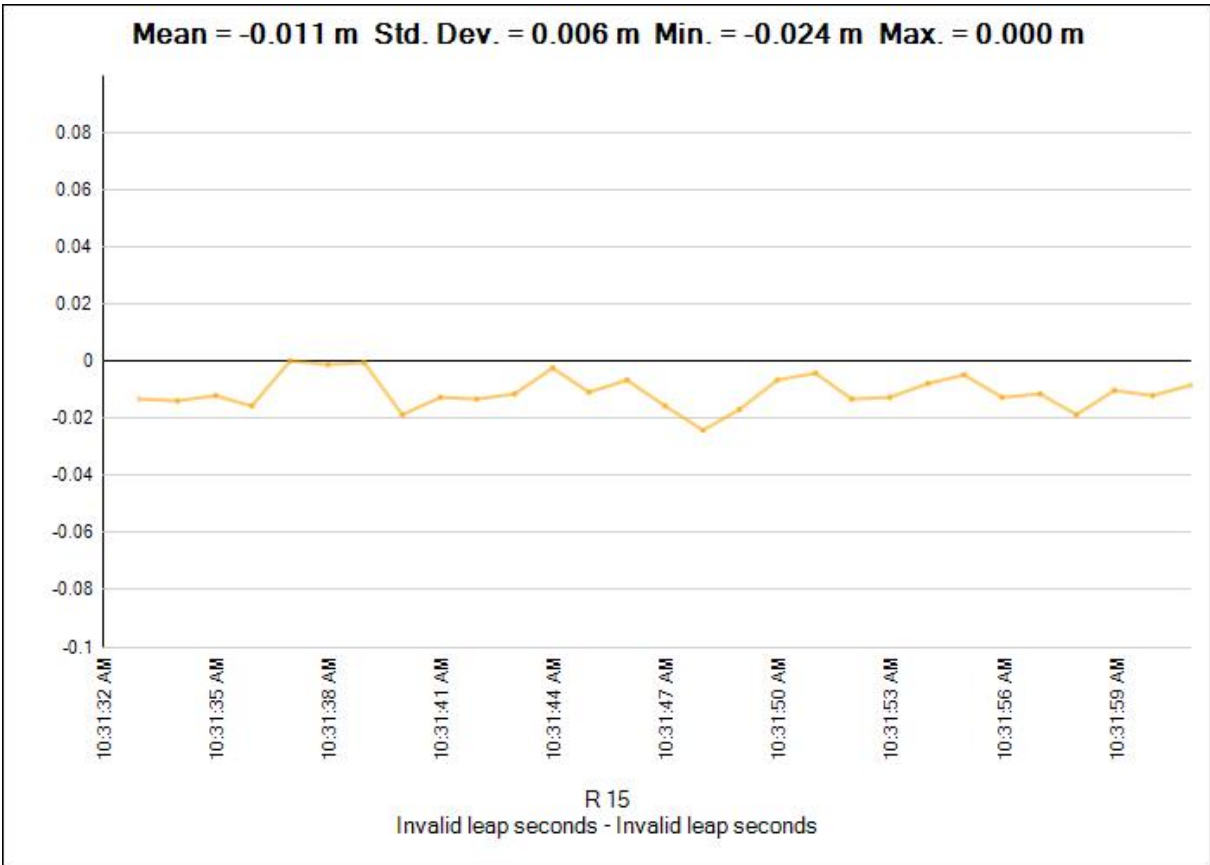
Mean = 0.007 m Std. Dev. = 0.003 m Min. = 0.003 m Max. = 0.013 m

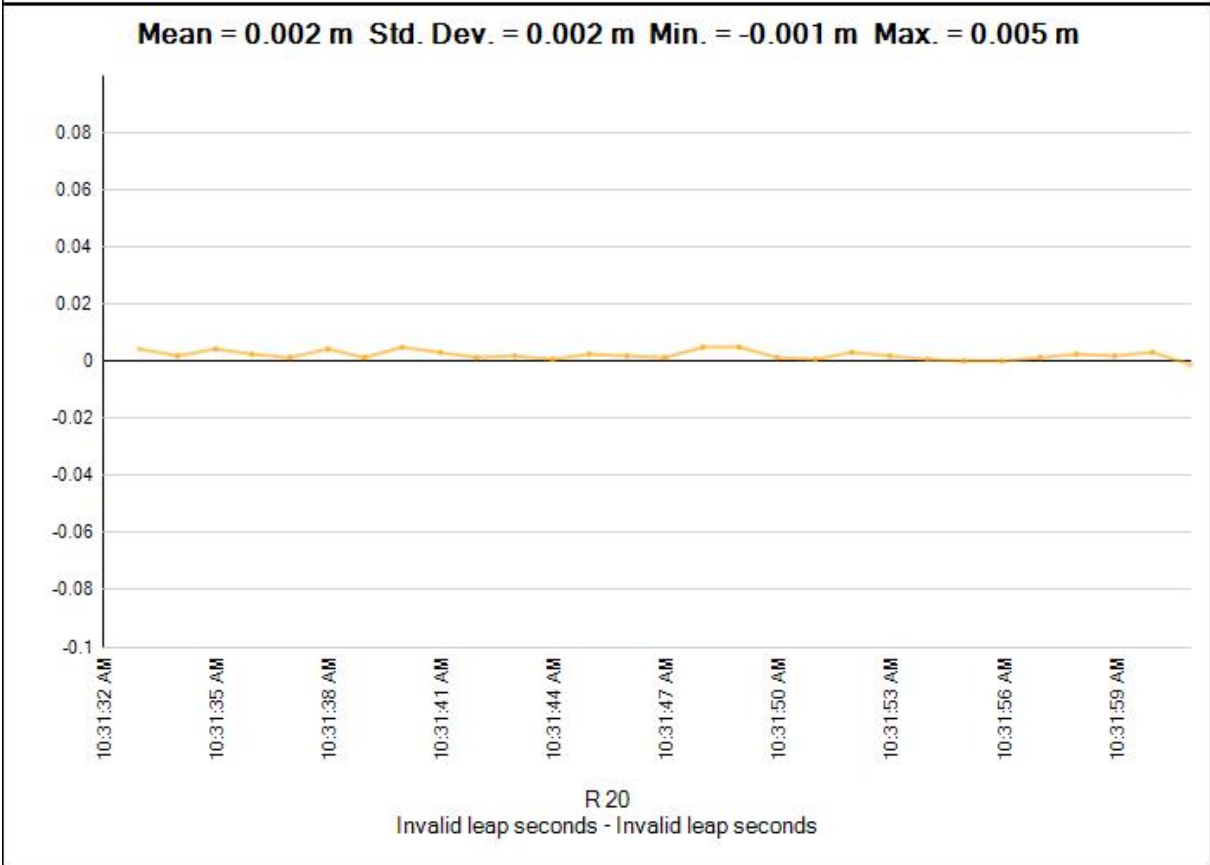
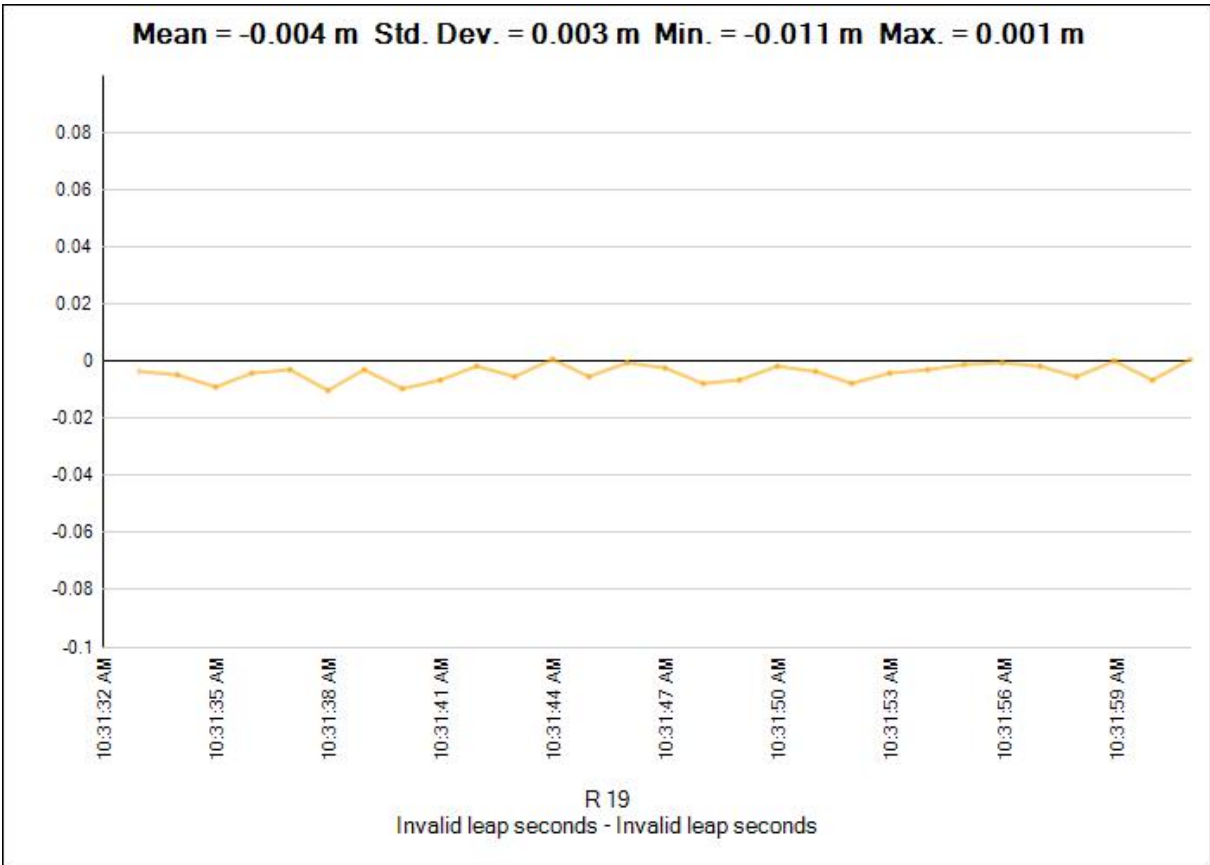


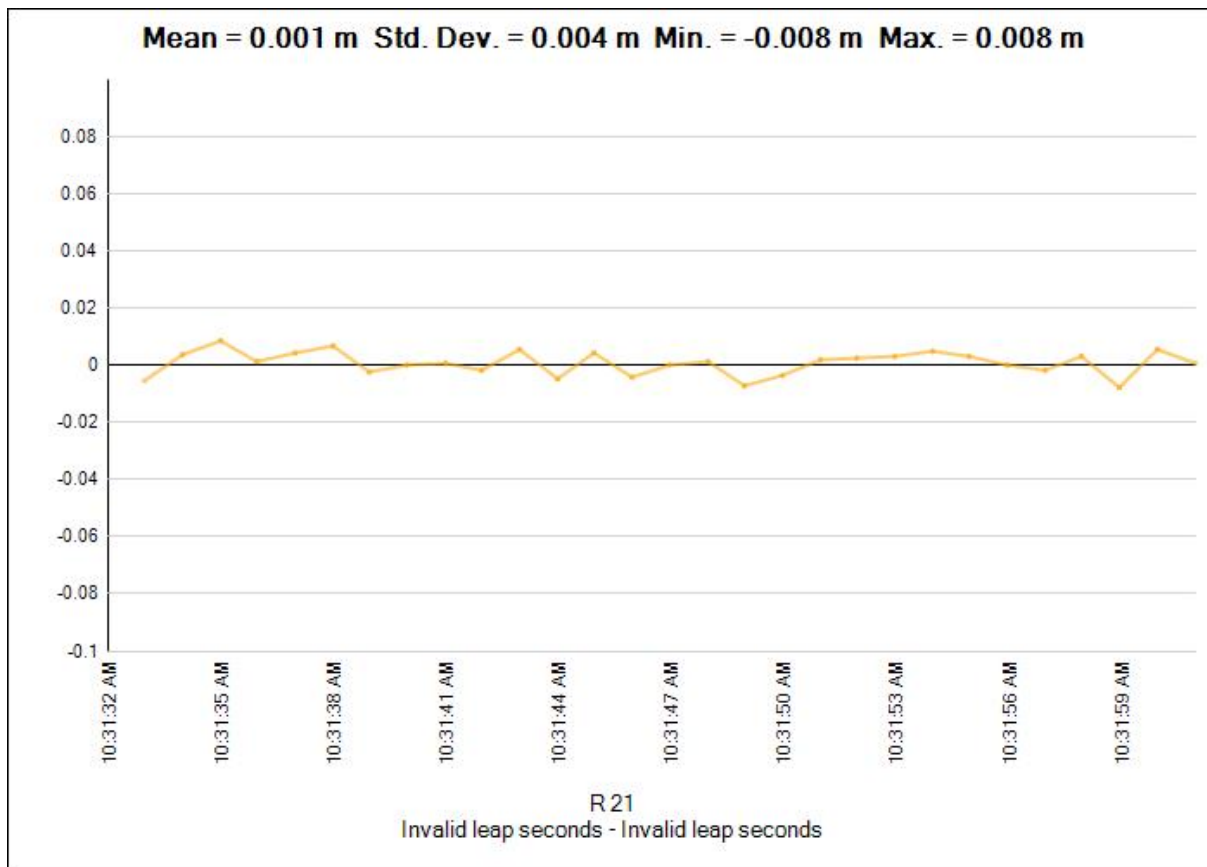
G 22
Invalid leap seconds - Invalid leap seconds













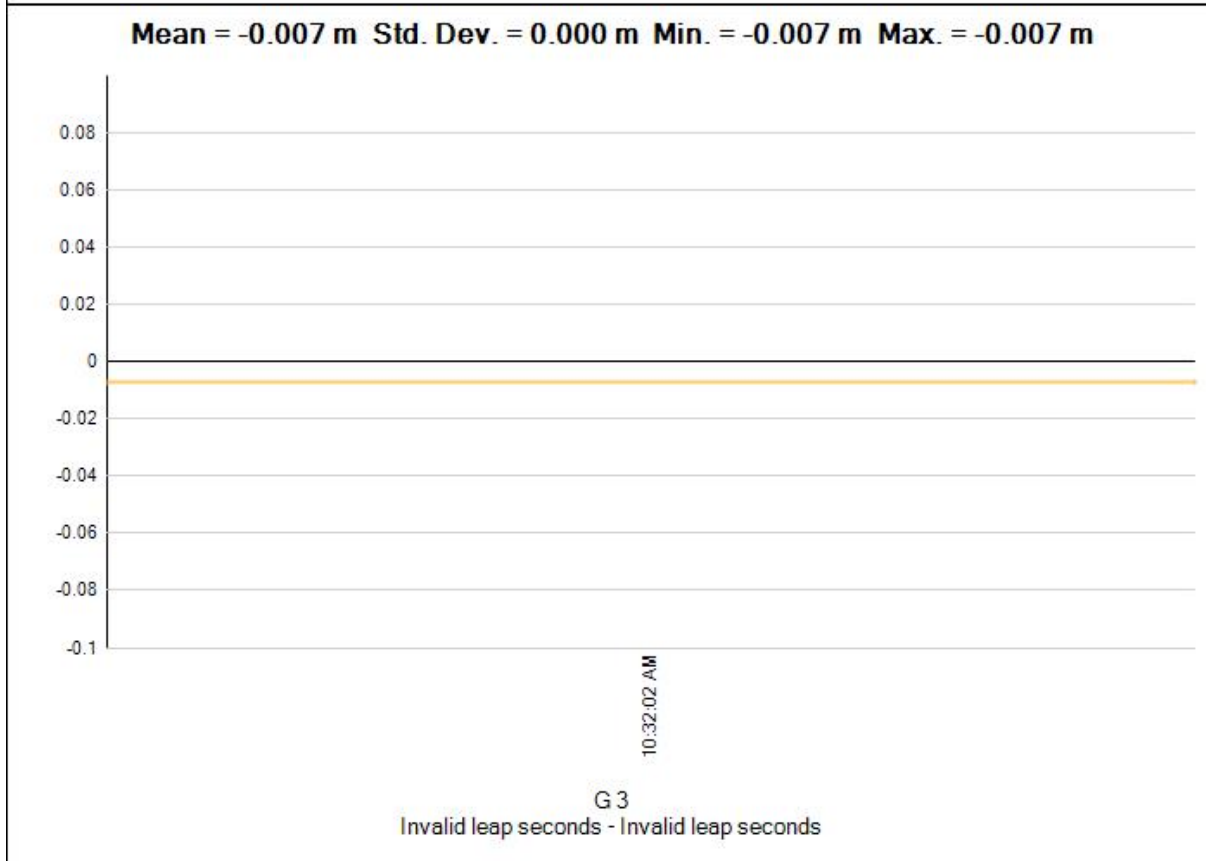
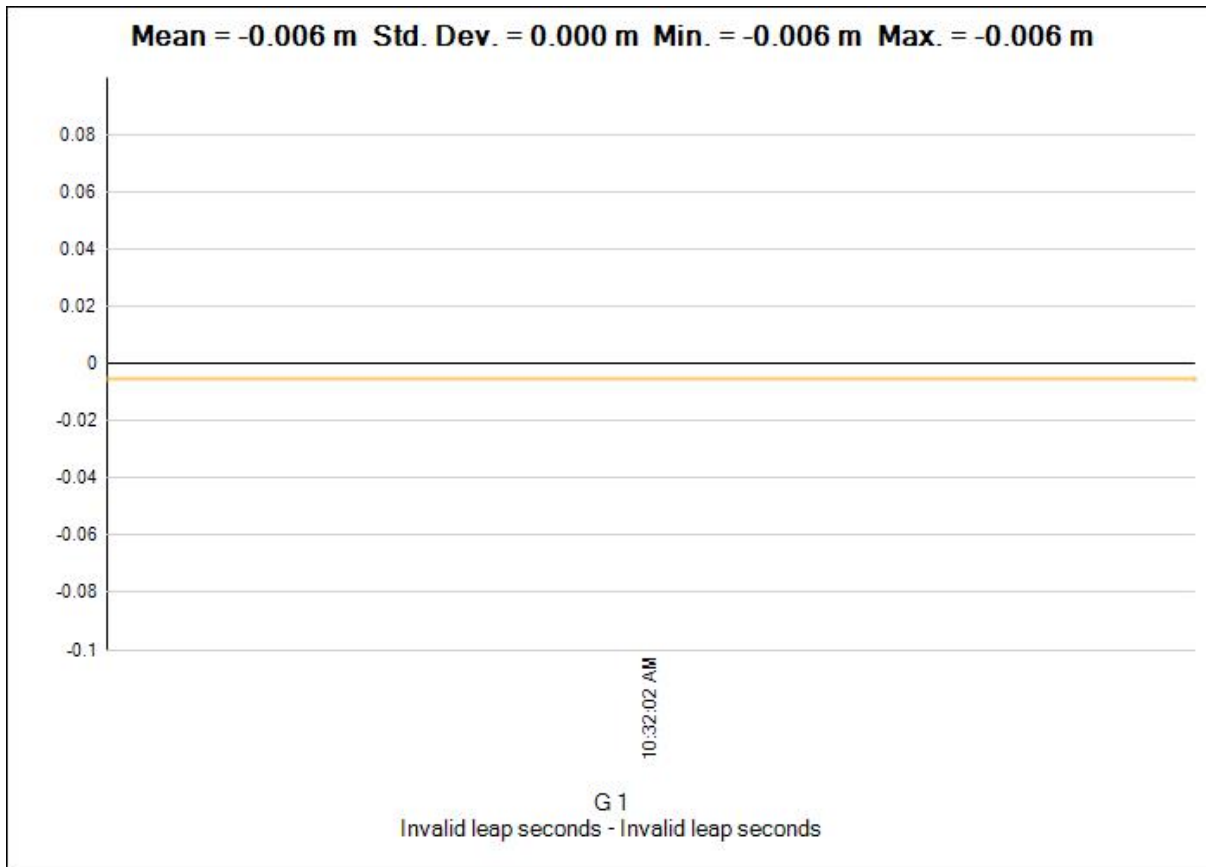
africa1 (Invalid leap seconds-Invalid leap seconds) (S1)

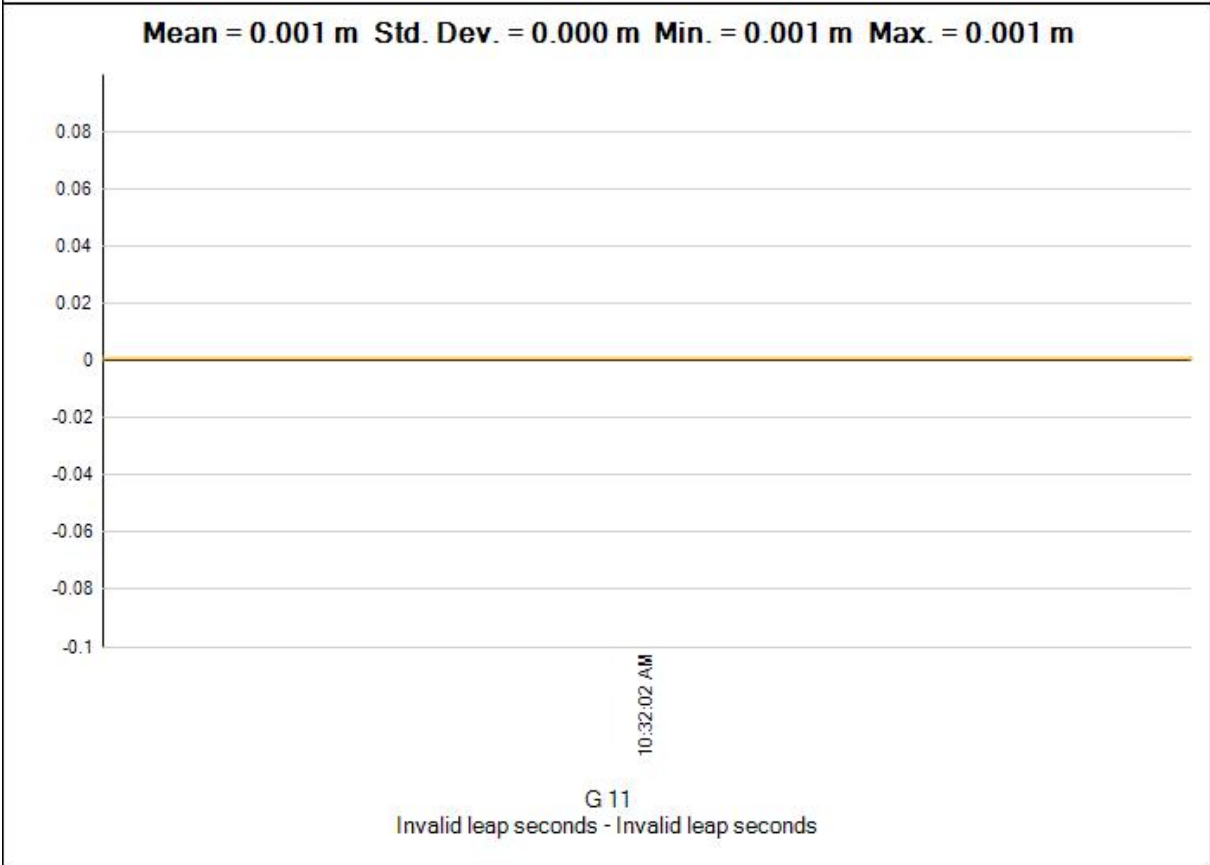
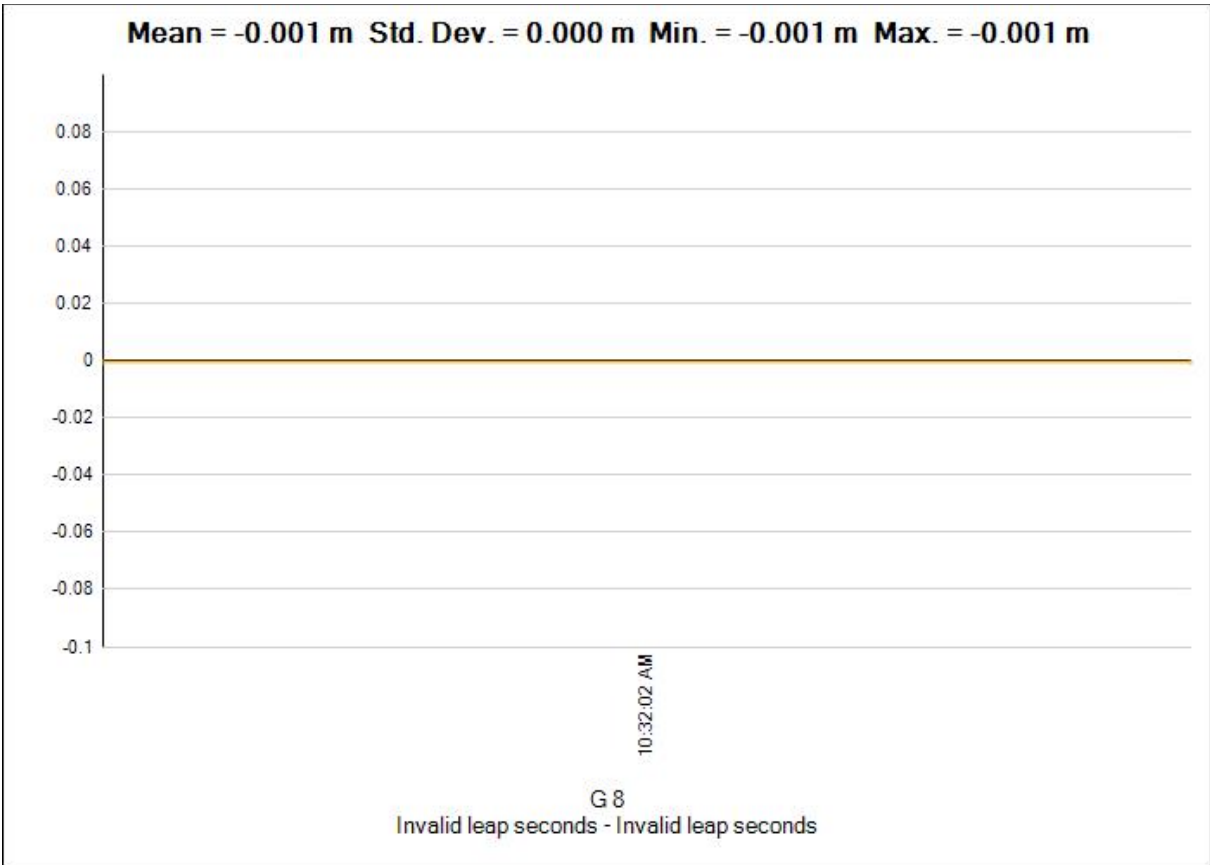
Trajectory observation:	Invalid leap seconds - Invalid leap seconds (C2)		
Processed:	Invalid leap seconds		
Solution type:	Fixed		
Frequency used:	Multiple Frequencies		
Solutions:	1	(1 Passed	0  0 )
Ephemeris used:	Mixed		
Antenna model:	NGS Absolute		
Processing start time:	Invalid leap seconds (Local: UTC+2hr)		
Processing stop time:	Invalid leap seconds (Local: UTC+2hr)		
Processing duration:	00:00:00		
Processing interval:	1 second		

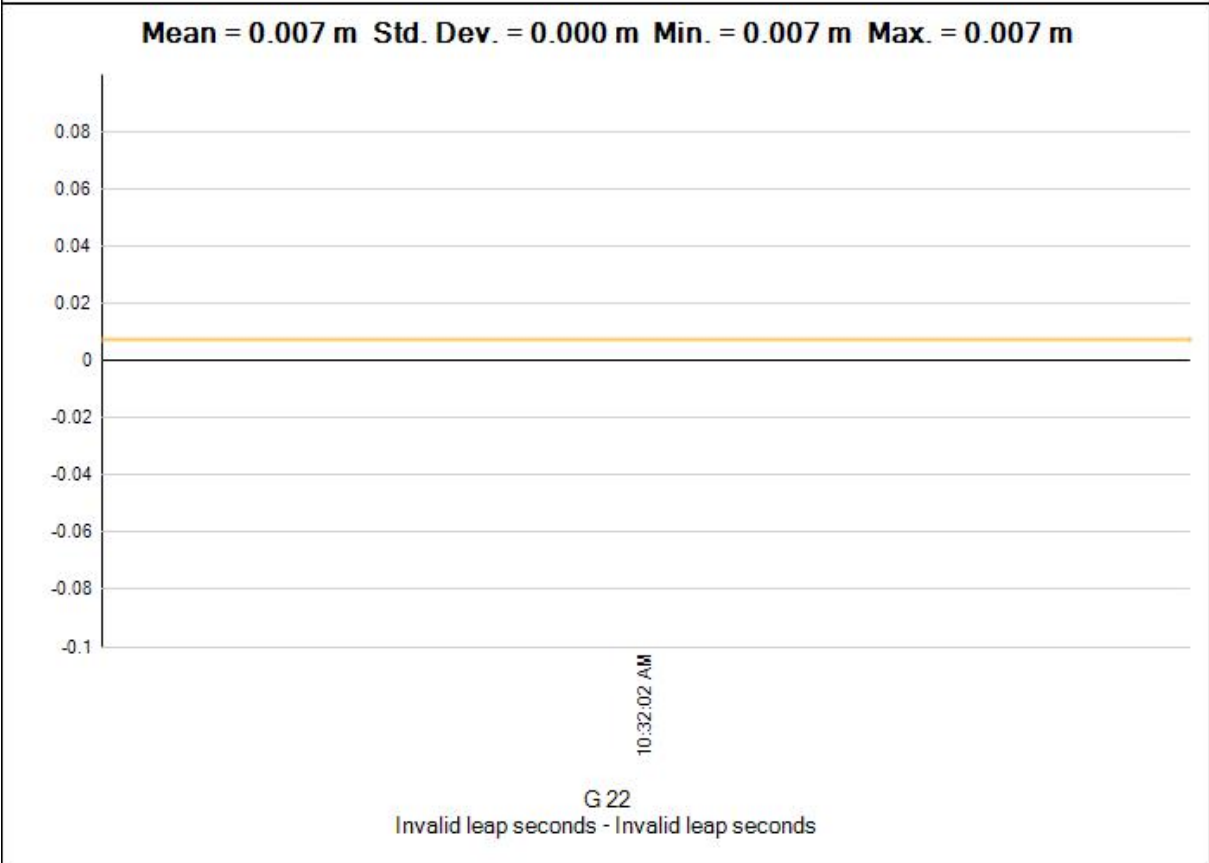
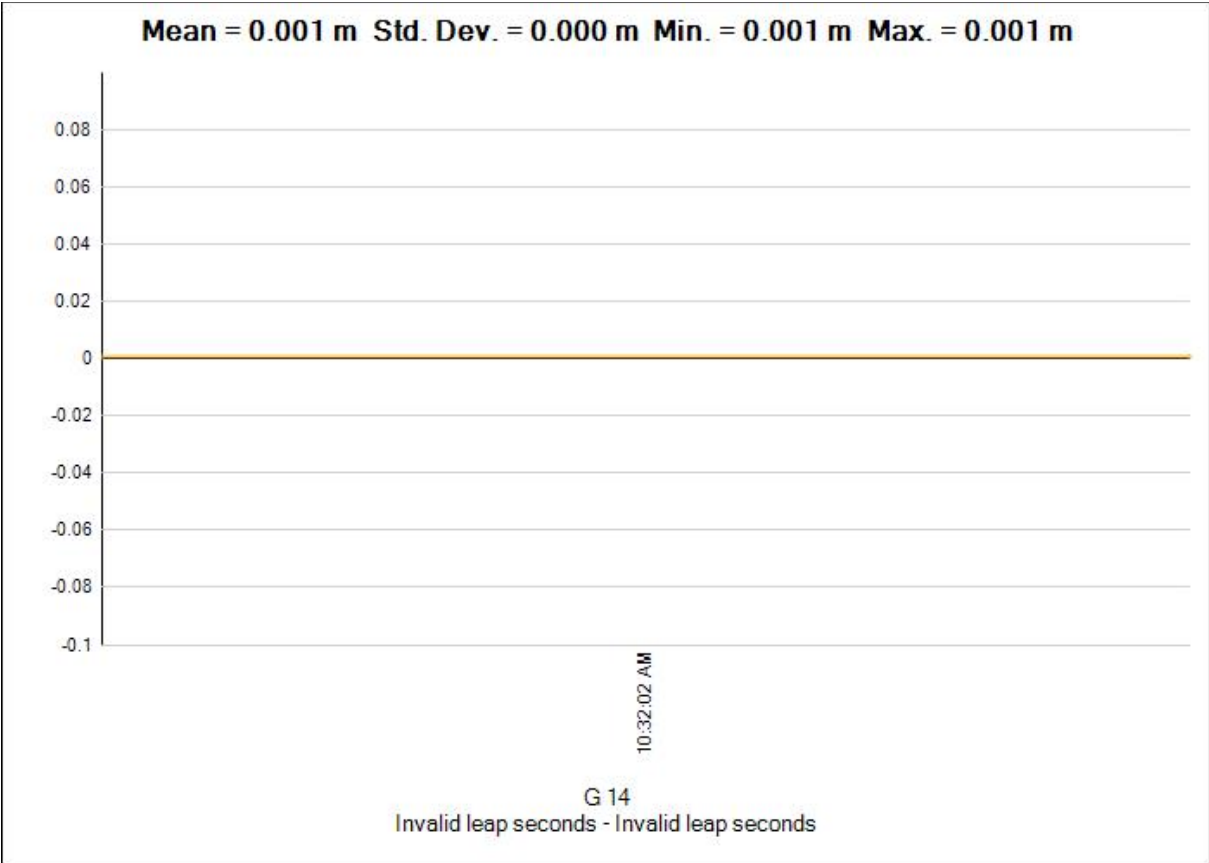
Tracking Summary

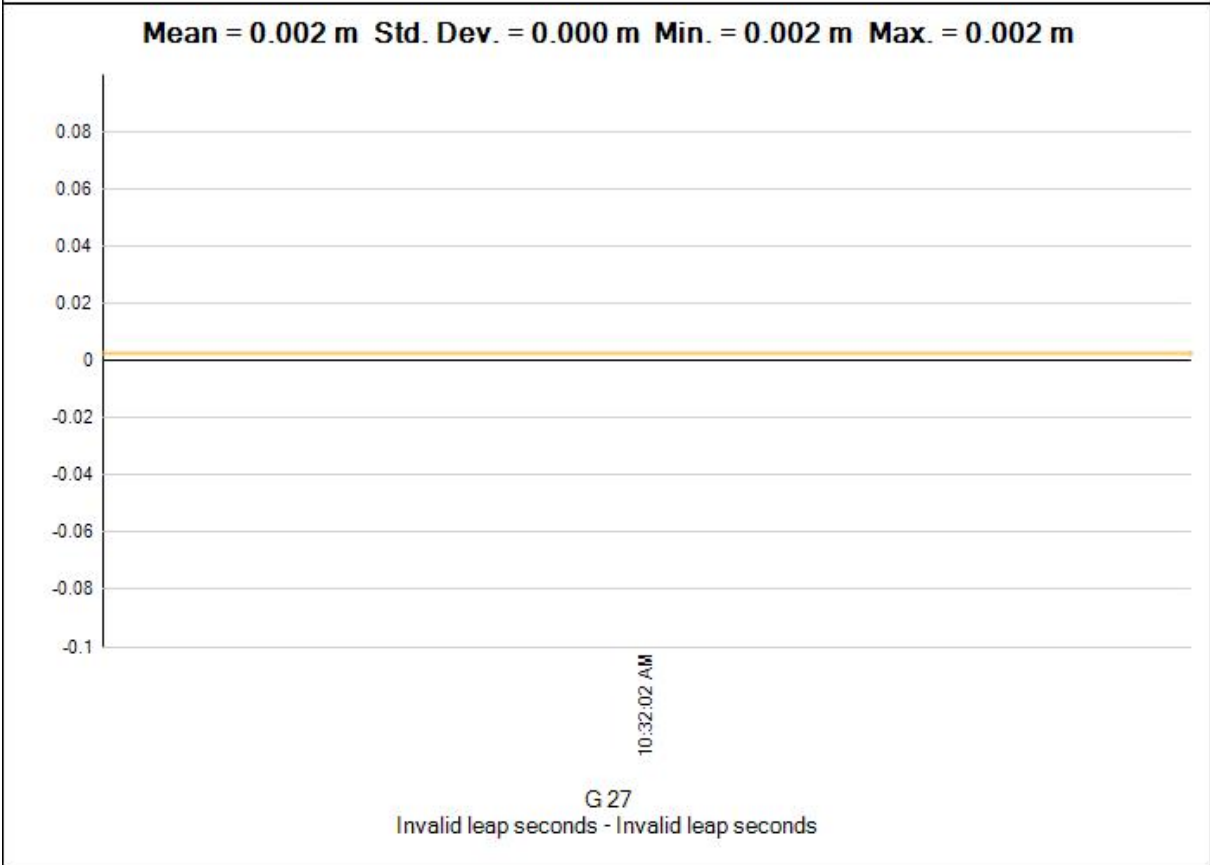
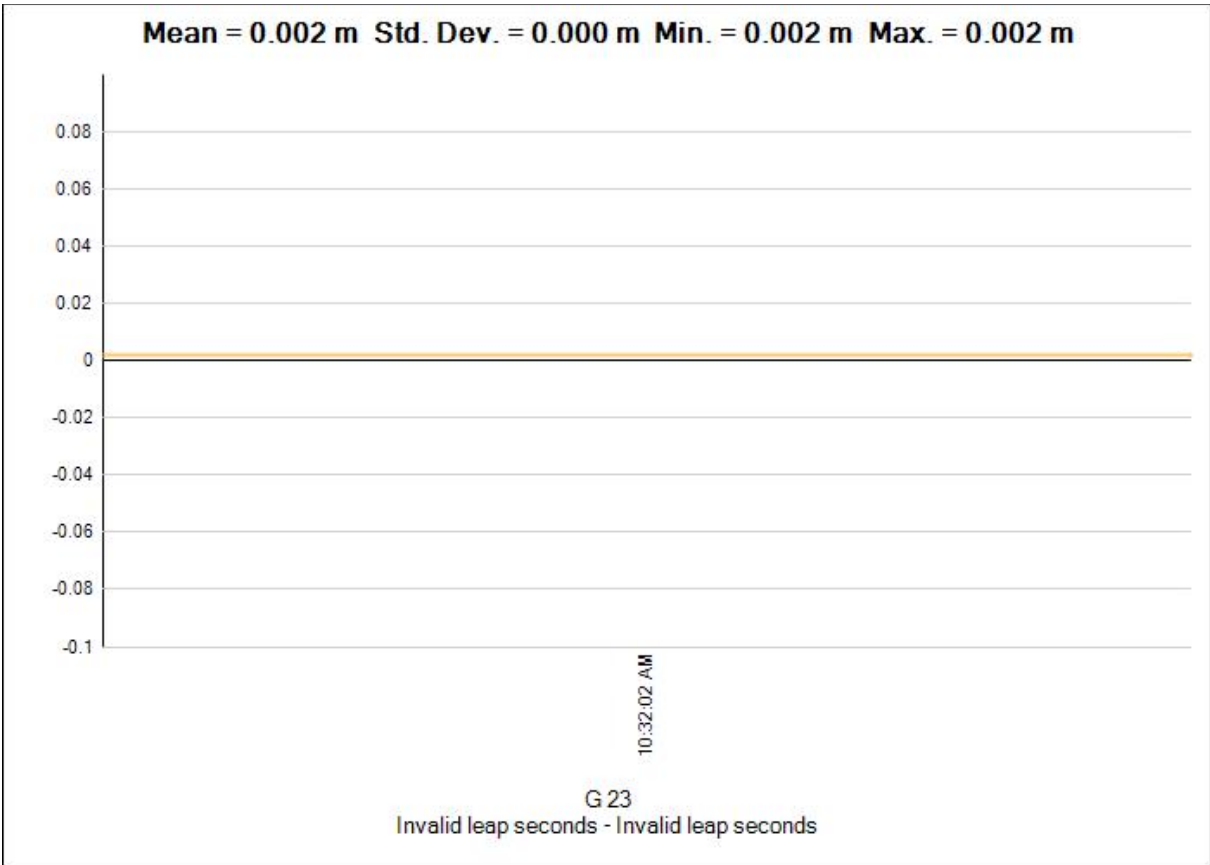
SV	Invalid leap seconds	Duration: 00:00:00 Major interval: 7.00:00:00	Invalid leap seconds
G 1	L1 L2 L5		
G 3	L1 L2 L5		
G 8	L1 L2 L5		
G 11	L1 L2		
G 14	L1 L2		
G 22	L1 L2		
G 23	L1 L2		
G 27	L1 L2 L5		
G 31	L1 L2		
R 5	L1 L2		
R 6	L1		
R 15	L1 L2		
R 19	L1 L2		
R 20	L1 L2		
R 21	L1 L2		

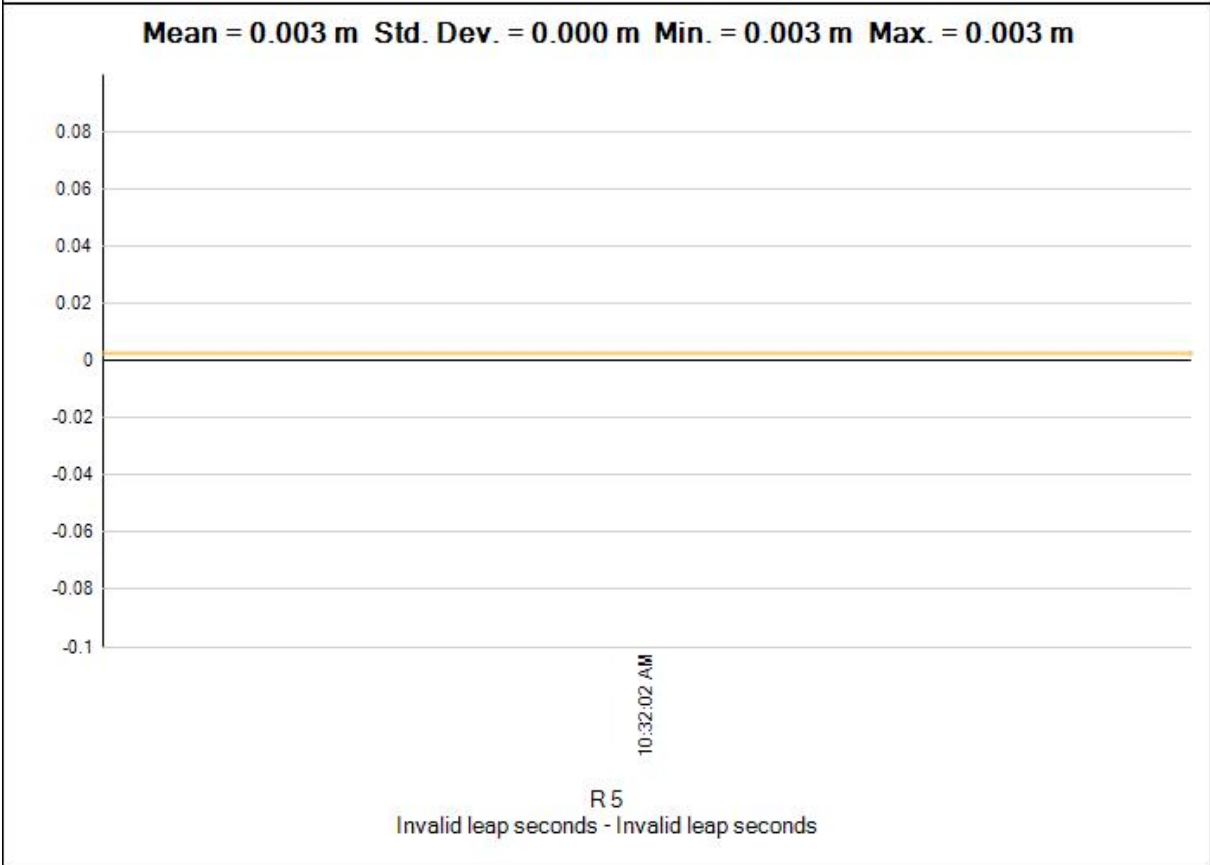
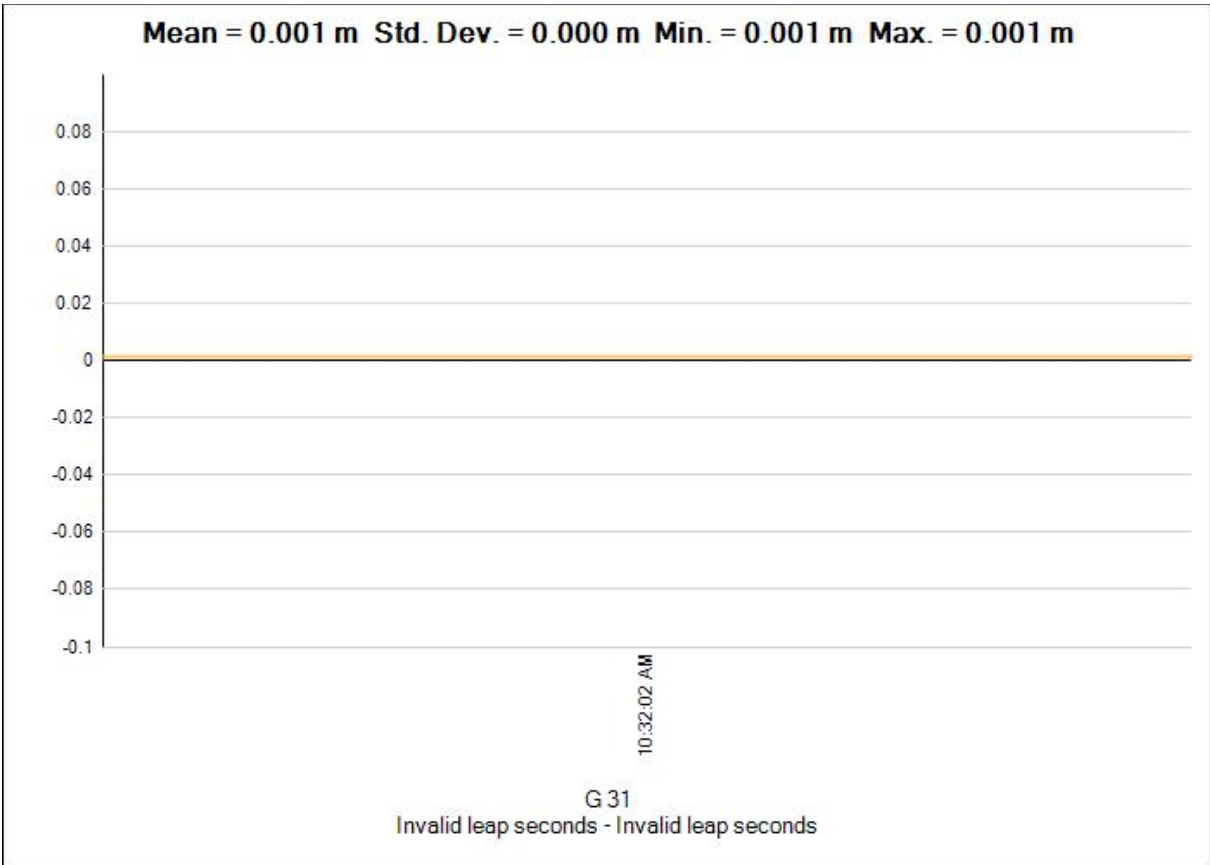
Residuals

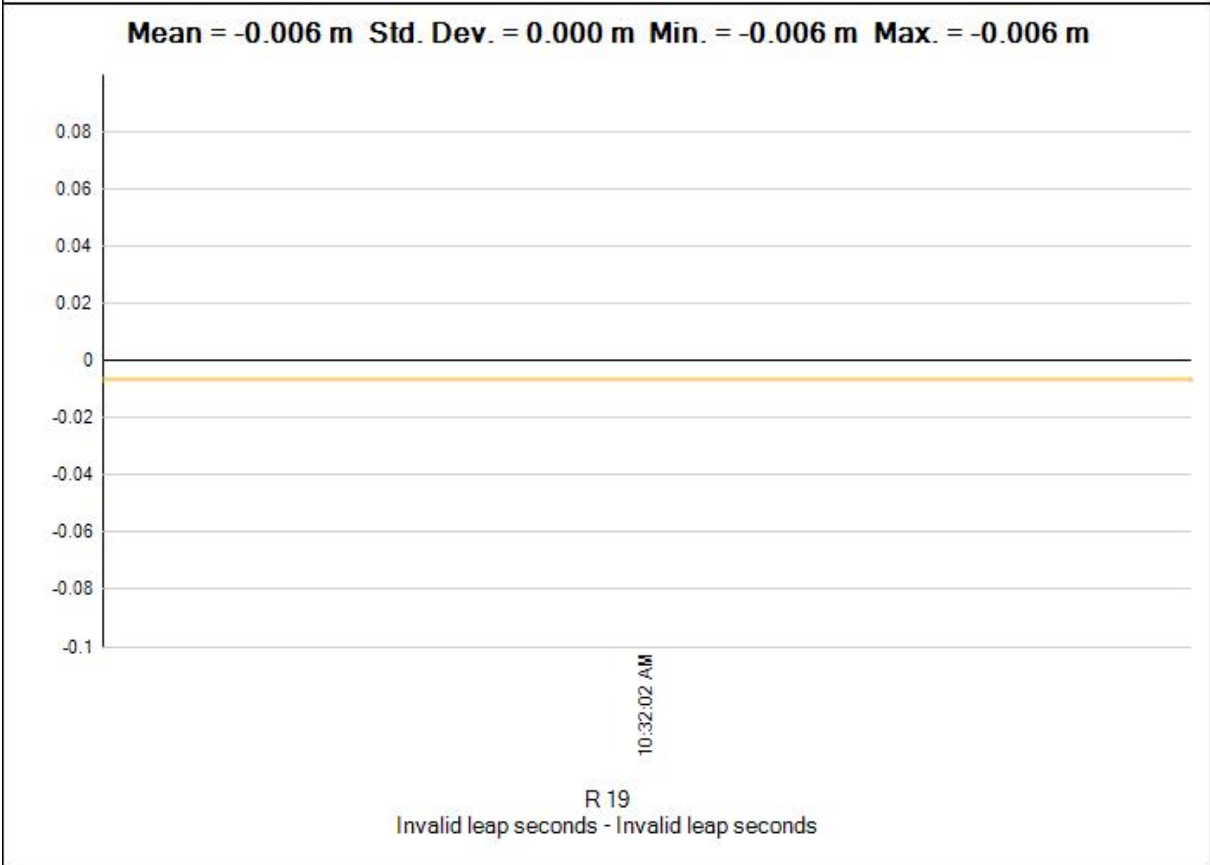
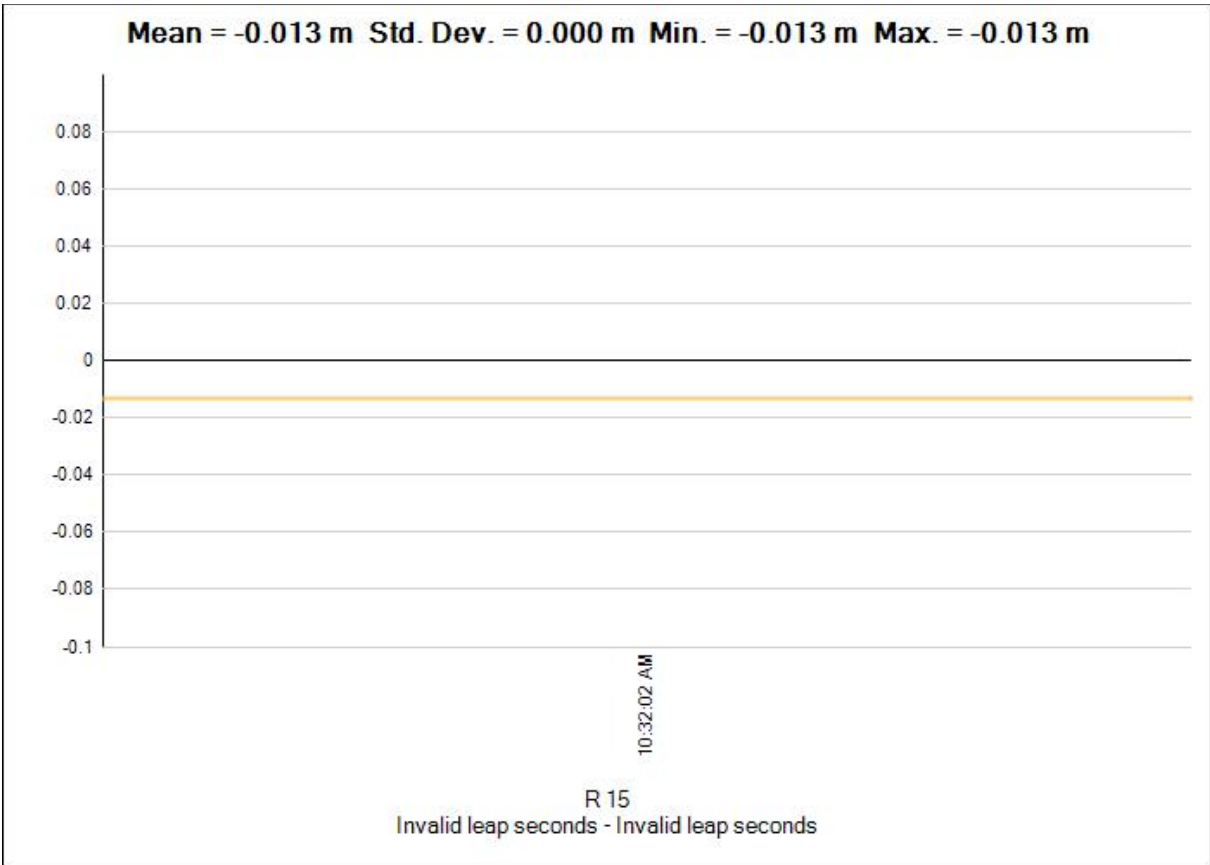


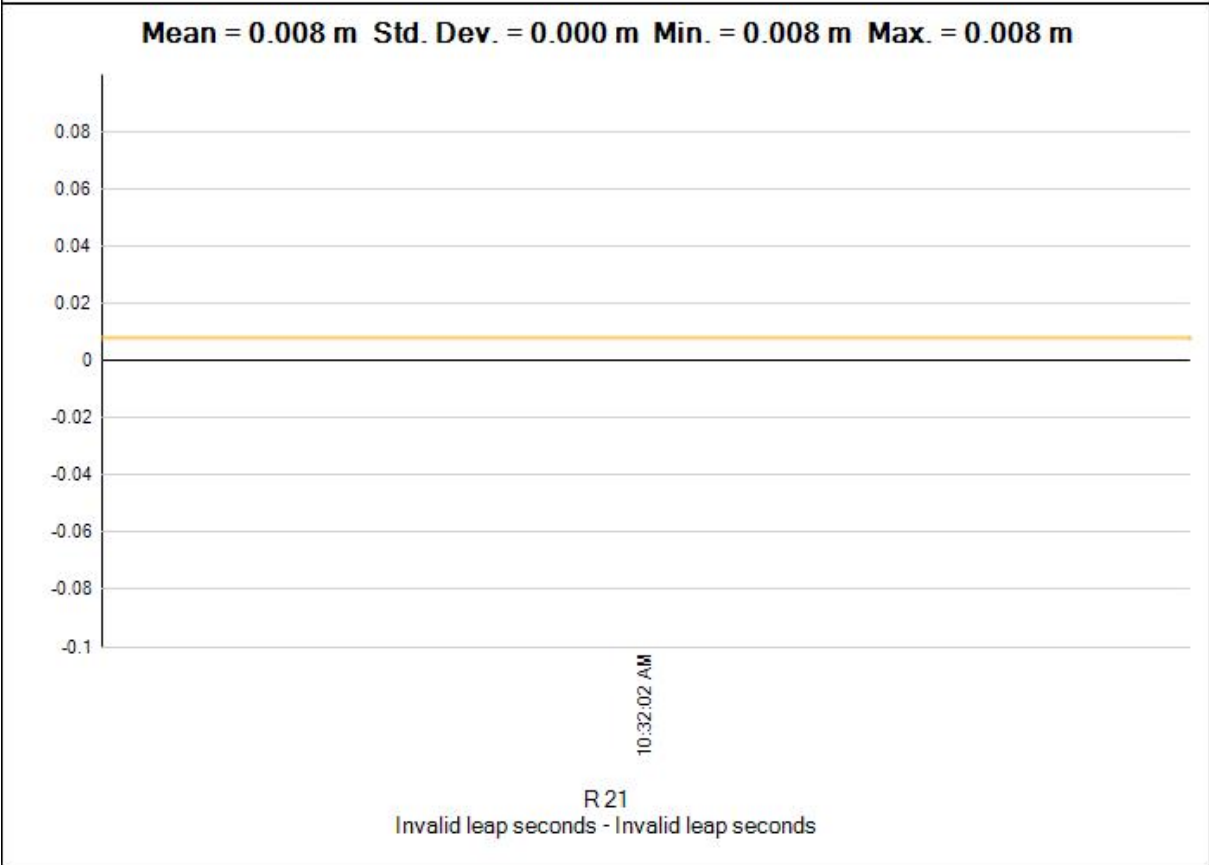
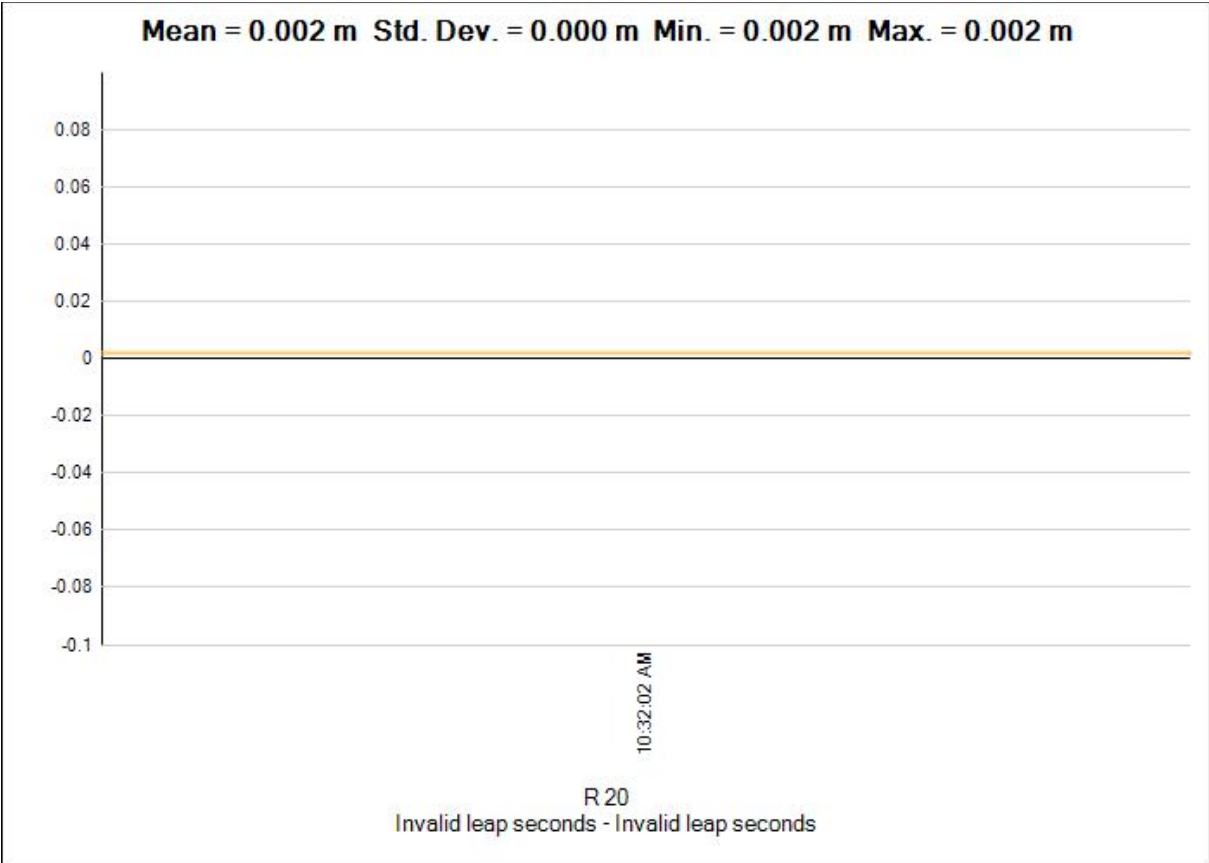














Processing style

Elevation mask: 10°00'00.0"
Auto start processing: Yes
Start automatic ID numbering: AUTO0001
Continuous vectors: No
Generate residuals: Yes
Antenna model: Automatic
Ephemeris type: Automatic
Frequency: Multiple Frequencies
Processing Interval: Use all data
Force float: No

Acceptance Criteria

Vector Component	Flag 	Fail 
Horizontal Precision >	0.050 m + 1.000 ppm	0.100 m + 1.000 ppm
Vertical Precision >	0.100 m + 1.000 ppm	0.200 m + 1.000 ppm

11/28/2019 10:31:33 AM	C:\Users\bakhet\Desktop \SUST24\14112019sust24.vce	Trimble Business Center
------------------------	---	-------------------------