

## دراسة مقارنة عملية بين طريقة الرصد الحقلية الثابتة وطريقة إعادة التمركز في نظام تعيين المواضع الشامل GPS

الدكتور محمد عيسى\*

(تاريخ الإيداع 23 / 4 / 2009. قُبل للنشر في 20/7/2009)

### □ ملخص □

تعتبر طريقة الرصد من الثبات باستخدام نظام GPS لتأسيس نقاط التحكم الأرضية، مناسبة من حيث الدقة لكنها تستغرق الكثير من الوقت من أجل الاستفادة من تغير أماكن الأقمار في الفضاء أثناء الرصد ، لذلك ، فإن الهدف من هذا البحث هو دراسة مقارنة بين طريقة الرصد من الثبات، وطريقة إعادة التمركز باعتبار أنها أوجدت للاستفادة من تغير هندسة الأقمار في الفضاء بفترتي رصد قصيرتين ومتباعدتين زمنياً، ودراسة إنتاجيتها أثناء العمل الحقلية، ودراسة كلفتها مع دراسة إمكانية المحافظة على نفس المستوى في الدقة الذي تؤمنه طريقة الرصد من الثبات. لذلك فقد تمت المقارنة بناءً على شبكة تم تأسيسها لهذه الغاية بأطوال أضلاع تتراوح بين 230 متراً و1300 متر ، وقد تم الرصد بطريقة الرصد من الثبات (بمدة رصد 45 دقيقة) وبطريقة إعادة التمركز التي تمت بفترة زمنية حوالي 8 دقائق وذلك لبيان تأثير مدة الرصد، وتغير هندسة الأقمار في الفضاء على الدقة الناتجة للنقاط. تمت بعدها مقارنة الإحداثيات الناتجة للنقاط من طريقة الرصد بإعادة التمركز مع تلك الناتجة من طريقة الرصد من الثبات، على اعتبار أنها الطريقة المرجعية والأكثر دقة . وتمت مقارنة دقة النقاط الناتجة من الرصد بكلتا الطريقتين مع تقييم النتائج عن طريق التحليلات الإحصائية الممكنة وتم ذكر النتائج التي تم التوصل إليها مع الاقتراحات الممكنة.

الكلمات المفتاحية: جي بي إس، الثبات ، إعادة التمركز ، مقارنة

\* مدرس - قسم الهندسة الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث - حمص - سورية.

## Comparative Practical Study between the Static and the Reoccupation techniques in the GPS System

Dr. Mohamed S. Issa \*

(Received 23 / 4 / 2009. Accepted 20 / 7 / 2009)

### □ ABSTRACT □

The Static GPS technique is convenient from the accuracy point of view, and it is widely used for the establishment of ground control. But it takes a long observation period to take advantage from the change of positions of observed satellites. Therefore, the reoccupation technique has been tested and compared with the static technique using a test network. The test network has been observed by the two techniques. The observations have been adjusted and the results have been compared analytically from the accuracy points of view using the possible statistical tests. Finally, some conclusion and recommendations have been drawn.

**Keywords:** Comparative, GPS, Static, Reoccupation.

---

\*Assistant Prof, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Al-Baath University, Homs, Syria.

**مقدمة:**

في العقد الأخير أصبحت الحاجة ملحة لتأسيس نقاط تحكم أرضية وتكثيف الشبكات الموجودة في سوريا بسبب المشاريع الهندسية الكبيرة والمنتشرة في مناطق واسعة من الأراضي السورية والخالية من نقاط المثلاث . هذه النقاط كانت تعين بطرق المساحة التقليدية كالمضلعات ، شبكات التثليث الزاوية أو الخطية أو المختلطة . وعلى الرغم أن جميع هذه الطرق أثبتت دقتها لكنها مكلفة، وتستغرق الكثير من الوقت والجهد، لذلك فقد توجهت الأنظار إلى استخدام طريقة الرصد باستخدام نظام تعيين المواضع الشامل GPS لميزاته العديدة. في هذا النظام العديد من طرق الرصد، تختلف فيما بينها من حيث تتابع عمليات الرصد الحقلية ، نوع الأجهزة المستخدمة وملحقاتها، الدقة الناتجة لإحداثيات النقاط المرصودة .... إلخ . من هذه الطرق طريقة الرصد من الثبات ، طريقة إعادة التمركز ، طريقة الرصد النصف حركية ، الطريقة الحركية ... إلخ. وبما أن الهدف هو تأسيس نقاط بتباعدات كبيرة تصل إلى عدة كيلومترات، فقد وجد أن طريقة الرصد من الثبات باستخدام نظام GPS مناسبة من حيث الدقة والكلفة، لكنها تستغرق الكثير من الوقت وذلك للاستفادة من تغير أماكن الأقمار في الفضاء أثناء الرصد، لهذا ولبيان ماسبق فقد تم إنجاز عمل حقل على شبكة تم تأسيسها لهذه الغاية بأطوال أضلاع تتراوح بين 230 متراً و 1300 متر ، وقد تم الرصد بطريقة الرصد من الثبات (بمدة رصد 45 دقيقة) وبطريقة إعادة التمركز التي تمت بفترة زمنية حوالي 8 دقائق، وذلك لبيان تأثير مدة الرصد وتغير هندسة الأقمار في الفضاء على الدقة الناتجة للنقاط، تمت بعدها مقارنة الإحداثيات الناتجة للنقاط من طريقة الرصد بإعادة التمركز مع تلك الناتجة من طريقة الرصد من الثبات، على اعتبار أنها الطريقة المرجعية والأكثر دقة وتمت مقارنة دقة النقاط الناتجة من الرصد بكلتا الطريقتين مع تقييم النتائج عن طريق التحليلات الإحصائية الممكنة، وتم ذكر النتائج التي تم التوصل إليها مع الاقتراحات الممكنة.

**أهمية البحث وأهدافه:**

بما أن طريقة الرصد من الثبات تستهلك الكثير من الوقت بسبب الانتظار لتغير أماكن الأقمار في الفضاء، وعلى اعتبار أن طريقة إعادة التمركز قد أوجدت للاستفادة من تغير هندسة الأقمار في الفضاء بفتريتي رصد قصيرتين ومتباعدتين زمنياً، فإن الهدف من هذا البحث هو دراسة إمكانية استخدام طريقة إعادة التمركز في نظام الرصد على الأقمار الصناعية GPS كبديل عن طريقة الرصد من الثبات، مع إمكانية المحافظة على نفس المستوى في الدقة الذي تؤمنه طريقة الرصد من الثبات، وذلك لتأسيس نقاط التحكم الأرضية، أو لتكثيف هذه النقاط مع دراسة إنتاجيتها وكلفتها أثناء العمل الحقلية. لذلك ، ولتحقيق هذا الهدف، فقد تم تقسيم البحث إلى قسم نظري وآخر عملي.

**طرائق البحث ومواده:**

في القسم النظري تم التركيز على شرح مبسط لمبدأ الرصد على الأقمار الصناعية بتقنيتي الرصد من الثبات وإعادة التمركز ، أما القسم العملي، فقد بدأ بشرح للشبكة الحقلية المستخدمة في الدراسة مع برنامج الحاسب الآلي المستخدم في معالجة الأرصاد. ثم تم شرح لكيفية جمع الأرصاد الحقلية ونتائج الرصد وعملية الضبط والتعديل لها بطريقة التربيغات الصغرى ، ثم تمت مقارنة نتائج طريقة الرصد من الثبات مع نتائج طريقة إعادة التمركز مع نتائج الفحوص الإحصائية للفروقات بين نتائج الطريقتين. في القسم الأخير تمت مقارنة في الكلفة للعمل الحقلية للرصد بكلتا

الطريقتين، ومن ثم تم استخلاص بعض النتائج وإدراج بعض التوصيات لمستخدمي نظام GPS وللأبحاث المستقبلية في هذا المجال.

## مقارنة نظرية بين طريقة الرصد من الثبات وطريقة إعادة التمركز:

### 1- طريقة الرصد من الثبات (STATIC):

طريقة الرصد من الثبات هي الطريقة الأساسية والطريقة الأكثر دقة من طرق الرصد المستخدمة في نظام تعيين المواضع الشامل GPS لتعيين إحداثيات النقاط الأرضية. عمليات الرصد الحقلية في هذه الطريقة تتم عادة بالأسلوب النسبي بالتمركز بالمستقبل على إحدى النقاط المعلومة المرجعية (ويسمى بالمستقبل المرجعي) ونضع مستقبل آخر (أو أكثر) على نقطة مجهولة الإحداثيات حتى يتم جمع عدد كافٍ من الأرصاد من أربعة أقمار على الأقل. لتحسين الدقة، يمكن وضع مستقبلين مرجعيين بأن واحد على نقطتين معلومتين وذلك لزيادة الأرصاد وتعيين مقياس وتوجيه الشبكة. عادةً، للأضلاع القصيرة إلى المتوسطة، يكفي أن نرصد ساعة واحدة لكن للأضلاع الأطول، أو عندما نريد زيادة في الدقة نستطيع إبقاء المستقبلات على النقاط لفترة أطول [2].

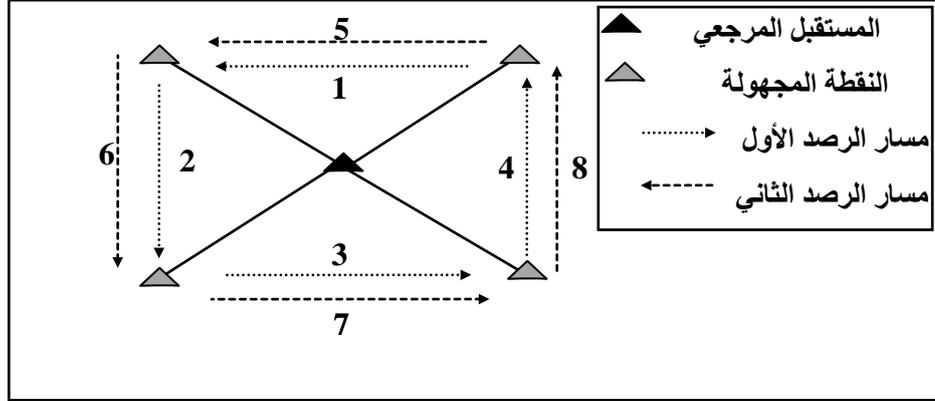
الهدف من فترة الرصد الطويلة هو إيجاد العدد الكامل المبهم من طول الموجة بين المستقبل وكل قمر يتم رصده. خلال هذه الفترة يساعد التغير في هندسة وتوزيع الأقمار في الفضاء على إيجاد هذا العدد. بالنسبة للأضلاع القصيرة والمتوسطة الطول (لغاية 30 كم) فإن إيجاد العدد المبهم أسهل بسبب العدد الكبير من الأرصاد التي يتم جمعها، لأن الأرصاد بين نهايتي الضلع القصير تكون مترابطة، وبالتالي عند تشكيل عملية الفرق المضاعف للأرصاد يتم حذف أو إنقاص تأثير الأخطاء النظامية المؤثرة إلى حد كبير، مثل الأخطاء المدارية للأقمار، الأخطاء المتبقية لتأثير طبقتي الأيونوسفير والتروبوسفير، خطأ مقياسية القمر وخطأ مقياسية جهازي الاستقبال. هذه الأخطاء النظامية تؤثر على طبيعة العدد الصحيح للفرق المضاعف، وهذا التأثير يزداد بزيادة طول الضلع. على أية حال، يمكن التغلب على هذه المشكلة بزيادة فترة الرصد، لأن هذا سيزيد من عدد الأرصاد وسينتج عنه تغير في هندسة الأقمار. وكلما طالقت فترة الرصد كلما زادت الدقة للمواضع المحسوبة [20].

نظرياً، الدقة المتوقعة للرصد بطريقة الثبات تتراوح بين  $0.3 \pm$  و  $1 \pm$  سم مع  $1 \pm$  إلى 2 جزء من المليون من طول خط القاعدة [2]. عادةً، يتم استخدام طريقة الرصد من الثبات لتثبيت نقاط التحكم الأرضية المثلثانية الأساسية، نقاط التكثيف، نقاط التصوير الجوي، نقاط المسح الخاص بقياس التشوهات، إلخ. ويمكن تلخيص تطبيقاتها بكل عمل يستلزم دقة عالية لرصد الأضلاع الطويلة. العيب الوحيد في طريقة الرصد من الثبات هو حاجتها لوقت رصد طويل مما يزيد من الكلفة الإجمالية للعمل الحقلية.

### 2- طريقة الرصد بإعادة التمركز (Reoccupation):

الفكرة الأساسية من طريقة الرصد بإعادة التمركز هي الاستفادة من تغير مواقع الأقمار في الفضاء (تغير هندسة الأقمار) وذلك باحتلال أو بالتمركز فوق كل نقطة مرتين (على الأقل) بفترة فاصلة تقدر بحوالي الساعة، وذلك في بداية عملية المسح الحقلية ونهايته. هذا التغير في هندسة الأقمار يساعد على إيجاد العدد المبهم من طول الموجة بين النقطة وكل قمر يتم رصده. يتم العمل الحقلية باحتلال نقطة مرجعية معلومة بمستقبل، بينما المستقبل الثاني يتحرك من نقطة مجهولة لأخرى بفترة رصد عند كل نقطة تقدر ببضعة دقائق (حوالي 10 دقائق). بعد ساعة تقريباً يتم

الرجوع إلى أول نقطة، وبعاد الرصد للنقاط بنفس الترتيب. معالجة البيانات التي يتم جمعها عند كل نقطة يتم كما لو أنها بطريقة الرصد من الثبات.



الشكل (1): ترتيب الرصد الحقلي بطريقة إعادة التمركز

عدد الأقمار المرصودة عند كل نقطة لا يكون عاملاً مؤثراً خلال العمل الحقلي، لأن مجموعتي الأرصاد عند كل نقطة ستعامل كأنها مجموعة واحدة من الأرصاد، لكن بعدد أقمار مساوٍ لمجموع الأقمار في الفترتين المرصودتين، بينما إحداثيات النقطة تبقى كما هي. لذلك توجد معادلتان تمثلان أرصاد الفرق المضاعف للموجات الحاملة لكل نقطة. بإهمال الحد الممثل لمتبقيات الأخطاء تصبح هاتان المعادلتان على الشكل:

$$\nabla\Delta\Phi_{(i)} = \nabla\Delta\rho + \lambda \cdot \nabla\Delta N_{(i)} \quad \text{-----(1)}$$

$$\nabla\Delta\Phi_{(j)} = \nabla\Delta\rho + \lambda \cdot \nabla\Delta N_{(j)} \quad \text{-----(2)}$$

حيث أن I و j تمثلان فترتي الرصد المختلفتين لنفس النقطة خلال الزيارتين لها،  $\nabla\Delta$  هو العامل المستخدم لعملية الفرق المضاعف،  $\Phi$  هو التردد المقاس ووحدته المتر،  $\rho$  هو المسافة بين القمر الصناعي والمستقبل، N هي العدد المبهم من أطوال الموجات الكاملة بين القمر والمستقبل،  $\lambda$  هي طول الموجة الحاملة.

تجدر الإشارة إلى أن مجموعتي العدد الكامل المبهم من طول الموجة خلال فترتي الرصد تختلفان عن بعضهما لذلك فإن عدد المجاهيل هو مركبات الأضلاع الثلاثة مضاف إليها  $(2(nsat - 1))$  من العدد الكامل المبهم  $(\Delta\nabla N)$  ويجب خلال الفترة الفاصلة بين فترتي الرصد أن تتغير هندسة الأقمار في الفضاء بشكل كافٍ لحل جميع هذه المجاهيل لذلك أوصى الباحث ريموندي [15] أنه عند استخدام طريقة إعادة التمركز واستخدام حل العدد الكامل المبهم من طول الموجة بطريقة التتابع (AFM) فلا بد من إعادة التمركز فوق النقاط بعد ساعة على الأقل مما يضمن تغييراً في موضع ارتفاع الأقمار بحوالي 30 درجة [8]. لا توجد ضرورة لاستمرار تتبع الأقمار، بل يمكن إغلاق المستقبل عند التنقل بين النقاط والدقة المتوقعة تقدر بحوالي السنتيمتر [2]. العيوب في هذه الطريقة هو أن الحاجة إلى إعادة التمركز قد يقلل من الفعالية والإنتاجية لهذه الطريقة، وهذا ما سنأكد منه عند مقارنة الكلفة في الطريقتين للشبكة المدروسة.

## الاختبار الحقلية لطريقتي الرصد من الثبات وإعادة التمركز:

### 1- الهدف من العمل الحقلية والمنهج المتبع خلاله:

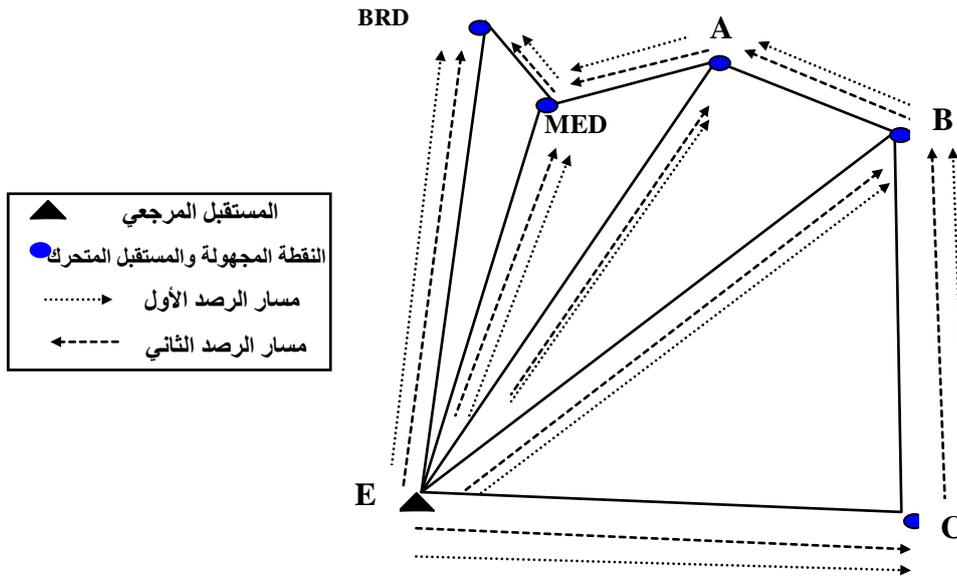
لتقدير الفعالية العملية لطريقة إعادة التمركز سنعمد على مقارنة نتائج معالجة أرسادها الحقلية مع نتائج طريقة الرصد من الثبات عند تطبيق كلتا الطريقتين على نفس الشبكة المرصودة. عملياً ، في مثل هذه الحالات يجب أن لا يوجد فرق كبير في الإحداثيات بين الطريقتين. لبيان مدى التوافق بين الطريقتين سنعمد على التحليل الإحصائي المباشر للفروقات بين نتائج الطريقتين بما فيها: مواضع النقاط ، دقة الإحداثيات، أطوال الأضلاع وانحرافات هذه الأضلاع مع دقتها. بناءً على ذلك ، سيتم اختبار مدى إمكانية استخدام طريقة إعادة التمركز كبديل عن طريقة الرصد من الثبات في تعيين إحداثيات نقاط الشبكات الجيوديزية. أيضاً ، ضمن هذه المقارنة ستتم عملية مقارنة تقريبية للكلفة الإجمالية للعمل الحقلية بين الطريقتين والهدف منها هو بيان فائدة تطبيق إحدى الطريقتين من الناحية الاقتصادية وذلك لشبكة تم رصدها بكلتا الطريقتين.

### 2- الأجهزة وبرامج الحاسب المستخدمة في هذه الدراسة:

الأجهزة المستخدمة في هذه الدراسة هي جهاز استقبال إشارات من الأقمار الصناعية من طراز Scorpio 6501 من إنتاج شركة Thales Navigation الفرنسية الأحادية التردد (Single Frequency) وهي أجهزة ذات 12 قناة استقبال. الهوائيات المستخدمة هي من نوع NAP. برنامج معالجة الأرساد هو برنامج GNSS Studio من شركة تاليس الفرنسية إضافةً إلى بعض البرامج الملحقة التي تم إعدادها من قبل الباحث بلغة الماتلاب وذلك لقصور البرنامج المستخدم في المعالجة في بعض الحسابات مثل القطوع الناقصة للتشوه والعمليات التحليلية الإحصائية.

### 3- وصف الشبكة المستخدمة في الدراسة:

الشبكة المدروسة هي عبارة عن شبكة مكونة من ست نقاط تم تثبيتها بتباعد بين النقاط يتراوح بين 230 إلى 1300 متر تقريباً وهذه المسافات الصغيرة ستمكنا من دراسة الدقة للنتائج أكثر من تغير الإحداثيات بين طريقتي الرصد المدروستين.



الشكل رقم (2): رسم تقريبي للشبكة المدروسة مع تتابع عملية الرصد الحقلية

## النتائج والمناقشة:

## النتائج المرجعية لطريقة الرصد من الثبات على الشبكة المدروسة:

الرصد الحقلي تم عام 2007 وقد تم فيه تطبيق طريقة الرصد من الثبات على الشبكة المدروسة باستخدام مستقبلين من نوع THALES بطريقة الرصد بالإشعاع باعتبار مستقبل مرجعي ثابت على النقطة E (المدينة الجامعية) ومن ثم التمركز بالجهاز الثاني على النقطة C (مفرق الإسكان) ثم النقطة B (الإدارة المركزية) والنقطة A (رصيف الآداب) والنقطة MED (كلية الطب) وأخيراً النقطة BRD (جسر الجامعة) ومن ثم تم الرصد بطريقة المضلع ابتداءً من الضلع E-C وانتهاءً بالضلع E-BRD. الرصد تم بفترة زمنية مدتها 45 دقيقة على كل نقطة تم رصدها بالمستقبل الثاني والأرصاء تم جمعها بفواصل زمني بين الأرصاد مقداره 15 ثانية. وبالتالي فإن الشبكة المختلطة الناتجة هي أرصاد كلتا الطريقتين؛ أي بالإشعاع مع المضلع.

يظهر الجدول رقم (1) نتائج عملية الضبط والتعديل بطريقة التربيعة الصغرى لأرصاء الشبكة المرصودة وإحداثيات نقاط الشبكة المدروسة الناتجة عن طريقة الرصد من الثبات مع دقة هذه النقاط. هذه القيم سيتم اعتبارها القيم المرجعية في المقارنة مع مثيلاتها الناتجة عن طريقة إعادة التمركز، لاختبار صلاحية طريقة إعادة التمركز لتأسيس نقاط التحكم الأرضية. وتم تثبيت إحداثيات النقطة المرجعية E نفسها في كلتا الطريقتين وتم استنتاج قيمتها من متوسط الأرصاد للطريقتين.

الجدول (1): الإحداثيات الجغرافية لنقاط الشبكة الناتجة عن ضبط أرصاد طريقة الرصد بطريقة الثبات

اسم النقطة	خط العرض ( $\phi$ ) Deg Min Sec			$\sigma_\phi$ cm	خط الطول ( $\lambda$ ) Deg Min Sec			$\sigma_\lambda$ cm	$\sigma_{\phi\lambda}$ cm <sup>2</sup>	الارتفاع H m	$\sigma_H$ cm
E	34	42	20.52101	0.0	36	42	03.51350	0.0	0.0	538.454	0.0
A	34	42	54.15619	0.8	36	42	27.51570	0.84	0.039	535.76	1.7
B	34	42	48.56341	0.78	36	42	41.20609	0.81	-0.014	534.316	1.7
C	34	42	19.36767	0.85	36	42	42.01418	0.89	-0.010	545.982	1.8
BRD	34	42	56.51551	1.21	36	42	08.90326	1.24	0.091	536.085	2.5
MED	34	42	50.55446	1	36	42	14.62449	0.96	-0.047	556.948	2.0

## نتائج طريقة الرصد بإعادة التمركز:

طريقة إعادة التمركز تعتمد على رصد النقطة بفترة رصد قصيرة ومن ثم إعادة رصدها بعد ساعة على الأقل لضمان تغيير هندسة الأرقام في الفضاء. ولكي يتمكن من رصد نفس أضلاع الشبكة السابقة المرصودة بهذه الطريقة فقد تم اعتماد الطريقة التالية في الرصد: يتم رصد الشبكة السابقة بنفس الترتيب الحقلي المذكور لكن لمدة زمنية مقدارها 8 دقائق لكل ضلع (لأرصاء إعادة التمركز) ثم يتم إغلاق الجهاز المتحرك ثم إعادة تشغيله على نفس النقطة ورصد نفس الضلع لمدة 45 دقيقة (للرصد الثابت) ثم إغلاق الجهاز مرة أخرى، ثم إعادة تشغيله ورصد نفس النقطة لمدة ثماني دقائق أخرى (لأرصاء إعادة التمركز)، وبهذه الطريقة نضمن رصد نفس النقطة بفتريتين مدة كل منهما ثماني دقائق بفواصل زمني مقداره ساعة تقريباً، علاوةً على أن النقطة المرصودة قد تم رصدها بكلتا الطريقتين (الرصد من الثبات وإعادة التمركز) دون تغيير ارتفاع الجهاز، وذلك لإنقاص الأخطاء المؤثرة إلى أكبر قدر ممكن والأخطاء المتبقية تؤثر بشكل متساوٍ على كل أرصاد الطريقتين. الفاصل الزمني بين الأرصاد قد تم اعتباره 15 ثانية أيضاً.

يظهر الجدول رقم (3) نتائج إحداثيات نقاط الشبكة مع دقة هذه النقاط لطريقة إعادة التمركز. هذه القيم سيتم مقارنتها مع مثيلاتها السابقة الناتجة عن طريقة الرصد من الثبات.

الجدول (3): الإحداثيات الجغرافية لنقاط الشبكة الناتجة عن ضبط أرساد طريقة الرصد بطريقة إعادة التمركز

اسم النقطة	خط العرض (φ)			σφ cm	خط الطول (λ)			σλ cm	σφλ cm <sup>2</sup>	الارتفاع H m	σH cm
	Deg	Min	Sec		Deg	Min	Sec				
E	34	42	20.52101	0.0	36	42	03.51350	0.0	0.0	538.454	0.0
A	34	42	54.15604	2.2	36	42	27.51554	1.9	-0.415	535.855	4.4
B	34	42	48.56340	1.8	36	42	41.20604	1.6	-0.378	534.490	3.6
C	34	42	19.36791	2.3	36	42	42.01434	1.9	-0.179	546.048	4.5
BRD	34	42	56.51547	2.2	36	42	08.90306	1.9	-0.274	536.099	4.2
MED	34	42	50.55435	2.1	36	42	14.30132	1.9	-0.195	556.961	4.2

## مقارنة نتائج طريقتي الرصد:

بما أن الهدف هو مقارنة نتائج الإحداثيات بمثيلاتها من طريقة الرصد من الثبات فقد تم استنتاج الفرق في الإحداثيات لنقاط الشبكة المدروسة، وذلك بين نتائج طريقة الرصد من الثبات ونتائج طريقة إعادة التمركز. علماً بأن الفرق في الموضع بين إحداثيات النقاط المتماثلة بين طريقة الرصد من الثبات والرصد بطريقة إعادة التمركز  $\Delta P$  يعطى بالعلاقة [16]:

$$\Delta P = \sqrt{\Delta\phi^2 + \Delta\lambda^2 + \Delta h^2} \text{ -----(3)}$$

الجدول (5): الفرق في الإحداثيات لنقاط الشبكة بين طريقة الرصد من الثبات وطريقة إعادة التمركز

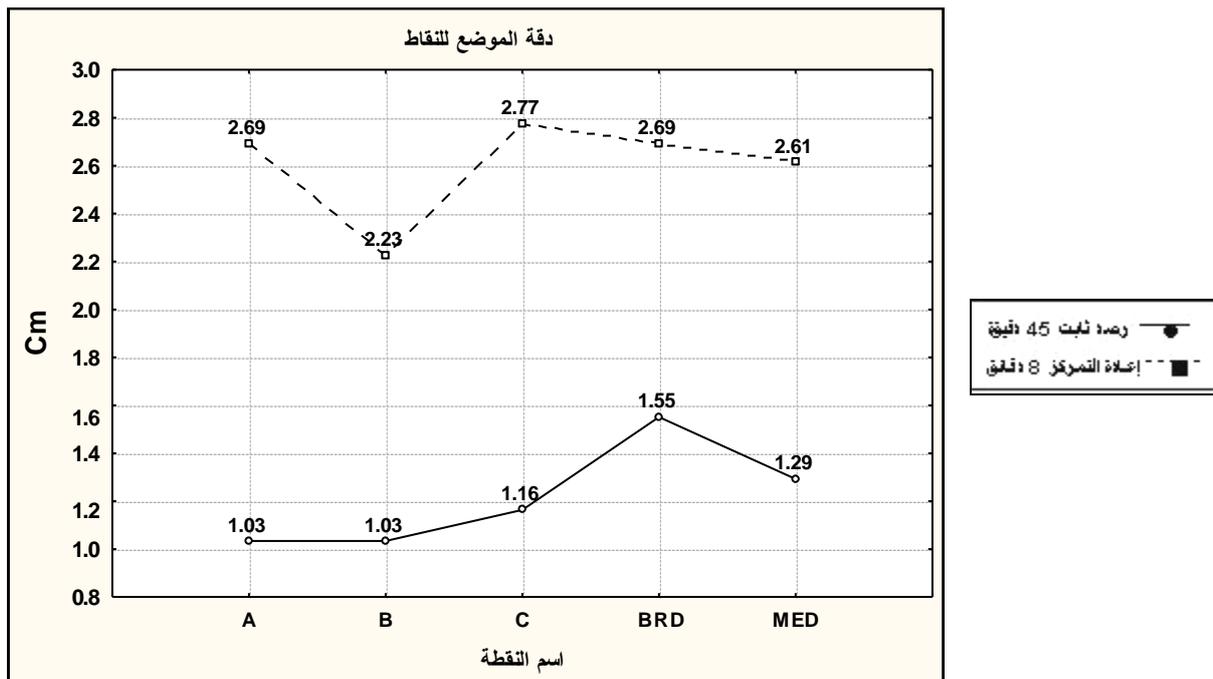
النقطة	$\Delta\phi$ Cm	$\Delta\lambda$ Cm	$\Delta h$ Cm	$\Delta P$ Cm
A	0.03	0.15	-17.4	17.401
B	-0.74	-0.49	-6.6	6.660
C	0.12	0.62	-1.4	1.535
MED	0.34	0.53	-1.3	1.443
BRD	0.12	0.62	-1.4	1.535
( $\bar{\Delta}$ ) المتوسطة Cm	-0.026	0.266	-5.62	5.715
الانحراف المعياري Cm	$\sigma_{\Delta\phi} =$ $\pm 0.416$	$\sigma_{\Delta\lambda} =$ $\pm 0.573$	$\sigma_{\Delta h} =$ $\pm 9.38$	$\sigma_{\Delta P} =$ $\pm 9.407$
	$\sigma_{\bar{\Delta\phi}} =$ $\pm 0.186$	$\sigma_{\bar{\Delta\lambda}} =$ $\pm 0.286$	$\sigma_{\bar{\Delta h}} =$ $\pm 4.195$	$\sigma_{\bar{\Delta P}} =$ $\pm 4.207$

من هذا الجدول يمكن أن نلاحظ أن الفرق في الإحداثيات للنقاط المتماثلة بين الطريقتين كانت تقريباً 7 سم، وإذا تم استبعاد الخطأ في تعيين ارتفاع النقطة B (بسبب الشك في قياس ارتفاع الهوائي عندها) فإن الخطأ يصبح حوالي 4 سم

يمكن أن نعبر عن دقة تحديد نقاط الشبكة بكلتا الطريقتين بالجدول رقم (6) والذي يظهر دقة الإحداثيات الناتجة عن كل من الطريقتين لنقاط الشبكة إضافة إلى أبعاد القطع الناقص للتشوه لهذه النقاط. ولتوضيح الفرق في الدقة الناتجة عن كلتا الطريقتين، فقد تم تمثيل خطأ الموضع على شكل مخطط بياني (شكل رقم 1) وتم تمثيل القطوع الناقصة للتشوه، بالشكل رقم (2).

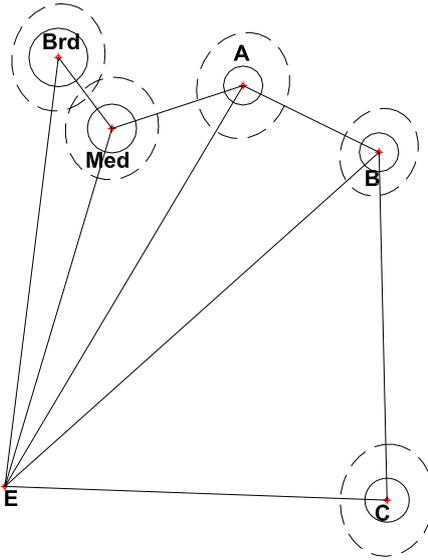
الجدول (6): دقة الإحداثيات الناتجة وأبعاد القواطع الناقصة للتشوه لنقاط الشبكة لكل من طريقتي الرصد

حالة الرصد	النقطة	$\sigma_x$ Cm	$\sigma_y$ Cm	$\sigma_z$ Cm	$\sigma_\theta$ Cm	$\sigma_\lambda$ Cm	$\sigma_h$ Cm	$\sigma_p$ Cm	القطع الناقص للتشوه 2-D		
									$a = \sigma_{Max}$ Cm	$b = \sigma_{Min}$ Cm	$\theta$ الزاوية Degrees
الرصد الثابت 45 دقيقة	A	0.536	0.594	0.655	0.8	0.84	1.7	1.034	0.8	0.8	65
	B	0.536	0.594	0.655	0.78	0.81	1.7	1.034	0.8	0.8	-75
	C	0.603	0.668	0.737	0.85	0.89	1.8	1.163	0.9	0.9	-82
	BRD	0.804	0.890	0.983	1.21	1.24	2.5	1.551	1.2	1.2	56
	MED	0.670	0.742	0.819	1	0.96	2	1.293	1	1	65
إعادة التمركز 8 دقائق	A	1.3	1.521	1.802	2.2	1.9	4.4	2.693	2.228	1.866	73
	B	1.059	1.287	1.475	1.8	1.6	3.6	2.225	1.846	1.546	66
	C	1.374	1.503	1.885	2.3	1.9	4.5	2.775	2.304	1.895	84
	BRD	1.324	1.500	1.802	2.2	1.9	4.2	2.693	2.213	1.885	78
	MED	1.304	1.472	1.720	2.1	1.9	4.2	2.613	2.111	1.888	77



الشكل رقم (3): دقة الموضع لنقاط الشبكة والناتجة عن ضبط أرصادات طريقتي الرصد

يمكن أن نلاحظ أن تعيين الموضع الناتج عن الرصد بطريقة الثبات أدق من تعيينه بطريقة إعادة التمركز لأن الخط البياني للدقة للرصد من الثبات يقع أسفل الخط الخاص بدقة إعادة التمركز، علماً أن دقة تحديد الموضع تتراوح بين 1 و 1.6 سم لطريقة الثبات بينما تتراوح بين 2.2 و 2.8 سم لطريقة إعادة التمركز. ويمكن تأكيد هذا الاستنتاج بمقارنة القواطع الناقصة للتشوه لنقاط الشبكة في الشكل التالي، حيث الخط المتقطع يخص القواطع الناقصة للتشوه للنقطة عند الرصد بإعادة التمركز، بينما الخط المستمر يخص القواطع الناقصة للتشوه للنقطة عند الرصد من الثبات.



الشكل رقم (4): القطوع الناقصة للتشوه الناتجة عن طريقتي الرصد الحقلية المدروستين

أيضاً، يمكن أن نلاحظ أن الدقة للرصد من الثبات أفضل بمرتين تقريباً من الرصد بإعادة التمركز. علاوةً على أن جميع الأقطار الرئيسية للقطوع الناقصة تشير من النقطة المرصودة إلى النقطة الثابتة (عدا النقطة C) مما يدل على ضعف في مقياس الشبكة، بينما يوجد ضعف في الانحراف للضلع بين النقطتين E و C لأن القطر الرئيسي للقطوع الناقص عند النقطة C يتعامد مع الضلع EC.

#### مقارنة دقة الشبكتين ككل:

لمقارنة الدقة الناتجة عن شبكتين متماثلتين تقريباً في الشكل ومختلفتين في نوع أو عدد الأرصاد فيمكن مقارنة الدقة الناتجة عن الشبكة ككل مع مثيلاتها في الشبكة الثانية، حيث تطبق هذه الطريقة على الشبكات الصغيرة نسبياً، ويمكن التعبير عن دقة الشبكة ككل برقم وحيد يشير إلى تأثير الدقة النسبية لكل الأرصاد على الموقع المحسوب لكل نقاط الشبكة. و يمكن التعبير عن هذا الرقم بعدة طرق وهي [6]:

(a) التباين الوسطي لإحداثيات جميع نقاط الشبكة  $(\overline{\sigma^2})$  وهو عبارة عن مجموع عناصر القطر الرئيسي لمصفوفة التباين وتماثل التباين  $(\sum \hat{X}_{u,u})$  لإحداثيات النقاط مقسوماً على عددها: ويعطى بالعلاقة:

$$\overline{\sigma^2} = \frac{trac(\sum \hat{X})}{2 \times n} \quad \text{-----(4)}$$

حيث n هو عدد النقاط المجهولة (الجديدة) في الشبكة.

(b) المساحة الوسطية للقطوع الناقص للتشوه المطلق لنقاط الشبكة حيث يتم في هذه الطريقة حساب مساحة القطع الناقص للتشوه لكل نقطة ثم نجمع المساحات ونقسم على عدد النقاط أي:

$$\overline{\Omega} = \frac{\sum_{i=1}^n \pi \times a_i \times b_i}{n} \quad \text{-----(5)}$$

حيث  $(a_i, b_i)$  هما نصف القطر الرئيسي والثانوي للقطع الناقص ، على الترتيب.

(c) الخطأ المتوسط النسبي للعناصر المقاسة بعد عملية الضبط: مثل الخطأ المتوسط النسبي لقياس المسافات (ويسمى بخطأ المقياس) أو الخطأ المتوسط النسبي لقياس الزوايا (ويسمى بخطأ التوجيه).  
فمثلاً في حالة استنتاج أطوال أضلاع الشبكة يتم جمع الانحراف المعياري  $(m_{di})$  لجميع المسافات  $(d_i)$  ثم قسمتها على عدد المسافات المحسوبة :

$$\overline{\sigma_s} = \pm \frac{1}{n_d} \sqrt{\left[ \left( \frac{m_{di}}{d_i} \right)^2 \right] n_{n=1}^{nd}} \quad \text{-----(6)}$$

حيث  $n_d$  عدد المسافات المحسوبة. وبالنسبة للسموت (الانحرافات) :

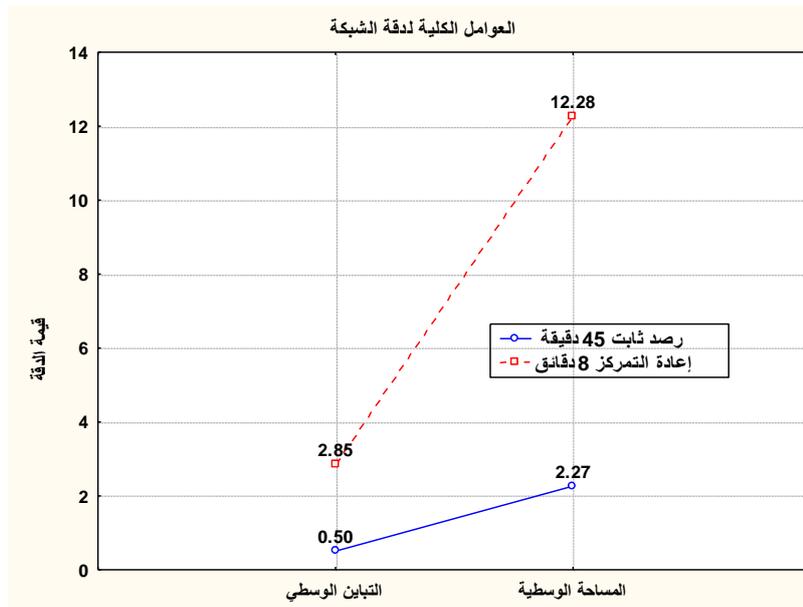
$$\overline{\sigma_{or}} = \pm \frac{1}{n_k} \sqrt{\left[ \left( \frac{m_{ki}}{\rho''} \right)^2 \right] n_{n=1}^{nk}} \quad \text{-----(7)}$$

حيث  $n_k$  عدد الانحرافات المحسوبة و  $m_{ki}$  هو الانحراف المعياري لسمت الضلع المقاس أما العامل  $\rho$  فيساوي  $\rho'' = 206264.8$

والخطأ المركب للمقياس والانحراف معاً:

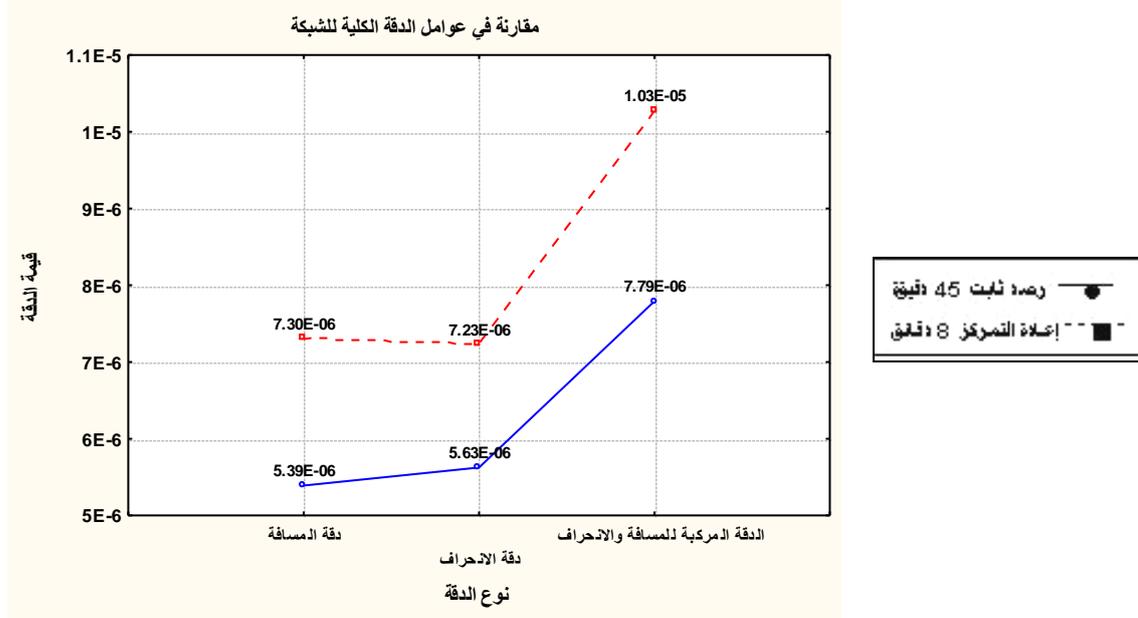
$$\overline{\sigma_{comp}} = \pm \sqrt{\overline{\sigma_s}^2 + \overline{\sigma_{or}}^2} \quad \text{-----(8)}$$

لمقارنة دقة الشبكة ككل بين الطريقتين يمكن الاستعانة بالشكلين التاليين، حيث يعبر الأول عن قيم دقة الشبكة الناتجة عن الثبات وعن دقة الشبكة الناتجة بطريقة إعادة التمرکز 8 بقائق - وذلك لقيمة متوسط مساحة القطوع الناقصة للنشوء مع متوسط قيم التباين للنقاط.



الشكل رقم (5): عوامل الدقة الكلية للشبكة والنتيجة عن طريقتي الرصد الحقلية المدروستين

من الشكل يمكن أن نستنتج أن الدقة الناتجة عن الرصد بالثبات للشبكة المدروسة أفضل من الدقة الناتجة عن الرصد بطريقة إعادة التمركز لنفس الشبكة، وذلك كون الخط البياني لنتائج طريقة الثبات يقع أسفل مثيله لطريقة إعادة التمركز، ويمكن التأكد من هذا بالتحقق من الشكل التالي، والذي يمثل مقارنة بين دقة الشبكتين ككل من حيث القيمة الوسطية لدقة المسافات المقاسة، القيمة الوسطية لدقة انحراف الأضلاع، والدقة المركبة لكل من المسافات والانحرافات معاً.



الشكل رقم (6): عوامل الدقة الكلية للشبكة والنتيجة عن طريقتي الرصد الحقلية المدروستين

من هذا الشكل يمكن أيضاً أن نصل على نفس الاستنتاج السابق بأن الرصد من الثبات أدق من الرصد بإعادة التمركز، لكن يمكن أن نلاحظ أن الفرق في الدقة بين الطريقتين صغير نسبياً وهذا ما سنتأكد منه عند اختبار التوافق بين الطريقتين.

### تحليل النتائج:

#### 1- تحليل الفروقات في أطوال الأضلاع وانحرافاتهما:

إضافة إلى تحديد الفروقات في إحداثيات الشبكة بين الطريقتين والمعطاة في الفقرة السابقة، من المهم عادة التعبير عن الفرق في حساب الأطوال وانحرافات أضلاع الشبكة. قيم هذه الفروقات بين الطريقتين لأضلاع الشبكة معطاة في الجدول رقم (7) حيث يظهر هذا الجدول أسماء الأضلاع للشبكة مرتبة تصاعدياً حسب الطول، الفرق في طول الضلع المحسوب من كلتا طريقتي الرصد مع الفرق في الانحراف لنفس الضلع والمحسوب أيضاً بكلتا الطريقتين.

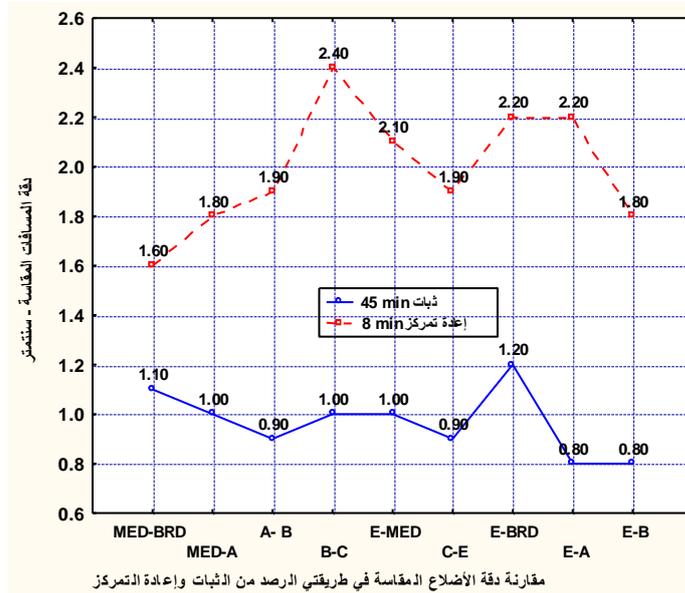
الجدول (7): الفرق في المسافة والانحراف لأضلاع الشبكة بين طريقتي الرصد

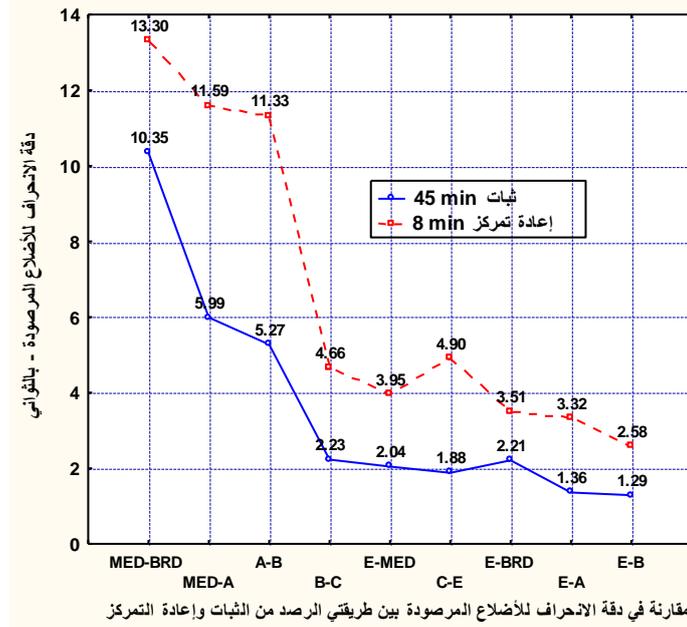
الضلع	الفرق في الطول	الفرق في الانحراف
-------	----------------	-------------------

	(Cm)	(Sec)
MED-BRD	-0.2	-3.5852
MED-A	0.0	0.0019
A- B	-0.1	2.7163
B-C	0.8	1.2649
E-MED	0.4	0.6762
C-E	-0.4	1.5957
E-BRD	0.2	0.8795
E-A	0.6	0.2065
E-B	0.1	0.102

من الجدول السابق يمكن أن نرى بأن الفرق الوسطي في أطوال الأضلاع يساوي إلى 0.16 سم ، بينما الفرق الوسطي في الانحراف كان تقريباً 0.4286 ثانية ، وبما أن الأضلاع في هذا الجدول مرتبة حسب التزايد في طول الضلع من الأصغر (MED-BRD) إلى الأكبر (E-B) يمكن أن نرى أنه لا توجد علاقة تناسب طردية بين طول الضلع المرصود والزيادة في الفرق للطول أو الفرق في الانحراف وذلك بين طريقة الرصد من الثبات وطريقة إعادة التمرکز. أي أن الزيادة في طول الضلع لايقابلها زيادة في الفرق للطول أو للانحراف.

لدراسة الفرق في الدقة بين تعيين المسافات والانحراف للأضلاع بين الطريقتين فقد تم الاستعانة بالشكلين البيانيين التاليين، حيث يمثل الأول الفرق في الدقة للمسافات والمقاسة بكلتا الطريقتين بينما يمثل الثاني الفرق في الدقة لانحراف الأضلاع.





الشكل رقم (7): مقارنة في دقة المسافات والانحرافات لأضلاع الشبكة بين الطريقتين

من الشكلين السابقين يمكن أن نلاحظ أن الدقة في تعيين الأضلاع، سواء للمسافات أم للانحراف هي أكبر في حال الرصد من الثبات، وذلك كون الخط البياني للدقة للرصد بهذه الطريقة يقع أسفل الخط المماثل والنتائج عن الرصد بطريقة إعادة التمركز. من ناحية أخرى، وبما أن الأضلاع مرتبة تصاعدياً حسب الطول، فيمكن أن نلاحظ أن دقة المسافات تتناسب عكساً مع طول الضلع المرصود أي أن أخطاء الرصد أكثر تأثيراً على الأضلاع القصيرة، بينما نجد أن أخطاء الانحراف لا علاقة لها بطول الضلع المرصود.

وعليه، يمكن القول بأن دقة تعيين إحداثيات النقاط بطريقة الرصد بإعادة التمركز تماثل الدقة المطلوبة بطريقة الرصد من الثبات، وذلك لأعمال التثليث من الدرجة الأولى، الخرائط وأعمال المسح العقاري،.... إلخ وذلك لمسافات بحدود 2 كم. وهذا ماسيتم التأكد منه عند الاختبار الإحصائي لمدى التوافق بين الطريقتين.

## 2- الاختبار الإحصائي للفروقات بين نتائج طريقتي الرصد من الثبات وإعادة التمركز:

لبيان مدى إمكانية استخدام طريقة الرصد بإعادة التمركز كبديل عن طريقة الرصد من الثبات يجب أن تقع النقاط الناتجة عن إعادة التمركز ضمن القطع الناقص للتشوه الناتج عن طريقة الرصد من الثبات. وللتحقق من ذلك سيتم فيما يلي اختبار مدى التوافق في نتائج طريقتي الرصد، والأهمية العملية للفروقات بين هذه النتائج، وذلك بتطبيق عدة اختبارات إحصائية على هذه الفروقات، وهذه الاختبارات تتضمن [1]:

- التحقق من وجود أي أخطاء نظامية في نتائج طريقة الرصد بإعادة التمركز
- التحقق من الأهمية الإحصائية والعملية للفروقات بين نتائج الطريقتين، وهذا سيدل على إمكانية رفض (أو عدم رفض) نتائج طريقة الرصد بإعادة التمركز نسبة للرصد من الثبات.
- التحقق فيما إذا كانت نتائج كلتا الطريقتين (على اعتبار أنهما نموذجان) ينتميان إلى نفس التعداد وذلك لاختبار التوافق بين الطريقتين.

وفي هذه الاختبارات تم اعتبار الفروقات في الإحداثيات بين الطريقتين على أنها عينة عشوائية ذات أخطاء صغيرة. الاختبار الإحصائي الأول تم للتحقق فيما إذا كان الفرق بين القيمة الوسطية لهذه الفروقات (باعتبارها عينة

صغيرة من تعداد عام) وبين القيمة الوسطية (وتساوي الصفر) للتعداد العام لها ذو أهمية إحصائية. الاختبار الثاني تم على الفروقات كل على حدى وذلك على اعتبار أنها تحقق تابع التوزيع الإحصائي الطبيعي والهدف منه هو التحقق من حدوث فروقات غير مرغوبة ورفضها. الاختبار الإحصائي الثالث تم للتحقق من التوافق بين نتائج الطريقتين وذلك باختبار مجال ثقة ضمن مصفوفة التباين والتباين المشترك لطريقة الرصد من الثبات باعتبارها المرجع للمقارنة أي إمكانية استعمال طريقة الرصد بإعادة التمرکز بدلاً عن طريقة الرصد من الثبات مع الوصول لنفس الدقة المطلوبة. على اعتبار أن الشبكة المدروسة تتألف فقط من ست نقاط ، فإن حجم العينة أصغر من أن يتم استخدامه لدراسة التوزيع الإحصائي الطبيعي للفروقات في الإحداثيات. لذلك ، سيتم دراسة أول تحليلين إحصائيين باستخدام تابع التوزيع الإحصائي (t student) بدلاً عن التوزيع الطبيعي، وهذا ما يتم تطبيقه إذا كان حجم العينة أقل من 30. أيضاً ، الاختبار الإحصائي الثالث سيتم باستخدام توزيع فيشر (Fisher).

### 3- الاختبار الإحصائي للقيمة المتوسطة للفرق في الإحداثيات ( $\bar{\Delta}$ ):

يجرى هذا الاختبار الإحصائي لبيان فيما إذا وجد في العينة أي خطأ نظامي، وذلك باختبار مدى انحراف القيمة المتوسطة للعينة عن القيمة المتوسطة للتعداد، والتي تساوي الصفر، على اعتبار أن عناصر العينة ذات توزيع طبيعي. يمكن لهذا الغرض استخدام المعادلة التالية [6]:

$$[m - t_p \frac{\sigma_{\Delta}}{\sqrt{n}} < \bar{\Delta} < m + t_p \frac{\sigma_{\Delta}}{\sqrt{n}}] \quad \text{-----(9)}$$

حيث أن: m هو القيمة الوسطية للتعداد ( $m=0$ ) ،  $\sigma_{\Delta}$  هو الانحراف المعياري للعينة (كبدل تبسيطي عن الانحراف المعياري للتعداد)،  $t_p$  القيمة المستتجة من جدول توزيع الدراسة t عند القيمة n وهي حجم العينة وعدد درجات الحرية ( $df = n-1$ ) بفرض مجال ثقة يساوي 95%. الجدول رقم (8) يحتوي على القيم الحدية للقيمة المتوسطة للمعادلة السابقة:

الجدول (8): الاختبار الإحصائي للقيمة المتوسطة للفرق في الإحداثيات

نتيجة الاختبار	الحد العلوي $C_m$	القيمة الوسطية $C_m$	الحد السفلي $C_m$	n	$t_p$	الفرق في الإحداثيات
محقق	8.907	-4.996	-8.907	5	2.78	$\Delta X$
محقق	6.461	-3.458	-6.461	5	2.78	$\Delta Y$
محقق	7.602	-4.158	-7.602	5	2.78	$\Delta Z$

وبما أن القيمة الوسطية ضمن الحدود المسموحة فيمكن أن نستنتج عدم وجود أخطاء نظامية؛ أي أن الأخطاء الموجودة في طريقتي الرصد من الثبات والرصد بإعادة التمرکز ذات طبيعة عشوائية.

### 4- الاختبار الإحصائي لقيم الفرق في الإحداثيات ( $\bar{\Delta}$ ):

كي نتأكد من أن القيمة الوسطية للعينة لم تتأثر بوجود انحرافات متساوية تقريباً بالقيمة المطلقة ومتعكسة بالإشارة، يجب التأكد وفحص القيم المنفردة لهذه الفروقات. هذه الفروقات تعتبر عينة صغيرة من تعداد ذي توزيع

طبيعي ، لذلك يمكن اختبار كل فرق بالنسبة إلى القيمة الوسطية للتعداد (Population) (m) وقيمة التباين للتعداد ( $\sigma^2$ ). بما أن قيمة التباين للتعداد غير معروفة فيمكن أن نستعوض عنها بقيمة التباين للعينة، وعليه فيمكن تأسيس قاعدة عامة واستبعاد أي قيمة من العينة تحتوي على خطأ نظامي. هذه القاعدة يمكن كتابتها على شكل المعادلة التالية [14]:

$$[ m - t. \sigma < \Delta_i < m + t. \sigma ] \text{ -----(10)}$$

بما أن حجم العينة صغير نسبياً فإن قيمة العامل t تستخرج من التوزيع الطبيعي الدراسي (t) عند مجال ثقة 95% ودرجة حرية تساوي (n-1). تم اعتبار الانحراف المعياري للتعداد  $\sigma = 5 \text{ cm}$  والذي يحقق اختبار كاي التربيعي الإحصائي ( $\chi^2_P$ ). بالنظر إلى الفروقات في الإحداثيات نجد أن جميع هذه الفروقات تحقق الاختبار الإحصائي المطلوب أي أنه لا توجد أي نقطة في الشبكة فيها خطأ نظامي أو غلط في الأرصاد.

#### 5- الاختبار الإحصائي للتوافق بين طريقتي الرصد من الثبات وإعادة التمركز:

يستخدم هذا الاختبار للتحقق فيما إذا كان الحل الناتج عن الرصد بطريقة إعادة التمركز ( $X_H$ ) باعتباره افتراضياً غير مرفوض، مقارنةً بنتائج الرصد من الثبات (X) والمعروف فيها مصفوفة التباين وتام التباين التقديرية ( $\Sigma_X$ ) لإحداثيات النقاط. هذا الاختبار سيعطي توضيحاً عن الأهمية العملية للفروقات في الإحداثيات بين نتائج كلتا الطريقتين المدروستين. مجال الاختبار يعطى بالعلاقة [7]:

$$0 \leq (X - X_H)^T \Sigma_X^{-1} (X - X_H) \leq U F_{(U, df, \infty)} \text{ -----(11)}$$

حيث أن  $\Sigma_X^{-1}$  هو مقلوب مصفوفة التباين وتام التباين والناتجة عن الرصد بطريقة الرصد من الثبات. يمكن الحصول على الحد العلوي للمجال السابق من معلومية عدد الإحداثيات المجهولة (U) وباستخدام توزيع فيشر F بمعلومية عدد درجات الحرية ومستوى ثقة ( $\alpha$ ).

تم تطبيق الاختبار لكل نقطة على حدة نسبة إلى النقطة المرجعية E. بما أن اهتمامنا هو في الإحداثيات الأفقية للشبكة فإن عدد المجاهيل هنا لأي نقطة  $u=2$ . باعتماد مجال ثقة  $\alpha=95\%$  وعدد درجات حرية المطبقة على الشبكة  $df = 7$  فإن القيمة المقابلة لعامل فيشر تساوي إلى 7.46 وبالتالي فإن القيم الحدية للمعادلة السابقة هي الصفر و 14.92. هذان الحدان مع مجال الثقة إنما يعبران عن القطع الناقص للنشوء بمجال ثقة 95%. لذلك تم استنتاج مصفوفة التباين وتام التباين الجزئية لكل نقطة ، والناتجة عن عملية الضبط بالتربيعات الصغرى وأبعادها ( $2 \times 2$ )، ومن ثم تطبيق المعادلة السابقة عليها. الجدول التالي يبين نتائج الاختبار الإحصائي المطبق على كل نقطة:

الجدول (9): الاختبار الإحصائي للتوافق بين طريقتي الرصد من الثبات وإعادة التمركز

اسم النقطة	$\Delta\phi=(\phi-\phi_H)$ cm	$\Delta\lambda=(\lambda-\lambda_H)$ cm	القيمة المختبرة	نتيجة الاختبار
MED	0.34	0.53	0.4268	محقق
A	0.46	0.49	0.4283	محقق
B	0.03	0.15	0.0291	محقق
C	-0.74	-0.49	0.9237	محقق
BRD	0.12	0.62	0.3146	محقق

الجدول السابق يظهر أن الإحداثيات الناتجة عن عملية الرصد بطريقة إعادة التمركز مقبولة افتراضياً (أي لا يمكن رفضها) بالنسبة للإحداثيات المعينة بطريقة الرصد من الثبات. أي أن جميع النقاط المعينة بطريقة إعادة التمركز تقع ضمن مجال 95% من مناطق الثقة للنقاط المعينة بطريقة الثبات (ضمن القطوع الناقصة للتشوه لها) باعتبارها المرجح في المقارنة. لذلك يمكن استنتاج أن كلتا الطريقتن الرصد من الثبات والرصد بإعادة التمركز متوافقتان مع بعضهما من حيث الدقة وذلك لتأسيس نقاط التحكم الأرضية من الدرجة الأولى والثانية وللتطبيقات الهندسية المختلفة.

يمكن الوصول لنفس النتيجة عند تطبيق الاختبار الإحصائي السابق بالشكل النسبي؛ أي على أضلاع الشبكة واعتماد القطوع الناقصة النسبية للتشوه على أنها مجالات الثقة النسبية. وفي هذه الحالة يصبح مجال الثقة النسبي على الشكل [7]:

$$0 \leq (\Delta X - \Delta X_H)^T \Sigma^{-1}_X (\Delta X - \Delta X_H) \leq U F_{(U, df, \infty)} \quad \text{-----(12)}$$

حيث أن  $\Delta X_H$  تعبر عن الفرق في الإحداثيات، أما مصفوفة التباين وتام التباين ذات الأبعاد (2x2) للفرق في الإحداثيات للضلع المدروس فقد تم حسابها بتطبيق قانون انتشار الأخطاء على مصفوفة التباين الناتجة عن الحل لطريقة الرصد من الثبات.

#### دراسة تقريبية لكلفة العمل الحقلية:

سنقوم بإجراء المقارنة في الكلفة لطريقة الرصد من الثبات وطريقة إعادة التمركز وذلك بفرض أن المسافة بين النقاط هي إحدى حالتين إما بحدود 2 كم كما هي حال الشبكة التي تم رصدها ، أو بحدود 10 كم كحالة عامة، مما سيعطينا فكرة عن مدى اقتصادية كل طريقة. علماً أن التكلفة في هذه المقارنة سيتم حسابها على أساس التكلفة اليومية، على اعتبار أن أجرة المستقبل الواحد 1400 ليرة سورية في اليوم وأجرة السيارة 1500 ليرة سورية في اليوم وأجرة العامل اليومية 400 ليرة سورية وراتب المساح 1000 ليرة سورية في اليوم.

بناء على الفرضيات السابقة فان نتائج التحليل التفصيلي للكلفة لجميع الحالات هي كما تظهر في الجدول التالي:

الجدول (10): الاختبار الإحصائي للتوافق بين طريقتي الرصد من الثبات وإعادة التمركز

المسافة	2 Km		10 Km	
	ثبات	إعادة تمركز	ثبات	إعادة تمركز
عدد فترات الرصد	9	18	9	18
الزمن الحقلية المستغرق بالساعة	12	24	13	25.5
الزمن الحقلية باليوم	2	3	2	3
عدد المستقبلات	2	2	2	2
إيجار المستقبلات	5600	8400	5600	8400
إيجار السيارات	3000	4500	3000	4500

عدد العاملين	2	2	2	2
أجر العاملين	1600	2400	1600	2400
عدد المساحين	2	2	2	2
راتب المساحين الإجمالي	4000	6000	2000	6000
الكلفة الإجمالية	14200	21300	10800	21300
تكلفة النقطة الواحدة	2840	4260	2160	4260
نسبة الوفرة أو الهدر	هدر 30%		هدر 50%	

من الجدول السابق يمكن أن نلاحظ أنه سواءً من أجل مسافة 2 كم أو لمسافة 10 كم بين النقاط فإن طريقة الرصد من الثبات أكثر اقتصادية من طريقة إعادة التمركز وهذا ناجم عن أن الرصد الحقلية يتم خلال يومين في طريقة الثبات بينما يتم خلال ثلاثة أيام في طريقة إعادة التمركز مما ينقص الكلفة الإجمالية من 30% إلى 50%.  
وبما أن عدد فترات الرصد والزمن الحقلية المستغرق بالساعة، وبالتالي في اليوم في طريقة الثبات أقل من مثيلاتها في طريقة إعادة التمركز، لذا يفضل استخدام طريقة الثبات أكثر من طريقة إعادة التمركز، ويمكن أن نلاحظ أيضاً أن تكلفة النقطة الواحدة تزداد مع زيادة الكلفة الإجمالية وذلك لشبكتين لهما نفس عدد النقاط ونفس التباعد. ويمكن أن نستنتج من الجدول أنه كلما نقص عدد فترات الرصد كلما نقص الزمن الحقلية المستغرق في الساعة، وبالتالي الزمن الحقلية المستغرق في اليوم وبالتالي نحصل على رصد حقلية أكثر اقتصادية، وبما أن الرصد بطريقة الثبات أعطى نتائج متوافقة من حيث الاقتصادية، لذا ينصح باستخدام طريقة الثبات من أجل الاقتصادية، ولكن مع الأخذ بعين الاعتبار أن طريقة إعادة التمركز أقل دقة من طريقة الثبات، الأمر الذي يجعلنا نستخدم طريقة إعادة التمركز لعملية زيادة الأرصاء عند النقاط ومعاودة ربط الشبكات فقط وفي النهاية يتم اختيار الطريقة التي تحقق الدقة المطلوبة بالكلفة الأقل، وإذا كانت الطريقتان تحققان الدقة المطلوبة فإنه يفضل استخدام طريقة الثبات لأنها أكثر اقتصادية.

### الاستنتاجات والتوصيات:

تم في هذا البحث مقارنة طريقة الرصد من الثبات بطريقة إعادة التمركز من أجل تحديد إحداثيات نقاط شبكة ذات أضلاع قصيرة. وكان الهدف الأساسي هو اختبار إمكانية استبدال طريقة الرصد من الثبات التي تستغرق الكثير من الوقت (بسبب انتظار تغيير هندسة الأقمار في الفضاء) بطريقة إعادة التمركز من أجل تأسيس نقاط التحكم من الدرجة الأولى والتطبيقات الهندسية المستخدمة في الطريقة الأولى بعد التأكد من الوصول لنفس مستوى الدقة في الطريقتين. وقد أوضحنا في هذا البحث أن طريقة الرصد بإعادة التمركز أعطت نتائج متوافقة إحصائياً من حيث الدقة مع طريقة الرصد من الثبات، وأن الفروقات بين نتائج الطريقتين مهملة عملياً. أي أنه عند تعيين نقطة بطريقة إعادة التمركز فإن هذه النقطة ستقع ضمن القطع الناقص للتشوه لهذه النقطة فيما لو تم تعيينها بطريقة الرصد من الثبات. لذلك، وبما أن الدقة تراوحت بين الصفر و 1.5 سم للإحداثيات الأفقية و 2.5 سم للارتفاع، وطبقاً للمواصفات التي تم وضعها من قبل اللجنة العالمية للمساحة الأمريكية (NGS)، فيمكن استخدام أي من الطريقتين للوصول للدقة المطلوبة، وذلك لتعيين نقاط التحكم الأرضية للشبكات الجيوديزية ذات الأضلاع القصيرة (الشبكات الجيوديزية من

الدرجة الثانية، أو تكثيف الشبكات الحالية من الدرجة الأعلى، التثبيت الأقل دقة ، أو أي مسح تكون في هندسة الأقمار ضعيفة أو وجود مستقبلات أحادية التردد).

نتائج الاختبارات الإحصائية أظهرت توافق الطريقتين من حيث الدقة، ولكن يتم اختيار الطريقة التي تحقق الدقة المطلوبة بالكلفة الأقل وإذا كانت الطريقتان تحققان الدقة المطلوبة فإنه يفضل استخدام طريقة الثبات لأنها الأكثر اقتصادية.

تجدر الملاحظة إلى أهمية معاودة الرصد بإعادة التمرکز لبعض النقاط والذي يزيد من موثوقية النقاط المرصودة من جهة، ويعطي المستخدم خيارات أكثر أثناء معالجة الأرصاد على الحاسب، خصوصاً عند حدوث انقطاع في الإشارة عند رصد النقطة في المرة الأولى. وقد أظهرت النتائج أيضاً أن العامل الأكثر تأثيراً على النتائج هو تأثير هندسة الأقمار باعتبار أن بقية العوامل (قياس الارتفاع الهوائي، الظروف الجوية ، انعكاس الإشارة ، ... إلخ) كانت متماثلة على أرصاد الطريقتين.

### المراجع:

1. COTOREY, A. L.; Lee, H. B. *Elementary Statistics: A Problem Solving Approach*. WM. C. Brown Publishers, USA, 1989, 188.
2. British Columbia Standards, Ministry of Environment, Lands and Parks , Geographic Data BC, *Specifications and Guidelines For Resource Surveys Using Global Positioning System (GPS) Technology*. Release 3.0, USA , March, 2008. available online < [http://home.gdbc.gov.bc.ca/gsr/gsr\\_standards.htm](http://home.gdbc.gov.bc.ca/gsr/gsr_standards.htm)>.
3. CANADA CENTER FOR SURVEYING, *geodetic Survey Division, Guidelines and Specifications for GPS Surveys*, Release 2.1, December, 1992, 63 pages, available online, 2008. < [www.wsrn.org/downloads/RTK\\_Standards\\_FIG.pdf](http://www.wsrn.org/downloads/RTK_Standards_FIG.pdf)>.
4. RIZOS, C. *Trends in GPS Technology & Applications*, available online, 2008. < [www.gmat.unsw.edu.au/snap/staff/rizos\\_papers.htm](http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/staff/rizos_papers.htm)>.
5. DOT Department of Transportation, *Global Positioning System GPS Survey Specifications*. California, USA, available online 2008< [www.dot.ca.gov](http://www.dot.ca.gov) > .
6. EL-MOWAFY, A. M. *Comparative Study of Classical and Modern Geodetic Control Techniques*. Ms.C. Thesis, Public Works Department, Faculty of Civil Engineering, Ain-Shams University, Cairo, Egypt, 1989.
7. EL-MOWAFY, A. M.; EL-MAGHRABY, M. H.; ISSA, M. S. *Using Semi-Kinematic GPS Techniques for Establishing and Densifying Horizontal Control Networks in Egypt*. Proceeding of the International Symposium on Kinematic Systems in Geodesy, Geomatics and Navigation, Banff, Canada, June 3-6, 1997.
8. ERICKSON, C. *Investigations of C/A Code and Carrier Measurements and Techniques for Rapid Static GPS Surveys*, Ms.C. Thesis, Department of Surveying Engineering, Calgary, Alberta, June, 1992. 199 pages. available online, 2008 < [www.ensu.ucalgary.ca/GradTheses.html](http://www.ensu.ucalgary.ca/GradTheses.html)>.
9. GUOCHANG, X.U. *GPS Theory, Algorithms and Applications*. 2<sup>nd</sup> Eddition, Springer, Berlin Heidelberg, 2007, 340.
10. HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; COLLINS, J. *Global Positioning System: Theory and Practice*. Modified Edition, Springer-Verlag, Wien, 1994, 326.

11. LIECA GEOSYSTEMS, *GPS500 Lieca system manual, Getting started with static and kinematic surveys*. Switzerland, 2000.
12. MICHAEL, L. D. *Standards and Guidelines for Cadastral Surveys Using Global Positioning Methods*. FIG XXII International Congress, Washington, D.C. USA, April 19-26 2002.
13. CRAYMER, M. R.; WELLS, D. E.; VANÍČEK, P.; DEVLIN, R. L. *Specifications for Urban GPS Surveys*, Preprint of *Surveying and Land Information Systems*, 50, 4, 1990, 251-259.
14. NASSAR, M. M.; ABOU BEIH, O. M., *Importance of Post Statistical Analysis of the Results of the Adjustment of Horizontal Control Networks*. Scientific Bulletin, Ain-Shams University, Cairo, I, 26, 1990.
15. REMONDI, B. W., *Pseudo-kinematic GPS Results Using the Ambiguity Function Method*. *Navigation: Journal of The Institute of Navigation*, 41, 4, Spring 1991.
16. SHAOWEI, H.; RIZOS, C. *Network Adjustment Issues Using Mixed GPS Surveying Techniques*. available online, 2008.  
< [www.gmat.unsw.edu.au/snap/staff/rizos\\_papers.htm](http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/staff/rizos_papers.htm)>.
17. SHIN-CHAN, H. *Static and Kinematic Absolute GPS Positioning and Satellite Clock Error Estimation*. Report 454, Columbus, Ohio State University, April, 2000.
18. HERRING, T. A. *Geodetic Applications of GPS*, *Proceeding of the IEEE*. 87, 1, January 1999, 92 - 110.
19. TIM, B. et.al., *Global Positioning Systems -Technical Implementation Guidance*. USA, Office of Research and Development Environmental Sciences Division, Las Vegas, September, 2003.
20. US ARMY CORPS OF ENGINEERS, *Deformation Monitoring and Control Surveying. Engineer manual*, Washington, 2008. available online  
< [www.usace.army.mil/usace-docs/eng-manuals](http://www.usace.army.mil/usace-docs/eng-manuals) >.
21. US ARMY CORPS OF ENGINEERS, *Navistar Global-positioning System Surveying, Engineer manual*. Washington, 2008. available online  
< [www.usace.army.mil/usace-docs/eng-manuals](http://www.usace.army.mil/usace-docs/eng-manuals) >.