مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (33) العدد (6) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (33) No. (6) 2011

# مساهمة في تحديث وتكثيف الشبكات الجيوديزية الموجودة في سورية باستخدام نظام التموضع العالمي GPS

**الدكتور فايز ديب***

**(تاريخ الإيداع 8 / 5 / 2011. قُبِل للنشر في 11 / 10 / 2011)**

## □ ملخّص □

تُعَدُّ الشبكات الجيوديزية الأساس لجميع الأعمال المساحية الدقيقة، فتمَّ في هذا البحث مناقشة بعض المسائل والتوصيات المتعلقة بإمكانية استخدام نظام تحديد المواقع العالمي في تأسيس وتكثيف الشبكات الجيوديزية السورية. تم اختبار شبكتين جوديزيتين الأولى معرفة في جملة لامبير والثانية في الجملة الستيريوغرافية، وتم استخدام الطريقة الساكنة في نظام GPS لرصد الشبكة مع اعتبار أربع نقاط مرجعية. وتم تحويل إحداثيات الشبكة الفضائية المعدلة في WGS84 إلى نظام الإحداثيات المحلية (لامبير والستيريوغرافي). وتم حساب معاملات التحويل بين نظام المقارنة WGS84 ونظام المقارنة المستخدم محلياً Clarke 1880 لمنطقة الشبكة باستخدام النقاط المرجعية. كما تم حساب الفروقات بين الإحداثيات الجديدة والقديمة لنقاط الشبكة باستخدام معاملات التحويل السبعة. هذه الفروقات من مرتبة السنتيمترات لمسافات تصل إلى 10 كم تظهر دقة نظام الGPS في تحديث الشبكات الجيوديزية وتكثيفها.

**الكلمات المفتاحية:** شبكات جيوديزية، نظام تحديد المواقع العالمي، نظام المقارنة العالمي، اهليلج كلارك، تكثيف الشبكات.

* أستاذ مساعد – قسم الهندسة الطبوغرافية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (33) العدد (6) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (33) No. (6) 2011

# Using GPS for Updating and Densifying Syrian Geodetic Networks

**Dr. Fayez Deeb***

**(Received 8 / 5 / 2011. Accepted 11 / 10 / 2011)**

## □ ABSTRACT □

Geodetic networks are considered an essential basis for all precise surveying works. Using GPS technology, this paper discusses some problems and recommendations that concern establishing and densifying Syrian geodetic networks. Two geodetic networks are tested: the first is defined in the Syrian Lambert projection and the second is defined within stereographic coordinates. We have used the static mode of GPS for observing networks taking into account four reference points. The GPS network adjusted in WGS84 is transformed to the local coordinates system (Syrian Lambert and stereographic). Using reference points, transformation parameters between WGS84 datum and Clarke 1880 datum are derived from the regional network. The differences between old and new coordinates are calculated using transformational parameters. These differences ranging from some centimeters to 10 km in distance indicate the GPS accuracy in updating and densifying networks.

**Keywords:** Geodetic network, GPS technology, WGS84, Clarke Ellipsoid, Network densification.

* **Associate Professor, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

## مقدمة:

يُعَدُّ التصميم المناسب للشبكات المثلثاتية جزءاً مهماً ومكملاً للهدف النهائي للأعمال المساحية وهو إنتاج الخرائط والمخططات المساحية. تتميز الشبكات الجيوديزية عادة بالدقة والموثوقية والمتانة الهندسية، ويمكن تصميم شبكة بدقة كبيرة دون أن تكون موثوقة بالوقت نفسه والعكس صحيح. تستخدم نقاط الشبكات الجيوديزية كنقاط ربط في تكثيف الشبكات وحساب إحداثيات نقاط جديدة في الشبكة العامة للبلد. حتى وقت قريب كان يتم تكثيف الشبكات الجيوديزية بالطرق الجيوديزية التقليدية باستخدام التقنيات المساحية التقليدية كالتيودوليت وقائس المساقات الالكتروني.

في الوقت الحاضر يمكن استخدام تقنية GPS بنجاح في تأسيس شبكات تثليث جديدة، وفي تحديث وتكثيف الشبكات المثلثاتية الموجودة، مع المحافظة على مواصفات الشبكات من دقة وموثوقية واقتصادية [1]. إن إنشاء وتكثيف الشبكات الجيوديزية باستخدام نظام GPS يختلف عن إنشائها وتكثيفها باستخدام التقنيات التقليدية سواء الشبكات المقيسة الزوايا أو الخطية أو المختلطة. تعد قياسات نظام تحديد المواقع العالمي GPS وسيلة مهمة في مجال إنشاء الشبكات المثلثاتية لما يوفره هذا النظام من ميزات عديدة لا تتوفر في الأجهزة المساحية التقليدية[1]. تختلف دقة قياسات نظام تحديد المواقع العالمي GPS باختلاف طريقة الرصد الحقلي (الساكن، السريع الساكن، الحركي، ...الخ) وطرق المعالجة الرياضية. وتستخدم الطريقة الساكنة بشكل أساسي في تحديد إحداثيات نقاط الشبكات الجيوديزية. إن تأسيس الشبكات الجيوديزية باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي GPS يتطلب تحقيق الدقة والمتانة والاقتصادية كما في الشبكات التقليدية، ويتم تحقيق هذه المتطلبات بتطبيق عدة شروط وتوصيات أثناء الرصد بهذه التقنية. كما يجب تحويل إحداثيات نقاط الشبكة المأخوذة بنظام GPS إلى إحداثيات محلية منسوبة إلى الجملة العامة للبلد [1].

مع انتشار تطبيقات تحديد المواقع بالأقمار الصناعية بصورة مذهلة في كثير من المجالات تم تطوير عدد من المواقع على شبكة الانترنت لخدمة مستخدمي هذه التقنيات. إن الخدمات المجانية التي تقدمها هذه المواقع يمكن أن ترفع من دقة قياسات تحديد المواقع بنظام GPS بصورة مؤثرة وقد تقلل من التكلفة الاقتصادية للمشروعات المساحية. كما إن بعض هذه الخدمات يقوم بإجراء الحسابات الدقيقة لتحديد المواقع مجانا. تعد المنظمة العالمية لخدمات النظم الملاحية بالأقمار الصناعية (International GNSS Service) والمعروفة اختصارا باسم IGS من أشهر المواقع التي تقدم خدمات نظام GPS على شبكة الانترنت الموجودة في الرابط http://igscb.jpl.nasa.gov/. وهناك العديد من مواقع الحسابات الآنية (on-line processing services) مثل الموقع الاسترالي (AUSPOS) الموجود في الرابط http://www.ga.gov.au: يستقبل الموقع عن طريق البريد الالكتروني ملفات أرصاد الـGPS بالصيغة المستقلة RINEX من أي مستخدم في العالم. يعتمد حساب الإحداثيات على استخدام مدارات الأقمار الصناعية الدقيقة من IGS بالاضافة إلى الزمن والتصحيحات اللازمة بالاينوسفير والتربوسفير وغيرها، والربط على أقرب ثلاث محطات من محطات IGS الأرضية وإرسال النتائج للمستخدم عبر البريد الالكتروني [6]. تم في هذا البحث اختبار شبكتين جوديزيتين الأولى معرفة في جملة لامبير والثانية في الجملة الستيريوغرافية. كما تم استخدام الطريقة الساكنة بنظام GPS لحساب الإحداثيات الجيوديزية لنقاط الشبكتين مع اعتبار أربع نقاط مرجعية.

## أهمية البحث وأهدافه:

يعتمد إنتاج الخرائط والمخططات على الأساس الجيوديزي الذي يتكون من شبكات مثلثاتية مختلفة تعاني من الانسجام الهندسي وموثوقية الإحداثيات ودقتها. تتوقف دقة إنتاج الخرائط المساحية بشكل أساسي على دقة نقاط

المثلثات بالإضافة إلى تقنيات القياس والمعالجة. وبالتالي من أجل رفع دقة إنتاج الخرائط والمخططات الطبوغرافية تجب زيادة دقة نقاط الشبكة المثلثاتية. في الوقت الحاضر يعتبر نظام تحديد المواقع العالمي GPS تقنية مهمة وأساسية في مجال تأسيس الشبكات المثلثاتية وإنتاج الخرائط الطبوغرافية لما يوفره هذا النظام من ميزات لا تتوفر في الأجهزة التقليدية وأهمها: عدم ضرورة الرؤية المتبادلة بين النقاط المقاسة والمسافات الكبيرة بين المحطات التي تصل إلى مئات الكيلومترات، وتأمين قياسات ذات مستوى عالٍ من الدقة. تكمن أهمية البحث في تأسيس وتكثيف شبكات المثلثات باستخدام نظام GPS بسرعة وبتكاليف منخفضة مقارنة مع الأجهزة التقليدية، مع المحافظة على متطلبات الشبكات المثلثاتية التقليدية من تحقيق الدقة العالية والموثوقية.

يهدف البحث إلى تقديم مخطط عام لتأسيس وتكثيف الشبكات الجيوديزية في الجملة الوطنية السورية باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي GPS وبرامج المعالجة المتخصصة، بالإضافة إلى عرض أهم المشاكل التي تعترض استخدام قياسات GPS في تكثيف الشبكات الجيوديزية التقليدية والمتمثلة في تحويل الإحداثيات من الجملة العالمية WGS84 إلى الجملة المحلية السورية لامبير والستيريوغرافية. كما يهدف البحث إلى تقديم بعض التوصيات والإرشادات الخاصة بتطبيق نظام GPS في تحديث الشبكات الجيوديزية الموجودة وتكثيفها.

## طرائق البحث ومواده:

### تأسيس الشبكات الجيوديزية باستخدام نظام GPS:

يتم بناء الشبكة الجيوديزية باستخدام نظام GPS إما من معالجة أرصاد عدد كبير من القواعد المستقلة أو من التعديل المشترك لمجموعة من الأرصاد المختلفة لمحطات متعددة. بشكل عام تتضمن القاعدة الأساسية لعمليات المسح بنظام الـGPS استخدام عدد قليل من المستقبلات لحساب عدد كبير من النقاط الجيوديزية. من أجل الحصول على الدقة المطلوبة للشبكة يجب استخدام طرق وتقنيات قياس مناسبة. يتم استخدام الطريقة الساكنة بنظام الـGPS في رصد الشبكات الجيوديزية المرجعية، و التي يجب أن تتضمن ثلاثة نقاط على الأقل معلومة الإحداثيات في الجملة العامة للبلد. بعد ذلك يمكن استخدام الطريقة السريعة الساكنة أو الطريقة الحركية لحساب إحداثيات نقاط جديدة. إن تأسيس شبكات المثلثات باستخدام نظام GPS يتطلب تحقيق الدقة والموثوقية والاقتصادية كما في الشبكات التقليدية. من اجل تحقيق هذه الشروط يجب الأخذ بالاعتبارات الآتية [3]:

**1**- تحديد شكل الشبكة المطلوبة وحجمها.
**2**- تحديد عدد النقاط في الشبكة.
**3**- تحديد المسافات بين كل نقطتين في الشبكة.
**4**- تحديد الرؤية المتبادلة بين النقاط.
**5**- التحقق من وجود نقاط جيوديزية قديمة في المنطقة.
**6**- دراسة مجال الرؤية إلى السماء من النقطة (دراسة العوائق).
**7**- تحديد عدد أجهزة الاستقبال المتوفرة للمسح.

المسألة الأساسية المهمة بعد تنفيذ قياسات الشبكة بنظام الـGPS هي عملية تحويل إحداثيات نقاط الشبكة من نظام الإحداثيات العالمي WGS84 إلى نظام الإحداثيات المحلي المستخدم في سوريا وهو كلارك 1880 (Clarke1880) ولجعلها مفيدة في التطبيقات المساحية يجب تحويلها إلى الجملة المستوية المحلية وتحويل الارتفاعات الاهليلجية إلى

ارتفاعات محلية منسوبة إلى سطح البحر. لدينا في سورية ثلاث جمل مساحية تستخدم في إعداد المخططات والخرائط الطبوغرافية، وهي:

**1-** جملة ميركاتور المعترضة السورية STM: تعتمد إهليلج هايفورد الدولي 1924 المعدّل والسطح الاسطواني المعترض المماس، وهي مؤلفة من ثلاث جمل تغطي سورية بثلاثة قطاعات كل منها ثلاثة درجات تمتد باتجاه جنوب شمال.

**2-** جملة لامبير السورية: تستخدم في إنتاج الخرائط الطبوغرافية من قبل المؤسسة العامة للمساحة. تعتمد إهليلج كلارك 1880 المعدّل والسطح المخروطي المماس. مركز هذه الجملة $\varphi_0 = 38.5$ Grad $\lambda_0 = 41.5$ Grad، للحصول على الإحداثيات الموجبة دوما تمت إزاحة مبدأ الإحداثيات وفق المحورين بمقدار 300 Km.

**3-** الجملة الستريوغرافية العقارية: هي الأساس المساحي لتوثيق الملكيات، وتُعَدُّ الجملة الوطنية للاستخدامات المدنية. تعتمد هذه الجملة إهليلج كلارك 1880. مركز هذه الجملة التربيعية قرب تدمر إحداثياته الجغرافية $\varphi_0 = 38.5$ Grad $\lambda_0 = 43.5$ Grad، حيث يطابق المحور **Y** من الجنوب إلى الشمال مسقط خط الطول المار من مركز الجملة، ويمس المحور **X** من الغرب إلى الشرق خط العرض المار من مركز الجملة.

## توصيات حول تأسيس الشبكة الجيوديزية باستخدام نظام GPS:

يتم تنفيذ الأرصاد بنظام تحديد المواقع العالمي حسب نوع التطبيق المستخدم. فإنشاء الشبكات الجيوديزية ينفذ بالطريقة الساكنة حصراً، بينما يتم تكثيفها بالطريقة السريعة الساكنة أو الحركية وبالطريقة نصف الحركية. للحصول على شبكة مثلثاتية باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي GPS تحقق شروط الموثوقية والمتانة والاقتصادية يجب تحقيق الشروط التالية [4]:

**1-** ضرورة توفر ثلاث نقاط مرجعية ضمن أية جملة على الأقل تغطي منطقة الدراسة.

**2-** يجب أن لا يزيد طول القواعد المقاسة عن 10 كم.

**3-** جميع النقاط الجديدة يجب أن تكون في حلقة واحدة على الأقل.

**4-** يجب ربط كل نقطة من الشبكة الجديدة بنقطتين على الأقل من نقاط الشبكة المرجعية.

**5-** يجب إعادة رصد 10% على الأقل من نقاط الشبكة من اجل التحقيق.

### تكثيف الشبكات الجيوديزية باستخدام نظام GPS:

إن نظام تحديد المواقع العالمي GPS يعطي إحداثيات النقاط منسوبة إلى الاهليلج الدوراني (WGS-84) وقد تصل الدقة الحالية للقياسات الساكنة بهذا النظام إلى (1~ 2 mm). يتم إنشاء الشبكات الجيوديزية الجديدة باستخدام نظام GPS على مستوى البلد وفق مستويين: الشبكات المرجعية الوطنية والشبكات المكثفة منها. يمكن أن تصل المسافات بين نقاط الشبكة الوطنية الفضائية إلى عشرات الكيلومترات ويفضل ربطها بالشبكات المرجعية القارية. ولم يعد من الضروري تكثيف الشبكات الجيوديزية وفق التقسيم التقليدي المعروف، شبكات من الدرجة الأولى إلى الدرجة الثانية فالثالثة إلى الرابعة في البلد، وبوجود تقنية الـGPS يتم تكثيف الشبكة المرجعية الوطنية حسب الحاجة وليس حسب التقسيم التقليدي للشبكات.

عند تكثيف الشبكات الجيوديزية الموجودة باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي GPS نميز حالتين، هما: حالة وجود شبكة مثلثاتية دقيقة، وحالة وجود شبكة مثلثاتية متوسطة الدقة أو غير دقيقة [5].

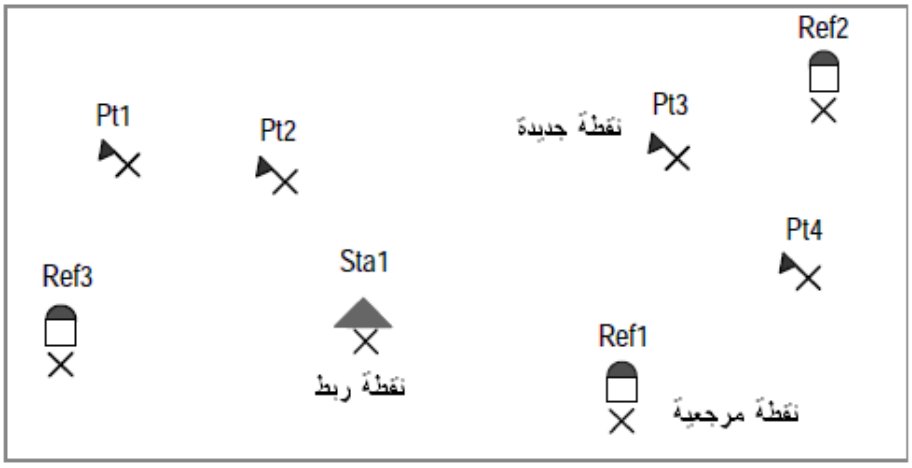
**حالة وجود شبكة مثلثاتية دقيقة:**

يستعمل نظام تحديد المواقع العالمي GPS في هذه الحالة كتقنية مسح حديثة لتكثيف الشبكة الموجودة، وتُعَدُّ نقاط الشبكة المثلثاتية نقاط مرجعية ثابتة تستخدم في تحويل الإحداثيات الناتجة إلى الجملة العامة للبلد.

**حالة وجود شبكة مثلثاتية غير دقيقة:**

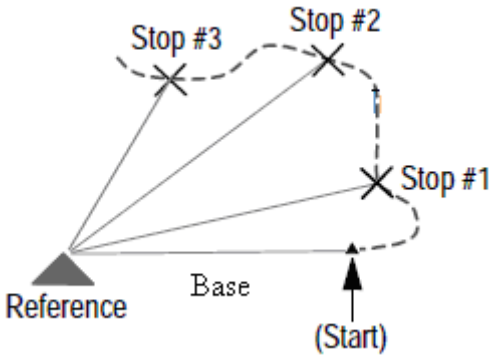
في هذه الحالة يدخل تشوه الشبكة المثلثاتية في النتائج الدقيقة لأرصاد نظام تحديد المواقع العالمي GPS. وهنا يستعمل نظام تحديد المواقع العالمي GPS كطريقة مكلفة لحساب إحداثيات نقاط جديدة في الشبكة المثلثاتية الموجودة.

يتم تنفيذ الأرصاد حسب عدد مستقبلات GPS المتوفرة، فعندما يكون لدينا عدد المستقبلات أكثر من ثلاثة يتم استخدام طريقة الشبكة حيث يتم تغطية المنطقة بعدد من النقاط المرجعية التي تستخدم في تعيين عدد من النقاط الجديدة بأرصاد نظام GPS كما في الشكل (1). ويجب رصد النقاط المرجعية بالطريقة الساكنة فقط ويمكن رصد النقاط الجديدة باستخدام الطريقة الحركية أو السريعة الساكنة.




**الشكل 1– طريقة الشبكة في تكثيف الشبكات**

عندما يكون لدينا جهازي استقبال فقط يتم استخدام طريقة التضليع أو الطريقة الشعاعية لحساب نقاط جديدة في الشبكة، حيث يكون لدينا نقطة مرجعية على الأقل للحصول على الدقة المطلوبة كما في الشكل (2).



**الشكل 2- الطريقة الإشعاعية في تكثيف الشبكات**

**معالجة أرصاد الـ GPS في الشبكات الجيوديزية:**

من اجل تكثيف الشبكات الجيوديزية يجب أن يكون لدينا أكثر من جهازي استقبال يعملان في وقت واحد، وتدعى كل القياسات المتزامنة خلال فترة قياس في مشروع GPS فترة تسجيل (session). يمكن أن تتراوح هذه الفترة بين عدة دقائق (في حال وجود إمكانية تطبيق الطرق السريعة للقياسات في الشبكات الصغيرة)، إلى عدة ساعات (في حال العمل للحصول على دقة عالية في الشبكات الكبيرة). وتتم معالجة الأرصاد بطريقتين أساسيتين، هما:

**1)** معالجة خطوط قواعد مستقلة single baseline في الشبكة.

**2)** معالجة المحطات المتعددة multi station adjustment: حيث تتم معالجة كل القياسات المرصودة من جميع المستقبلات وتعديلها ضمن حل شامل للشبكة.

في طريقة التعديل المتعدد القواعد تتم معالجة القياسات المتزامنة للمستقبلات المشاركة (ثلاثة أو أكثر)، لا يتم هنا تعيين خطوط قاعدة وإنما إحداثيات نقاط الشبكة ومصفوفة تبايناتها، ويفضل استخدام هذه الطريقة في التطبيقات الجيوديزية لأنها تستفيد من إمكانية الدقة المرتفعة لنظام الـGPS بشكل كامل، وترفع موثوقية النتائج. يمكن إدماج حلول فترات متعددة في عملية تعديل تدعى تعديل متعدد الفترات. الشرط الأساسي هنا هو كون كل فترة قياس مرتبطة مع فترة قياس أخرى على الأقل من الشبكة بواسطة محطة أو أكثر تم القياس فيها. كلما ازداد عدد النقاط المشتركة تزداد موثوقية حل الشبكة النهائي [2].

تعتمد البرامج الحديثة لمعالجة بيانات نظام التموضع العالمي GPS على طريقة تعدد الجلسات والمحطات. إنَّ البرامج التجارية مصممة بالدرجة الأولى لمعالجة معطيات جهاز الاستقبال الخاص بها، وتسمح البرامج التجارية المتطورة حالياً بمعالجة معطيات من أجهزة مختلفة أيضاً، وذلك عن طريق ملف المعطيات المستقل RINEX. تكفي البرامج التجارية لعمليات المسح اليومية الاعتيادية وتعطي عادة عدداً محدوداً من الخيارات، ويمكن استعمالها بسهولة من قبل مستخدمي نظام الـGPS. تحتوي تلك البرامج في بعض الأحيان على تعديل خطوط القواعد، ويلزم برامج إضافية أخرى لحسابات الشبكة والحصول على إحداثيات معدلة. تسمح عادة تلك البرامج بالتطبيقات الساكنة والحركية وتحوي إمكانية تخطيط القياس. كأمثلة على البرامج التجارية المنتشرة في الأسواق نذكر: Static Kinematic Software SKI لشركة Leica، GPSurvey لشركة Trimble، PRISM لشركة Ashtech والبرنامج GNSS Studio من شركة تالس. في هذا البحث تم استخدام برنامج المعالجة GNSS Studio الذي يوفر تطبيقات مساحية عديدة سواء المرتبطة بأسلوب المعالجة اللاحقة أو المعالجة في الزمن الحقيقي. ويتضمن البرنامج الوظائف التالية:

**1-** تعديل الشبكات الجيوديزية.

**2-** إدخال وإخراج البيانات.

**3-** إدارة أنظمة الإحداثيات.

**4-** العمل مع قاعدة بيانات نظم المعلومات الجغرافية.

يسمح البرنامج GNSS Studio باستثمار جميع نماذج الجيوئيد المتوفرة مع البيانات. حيث يمكن إدخال نموذج جيوئيد معين في منطقة جغرافية محددة، وتحميل هذه البيانات إلى جهاز الاستقبال من اجل استخدامات مستقبلية في الحقل. بهذه الطريقة يمكن الحصول على الارتفاع مباشرة عند اخذ القياسات بنظام الـGPS. يحتوي هذا البرنامج على

مجموعة من البرامج الجزئية مثل برنامج تخطيط القياسات الذي يحدد هندسية الأقمار بالنسبة للمحطة التي سيتم قياسها وبالتالي زمن الرصد المناسب. ويضم أيضا برنامج الاتصال مع الحاسب. وبرنامج تحميل البيانات الخام، برنامج تحويل البيانات المستقلة RINEX إلى صيغة ملفات الخام للمستقبل Ashtech وبالعكس.

من أجل معالجة بيانات أي مشروع GPS في تأسيس شبكة جيوديزية نتبع الخطوات التالية:

**a)** تنزيل البيانات الخام من المستقبل إلى الحاسوب وإجراء المعالجة الأولية.

**b)** اختيار معاملات الحساب (الدقة المطلوبة، نظام المقارنة، ارتفاع الهوائي ...الخ).

**c)** تنفيذ المعالجة الأولية وفق الترتيب التالي: قاعدة– قاعدة، فترة – فترة ثم يوم – يوم بالترتيب وذلك لاكتشاف القياسات السيئة واختيار القواعد المستقلة التي ستستخدم في تعديل الشبكة ككل.

**d)** تعديل جميع القواعد والحصول على الإحداثيات النهائية لنقاط الشبكة.

**e)** تحليل دقة وموثوقية قياسات الـGPS في الشبكة.

**f)** تحويل إحداثيات GPS إلى الجملة العامة للبلد باستخدام الطريقة المناسبة.

بشكل عام يتم تنفيذ عمليات تحويل الإحداثيات الجيوديزية $(\varphi ، \lambda)$ التي يعطيها نظام تحديد المواقع العالمي إلى الإحداثيات المحلية وفق المراحل الآتية:

**1**- تحويل الإحداثيات الجيوديزية $(\varphi ، \lambda)_{\text{WGS-84}}$ الناتجة عن نظام GPS إلى إحداثيات جيومركزية فراغية $(X, Y, Z)_{\text{WGS-84}}$.

**2**- حساب معاملات التحويل بين جملة Clarke 1880 المركزية وجملة WGS-84 المركزية.

**3**- تحويل الإحداثيات المركزية $(X, Y, Z)_{\text{WGS-84}}$ إلى $(X, Y, Z)_{\text{Clarke180}}$ ومن ثم إلى إحداثيات جيوديزية $(\varphi ، \lambda)_{\text{Clarke 1880}}$.

**4**- تحويل الإحداثيات $(\varphi ، \lambda)_{\text{Clarke 1880}}$ إلى إحداثيات محلية ديكارتية (x, y) وفق نظام الإسقاط المستخدم.

لا بد من الإشارة هنا إلى أنه يجب حساب معاملات التحويل بين نظام المقارنة WGS-84 وأنظمة الإحداثيات المحلية لكل منطقة مدروسة وذلك للحصول على الدقة المطلوبة. حيث تتغير هذه المعاملات كثيرا من منطقة لأخرى وحسب الاهليلج المستخدم. تعطي منظمة NIMA معاملات التحويل (الانسحاب) لمنطقة سورية بين النظام EUR-5 والنظام WGS-84 على الشكل التالي [7] : TX= -103 ،TY = -106 m, TZ= -141 m.

## النتائج والمناقشة:

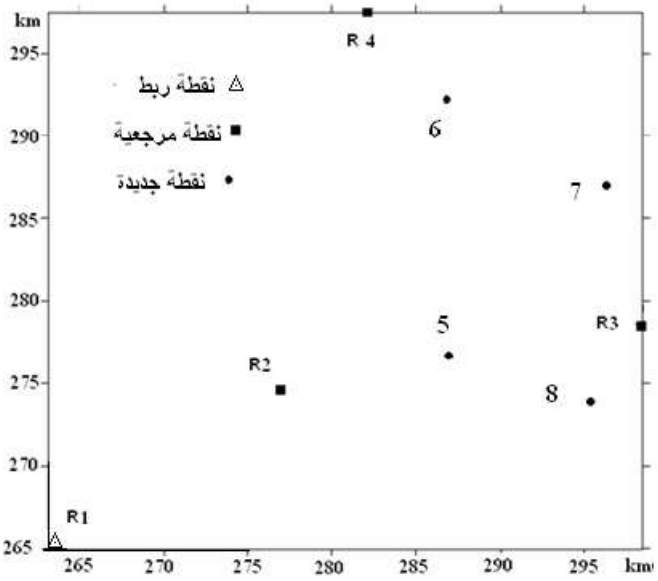
### تكثيف شبكة جيوديزية في الجملة السورية لامبير باستخدام نظام GPS:

من أجل عرض خطوات تأسيس وتكثيف شبكة جيوديزية في الجملة السورية لامبير باستخدام نظام GPS تم تنفيذ القياسات الساكنة بنظام الـGPS للشبكة المبينة في الشكل رقم (3) ومعالجة البيانات باستخدام برنامج المعالجة GNSS Studio. حيث تم استخدام أربع نقاط ربط في الشبكة لتكثيفها، وحساب نقاط جديدة وتحليل دقتها بعد حساب معاملات التحويل في المنطقة المدروسة. يبين الشكل (3) نقاط الشبكة الجيوديزية المرجعية والنقاط الجديدة المحسوبة بنظام تحديد المواقع العالمي GPS. ويبين الجدول (1) إحداثيات نقاط الشبكة في جملة لامبير السورية.

**الجدول رقم (1) – إحداثيات نقاط الشبكة الجيوديزية وفق لامبير السوري**

| Number | Name | X (m) | Y (m) |
|---|---|---|---|

| | | | |
|---|---|---|---|
| **R 1** | SADAD | 263135.11 | 264973.23 |
| **R 2** | 557 | 276939.07 | 274558.71 |
| **R 3** | G1 | 298500.77 | 278519.80 |
| **R 4** | MARRAN | 282113.04 | 297508.97 |
| **5** | ABURABAH | 286928.26 | 276690.96 |
| **6** | BNG-27 | 286831.47 | 292205.73 |
| **7** | MKMN | 296392.19 | 287365.64 |
| **8** | QUMQOM | 295406.26 | 273884.84 |




**الشكل 3- نقاط الشبكة الجيوديزية الأولى**

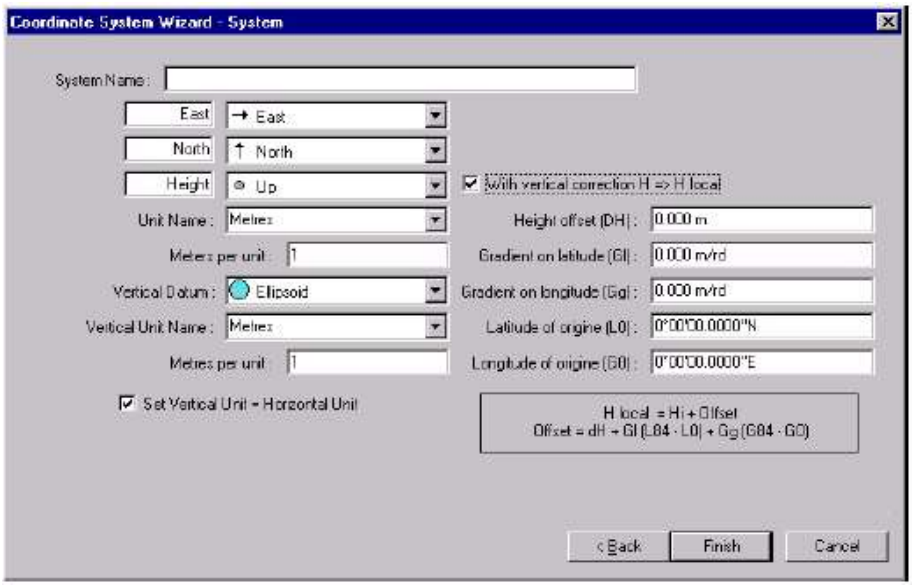
في المرحلة الأولى تم تعيين الإحداثيات الجغرافية $(\varphi ، \lambda)$ لهذه النقاط في جملة الإحداثيات العالمية WGS84 بدقة عالية وذلك من خلال رصدها بالطريقة الساكنة باستخدام أجهزة استقبال نوع تالس وأدرجت نتائج القياس في الجدول رقم (2).

**الجدول رقم 2- الإحداثيات الجغرافية لنقاط الشبكة وفق WGS84**

| رقم النقطة | نوع النقطة | $\varphi$ | $\lambda$ | الارتفاع (m) |
|---|---|---|---|---|
| **R 1** | نقطة ربط | 34° 19' 59.7336"N | 36° 57' 01.3209"E | 969.22 |
| **R 2** | نقطة مرجعية | 34° 25' 12.3342"N | 37° 06' 00.7045"E | 816.13 |
| **R 3** | نقطة مرجعية | 34° 27' 21.7664"N | 37° 20' 05.4693"E | 694.23 |
| **R 4** | نقطة مرجعية | 34° 37' 37.8101"N | 37° 09' 21.8064"E | 851.68 |
| **5** | نقطة جديدة | 34° 26' 22.1484"N | 37° 12' 31.9646"E | 952.27 |
| **6** | نقطة جديدة | 34° 34' 45.8656"N | 37° 12' 27.3955"E | 733.12 |

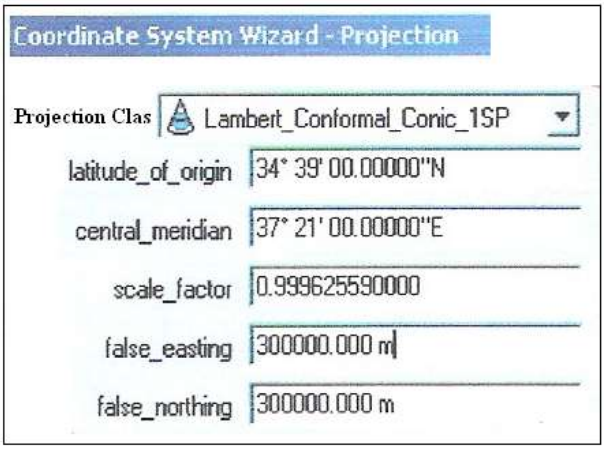
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **7** | نقطة جديدة | 34° 32' 08.9582"N | 37° 18' 42.7371"E | 796.85 |
| **8** | نقطة جديدة | 34° 24' 51.2625"N | 37° 18' 04.2402"E | 763.36 |

في مرحلة معالجة البيانات الخام تم تشغيل البرنامج GNSS Studio وخلق مشروع جديد وإدخال الإعدادات ونظام المقارنة WGS84 واختيار الدقة المطلوبة حيث تم اختيار الدقة الأفقية 1PPM والدقة الشاقولية 2PPM كما تم اختيار نظام الإسقاط وتعريفه كما هو مبين في الشكل رقم (4).



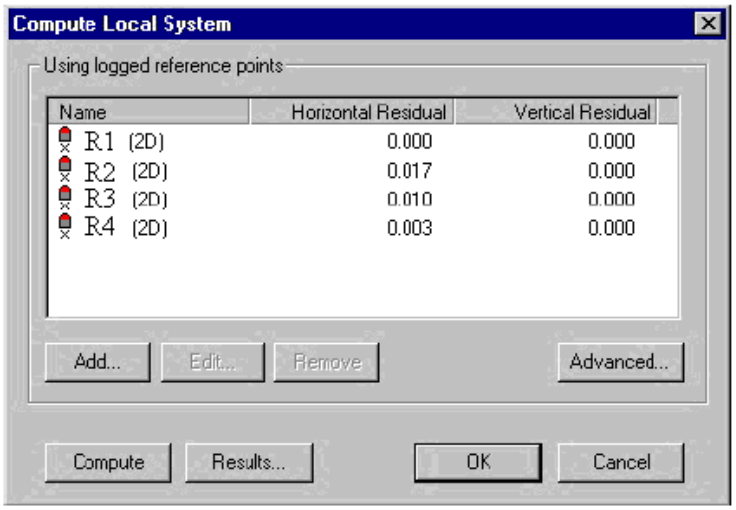

**الشكل 4– إعدادات نظام الإسقاط**

بعد ذلك تم استيراد البيانات الخام واختيار نقطة ربط ثابتة هي النقطة R1 التي تمثل نقطة مثلثاتية من الدرجة الأولى في منطقة سعدات قرب مدينة تدمر وقد تم تثبيت إحداثياتها الأفقية والشاقولية. بعد ذلك تم تعديل الشبكة وتحليل اهليلج الأخطاء للنقاط ومؤشر الدقة. من أجل حساب معاملات التحويل السبع المعروفة وحساب الإحداثيات الديكارتية في الجملة المحلية السورية لامبير يجب اختيار نظام إسقاط جديد. بعد ذلك تم خلق نظام إحداثيات محلي لحساب معاملات التحويل بين نظامي الإحداثيات المحلي لامبير السوري ونظام الإحداثيات العالمي WGS84 حيث تم إدخال معاملات نظام الإحداثيات لامبير السوري و نظام المقارنة Clarke 1880 كما في الشكل (5).



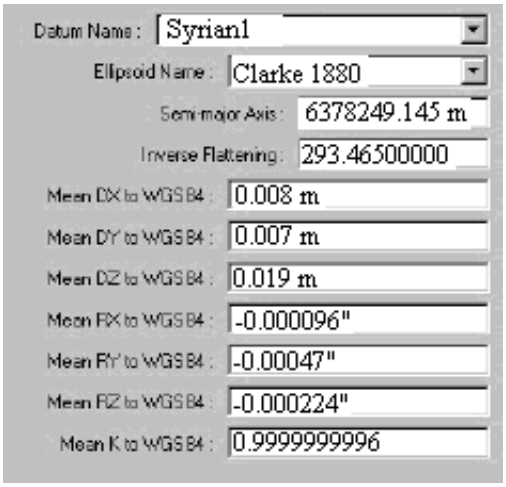

**الشكل 5- بيانات نظام الاسقاط السوري لامبير**

بعد ذلك يجب إدخال الإحداثيات المحلية للنقاط المرجعية حيث تم اختيار أربع نقاط مرجعية هي R1, R2, R3, R4، لحساب معاملات التحويل السبع بين النظامين. وعند النقر على أمر الحساب نحصل على نتائج الفروقات في الإحداثيات الأفقية للنقاط المرجعية والتي تراوحت في المجال من 3 مم إلى 17 مم كما في الشكل رقم (6).




**الشكل 6- نقاط الشبكة المرجعية والرسوبيات الأفقية**

عند النقر على أمر النتائج يمكن إظهار نافذة تلخص انزياح نظام المقارنة الجديد كما في الشكل رقم (7). إذا كانت النتائج مقبولة يمكن التغيير إلى نظام الإحداثيات المحلي وبالتالي تصبح الشبكة المدروسة في البرنامج في جملة الإحداثيات المحلية لامبير.




**الشكل 7- انزياحات نظام الإسناد السوري**

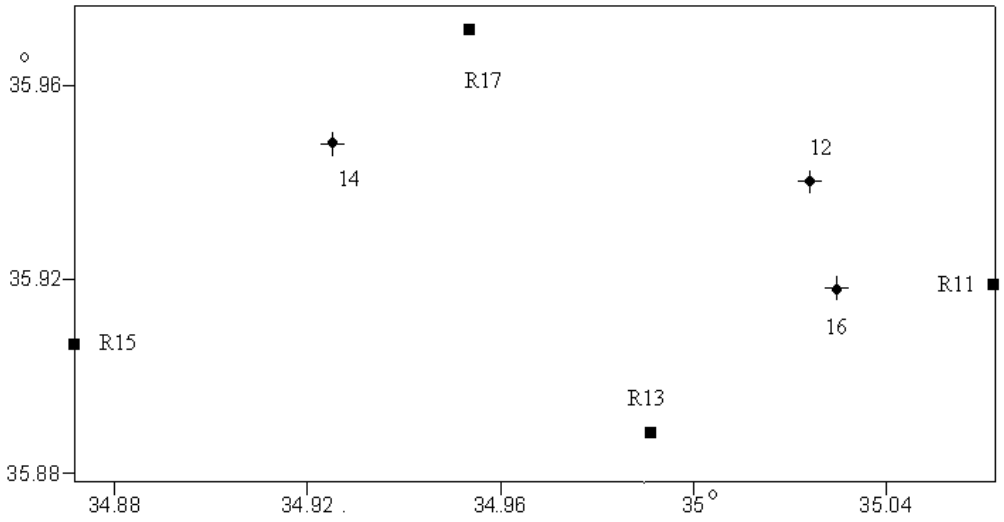
إذا لم تكن معاملات التحويل في المنطقة معروفة يجب حسابها باستخدام النقاط المرجعية وبرامج التحويل المختلفة. تم حساب معاملات التحويل السبعة بين النظامين (ثلاثة انسحابات بين النظامين وثلاثة دورانات حول المحاور وعامل المقياس لمنطقة الشبكة الأولى كما هو موضح في الجدول 3.

**الجدول رقم 3- معاملات التحويل السبعة بين النظامين للشبكة الأولى**

| الانسحابات | | | عامل المقياس | الدورانات | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TX(m) | TY(m) | TZ(m) | S (PPM) | RX(″) | RY(″) | RZ(″) |
| -681.1697 | 227.3073 | -261.8107 | 10.11 | 8.170843 | 17.95224 | 30.89291 |

**تكثيف شبكة جيوديزية في الجملة الستيريوغرافية باستخدام نظام GPS:**

بالطريقة السابقة نفسها يمكن تكثيف الشبكات الجيوديزية المعطاة في الجملة الستيريوغرافية السورية باستخدام القياسات الساكنة بنظام الـGPS، فتم اختبار تكثيف نقاط الشبكة الجيوديزية (R11, R13, R15, R17) المبينة في الشكل (8) بنقاط جديدة (12, 14, 16) باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي GPS. ويبين الجدول (4) إحداثيات نقاط الشبكة في الجملة الستيريوغرافية والإحداثيات الجغرافية في الجملة WGS84.




**الشكل 8- نقاط الشبكة الجيوديزية الثانية**

**الجدول رقم 4- الإحداثيات الستيريوغرافية والجغرافية لنقاط الشبكة الثانية**

| رقم النقطة | إحداثيات جغرافية WGS-84 | | | إحداثيات ستيريوغرافية | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $\varphi$ بالدرجات | $\lambda$ بالدرجات | H(GPS) (m) | X (m) | Y (m0 |
| R11 | 35.06253803 | 35.91883594 | 246.922 | -294747.65 | 100378.57 |
| R13 | 34.99115203 | 35.88839667 | 40.623 | -297774.21 | 92553.48 |
| R15 | 34.87166411 | 35.90678056 | 95.524 | -296520.68 | 79245.41 |
| R17 | 34.95354747 | 35.97202051 | 349.228 | -290276.67 | 88138.46 |
| 2 | 35.02392111 | 35.94033612 | 236.107 | -292919.03 | 96034.38 |
| 4 | 34.92501211 | 35.94771121 | 245.753 | -292592.53 | 85049,93 |
| 6 | 35.02951878 | 35.91818206 | 97.426 | -294923.96 | 96718.59 |

تم حساب معاملات التحويل السبعة بين النظامين (ثلاثة انسحابات بين النظامين وثلاثة دورانات حول المحاور وعامل المقياس لمنطقة الشبكة الثانية التي تمتد على مساحة (90 x 85 km) وذلك باستخدام إحداثيات عدد من نقاط الربط المشتركة في كلا النظامين كما هو مبين في الجدول (5).

**الجدول رقم 5- معاملات التحويل السبعة بين النظامين للشبكة الثانية**

| الانسحابات | | | عامل المقياس | الدورانات | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TX(m) | TY(m) | TZ(m) | S (PPM) | RX(″) | RY(″) | RZ(″) |
| **108.155** | **76.413** | **-306.65** | **10.178** | **17.841** | **12.389** | **10.889** |

بعد ذلك تم التحقق من قيم هذه المعاملات من حساب إحداثيات بقية النقاط. حيث تم حساب الفروقات في الإحداثيات الستيريوغرافية المحسوبة بنظام تحديد المواقع GPS والإحداثيات المعلومة للنقاط نفسها باستخدام معاملات التحويل المحسوبة؛ وتراوحت هذه الفروق في المجال من 2 سم إلى 5 سم لمسافات تصل إلى 10 كم.

## الاستنتاجات والتوصيات:

### الاستنتاجات:

1- إن تكثيف الشبكات الجيوديزية الموجودة باستخدام تقنية الـGPS يوفر الدقة من مرتبة السنتيمترات للمركبات الأفقية ولا يحتاج إلا لعدد محدود من النقاط المرجعية الموزعة في أرجاء القطر. وبالتالي يمكن التخلص من مشاكل دقة وموثوقية النقاط المثلثاتية في سورية.

2- يمكن استخدام نقاط الشبكة الجيوديزية مع معاملات التحويل المحسوبة في منطقة البحث في أعمال المسح الطبوغرافي الدقيق بنظام تحديد المواقع العالمي GPS.

3- تعد تقنية الـGPS تقنية سريعة ودقيقة لتأسيس شبكات مرجعية من أجل الربط الجيوديزي نظرا لصعوبة تأمين الأساس المساحي الدقيق لذلك.

4- إن استخدام المحطات العالمية IGS كمحطات ربط للنقاط الجديدة يقلل من عدد أجهزة الرصد المطلوبة لإكمال الأعمال الحقلية وبالتالي يقلل من تكلفة تجميع البيانات الحقلية باستخدام تقنية GPS.

### التوصيات:

1) يجب اختيار النقاط المرجعية بحيث تغطي كامل منطقة النقاط الجديدة المحسوبة بنظام GPS وحساب معاملات التحويل لكل منطقة نظرا لتغيرها الكبير من منطقة لأخرى.

2) يجب اختيار طريقة الرصد الحقلي المناسبة بنظام GPS حسب الدقة المطلوبة في تحديد المواقع وحسب نوع التطبيق المستخدم.

3) يمكن استخدام محطات GPS دائمة القياس المنتشرة في سوريا والموضوعة من قبل هيئة الزلازل كنقاط ربط في تكثيف الشبكات الجيوديزية، الأمر الذي يقلل عدد المستقبلات اللازمة للرصد في الشبكة.

4) يمكن رفع دقة قياسات تحديد المواقع GPS بصورة مؤثرة وإجراء الحسابات الدقيقة لتحديد المواقع باستخدام المنتجات التقنية المتاحة مجانا على مواقع الانترنت المتخصصة مثل موقع المنظمة العالمية لخدمات النظم الملاحية بالأقمار الصناعية في الرابط http://igscb.jpl.nasa.gov/.

## المراجع:


1. LEICK A., *GPS Satellite surveying*, John Wiley & Sons, Inc, New York, 1995, 560.
2. GHILANI C. D., WOLF P. R., *Adjustment Computations*, Fourth Edition, Jhon Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2006, 632.
3. SEEMKOOEI ALIREZA AMIRI, *Strategy For Designing Geodetic Network With High Reliability And Geometrical Strength*. Journal Surveying Engineering, Vol. 127, No. 3, August, 2001, ASCE, 14.
4. J. C. WEBER, J. SALEH, S. BALKARANSINGH, T. DIXON, W. AMBEH, T. LEONG, A. RODRIGUEZ, K. MILLER. *Triangulation-to-GPS and GPS-to-GPS geodesy in Trinidad, West Indies: Neotectonics, seismic risk, and geologic implications.* Original Research Article Marine and Petroleum Geology, Volume 28, Issue 1, January 2011, Pages 200- 211. www.sciencedirect.com
5. RODRIGO FIGUEIREDO LEANDRO. *Precise Point Positioning With GPS*, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, P.O. Box 4400, Fredericton, N.B. Canada, 2009, 266.
6. http://www.geod.nrcan.gc.ca.
7. http://164.214.2.59/GandG/wgs84dt/.