طريقة مبتكرة لإيجاد ارتفاعات النقاط بدقة عالية لاستخدامها في أنتاج الموديل الرقمي للأرض (DEM) بواسطة منظومة GPS

صفاء جاسم محمد* و صلاح يوسف عبود**

تاريخ التسليم:2008/4/16
تاريخ القبول:2008/8/7

الخلاصة

تم خلال هذا البحث بناء موديل رياضي يمكننا من توظيف منظومة ايجاد الموقع العالمي (GPS)(Global Positioning System)حساب الارتفاعات بدقة عالية لاستخدامها في رسم الخطوط الكنتورية بفترة كنتورية لغاية 1م لاستخدامها في اعداد الموديل الرقمي للارض(DEM) (Digital Elevation Model) .

لقد تم انتخاب نقاط الارتفاع وفق المعايير المعتمدة عالمياً , واجري تحليل القياسات رياضياً وفق المعادلات المستخدمة في علم الجيودوسي للحصول على الدقة المطلوبة لكافة الاعمال الهندسية .

Towerd Method to Find The Elevations of Points to Creat Digital Elevations Model (DEM) Using Global Positioning System(GPS)

Abstract

In this present research mathematical model is built , this model has the ability of using global positioning system (G.P.S) to compute the elevations with high accuracy to use in mapping contour lines with contour interval 1m applied in fabricating digital elevation model (DEM). Certain spot height are chosen by means of universal standard, the measurements are mathematically analyzed using general equations in geodesy to obtain acceptable accuracy to all engineering works .

1. المقدمة

ان منظومة ايجاد الموقع العالمي G.P.S (Global positioning system) هي منظومة اقمار صناعية تستند الى نظام ملاحي يقوم على تسخير خدمة 24 قمر صناعي تدور في مدارات ثابتة بحيث تؤمن تغطية كاملة للمنطقة كل 12 ساعة وتعمل في كافة الظروف الجوية وبدون توقف لـ 24 ساعة في اليوم لاحظ الشكل رقم (1), حيث تشكل كل اربعة اقمار صناعية مداراً اهليجيا (Orbit) يميل عن الافق ميلاً زاوياً بمقدار 55 درجة وبذلك توجد 6 مدارات تبتعد عن بعظها بشكل منتظم .

تم اطلاق اول قمر صناعي ضمن المنظومة المسماة منظومة (Navistar) في عام 1987 وتكامل اطلاق 24 قمر في نهاية عام 1994 . ان عمر كل قمرفي المدار هو 10 سنوات ويزن 2000 باوند ويعمل بالطاقة الشمسية اضافة الى تجهيزه ببطاريات لضمان استمراره بالعمل عند كسوف الشمس وغياب الطاقة الشمسية كما انه مجهز بمقويات صاروخية صغيرة لتثبيت مساره بشكل صحيح وان طاقته الاشعاعية تبلغ (50 واط) او اقل بقليل.

2. يستلم مستخدم المنظومة اشارات المنظومة التي هي عباره عن اشارات راديوية قصيرة يبلغ ترددها MHZ (1575),UHF(42) وباستخدام طريقة التثليثTriangulationيتم بدقة حساب احداثيات الموقع المستخدم من خلال مقارنه بين وقت استلام الاشارة من اي قمر مع وقت ارسالها لتحديد ارتفاع او بعد القمر الصناعي وباستخدام القياسات من عدة أقمار

*قسم هندسة البناء والانشاءات ,الجامعة التكنلوجيا/ بغداد
**المديرية العامة للدراسات والتصاميم الهندسية/وزارة الموارد المائية

https://doi.org/10.30684/etj.27.1.18
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

يمكن تحديد الموقع بدقة ومن ثم عرضه على الشاشة الالكترونية للمنظومة .

3. على مستخدم منظومة G.P.S استلام اشارات ثلاث اقمار صناعية على الاقل لتحديد احداثيات ثنائية الموقع (Xp,Yp) (Two dimension) والتي تمثل دائرة طول ودائرة عرض (Longitude , latitude)وتعقب من خلال خدمة (Navigation mode) المتوفرة في المنظومة اما لغرض تحديد احداثيات ثلاثية الابعاد (Three dimension) فيجب استلام اشارة اربع اقمار صناعية على الأقل (Longitude , latitude , altitude) كما يمكن الحصول على معلومات اضافية عند رصد اربعة اقمار او اكثر مثل : السرعة , اتجاه المسار , الشروق والغروب .

4. إن تعيين الإحداثيات باستخدام نظام التعيين الموقعي التفاضلي (DGPS) (Differential Global Positioning system) شكل رقم (2) .

يعتمد على أساس اخذ القراءات باستخدام اكثر من جهاز GPS احدها على الاقل ثابت في منطقة العمل والاخر متحرك وبذلك يصبح من السهل اجراء المفاضلة في القياسات خاصة اذا تم اعتماد وضع الجهاز او الاجهزة الثابتة على نقاط ضبط ارضي معلومة القراءات والاحداثيات بدقة عالية .

5. لقد اصبحت التطبيقات التي تسهم فيها اجهزة استلام اشارات الاقمار الصناعية G.P.S واسعة ومتعددة نظراً للخواص والمميزات التي تمتاز بها تلك المنظومة والتي اهمها اختصار الوقت والجهد بالنسبة الى الكثير من الاجهزة والمعدات المساحية التقليدية حيث باتت تلك المنظومة العمود الفقري للعديد من الاعمال المساحية والتي يكون فيها العمل الحقلي وايجاد الاحداثيات اساسا للاعمال والحسابات المكتبية المختلفة ناهيك عن التطبيقات الواسعة لهذه المنظومة في الاعمال الهندسية الاخرى , وبنظره متفحصة للنتائج المستحصلة عن اقيام المناسيب المسنودة الى سطح مرجعي معين (Datum) نلاحظ ان الدقة المستحصلة للمناسيب باستخدام منظومة الـ G.P.S لاتؤمن الدقة المطلوبة وخصوصاً في انتاج الخرائط الطبوغرافية ورسم طبوغرافية المواقع والخطوط الكنتورية ذات الدقة العالية التي يحتاجها بناء الموديل الرقمي للارض (DEM) ما حدى بنا الى هذه الدراسة من خلال تطوير وزيادة دقة المناسيب باستخدام اجهزة G.P.S لمتطلبات انتاج الخرائط الطبوغرافية وباستخدام المعادلات الجيودوسية المتيسرة .

تعتمد هذه الطريقة على اساس حساب الارتفاعات باستخدام اسلوب تحليل دقة القراءات المأخوذة بمنظومة GPS واجراء تحليل رياضي لعناصر الدقة وتحديد مصادر الخطأ في تلك القراءات وتحسين دقتها.

ان عملية حساب الارتفاعات هي عملية ضمنية في ايجاد الموقع الجيودوسي (Φ , λ , h) او الموقع الكارتيزي (X,Y,Z) وكما هو معروف فان موقع النقطة باستخدام اجهزة الـ G.P.S ممكن تعريفه بالمعادلات التالية :

$$(Xp-Xs1)^2 + (Yp-Ys1)^2 + (Zp-Zs1)^2 = C*T + ST1$$

$$(Xp-Xs2)^2 +(Yp-Ys2)^2 + (Zp-Zs2)^2 = C*T + ST2$$

$$(Xp-Xs3)^2 +(Yp-Ys3)^2 + (Zp-Zs3)^2 = C*T + ST3 \quad ....(1)$$

$$(Xp-Xs4)^2 + (Yp-Ys4)^2 + (Zp-Zs4)^2 = C*T + ST4$$

حيث ان :

Xsi ,Ysi , Zs : احداثيات القمر الصناعي.(رقم القمر الصناعي: i)

Xp, Yp, Zp : موقع النقطة المطلوبة .

C : سرعة الموجة الحاملة لاشارة الاقمار الصناعية وهي معروفة وتساوي سرعة الضوء .

T : هو الزمن المستغرق للموجه الحاملة عند قطعها المسافة من القمر الصناعي الى جهاز الاستلام وتساوي زمن بث الاشارة مطروح منه زمن استلام الاشارة .

ST : هو الفرق بين ساعة القمر الصناعي وساعة جهاز الاستلام .

ومن الملاحظ في المعادلات اعلاه بأن المجاهيل في المعادلات هي Xp , Yp , Zp والتي يمكن ان نعبر عنها جيوديسيا كالاتي :

$$\left.\begin{aligned} Xp &= (N + hp) \cos \lambda p \cos \Phi p \\ Yp &= (N + hp) \cos \Phi p \sin \lambda p \\ Zp &= [N (1-e^2) + hp] \sin \Phi p \end{aligned}\right| \quad ....(2)$$

حيث ان :

N : هي نصف القطر العمودي للجسم الكروي (Ellipsoid) والذي يحسب بالمعادلة التالية :

$$N = \frac{a}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 fp}}$$

*قسم هندسة البناء والانشاءات ,الجامعة التكنلوجيا/ بغداد
**المديرية العامة للدراسات والتصاميم الهندسية/وزارة الموارد المائية

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

نصف القطر الاستوائي للمجسم الارضي : α

نصف القطر القطبي للمجسم الارضي : b

نسبة التفلطح $f = \frac{a-b}{a} =$

الاختلاف المركزي الاول $e^2 = 2f - f^2$

وان e^2 هو الاختلاف المركزي الاول للمجسم الارضي (Ellipsoid) اما hp في المعادلة السابقة فيمثل ارتفاع النقطة p عن مستوى سطح المجسم .

وعند التعويض في المعادلات (2) في منطوق المعادلات في (1) تكون المجاهيل في المعادلات (1) هي Xp , Yp , hp وممكن حلها آنياً وايجاد hp وكذلك Np , λp ,Φp وعند وجود اكثر من اربعة اقمار يمكن حل المعادلات بواسطة نظرية اصغر المربعات(Less square adjustment) وهذا يفسر لنا بانه في حالات عديدة فان الجهاز لايقرأ الارتفاعات الا بعد استلامه من اربعة اقمار فأكثر .

من الواضح في صيغة المعادلات المتقدمة بأن مصادر الخطأ في الارتفاع تعتمد بالدرجة الاساس على قيمة hp للموقع ودقتها ويمكن ان نعبر عن مقدار الخطأ في الارتفاع كخطأ مترابط (propagation error) كالاتي :

$$E^2 h = E^2\Phi + E^2\lambda \qquad \text{.....(3)}$$

حيث :

E^2h : الخطأ المتوقع في الارتفاع .

$E^2\Phi$: الخطأ المتوقع في حساب خط العرض .

$E^2\lambda$: الخطأ المتوقع في حساب خط الطول .

وبالتالي واستناداً الى ما تقدم فأنه للاغراض الملاحية يكون حساب الموقع بدقة (25-26)m ودقة الاتفاع اعتماداً على المعادلة رقم (3) تساوي (35-85)m اما للاغراض الدقيقة وعند استخدام اسلوب الرصد التفاضلي DGPS (Differential G.P.S) فأن دقة حساب الموقع ±30 cm وعليه تكون دقة الارتفاع حسب المعادلة (3) ± 42cm وهي دقة كافية لرسم خطوط كنتورية بفترة 1m .

وتبقى مشكلة رئيسية وهي ان الارتفاعات المحسوبة مسنودة الى سطح المجسم الارضي (Ellipsoid) في حين ان الارتفاعات المطلوبة يجب ان تستند الى سطح مرجعي اخر وهو geoid (السطح المتساوي الجهد) حيث نلجأ الى طريقة مبتكرة لايجاد الموقع بدقة مقبولة .

6. الحسابات والتدقيق الحقلي .

تتلخص الطريقة المقترحة وبموجب منطقة الدراسة باعداد خارطة طبوغرافية لمنطقة ابعادها 5 km * 5km بدقة ارتفاع اقل من 50 cm وكالاتي :

أ. البحث عن اربع نقاط ارتفاع من الدرجة الاولى تحدد منطقة العمل او على الاقل ثلاث نقاط في حين ممكن اجراء الطريقة بنقطتان لكن بدون امكانية تدقيق للعمل .

ب. تحسب ارتفاع النقاط المشار اليها بواسطة اجهزة الـ G.P.S بنظام الرصد الموحد على ثلاث فترات وخلال ساعة كاملة .

ج. تحسب الفروقات بين الارتفاعات المرصودة والارتفاعات المعتمدة للنقاط .

د . حساب معدل الفروقات .

هـ. معاملة اي ارتفاع مرصود بالـ G.P.S بذلك الفرق المحسوب في الفترة د وبذلك سوف يتم الحصول على دقة اقل من ±0.5 m وهي دقة اعلى من دقة الارتفاعات الخاصة بنقاط التثليث حيث ان دقتها هي ±80 cm .

وبالتالي يمكن اعتماد اجهزة الـ G.P.S لاغراض اعداد الخرائط الطبوغرافية بفترة كنتورية 1m او اقل.

حيث اعتمدت هذه الطريقة لحساب ارتفاع نقطة الارتفاع من الدرجة الاولى رقم 20087 وارتفاعها المعتمد هو 43.30 cm وتم حساب ارتفاعها بواسطة الـ G.P.S بجهاز wm101 فكان 55.053 m حيث تم رصد نقطتين اخريين وهما 20079 , 20073 ارتفاعهما المعتمد على الترتيب (42.00m , 40,20m) والارتفاع المرصود بجهاز الـ G.P.S نوع wm101 هو على الترتيب (52.237m , 52.372m) حيث كانت الفروقات المحسوبة هي (12.372m , 10.237m) واستخرج معدل الفرق فكان 11.304 m وعند معاملة هذا الفرق مع ارتفاع النقطة 20087 المرصود باجهزة الـ G.P.S والبالغ 55.053 m اصبح الارتفاع المصحح بموجب الطريقة المبتكرة يساوي (43.749m) وهو يزيد بفرق قدرة 0.449 m وهذا الفرق هو ضمن الفترة الكنتورية البالغة 50 cm ناهيك بان هذا الفرق هو حافات المنطقة المراد مسحها طبوغرافياً وبعملية النسبة والتناسب فان اي نقطة في منتصف المنطقة مثلا ستكون بنسبة ارتفاع 0.225 m لاحظ الشكل رقم (3) .

*قسم هندسة البناء والانشاءات ,الجامعة التكنلوجيا/ بغداد
**المديرية العامة للدراسات والتصاميم الهندسية/وزارة الموارد المائية

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

7. الاستنتاجات

أ. بالامكان توظيف استخدام اجهزة تحديد الموقع العالمي (GPS) في حساب الارتفاعات بدقة فترة كنتورية تصل الى (1m) .

ب. يمكن استخدام هذه النقاط كقيم اساسية لشبكة (EDM) لعمل الموديل الرقمي للارض لبيان طبوغرافية الارض بشكل دقيق يخدم كافة الاعمال الهندسية .

ج.يمكن الاستعاضة بهذه الطريقة عن العمل المساحي الموقعي في رسم الخطوط الكنتورية بالطرق التقليدية.

8. المصادر

[1]. Esri business information solution , Geography network .

[2]. Global positioning system standard positioning service specification .2nd edition , June 2, 1995 .

[3]. NAVSTAR GPS user Equipment introduction . 1996

[4]. Dare ,Pand Saleh H. 2000 " The use of Heuristics in design of GPS network " .

[5]. Elliot , D. 1996 "Under standing GPS: principles and Applications.

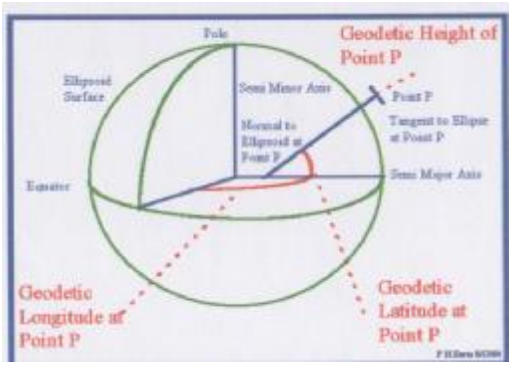
[6]. Leick, Alfred. 1995. "GPS satellite surveying". 2nd edition new York . John Wiley and sons.

[7]. National Imagery and Mapping Agency . 1997 . Department of Defense word Geodetic system 1984 .Its Definition and Rotation ship with Local Geodetic Systems NIMA TR8350 . 2Third Edition 4July 1997 . Bethesda , MD. National Imagery and Mapping.

*قسم هندسة البناء والانشاءات ,الجامعة التكنلوجيا/ بغداد
**المديرية العامة للدراسات والتصاميم الهندسية/وزارة الموارد المائية

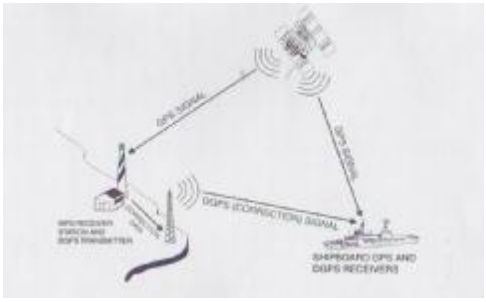
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

شكل رقم (1) يوضح شبكة الاقمار الصناعية المتكاملة في نظام GPS

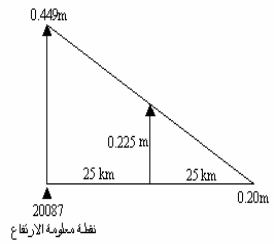


شكل رقم(4) يوضح الاحدائيات بنظام G.P.S

.



شكل رقم (2) يوضح (DGPS) التفاضلي



شكل رقم (3) . يمثل طريقة الحساب لتحقيق الدقة المطلوبة

*قسم هندسة البناء والانشاءات ,الجامعة التكنلوجيا/ بغداد
**المديرية العامة للدراسات والتصاميم الهندسية/وزارة الموارد المائية

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com