

دراسة إمكانية الحصول على الفروقات الإرتفاعية باستخدام تقنية GPS ونموذج الجاذبية الأرضية العالمي/EGM2008/

الدكتور منير يحيى*

(تاريخ الإبداع 26 / 1 / 2015. قُبل للنشر في 31 / 3 / 2015)

□ ملخص □

إن استخدام نتائج أرصاد الأقمار الصناعية أدى إلى ثورة حقيقية في العلوم الجيوديزية وتطبيقاتها، ويتم حالياً دراسة إمكانية استبدال الطرق التقليدية في قياس الإرتفاعات باستخدام تقنية الـ GPS والذي يوفر وسيلة للحصول على الإحداثيات ثلاثية الأبعاد مباشرة، علماً أن الـ GPS يقيس الإرتفاعات الإهليلجية، لكن كي نتمكن من قياس ارتفاعات مهمة فيزيائياً كالارتفاع الأورثومتري فلا بد من وجود نموذج دقيق يعطي بعد الجيويدي عن الإهليلج (الانفصال الجيويدي). ففي بعض مناطق العالم (كما هو الحال في بحثنا) لا يتوافر إلا جيويديات عالمية. وهذه الجيويديات يتم حسابها كسلاسل من التتابع التوافقية إلى درجة ومرتبة معينة.

إن الاختلاف بين السطوح الإرتفاعية المرجعية وسطح الجيويدي العالمي يؤثر في الإرتفاع المراد إنتاجه من الـ GPS، ولكن بما أننا نتعامل في هذا البحث مع فروق الإرتفاعات، فلا تعد هذه مشكلة. من هنا تكمن أهمية البحث في دراسة إمكانية الحصول على فروق الإرتفاعات باستخدام تقنية GPS التي لا يزيد البعد بينها عن 500 م/ وتحسين هذه النتائج باستخدام نموذج الجيويدي العالمي /EGM2008/ إضافة إلى مقارنة بين نتائج الفروقات الإرتفاعية من قياسات الـ GPS ونموذج الجيويدي العالمي /EGM 2008/ وبين نتائج التسويتين الهندسية المباشرة والمثلثانية وصولاً إلى نتائج وتوصيات من شأنها زيادة الدقة في العمل وتوفير في الجهد والزمن.

الكلمات المفتاحية: الجيويدي العالمي EGM2008 - GPS - التسوية المثلثانية - التسوية الهندسية.

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

Study of the possibility of getting elevation deviations by GPS and a specimen of the global earth gravity / EGM2008/

Dr. Mouneer Yehia*

(Received 26 / 1 / 2015. Accepted 31 / 3 / 2015)

□ ABSTRACT □

The use of GPS readings has led to a real revolution in Geodesic sciences and their applications. Now, the possibility of replacing the conventional methods used in measuring elevations by using GPS technology which is a good method to get the 3D points providing that the GPS measures the helical elevations. In order to measure the Physically important elevations such as the ortho-metric elevation, there must be an accurate specimen that gives the Geoids of the helix (Geoids separation). In some parts of the world (as in the case of our study), there are only universal Ganoids .Those ganoids are calculated as series to reach a certain defined degree.

The difference in the elevation ref. surfaces and the surface of the global geoids affects the optimized elevation of the GPS, but if we deal in this paper with the deviations in elevations, there will be no problem . The importance of this paper starts here , as we can get the possibility of taking the deviations in elevations by using The GPS tech that does not exceed /500m/ distance along with improving the results by using EGM2008 model. The results of the deviations in elevation taken by GPS, the Universal Geoids specimen /EGM 2008 / the direct engineering and triangular settlements, will be compared so that we reach some recommendations that increase accuracy in work and save time and efforts.

Keyword: EGM2008 -GPS – Geometrical leveling –Trigonometric leveling.

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

مقدمة:

إن استخدام نتائج أرصاد الأقمار الصناعية أدى إلى ثورة حقيقية في العلوم الجيوديزية وتطبيقاتها، ويتم حالياً دراسة إمكانية استبدال الطرق التقليدية في قياس الارتفاعات باستخدام الـ GPS والذي يوفر إمكانية الحصول على الإحداثيات ثلاثية الأبعاد مباشرة، [5].

يقيس الـ GPS الارتفاع بالنسبة للإهليلج. وهذا الارتفاع ربما يوفر الفائدة لبعض التطبيقات المساحية المحدودة، ولكن معظم التطبيقات تتطلب أن تكون الارتفاعات منسوبة إلى سطح فيزيائي ذو معنى مثل الجيويدي، [6] لكن هناك العديد من القيود التي تعيق تطبيق الـ GPS في الحصول على الارتفاع، فعادة للحصول على الارتفاع من الـ GPS نحتاج إلى قياس الارتفاع الإهليلجي وتصحيح هذا الارتفاع باستخدام الارتفاع الجيويدي وتعديل الناتج ليناسب الشبكة الارتفاعية المحلية.

أهمية البحث وأهدافه:**أهمية البحث**

تكمن أهمية البحث في دراسة إمكانية الحصول على فروق الارتفاعات باستخدام تقنية GPS بين النقاط التي لا يزيد البعد بينها عن 500 م/ وتحسين هذه النتائج باستخدام نموذج الجيويدي العالمي /EGM2008/ إضافة إلى مقارنة بين نتائج الفروقات الارتفاعية من قياسات الـ GPS و نموذج الجيويدي العالمي /EGM2008/ وبين نتائج التسويتين الهندسية المباشرة والمثلثانية

أهداف البحث

يهدف البحث الى دراسة حقلية ميدانية في منطقة محدودة ضمن حرم جامعة تشرين للحصول على فروق الارتفاعات باستخدام تقنية أجهزة الـ GPS بين النقاط التي لا يزيد البعد بينها عن 500 م/ وتقنية أجهزة التسويتين المباشرة والمثلثانية (نيفو ضوئي ، نيفو الكتروني - محطة الرصد المتكاملة) بغية تحسين هذه النتائج باستخدام نموذج الجيويدي العالمي /EGM 2008/ إضافة إلى مقارنة بين نتائج الفروقات الارتفاعية من قياسات الـ GPS و نموذج الجيويدي العالمي /EGM2008/ وبين نتائج التسويتين الهندسية المباشرة والمثلثانية

منهجية البحث:**1- المرحلة الحقلية:**

- استطلاع المنطقة وتحديد نقاط المضع وتثبيتها على أرض الواقع مع رسم كروت وصف لها؛
- إجراء التسويتين المباشرة باستخدام جهاز النيفو، والمثلثانية باستخدام جهاز المحطة المتكاملة؛
- إجراء قياسات GPS.

2- المرحلة المكتبية:

- حساب فروق الارتفاعات من التسويتين المباشرة. والمثلثانية؛
- معالجة بيانات GPS للحصول على الإحداثيات ثلاثية الأبعاد.
- حساب ارتفاعات الجيويدي عند نقاط المشروع باستخدام نموذج جيويدي عالمي.
- حساب فروق الارتفاعات من المركبة الارتفاعية لـ GPS فقط.

- حساب فروق الإرتفاعات من المركبة الإرتفاعية لـ GPS والارتفاع الجيوئيدي.
 - مقارنة و تحليل النتائج.
- التسوية:**

يمكننا تعريف التسوية بأنها مجموعة العمليات التي بواسطتها نتمكن من تعيين فرق المنسوب بين نقطتين موجودتين على سطح الأرض[1].

1- أنواع التسوية:

هناك أنواع عديدة من التسوية منها: التسوية المباشرة (الهندسية)، وغير المباشرة (المثلثاتية)، وهما المتبعتان في العمليات المساحية [3].

نظام تحديد المواقع العالمي: (GPS) Global Positioning System

إن نظام التوضع الجغرافي العالمي GPS هو نظام ملاحي معتمد على الأقمار الصناعية ويزود الموضع الجغرافي بشكل مستمر بمعلومات زمنية في أي مكان في العالم وفي كافة الظروف المناخية.

1- مكونات نظام تحديد المواقع GPS:

وهي عبارة عن ثلاثة أقسام كما هي موضحة بالشكل (1):

القسم الفضائي - قسم التحكم والمراقبة - قسم المستخدمين [8]. الشكل (1) مكونات نظام تحديد المواقع GPS:



الشكل (1) مكونات نظام

2- طرق تحديد المواقع باستخدام الـ GPS:

- 1-1- التوضع المطلق (النقطي) باستخدام GPS؛
 - 2-2- التحديد النسبي؛
 - 2-3- الطريقة الساكنة باستخدام الـ (GPS)؛
 - 2-4- القياسات نصف الحركية بنظام الـ (GPS)؛
 - 2-5- القياسات الحركية في الزمن الحقيقي (RTK)؛
 - 2-6- الـ GPS التفاضلي في الزمن الحقيقي (DGPS).
- في هذا البحث قمنا بقياس وإيجاد فروق الارتفاع بين نقاط المضلع شكل (2) الذي تم تحديده وتثبيتته على أرض الواقع شكل (3) وتم تنفيذ القياسات بأجهزة مساحية متعددة منها الواقع (نيفو - تيودوليت - GTS - GPS)



شكل (2) المضع



شكل (3) كرت وصف لبعض النقاط

- وصف لحالات النقاط وتوضع الأجهزة المستخدمة (نيفو إلكتروني - محطة متكاملة-GPS) فوق القاعدة المساحية ولمسارات الأقمار الصناعية خلال فترة الرصد في سماء محطة رصد ما شكل (4)[8].

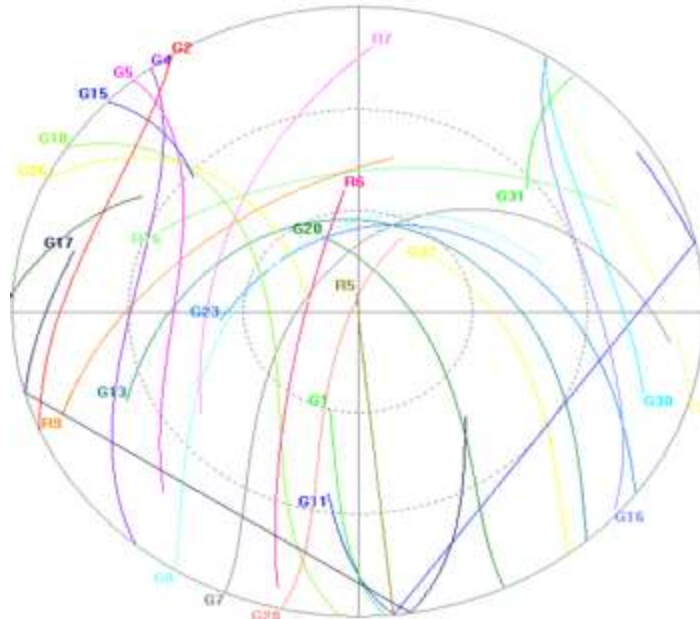


تيودوليت إلكتروني



نيفو إلكتروني





الشكل (4): مسارات الأقمار الصناعية خلال فترة الرصد في سماء محطة القاعدة لجهاز (GPS)

8- نتائج قياسات التسوية المباشرة ومعالجتها:

بعد أخذ القياسات وفي المكتب، قمنا بمعالجة هذه القياسات [4] وذلك كما يلي:

$$fh = \sum \Delta h = -0.040 \text{ m} = -4 \text{ cm} \quad (1)$$

نظريا وكون المسلك مغلقا، يجب أن يكون هذا المجموع مساويا للصفر. Δ

- الخطأ المسموح يتبع لطبيعة المنطقة ويحسب من العلاقة :

$$h = \pm 50 \text{ mm} * \sqrt{L(\text{km})} = \pm 7.9 \text{ cm} \quad (2)$$

قيمة الخطأ أقل من الحد المسموح، نقوم بتوزيع الخطأ وفق العلاقة :

$$V_i = \frac{-fh}{L} \cdot l_i \quad (3)$$

النتائج النهائية الحقلية قبل التعديل مبينة في الجدول (1)

الجدول (1) النتائج النهائية الحقلية قبل التعديل

نوع الجهاز : TOPCON-DL-102C				
رقم الجهاز : UH1161				
تاريخ الرصد: 2014/8/5			الجو: صحو	
فرق الارتفاع الجزئي (m)	القراءات على الميرا (m)		النقاط الثانوية	النقاط الرئيسية
	الأمامية	الخلفية		
		0.124		13
-4.684	4.808	0.112	A	

-4.198	4.310	0.553	B	
-2.247	2.800	0.768		1
-1.112	1.880	2.564	C	
2.387	0.177	3.722		2
2.926	0.796	2.957	D	
2.453	0.504	0.543		3
-3.709	4.252	0.254	E	
-4.16	4.414	0.814	F	
-2.934	3.748	0.278		4
-2.886	3.164	0.991	G	
-0.857	1.848	2.947		5
2.641	0.306	2.722	H	
2.442	0.280	1.22		6
-0.256	1.476	2.363		7
1.893	0.470	1.902	I	
0.567	1.335	1.816		8
0.635	1.181	2.436		9
2.264	0.172	3.697	J	
3.24	0.457	2.099	K	
1.159	0.940	1.948		10
0.886	1.062	3.641		11
2.72	0.921	1.731	L	
0.66	1.071	1.378		12
0.328	1.050	1.729	M	
-0.198	1.927			13
-0.040	45.349	45.309		

نتائج فروق الارتفاعات بعد التعديل مبينة في الجدول (2)

الجدول (2) نتائج فروق الارتفاعات بعد التعديل

من	إلى	المسافات الأفقية	فروق الارتفاعات (m)	فروق الارتفاعات
1	2	185.446	1.275	1.278
2	3	132.662	5.379	5.381
3	4	273.530	-10.803	-10.799
4	5	156.027	-3.743	-3.741
5	6	198.716	5.083	5.086
6	7	123.784	-0.256	-0.254
7	8	182.929	2.460	2.463
8	9	27.502	0.635	0.635
9	10	392.876	6.663	6.669
10	11	73.933	0.886	0.887
11	12	252.244	3.380	3.384
12	13	335.430	0.130	0.135
13	1	243.074	-11.129	-11.124
المجموع		2578.153	-0.040	0.0000000

يبين الجدول (2) أن أكبر فرق ارتفاع في المسلك يقع بين النقطتين 1 و 13 وتبلغ قيمته (-11.124m)،

بينما أصغر فرق ارتفاع بين النقطتين 12 و 13 ويبلغ (0.135m)

9- نتائج قياسات التسوية غير المباشرة ومعالجتها:

باستخدام جهاز المحطة المتكاملة من شركة FOIF:

بعد القيام بالأعمال الحقلية وعند العودة للمكتب، لاحظنا أن دقة القياسات غير كافية، وذلك بمقارنة فرق ارتفاع

بين نقطتين 4 و 5 وهو كما يلي:

$$m \text{ الضلع } (4-5) = -2.271$$

$$m \text{ الضلع } (5-4) = +3.731$$

وهي فروقات كبيرة غير مقبولة، لأنها أكبر من الخطأ المسموح، وتلاحظ الفروقات بين عدة نقاط أخرى مثل 9

و 10 و 12 و 13، القياسات مبينة في الجدول (3)، لذلك تم رفض القياسات.

الجدول (3) يبين قياسات الفروقات بين النقاط

نوع الجهاز: FOIF-RTS702						
رقم الجهاز: Q90488						
الجو: صحو						
المحطة	ارتفاع الجهاز (m)	النقطة	ارتفاع	الزاوية	المسافة	فرق

11.177	243.080	97.075	1.412	13	1.412	1
1.307	185.479	99.552	1.412	2		
-1.290	185.474	100.443	1.523	1	1.523	2
5.435	132.666	97.393	1.523	3		
-5.435	132.680	102.606	1.550	2	1.550	3
-10.819	273.551	102.5175	1.550	4		
10.851	273.559	97.4768	1.620	3	1.620	4
-2.271	155.963	100.9271	1.620	5		
3.731	156.004	98.4783	1.490	4	1.490	5
5.097	198.718	98.3682	1.490	6		
-5.087	198.731	101.6299	1.603	5	1.603	6
-0.261	123.787	100.1345	1.603	7		
0.257	123.811	99.8682	1.525	6	1.525	7
2.492	182.959	99.1336	1.525	8		
-2.464	182.940	100.8583	1.550	7	1.550	8
0.646	27.520	98.5064	1.550	9		
-0.649	27.499	101.5027	2.320	8	1.512	9
7.510	392.886	98.7848	2.320	10		
-5.186	392.883	100.8419	2.320	9	1.546	10
0.888	73.960	99.2364	1.546	11		
-0.886	73.960	100.7629	1.510	10	1.510	11
3.317	252.333	99.1641	1.510	12		
-3.388	252.284	100.8561	1.460	11	1.460	12
0.140	335.403	99.9734	1.460	13		
-0.129	335.420	100.0245	1.487	12	1.487	13
-11.125	244.140	102.8990	1.487	1		

- باستخدام جهاز المحطة المتكاملة من شركة **LIECA**

10 - معالجة قياسات التسوية غير المباشرة (T - LIECA):

$$f_h = \sum \Delta h = -0.040 \text{ m} = -4 \text{ cm} \quad (4) \quad \text{نحسب خطأ الإغلاق :}$$

قيمة الخطأ أقل من الحد المسموح، نقوم بتوزيع الخطأ وفق العلاقة :

$$V_i = \frac{-f_h}{L} * l_i \quad (5)$$

النتائج النهائية الحقلية قبل التعديل مبينة في الجدول (4).

الجدول (4) يبين النتائج النهائية الحقلية قبل التعديل

نوع الجهاز : LIECA-TS09									
رقم الجهاز : 1342352									
تاريخ الرصد : 2014/8/6						الجو : صحو			
2			1			ارتفاع العاكس (m)	النقطة المرصودة (m)	ارتفاع الجهاز (m)	المحطة
فرق ارتفاع (m)	مسافة أفقية (m)	زاوية شاقولية (Gr)	فرق ارتفاع (m)	مسافة أفقية (m)	زاوية شاقولية (Gr)				
-1.267	185.449	299.4912	-1.268	185.446	100.5093	1.3	1	1.515	2
5.400	132.662	302.5004	5.418	132.662	97.5048	1.3	3		
-5.412	132.659	297.3220	-5.411	132.654	102.6777	1.3	2	1.471	3
-10.823	273.524	102.5494	-10.825	273.530	297.4411	1.3	4		
-10.797	273.538	97.5616	10.816	273.539	302.4427	1.3	3	1.609	4
-3.746	156.026	101.6547	-3.746	156.027	298.3452	1.3	5		
-5.080	198.721	101.7173	-5.090	198.716	298.2798	1.3	5	1.577	6
-0.255	123.791	100.2741	-0.263	123.784	299.7209	1.3	7		
-2.473	182.951	100.9623	-2.478	182.929	299.0357	1.3	7	1.591	8
0.638	27.507	99.1967	0.632	27.502	300.7893	1.3	9		
-6.666	392.873	100.9858	-6.666	392.876	299.0144	2.15	9	1.558	10
0.876	73.942	98.7367	0.871	73.933	301.2599	2.15	11		
-3.386	252.242	100.9278	-3.384	252.244	299.0726	1.3	11	1.585	12
0.120	335.432	100.0313	0.123	335.430	300.0307	1.3	13		
-0.126	335.435	100.0771	-0.122	335.425	300.0763	1.3	12	1.580	13
-11.125	243.081	102.9858	-11.125	243.074	297.0143	1.3	1		

نتائج فروق الارتفاعات بعد التعديل مبينة في الجدول (5).

الجدول (5) نتائج فروق الارتفاعات بعد التعديل

من	إلى	المسافات الأفقية (m)	فروق الارتفاعات (m)	فروق الارتفاعات المعدلة (m)
1	2	185.446	1.268	1.270
2	3	132.662	5.410	5.411
3	4	273.530	-10.815	-10.812

-3.744	-3.746	156.027	5	4
5.086	5.085	198.716	6	5
-0.257	-0.259	123.784	7	6
2.477	2.475	182.929	8	7
0.635	0.635	27.502	9	8
6.669	6.666	392.876	10	9
0.875	0.874	73.933	11	10
3.387	3.385	252.244	12	11
0.126	0.123	335.430	13	12
-11.123	-11.125	243.074	1	13
0.0000000	-0.024	2578.153	المجموع	

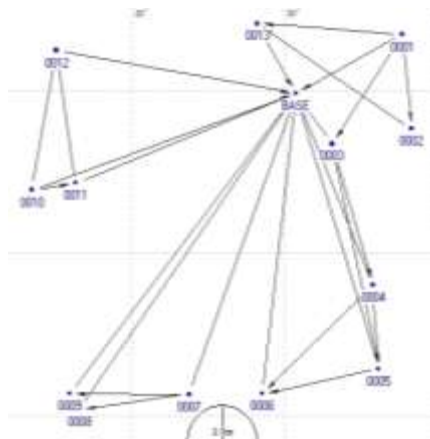
في هذا الجدول يظهر خطأ تسكير المسلك أصغر من خطأ التسكير للمسلك الناتج عن التسوية المباشرة، وربما يكون هذا الاختلاف ناتجاً عن مضاعفة عدد القياسات، حيث تم قياس فرق الارتفاع لكل ضلع مرتين ومن ثم أخذ المتوسط بينهما [3]

11- نتائج قياسات الـ *GPS* ومعالجتها:

- نتائج القياسات باستخدام الطريقة الساكنة:

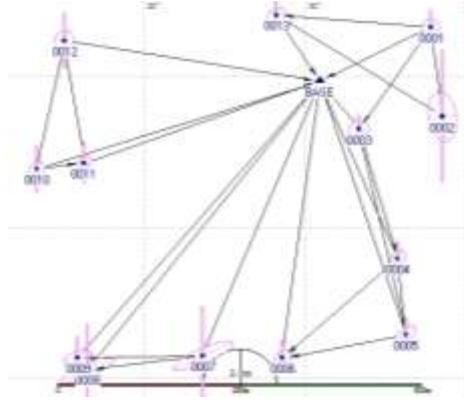
الأرصاء التي تم الحصول عليها حقلياً، تم معالجتها باستخدام برنامج *HDS2003*، وهو برنامج مرفق مع جهاز *Hi-Target* المستخدم في بحثنا، الشكل (5) يبين شكل الشبكة المتشكلة.

الخطوط المستقيمة تدعى خطوط القاعدة، وهي الخطوط التي تصل بين كل نقطتين متزامنتين بفترة الرصد، ونلاحظ نقطة القاعدة متزامنة مع جميع النقاط، لأن الجهاز المثبت فوقها استمر بأخذ الأرصاء طيلة فترة العمل. يقوم برنامج المعالجة بمعالجة كل خط على حدة، مع تثبيت إحداثيات أحد الأقمار الصناعية المرصودة تلقائياً، حيث ينتج عن عملية المعالجة الإحداثيات غير المعدلة لكامل نقاط الشبكة.



الشكل (5): بنية الشبكة المتشكلة للمعالجة

بعد عملية المعالجة وباستخدام البرنامج نفسه أجرينا عملية تعديل بطريقة التربيغات الصغرى، وذلك بتقييد إحداثيات محطة القاعدة. بعد عملية التعديل نحصل على الشكل (6) الذي يبين الشبكات بعد التعديل، وقطع ناقص الأخطاء الذي يمثل الخطأ المتوسط التربيغ في الموقع الأفقي، أما الخط المستقيم فيمثل الخطأ المتوسط التربيغ في الارتفاع عن سطح الإهليلج. حيث نلاحظ أن قيمة الخطأ المرافقة لإحداثيات النقطة الثانية كبيرة، ويمكن تفسيره كون هذه النقطة موجودة في بيئة تعدد مسارات [8].



الشكل (6): بنية الشبكة بعد التعديل

بعد المعالجة والتعديل نحصل على الإحداثيات الجغرافية النهائية للنقاط المرصودة والمبينة في الجدول (6)، والمتضمنة ارتفاع النقاط عن سطح الإهليلج $WGS84$ ، من خلاله نقوم بحساب فروق الارتفاعات بين نقاط المشروع.

الجدول (6) يبين فروق الإرتفاعات بين النقاط بهذه الطريقة

رقم النقطة	زاوية الطول (°)	زاوية العرض (°)	الارتفاع عن سطح الإهليلج (m)
1	35:31:33.36060N	35:48:37.84469E	66.7558
2	35:31:27.36992N	35:48:38.53721E	68.0496
3	35:31:26.56980N	35:48:33.36424E	73.4425
4	35:31:17.91971N	35:48:35.79431E	62.6197
5	35:31:12.87338N	35:48:36.27674E	58.8894
6	35:31:11.33631N	35:48:28.61759E	63.9599
7	35:31:11.48929N	35:48:23.70825E	63.7026
8	35:31:10.57165N	35:48:16.53518E	66.1339
9	35:31:11.32111N	35:48:15.94283E	66.7894
10	35:31:23.89944N	35:48:13.41505E	73.4270
11	35:31:24.29765N	35:48:16.30912E	74.3104
12	35:31:32.42217N	35:48:15.10289E	77.7282
13	35:31:34.15098N	35:48:28.24547E	77.8528

القياسات التي حصلنا عليها مأخوذة بالنسبة لسطح رياضي وليس فيزيائي، لأن الـ *GPS* يعطي الإحداثيات بالنسبة لسطح رياضي "إهليلج *WGS84*"، ونحتاج إلى قياسات مأخوذة بالنسبة إلى سطح فيزيائي وهو الجيويدي، وبسبب عدم وجود نموذج جيويدي معتمد. تم اللجوء إلى النموذج *EGM2008* العالمي، وباستخدام برنامج "AllTrans EGM2008 Calculator" الذي يقوم بحساب قيمة انفصال الجيويدي عند كل نقطة استنادا إلى إحداثياتها الجغرافية، ولكن من المتوقع ألا يكون له تأثير كبير، لأن هذا النموذج يعطي تفاصيل لأبعاد أكبر من *10km*، أما في مشروعنا فلا تتعدى أكبر مسافة *500m*، قيم الانفصال عند كل نقطة وقيمة الارتفاع الإهليلجي والارتفاع الأورثومتري موضحة في الجدول (7) علما أن:

$$H^o = H - N$$

الارتفاع الأورثومتري يحسب من العلاقة :

$$H$$

الارتفاع الإهليلجي (*m*).

$$N$$

قيمة الانفصال الجيويدي (*m*).

الجدول (7) يبين قيم الانفصال الجيويدي

الارتفاع الأورثومتري (m)	قيمة الانفصال الجيويدي (m)	الارتفاع الإهليلجي (m)	النقطة
43.3333	23.4225	66.7558	1
44.6272	23.4224	68.0496	2
50.0305	23.4120	73.4425	3
39.2050	23.4147	62.6197	4
35.4750	23.4144	58.8894	5
40.5611	23.3988	63.9599	6
40.3134	23.3892	63.7026	7
42.7591	23.3748	66.1339	8
43.4156	23.3738	66.7894	9
50.0550	23.3720	73.4270	10
50.9326	23.3778	74.3104	11
54.3508	23.3774	77.7282	12
54.4491	23.4037	77.8528	13

$$H^o$$

الارتفاع الأورثومتري (*m*).

من الجدول (7) نلاحظ أن قيم الانفصال الجيويدي تتراوح بين و ، أي لا يتجاوز الفرق الأعظمي بينهما ، وهذا يعود إما إلى انسيابية الجيويدي في منطقة العمل، أو لقلة دقة وتفصيلات الجيويدي المستخدم.

بعد حساب الارتفاعات الإهليلجية والأورثومترية نقوم بحساب فروق هذه الارتفاعات، والنتائج مبينة في الجدول

(8).

الجدول (8) يبين حساب الارتفاعات الإهليلجية والأورثومتريّة

من	إلى	المسافات الأفقية (m)	فروق الارتفاعات الإهليلجية (m)	فروق الارتفاعات الأورثومتريّة (m)
1	2	185.446	1.2938	1.2939
2	3	132.662	5.3929	5.4033
3	4	273.53	-10.8228	-10.8255
4	5	156.027	-3.7303	-3.7300
5	6	198.716	5.0705	5.0861
6	7	123.784	-0.2573	-0.2477
7	8	182.929	2.4313	2.4457
8	9	27.502	0.6555	0.6565
9	10	392.876	6.6376	6.6394
10	11	73.933	0.8834	0.8776
11	12	252.244	3.4178	3.4182
12	13	335.43	0.1246	0.0983
13	1	243.074	-11.097	-11.1158

يظهر الجدول (8) أن استخدام الارتفاع الجيويدي له تأثير ضعيف في النتائج، حيث لا تظهر فروقات ارتفاعية كبيرة بين قيم فروق الارتفاع الأورثومتري والاهليلجي.

12- نتائج قياسات الطريقة الحركية:

النتائج التي نحصل عليها من هذه الطريقة لا تحتاج إلى معالجة في المكتب، لأن جهاز القاعدة يرسل التصحيحات في نفس لحظة الرصد، لذلك نحصل على القياسات مصححة، أما النتائج فهي عبارة عن الإحداثيات الجغرافية للنقاط والمبينة في الجدول (9). كما نقوم بحساب الانفصال الجيويدي ونحسب من خلاله الارتفاع الأورثومتري، كما في الجدول (10).

الجدول (9) يبين الإحداثيات الجغرافية للنقاط

رقم النقطة	زاوية الطول (°)	زاوية العرض (°)	الارتفاع الإهليلجي (m)
1	35:31:33.35958N	35:48:37.84635E	66.7547
2	35:31:27.37005N	35:48:38.53874E	68.0465
3	35:31:26.57116N	35:48:33.36302E	73.4300
4	35:31:17.92101N	35:48:35.79512E	62.6230
5	35:31:12.87355N	35:48:36.27897E	58.9240
6	35:31:11.33507N	35:48:28.61841E	63.9574

63.6775	35:48:23.70937E	35:31:11.48825N	7
66.1343	35:48:16.53718E	35:31:10.57049N	8
66.7894	35:48:15.94381E	35:31:11.31949N	9
73.4293	35:48:13.41512E	35:31:23.89847N	10
74.3220	35:48:16.31094E	35:31:24.29783N	11
77.7073	35:48:15.10463E	35:31:32.42140N	12
77.8442	35:48:28.24739E	35:31:34.15090N	13

الجدول (10) يبين حساب الإنفصال الجيويدي والإرتفاع الأورثومتري

الارتفاع الأورثومتري (m)	قيمة الانفصال الجيويدي (m)	الارتفاع الإهليلجي (m)	النقطة
43.3322	23.4225	66.7547	1
44.6241	23.4224	68.0465	2
50.018	23.4120	73.4300	3
39.2083	23.4147	62.6230	4
35.5096	23.4144	58.9240	5
40.5586	23.3988	63.9574	6
40.2883	23.3892	63.6775	7
42.7595	23.3748	66.1343	8
43.4156	23.3738	66.7894	9
50.0573	23.3720	73.4293	10
50.9442	23.3778	74.3220	11
54.3299	23.3774	77.7073	12
54.4405	23.4037	77.8442	13

كذلك نقوم بحساب الفروقات الارتفاعية الاهليلجية و الأورثومتريّة، والنتائج مبينة في الجدول (11)

الجدول (11) يبين حساب الفروقات الارتفاعية الاهليلجية والأورثومتريّة

من	إلى	المسافات الأفقية (m)	فروق الارتفاعات	فروق الارتفاعات
1	2	185.446	1.2918	1.2919
2	3	132.662	5.3835	5.3939
3	4	273.53	-10.807	-10.8097
4	5	156.027	-3.699	-3.6987
5	6	198.716	5.0334	5.049

-0.2703	-0.2799	123.784	7	6
2.4712	2.4568	182.929	8	7
0.6561	0.6551	27.502	9	8
6.6417	6.6399	392.876	10	9
0.8869	0.8927	73.933	11	10
3.3857	3.3853	252.244	12	11
0.1106	0.1369	335.43	13	12
-11.1083	-11.0895	243.074	1	13

13- مقارنة نتائج التسوية الهندسية مع نتائج التسوية المثلثاتية:

الجدول (12) مقارنة بين نتائج التسوية الهندسية والمثلثاتية

من	إلى	المسافات الأفقية (m)	فروق الارتفاعات الهندسية (m)	فروق الارتفاعات المثلثاتية (m)	الفروق بين فروق الارتفاعات (m)
1	2	185.446	1.278	1.270	0.008
2	3	132.662	5.381	5.411	-0.030
3	4	273.53	-10.799	-10.812	0.013
4	5	156.027	-3.741	-3.744	0.003
5	6	198.716	5.086	5.086	0.000
6	7	123.784	-0.254	-0.257	0.003
7	8	182.929	2.463	2.477	-0.014
8	9	27.502	0.635	0.635	0.000
9	10	392.876	6.669	6.669	0.000
10	11	73.933	0.887	0.875	0.012
11	12	252.244	3.384	3.387	-0.003
12	13	335.43	0.135	0.126	0.009
13	1	243.074	-11.124	-11.123	-0.001

نلاحظ أن أكبر فارق يقع بين النقطتين 2 و 3، وربما يعود ذلك إلى موقع النقطة 2 حيث تقع بين عدة أبنية قيد الإنشاء ومرور كثيف للشاحنات وحركة الروافع القريبة من النقطة. وأن أصغر فارق يقع بين النقطتين 8 و 9، والنقطتين 9 و 10، والنقطتين 5 و 6. عموماً (ماعدًا الشعاع 2-3) لا يوجد فروقات كبيرة بين نتائج التسوية المثلثاتية والمباشرة، وبناءً على هذا وكون التسوية المباشرة الأكثر دقة، قمنا بمقارنة باقي النتائج مع نتائج التسوية المباشرة.

14 - مقارنة نتائج التسوية الهندسية مع نتائج الطريقة الساكنة ل GPS:

الجدول (13) مقارنة بين نتائج التسوية الهندسية ونتائج الطريقة الساكنة ل GPS

من	إلى	المسافات الأفقية (m)	فروق الارتفاعات الهندسية (m)	فروق الارتفاعات الاهليلجية (m)	الفروق بين فروق الارتفاعات (m)
1	2	185.446	1.278	1.2938	-0.0158
2	3	132.662	5.381	5.3929	-0.0119
3	4	273.53	-10.799	-10.823	0.0238
4	5	156.027	-3.741	-3.7303	-0.0107
5	6	198.716	5.086	5.0705	0.0155
6	7	123.784	-0.254	-0.2573	0.0033
7	8	182.929	2.463	2.4313	0.0317
8	9	27.502	0.635	0.6555	-0.0205
9	10	392.876	6.669	6.6376	0.0314
10	11	73.933	0.887	0.8834	0.0036
11	12	252.244	3.384	3.4178	-0.0338
12	13	335.43	0.135	0.1246	0.0104
13	1	243.074	-11.124	-11.097	-0.027

نلاحظ أن أكبر فرق قيمته "0.0338m" يقع بين النقطتين 11 و 12، ويمكن أن يكون السبب هو عدم دقة قياسات ال GPS عند النقطة 12 بسبب وجود لافتات ملاصقة للنقطة، وجود بناء ضخم مجاور وهو مشفى تشرين، وأصغر فرق قيمته "0.0033m" بين النقطتين 6 و 7.

عموماً لا يوجد تأثير واضح للمسافة في الفروق بين فروق الارتفاعات على الرغم من وجود بعض الحالات التي تثبت أن الفرق يزداد بزيادة المسافة، كما هو الحال بالنسبة للنقط 9 و 10 و 11 و 12.الجدول (14)

الجدول (14)مقارنة بين نتائج التسوية الهندسية ونتائج الطريقة الساكنة ل GPS بعد تطبيق نموذج الجيويدي

من	إلى	المسافات الأفقية (m)	فروق الارتفاعات الهندسية (m)	فروق الارتفاعات الأورثومتريّة (m)	الفروق بين فروق الارتفاعات (m)
1	2	185.446	1.278	1.2939	-0.0159
2	3	132.662	5.381	5.4033	-0.0223
3	4	273.53	-10.799	-10.826	0.0265
4	5	156.027	-3.741	-3.73	-0.011
5	6	198.716	5.086	5.0861	-0.0001

-0.0063	-0.2477	-0.254	123.784	7	6
0.0173	2.4457	2.463	182.929	8	7
-0.0215	0.6565	0.635	27.502	9	8
0.0296	6.6394	6.669	392.876	10	9
0.0094	0.8776	0.887	73.933	11	10
-0.0342	3.4182	3.384	252.244	12	11
0.0367	0.0983	0.135	335.43	13	12
-0.0082	-11.116	-11.124	243.074	1	13

نلاحظ أن بعض النتائج قد تحسنت بانخفاض الفرق بين فروق الارتفاعات، كما هو الحال بين النقطتين 5 و 6، وبعضها الآخر قد ساءت بازدياد الفرق بين فروق الارتفاعات.

أي أنه ليس بالضرورة أن تتحسن نتائج فروق الارتفاعات بعد نسبها إلى سطح الجيويدي كون منطقة المشروع لا تتجاوز 500m، ونموذج الجيويدي المستخدم يغطي مسافات أكبر من هذه بكثير.

15- مقارنة نتائج التسوية الهندسية مع نتائج الطريقة الحركية ل GPS:

الجدول (15) مقارنة بين نتائج التسوية الهندسية ونتائج الطريقة الحركية ل GPS

من	إلى	المسافات الأفقية (m)	فروق الارتفاعات الهندسية (m)	فروق الارتفاعات الاهليلجية (m)	الفروق بين فروق الارتفاعات (m)
1	2	185.446	1.278	1.2918	-0.0138
2	3	132.662	5.381	5.3835	-0.0025
3	4	273.53	-10.799	-10.807	0.008
4	5	156.027	-3.741	-3.699	-0.042
5	6	198.716	5.086	5.0334	0.0526
6	7	123.784	-0.254	-0.2799	0.0259
7	8	182.929	2.463	2.4568	0.0062
8	9	27.502	0.635	0.6551	-0.0201
9	10	392.876	6.669	6.6399	0.0291
10	11	73.933	0.887	0.8927	-0.0057
11	12	252.244	3.384	3.3853	-0.0013
12	13	335.43	0.135	0.1369	-0.0019
13	1	243.074	-11.124	-11.09	-0.0345

نلاحظ أن أكبر فرق قيمته $0.0526m$ يقع بين النقطتين 5 و 6، ويمكن أن يكون السبب هو عدم دقة قياسات ال GPS عند النقطة 5 بسبب وجود أبنية بجوار النقطة قيد الإنشاء والتي تسبب حجب إشارات ال GPS وتعدد المسارات. الجدول (16)

الجدول (16) مقارنة بين نتائج التسوية الهندسية ونتائج الطريقة الحركية ل GPS بعد تطبيق نموذج الجيويدي

من	إلى	المسافات الأفقية (m)	فروق الارتفاعات الهندسية (m)	فروق الارتفاعات الأورثومتريّة (m)	الفروق بين فروق الارتفاعات (m)
1	2	185.446	1.278	1.2919	-0.0139
2	3	132.662	5.381	5.3939	-0.0129
3	4	273.53	-10.799	-10.81	0.0107
4	5	156.027	-3.741	-3.6987	-0.0423
5	6	198.716	5.086	5.049	0.0370
6	7	123.784	-0.254	-0.2703	0.0163
7	8	182.929	2.463	2.4712	-0.0082
8	9	27.502	0.635	0.6561	-0.0211
9	10	392.876	6.669	6.6417	0.0273
10	11	73.933	0.887	0.8869	0.0001
11	12	252.244	3.384	3.3857	-0.0017
12	13	335.43	0.135	0.1106	0.0244
13	1	243.074	-11.124	-11.108	-0.0157

نلاحظ أن بعض النتائج قد تحسنت بانخفاض الفرق بين فروق الإرتفاعات، وبعضها الآخر قد ساءت بازدياد الفرق بين فروق الإرتفاعات، كما كانت الحال بالطريقة الساكنة، وبالتالي يظهر أن استخدام الجيويدي العالمي على هذا النطاق غير واضح الفائدة.

الجدول (17) مقارنة بين نتائج الطريقة الساكنة والحركية

من	إلى	المسافات الأفقية (m)	فروق الارتفاعات الأهلجية (Static) (m)	فروق الارتفاعات الأهلجية (RTK) (m)	الفروق بين فروق الارتفاعات (m)
1	2	185.446	1.2938	1.2918	0.0020
2	3	132.662	5.3929	5.3835	0.0094
3	4	273.53	-10.823	-10.807	-0.0158
4	5	156.027	-3.7303	-3.699	-0.0313
5	6	198.716	5.0705	5.0334	0.0371
6	7	123.784	-0.2573	-0.2799	0.0226
7	8	182.929	2.4313	2.4568	-0.0255
8	9	27.502	0.6555	0.6551	0.0004
9	10	392.876	6.6376	6.6399	-0.0023

-0.0093	0.8927	0.8834	73.933	11	10
0.0325	3.3853	3.4178	252.244	12	11
-0.0123	0.1369	0.1246	335.43	13	12
-0.0075	-11.09	-11.097	243.074	1	13

16- مقارنة نتائج الطريقة الساكنة والحركية ل GPS :

نلاحظ أنه عند النقاط (5 و 6 و 7 و 12) توجد فروقات من مرتبة الـ *cm* بين نتائج الطريقتين لأسباب تتعلق بدقة الطريقتين وبسبب الظروف المحيطة بالنقاط من وجود أبنية ولافتات.

الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- استخدام الطريقة الحركية ل(GPS) أفضل من الساكنة من حيث الدقة والزمن المستهلك والجهد المبذول.
- 2- استخدام الطريقة الساكنة ل(GPS) يفضل بالتزامن مع إشغال محطات متجاورة ذات قواعد قصيرة.
- 3- كل فترة رصد يجب على الأقل أن تحوي قاعدة مشتركة مع فترة رصد أخرى، وأن يتم القياس مرتين على محطة وبظروف مختلفة لإكتشاف الأخطاء (النقاط 1,2,3).
- 4- يفضل تطبيق أعمال (GPS) في مناطق ذات مساحات أكبر لإختبار تأثير (N) بشكل واضح.
- 5- يفضل العمل بال GPS في بيئات تضاريسية مختلفة تؤمن رؤية للأقمار وبعيدة عن المنشآت الصناعية.

المراجع:

- 1- د. منير يحيى ، كتاب المساحة 2 ، منشورات جامعة تشرين 2010 .
- 2- د. فايز ديب ، الأجهزة المساحية ، منشورات جامعة تشرين 2011 .
- 3- د. محمد صادق عيسى ، المساحة 3 ، منشورات جامعة البعث 2012 .
- 4- د. محسن أحمد ، نظرية الأخطاء 2 ، منشورات جامعة تشرين 2013 .

المراجع الأجنبية :

- 5- jekel, C.(2000) heights, the Geopotential, and Vertical Datum's , Geodetic Science and Surveying , Department of Civil Environmental Engineering and Geodetic Science . The Ohio State University , Columbus, Oh Report.
- 6- Hofmann – Wellenhof, B. and Mortiz , H(2006) physical geodesy . Vienna > springer verlag.
- 7- Lemoine, F.G,Kenyon, S.C,Factor ,J.K, Trimmer , R.G, pavlis, N,K, Chinn , D,S.COX.C,M,Lluthcke, S,B. and torrence ,M,H.(1998)The De-velopment of the joint NASA GSFC and the National Imagery and Mapping Agency (NIMA) Geopotential Model EGM 96, NASA,(19980218814).
- 8- Pavlis,N.Kenyon,S.Factor,J, and Holmes ,S.(2008),earth gravitational model 2008, in SEG technical program expanded abstracts Vol.27pp767-763.