تقييم دقة المواقع الأفقية باستخدام نظام التموضع العالمي (GPS)[+]

EVALUATION OF THE ACCURACY OF THE HORIZONTAL ACCURACY USING GPS SYSTEM

حسين علي الكرباسي[*] كريم حسن علوان[**] هدى نعمة خليفة[*]

المستخلص

يتلخص البحث بدراسة دقة نظام استلام الإشارات من الأقمار الصناعية المعروف بنظام التوقيع العالمي (Global positioning System) وهذه الدقة خاصة بالمواقع الافقية المستخدمة لاغراض هندسة المساحة . وقد شمل البحث دراسة حقلية تتضمن المواقع المستخرجة من نظام (GPS) مع المواقع المستخرجة من أعمال المسح الأرضي الأفقي . ومعرفة الدقة التي يمكن الوصول اليها باستخدام النظام المذكور ووفق ألا نظمة الاسقاطية المختلفة ووفق الأساس المجسم في الموقع الجغرافي لمنطقة البحث (المنطقة الشرقية من ليبيا -بنغازي).

Abstract:

This research is concerned with the study of the precision to achieve signal receiving system from the satellite known as Global Positioning System (GPS). This precision covs the horizontal positions used in surveying engineering.This work contains a field study including the comparison of the horizontal positions found from (GPS), relative to the various projections system according to ellipsoidal systems.

١ - المقدمة:

يتضمن البحث دراسة واقع المواقع الأفقية المتحصل عليها باستخدام نظام التوقيع العالمي (GPS) حيث شملت الدراسة اختيار مضلع دائري مغلق (Closed loop traverse) يتكون من خمس نقاط مساحته تساوي $106514\ m^2$ وتم من خلال أعمال التضليع (Traversing) حساب الإحداثيات المعدلة لنقاطه الخمسة ومن ثم حساب المسافات المعدلة مع المسافات المستخرجة من المواقع باستخدام نظام التوقيع العالي (GPS) حيث تم اختيار الطريقة النسبية الثابتة السريعة (Rapid Static Method) لأغراض هندسة المساحة في عملية الرصد بعد دراسة كافة الظواهر الخارجية المحيطة بعملية الرصد (من خلال عملية التخطيط)بمعلومية نقطة تثليث من الدرجة الأولى ووضع أحد أجهزة الاستلام عليها (منظومة المستخدم الاولى) (R-set-1) طيلة فترة الرصد . ووضع جهاز الاستلام الثاني (R-set-2) (منظومة المستخدم الثانية) على نقاط المضلع وبالتتابع وتمت معالجة البيانات المستحصلة من النظام بواسطة برنامج التعديل (Ski-prog) مكتبيا للحصول على الموقع وفق النظام الكارتيزي (Cartesian X,Y,Z system) وفق الأساس

[+]تاريخ استلام البحث ٢٠٠٤/١١/٢٣ ، تاريخ قبول النشر ٢٠٠٥/٦/٢٩

[*]مدرس مساعد -الكلية التقنية بغداد

[**]أستاذ مساعد –الكلية التقنية بغداد

المجسم (Ellipsoid) المعرف في النظام والمسمى (WGS84) ثم حساب الموقع وفق النظام الجيوديسي (Geodetic System (f, l)) ثم حساب الموقع وفق النظام التربيعي ((E,N) Grid system) بعد تعريف نظام الإسقاط الخرائطي وكذلك الأساس المجسم (Ellipsoid) ولكافة نقاط المضلع ثم حسبت الدقة النسبية لاطوال أضلاع المضلع ومعرفة النتائج الأفضل [1].

٢ -<u>أعمال التضليع</u>:

شملت أعمال التضليع قياس الزوايا الداخلية لنقاط المضلع بواسطة جهاز قياس الزوايا (Theodolite) نوع (Wild T2) وكذلك قياس المسافات الأفقية بين نقاط المضلع بواسطة جهاز المحطة الكاملة (Total station) نوع (Geodimeter 400) (اقل قراءة للزوايا له "2 جدول رقم ١) وتم تصحيح تلك المسافات بسبب اختلاف درجات الحرارة وبسبب الضغط الجوي وشملت حساب. التضليع وحساب الاتجاهات الدائرية (Azimuth) للأضلاع الخمسة من اتجاه أحد الأضلاع ومن الزوايا الداخلية المقيسة والمصححة وتم حساب المركبات الأفقية والراسية وتصحيحها عن طريق قاعدة البوصلة (Compass rule) وحساب الدقة النسبية (Relative error) لعملية التضليع بموجب ذلك وكانت مساوية لـ 1/103171 وحسبت الإحداثيات المصححة لكافة النقاط ومنها تم حساب المسافات المعدلة بين نقاط المضلع باستخدام الحسابات المعكوسة (Inverse computations) (الجدول رقم ٢) وبهذه تمت كافة أعمال التضليع م قياسات حقلية وحسابات للمضلع لمنطقة البحث[2].

جدول رقم (١): جدول القياسات الحقلية لعملية التضليع وحساب الاتجهات لكافة اضلاع المضلع.

النقطة point	الزاوية الداخلية Interior angle	الزاوية الداخلية المصححة corr. Interior angle	الضلع Side	الاتجاه **Azimuth**	المسافة المقيسة Distance (m)
A	$116^{o}\,27'\,59''$	$116^{o}\,28'\,00''$	AC	$76^{o}\,27'\,35''$	170.739
C	110 45 09	110 45 10	CD	145 45 25	211.871
D	137 02 17	137 02 18	DE	188 40 07	242.224
E	88 26 42	88 26 43	EF	280 13 24	326.644
F	87 17 47	87 17 49	FA	12 55 35	324.735
A	$539^{o}\,59'\,54''$				

جدول (رقم 2) جدول حساب الإحداثيات المعدلة لنقاط التقاطع باستخدام قاعدة البوصلة وكذلك حساب المسافات المعدلة لأضلاعه [3].

Point	Azimuth	M. distace(m)	Dep=d sin AZ	Lat.=d cos AZ	التصحيح للمركبة الافقية	التصحيح للمركبة الراسية	Easting (m)	Northing (m)	المسافة الافقية المعدلة (m)
A							410468.946	3546891.20	
	76°27'35"	170.739	165.993	39.975	-0.002	0.000			170.737
C							410634.939	3546931.17	
	145 42 25	211.817	119.343	-174.996	-0.002	0.000			211.816
D							410754.278	3546756.18	
	188 40 07	242.224	-36.508	-239.457	-0.002	-0.001			242.225
E							410717.768	3546516.72	
	280 13 24	326.644	-321.458	57.975	-0.003	-0.001			326.647
F							410396.307	3546574.69	
	12 55 35	324.735	72.642	316.506	-0.003	-0.001			324.734
A							410468.946	3546891.20	
		1276.159	0.012	0.003			R.E=1/103171		

٣ - استخدام نظام التوضع العالمي (GPS):

٣ - ١ -مرحلة التخطيط:

تبدأ عملية استخدام نظام الـ(GPS) بمرحلة التخطيط(Planning) والتي تتلخص بمعرفة الظواهر الخارجية المحيطة والمتمثلة بعدد الأقمار الصناعية وطريقة توزيعها فوق النقاط المعنية بالقياس خلال فترة الرصد وتشمل هذه المرحلة وضع جهاز مستقبل إشارات الأقمار الصناعية فوق إحدى النقاط القريبة المعلومة الإحداثيات ولمدة زمنية معينة (عشر دقائق تقريبا) ثم توصل المعلومات المخزونة في الجزء المسمى بقسم السيطرة او بشكل منفصل، يتم توصيلها بالحاسبة ومعالجتها مكتبيا بواسطة جهاز (Ski-prog) والذي يحلل البيانات ويجد طريقة توزيع الأقمار الصناعية لمدة تصل إلى ٢٤ ساعة . ووضع المخطط على أساس وحسب المواصفات الخاصة بالجهاز المستخدم وهو نوع (Leica System 300) ومن خلاله يتم معرفة الوقت الأنسب للرصد [4].

٣ - ٢ - حساب إحداثيات النقاط:

تم حساب إحداثيات النقاط الخمسة من خلال النظام عند اختيار الجزء الخاص باعمال المساحة (Surveying) وذلك بوضع منظومة المستخدم (R-set –1) على نقطة معلومة الموقع سابقة الذكر وهي النقطة (SD PM002) احداثياتها

$\varphi = 23^{\circ}50'13.703840''$

$\lambda = 20^{\circ}04'16.229070''$

حسب نظام الإسقاط (UTM Zone-34) واساس المجسم[1] (Ref-WGS-1984) وهي نقطة تثليث من الدرجة الأولى في مدينة بنغازي (ليبيا) ووضع جهاز آخر مثل منظومة المستخدم الثانية ((R(R-set2) في الوقت نفسه فوق النقاط الخمسة تباعا والتي تمثل المضلع باستخدام الطريقة الثابتة السريعة (Rapid Static Method) اذ حسبت الإحداثيات الكارتيزية (XYZ) من مركز الأساس للمجسم المعروف . ثم حساب الإحداثيات التربيعية (EN) وحسب أنظمة الإسقاط المختلفة باستخدام الاساس المجسم (Ellipsoid) وعلى النحو التالي[5] :

النظام الاسقاطي (Proj-System)	**الأساس المجسم (Ellipsoid)**
UTM-Zone-34	***International Hayford***
Lambert	International Hayford
Lambert	Clark 1880
UTM-Zone-34	WGS 1984

وكانت النتائج المستخرجة كما في (جدول رقم ٣).

جدول رقم (3-a) ويمثل الاحداثيات من نظام (GPS) وفق النظام الكارتيزي باستخدام المجسم International Hayford والنظام الاسقاطي UTM-Zone 34

SKI-Software

LEICA AG, CH-9435 Heerbrugg

Original coordinate Set :

Transformation set: **AGOGO WGS84-INT**

Coordinate Type: **Cartesian**

Reference Ellipsoid: **International (Hayford)**

Projection Set: **UTM-Zone 34**

Geoidal Model: **global**

Unit: **m**

Point id	X-Cartesian	Y-Cartesian	Z-Cartesian
A-98	5083119.1625	1855293.5647	3365587.0415
B-98	5083093.1619	1855387.5302	3365574.3098
C-98	5083041.3018	1855441.4627	3365621.8770
D-98	5083087.1350	1855586.8924	3365474.8086
E-98	5083218.3358	1855598.1391	3365271.5064
F-98	5083301.0295	1855285.6035	3365318.1249
SDPM002	5080583.5543	1856414.0122	3368811.1861

Qxx-Matrices

Point id	m0	q11	q12	q13	q22	q23
A-98	0.0021	1.4099	0.4964	0.4470	0.4643	0.2635
B-98	0.0021	1.0455	0.3744	0.3469	0.4223	0.2029
C-98	0.0021	1.3715	0.4041	1.0400	0.4928	0.1589
D-98	0.0021	4.7870	1.2975	4.1060	1.1740	1.0757
E-98	0.0021	2.2380	0.6867	1.5751	0.7519	0.5517
F-98	0.0021	1.7462	0.5627	0.9579	0.7367	0.4182
SDPM002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

١ -الأساس المجسم المعروف في النظام هوWGS 1984 ذي العناصر 298.257223563 =1/f ,a=637817.0 m..[6]

جدول رقم (3-b) ويمثل الإحداثيات من نظام (GPS) وفق النظام الجيودسي باستخدام المجسم International Hayford والنظام الاسقاطي UTM-Zone 34

SKI-Software

LEICA AG, CH-9435 Heerbrugg

Original coordinate Set :

Transformation set:	**AGOGO WGS84-INT**
Coordinate Type:	**Geodetic**
Reference Ellipsoid:	**International (Hayford)**
Projection Set:	**UTM-Zone 34**
Geoidal Model:	**global**
Unit:	**m**

Point id	Latitude	Longitude	Ell. height
A-98	32 03 15.159765 N	20 03 5.886886 E	17.3502
B-98	32 03 14.675165 N	20 03 9.591424 E	17.1990
C-98	32 03 16.504713 N	20 03 12.20046 E	16.8284
D-98	32 03 10.857085 N	20 03 16.80883 E	17.5339
E-98	32 03 03.073282 N	20 03 15.49660 E	17.3717
F-98	32 03 04.863965 N	20 03 03.22495 E	17.1225
SDPM002	32 05 18.286163 N	20 04 19.17450 E	36.7124

Qxx-Matrices

Point id	m0	q11	q12	q13	q22	q23
A-98	0.0021	0.4496	0.0401	-0.2216	0.2557	0.1137
B-98	0.0021	0.4928	0.0153	-0.0558	0.2545	0.1106
C-98	0.0021	1.1618	-0.1896	0.8018	0.3358	-0.0880
D-98	0.0021	1.2364	-0.2459	1.7454	0.7630	-0.3563
E-98	0.0021	0.4336	-0.0432	0.3715	0.4843	0.0278
F-98	0.0021	0.3988	-0.0013	0.0469	0.4929	0.1234
SDPM002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

جدول رقم (3-c) ويمثل الاحداثيات من نظام (GPS) وفق النظام التربيعي باستخدام المجسم International Hayford والنظام الاسقاطي UTM-Zone 34

SKI-Software

LEICA AG, CH-9435 Heerbrugg

Original coordinate Set :

Transformation set:	**AGOGO WGS84-INT**
Coordinate Type:	**Grid**
Reference Ellipsoid:	**International (Hayford)**
Projection Set:	**UTM-Zone 34**
Geoidal Model:	**global**
Unit:	**m**

Point id	Easting	Northing	Ell. height
A-98	**410468.9462**	**3546891.2012**	**17.3502**
B-98	**410565.9663**	**3546875.4261**	**17.1990**
C-98	**410634.8822**	**3546931.1620**	**16.8284**
D-98	**410754.2126**	**3546756.1991**	**17.5339**
E-98	**410717.6995**	**3546516.8187**	**17.3717**
F-98	**410396.3502**	**3546574.7824**	**17.1225**
SDPM002	**412423.5104**	**3550665.8542**	**36.7124**

Qxx-Matrices

Point id	m0	q11	q12	q13	q22	q23
A-98	**0.0021**	**0.4496**	**0.0401**	**-0.2216**	**0.2557**	**0.1137**
B-98	**0.0021**	**0.4928**	**0.0153**	**-0.0558**	**0.2545**	**0.1106**
C-98	**0.0021**	**1.1618**	**-0.1896**	**0.8018**	**0.3358**	**-0.0880**
D-98	**0.0021**	**1.2364**	**-0.2459**	**1.7454**	**0.7630**	**-0.3563**
E-98	**0.0021**	**0.4336**	**-0.0432**	**0.3715**	**0.4843**	**0.0278**
F-98	**0.0021**	**0.3988**	**-0.0013**	**0.0469**	**0.4929**	**0.1234**
SDPM002	**0.0000**	**0.0000**	**0.0000**	**0.0000**	**0.0000**	**0.0000**

٤ - تحليل ومناقشة الدقة:

يشمل هذا الجزء تحليل نتائج دقة المسح الافقية الشاملة للاحداثيات التربيعية (Grid system) (Easting, Northing) حيث تم تقييم دقة الموقع الافقي من نظام (GPS) من خلال تحويل المواقع التربيعية للنقاط المستخرجة من نظام (GPS) الى مسافات افقية بين النقاط عن طريق القانون المعروف (Inverse computations) اذ تساوي المسافة بين النقطتين:

$$D = [(\Delta E)^2 + (\Delta N)^2]^{0.5} \quad \ldots. \quad (1)$$

ومقارنة هذه المسافات مع المسافات المستخرجة من عملية التضليع (من المواقع المحسوبة من عملية التضليع) (جدول رقم ٢) ثم استخراج الخطأ النسبي لكل مسافة عن طريق القانون:

$$\Delta D = D' - D \quad \ldots. \quad (2)$$
$$R.E = \Delta D / D' \quad \ldots. \quad (3)$$

حيث ان:

D: المسافة المستخرجة من اعمال المسح الارضي (من الاحداثيات المصححة من اعمال التضليع).

D': المسافة المستخرجة (من الاحداثيات التربيعية من خلال نظام (GPS)).

الجدول رقم (4-a) ثم حسب معدل الخطا النسبي لكل نظام اسقاطي ولكل اساس مجسم جدول رقم (4-b)، ورسم الرابطة بين الخطا النسبي (y-axis) والانظمة الاسقاطية المختلفة مع الاساس المجسم لكل منها (x-axis) (الشكل رقم ١).[7]

ومن الجدول المذكور والشكل المذكورين يتوضح لنا ان مدى الدقة الافقية كموقع وكمسالة والمستخرجة من نظام GPS تساوي 1/3764 وهي باستخدام نظام اسقاطي (UTM-Zone 34) واساس مجسم (Hayford) ثم بالمرتبة الثانية الدقة النسبية 1/3708 وهي باستخدام نظام اسقاطي (UTM-Zone 34)، واساس مجسم (WGS 1984) وكلاهما بالنتيجة يتقاربان من خلال الدقة النسبية . لذلك يمكن اعتبارهما المرتبة الاولى في الاقتراب من دقة اعمال التضليع ثم بالمرتبة الثانية الدقة النسبية 1/2408 باستخدام الاسقاط (Lambert) والاساس المجسم (Hayford) ثم بالمرتبة الاخيرة الدقة 1/2227 باستخدام الاسقاط (Lambert) واساس مجسم (Clark 1880).

٥ - الاستنتاجات:

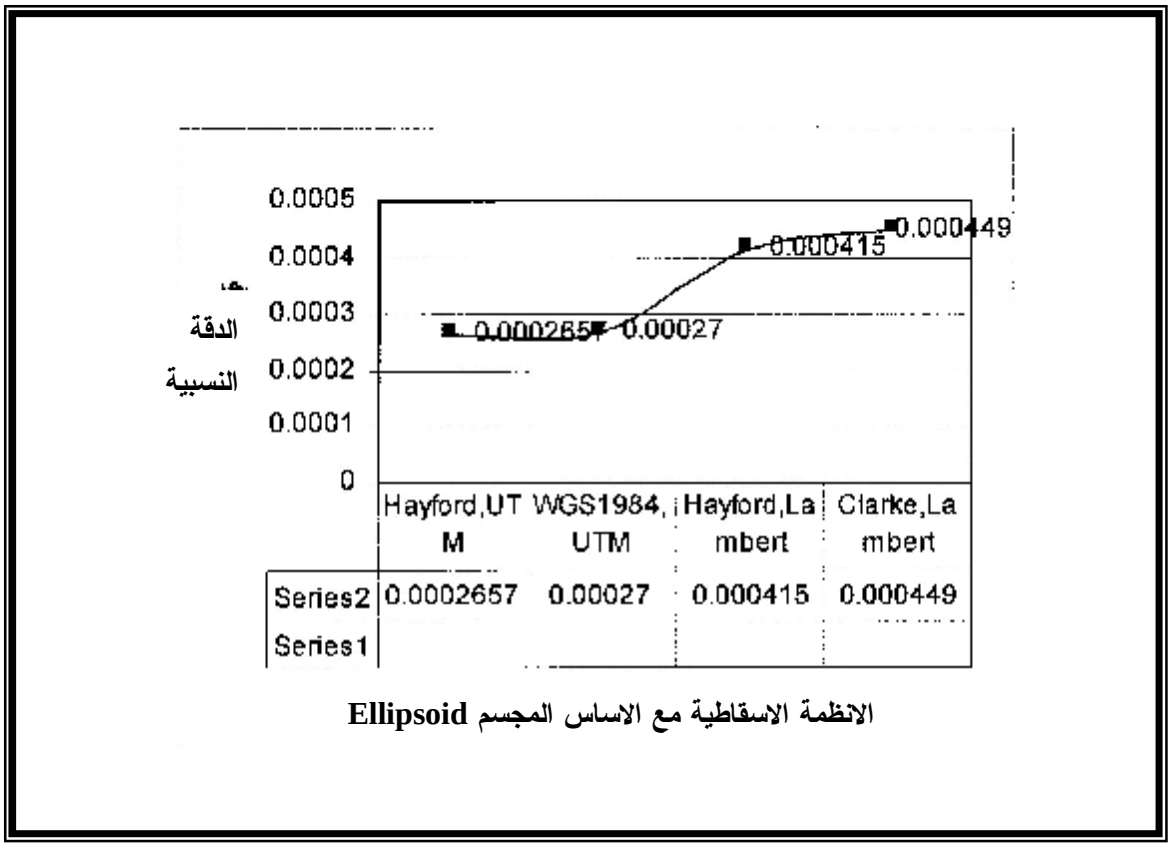
١ -افضل دقة نسبية (R.E) للمواقع الافقية المستخرجة من نظام (GPS) للمضلع ذي المساحة ($106514\ m^2$) والمكون من خمس نقاط هي 1/3764.

٢ -افضل دقة نسبية (R.E) للمواقع الافقية التربيعية (E,N) المستخرجة من نظام (GPS) هي عندما يكون النظام الاسقاطي المتخذ (UTM-Zone 34) والاساس المجسم (International Hayford) بالمرتبة الاولى (1/3764) ثم تاتي بالمرتبة الثانية الدقة النسبية للمواقع (1/3708) عندما يكون النظام الاسقاطي (UTM-Zone 34) والاساس المجسم (WGS 1984) وكلاهما بشكل عام متقارب في الدقة المذكورة.

٣ -الاساس المجسم الملائم من خلال تحليل النتائج لمنطقة الدراسة (المنطقة الشرقية من ليبيا -بنغازي)، هو اما

(Hayford) او (WGS 1984).

٤ -النظام الاسقاطي الامثل من ناحية دقة الموقع الافقي ومن خلال تحليل النتائج لموقع الدراسة (المنطقة الـــشرقية من ليبيا-بنغازي)، هو (UTM-Zone 34).



الانظمة الاسقاطية مع الاساس المجسم Ellipsoid

الشكل رقم (١) ويمثل العلاقة بين الأساس المجسم وأنظمة الإسقاط

جدول رقم (4-a): حساب المسافات الافقية من الاحداثيات التربيعية من النظام (GPS)

Reference Ellipsoid (Hayford)

Projection Set-UTM Zone 34

Line		E	N	ΔE^2	ΔN^2	D
AC	A	410468.9462	3546891.2012	27534.7561	1596.881521	170.6800
	C	410634.8822	3546931.1620			
CD	D	410754.2126	3546756.1991	14239.74440	30612.01640	211.782
DE	E	410717.6995	3546516.8187	1333.206472	57303.26316	242.150
EF	F	410396.3502	3546574.7824	103265.3726	3359.825296	326.535

FA	A	410468.9462	3546891.2012	5270.179216	100120.9836	324.640

Reference Ellipsoid (WGS1984)

Projection Set-UTM Zone 34

Line		E	N	ΔE^2	ΔN^2	D
AC	A	410396.1587	3546697.3310	27534.55697	1596.8016	170.6800
	C	410562.0941	3546737.2918			
CD	D	410681.4242	3546562.3294	14239.67277	30611.70144	211.781
DE	E	410644.9112	3546322.9499	1333.199169	57302.78440	242.149
EF	F	410323.5630	3546380.9133	103264.6656	3359.825296	326.534
FA	A	410396.1587	3546697.3310	5270.135658	100120.3507	324.639

Reference Ellipsoid (Clarke 1880)

Projection Set-Lambert

Line		E	N	ΔE^2	ΔN^2	D
AC	A	1193656.893	668836.7420	27145.19856	1976.318154	170.650
	C	1193821.657	668881.1978			
CD	D	1193945.679	668709.5779	15382.94478	29453.39008	211.746
DE	E	1193915.701	668469.3339	898.6804184	57717.17954	242.149
EF	F	1193592.949	668518.5190	104168.8535	2409.213400	326.534
FA	A	1193656.893	668836.7420	4088.835135	101265.6232	324.639

Reference Ellipsoid (Hayford)

Projection Set-Lambert

Line		E	N	ΔE^2	ΔN^2	D
AC	A	1193663.170	668613.1209	27147.1757	1975.451523	170.656
	C	1193827.934	668657.5782			
CD	D	1193951.966	668485.9527	15383.93702	29455.31225	211.753

DE	E	1193921.987	668245.7008	8987.404000	57720.97545	242.115
EF	F	1193599.225	668294.8879	104175.3086	2419.370806	326.488
FA	A	1193663.170	668613.1209	408896.3025	101272.2423	324.594

جدول رقم (4-b) حساب معدل الدقة النسبية للمواقع التربيعية باستخدام انظمة الاسقاط والاساس السفيرودي المتخذ.

Reference Ellipsoid (Hayford)

Projection Set:-UTM Zone 34

Line	**Corrected Distance (m)**	**Distance from GPS (m) D**	$\Delta D = D - D'$	**Relative Error**
AC	170.737	170.680	0.057	1/2995
CD	211.816	211.782	0.034	1/6229
DE	242.225	242.150	0.075	1/3229
EF	326.647	326.535	0.112	1/2916
FA	324.734	324.640	0.094	1/3454
				Avg.=1/3764

Reference Ellipsoid (WGS 1984)

Projection Set:-UTM Zone 34

Line	Corrected Distance (m)	Distance from GPS (m) D	$\Delta D = D - D'$	Relative Error
AC	170.737	170.679	0.058	1/2943
CD	211.816	211.781	0.035	1/6051
DE	242.225	242.149	0.075	1/3229
EF	326.547	326.534	0.114	1/2865
FA	324.734	324.639	0.094	1/3454
				Avg.=1/3708

Reference Ellipsoid (Hayford)

Projection Set:Lambert

Line	Corrected Distance (m)	Distance from GPS (m) D	$\Delta D = D - D'$	Relative Error
AC	170.737	170.656	0.081	1/2167
CD	211.816	211.753	0.063	1/3362

DE	242.225	242.115	0.110	1/2202
EF	326.547	326.488	0.159	1/2054
FA	324.734	324.594	0.140	1/2419
				Avg.=1/2408

Reference Ellipsoid (Hayford)

Projection Set:-UTM Zone 34

Line	Corrected Distance (m)	Distance from GPS (m) D	$\Delta D = D - D'$	Relative Error
AC	170.737	170.650	0.087	1/1963
CD	211.816	211.746	0.070	1/3025
DE	242.225	242.107	0.118	1/2052
EF	326.647	326.478	0.169	1/1932
FA	324.734	324.584	0.150	1/2164
				Avg.=1/2227

المصادر

1-Gilbert strang, and KaiBorre, "*Linear Algebra, Geodesy and GPS*", Wellestery Combrige press, 1997.

2-B.C Punmia, "*Surveying*", Vol.3, Pub. LAXMILtd. Newdelhi,1990.

3-P.R. Wolf, and R.C. Brinker, "*Elementary Surveying*", 9th ed., Mc.Grew Hill, New York, 1993.

4-N. Ackroed and R. Lorimer, "*Global Navegation, GPS user Guide*", Lioyed of London Press Ltd., 1990.

5-P.J.G Teunissen, and A.Kleusberg. "*GPS for Geodesy*", 2nd ed. Springer, Berlin, 1998.

6-Staff Member of Surveying Alexandria-Beirut Arab University, "*Goodetic surveying*", Dar El Rateb Al-Jamiah, 1994.

7-Wells, David, "*Guide To GPS Positioning*", Canadian GPS Associates, 1987.