

صيغة مطورة لمعادلة خطأ قياس الإتجاه الأفقي

الدكتور إياد فحصة*

الدكتور محسن أحمد**

(تاريخ الإيداع 9 / 3 / 2015. قُبل للنشر في 14 / 5 / 2015)

□ ملخص □

مع التطور الكبير الحاصل في مجال الأجهزة المساحية، وظهور أجيال مختلفة ومتنوعة الدقة من أجهزة التيودوليت المستخدمة في قياس الإتجاهات والزوايا الأفقية، أصبحت الحاجة ملحة لتحديث طرق تقييم وتحديد دقة القياسات المنفذة بهذه الأجهزة. ويتحقق هذا من خلال الأخذ بالإعتبار جميع العوامل الداخلية والخارجية المؤثرة على نظام القياس، في هذا السياق قام فريق العمل بدراسة معادلة الخطأ المشهورة لقياس الإتجاهات الأفقية بالتيودوليت (معادلة كولكورد) واختبارها باستعمال عدد من الأجهزة والإشارات المساحية وضمن قاعدة قياس خطية مكونة من خمسة أجزاء وبطول (250 m)، وخلص إلى ضرورة صياغة معادلة مطورة تأخذ بالإعتبار العوامل الداخلة أساساً في معادلة كولكورد (خطأ التمرکز، خطأ التسديد، خطأ القراءة) بالإضافة إلى نوعية الإشارة المرصودة وطول خط الرصد. تم اختبار هذه المعادلة عملياً، فأثبتت ذلك كفاءة جيدة في الوصول إلى قيم قريبة من القيم الفعلية لأخطاء القياس، وبذلك يمكن اعتمادها في تقدير قيم الأخطاء المتوسطة للإتجاهات الأفقية.

الكلمات المفتاحية: معادلة كولكورد، التيودوليت، الإتجاه الأفقي، معادلة الخطأ، الإشارة المرصودة، الإنحراف المعياري، خط الرصد.

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

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

A developed version for error's equation of horizontal direction measurement

Dr. Iyad Fahsa*
Dr. Mouhsen Ahmad**

(Received 9 / 3 / 2015. Accepted 14 / 5 / 2015)

□ ABSTRACT □

With substantial development in the field of surveying instruments, and the emergence of various and different generations of Theodolites which are used to measure horizontal directions and angles, it is urgent to develop the methods of assessing and determining the accuracy of measurements using these instruments. This is achieved by taking into consideration all the internal and external factors affecting the measurement system. The research team studied the famous error equation (Colcord equation) of horizontal directions and tested it using a several equipments of theodolites and targets on a 250 m long, 5-sections base-line. The team concluded that there was a need to develop Colcord equation by taking into consideration the factors involved mainly by Colcord equation (positioning error, initial sitting error, reading error) in addition to the type of target and the distance of the line of-sight. The proposed equation was tested in practice, which proved that expected errors of measurements were close to their actual values. This could be adopted to estimate the root mean square error (r. m. s. e.) of measurements of horizontal directions.

Keywords: Colcord equation, Theodolites, horizontal direction, error equation, Target, standard deviation, Line of-sight.

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

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

مقدمة.

يمكن عموماً اعتبار القياس الزاوي على أنه تجربة تعتمد على تقنيات القياس، وعلى التعليمات الناظمة لكيفية إجرائه. وأكثر من ذلك على الطرق الإحصائية التي تأخذ بالإعتبار معطيات الدقة أو الخطأ المسموح بالنسبة للعمل المساحي. وعلى سبيل المثال، هناك قاعدة عامة بين المساحين بأنه للحصول على قياس بنفس الدقة يجب إجراء ثماني مجموعات قياس للوضعية الأمامية والخلفية للإتجاه باستخدام تيودوليت دقته التصميمية $\pm 1''$ (مثلاً: *Zeiss theo 010, Wild T2*)، أو ست مجموعات قياس باستخدام تيودوليت دقته التصميمية هي $\pm 0.1''$ (مثلاً: *Wild T3*) [1].

الإختيار البديل للنقاش السابق هو تصميم أنظمة قياس زاوية مرتبطة بالقياسات الحقلية، باستخدام معطيات مناسبة عن العناصر الداخلة في نظام القياس والأخطاء المتوقعة المؤثرة على كامل نظام القياس. وهي:

- . الراصد ودقة رصده،
- . نظام القراءة في التيودوليت،
- . العوامل الجوية،
- . الإشارة المرصودة المستخدمة وخواصها (اللون، الأرضية، الشكل الهندسي، الأبعاد، الخ).

وهكذا في تصميم أنظمة قياس الزوايا يمكننا بمعرفة بعض هذه الأخطاء أن نراكب بينهم باستخدام قانون انتشار الأخطاء والحصول على الخطأ النهائي للقياس، وتحديد مقدار تأثير كل من هذه المكونات على الخطأ النهائي المحسوب.

2. معادلة خطأ القياس بالتيودوليت.

حدد Benton, A. and Taetz [2] مصدرين أساسيين مؤثرين على خطأ قياس الإتجاه الأفقي، هما:

- . خطأ التسديد إلى الهدف،
- . أخطاء تدريج قرص المقسم الأفقي.

وذلك بعد تحقيق مايلي:

- أ. الضبط الدقيق والمحكم للتيودوليت من الأخطاء التالية:
 - . خطأ التسامت (collimation error)،
 - . خطأ استواء اللوحة (plate level)،
 - . خطأ توجيه القرص (diaphragm misorientation)،
 - . خطأ انحراف المحاور (trunin axis displacement) .
 - . خطأ الشاقول الضوئي (optical plummet) .

ب. التمرکز الدقيق فوق النقطة الأرضية والضبط الجيد لأفقية الجهاز.

أعطى العالم [3] Colcord أول صيغة عامة لمعادلة خطأ قياس الإتجاه بالتيودوليت، وذلك باستخدام النماذج الرياضية المرتبطة بعملية القياس وتقنيات تقدير الأخطاء الفرعية. وبالتالي لعدد قدره n قياس تأخذ معادلة كولكورد Colcord equation الصيغة التالية:

$$\sigma_c = \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{e_o^2 + 2e_p^2 + e_r^2} \quad (1)$$

حيث : σ_c : خطأ القياس العشوائي النظري (الإفتراضي)،

n : عدد مرات القياس،

e_o : خطأ تمركز الجهاز فوق النقطة المساحية،

e_p : خطأ التسديد نحو الهدف،

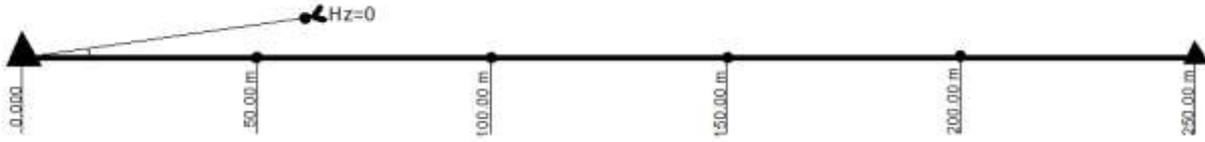
e_r : خطأ القراءة (في الأجهزة البصرية غير الرقمية فقط).

تؤخذ عادة قيمة خطأ القراءة مساوية لنصف أصغر تدرجة، ويعتمد خطأ التمركز على أنه مساو لخطأ التسديد [3]. وتبين التجارب أنه بالنسبة لجهاز متمركز بشكل جيد وراصد متمرس يمكن التسديد على الهدف بدقة (5" ÷ 2"). يتم قبول هذه المعادلة بشكل واسع حالياً [2 و 4 و 5].

3 . التحقق من معادلة خطأ التيودوليت.

من المفضل التحقق من كفاءة المعادلة (1) بأخذ عدد مناسب من قياسات الإتجاهات باستخدام أجهزة تيودوليت متنوعة ذات مستويات دقة مختلفة، وباستخدام أنواع مختلفة من الإشارات المرصودة (targets) لإختبار مدى تأثير ذلك على دقة القياس . طبعاً، ماسبق ذكره مرتبط بخبرة الراصد وقدرته على التسديد الدقيق، وبتصميم الإشارة المرصودة، وبوضوح الرؤية حول الهدف، ومدى ثبات الإشارة الهدف فوق النقطة المرصودة. ولإجراء التحقق المذكور أعلاه تم تصميم الآلية التالية :

أ . تصميم قاعدة قياس مستقيمة بطول 250 m مقسمة إلى خمسة أجزاء (منتهية برأس مسمار معدني) طول كل منها 50 m . وتم تثبيت نقطة أخرى مجاورة للقاعدة وتصنع معها زاوية حادة صغيرة (سيتم تصفير الجهاز نحوها)، بحيث يمكن التقليل من أثر تدرج الأقراص المقسمة على دقة القياس، كما هو مبين بالشكل (1) .



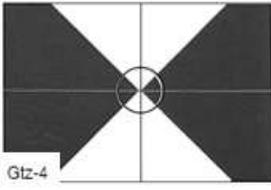
الشكل (1) قاعدة القياس المستخدمة

ب . نجري قياس اتجاه القاعدة في كل مرة باستخدام أحد أجهزة التيودوليت التالية :

(Leica T1800 , Kern DKM1 , Kern DKM2 , Topcon GTS212 , Sokkia SET 2C)

من النقطة الجانبية (نقطة الصفر) إلى نقاط القاعدة المتسلسلة، باستخدام إشارات مرصودة من الأنواع

التالية: (GTZ-4 , GRZ-3 , Steel Rod , Rod with Prism)

			
الإشارة GTZ-4	الإشارة GRZ-3	الإشارة Steel rod	الإشارة Rod with prism

الشكل (2) الإشارات الجيوديزية المستخدمة

ج . يتم قياس الإتجاه الواحد عشر مرات، بحيث يمكن حساب الخطأ المتوسط التربيع σ_i .
وتبين الجداول (1 و 2 و 3 و 4) قيم الأخطاء المتوسطة التربيع للقياسات المنفذة.
د . تتم مقارنة قيم الأخطاء الواردة في الجداول المذكورة مع القيم النظرية المقابلة لها (المحسوبة من قانون كولكورد)، والمبينة في الجدول (6) .

الجدول (1) : دقة قياس الإتجاهات σ_i باستخدام التيودوليت *Leica T1800* ، مقدرة بالثواني الستينية.

المسافة (m)	الإشارة GTZ-4	الإشارة GRZ-3	الإشارة Steel rod	الإشارة Rod with prism
50	1.60	1.85	2.41	2.07
100	1.97	2.09	2.99	2.52
150	2.10	2.53	3.74	2.69
200	2.36	3.11	4.22	3.10
250	2.53	2.66	4.65	3.46

الجدول (2) : دقة قياس الإتجاهات σ_i باستخدام التيودوليت *Kern DKM1* ، مقدرة بالثواني الستينية.

المسافة (m)	الإشارة GTZ-4	الإشارة GRZ-3	الإشارة Steel rod	الإشارة Rod with prism
50	8.12	10.28	13.55	11.32
100	9.38	10.58	16.60	14.70
150	10.54	14.07	18.71	15.96
200	12.74	14.83	19.17	16.81
250	14.06	16.33	21.30	17.37

الجدول (3) : دقة قياس الإتجاهات σ_i'' باستخدام التيودوليت *Kern DKM2* ، مقدرة بالثواني الستينية.

المسافة (m)	الإشارة GTZ-4	الإشارة GRZ-3	الإشارة Steel rod	الإشارة Rod with prism
50	5.33	5.54	7.66	6.34
100	6.47	6.75	8.96	7.62
150	7.03	6.94	10.81	8.51
200	7.74	8.16	11.27	8.73
250	8.46	10.30	12.29	9.41

الجدول (4) : دقة قياس الإتجاهات σ_i'' باستخدام التيودوليت *Topcon GTS212* ، مقدرة بالثواني الستينية.

المسافة (m)	الإشارة GTZ-4	الإشارة GRZ-3	الإشارة Steel rod	الإشارة Rod with prism
50	7.73	9.09	11.82	10.90
100	9.88	11.48	14.76	12.98
150	11.40	13.42	16.32	14.53
200	12.52	13.85	17.05	15.82
250	14.11	14.52	19.65	16.21

الجدول (5) : دقة قياس الإتجاهات σ_i'' باستخدام التيودوليت *Sokkia SET2C* ، مقدرة بالثواني الستينية.

المسافة (m)	الإشارة GTZ-4	الإشارة GRZ-3	الإشارة Steel rod	الإشارة Rod with prism
50	4.45	5.55	7.30	6.21
100	5.82	6.62	9.15	7.52
150	6.52	7.66	10.79	8.23
200	6.92	8.44	11.36	9.18
250	7.94	9.36	12.41	9.93

الجدول (6) : القيم النظرية المتوقعة لأخطاء قياس الإتجاه باستخدام قانون كولكورد

الجهاز	e_o , e_r (seconds)	الخطأ النظري المركب σ_c''
Leica T1800	1 , 0	0.55
Kern DKM-1	5 , 3	2.89
Kern DKM-2	3 , 0.5	1.65
Topcon GTS212	5 , 0	2.73
Sokkia Set2C	3 , 0	1.64

تشير نتائج المقارنة بوضوح إلى أن القيم الفعلية المبينة في الجداول (1 و 2 و 3 و 4) هي أكبر من القيم النظرية المقابلة لها في الجدول (5) ، والسبب هو عدم اعتبار أثر نوعية الإشارة المرصودة وأثر طول الضلع المقاس للزاوية على دقة القياس .

4 . صياغة المعادلة المطورة لخطأ قياس الإتجاه الأفقي .

لدراسة أثر الإشارة المرصودة على دقة القياس سنقوم بإجراء التجربة التالية: من أجل المحافظة على ظروف جوية ثابتة ستمت التجربة ضمن أبواب مغلقة (باحة مسقوفة أمام مخبر المساحة في كلية الهندسة المدنية)، سيكون طول ضلع الزاوية مناسباً (اعتمدناه بحدود 6m) للتخلص بأكبر قدر ممكن من أثر خطأ تنصيف الإشارة (Bisection error) على قياس الإتجاه، وتم اختيار زاوية صغيرة أيضاً لذات السبب المشار إليها أعلاه. للحصول على أعلى دقة ممكنة استخدمنا التيودوليت من مرتبة الدقة التصميمية $\pm 1''$. تم تنفيذ القياس 30 مرة وحساب الخطأ المتوسط التربيع للقياس σ^R ، يمكن الآن اعتبار القيمة σ^R أساساً للمقارنة مع بقية الأخطاء المحسوبة والمبينة في الجداول السابقة. إن تأثير الإشارة المرصودة فقط على دقة قياس الإتجاه سيكون مرتبطاً بالنسبة بين القيمة المتوسطة للانحراف المعياري $\bar{\sigma}_i$ للقياس (بحسب الإشارة المرصودة ضمن المسافات الجزئية) والانحراف المعياري الأفضل الذي حصلنا عليه σ^R ، وسنرمز لها بـ K ، وصيغته:

$$K_i = \frac{\bar{\sigma}_i}{\sigma^R} \quad (2)$$

حيث K_i : معامل تكبير مرتبط بنوع الإشارة،

$\bar{\sigma}_i$: القيمة المتوسطة لدقة قياس الإتجاه باستخدام الإشارة .

وتبين الجداول (7 و 8 و 9 و 10) قيم K_i المرتبطة بالإشارة المستخدمة وفقاً لنوع جهاز القياس.

الجدول (7) : قيم $(\sigma^R'', \bar{\sigma}'', K_i)$ العائدة للإشارة GTZ-4 وفقاً للتيودوليت المستخدم.

الإشارة التيودوليت	GTZ-4				
	Leica T1800	Kern DKM- 1	Kern DKM- 2	Topcon GTS212	Sokkia Set2C
σ^R (")	1.96	10.17	6.69	10.95	6.11
$\bar{\sigma}_i$ (")	2.11	10.97	7.01	11.13	6.33
K_i	1.08	1.08	1.05	1.02	1.04

الجدول (8) : قيم $(\sigma^R'', \bar{\sigma}'', K_i)$ العائدة للإشارة GRZ - 3 وفقاً للتيودوليت المستخدم.

الإشارة التيودوليت	GRZ-3				
	Leica T1800	Kern DKM- 1	Kern DKM- 2	Topcon GTS212	Sokkia Set2C
σ^R (")	2.00	10.84	6.28	6.30	6.23
$\bar{\sigma}_i$ (")	2.45	13.22	7.54	7.54	7.53
K_i	1.22	1.22	1.20	1.19	1.21

الجدول (9) : قيم $(\sigma^R'', \bar{\sigma}'', K_i)$ العائدة للإشارة **Steel Rod** وفقاً للتبديوليت المستخدم.

الإشارة التبديوليت	Steel Rod				
	Leica T1800	Kern DKM- 1	Kern DKM- 2	Topcon GTS212	Sokkia Set2C
σ^R (")	2.18	10.96	6.43	10.19	6.20
$\bar{\sigma}_i$ (")	3.60	17.87	10.20	15.92	10.20
K_i	1.65	1.63	1.59	1.56	1.65

الجدول (10) : قيم $(\sigma^R'', \bar{\sigma}'', K_i)$ العائدة للإشارة **Rod with prism** وفقاً للتبديوليت المستخدم.

الإشارة التبديوليت	Rod with prism				
	Leica T1800	Kern DKM- 1	Kern DKM- 2	Topcon GTS212	Sokkia Set2C
σ^R (")	2.77	13.68	8.12	11.88	8.12
$\bar{\sigma}_i$ (")	3.60	17.87	10.20	15.92	10.20
K_i	1.30	1.31	1.26	1.34	1.26

من خلال تحليل المعطيات الواردة في الجداول أعلاه يظهر لنا جلياً القيم المتقاربة للمعامل K_i لكل إشارة مرصودة بغض النظر عن نوعية جهاز القياس وآلية عمله. لذا يمكن اعتماد القيمة المتوسطة \bar{K} لكل من الإشارات المرصودة، كما هو وارد في الجدول (11) التالي:

الجدول (11) : قيم المعاملات \bar{K} للإشارات المستخدمة .

الإشارة المستخدمة	\bar{K}
GTZ-4	1.054
GRZ-3	1.208
Iron Rod	1.616
Rod with prism	1.294

لتعيين أثر طول خط الرصد على دقة عملية القياس، تم القبول بفرضية أنها متناسبة مع المسافة $[2,3,6,7]$ ، وبالتالي سنفترض، بالنظر إلى التطور الكبير الحاصل في أنظمة القياس [7]، أنها متناسبة مع d بالعلاقة:

$$\sigma_d'' \propto \sqrt[4]{d} \text{ (m)} \quad (3)$$

حيث تعطى قيمة المسافة d بالأمتار.

وبالتالي يمكن أن تأخذ المعادلة (3) الصيغة التالية:

$$\sigma_d'' = \sqrt{d^{\frac{1}{2}}} \text{ (m)} \quad (4)$$

نراكم بين المعادلات (1) و(2) و(4) لنحصل على المعادلة المطورة للخطأ النظري المتوقع لقياس الإتجاهات

كما يلي:

$$\sigma_{\text{exp}}'' = \pm \bar{K} \cdot \sqrt{\frac{1}{n} \cdot (e_o^2 + 2e_p^2 + e_R^2)} \quad (5)$$

حيث:

σ_{exp} : القيمة المتوقعة النظرية لخطأ قياس الإتجاه بالتيودوليت،

e_o, e_p, e_R, n, d, K : كما تم تحديده سابقاً .

5 . التحقق من المعادلة المطورة للخطأ.

لهذا الهدف تم تنظيم الجداول (12 و 13 و 14 و 15 و 16) باستخدام الصيغة المطورة لمعادلة كولكورد

(المعادلة 5)، تعكس الجداول القيم المتوقعة للخطأ المركب العشوائي لقياسات الزوايا الأفقية باستخدام مجموعات

(تيودوليت . إشارة . مسافة) مختلفة ومتنوعة.

الجدول (12) : القيمة النظرية المطورة المتوقعة لدقة قياس الإتجاه σ_{exp}'' باستخدام التيودوليت Leica T1800

المسافة (m)	الإشارة GTZ-4 $\bar{K}=1.054$	الإشارة GRZ-3 $\bar{K}=1.208$	الإشارة Steel rod $\bar{K}=1.616$	الإشارة Rod with prism $\bar{K}=1.294$
50	1.54	1.76	2.35	1.88
100	1.83	2.10	2.80	2.24
150	2.02	2.32	3.10	2.48
200	2.17	2.49	3.33	2.66
250	2.30	2.64	3.52	2.82

الجدول (13) : القيمة النظرية المطورة المتوقعة لدقة قياس الإتجاه σ_{exp}'' باستخدام التيودوليت Kern DKM-1

المسافة (m)	الإشارة GTZ-4 $\bar{K}=1.054$	الإشارة GRZ-3 $\bar{K}=1.208$	الإشارة Steel rod $\bar{K}=1.616$	الإشارة Rod with prism $\bar{K}=1.294$
50	8.12	9.31	12.45	9.97
100	9.66	11.07	14.81	11.86
150	10.69	12.25	16.39	13.12
200	11.49	13.17	17.61	14.10
250	12.15	13.92	18.62	14.91

الجدول (14) : القيمة النظرية المطورة المتوقعة لدقة قياس الإتجاه σ_{exp}'' باستخدام التيودوليت Kern DKM-2

المسافة (m)	الإشارة GTZ-4 $\bar{K}=1.054$	الإشارة GRZ-3 $\bar{K}=1.208$	الإشارة Steel rod $\bar{K}=1.616$	الإشارة Rod with prism $\bar{K}=1.294$
50	4.63	5.30	7.09	5.68
100	5.50	6.31	8.44	6.75

150	6.09	6.9	9.34	7.48
200	6.54	7.50	10.03	8.03
250	6.92	7.93	10.61	8.49

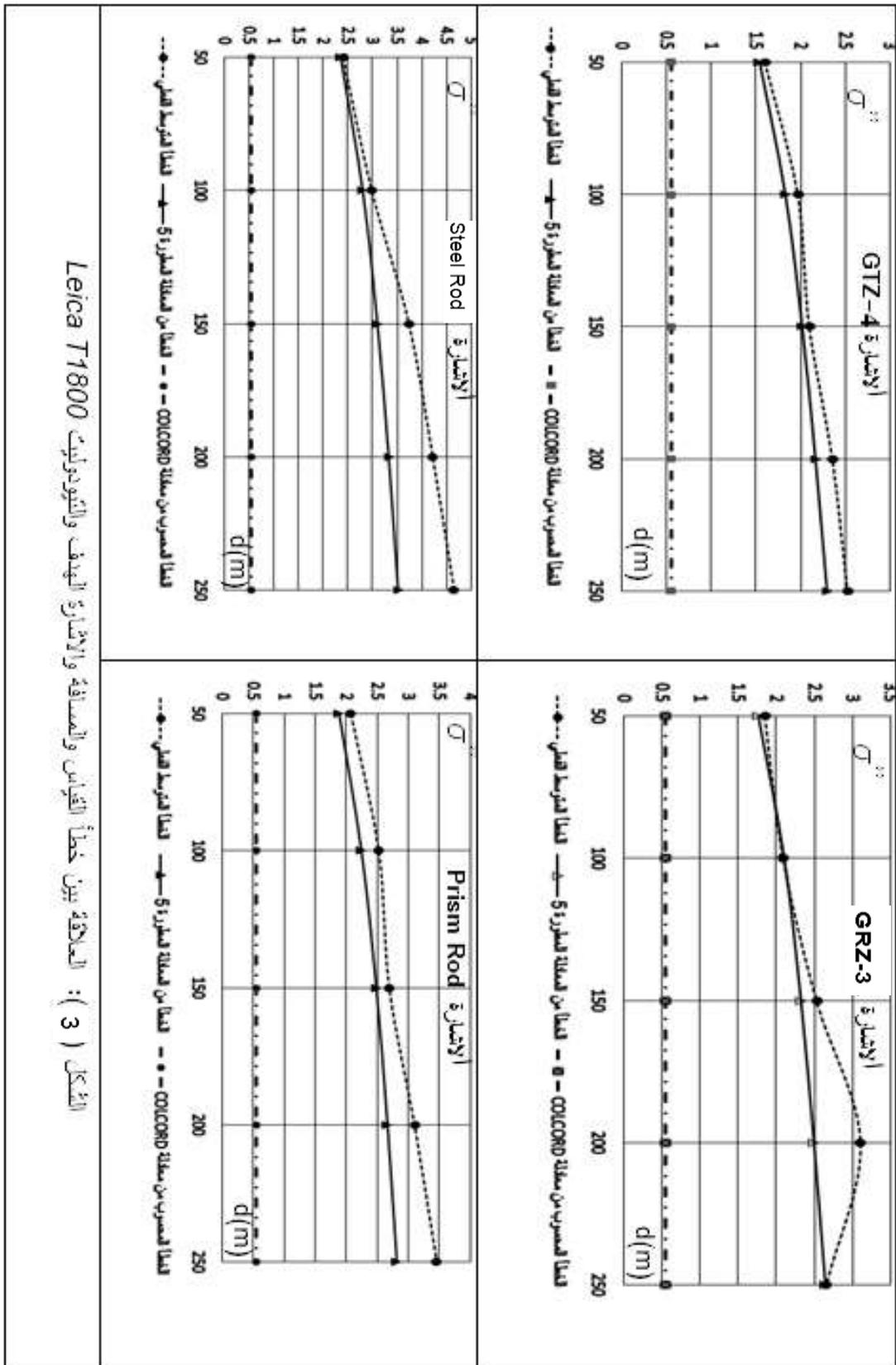
الجدول (15) : القيمة النظرية المطورة المتوقعة لدقة قياس الإتجاه σ_{exp}'' باستخدام التيودوليت Topcon GTS212

المسافة (m)	الإشارة GTZ-4 $\bar{K}=1.054$	الإشارة GRZ-3 $\bar{K}=1.208$	الإشارة Steel rod $\bar{K}=1.616$	الإشارة Rod with prism $\bar{K}=1.294$
50	7.68	8.80	11.77	9.42
100	9.13	10.46	13.99	11.21
150	10.10	11.58	15.49	12.40
200	10.85	12.44	16.64	13.31
250	11.48	13.15	12.60	14.09

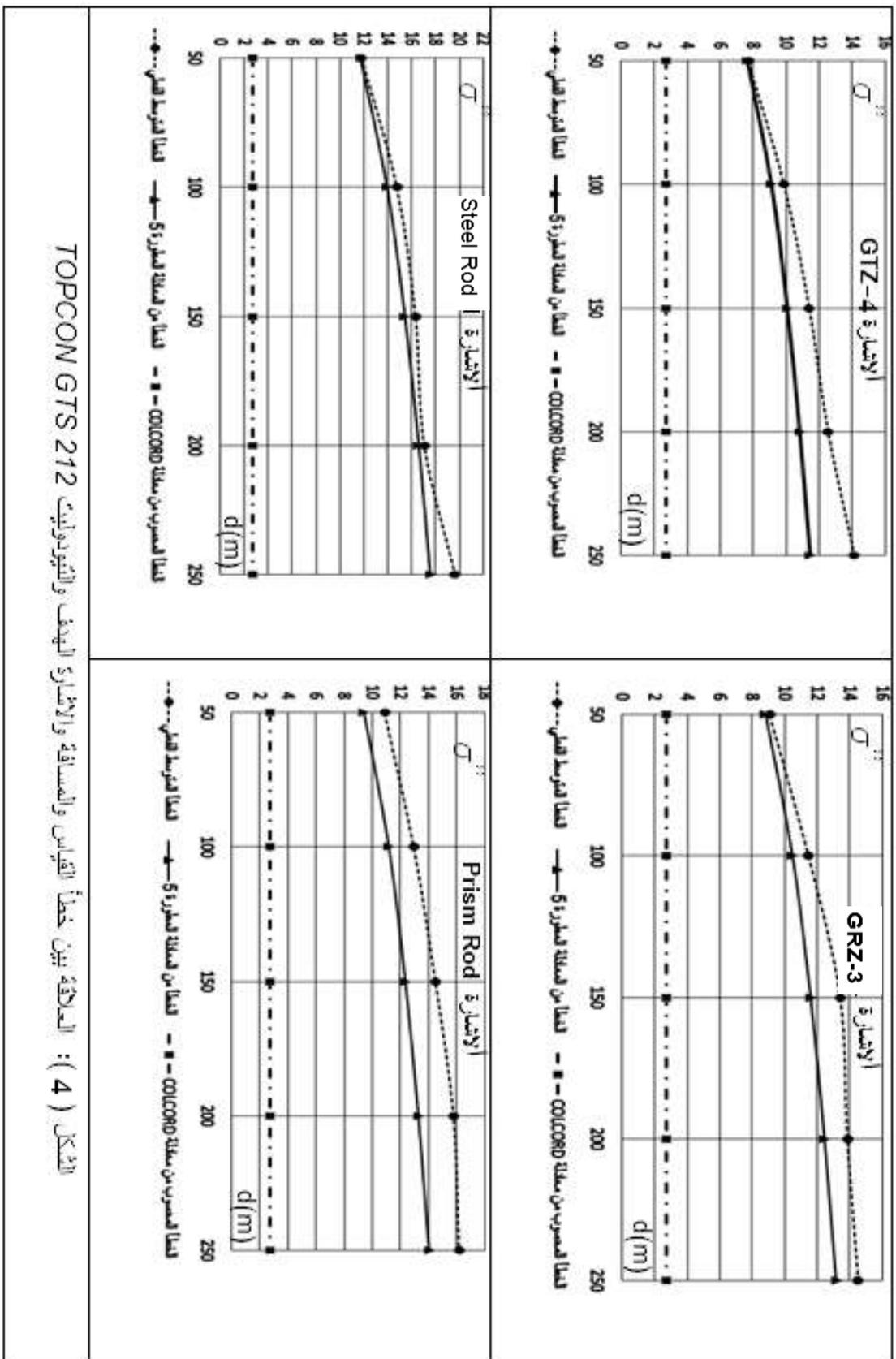
الجدول (16) : القيمة النظرية المطورة المتوقعة لدقة قياس الإتجاه σ_{exp}'' باستخدام التيودوليت Sokkia Set2C

المسافة (m)	الإشارة GTZ-4 $\bar{K}=1.054$	الإشارة GRZ-3 $\bar{K}=1.208$	الإشارة Steel rod $\bar{K}=1.616$	الإشارة Rod with prism $\bar{K}=1.294$
50	4.61	5.28	7.06	5.65
100	5.48	6.28	8.40	6.72
150	6.06	6.95	9.29	7.44
200	6.51	7.48	9.99	8.00
250	6.89	7.89	10.56	8.45

ولتوضيح فعالية الصيغة المطورة لمعادلة الخطأ المقترحة في هذا البحث سيتم تنظيم الأشكال البيانية التالية، التي توضح العلاقة بين الخطأ المتوسط للإتجاه المقاس وطول خط الرصد ونوعية الإشارة المرصودة المستخدمة لكل نوع من أجهزة القياس (المتوفرة للباحثين) المستخدمة في البحث الحالي (انظر الأشكال 3 و 4).



الشكل (3) : العلاقة بين خطأ القياس والمسافة والاشارة والتبويب لبيت Leica T1800



الشكل (4) : العلاقة بين خطأ القياس والمسافة والاشارة الهدف والتورونيت TOPCON GTS 212

الجدول والأشكال تتحدث عن نفسها، وللتوضيح لا بد من إضافة بعض الاستنتاجات، وهي:

أولاً: بالمقارنة بين الجدول (12) والجدول (1) المعتمدين على القياس باستخدام تيبودوليت Leica T1800، يتبين لنا أن جميع الإشارات المستخدمة سمحت بالحصول على دقة قياس ضمن حدود القيم المحددة المتوقعة بالعلاقة المطورة (5). وكذلك الحال بالنسبة لجميع الأجهزة، حيث حققت قيماً متوقعة قريبة من القيم الفعلية للأخطاء بنسب أكبر من 80%.

ثانياً: بالمقارنة بين نتائج القياسات باستخدام الجهازين Kern DKM-1 و Kern DKM-2 يظهر لنا أن الحدود المتوقعة لخطأ القياس باستخدام Kern DKM-1 هي أكبر، وهذا طبيعي مرده إلى أن التيبودوليت Kern DKM-2 مزود بميكرومتر ويسمح بالقياس المضاعف وأصغر تدرجة فيه هي "1"، بينما مواصفات الجهاز Kern DKM-1 هي أدنى من الجهاز الآخر.

الاستنتاجات والتوصيات:

1. يجسد البحث طريقة تجريبية رقمية لاستنتاج صيغة مطورة لمعادلة خطأ الإتجاه الأفقي التي أعطاها كولكورد (Colcord)،
تأخذ هذه الصيغة المطورة بالإعتبار نوعية الإشارة المرصودة وطول خط الرصد.
2. أعطت المعادلة المطورة (5) فعالية جيدة في الوصول إلى نتائج قريبة من القيم الفعلية للأخطاء المتوسطة لقياس
الإتجاهات، وهذا يؤدي إلى رفع مستوى دقة المعالجة العددية اللاحقة للقياسات بهدف تأدية الغرض من العمل المساعي، من خلال إعطاء القياسات الأوزان الفعلية المتناسبة مع الأخطاء المتوسطة المحسوبة وفق المعادلة المقترحة.
3. يمكن متابعة تطوير العلاقة المقترحة للوصول إلى صيغة أفضل، وهذا يشكل بحد ذاته مجالاً للبحث في كيفية تحسين أداء نماذج المعالجة الرياضية للشبكات الجيوديزية.
4. إن استخدام مجموعات أجهزة قياس وإشارات رصد (مختلفة النوع والنموذج) مكافئة من حيث الدقة التصميمية للمجموعات المستخدمة في سياق البحث يسمح بتعميم النتائج الواردة أعلاه، والإستفادة من النتائج التي تم التوصل إليها.
5. اشتمل البحث على قياسات منفذة باستخدام أجهزة تيبودوليت رقمية وتقليدية، و يمكن الاستفادة من النتائج التي حصلنا عليها لأنواع المختلفة من أجهزة التيبودوليت.

المراجع :

- [1]Kissum,P. Surveying for Civil Engineers ,2nd ed. New York : McGraw Hill Book Company 1981 .
- [2] Benton ,A. and Taetz , P. J. Elements of Plane Surveying . 1st ed.. New York : McGraw Hill Book Company (1991) .
- [3] Colcord , J.E. (Error Analisys in Angulation Design) . Proceeding of American Congress on Surveying and Mapping . San Francisco . 1971 .
- [4] Wolf , P. R. and Brinker , R. C. Elementary Surveying . 9th ed. New York. Collins College Publishers . 1994 .
- [5] Schmidt , M. O. and Wong, K. Fundamentals of Surveying 3rd ed. Boston : PWS Engineering 1985 .
- [6] فحصة إياد ، الجيوديزيا (1) . الطبعة الأولى. منشورات جامعة تشرين. 1997 م.
- [7] صيام يوسف. المساحة بالأجهزة الإلكترونية. مكتبة العروبة، عمان، 2001 م.