مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الهندسية المجلد (22) العدد (9) 2000
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol (22) No (9) 2000

دراسة إمكانية حذف أثر انكسار الأشعة على قياسات الزوايا الشاقولية

الـــدكتور منيـــر يحيـــى*
الـــدكتور إيـــاد فحصـــة**

(ورد إلى المجلة في 1999/9/25، قبل للنشر في 1999/12/19)

□ الملخّص □

يتطرق البحث لموضوع التأثير السلبي للانكسار الشاقولي للأشعة في دقة قياس الزوايا الشـاقولية ، ويحد ذلك من استخدام هذا النوع من القياسات الجيوديزية ضمن شبكات المراقبة القياسية للمنشآت الهندسـية الكبيرة .

يقترح البحث طريقتين للتخلص من تأثير هذا النوع من الانكسار، بهدف الاستفادة من هذه القياسات (الزوايا الشاقولية) في شبكة المراقبة القياسية المنفذة من قبلنا، ضمن حرم سد السادس عشر من تشرين.
ولقد أعطت الطريقتان نتائج ايجابية تسمح بتعميمها للاستخدام ضمن الشبكات المماثلة.

* مدرس في قسم الهندسة الطبوغرافية -كلية الهندسة المدنية ــ جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
** مدرس في قسم الهندسة الطبوغرافية -كلية الهندسة المدنية ــ جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (22) العدد (9) 2000
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (22) No (9) 2000

Studying of the Possibility of Elimination the Reflective Rays Effects on the Vertical Angles Measurements

Dr. M. YAHYA*

Dr. I. FAHSA**

(Received 25/9/1999, Accepted 19/12/1999)

❐ ABSTRACT ❐

Our research deals with the negative effect of the vertical reflection of rays on the accuracy of the vertical angles measurement (V.A.M) . This will limit the use of this geodetic measurement in the three – dimensional control networks of big structures establishment .

We proposed two new methods to avoid that reflective effective effect on our measurements in the (16-October) – dam . These new methods gave us positive results that can be used with other similar networks .

* Lectuer at the departement of Geodesy Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Lectuer at the departement of Geodesy Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

1 ــ مقدمة:

من الضروري أن نوضح مفهوم الزاوية الشاقولية التي ستكون محور اهتمامنا، نقصد بالزاوية الشاقولية تلك الزاوية المحصورة بين خط الرصد (الخط المستقيم المنطلق من عين الراصد إلى النقطة المرصودة) ومسقطه على المستوي الأفقي المار من نقطة المرصد.

يثير موضوع استخدام الزوايا الشاقولية في الشبكات الدقيقة ثلاثية الأبعاد شكوكاً عديدة؛ تنتج هذه الشكوك من الرأي القائل، بأن تأثير الانكسار الشاقولي لشعاع الرصد يخفض من دقة قياس هذه الزوايا. لذا يجب دراسة هذا التأثير واستنتاج الطرق المناسبة للتقليل من أثر هذا الانكسار في إمكانية استخدام الزوايا الشاقولية، ضمن خطة القياس في الشبكات الدقيقة ثلاثية الأبعاد.

في بحثنا الحالي سنعتمد معادلة تصحيح الزاوية الشاقولية المعطاة في المرجع [1] والتي تأخذ الصيغة التالية:

$$V_{\beta_{ij}} = a.dx_i + b.dy_i - c.dz_i - adx_j - b.dy_j + c.dz_j + (\beta_{ij}^{o} - \beta_{ij}^{ob}) \qquad (1)$$

والثوابت هي :

$$a = \frac{x_j^o - x_i^0}{D_{ij}^{o^2}}.tg\beta_{ij} \quad ,b = \frac{y_j^o - y_i^o}{D_{ij}^{o^2}}.tg\beta_{ij} \quad ,c = \frac{1}{D_{ij}^0}\cos\beta_{ij}^o$$

حيث:

i : نقطة المرصد، j النقطة المرصودة

X_o, Y_O, Z : الإحداثيات التقريبية للنقاط المحددة للزاوية الشاقولية

D_{ij}^0 : القيمة التقريبية للمسافة المائلة بين النقطتين i,j

β_{ij}^O : القيمة التقريبية للزاوية الشاقولية وتحسب من الإحداثيات التقريبية باستخدام القانون:

$$\beta_{ij}^O = arc\,tg\frac{z_j^{\,o} - z_i^{\,o}}{D^o{}_{ij}^{\,2}} \qquad (2)$$

β_{ij}^{ob} : القيمة المقيسة للزاوية الشاقولية.

تعطي المراجع المختصة ومن بينها [1،2،3،4،5،6،7،8،9] طرقاً عديدة لحساب قيمة معامل الانكسار الشاقولي. فيمكن تعداد بعض هذه الطرق كما يلي:

- ــ القياس المتزامن للزوايا الرأسية.
- ــ الاستفادة من فرق ارتفاع معلوم.
- ــ الاستفادة من قياسات بعض الظواهر الجوية.
- ــ الاستفادة من ظاهرة انتشار الأمواج الكهرطيسية.

تبين المراجع المختصة المذكورة أعلاه، أن دقة حساب قيمة معامل الانكسار K، باستخدام هذه الطرق متدنية، وأن قيمة الخطأ النسبي لحسابه قد تبلغ (60–70)%، وخصوصا في المرجع [1] كما نلاحظ أن القوانين المعطاة لحساب قيمته، بالاعتماد على معرفة الظروف الجوية المحيطة بالمرصد، لا تفي بالدقة المطلوبة في القياسات الجيوديزية ضمن الشبكات الدقيقة.

من المفضل إذاً في المسائل الجيوديزية استخدام طرق خاصة لقياس الزوايا الشاقولية، بحيث يمكن التقليل إلى حد كبير من أثر انكسار الأشعة في نتائج القياسات، ومن ثم اعتبار هذا التأثير مهملاً. ويعتبر شرط

التخلص من أثر الانكسار شرطاً هاماً، من أجل ضم قياسات الزوايا الشاقولية إلى نظام القياسات المنفذة ضمن الشبكة الفراغية.

2 ــ عرض بعض طرق حذف أثر الانكسار في قياسات الزوايا الشاقولية:

من بين هذه الطرق نذكر تلك المبينة في [1،4]. تعتمد الطريقة على إضافة حد خاص إلى معادلة تصحيح الزاوية الشاقولية المقيسة، ويرتبط هذا الحد بمعاملات الانكسار بحيث تصبح الصيغة العامة لمعادلة التصحيح:

$$V\beta_{IJ} = d\beta_{ij} + \frac{\partial_i}{k_i}.dk_i + l\beta_{ij} \qquad (3)$$

حيث:

∂_i: زاوية الانكسار الشاقولي لخط الرصد من المرصد i.

k_i: معامل الانكسار المقبول عند المرصد i.

dk_i: تصحيح لمعامل الانكسار، ويتم حسابه بالمعالجة الرياضية للقياسات.

يبين التقييم السريع للطريقة السابقة عدداً من الثغرات؛ فهي تؤدي إلى زيادة كبيرة غير مرغوبة في عدد المجاهيل المطلوب تعيينها بالمعالجة الرياضية للقياسات. كما لا يمكن اعتماد قيمة موحدة لتغيرات قيم معامل الانكسار عند كل مرصد، لأن ذلك سيكون منافياً للواقع بسبب تغيرات الظروف الجوية والطبوغرافية بين النقاط المرصودة. وهذا سيؤدي في الحالة الحدية إلى تعيين قيمة dk عند كل قياس، ومن ثم ازدياد عدد المجاهيل عن عدد القياسات، بحيث تصبح جملة معادلات التصحيحات مستحيلة الحل.

أدت السلبيات السابقة إلى اعتماد طرق قياس خاصة للزوايا الشاقولية، تسمح هذه الطرق بحذف أثر الانكسار الشاقولي في القياسات قبل مرحلة المعالجة الرياضية، أو تسمح بإيجاد قيمة معامل الانكسار، ثم حساب أثر الانكسار في كل شعاع رصد، واختزال القياسات قبل معالجتها. من ضمن هذه الطرق يمكن ذكر الطريقة الأكثر استخداماً؛ وهي طريقة لازاريني.

تعتمد طريقة العالم لازاريني على قاعدة القياسات المتزامنة أو شبه المتزامنة، لقياس الزاويتين الشاقوليتين فوق المرصدين المحددين لخط الرصد. تعطى المراجع المختلفة [3،8،9] قانون إيجاد معامل الانكسار الشاقولي عند النقطتين A وB المبينتين بالشكل (1) كما يلي:

$$K_A = \frac{r}{R_A} = \frac{2.r.\sin\partial_A}{D} \qquad :\sin\partial_A = \frac{1}{2}.\frac{D}{R_A}$$
$$K_B = \frac{r}{R_B} = \frac{2.r\sin\partial_B}{D} \qquad :\sin\partial_B = \frac{1}{2}.\frac{D}{R_B} \qquad (4)$$

حيث:

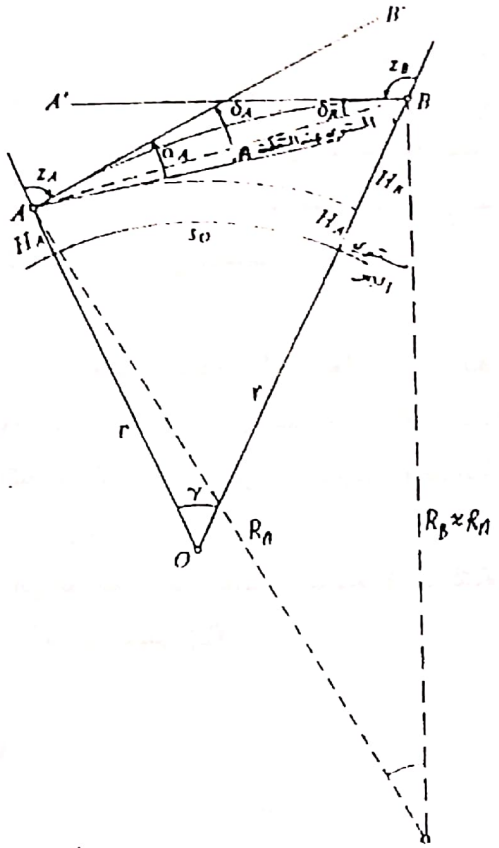
r: نصف قطر الكرة الأرضية.

R_A, R_B: نصف قطر منحني الانكسار عند النقطتين A وB.

K_A, K_B: معامل الانكسار الشاقولي عند النقطتين A وB.

D: المسافة المائلة AB.

δ_A, δ_B : زاويتا الانكسار الشاقولي عند النقطتين A,B



الشكل (1) يبين حالة القياس المتزامن للزاويتين الرأسيتين.

نحصل من العلاقتين (4) على:

$$\partial_A = \frac{D.K_A}{2.r} \quad , \partial_B = \frac{D.K_B}{2.r} \tag{5}$$

وذلك باعتبار أن الزاويتين ∂_B, ∂_A صغيرتان، بحيث يمكن قبول:

$$\sin \partial_A \cong \partial_A (Radian)$$

$$\sin \partial_B \cong \partial_B (Radian)$$

في طريقة البروفيسور لازاريني يتم اعتماد المساواة:

$$K_A = K_B = K \tag{6}$$

ومنه نجد أن:

$$\partial_A = \partial_B = \partial$$

من دراسة الطريقة السابقة، نلاحظ أن تطبيق القياسات المتزامنة للزوايا يشكل مشكلة في حد ذاتـــه؛ لأن ذلك يتطلب استخدام أكثر من جهاز واحد من قبل أكثر من راصد واحد في الوقت نفســـه. ومـــن ناحيـــة أخرى، بالنظر إلى طبيعة القياسات في بعض الشبكات الجيوديزية، من غير الممكن تركيز الجهاز الجيوديزي فوق كل نقاط الشبكة (مثلاً: فوق النقاط المرصودة ضمن شبكة المراقبة القياسية)؛ لذا من أجـــل حـــذف أثـــر الانكسار الشاقولي في قياسات الزوايا الشاقولية، يجب التفكير بطرق أخرى ملائمة للهدف من هـــذا البحـــث،

وهو باختصار: اختزال الزوايا الشاقولية المقيسة قبل مرحلة المعالجة الرياضية، بحيث يمكن استخدام هذه القياسات ضمن الشبكات الجيوديزية ثلاثية الأبعاد.

3 ــ عرض الطرق المقترحة لاختزال الزوايا الشاقولية:

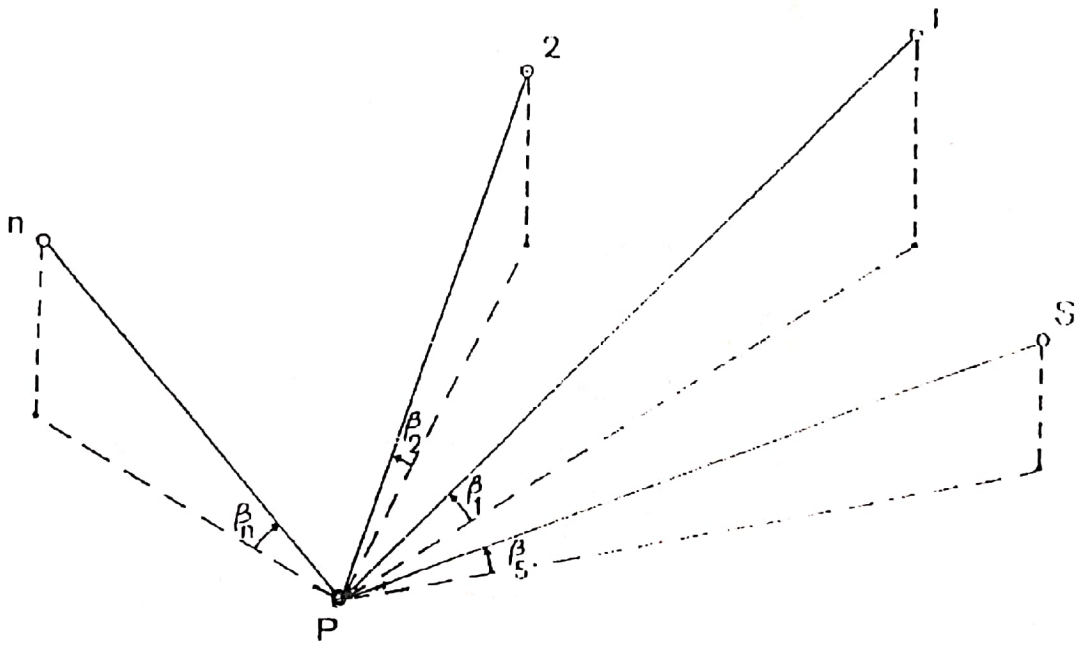
في البداية لا بد من القول: إن الطريقتين المقترحتين تصلحان للاستخدام في تلك الحالات، عندما لا توجد إمكانية تنفيذ القياسات المتزامنة للزوايا الشاقولية. وتم اختبار الطريقتين ضمن شبكة المراقبة القياسية المصممة لمراقبة سد السادس عشر من تشرين في محافظة اللاذقية.

3 ــ 1 ــ الطريقة الأولى:

نفترض هنا أن خطة القياسات ضمن الشبكة ثلاثية الأبعاد، تتضمن تنفيذ قياسات للزوايا الشاقولية وقياسات التسوية الهندسية الدقيقة. يتطلب هذا الافتراض تصميم الشبكة بحيث تحقق متطلبات المنشأة المرصودة، إضافة إلى تحقيق الشروط الناتجة عن الطريقة المقترحة، والمتعلقة بإيجاد التصحيحات الاختزالية المرتبطة بالانكسار العمودي لخطوط رصد الزوايا الشاقولية.

نفترض أن النقطة P هي المرصد الذي نقيس عنده الزوايا الشاقولية نحو النقاط.

(S, 1, 2, …,n) كما يظهر في الشكل (2).



الشكل (2) يبين خطة قياس الزوايا الشاقولية عند المرصد P.

وفي الوقت نفسه نقوم بقياسات التسوية الهندسية الدقيقة بين النقطتين P و S.

تعتمد الطريقة المقترحة لتحديد التصحيحات الانكسارية للزوايا الشاقولية المقيسة على الفرضيات التالية:

1 ــ تمر جميع خطوط الرصد من النقطة P إلى النقاط المرصودة ضمن ظروف طبوغرافية متشابهة. ويمكن تحقيق هذه الفرضية من خلال التصميم المناسب للشبكة، ويمكن أيضاً تصنيف الزوايا الشاقولية المقيسة ضمن مجموعات تتشابه عند كل منها الظروف الطبوغرافية.

2 ــ تقاس الزوايا الشاقولية في الوقت نفسه تقريباً نحو جميع النقاط ضمن المجموعة الواحدة (المحددة في الفرضية السابقة)، وبالعدد المحدد من دورات القياس، وبالوضعيتين الأولى والثانية للنظارة المساحية.

ثم نجري لكل مجموعة من القياسات العمليات التالية:

أولاً: بمعرفة فرق الارتفاع بين النقطتين (P و S) والزاوية الشاقولية β_S ، يمكن حساب قيمة معامل الانكسار، باستخدام القانون التالي: [2]

$$K_S = 1 + (D.\sin\beta_S + i - w - \Delta H).\frac{2r}{D_{ps}^2} \qquad (7)$$

حيث:

D_{ps} : المسافة المائلة بين النقطتين P و S.

i: ارتفاع جهاز القياس.

w:ارتفاع الإشارة الجيوديزية فوق النقطة المرصودة.

ΔH : فرق الارتفاع المقيس بالتسوية الهندسية الدقيقة.

ثانياً: بالتوافق مع ما يقوله جوردان [6] (ومفاده أن الظروف الطبوغرافية والجوية المحيطة بالمرصد تلعب الدور الأكبر في تعيين قيمة معامل الانكسار الشاقولي)، يمكننا قبول نفس قيمة معامل الانكسار لكل الزوايا الشاقولية المقيسة ضمن المجموعة الواحدة، في كل دورة قياس.

ثالثاً: نعتمد القيمة النهائية لمعامل الانكسار على أنها المتوسطة الحسابية للقيم المحسوبة في دورات القياس المحددة.

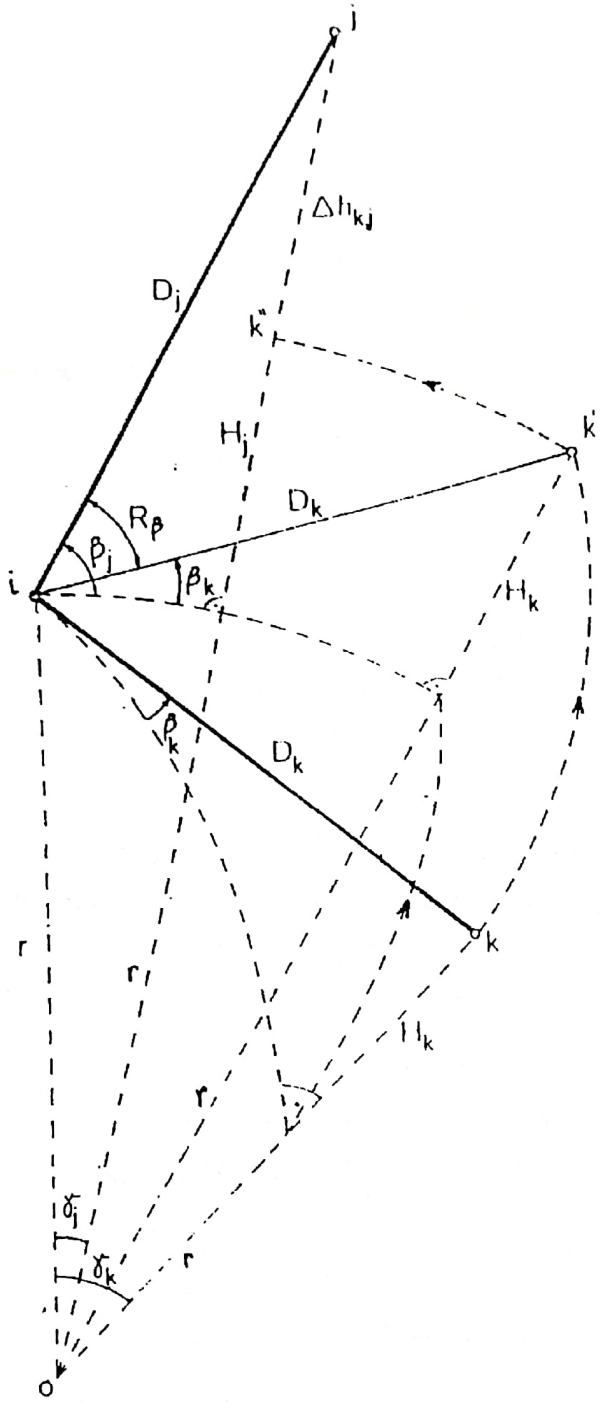
عملياً، من النادر أن نحتاج إلى هذا التفصيل لحساب التصحيحات للزاوية الشاقولية، وكذلك فإن الزمن اللازم لقياس الزوايا الشاقولية ضمن ثلاث دورات قياس (العدد الشائع من الزوايا) لكل مجموعة قصير جداً. فمثلاً خلال تنفيذ مجموعتنا لقياسات زوايا شاقولية ضمن شبكة المراقبة القياسية لسد السادس عشر من تشرين، على نهر الكبير الشمالي، كنا نستغرق أقل من ساعة واحدة. في هذه الحالة يكفي تحديد القيمة المتوسطة للزوايا المقيسة، ومن ثم حساب القيمة المتوسطة لمعامل الانكسار بالاعتماد على هذه القيمة. ثم نقوم بحساب تصحيحات الانكسار لكل زاوية شاقولية بشكل مستقل عن الزوايا الأخرى ضمن المجموعة الواحدة، باعتماد القانون:

$$\partial = \frac{D.K}{2r} \qquad (8)$$

3 ــ 2 ــ الطريقة الثانية:

تعتمد هذه الطريقة على قياس فروقات الزوايا الشاقولية R_Pمن النقاط.

نفترض هنا، كما في الطريقة الأولى، أن خطوط الرصد من النقطة i إلى النقطتين j و k (كما يظهر في الشكل ــ 3 ــ) تمر ضمن ظروف طبوغرافية متشابهة تقريباً، وأن الظروف الطبوغرافية والجوية عند المرصد I تلعب الدور في تعيين معامل الانكسار.



H_k, H_j : ارتفاعا النقطتين k,j

K' : مسقط النقطة k على المستوي المار من النقاط Oij

K'' : مسقط النقطة K' على الشاقول المار من النقطة j

الشكل (3) يبن خطي الرصد من المرصد i إلى النقطتين j و k.

وهكذا بقياس فروقات الزوايا الشاقولية.

$$R_\beta = \beta_K - \beta_J$$

نلاحظ إمكانية حذف أثر الانكسار الشاقولي، إذا كانت قيمته هي نفسها بالنسبة لكل من الزوايتين β_K , β_J . وهذا يحدث فقط عندما يكون:

$$\partial\beta_J = \partial\beta_K \qquad (9)$$

أي:

$$\frac{D_J.k}{2r} = \frac{D_k.k}{2r}$$

ومنه:

$$\Delta\partial\beta = \partial\beta_k - \partial\beta_J = \frac{k}{2r}(D_k - D_J) = \frac{k.\Delta D}{2r} \qquad (10)$$

في المعادلة (10) نجد أن تصحيحات الانكسار لفروقات الزوايا الشاقولية (وحتى لو تساوي قيم معاملات الانكسارية k) ترتبط بأطوال خطوط الرصد. وتتحقق المعادلة:

$$\Delta\partial\beta = 0$$

عندما يكون لدينا:

$$\Delta D = 0$$

في الحياة العملية، ونظراً لأخطاء القياس المرتكبة، يمكن قبول قيمة مسموحة لـ $\Delta R\ \beta$ ، وبهذا يمكن تحديد المجال الذي يسمح لـ ΔD بالتواجد ضمنه. فبفرض أن:

$$\begin{aligned} &|\Delta\partial\beta| \le 1 \\ &K = 0.13 \end{aligned} \qquad (11)$$

نجد بعد تطبيق العلاقة (10) أن:

$$|\Delta D| = 153.94m \qquad (12)$$

وإذا أخذنا بالاعتبار عدم إمكانية حساب قيمة k بدقة كبيرة، يمكن تخفيض فرق المسافة المسموح $|\Delta D|$. فبفرض أن الخطأ النسبي لحساب قيمة K هو:

$$\frac{mk}{k} \cong 0.5 \qquad (13)$$

يكون:

$$|\Delta D|_{max} \cong 100m \qquad (14)$$

إذاً لتطبيق هذه الطريقة، يمكننا تصنيف مجموعة فروقات الزوايا الشاقولية المقيسة ضمن شرائح، وذلك وفقاً لأطوال خطوط الرصد من المرصد إلى النقاط المرصودة، بحيث يتحقق لدينا الشرط (14) المذكور أعلاه.

من ناحية أخرى، لا تسمح لنا معرفة فرق الزاوية الشاقولية R_β ، وطولي الضلعين D_J , D_K بتحديد فرق الارتفاع بين النقطتين J وK، لأنه من غير المحدد هنا توجيه نظام القياسات بالنسبة لنظام الإحداثيات المقبول. إذاً لا يمكن استخدام القياس المسمى فرق الزاويتين الشاقوليتين R_β في مجال التسوية المثلثاتية.

لا يمكننا بالنسبة للزاوية R_β تحديد ذراع يميني أو يساري كما في حال الزاوية الأفقية. لكن يمكننا اصطلاح ما يلي:

ـ يأخذ فرق الزوايتين الشاقوليتين قيمة موجبة دوماً.

ـ تمثل j تلك النقطة التي تأخذ عندها الزاوية الشاقولية القيمة الأكبر.

ـ تمثل k تلك النقطة التي تأخذ عندها الزاوية الشاقولية القيمة الأصغر.

وبذلك يكون:

$$R_\beta = \beta_J - \beta_K \qquad (15)$$

4 ـ التطبيق العملي:

لإظهار فعالية كل من الطريقتين المقترحتين في هذا البحث، قمنا بتطبيقها ضمن شبكة المراقبة القياسية المنفذة من قبلنا، ضمن حرم سد السادس عشر من تشرين في محافظة اللاذقية.

ضمن هذه الشبكة ثلاثية الأبعاد تم تصميم خطة القياس، بحيث تشمل قياسات للزوايا الشاقولية أو لفروقات الزوايا الشاقولية، من المراصد الخارجية إلى النقاط الممكنة للجزء البيتوني، وذلك بسبب صعوبة الوصول المباشر إليها .

قبل إخضاع قياسات الزوايا الشاقولية، أو فروقات الزوايا الشاقولية للمعالجة العددية، يجب اختزال هذه القياسات بالنظر لعدة ظواهر. من بين هذه الظواهر العديدة نذكر عدم توازي الشواقيل وانكسار الأشعة. وقد بيّنا في بحث سابق كيفية حساب التصحيحات الاختزالية الناتجة عن عدم توازي الشواقيل (قيد الطباعة والنشر في مجلة جامعة تشرين ـ سلسلة العلوم الهندسية)، ونبين هنا كيفية حساب التصحيحات الاختزالية الناتجة عن الانكسار الشاقولي للأشعة.

على سبيل المثال لا الحصر، سنأخذ مجموعة قياسات الزوايا الشاقولية المنفذة من المرصد D، إلى النقاط a وb وc وe وf على الجزء البيتوني من السد. من بين هذه النقاط يمكن الوصول مباشرة إلى النقطة a فقط، أي يمكن استخدام التسوية الدقيقة لقياس ارتفاعها بالنسبة للنقطة D في كل دورة قياس. كما نلاحظ أن جميع النقاط متشابهة تقريباً من حيث الطبوغرافية والظروف الجوية المحيطة. نستطيع إذاً استخدام الطريقتين المقترحتين للتخلص من أثر الانكسار الشاقولي في قياس الزوايا الشاقولية أو فروقاتها.

ونورد ضمن الجدول (1) نتائج قياس الزوايا الشاقولية التي تمت في الفترة بين1998/10/3-1م، باستخدام جهاز تيودوليت من النوع Leica T-1800، ولقياس المسافات استخدمنا قائساً إلكترونياً من نوع Leica DI-3000S. إذ إن دقة قياس الزاوية الشاقولية فيها $\pm 3^{cc}$، و الخطأ المتوسط للقياس الخطي $\pm$ (3mm+1p.p.m)

الجدول رقم (1): جدول قياسات الزوايا الشاقولية

تاريخ القياس: 1998/10/3

ساعة القياس: التاسعة

حالة الطقس: شمس

المرصد: D.

الحالة المرضية	موضع القارئ	الجهة اليمنى					الجهة اليسرى		الجهة اليمنى					الجهة اليسرى		الجهة اليمنى					الجهة اليسرى		الجهة اليمنى					الجهة اليسرى	
		Gr	C	CC	متوسطة		C	CC	Gr	C	CC	متوسطة		C	CC	Gr	C	CC	متوسطة		C	CC	Gr	C	CC	متوسطة		C	CC
a		007	68	70					007	68	74					007	68	72											
				70	68	70					78	68	76					72	68	72									
			68	70						68	76						68	74										
				68	68	68	68	69			76	68	76	68	76			78	68	76	68	74	7.68	73					
b		007	76	68					007	76	72					007	76	70										
				72	76	70					68	76	70					66	76	68									
			76	70						76	68						76	66										
				70	76	70	76	70			64	76	66	76	68			62	76	64	76	66	7.7	68					
c		007	88	68					007	88	66					007	88	70										
				72	88	70					66	88	66					66	88	68									
			88	72						88	70						88	64										
				72	88	72	88	71			66	88	68	88	67			64	88	64	88	66	7.33	68					
e		005	84	70					005	84	76					005	84	70										
				72	84	71					72	84	74					66	84	68									
			84	72						84	70						84	66										
				74	84	73	84	72			74	74	72	84	73			60	84	68	84	68	5.8	471					
f		005		20					005	93	20					005	93	20										
			93	24	93	22					20	93	20					16	93	18									
				26						93	14						93	18										
			93	26	93	26	93	24			18	93	16	93	18			18	93	18	93	18	5.9	320					

ملاحظات:

4 ــ 1 ــ استخدام الطريقة الأولى:

لحساب قيمة معامل الانكسار قمنا بقياس فرق الارتفاع بين المرصد D، والنقطة المرصودة a، باستخدام التسوية الهندسية الدقيقة.

ويبين الجدول (2) نتائج القياسات التي تمت باستخدام جهاز نيقو Ni 2.

الجدول (2): جدول قياسات التسوية الدقيقة بين المرصد D والنقطة المرصودة a.

رقم المحطة	النقطة المرصودة	المسافة حتى الميرا	القراءات على الميرا		الفروقات I – II	القيم المتوسطة لفروقات الارتفاعات		ملاحظات
			المسطرة I	المسطرة II				
			خلفية أمامية	خلفية أمامية				
			فروق الارتفاعات			+	–	
1	D 101	27.5 27.0	36502 31329 0.5173	6352 1180 0.5172	30150 30149	0.5172		
2	101 102	22 23	39818 358470 3971	9667 5697 0.3970	30151 30150		0.3971	
3	102 103	30 31	56612 32579 2.4033	26460 2428 2.4032	30.152 30151	2.4032		
4	103 104	28 28.5	55030 31220 2.3810	24882 1071 2.3811	30148 30149	2.3811		
5	104 105	30 31	56782 30962 2.8820	29632 812 2.8820	30150 30150	2.8820		
6	105 106	20 20.5	56392 34209 2.2183	26241 4059 2.1182	30151 30150	2.2182		
7	106 107	10 10	56418 38208 1.8210	26269 8058 1.8211	30149 30150	1.8211		
8	107 108	11 11.5	56320 42598 1.3722	26169 12446 1.3723	30151 30152	1.3722		
9	108 109	8 8.5	58920 30819 2.8101	28771 669 2.8102	30149 30150	2.8102		
10	109 110	5.5 6	58815 31813 2.7002	28665 1663 2.7002	30150 30150	2.7002		
11	110 111	7.0 7.5	58004 30293 2.7711	27853 141 2.7712	30151 30152	2.7712		
12	111 112	4.75 5	58162 33158 2.5004	28013 3010 2.5003	30149 30148	2.5003		
13	112 113	4.5 4.75	56220 31198 2.5022	26069 1048 2.5021	30151 30150	2.5021		
14	113 114	4.75 4.75	57090 31985 2.5015	26940 1834 2.5016	30150 30151	2.5014		
15	114 115	4.75 4.75	58186 33094 2.5092	28035 2942 2.5093	30151 30152	2.5093		
18	117 118	5 4.5	56918 31878 2.5040	26767 1728 2.5039	30149 30150	2.5124		
19	118 a	8.8 9.0	38162 48102 0.9940–	8012 17952 0.9940–	30150 30150		0.9940	

$$\sum = 39.4162 - 1.3911 = 38.0251m$$

باستخدام القانون (7) يمكن حساب قيمة k كما يلي:

$$k = 1 + (326.974 . \sin 7.6875 + 0.380 - 1.750 - 38.0251) . \frac{2.6370000}{(326.974)^2}$$

$$k = 0.136$$

$$m_k^{\,2} = \frac{4r^2}{D^4}(\sin^2 \beta\, m_D^{\,2} + D^2 . \cos^2 \beta . m_\beta^{\,2} + m_{\Delta H}^{\,2})$$

$$m_D = \pm 3.3mm$$

$$m_\beta = \pm 0.87^{cc}$$

$$m_{\Delta H} = \pm 0.1\sqrt{n} = \pm 0.44mm$$

$$m_k = \pm 0.088 \quad \Rightarrow \frac{m_k}{k} = 65\%$$

باستخدام القيمة السابقة المعممة لمعامل الانكسار k = 0.13، يمكن حساب التصحيحات الاختزالية الناتجة عن الانكسار للزوايا الشاقولية.

ويحوي الجدول (3) نتائج هذه الحسابات:

الجدول (3) يبين التصحيحات والزوايا المختزلة.

الزواية المقيسة	$D(m)$	$\partial\beta^{(cc)}$	القيمة المختزلة للزاوية	وسطي الزواية المقيسة
β_{Da}	326.974	2.2	7.6875	7.6873
β_{Db}	323.810	2.2	7.7670	7.7668
β_{Dc}	318.904	2.2	7.8870	7.8868
β_{De}	327.060	2.2	5.8473	5.8471
β_{Df}	322.334	2.2	5.9332	5.933

4 ــ 2 ــ استخدام الطريقة الثانية:

بالتوافق مع الاصطلاحات المقبولة في هذا البحث، تكون قيم فروقات الزوايا موجبة دوماً. وبالتالي باعتبار النقطة a على أنها نقطة ابتدائية، تتشكل قياسات فروقات الزوايا الشاقولية $R_\beta = \beta_J - \beta_K$ كما في الجدول رقم (4):

الجدول (4): يبين الفروقات الأعظمية بين المسافات المائلة.

فرق الزاوية	D_J	D_K	قيمة القياس	$\|\Delta D\|$
$R_{\beta_{ab}}$	323.810	326.974	0.0795	3.164 m
$R_{\beta_{ac}}$	318.904	326.974	0.1995	8.07m
$R_{\beta_{ea}}$	326974	327.060	1.8402	0.086 m
$R_{\beta_{fa}}$	326.974	322.334	1.7543	4.64m

نلاحظ من الجدول السابق أن الفرق الأعظمي بين المسافات المائلة بين المرصد D والنقاط المرصودة، يبلغ القيمة 8.07m، وهي أصغر بكثير من الفرق الأعظمي المسموح والمحدد بالشرط (41).
ولا بد من الذكر هنا، أن استخدام قياس فروقات الزوايا الشاقولية لإيجاد تشوهات المنشأت الهندسية، يتطلب المحافظة على خطة قياس موحدة ضمن شبكة المراقبة الجيوديزية.

5 ــ النتائج:

من مجمل الدراسات النظرية والأعمال الحقلية المنفذة في سياق هذا البحث، يمكن استخلاص ما يلي:

ــ يجب اختزال الزوايا الشاقولية المقيسة بالنظر إلى أثر الانكسار الشاقولي لشعاع الرصد قبل مرحلة المعالجة العددية للقياسات المنفذة.

ــ يمكن استخدام الطريقتين المقترحتين بنجاح.

ويفضل استخدام الطريقة الثانية (قياس فروقات الزوايا الشاقولية) عند توفر إمكانية المحافظة على هندسية موحدة، وخطة قياس متكررة ضمن دورات القياس المتتالية. وفي الأحوال الأخرى يمكن استخدام الطريقة الأولى.

REFERENCES المراجع

[1] Lazzarini T.: Geodezja "Geodezyjna Osnowa Szczegotowa". Warszawa 1990.

[2] د. فحصة إياد. الجيوديزيا (2)، مطبوعات جامعة تشرين 1998 - 1999م.

[3] Laudyn I.: Cwiczenia z Geodezji II (Niwelacja Trygonometryczna). Warsazawa 1990.

[4] Holejko K.: Precyzyjne Elektroniozne Pomiary Odleglosci i Katow. Warszawa 1988.

[5] Dyson J.: "Correction for Atmospherie Refraction in Surveying and Alignement." *Nature* No 216. London 1967.

[6] Muskett J.: *Site Surveying*. Second Edition 1995.

[7] Bannister A., Baker R : *Solving Problems in Surveying* 1994.

[8] Tengestrom E.: *Elimination of Refraction in Vertical Angle Measurements*. Wien 1967.

[9] Russell C. Brinker and Roy Minnick: "The Surveying Handbook." International Thomson Publishing Company 1994.