

نظام الإحداثيات ضمن شبكة المراقبة القياسية ثلاثية الأبعاد

الدكتور منير يحيى*

الدكتور إياد فحصة*

(ورد إلى المجلة في 1998/3/29، قبل للنشر في 1999/3/24)

□ الملخص □

إن التطور المستمر الحاصل في مجال التقنيات القياسية الجيوديزية، يتطلب استنباط طرق جديدة لاستثمار المعطيات القياسية الخطية والزاوية، الناتجة عن استخدام هذه التقنيات المتطورة. يهدف البحث العلمي المنفذ من قبلنا إلى بناء شبكة مراقبة قياسية ثلاثية الأبعاد، ويمكن ضمن هذه الشبكة استخدام مختلف أنواع القياسات. لكن بناء هكذا شبكة يتطلب تصوراً جديداً بخصوص نظام الإحداثيات المناسب.

وفي هذه المقالة نستعرض طريقة جديدة مقترحة لبناء نظام إحداثيات ثلاثي الأبعاد. يتميز النظام المقترح بالبساطة وسهولة الاستخدام. ولا يؤدي إلى ظهور مجاهيل جديدة، بحيث يتم اختزال القياسات (بالنظر إلى عدم توازي الشواقييل عند مرصد القياس) مرة واحدة قبل البدء بعمليات القياس ضمن شبكة المراقبة.

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

Coordinate System in Three Dimensional Geodetic Control Network

Dr. M. YAHYA *

Dr. I. FAHSA *

(Received 29/3/1998, Accepted 24/3/1999)

□ ABSTRACT □

Continuous development in the field of geodetic measuring techniques requires finding new methods to exploit the given angular and linear measurements produced by use of these advanced techniques.

This reserach aims to make a control three-dimensional network. In this network one can use different kinds of measurements. To make this network, we need a new suitable coordinate system.

In this paper, we suggest a new method to establish three-dimensional coordinate system. This suggested system is simple and easy to use. It doesn't lead to new additional unknown parameter appearance. So we can reduce measurements (according to non-paralleled normals) one time before beginning the measurements inside the network.

* Lecturer at Departement of Geodesy Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

1 - مقدمة:

ضمن الشبكات الأفقية والارتفاعية المستخدمة لإيجاد التشوهات والإنزياحات الأفقية والشاقولية، نتعامل مع مسألة اختيار نظام الإحداثيات بشكل ثانوي. لأنه يوجد عملياً توافق مبني بين أي نظام إحداثيات اختياري والقياسات المنفذة، وبين طرق المعالجة العددية للقياسات الجيوديزية المنفذة ضمن الشبكة المستخدمة.

يتحدد نظام الإحداثيات الأفقية عموماً بشكل اختياري. ويمكن التحدث هنا عن نقطة مبدأ نظام الإحداثيات، وعن توجيهه، ويتوجب على النظام المختار تحقيق المتطلبات التالية: [1، 2]

- تبسيط العمليات الحسابية

- إعطاء القيم المقابلة للمواصفات الهندسية لبنية الشبكة.

- توافق توجيه نظام الإحداثيات مع توجيه المنشأة المدروسة (غالباً مع اتجاه المحور الرئيسي للمنشأة).

في الشبكات الارتفاعية يتحدد المحور الشاقولي OZ مباشرة مع تحديد مبدأ نظام الإحداثيات. فنتساوى عندئذٍ قيم فروقات الارتفاعات مع قيم مركبات الإحداثيات الشاقولية، أي:

$$\Delta h_{ij} = \Delta Z_{ij}$$

إن المساواة السابقة ليست حقيقية؛ لأن قيم Δh تستند إلى سطح الإهليلج الأرضي بينما تستند الزيادات الارتفاعية ΔZ إلى المستوي المتعامد مع اتجاه المحور OZ. ومع ذلك يمكن اعتبارها صحيحة عددياً، ويجوز اعتمادها للمعالجة الرياضية لشبكة التسوية الارتفاعية.

عموماً نلاحظ أن تنفيذ نظام الإحداثيات ثلاثي الأبعاد يعتمد على قبول توجيه محدد للمستوي الأفقي XY (هو المستوي المار من ثلاثة نقاط لا تقع على مستقيم واحد)، ومن ثم افتراض اتجاه المحور Z على أنه متعامد مع هذا المستوي [3,4,5]. هذه الطريقة بسيطة وصحيحة رياضياً، لكن تنفيذها يولد بعض التعقيدات للسبب التالي:

في الحالة العامة يمكن لمحاور الإحداثيات أن تنحرف بشكل حر بالنسبة لاتجاه قوة الثقالة الأرضية. فإذا ربطنا هذا بحقيقة أن جميع القياسات الجيوديزية تتم باستخدام أجهزة جيوديزية موجهة بالنسبة لاتجاهات محلية لقوى الثقالة الأرضية (ضمن نظام إحداثيات محلي ثلاثي الأبعاد)، نجد ضرورة إعطاء طريقة لإيجاد زوايا دوران جمل الإحداثيات بالنسبة لبعضها، من أجل إجراء الاختزالات المناسبة للقياسات المنفذة. طبعاً ما سبق ذكره ليس مستحيلاً، ولكنه سيؤدي إلى زيادة كبيرة غير مرغوبة في حجم الأعمال الحسابية.

2- اقتراح طريقة تعيين نظام الإحداثيات الفراغي ضمن شبكة المراقبة:

في الهندسة التحليلية نجد النظرية التالية: [6]

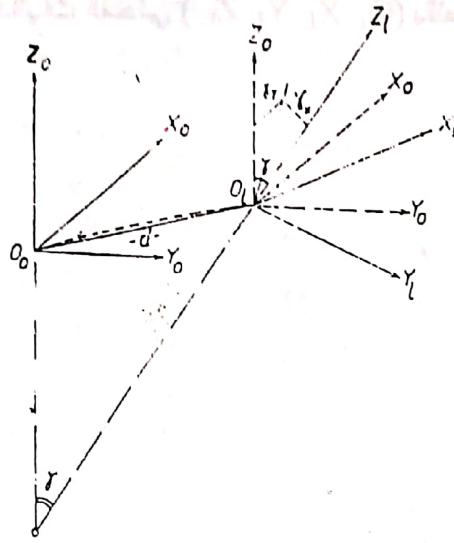
من نقطة معينة $P(X_i, Y_i, Z_i)$ يمر مستوى واحد متعامد مع شعاع محدد غير صفري $W(A, B, C)$ مار من تلك النقطة. للاستفادة من هذه النظرية في الجيوديزيا الهندسية، نفترض أن المحور OZ ينطبق مع الشعاع غير الصفري المذكور في النظرية والمار من النقطة المحددة ضمن الشبكة. وبالتالي سياخذ هذا الشعاع العمودي الإحداثيات (O, O, K) ، وستأخذ معادلة المستوي الحاوي للمحورين OX و OY المارين من النقطة المحددة الصيغة $Z = K$. مبدئياً يمكن توجيه المحورين OX و OY اختياريًا، وعموماً، في الجيوديزيا، نوجه نظام الإحداثيات بحسب قاعدة اليد اليسرى. وغالباً ما يتم تحديد اتجاه المحور OX ، والمحور المتعامد معه OY بالتوافق مع محاور المنشأة المدروسة. ما سبق ذكره يؤدي إلى نشوء نظام إحداثيات محلي لا يمكن تعميمه على الشبكة، بسبب تفلطح سطح الأرض وعدم توازي الشواقيط المارة من جميع نقاط الشبكة. وهذا يعني أن انطباق المحور OZ عند كل نقطة مع الشاقول سيؤدي إلى نشوء جمل إحداثيات محلية عند كل نقطة، وسيؤدي اعتماد محور موحد OZ عند نقطة معينة (مبدأ نظام الإحداثيات الموحد للشبكة) إلى ظهور زوايا دوران لجمل الإحداثيات المحلية الأخرى، بالنسبة للجمل الموحدة المارة من نقطة المبدأ المعينة.

ولما كان من الضروري اعتماد نظام موحد متجانس لمعالجة القياسات الجيوديزية، فإنه لا بد من إيجاد قيم زوايا الدوران لجمل الإحداثيات المحلية، وإعطاء طرق الاختزال المناسبة للقياسات.

لاختزال القياسات المنفذة إلى جمل الإحداثيات الموحدة نعتمد على المناقشة التالية:

نظراً لتصميم الأجهزة المساحية ولطرق القياس المتبعة، يتم تنفيذ جميع القياسات فوق المرصد الواحد ضمن جمل إحداثيات محلية، ينطبق محورها الشاقولي OZ مع اتجاه الشاقول المار من نقطة المرصد.

وبالتالي ستخضع جميع القياسات المنفذة ضمن الشبكة للتصحیحات الاختزالية الناتجة عن عدم توازي الشواقيط المارة من نقاط المراصد والنقاط المرصودة. لإيجاد قيم هذه التصحيحات الاختزالية نستعين بالشكل (I).



الشكل (1) مخطط يبين الدوران الناتج عن عدم توازي الشاقولين المارين من النقطتين O و L

يرتبط اختزال القياسات المنفذة فوق المرصد O_L إلى نظام الإحداثيات الموحد (O_0, X_0, Y_0, Z_0) بدوران النظام المحلي (O_L, X_L, Y_L, Z_L) بالنسبة للنظام الموحد. بمعرفة موقعي مبدئي نظامي الإحداثيات (الموحد O_0 والمحلي O_L) يمكن تحديد زاوية دوران النظام المحلي حول المحور X (γ_x)، وزاوية دوران النظام المحلي حول المحور Y (γ_y)، وذلك نتيجة انحراف الشاقول عند النقطة O_L بمقدار γ عن الشاقول المار من النقطة O_0 .

نحسب زاوية انحراف المحور Z_L بالنسبة للمحور Z_0 من العلاقة:

$$y = \frac{d}{R} \quad (1)$$

حيث:

d - المسافة المقاسة بين النقطة O_0 والنقطة O_L

R - نصف قطر الكرة المعتبرة سطحاً للإسقاط (لأن المساحة التي تنتشر عليها شبكات المراقبة القياسية هي محدودة وتسمح باعتبار الكرة سطحاً للإسقاط).

كما نحسب مركبتي الدوران γ_x و γ_y كما يلي:

$$\begin{aligned} \gamma_x &= \gamma \cdot \sin A_{O,L} = \frac{\Delta Y_{O,L}}{R} \\ \gamma_y &= \gamma \cdot \cos A_{O,L} = \frac{\Delta X_{O,L}}{R} \end{aligned} \quad (2)$$

ويعبر الرمز $A_{O,L}$ عن سمت الضلع O_0O_L .

اعتماداً على ما سبق، وبفرض أن زوايا الدوران صغيرة، نستطيع إعطاء الصيغة التالية لمصفوفة دوران نظام الإحداثيات المحلي (O_L X_L Y_L Z_L) بالنسبة للنظام الموحد (O₀ X₀ Y₀ Z₀).

$$K = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \gamma_{Y_L} \\ 0 & 1 & -\gamma_{X_L} \\ -\gamma_{Y_L} & \gamma_{X_L} & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \frac{\Delta X_{O_L}}{R} \\ 0 & 1 & -\frac{\Delta Y_{O_L}}{R} \\ -\frac{\Delta X_{O_L}}{R} & \frac{\Delta Y_{O_L}}{R} & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

حيث K مصفوفة الدوران.

ومنه نجد أن:

$$\begin{bmatrix} X_L \\ Y_L \\ Z_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \gamma_{Y_L} \\ 0 & 1 & -\gamma_{X_L} \\ -\gamma_{Y_L} & \gamma_{X_L} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{O,L} \\ Y_{O,L} \\ Z_{O,L} \end{bmatrix} \quad (4)$$

وتأخذ بالتالي مصفوفة فروقات الإحداثيات الصيغة:

$$\delta_{X_L} = \begin{bmatrix} X_{O_L} & -X_L \\ Y_{O_L} & -Y_L \\ Z_{O_L} & -Z_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\gamma_{Y_L} \cdot Z_{O,L} \\ \gamma_{X_L} \cdot Z_{O,L} \\ \gamma_{Y_L} \cdot X_{O,L} - \gamma_{X_L} \cdot Y_{O,L} \end{bmatrix} \quad (5)$$

حيث:

γ_X و γ_Y : زاويتا دوران نظام الإحداثيات المحلي بالنسبة لنظام الإحداثيات الموحد.
 $X_{O,L}$, $Y_{O,L}$, $Z_{O,L}$: مركبات إحداثيات نقطة مبدأ نظام الإحداثيات المحلي ضمن نظام الإحداثيات الموحد، وذلك باعتبار أن إحداثيات مركز النظام الموحد هي $O_0(0.000, 0.000, 0.000)$.

وبالتعميم يمكن الحصول على مصفوفة فروقات الإحداثيات لثلاث نقاط L, M, N كالتالي:

$$\delta_{X_{LMN}} = \begin{bmatrix} -\gamma_{Y_L} \cdot Z_{O,L} \\ \gamma_{X_L} \cdot Z_{O,L} \\ \gamma_{Y_L} \cdot X_{O,L} - \gamma_{X_L} \cdot Y_{O,L} \\ -\gamma_{Y_L} \cdot Z_{O,M} \\ \gamma_{X_L} \cdot Z_{O,M} \\ \gamma_{Y_L} \cdot X_{O,M} - \gamma_{X_L} \cdot Y_{O,M} \\ -\gamma_{Y_L} \cdot Z_{O,N} \\ \gamma_{X_L} \cdot Z_{O,N} \\ \gamma_{Y_L} \cdot X_{O,N} - \gamma_{X_L} \cdot Y_{O,N} \end{bmatrix} \quad (6)$$

لنجد الآن القوانين اللازمة لحساب التصحيحات الاختزالية للقياسات الجيوديزية الممكن تنفيذها على عناصر شبكة المراقبة ثلاثية الأبعاد وهي:

$$\delta di = a_{di} \cdot \delta X_L \text{ - الاتجاه الأفقي}$$

$$\delta a = a_a \cdot \delta X_L \text{ - الزاوية الأفقية}$$

$$\delta \beta = a_\beta \cdot \delta X_L \text{ - الزاوية الشاقولية}$$

$$\delta R(\beta) = a_{R(\beta)} \cdot \delta X_L \text{ - فرق زاوية شاقولية}$$

$$\delta D = a_D \cdot \delta X_L \text{ - المسافة المائلة}$$

$$\delta h = a_h \cdot \delta X_L \text{ - فرق الارتفاع}$$

3 - التصحيح الاختزالي للاتجاه الأفقي:

تأخذ معادلة تصحيح الاتجاه الأفقي الصيغة التالية: [3 ، 1]

$$vdi = -dZ_L + \frac{\Delta Y_{LM}}{d_{LM}^2} \cdot dX_L - \frac{\Delta X_{LM}}{d_{LM}^2} \cdot dY_L - \frac{\Delta Y_{LM}}{d_{LM}^2} \cdot dX_M + \frac{\Delta X_{LM}}{d_{LM}^2} \cdot dY_M + l_a$$

ومنه:

$$a_{di} = \begin{bmatrix} -1 & + \frac{\Delta Y_{LM}}{d_{LM}^2} & - \frac{\Delta X_{LM}}{d_{LM}^2} & 0 & - \frac{\Delta Y_{LM}}{d_{LM}^2} & + \frac{\Delta X_{LM}}{d_{LM}^2} & 0 \end{bmatrix}$$

حيث يعبر الرمز dZ_L عن ثابت توجيه خاص بالمرصد (بالتعريف هو سمت صفر القرص المقسم الأفقي). نلاحظ أن ثابت التوجيه لا يرتبط بالموقع، وبالتالي نهمله عند حساب التصحيح الاختزالي فيكون:

$$\delta di = -\frac{\Delta Y_{LM}}{d_{LM}^2} \cdot \gamma_{Y_i} Z_{O,L} - \frac{\Delta X_{LM}}{d_{LM}^2} \cdot \gamma_{X_i} Z_{O,L} + \frac{\Delta Y_{LM}}{d_{LM}^2} \cdot \gamma_{Y_i} Z_{O,M} + \frac{\Delta X_{LM}}{d_{LM}^2} \cdot \gamma_{X_i} Z_{O,M}$$

أي:

$$\delta di = +\frac{\Delta Z_{LM}}{d_{LM}^2} \cdot (\Delta X_{LM} \cdot \gamma_{X_i} + \Delta Y_{LM} \cdot \gamma_{Y_i}) \quad (7)$$

حيث: $\Delta Z_{LM} = Z_{O,M} - Z_{O,L}$

4 - التصحيح الاختزالي للزاوية الأفقية:

نعبر عن الزاوية كفرق اتجاهين: $\alpha = di_{LN} - di_{LM}$

تعطى معادلة تصحيح الزاوية الأفقية بالعلاقة: [1,3]

$$v_\alpha = +\frac{\Delta Y_{LM}}{d_{LM}^2} \cdot dX_M - \frac{\Delta X_{LM}}{d_{LM}^2} \cdot dY_M - \frac{\Delta Y_{LN}}{d_{LN}^2} \cdot dX_N + \frac{\Delta X_{LN}}{d_{LN}^2} \cdot dY_N$$

$$+ \left(\frac{\Delta Y_{LN}}{d_{LN}^2} - \frac{\Delta Y_{LM}}{d_{LM}^2} \right) dX_L - \left(\frac{\Delta X_{LN}}{d_{LN}^2} - \frac{\Delta X_{LM}}{d_{LM}^2} \right) dY_L + \ell_\alpha$$

ومنه:

$$a_\alpha = \left[\begin{array}{cc|cc} \frac{\Delta Y_{LN}}{d_{LN}^2} & -\frac{\Delta Y_{LM}}{d_{LM}^2} & 0 & -\frac{\Delta Y_{LN}}{d_{LN}^2} \frac{\Delta X_{LM}}{d_{LM}^2} \\ \frac{\Delta X_{LN}}{d_{LN}^2} & -\frac{\Delta X_{LM}}{d_{LM}^2} & 0 & \left(\frac{\Delta Y_{LN}}{d_{LN}^2} - \frac{\Delta Y_{LM}}{d_{LM}^2} \right) - \left(\frac{\Delta X_{LN}}{d_{LN}^2} - \frac{\Delta X_{LM}}{d_{LM}^2} \right) \end{array} \right] 0$$

وبالتالي:

$$\delta_\alpha = \frac{\Delta Z_{LN}}{d_{LN}^2} \cdot (\Delta X_{LN} \cdot \gamma_X + \Delta Y_{LN} \cdot \gamma_Y) - \frac{\Delta Z_{LM}}{d_{LM}^2} \cdot (\Delta X_{LM} \cdot \gamma_X + \Delta Y_{LM} \cdot \gamma_Y) \quad (8)$$

حيث: $\Delta Z_{LM} = Z_{O,M} - Z_{O,L}$, $\Delta Z_{LN} = Z_{O,N} - Z_{O,L}$

$$\Delta Z_{LM} = Z_M - Z_L, \Delta Z_{LN} = Z_N - Z_L$$

5 - التصحيح الاختزالي للزاوية الشاقولية β_{LM} :

تأخذ معادلة تصحيح الزاوية الشاقولية β_{LM} الصيغة التالية: [3,1]

$$v_{\beta_{LM}} = + \frac{\Delta X_{LM}}{d^2_{LM}} \cdot \text{tg}\beta_{LM} dX_L + \frac{\Delta Y_{LM}}{d^2_{LM}} \cdot \text{tg}\beta_{LM} dY_L - \frac{\text{Cos}\beta_{LM}}{d_{LM}} \cdot dZ_L$$

$$- \frac{\Delta X_{LM}}{d^2_{LM}} \cdot \text{tg}\beta_{LM} dX_M - \frac{\Delta Y_{LM}}{d^2_{LM}} \cdot \text{tg}\beta_{LM} dY_M + \frac{\text{Cos}\beta_{LM}}{d_{LM}} \cdot dZ_M + l_{\beta}$$

ومنه:

$$a_{\beta_{LM}} = \left[\frac{\Delta X_{LM}}{d^2_{LM}} \cdot \text{tg}\beta_{LM} + \frac{\Delta Y_{LM}}{d^2_{LM}} \cdot \text{tg}\beta_{LM} - \frac{\text{Cos}\beta_{LM}}{d_{LM}} - \frac{\Delta X_{LM}}{d^2_{LM}} \cdot \text{tg}\beta_{LM} - \frac{\Delta Y_{LM}}{d^2_{LM}} \cdot \text{tg}\beta_{LM} + \frac{\text{Cos}\beta_{LM}}{d_{LM}} \cdot 000 \right]$$

وبالتالي:

$$\delta\beta_{LM} = \frac{1}{d_{LM}} \cdot (\Delta X_{LM} \cdot \gamma_Y - \Delta Y_{LM} \cdot \gamma_{X_L}) \quad (9)$$

6 - التصحيح الاختزالي لفرق زاويتين شاقوليتين: $(\beta_{LM} - \beta_{LN})$

اعتماداً على المعادلة (9) نستنتج معادلة التصحيح الاختزالي لفرق الزاويتين الشاقوليتين

المذكورتين وهي التالية:

$$\delta R(\beta) = \frac{1}{d_{LM}} \cdot (\Delta X_{LM} \cdot \gamma_Y - \Delta Y_{LM} \cdot \gamma_{X_L}) - \frac{1}{d_{LN}} \cdot (\Delta X_{LN} \cdot \gamma_Y + \Delta Y_{LN} \cdot \gamma_{X_L}) \quad (10)$$

7 - التصحيح الاختزالي للمسافة المائلة D:

تأخذ معادلة تصحيح المسافة المائلة D الصيغة التالية: [2,1]

$$v_{D_{LM}} = - \frac{\Delta X_{LM}}{D_{LM}} \cdot dX_L - \frac{\Delta Y_{LM}}{D_{LM}} \cdot dY_L - \frac{\Delta Z_{LM}}{D_{LM}} \cdot dZ_L + \frac{\Delta X_{LM}}{D_{LM}} \cdot dX_M + \frac{\Delta Y_{LM}}{D_{LM}} \cdot dY_M + \frac{\Delta Z_{LM}}{D_{LM}} \cdot dZ_M + l_D$$

ومنه:

$$a_D = \left[- \frac{\Delta X_{LM}}{D_{LM}} \quad - \frac{\Delta Y_{LM}}{D_{LM}} \quad - \frac{\Delta Z_{LM}}{D_{LM}} \quad \frac{\Delta X_{LM}}{D_{LM}} \quad \frac{\Delta Y_{LM}}{D_{LM}} \quad \frac{\Delta Z_{LM}}{D_{LM}} \quad 0 \quad 0 \quad 0 \right]$$

وبالتالي:

$$\delta D_{LM} = \frac{\Delta X_{LM}}{D_{LM}} \cdot \gamma_{Y_L} \cdot \Delta Z_{LM} + \frac{\Delta Y_{LM}}{D_{LM}} \cdot \gamma_{X_L} \cdot \Delta Z_{LM}$$

$$+ \frac{\Delta Z_{LM}}{D_{LM}} \cdot \gamma_{Y_L} \cdot \Delta X_{LM} - \frac{\Delta Z_{LM}}{D_{LM}} \cdot \gamma_{X_L} \cdot \Delta Y_{LM} \quad (11)$$

ومنه نجد أن: $0 \delta D_{LM} =$

8- التصحيح الاختزالي لفرق الارتفاع $h = h_M - h_L$

تأخذ معادلة تصحيح فرق الارتفاع الصيغة التالية: [2]

$$v_h = -dZ_L + dZ_M + l_h$$

أي:

$$a_h = [0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0]$$

ومنه:

$$\delta_h = \Delta X_{LM} \cdot \gamma_{Y_L} - \Delta Y_{LM} \cdot \gamma_{X_L} \quad (12)$$

وهكذا تبين المعادلات (7-12) قيم التصحيحات الاختزالية، الواجب إضافتها إلى قيم القياسات المنفذة فوق المرصد L، للمحافظة على نظام إحداثيات موحد ومتجانس ضمن شبكة المراقبة القياسية ثلاثية الأبعاد.

نلاحظ أيضاً أنه إذا تمت المحافظة على خطة قياس واحدة ضمن دورات القياس المتتالية ضمن الشبكة، يكفي حساب هذه التصحيحات مرة واحدة فقط، في مرحلة بداية المعالجة الرياضية للقياسات.

ويمكن اختيار أي نقطة من الشبكة كمبدأ لجملة الإحداثيات المذكورة. كما يمكن تعليق نظام الإحداثيات المذكور بأية نقطة محددة، وغير منتمية لشبكة المراقبة المستخدمة.

9- تحديد حجم الشبكة التي يجب اختزال القياسات ضمنها بالنظر لعدم توازي الشواقييل:

بالنظر إلى العمل الإضافي الناتج عن حساب التصحيحات الاختزالية للقياسات، نسال: هل من الضروري حساب واعتبار التصحيحات الاختزالية لكل القراءات ضمن أي شبكة، مهما كان حجمها.

للإجابة عن السؤال السابق، نجري تحليلاً حسابياً سريعاً لقوانين حساب هذه التصحيحات؛ وذلك بالاعتماد على بعض المعطيات الافتراضية المتعلقة بالقيم الأعظمية غير المحسوسة عملياً، لآثار عدم توازي الشواقييل على دقة القياسات المنفذة (وذلك بالمقارنة بأخطاء القياسات المنفذة).

من قانون حساب التصحيح الاختزالي للاتجاه الأفقي نجد:

$$\delta di = \frac{\Delta Z_{LM}}{d_{LM}^2} (\Delta X_{LM} \cdot \gamma_X + \Delta Y_{LM} \cdot \gamma_{Y_L})$$

بفرض أن $\Delta X_{LM} = \Delta Y_{LM} = \Delta_{XT}$ يأخذ القانون الصيغة التالية:

$$\delta di = \frac{\Delta Z_{LM}}{d_{LM}^2} \cdot \Delta_{XT} \gamma \cdot (\sin A_{o,L} + \cos A_{o,L})$$

والآن إذا اعتبرنا: $\delta di = 0.5''$ (المسموحة)

$$d_{LM} \cong 280m \text{ ومنه } \Delta_{XY} = 200m$$

$$\Delta Z_{LM} = 70m$$

$$A_{o,L} = 50 \text{ Gr}$$

من هذه المعطيات نجد أن: $\gamma \approx 1.98''$

اعتماداً على المعطيات السابقة نحسب المسافة الأعظمية $d_{o,L}$ التي نهمل ضمنها أثر عدم

توازي الشواقل:

$$d_{o,L} = \frac{\gamma \cdot R}{\rho''} \cong 19.81m$$

من قانون حساب التصحيح الاختزالي للزاوية الأفقية (8)، وبعد التعويض بالمعطيات

السابقة، وبافتراض أن:

$$\Delta Z_{LM} = -\Delta Z_{LN} = 70m$$

نجد أن: $d_{o,L} \cong 9.91m$

من قانون حساب التصحيح الاختزالي للزاوية الشاقولية (9)، نجد أن التصحيح يأخذ قيمته

الأعظمية، عندما يكون: $\gamma_X = -\gamma_Y$ ، وبفرض أن القيمة المسموحة الممكن إهمالها للتصحيح

الاختزالي هي $1''$ ، نجد (بعد اعتبار $\gamma_X = -\gamma_Y$ والتعويض) أن:

$$\delta_{\beta_{max}} = \gamma = \frac{d_{o,L}}{R} \rho''$$

ومنه بعد التعويض: $d_{o,L} \cong 10,0m$

من أجل فروقات الزوايا الشاقولية، تأخذ القيمة الأعظمية للتصحيح الاختزالي الصيغة

$$\delta R(\beta) = 2\gamma = 2 \frac{d_{o,L}}{R} \rho'' : \text{ بعد التعويض بالمعطيات السابقة}$$

فإذا فرضنا أن القيمة الأعظمية الممكن عدم اعتبارها للتصحيح هي $1.5''$ ، نجد أن:

$$d_{o,L} \cong 7,5m$$

من أجل فرق الارتفاع بين نقطتين، تأخذ القيمة الأعظمية للتصحيح الاختزالي بعد التعويض بالمعطيات السابقة، وبعد اعتبار:

$$\Delta X_{LM} = -\Delta Y_{LM} = \Delta_{LM} = 50m$$

الصيغة التالية:

$$\delta_{h_{max}} = \Delta_{LM} (\sin A_{o,L} + \cos A_{o,L}) \cdot \frac{d_{o,L}}{R}$$

ومنه بعد التعويض بالقيمة المسموحة للتصحيح الاختزالي $\delta_h \cong 0,2 \text{ mm}$ يكون:

$$d_{o,L} \cong 18m$$

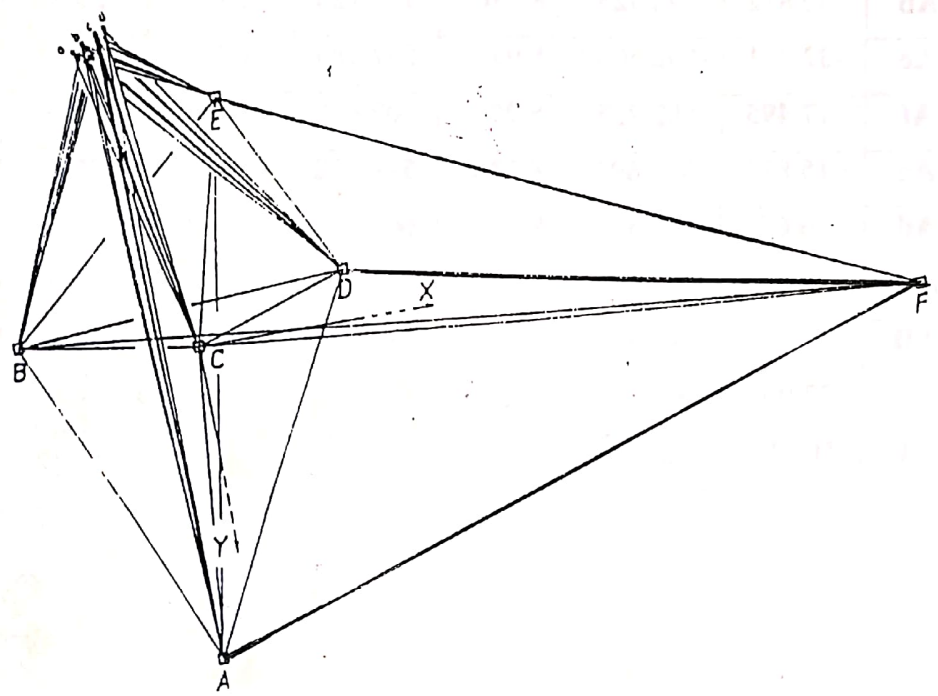
نلاحظ من التحليل الحسابي السابق، أن أطوال الأضلاع (الواصلة بين مركز نظام الإحداثيات الموحد ونقاط الشبكة)، التي يمكن ضمنها إهمال أثر عدم توازي الشواقي، تتراوح بين 7,5m و 19,8m، إذا لاحظنا أن المسافات بين النقاط ضمن شبكة المراقبة القياسية هي أكبر عموماً من 19,8m يمكننا التأكيد على ضرورة اعتماد التصحيحات الاختزالية المذكورة في هذا البحث، من أجل الحصول على القيم المصححة للقياسات الجيوديزية.

10- التطبيق العملي:

تم تنفيذ نظام الإحداثيات المقترح، على شبكة المراقبة القياسية المنفذة ضمن إطار البحث العلمي في المنطقة المقابلة لجسم سد السادس عشر من تشرين في محافظة اللاذقية، ويبين الشكل (2) مخطط الشبكة المذكورة، والمصممة لمراقبة الجزء البيتوني من السد.

واعتبرنا النقطة C مبدأ نظام الإحداثيات الموحد، واستخدمنا قاعدة اليد اليسرى في توجيه محاور الإحداثيات. وليبيان كيفية حساب التصحيحات الاختزالية، نورد في الجدول التالي أمثلة تطبيقية عن حساب التصحيحات الاختزالية للاتجاهات الأفقية δ_{di} ، وللزوايا الشاقولية δ_{β} المنفذة فوق المرصد A نحو المرصد، والنقاط المرصودة على الجزء البيتوني من السد المذكور.

المخطط (2) شبكة المراقبة القياسية المنفذة لمراقبة سد السادس عشر من تشرين.



الشكل (2): مخطط شبكة المراقبة القياسية المنفذة لمراقبة سد السادس عشر من تشرين.

- - نقطة مرصودة على المنشأة البيتونية
- - مرصد قياس

جدول حساب التصحيحات الاختزالية للإجاهات الأفقية والزوايا الشاقولية المقاسة فوق النقطة A.

القياس	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$	d(m) المسافة الأفقية	$\delta di^{cc} *$	$\delta \beta^{cc} **$
Ab	-30.812	-592.325	8.236	593.126	0.02	29.4
Ae	-32.471	-596.506	5.950	597.389	0.01	29.1
Af	-17.495	-602.235	5.950	602.489	0.02	29.4
Ac	-15.823	-597.893	8.236	598.102	0.02	29.4
Ad	-6.67	-601.533	8.236	601.570	-0.04	29.3
AG	29.301	-293.511	-13.252	294.970	-0.26	28.8
AD	174.710	-345.173	-12.450	386.869	-0.51	24.8
AE	87.901	-523.044	-8.030	530.319	-0.12	28.4
AF	710.231	-224.411	+6.80	744.841	+0.26	6.0

* تصحيح الاتجاه الأفقي

** تصحيح الزاوية الشاقولية.

11- النتائج والتوصيات:

- من الدراسة النظرية والعملية المنفذة، يمكن استخلاص النتائج والتوصيات التالية:
- للإفادة من التقنيات القياسية الحديثة، يمكن استخدام شبكات المراقبة القياسية ثلاثية الأبعاد، بحيث يدخل في مجموعة المعطيات الضرورية لمعالجة الشبكة قياسات زاوية أفقية وشاقولية، وقياسات خطية أفقية ومائلة.
- يؤدي عدم التوازي بين خطوط الشواقل عند مرصد القياس، إلى عدم التجانس بين المعطيات القياسية. للتخلص من هذا اللاتجانس، يجب اعتماد نظام إحداثيات موحد، واختزال جميع القياسات المنفذة ضمن الشبكة، إلى هذا النظام الموحد.
- يمثل النظام المقترح للإحداثيات، وقوانين التصحيحات الاختزالية المشتقة في سياق هذا البحث مجموعة بنائية متكاملة، لنظام الإحداثيات ضمن الشبكة الفراغية. بناء هذا النظام بسيط وسهل؛ وكما وجدنا يتم حساب التصحيحات الاختزالية في مرحلة تصميم الشبكة ولمرة واحدة، إذا حافظنا على خطة قياس واحدة خلال دورات القياس المتتالية.
- من الضروري تصميم خطة القياس المناسبة، بحيث تحوي الخطة تلك القياسات غير المحملة بأخطاء كبيرة ناتجة عن عدم توازي الشواقل المارة من نقاط الشبكة.

REFERENCES

المراجع

- [1] Gazdziecki L, Numeryczne Opracowanie sieci geodezyjnych. Geodezyjna Osnowa Szczegotowa, warszawa 1994.
- [2] J. Rsmith, *Basic Geodesy An Interoduction*. London 1988.
- [3] Chrzanowski A. , "Integrated Monitoring and Analysis of Dam Deformation: Problems and Solutions." *Proceeding of Canadian Dam Safty Conference*. Toronto, Ontario, 1995.
- [4] J.C. Mc Cormac, *Surveying Fundament als*. London 1991.
- [5] Michel Mayoud, *Metrologie Geodesique*. XYZ Association Français de topographie. 1992. N°. 50.
- [6] هيفاء، غازي ، الهندسة التحليلية في الفضاء. مطبوعات جامعة تشرين. 1986.