

دراسة مقارنة تحليلية لشبكات المراقبة الارتقاعية في بعض السدود

الدكتور محسن أحمد*

الدكتور اياد فحصة**

(تاريخ الإيداع 1 / 7 / 2015. قُبِلَ للنشر في 23 / 8 / 2015)

□ ملخص □

يهدف البحث إلى انجاز دراسة تحليلية نظرية وعملية للشبكات الارتقاعية في بعض السدود المتوسطة والصغيرة في المنطقة الساحلية من الجمهورية العربية السورية، من حيث شكل الشبكة ومكوناتها والعناصر المقاسة، والأجهزة التي يجب استخدامها للحصول على الدقة المطلوبة، وكفاءة الموديل الرياضي المستخدم، وتصميم وتنفيذ نقاط التحكم والرصد في الشبكة المستخدمة واقتراح الحلول المناسبة. وخلال البحث تم انجاز برنامجين حاسوبيين مستقلين، يتعلق أولهما بنمذجة القياسات في شبكة تسوية محددة العناصر، والبرنامج الثاني يتعلق بإضافة برمجية لبرنامج الرسم الهندسي الشهير (land development) ليتمكن المستخدم من تعديل الشبكات الارتقاعية دون الخروج من البرنامج الرسومي.

وقد خلص البحث إلى مقترحات محددة بشأن الشبكات الارتقاعية الجيوديزية المدروسة، وإلى إظهار كفاءة كل من البرنامج الحاسوبي المبني ضمن بيئة برنامج الرسم المساحي land development وبرنامج نمذجة القياسات الارتقاعية .

الكلمات المفتاحية: سد، شبكة مراقبة جيوديزية، شبكة مراقبة ارتقاعية، برنامج الرسم المساحي، برنامج تعديل ارتفاعي، نمذجة القياسات.

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

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

Comparative, analytical study of vertical control networks in some dams

Dr. Mouhsen Ahmad*
Dr. Iyad fahsa**

(Received 1 / 7 / 2015. Accepted 23 / 8 / 2015)

□ ABSTRACT □

The research aims to complete the theoretical, analytical and practical study for elevation networks in some medium and small dams in the coastal region of the Syrian Arab Republic, In terms of the configuration of network, strength of network and measured elements, And instruments that must be used to obtain the required accuracy, and efficient of the mathematical model used, The design and implementation of monitoring and control points in the used network and propose appropriate solutions. During the research was done on two independent programs , The first relates to simulated measurements in the elevation network specific elements, The second for adding program to software is the famous engineering drawing (land development) to enable the user for adjusting elevation networks without going out of the graphical program.

The research concluded that specific proposals on elevation geodetic networks studied, and to show the efficiency of all programs designed within Land development software and modeling the elevation measurements.

Keywords: dam, geodetic control network, control elevation network, drawing cadastral program, adjusting elevation program, modeling measurements.

* 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:

تعتبر السدود من المنشآت الاستراتيجية على مستوى الدول. وتأخذ أهمية خاصة في المنطقة العربية التي تعاني من ندرة المياه الناتجة عن:

التوزيع غير المنتظم للأيام الماطرة، وتركزها في أشهر الشتاء،
عدم تواتر الهطل المطري على مدى السنوات والعقود،
تزايد الطلب على الموارد المائية، وعدم الترشيح في الاستهلاك.

لذا نجد أنه من الضروري البحث عن استراتيجيات تؤمن المصدر الرئيسي الأول للحياة وهو المياه، ومن أهمها بناء السدود بمختلف درجاتها (الصغيرة، المتوسطة، الكبيرة).

في الجمهورية العربية السورية تم بناء العديد من السدود في أماكن الاستقرار المائي، مع وجود نظرة مستقبلية لنقل الفائض المائي من الأحواض المستقرة إلى مناطق الأحواض المائية الأكثر احتياجاً، وذلك بهدف تلبية المتطلبات المعاشية والاستخدامات الصناعية.

على الرغم من الفوائد التي لاتخفى على أحد بأهمية السدود المائية، فإن عدم استثمارها الصحيح يؤدي إلى نتائج لا تقل كارثية عن ندرة المياه. ونقصد بالاستثمار كل الإجراءات المتخذة لاستثمار المخزون المائي خلف السد، وإنشاء منظومة نقل وتوزيع المياه بالكميات المطلوبة في الزمن المناسب، وكذلك - موضوع دراستنا - مراقبة أمان السد وثباته وعدم تأثره بالعوامل الخارجية المختلفة، ومنها: إملاء وتفريغ البحيرة، تحمل موجة الفيضان، تحمل الهزات الأرضية، وذلك من خلال استخدام شبكة المراقبة الجيوديزية الأفقية والارتفاعية، واستخدام التقنيات المساحية ذات مواصفات الدقة المختلفة والمناسبة لطبيعة عمل شبكة المراقبة.

أهمية البحث وأهدافه

تكمُن أهمية البحث في دراسة شبكات المراقبة الارتفاعية لبعض السدود في القطر، وتحليلها رياضياً للتحقق من أمانها، واقتراح خطة قياس مناسبة لإجراء القياسات الارتفاعية وفقاً لشكل السد وأبعاده. بحيث تتم الملاءمة بين الدقة المطلوبة والكلفة الأدنى في ظل استخدام الأجهزة المساحية المتوفرة في الدوائر الهندسية لتلك السدود. سيتم اختبار الطريقة المقترحة على مرحلتين:

1 - **الأولى:** حسابياً من خلال نمذجة خطة القياس، وإجراء القياسات، وتعديل القياسات بطريقة التربيغات الصغرى. ومن ثم مناقشة نتائج معالجة القياسات التي حصلنا عليها من خلال النمذجة السابقة. وبهدف زيادة الموثوقية سنعمد إلى تكرار القياسات بالعدد المناسب ومن ثم المعالجة الرياضية وسيتم تصميم برامج حاسوبية مخصصة لذلك ضمن بيئة الـ `mat lab`.

2 - **الثانية:** تنفيذ الاختبار الحقلية للحلول المقترحة في المرحلة الأولى، وإصدار النتائج ضمن جداول خاصة ومخططات بيانية موافقة للنتائج.

طرائق البحث ومواده

لإنجاز البحث كان من الضروري الإحاطة بأنواع الشبكات الارتفاعية المستخدمة في مراقبة هبوطات السدود، والتصميم الهندسي لهذه الشبكات، وأسس توزيع نقاط الشبكة حول السد المائي [1]. حيث لاحظنا أن معظم هذه

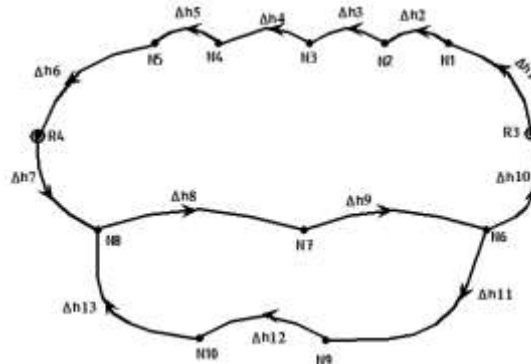
الشبكات تنطلق من نقطة إستناد مرجعية (Bench mark) وتغلق على نقطة مرجعية أخرى واقعة على الطرف المقابل من السد. وتقع النقطتان في مناطق بعيدة عن تأثير التشوهات الناتجة عن الحمولات المؤثرة عليه، ويتم التحقق من ثبات نقاط الإستناد من خلال ربطها مع نقاط أخرى وإجراء التحقيقات عليها والمعروفة عموماً [4,5]. كما تتوزع النقاط الخاضعة للمراقبة على جسم السد ضمن عدة مستويات وفي المناطق الأكثر تعرضاً للخطر (حول فواصل التمدد، بشكل منتظم على طول السد، عند المنشآت الخاصة الملحقة بالسد، ... الخ)

منهجية البحث:

1: موقع البحث و تصاميم شبكات المراقبة الارتفاعية:

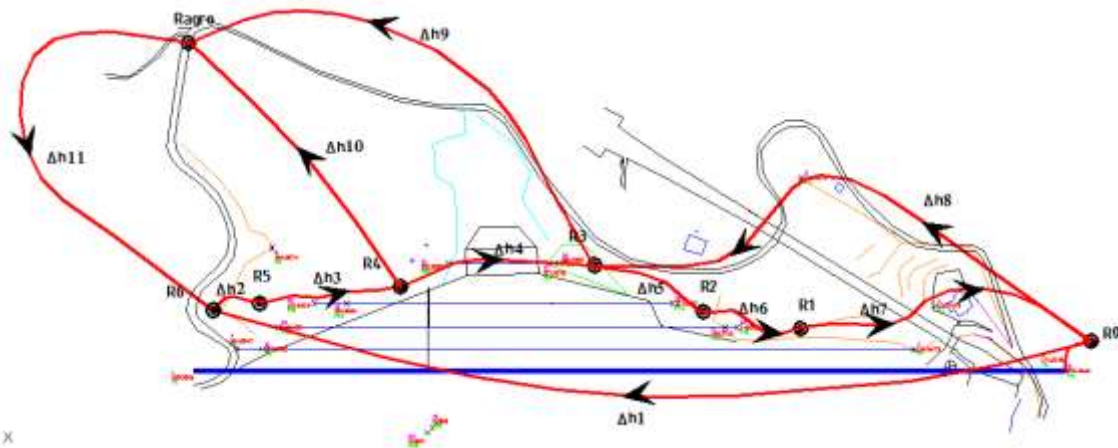
تم تنفيذ الدراسة على سدين في محافظة اللاذقية هما سد الثورة وسد السخابية، وعلى سد الدويسات في محافظة إدلب. وذلك خلال الفترة الزمنية بين الأعوام 2002 و 2009. ولاحظنا ما يلي :

تتألف من شبكة المراقبة الارتفاعية في سد السخابية وسد الدويسات من نقطتين مرجعيتين أساسيتين وشبكة مبسطة تتألف فيها النقاط المرجعية مع نقاط المراقبة على جسم السد (الشكل(1)):



الشكل (1) نموذج للشبكة الارتفاعية في كل من سد السخابية وسد الدويسات (R3,R4 نقاط مرجعية ارتفاعية)

تتألف شبكة المراقبة الارتفاعية لسد الثورة من شبكة ارتفاعية قاعدية (مرجعية) تربط بين نقاط الإستناد، وشبكة جزئية أخرى (شبكة مراقبة ارتفاعية) تتكون من نقاط المراقبة على جسم السد. تتوزع نقاط المراقبة في سد الثورة على المصاطب الأربعة بواقع (21) نقطة على المصطبة العلوية العليا، و (18) نقطة على المصطبة الثانية و (12) نقطة على المصطبة الثالثة و (8) نقاط على المصطبة الرابعة للسد، وتوجد على كل مصطبة نقطتا مراقبة ارتفاعية لقياس الهبوطات الدورية لكل مصطبة بشكل مستقل، ويبين الشكل (2) مخططاً لشبكة المراقبة الارتفاعية القاعدية لسد الثورة .



الشكل (2) نموذج الشبكة الارتفاعية القاعدية في سد الثورة (نقطتين ارتفاعيتين مرجعيتين) Ragro, R0

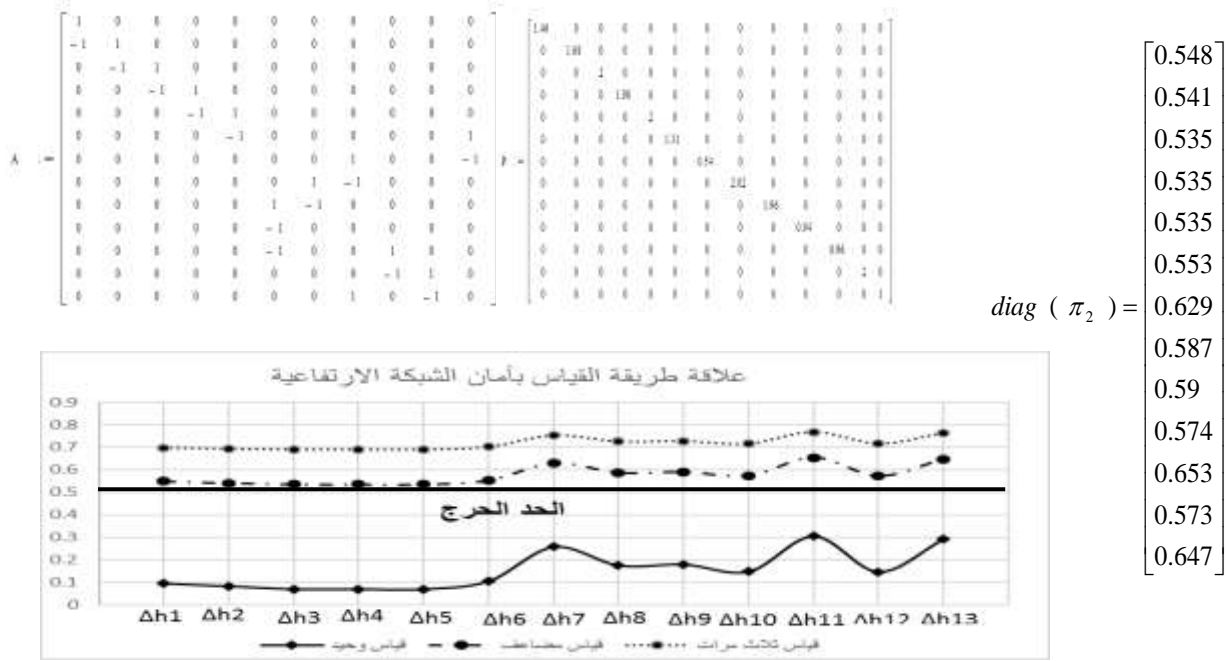
كما يظهر الشكل (3) بعض نماذج النقاط الارتفاعية المرجعية المستخدمة في السدود الثلاثة.



الشكل (3) بعض أشكال النقاط المرجعية المستخدمة في مراقبة السدود

2: دراسة مخطط القياس والعوامل التصميمية المؤثرة على استقرار الشبكات الارتفاعية :

من الواضح بالنسبة للشبكة الارتفاعية في سد الدويسات وسد السخابية، واللذين يعتبران من السدود الصغيرة، أن الشبكة الارتفاعية بسيطة من حيث التكوين أي لا مجال لإنجاز التخطيط من الدرجة الأولى (first order design) سوى بتكرار القياسات مع استخدام مؤشرات Bardaa لتحقيق الأمان الداخلي للشبكة [4,7] يظهر نتيجة التحليل الرياضي [9,11] وفقاً لشكل الشبكة المقترح وبعد إنجاز الحسابات نحصل على النتائج التالية :



الشكل (4) قيم كل من مصفوفة الشكل والوزن وعامل الأمان الداخلي لشبكة المراقبة الارتفاعية في سد الدويسات

يوضح الشكل (4) أن التخطيط الأمثل للشبكة الارتفاعية يؤدي إلى اختيار عدد دورات القياس فقط، وذلك لثبات عوامل التخطيط الأخرى المتعلقة بمحاور الاحداثيات وعدم إمكانية تغيير مواضع نقاط المراقبة الارتفاعية، وبنتيجة الحسابات السابقة والمبين نتائجها على المخطط في الشكل (4)، نجد أنه ينبغي إجراء دورتي قياس على الأقل، وهذا ما تم تنفيذه خلال دورات المراقبة الدورية في سد الدويسات حتى العام 2009 وسد السخابية حتى العام 2004 (الذي فيه توقفت أعمال مراقبة الهبوطات (الانزياحات الشاقولية) بسبب فقدان نقاط المراقبة الارتفاعية نتيجة الأعمال الترتيبية المرافقة لزيادة منسوب جسم السد).

أما بالنسبة لسد الثورة والمعتبر من السدود المتوسطة، فإن حسابات الشبكة القاعدية تتألف من مرحلتين:

المرحلة الأولى: حساب ارتفاعات نقاط الاستناد المرجعية الأرضية المثبتة بشكل أزواج وعلى طرفي كل

مصطبة (شكل 3-a).

المرحلة الثانية: حساب ارتفاع الروبيرات المغروسة على جانبي النقطتين المرجعيتين المحددتين للمستوي

الشاقولي (شكل 3-b). ومن النقطتين الأخيرتين يتم إنجاز المراقبة الارتفاعية للنقاط على كل مصطبة على حدى.

يمكن تخطيط شبكة المراقبة الارتفاعية بحسب مبادئ التخطيط الأمثل من الدرجة الأولى [2]، نورد فيما يلي

نتائج تقييمات الأمان للشبكة الارتفاعية القاعدية المعتمدة على مصفوفة شكل الشبكة $A_{n \times k}$ (configuration matrix)

ومصفوفة الوزن $P_{n \times n}$. في الحالة الأخيرة يمكن اعتبار طريقة حساب مصفوفة الوزن بحسب مقلوب

المسافات $P_i = \frac{C}{L_i}$ (C : ثابت عددي و L_i : مسافة المسار الارتفاعي)، أو بحسب مقلوب عدد محطات قياس

فروقات الارتفاعات $P_i = \frac{C}{n_i}$ (C : ثابت عددي و n_i : عدد محطات جهاز النيفو في المسار الارتفاعي). بانجاز

حساب أمان الشبكة القاعدية الارتفاعية، نحصل بشكل نهائي على قيم الأمان المحققة لشرط Baarda التالي

$$\pi = I - A \cdot (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot P \quad , \quad \pi_{ii} \geq 0.5$$

$$\text{diag}(\pi^T) = [0.887 \quad 0.553 \quad 0.606 \quad 0.669 \quad 0.586 \quad 0.579 \quad 0.738 \quad 0.889 \quad 0.877 \quad 0.806 \quad 0.811]$$

من الملاحظ أن الشبكة الارتفاعية القاعدية تحقق شرط بناءها واستثمارها على شرط أن تتم القياسات بشكل مضاعف (ذهاب وعودة).

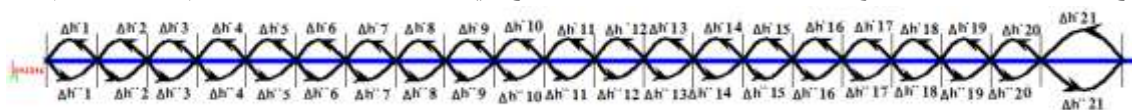
في المرحلة الثانية بعد الانتهاء من دراسة الشبكة القاعدية الارتفاعية، يبدأ دراسة شبكة المراقبة الارتفاعية

على كل مصطبة من مصاطب السد، سنقتصر في دراستنا على المصطبة العلوية لأنها الأشمل والأعم والأكثر خطورة، وسيتم تعميم النتائج اللاحقة على بقية المصاطب. تتألف نقاط الشبكة الارتفاعية من (21) نقطة مراقبة موزعة على مستوي شاقولي واحد على المصطبة العلوية للسد وهي نفسها نقاط مراقبة الانزياحات الأفقية، [12] ، يبين الشكل (5) التصميم الهندسي لنقطة المراقبة المشتركة الارتفاعية والأفقية على المصطبة العلوية في سد الثورة

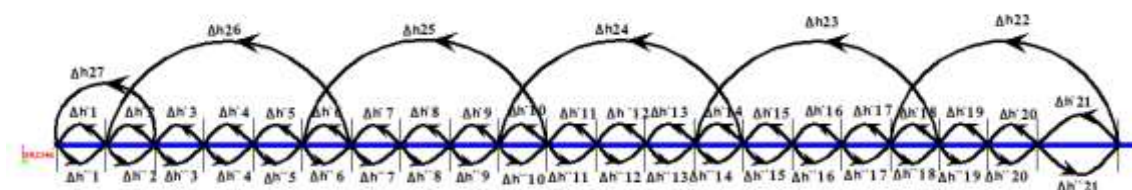


الشكل (5) شكل نقطة المراقبة الأفقية والارتفاعية في المصطبة العلوية في سد الثورة

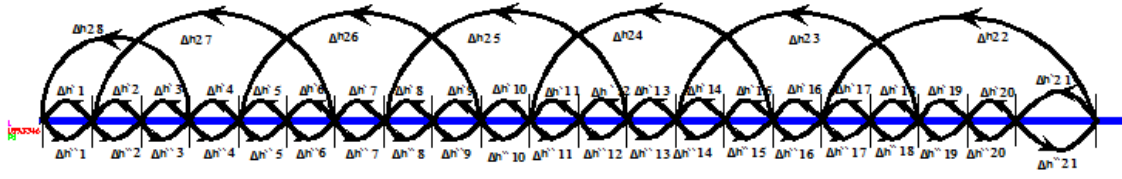
من الملاحظ، أن التطبيق العملي لنظرية تخطيط الشبكات من الدرجات الصفرية والأولى والثانية والثالثة [2,7] سوف يؤدي فقط إلى إمكانية التحكم بالتخطيط من الدرجة الأولى، أي إمكانية اختيار برنامج القياس لزيادة أمان شبكة المراقبة الارتفاعية، بسبب ثبات كل العوامل والمتغيرات الأخرى، ولهذا السبب وبعد دراسة مخطط القياس سنعرض نتائج المفاضلة بين ثلاث أنواع من خطط القياس، كما هو موضح في المخططات على الأشكال (6، 7، 8).



الشكل (6) نموذج الشبكة المراقبة الارتفاعية الحالة الأولى



الشكل (7) نموذج الشبكة المراقبة الارتفاعية الحالة الثانية



الشكل (8) نموذج الشبكة المراقبة الارتفاعية الحالة الثالثة

يوضح الشكل (6) أن القياسات تجري بين نقاط المراقبة الارتفاعية في حالتي الذهاب والإياب فقط، وفي خطة القياس المبينة بالشكل (7) يتم زيادة القياسات على خطة القياس الأول كما يلي: حيث تجرى قياسات ما بين كل أربع نقاط أي بشعاع رصد مقداره (100m) باعتبار التباعد بين نقاط المراقبة الارتفاعية على كل مصطبة من مصاطب السد حوالي 50 m، وكل مسار جزئي يتداخل مع الجزء المجاور بمقدار نقطة ارتفاعية واحدة، أما خطة القياس المبينة بالشكل (8) فتختلف عن خطة القياس السابقة بأن القياسات تجري ما بين كل خمس نقاط، أي بشعاع رصد مقداره (125m)، وكل مسار جزئي يتداخل مع الجزء المجاور بمقدار نقطتين ارتفاعيتين. بإنجاز الحسابات اللازمة نحصل على درجة الموثوقية لشبكة المراقبة الارتفاعية وفقاً للعلاقات المبينة في الجدول(1)[2]:

الجدول (1) خطة الحساب للحصول على درجة الموثوقية

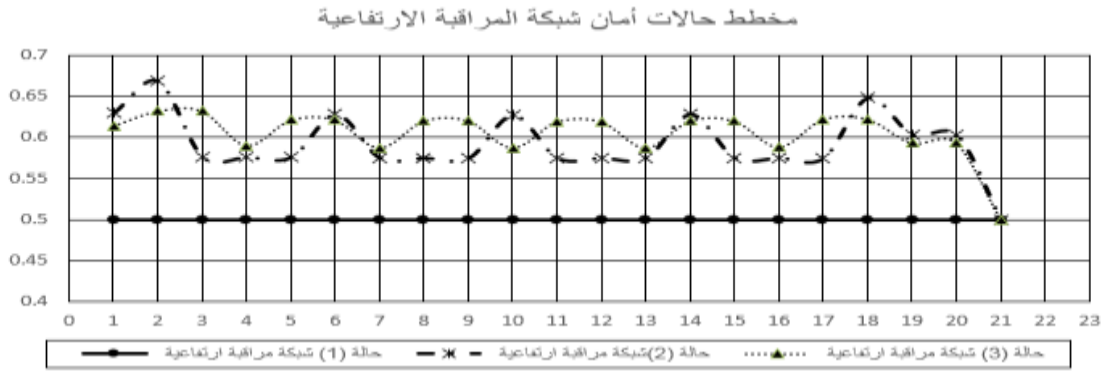
Reliability Objective Functions		Critical Values
Individual Redundancy	$Z = r_j = (Q_{cr})_j P_j$	$Z = r_j > 0.5$ or $r_j > 0.3$
Internal Reliability	$Z = \Delta_{0j} = m_0 \sqrt{\frac{W_0}{P_j r_j}}$	$Z = \Delta_{0j} \cong (6 \text{ or } 8) m_j$
External Reliability	$Z = \delta_{0j}^2 = \frac{1 - r_j}{r_j} W_0$	$Z = \delta_{0j} \cong 6 \text{ or } 10$

وبين الجدول (2) قيم درجات الموثوقية للنقاط في الحالات المدروسة الأولى والثانية والثالثة .

الجدول (2) :

رقم القياس	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
case 1 \mathcal{P}_{II}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
case 2 \mathcal{P}_{II}	0.63	0.67	0.58	0.57	0.58	0.63	0.58	0.58	0.58	0.63	0.58	0.58	0.58	0.63	0.58
case 3 \mathcal{P}_{II}	0.61	0.63	0.63	0.59	0.62	0.62	0.59	0.62	0.62	0.59	0.62	0.62	0.59	0.62	0.62
رقم القياس	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
case 1 \mathcal{P}_{II}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
case 2 \mathcal{P}_{II}	0.58	0.58	0.65	0.60	0.6	0.5	0.63	0.67	0.58	0.58	0.58	0.63	0.58	0.58	0.58
case 3 \mathcal{P}_{II}	0.59	0.62	0.62	0.59	0.59	0.5	0.61	0.63	0.63	0.59	0.62	0.62	0.59	0.62	0.62
رقم القياس	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
case 1 \mathcal{P}_{II}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
case 2 \mathcal{P}_{II}	0.63	0.58	0.58	0.57	0.63	0.57	0.58	0.58	0.65	0.6	0.6	0.5	0.52	0.3	0.3
case 3 \mathcal{P}_{II}	0.59	0.62	0.62	0.59	0.62	0.62	0.59	0.62	0.62	0.59	0.59	0.5	0.46	0.36	0.36
رقم القياس	46	47	48	49	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
case 1 \mathcal{P}_{II}	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
case 2 \mathcal{P}_{II}	0.3	0.3	0.41	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
case 3 \mathcal{P}_{II}	0.35	0.35	0.35	0.37	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

كما يظهر في الشكل (9) نتائج الموثوقية الداخلية لشبكة المراقبة الارتفاعية كما يلي :



بالتوافق ما بين الجدول (1) والمخطط على الشكل (8) يمكن القول أن خطة القياس الثاني والثالث لهما أفضلية مع أرجحية لحالة القياس الثالثة (الشكل (5)) والتي تتلخص بأنه يجب إجراء القياس بين كل نقطتين ارتفاعيتين متجاورتين ثم إجراء فروق الارتفاعات ما بين كل خمس نقاط ارتفاعية مع ملاحظة أن فرق الارتفاع التالي المقاس يتداخل مع فرق الارتفاع المقاس الأول بمقدار نقطتين ارتفاعيتين .

3 : تحديد مرتبة دقة قياس جهاز التسوية (Leveling Instrument):

إن فكرة تحديد دقة جهاز القياس في العلوم الجيوديزية هي مسألة معروفة وتعتمد على حل المسألة العكسية في نظرية المعالجة الرياضية لنتائج القياسات المساحية، والتي تتلخص بالانطلاق من الدقة النهائية المطلوبة لحساب مناسيب النقاط الارتفاعية المرجعية وهي في حالتنا تساوي $m_{Hi} = \pm 2^{mm} \sqrt{L_{km}}$ أي $\pm 2^{mm}$ لكل (1 km) من المسار الارتفاعي، وبأخذ سوية الثقة 95 % يكون معامل التعبير $t_0 = 1.96$ وباعتبار ثابت حساب الوزن في مصفوفة أوزان قياسات فروق الارتفاع $P_i = \frac{C}{L_i}$ يساوي $C = 500 m$ ينتج أن القيمة المسموحة للخطأ :

$$\mu_{all} := \frac{\mu}{1.96} \quad \mu_0 := \mu_{all} \cdot \sqrt{\frac{1000}{500}} \quad \mu_0 = 1.443 \text{ mm} \quad \mu_{all} - \text{القيمة المسموحة للخطأ المراد}$$

μ_0 - قيمة الخطأ المتوسط التربيع لواحده الورن المعبره في السبحة الارتفاعيه العاديه

في الوقت الحالي نستخدم جبر المصفوفات (مصفوفة تمام التباينات covariance matrix والتباينات variance) لتقييم وحساب الدقة المسبقة للقياسات المطلوب إجراؤها.

وبانجاز الحسابات نحصل على مصفوفة التباينات وتمام التباينات للقم الارتفاعية المجهولة في الشبكة الارتفاعية القاعدية (سيتم عرض القيم الهامة الواقعة في القطر الرئيسي):

$$diag(Q_{elevation}) = \begin{bmatrix} 0.629 \\ 0.585 \\ 0.395 \\ 0.388 \\ 0.474 \\ 0.453 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_{H6} \\ m_{H5} \\ m_{H4} \\ m_{H3} \\ m_{H2} \\ m_{H1} \end{bmatrix}, \quad diag(K_{elevation}) = \mu_0 \cdot \sqrt{diag(Q_{elevation})} = \begin{bmatrix} 0.971 \\ 0.61 \\ 0.811 \\ 0.909 \\ 0.864 \\ 0.837 \\ 1.145 \\ 0.907 \\ 0.907 \\ 0.899 \\ 0.9711 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_{\Delta h1} \\ m_{\Delta h2} \\ m_{\Delta h3} \\ m_{\Delta h4} \\ m_{\Delta h5} \\ m_{\Delta h6} \\ m_{\Delta h7} \\ m_{\Delta h8} \\ m_{\Delta h9} \\ m_{\Delta h10} \\ m_{\Delta h11} \end{bmatrix} \text{ mm} \quad (2)$$

مما سبق يمكن استنتاج أنه يمكن استعمال جهاز نيفو دقته أعلى من $2^{mm} \pm$ لكل (1 km)، وهذا يؤكد أن الجهاز المستخدم النيفو الرقمي من نوع Topcon DL-102C (ذو قوة تكبير لنظارته 30X والمزود بمعدّل compensator ومجال عمله $15' \pm$ وذو الحساسية $0.5''$ والذي تصل دقة قياس الارتفاعات إلى $1^{mm} \pm$ لكل 1Km) مع ميرا مشفرة يحقق الشروط المذكورة أعلاه. وبنفس الطريقة نتحقق من أن الجهاز المقترح يحقق الشروط المطلوبة في شبكة المراقبة الارتفاعية، ونجري التحقيقات على المصطبة العلوية (الحالة الحرجة ونعم النتائج على بقية المصاطب، بنتيجة الحساب نحصل على القيم المبينة في الجداول (3) ، (4) ، (5) ، (6) .

الجدول (3) العناصر القطرية لمصفوفة الكوفاريانس للارتفاعات

$$diag(Q_{elevation}) =$$

NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Q(ELEVATION)	1.811	0.438	0.811	1.023	1.071	0.958	0.886	1.127	1.193	1.084	1.084
NO	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Q(ELEVATION)	1.245	1.233	1.047	1.062	1.164	1.092	0.845	0.832	0.754	0.438	

الجدول (4) العناصر القطرية لمصفوفة الكوفاريانس للارتفاعات

$$diag(K_{elevation}) = \mu \sqrt{diag(Q_{elevation})}$$

NO H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
m(elevation) mm	1.94	0.955	1.3	1.459	1.494	1.412	1.359	1.532	1.576	1.503	1.502
NO H	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
m(elevation) mm	1.61	1.602	1.476	1.487	1.557	1.508	1.327	1.317	1.253	0.955	

الجدول (5) العناصر القطرية لمصفوفة الكوفاريانس للقيم المقاسة الحالة الثالثة

$$diag(Q_{measurements}) =$$

NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Q (measurements)	0.44	0.42	0.42	0.42	0.42	0.37	0.41	0.41	0.41	0.37	0.41	0.41
NO	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Q (measurements)	0.41	0.37	0.41	0.41	0.41	0.35	0.38	0.38	0.44	0.44	0.42	0.42
NO	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Q (measurements)	0.42	0.42	0.37	0.41	0.41	0.41	0.37	0.41	0.41	0.41	0.37	0.41
NO	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Q (measurements)	0.41	0.41	0.35	0.38	0.38	0.44	0.61	0.61	0.63	0.63	0.62	0.53

الجدول(6) العناصر القطرية لمصفوفة الكوفاريانس للقيم المقاسة الحالة الثالثة

$$diag(K_{measurments}) = \mu \sqrt{diag(Q_{measurments})}$$

NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K(ELEVATION)mm	0.96	0.93	0.93	0.93	0.93	0.88	0.93	0.93	0.93	0.88	0.93	0.93
NO	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
K(ELEVATION)mm	0.93	0.88	0.93	0.93	0.93	0.86	0.89	0.89	0.96	0.96	0.93	0.93
NO	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K(ELEVATION)mm	0.93	0.93	0.88	0.93	0.93	0.93	0.88	0.93	0.93	0.93	0.88	0.93
NO	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
K(ELEVATION)mm	0.93	0.93	0.86	0.89	0.89	0.96	1.44	1.13	1.14	1.14	1.14	1.05

من نتائج الحسابات في الجدولين (4) و (6) نلاحظ أننا نستطيع في شبكة المراقبة الارتفاعية استخدام نفس جهاز التسوية المقترح لشبكة المراقبة القاعدية (النيفو الرقمي من نوع Topcon DL-102C مع الميرا المشفرة).

4: التحقق الإحصائي من الشبكة الارتفاعية المقترحة:

سيتم التحقق الإحصائي من خلال نمذجة الشبكات الارتفاعية المدروسة، وسنعرض بتفصيل أكبر في بحثنا هذا نمذجة الشبكة الارتفاعية القاعدية المقترحة في سد الثورة، ونعمم فيما بعد هذه الدراسة على شبكات المراقبة الارتفاعية (الحالة الثالثة، شكل (5)). يمكن إيجاز نمذجة الشبكة الارتفاعية القاعدية بالمراحل التالية:

- 1 تحديد عدد قياسات فروقات الارتفاعات الحقيقية في الشبكة الارتفاعية القاعدية (في حالتنا $n = 11$)
- 2 توليد الأرقام العشوائية من تعليمة البرمجة الرياضية لتوليد الأرقام العشوائية randomize والتي تعطي أرقام عشوائية تتبع ($\varepsilon_i \in (0.5, \sqrt{\frac{1}{12}})$) ثم يتم تحويلها من الشكل التوزيعي السابق إلى الشكل التوزيعي التابع لنظرية التوزيعات الصغرى ($\varepsilon_i \in (0, \mu)$) وفي حالة الشبكة الارتفاعية ($\varepsilon_i \in (0, \frac{\mu}{\sqrt{p_i}})$) .

3 الحصول على نتائج القياسات للشبكة الارتفاعية بإضافة الخطأ العشوائي الناتج عن النمذجة إلى القيم

$$(\Delta h_{meas i} = \Delta h_{real i} + \varepsilon_i \quad i = 1, \dots, n) \text{ الحقيقية}$$

4 المعالجة العددية للشبكة الارتفاعية النمذجة بطريقة التوزيعات الصغرى، وتقييم دقتها وإعادة عملية النمذجة

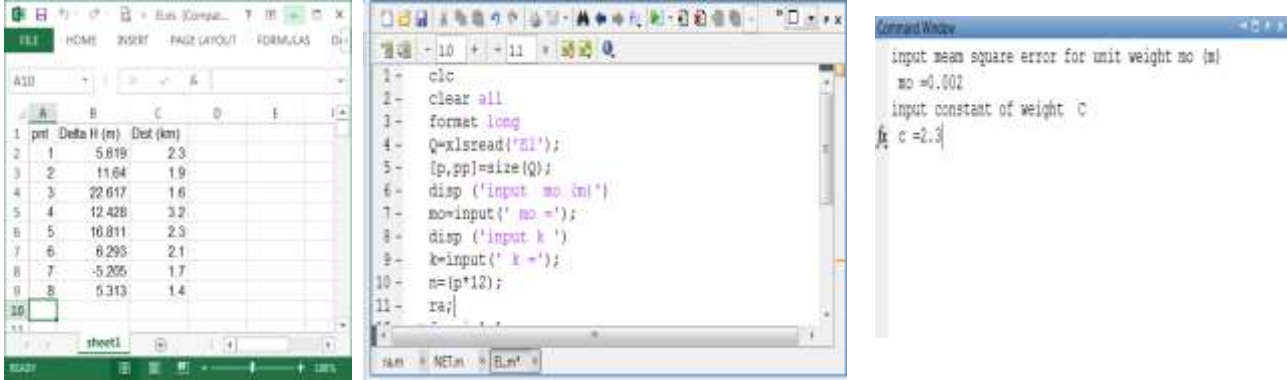
والتعديل وتقييم دقة النتائج عدد كبير من المرات.

5 مقارنة النتائج التي يجب أن تحقق سوية الثقة المطلوبة (0.95)

من أجل نمذجة قياسات الشبكة تم انجاز برنامج حاسوبي لنمذجة قياسات أي شبكة ارتفاعية كانت بلغة

الماتلاب بشكل يعتمد على الخطوات المذكورة أعلاه، وفيما يلي نبين أهم خطوات البرنامج :

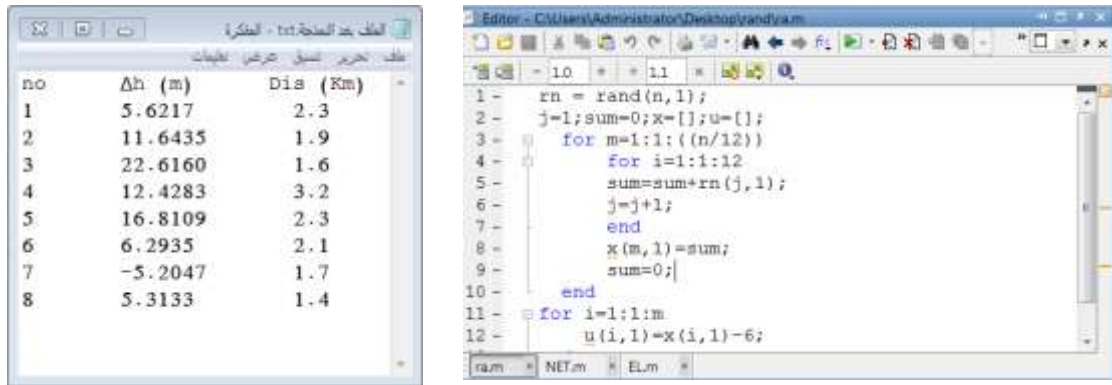
أ- كتابة القيم الحقيقية للارتفاعات المطلوب نمذجتها ضمن ملف excel أو ملف أي نصي ليتم قراءته :



الشكل (10) الهيكل الأساسي لقراءة البيانات من ملف فروقات الارتفاعات الحقيقية

ب- إدخال الخطأ المتوسط التربيع لواحدة الوزن μ_0 المطلوب نمذجة الشبكة الارتفاعية على أساسه، وإدخال ثابت الوزن C .

ج - إصدار نتيجة النمذجة للقياسات على شكل ملف نختاره وليكن ملف نصي حتي يمكن قراءته من برامج تعديل الشبكات الارتفاعية المتوفرة أو المقترح من قبلنا كما سيرد في الفقرة التالية.



الشكل (11) الهيكل الأساسي لإصدار النمذجة النهائية لنتائج شبكة ارتفاعية

د - المرحلة الأخيرة من عملية نمذجة الشبكة الارتفاعية، إجراء عملية التعديل باستعمال أي برنامج مستخدم (برنامج cat) أو برنامج (adjustment network بنسخته) أو البرنامج المقترح من قبلنا والذي أضفناه إلى واجهة برنامج land development 2009 على قاعدة (for applications) VBA. يبين الجدولين (7 و 8) نتائج النمذجة وتقييم ارتفاعات الريبيرات بعد التعديل لعشر حالات نمذجة:

الجدول(7):نتائج النمذجة العددية لحالات القياسات (بالمتري) العشوائية للشبكة القاعدية الارتفاعية (10 نماذج عشوائية)

$\mu_0=1.44 \text{ mm}$ $C=0.5 \text{ km}$											
	حقيقية	نموذج 1	نموذج 2	نموذج 3	نموذج 4	نموذج 5	نموذج 6	نموذج 7	نموذج 8	نموذج 9	نموذج 10
1	-4.2683	-4.2685	-4.2709	-4.2686	-4.2690	-4.2682	-4.2697	-4.2692	-4.2676	-4.2672	-4.2696
2	-17.7168	-17.7162	-17.7168	-17.7174	-17.7169	-17.7163	-17.7167	-17.7158	-17.7161	-17.7177	-17.7167
3	-20.2651	-20.2651	-20.2653	-20.2655	-20.2653	-20.2657	-20.2648	-20.2641	-20.2656	-20.2642	-20.2637
4	-2.1076	-2.1085	-2.1073	-2.1061	-2.1083	-2.1098	-2.1084	-2.1078	-2.1074	-2.1083	-2.1077
5	17.9433	17.9438	17.9431	17.9443	17.9443	17.9440	17.9438	17.9433	17.9421	17.9418	17.9449
6	16.3428	16.3416	16.3419	16.3410	16.3418	16.3422	16.3442	16.3417	16.3428	16.3434	16.3439
7	10.0717	10.0721	10.0711	10.0761	10.0697	10.0694	10.0722	10.0701	10.0743	10.0724	10.0699
8	-44.3578	-44.3569	-44.3571	-44.3557	-44.3613	-44.3642	-44.3574	-44.3543	-44.3574	-44.3578	-44.3581
9	4.2002	4.2005	4.2020	4.2020	4.1994	4.2000	4.1971	4.2028	4.2029	4.2011	4.2037
10	2.0926	2.0903	2.0942	2.0916	2.0922	2.0919	2.0934	2.0942	2.0913	2.0933	2.0908
11	35.8893	35.8910	35.8890	35.8867	35.8884	35.8896	35.8904	35.8885	35.8863	35.8886	35.8856

الجدول(8):نتائج تقييم النماذج العشوائية العشرة.

	نموذج 1	نموذج 2	نموذج 3	نموذج 4	نموذج 5	نموذج 6	نموذج 7	نموذج 8	نموذج 9	نموذج 10
$m_{\Delta H6} (m)$	0.0005	0.0009	0.0015	0.0011	0.0017	0.0013	0.0015	0.0012	0.0005	0.0012
$m_{\Delta H5} (m)$	0.0005	0.0009	0.0015	0.0011	0.0016	0.0012	0.0014	0.0012	0.0005	0.0012
$m_{\Delta H4} (m)$	0.0004	0.0007	0.0012	0.0009	0.0013	0.0010	0.0012	0.0010	0.0004	0.0010
$m_{\Delta H3} (m)$	0.0004	0.0007	0.0012	0.0009	0.0013	0.0010	0.0012	0.0010	0.0004	0.0010
$m_{\Delta H2} (m)$	0.0005	0.0008	0.0013	0.0010	0.0015	0.0011	0.0013	0.0011	0.0004	0.0011
$m_{\Delta H1} (m)$	0.0004	0.0008	0.0013	0.0010	0.0014	0.0011	0.0013	0.0010	0.0004	0.0010
$\mu_0 (m)$	0.0007	0.0011	0.0019	0.0014	0.0021	0.0016	0.0019	0.0015	0.0006	0.0015

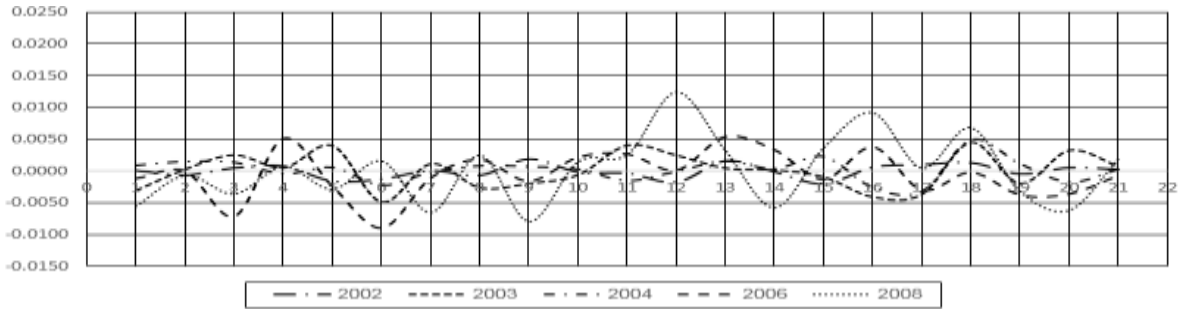
من مناقشة الجدولين (7) و(8) نجد أن كل نماذج القياس العشوائية محققة، بحسب تصميم الشبكة الارتفاعية القاعدية وبسوية ثقة (95%)

5 : التحقق الحقلّي وإجراء القياسات الحقلية:

تم التحقق الحقلّي بعد انجاز البناء المادي للشبكة الارتفاعية القاعدية و شبكة المراقبة الارتفاعية، وهذا ما تحقق في كل من سدي (الدويسات والثورة) [11,12]، وذلك على مدى العديد من الأعوام (2002-2009) (انظر الجدول (9) والجدول (10) والجدول (11)) والمخطط على الشكلين (12) و (13)، وكما أسلفنا فإن الأعمال قد توقفت في سد السخابة بسبب الأعمال الترابية لرفع جسم السد. نبين فيما يلي نماذج من نتائج القياسات الحقلية خلال دورات القياس في الأعوام المختلفة.

جدول (9) الارتفاع المعدل لنقاط المراقبة على المصطبة العلوية لسد الثورة لدورات القياس المختلفة محسوبة بالمتري (الدورة المرجعية كانت في 2002/04/23):

PNT	23/4/2002	25/8/2002	2/6/2003	18/5/2004	13/7/2006	12/4/2008	25/8/2002	2/6/2003	18/5/2004	13/7/2006	12/4/2008
1	151.1423	151.1424	151.1393	151.1432	151.1411	151.1367	0.0001	-0.0030	0.0009	-0.0012	-0.0056
2	151.1021	151.1014	151.1023	151.1035	151.1020	151.1013	-0.0007	0.0003	0.0015	-0.0001	-0.0008
3	151.0758	151.0763	151.0782	151.0771	151.0685	151.0721	0.0005	0.0025	0.0013	-0.0072	-0.0037
4	151.2193	151.2200	151.2198	151.2188	151.2243	151.2200	0.0008	0.0005	-0.0005	0.0050	0.0007
5	150.9495	150.9479	150.9535	150.9500	150.9470	150.9465	-0.0016	0.0040	0.0005	-0.0025	-0.0030
6	151.1895	151.1883	151.1847	151.1873	151.1805	151.1911	-0.0013	-0.0049	-0.0023	-0.0090	0.0015
7	151.0413	151.0413	151.0424	151.0410	151.0401	151.0346	0.0001	0.0011	-0.0002	-0.0012	-0.0066
8	151.1230	151.1224	151.1204	151.1238	151.1248	151.1255	-0.0007	-0.0026	0.0008	0.0017	0.0024
9	151.0764	151.0783	151.0745	151.0771	151.0747	151.0684	0.0019	-0.0020	0.0007	-0.0017	-0.0081
10	151.1676	151.1674	151.1670	151.1679	151.1697	151.1690	-0.0002	-0.0006	0.0003	0.0021	0.0014
11	151.0983	151.0979	151.1023	151.0967	151.1009	151.1008	-0.0004	0.0040	-0.0016	0.0026	0.0025
12	151.2793	151.2775	151.2818	151.2792	151.2794	151.2918	-0.0018	0.0025	-0.0001	0.0001	0.0125
13	151.0950	151.0967	151.0955	151.0965	151.1004	151.0982	0.0016	0.0004	0.0015	0.0053	0.0032
14	151.1838	151.1837	151.1840	151.1842	151.1871	151.1780	-0.0001	0.0002	0.0003	0.0032	-0.0059
15	151.1422	151.1402	151.1413	151.1445	151.1409	151.1459	-0.0021	-0.0009	0.0022	-0.0014	0.0036
16	151.0856	151.0862	151.0816	151.0830	151.0893	151.0948	0.0006	-0.0041	-0.0026	0.0037	0.0092
17	151.1155	151.1165	151.1119	151.1123	151.1125	151.1159	0.0010	-0.0036	-0.0032	-0.0031	0.0004
18	151.2175	151.2189	151.2220	151.2224	151.2172	151.2243	0.0013	0.0045	0.0049	-0.0003	0.0068
19	151.1228	151.1224	151.1209	151.1239	151.1190	151.1196	-0.0005	-0.0020	0.0011	-0.0038	-0.0033
20	151.1360	151.1366	151.1392	151.1342	151.1323	151.1297	0.0005	0.0032	-0.0018	-0.0037	-0.0063
21	151.1465	151.1468	151.1473	151.1468	151.1458	151.1484	0.0003	0.0008	0.0002	-0.0008	0.0019



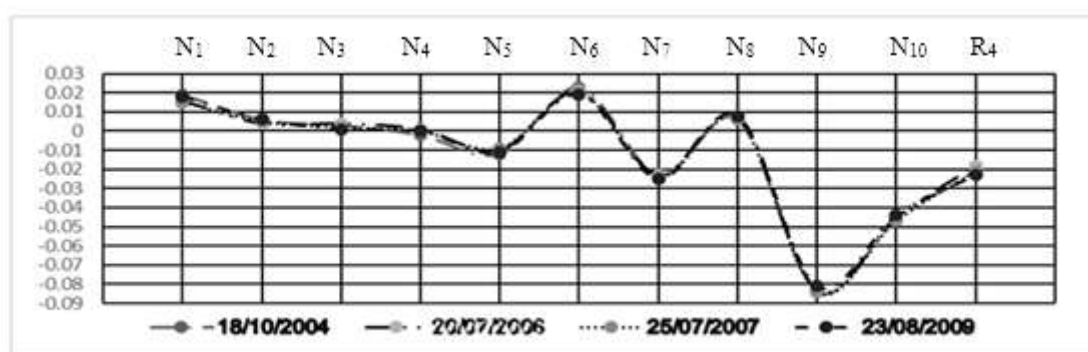
الشكل (12) يبين عدم حدوث تغيرات ارتفاعية على المصطبة العلوية لسد الثورة في نقاط المراقبة (الواحدات بالمتري)
يبين الجدول (9) والشكل (12) ثبات الحالة الارتفاعية لنقاط سد الثورة خلال أعوام إجراء المراقبات، أما بالنسبة إلى سد الدويسات فكانت النتائج كما هو مبين في الجدول (10)

جدول (10) الارتفاع المعدل لنقاط المراقبة الرئيسية على السد خلال الدورات المختلفة محسوبة بالمتري (الدورة المرجعية كانت في 2003/07/22):

i	22/07/2003	24/08/2003	18/10/2004	20/07/2006	25/07/2007	23/08/2009
R3	201.731	201.731	201.731	201.731	201.731	201.731
N1	203.719	203.721	203.74	203.737	203.736	203.739
N2	203.439	203.44	203.446	203.444	203.445	203.446
N3	203.456	203.456	203.459	203.46	203.458	203.457
N4	203.352	203.353	203.351	203.354	203.353	203.353
N5	203.325	203.336	203.324	203.326	203.327	203.325
N6	191.66	191.665	191.688	191.686	191.685	191.684
N7	191.737	191.777	191.754	191.754	191.753	191.752
N8	191.842	191.812	191.818	191.82	191.818	191.82
N9	183.012	183.009	182.925	182.926	182.925	182.928
N10	182.718	182.698	182.652	182.653	182.651	182.654
R4	203.667	203.637	203.616	203.619	203.616	203.614

الجدول (11) قيم التغيرات الارتفافية على نقاط سد الدويسات منسوبة إلى دورة القياس الثانية (اعتبرت مرجعية) 2003-8-24:

pn	24/08/2003	18/10/2004	20/07/2006	25/07/2007	23/08/2009
	m	m	m	m	m
N1	0.002	0.021	0.018	0.017	0.02
N2	0.001	0.007	0.005	0.006	0.007
N3	0	0.003	0.004	0.002	0.001
N4	0.001	-0.001	0.002	0.001	0.001
N5	0.011	-0.001	0.001	0.002	0
N6	0.005	0.028	0.026	0.025	0.024
N7	0.04	0.017	0.017	0.016	0.015
N8	-0.03	-0.024	-0.022	-0.024	-0.022
N9	-0.003	-0.087	-0.086	-0.087	-0.084
N10	-0.02	-0.066	-0.065	-0.067	-0.064
R4	-0.03	-0.051	-0.048	-0.051	-0.053



الشكل (13) يبين مدى استقرار نقاط سد الدويسات ارتفاعياً بالعلاقة مع الزمن (الواحدات بالمتر)

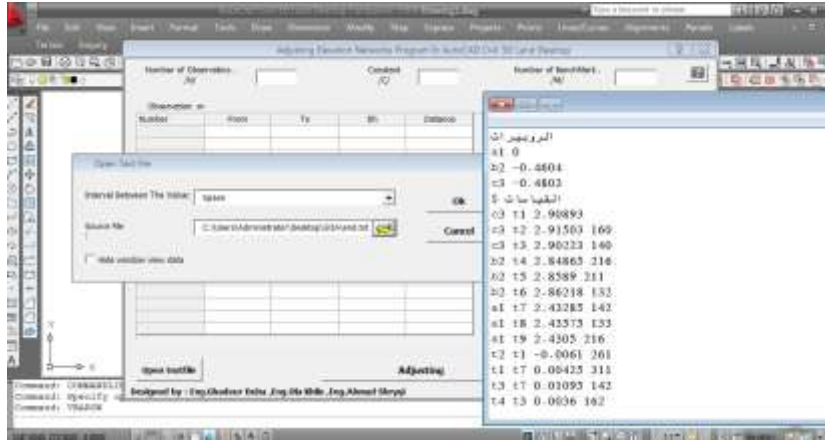
من الملاحظ في نتائج الجدول (11) والشكل المرافق (13) وعند إجراء القياسات تقييم الحالة الارتفافية في سد الدويسات كان هنالك هبوط في النقطتين (N9 , N10) بسبب تسرب مياه ينبوع جانبي على الكتف الهوائي الشرقي للسد، ويعد معالجة المشكلة وتصريفه بالشكل الآمن، تم اعتماد مبدأ المراقبة الدورة الثانية (وهذا سبب اعتمادنا الدورة المرجعية الثانية كمرجع مراقبة للهبوطات).

6 : بناء برنامج حاسوبي لتعديل الشبكات الأفقية ضمن بيئة عمل AutoCAD Civil 3D Land

:Desktop Companion

بسبب القياسات الارتفافية الكثيرة التي حصلنا عليها من خلال القياسات الحقلية وخلال فترة زمنية طويلة، وتعاملنا كطوبوغرافيين مع برنامج الرسم الآلي AutoCAD Civil 3D Land Desktop Companion الذي يتميز بكونه يقوم بتعديل الشبكات الأفقية بمختلف أنواعها ومصادر قياساتها، ويفتقر إلى برنامج تعديل شبكات التسوية الهندسية، فقد بنينا ضمن بحثنا برنامج لتعديل الشبكات الارتفافية بلغة (for applications) VBA يعمل ضمن برنامج Land Development ويمكن موائمه ليعمل ضمن أي برنامج رسومي قاعدته الأساسية Autocad ، تم تطوير هذا البرنامج ليعمل من ضمن نافذة برنامج الـ Land development من زر مستقل في شريط الأوامر أو عن

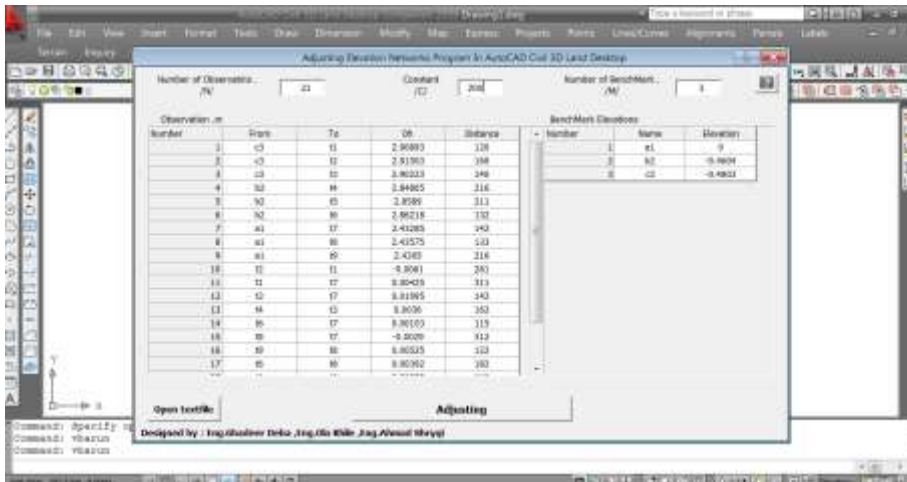
طريق كتابة أمر (GOA ↵ ; VBARUN ↵) ضمن شريط الأوامر command . وتم اختياره بنجاح في تعديل النماذج المختلفة من الشبكات الارتفاعية، نعرض فيما يلي أهم خصائص البرنامج وميزاته:



الشكل (14) الواجهة الرئيسية لبرنامج تعديل الشبكات الارتفاعية بعد تشغيله

كما هو واضح في الشكل (14) يمكن إدخال المعطيات بشكل يدوي أو مقروءة من ملف نصي مهما كان نوع الفاصل ما بين المعطيات (Space , Comma , Point , Dash , ... etc) ويعطي البرنامج إمكانية التحكم بثابت C لمقلوب الوزن من العلاقة $(P_i = \frac{C}{L_i})$ ، وبعد قراءة البيانات والضغط على adjusting نحصل على كل

بيانات التعديل (الارتفاعات المعدلة ، فروق الارتفاعات المعدلة ، قيم التصحيحات للقيم المقاسة ، الخطأ المتوسط لوادة الوزن (بحسب الثابت C المختار)) ، تقييم دقة كل من الارتفاعات المعدلة والقيم المقاسة المعدلة، بالإضافة إلى كل القيم البيئية للحسابات السابقة وخصوصاً مصفوفات (مصفوفة الشكل ، مصفوفة الوزن، مصفوفة العناصر الحرة ، مصفوفة الكوفاريانس (مقلوب الوزن للارتفاعات المجهولة) ، المصفوفة الناظرية،...)



الشكل (15) واجهة إدخال البيانات

Adjusted Elevations (m)	R.M.E. for Elevations (mm)
H71)= 2.4262	0.0065
H72)= 2.4212	0.0062
H73)= 2.4167	0.0064
H74)= 2.4016	0.0069
H75)= 2.4111	0.0067
H76)= 2.4163	0.0063
H77)= 2.4267	0.0062
H78)= 2.4264	0.0067
H79)= 2.4217	0.0066

Adjusted Observations (m)	R.M.E. for Adjusted Observation (mm)
(C3-T1) DH11)= 2.0665	0.0065
(C3-T2) DH12)= 2.0155	0.0062
(C3-T3) DH13)= 2.0068	0.0064
(S2-T4) DH14)= 2.0532	0.0066
(S2-T5) DH15)= 2.0715	0.0062
(S2-T6) DH16)= 2.0767	0.0063
(A1-T7) DH17)= 2.4267	0.0062
(A1-T8) DH18)= 2.4264	0.0067
(A1-T9) DH19)= 2.4217	0.0066
(S2-T1) DH110)= -8.0649	0.0077

الشكل (16) واجهة إخراج النتائج بالطريقة المختارة

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات :

- 1- أظهرت النتائج أن الشبكة الارتقاعية في سد الثورة كانت مستقرة في جميع دورات القياس، أما سد الدويسات فالقياسات الارتقاعية استقرت بعد الدورة الثانية أي بعد معالجة سبب هبوط النقطتين الارتقاعيتين (9 و 10)..
- 2- المكون الإنشائي في الشبكة الارتقاعية لكل من سدي الثورة والدويسات منجز بسوية عالية ووفق أفضل المعايير، وينصح بمتابعة الصيانات الدورية الهادفة إلى حماية نقاط الشبكة من العوامل الجوية المختلفة، وقص وقطع الأشجار التي نمت وأعاقت الرؤيا في بعض مراحل القياس.
- 3- أظهرت المقترحات موثوقية عالية وأداء ثابت بالاستناد على نتائج نمذجة الموديل الرياضي ونتائج القياسات الحقلية على مدى العديد من دورات القياس.

التوصيات:

- 1- تطوير برنامج توليد الأرقام العشوائية ونمذجة القياسات المساحية والتي تتبع قانون التوزيع الطبيعي مع برنامج تعديل الشبكات المناسب لسهولة وسرعة إنجاز عمليات تحقيق الاختبارات الاحصائية ضمن بلوك برمجي واحد.
- 2- تطوير برنامج تعديل الشبكات الارتقاعية المنشأ بإضافة بلوك برمجية متطورة تقوم بقراءة البيانات من قاعدة البيانات من ضمن البيئة الرسومية لبرامج الرسم الهندسي (auto cad).

المراجع:

- 1- C.J. Pretorius¹, W.F. Schmidt, S. van Staden, K. Egger THE EXTENSIVE GEODETIC SYSTEM USED FOR THE MONITORING OF A 185 METRE HIGH ARCH DAM IN SOUTHERN AFRICA, 19 – 22 March 2001 Orange, California, USA
- 2- Kamil Teke OPTIMIZATION OF GEODETIC NETWORKS WITH SCALAR OBJECTIVE FUNCTIONS
- 3- Dr. João CASACA and Dr. Maria João HENRIQUES, Portugal The Geodetic Surveying Methods in the Monitoring of Large Dams in Portugal, FIG XXII International Congress Washington D.C. USA, April 19-26 2002
- 4- Networks A. R. Amiri-Simkooei, M. ASCE; J. Asgari; F. Zangeneh-Nejad³; and S. Zaminpardaz⁴ Concepts of Optimization and Design of Geodetic , JOURNAL OF SURVEYING ENGINEERING © ASCE / NOVEMBER 2012
- 5- Karadeniz Technical University, Engineering Faculty, Dept. of Geodesy and Photogrammetry, Trabzon, Turkey Verifying Pressure of Water on Dams, a Case Study, Sensors 2008, 8, 5376-5385; DOI: 10.3390/s8095376
- 6- Ioana POP, Associate Professor PhD – UASVM Cluj-Napoca, Mircea ORTELECAN, Professor PhD Eng. – UASVM Cluj-Napoca ASPECTS REGARDING THE MONITORING OF WEIGHT DAMS BY GEODETIC MEASUREMENTS
- 7- Grafarend, E. W., (1974), Optimization of Geodetic Networks, Bolletino di Geodesia a Science Affini, 33(4), 351 - 406.
- 8- Generalised Measures of Reliability for Multiple Outliers Nathan L. Knight School of Surveying and Spatial Information Systems University of New South Wales, Sydney, NSW 2052, Australia
- 9- - Adjustment Computations: Spatial Data Analysis, Fourth Edition. C. D. Ghilani and P. R. Wolf © 2006 John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 978-0-471-69728-2 37.
- 10- НГУЕН ВЬЕТ ХА, 2010 ,
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ПЛОТИН ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СПУТНИКОВЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ВО ВЬЕТНАМЕ.
(نومين فيت خا ، 2010 دراسة طريقة لتحديد التشوهات في السدود الكهرومائية باستخدام نتائج القياسات الجيوديزية بالأقمار الصناعية في فيتنام)
- 11- Бывшев. В. А. ,1985- Об эффективности оценки внутренних деформаций Сетей специального назначения . МИИГАиК ,М .
(بيفشفيف . ف . آ ، 1985- دراسة فعالية تعديل التشوهات الداخلية للشبكات ذات الاستخدامات الخاصة)
- 11- أحمد، محسن . فحصة ، إياد - التصميم الجيوديزي لشبكات المراقبة الارتفاعية في السدود، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية ، المجلد (37) العدد (1) العام 2015.
- 12- أحمد، محسن - اقتراح الطريقة المثلى للقياسات الجيوديزية الخاصة بشبكة مراقبة التشوهات في السدود المتوسطة والصغيرة (حالة دراسة : شبكة الانزياحات الأفقية في سد الثورة - اللاذقية)، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية ، المجلد (24) العدد (11) العام 2002.