

## دراسة نتائج قياس المركبات الأفقية لحركة كتلة جبلية منزلقة وتحليلها

الدكتور المهندس: عبد الرزاق عجاج\*

### المخلص

تظهر أهمية دراسة الانزلاقات في الكتل الجبلية عندما يتم الحفر فيها على عمق كبير، اعتمد في هذا البحث دراسة مسألة الانزلاق لكتلة جبلية منزلقة نتيجة الحفر في منطقة بلودان في سورية وذلك من خلال قياس المركبتين  $(dx, dy)$  دورياً لتعرف حركة الانسحاب والدوران موضوع الدراسة، بعد إقامة شبكة جيوديزية مكونة من ركائز بيتونية كان وضعها مفروضاً بسبب وجود وادٍ عميق حيث التمرکز القسري لجهاز التيودوليت قد تم فوقها خلال دورات القياس.

لحساب مركزي دوران جملتي العلامات  $(R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6)$  و  $(R_8, R_9, R_{10}, R_{11})$  اعتمدنا على حساب المستقيمات الارتدادية (regression's straights) بالنسبة للانتقالات  $(dl)$ ، وبالنسبة إلى الأقواس  $(s)$  المقابلة للسموت. وقد حُسبَ المستقيم الارتدادي لكل جملة على حدة.

يبين تحليل نتائج القياسات وما ترتب على ذلك من حسابات أن الجملتين تدوران دوراناً متعاكساً نحو الغرب، واعتماداً على الانتقالات  $(dl)$  التي تم الحصول عليها من خلال دورات القياس الأربعة التي استمرت أربعة شهور، فقد حُسبتِ السرعة الخطية للانتقال والسرعة الزاوية لدوران كل علام في كل شهر.

وفقاً للنتائج التي حصلنا عليها، خلصنا إلى بعض التوصيات عندما يتعلق الأمر بحفر كبير يتناول أسفل كتلة جبلية.

الكلمات المفتاحية: كتلة جبلية منزلقة - المستقيم الارتدادي - مركز دوران جملة العلامات - ثبات الركائز - محور دوران جملة العلامات.

\* قسم الهندسة الطبوغرافية كلية الهندسة المدنية جامعة دمشق

## مقدمة:

الجبل ولاسيما إذا كان توضع الطبقات الرسوبية غير أفقي وهذا ما يلاحظ عند إنشاء الأنفاق حيث تتغير قوى الترابط الجانبية في التربة، الأمر الذي يستدعي تدعيم جانبي النفق في أثناء الحفر. إن هذا القص أياً كان نوعه يسبب انزلاقاً في الكتل الجبلية ولاسيما إذا كان توضع الطبقات الرسوبية يبعد بعض الشيء عن الحالة الأفقية [2].

هنا تبرز أهمية مراقبة حركة الكتل الجبلية بقياس مركبات هذه الحركة الثلاث ( $dx, dy, dz$ ) ولاسيما مراقبة المركبتين  $dx, dy$ . لأن هذه الكتل الجبلية التي خضع قسم منها للقص فقدت الترابط الميكانيكي في داخلها وهي بذلك تخضع لحركة بطيئة في غالب الأحيان مكونة من انتقالات، أي إنَّ هناك دوراناً وانسحاباً في حركة هذه الكتلة، وبالنتيجة نواجه من حيث المراقبة الجيوديزية مسألتين :

1. مسألة الهبوطات كما بيّنا أعلاه.
2. مسألة الانزلاق التي تطل انزلاق الكتل الجبلية التي فقدت جزءاً منها في قص كبير عند أسفل الجبل.

يهتم هذا البحث بالمسألة الثانية أي مسألة الانزلاق حيث تتركز الجهود على قياس المركبتين  $dx, dy$  دورياً لتعرّف حركة الانسحاب والدوران في هذه الكتلة. يقدم في هذا البحث مثال على ذلك قياسات حركة كتلة جبلية تطل على واد متوسط العمق، حيث تم إنشاء الطريق الرئيسي المؤدي إلى بلودان ماراً بالجرجانية بقص في هذا الجبل، كما تم تشييد أبنية على الطرف المقابل لهذا الطريق من جهة الجبل بقص عميق يبلغ أحياناً 15 m حيث قص في بعض أعمدة الأبنية التي كانت قيد التشييد ظهر نتيجة لهذا القص.

من المعلوم أن الصفات الفيزيائية والميكانيكية للتربة تحت سطح الأرض وبعمق لا بأس به خاضعة لتغيرات نتيجة لتغير شروط الرطوبة في التربة، الأمر الذي يستدعي، إذا ما نقصت الرطوبة في التربة إلى حد معين، تغيرات في قوى الترابط بين مكونات التربة ويسبب انتفاخاً في هذه التربة.

إن وضعاً كهذا يبقى مألوفاً في أحواض الأنهار، كنهر بردى على سبيل المثال حيث تظهر ظاهرة هبوط الأبنية في التربة تحت تأثير وزن المنشآت، ولاسيما إذا كانت ثقيلة، وتظهر التصدعات في عناصرها الإنشائية لأن مستوى المياه الجوفية قد انخفض في هذه المنطقة، وهنا تبرز أهمية مراقبة الأبنية والمنشآت المتوضّعة قريباً من أحواض الوديان وقريباً من مسيلات السيول [1].

لذلك يلجأ في وضع كهذا إلى مراقبة المنشآت وفق تغيرات المركبة الشاقولية للحركة وهو ما يعرف بالهبوطات ومراقبة هذه الهبوطات يكون بتسوية مباشرة دقيقة. هذه الظاهرة نجدها متواترة في المنشآت المشيدة على حوض بردى.

هناك مسألة أخرى تتعلق بانزلاق الكتل الجبلية إذا ما تغيرت شروط التماسك الميكانيكي بين مكوناتها، لأن الجبال في سورية من حيث تكوينها تعود إلى الحقبة الجيولوجية الثالثة (Jurassic)، حيث تتكون هذه الجبال من طبقات رسوبية تتوضع حسب طبقات وهو ما يعرف بالتنضد ( $stratification$ ) توضع أفقي للطبقات أو تنضد الطبقات) وهو أمر يجب الانتباه إليه عند إجراء قص بارتفاع كبير عند أسفل الجبل لأن هذا القص يوّد تغيراً في قوى ترابط مكونات هذا

## 1 - تحضير مستلزمات عمل المراقبة الجيوديزية:

وضع مخطط طبوغرافي للموقع في جملة محلية ثم إجراء قياسات على مقاطع في أمكنة القص وفق دراسة معدة لميكانيك التربة. لما كان بعد الأبنية المشيدة من جهة القص في الهضبة عن طرف الطريق من جهة الوادي لا يتجاوز عشرين متراً وكان وضع الأبنية المعدة لدراسة الحركة الأفقية المحتملة لها صعباً من حيث الرصد لذلك تم اختيار أربع ركائز بيتونية هي:  $P_1, P_2, P_3, P_4$  حيث تُبَت في أعلى كل منها بزال تمركز قسري لجهاز تيودوليت من نوع willd T2 ليستقبل كل بزال من هذه البزالات الأربعة جهاز التيودوليت بالتبادل مع قطع معدنية خاصة مدببة في أعلاها صنعت خصيصاً لهذه القياسات ذات التمركز القسري وذلك من أجل قياسات اتجاهات أفقية على الركائز من كل ركيزة وقياس المسافات بين الركائز.

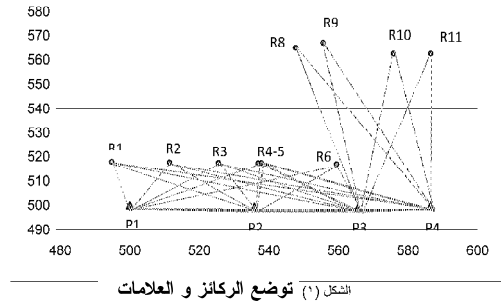
إن وضع هذه النقاط لم يكن الوضع الأمثل لأنه لم يكن من سبيل آخر لاختيار ركائز المراقبة حيث تبين ثبات هذه المنطقة وعدم ظهور تشققات في الطريق. أي إن المنطقة التي اختيرت من أجل توضع ركائز المراقبة ثابتة وسيدل على ثباتها بالقياس في أثناء قياس الدورات المتتالية ومن خلال حسابات تستند إلى القياسات في كل دورة. يُرْفَقُ مخطط يظهر توضع الركائز  $P_1, P_2, P_3, P_4$  كما يظهر أمكنة تثبيت علامات خاصة  $R_1, R_2, R_3, R_4$  في الأبنية المواجهة لشبكة المراقبة وفق الشكل (1). جرى بالنسبة إلى بناءين مشيدين بعيداً وفي أعلى الهضبة تثبيت علامي رصد  $R_8, R_9$  في المبنى الأول وفي المبنى الثاني جرى تثبيت علامي رصد  $R_{10}, R_{11}$  وهما بناءان منفصلان عن بعضهما.

## 2 - أسلوب القياس:

يبدأ القياس في كل دورة بقياسات اتجاهات أفقية على كل ركيزة  $P_1, P_2, P_3, P_4$  وذلك بمعدل ثلاث سلاسل شاملين في ذلك القياسات على العلامات المزروعة ( $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6$ ). وفي نهاية القياس عمد إلى قياس المسافات بين هذه الركائز أي إن قياسات التقاطعات من الركائز ( $P_i$ ) على العلامات المزروعة في الأبنية المقابلة ( $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6$ ) كانت تتضمن فائضاً جيداً. حُسِبَت إحدائيات الركائز  $P_2, P_3, P_4$  بعد تثبيت إحدائيات ( $P_1(500, 500)$  وسمت الاتجاه  $P_1-P_4$  ( $Z_{P_1-P_4} = 100^{gr}$ ) حيث كان الاتجاه  $P_1-P_4$  هو المحور X و المحور Y عمودياً عليه ماراً بالنقطة  $P_1$  أيضاً. اعتمد قياس التقاطعات على العلامات المثبتة في الأبنية  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6$  وكانت التقاطعات عديدة نظراً إلى عدم وجود عوائق تحول دون هذا الرصد.

أمّا التقاطعات على العلامات  $R_8, R_9, R_{10}, R_{11}$  فلم تتمكن من إجراء أكثر من تقاطع واحد من الركيزتين  $P_3, P_4$  نظراً إلى وجود العوائق التي حالت دون رصد هذه العلامات من  $P_1, P_2$ . يوضح الشكل (1) شكل شبكة علامات الانزلاقات ( $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_8, R_9, R_{10}, R_{11}$ ) كما يوضح شكل شبكة المراقبة ( $P_1, P_2, P_3, P_4$ ) وهي شبكة الركائز التي اعتمدت كوسيلة تمركز قسري فوقها لرصد العلامات ( $R_1, R_2, \dots, R_{11}$ ) وفق طريقة السلاسل. إن شبكة الاستناد ليست شبكة نظامية نظراً إلى صعوبة وضع الركائز لكي تحافظ على شكل الشبكات المألوفة في الرصد الجيوديزي، مما يعطيها شكلاً يقترب من الاستقامة.

التقاطعات على العلامات لا تتجاوز  $\pm 10^{\circ}$  قياس مرة واحدة بالوضعين للمنظار، الأمر الذي يستدعي خطأ أصغر على هذه القيمة إذا ما قيس كل اتجاه ثلاث مرات، وبعبارة أخرى يبقى الخطأ على الاتجاه  $m_R = \frac{10}{\sqrt{3}}$  وهي قياسات تضمن دقة جيدة في حساب هذه الشبكة.



### 3 - دقة القياسات:

#### 4 - اختبار ثبات الركائز البيتونية:

بعد أن جرى تثبيت الركائز البيتونية ( $P_1, P_2, P_3, P_4$ ) وللتأكد من مدى ثباتها قيست الشبكة برصد هدفين ثابتين واضحين وبعيدين عن منطقة العمل من كل ركيزة وكانت النتائج من خلال المراقبات الثلاث كما هو مبين في الجدول (1) الذي يبين تدقيق ثبات الركائز في أثناء القياسات [3].

إن قياسات السلاسل (ثلاث سلاسل تامة فوق كل ركيزة) التي كانت تجري صباحاً في كل دورة قياس موجهين السلاسل في كل قياس على نقاط بعيدة وواضحة وشاقولية كمئذنة الزبداني مثلاً لندتارك أخطاء التوجيه عند إرجاع قياس كل اتجاه إلى قياس الاتجاه الأول. كانت دقة قياس أي اتجاه من اتجاهات

#### جدول (1): يبين تدقيق ثبات الركائز في أثناء القياسات

الركيزة	الاتجاه	القياس الثاني	القياس الثالث	القياس الرابع	متوسط الزاوية
P <sub>1</sub>	أنتين 1	0.00	0.00	0.00	
	أنتين 2	207.7614	207.7598	207.7608	207.7607
P <sub>2</sub>	مئذنة	0.00	0.00	0.00	
	أنتين 1	334.1716	334.1706	334.1701	334.1708
P <sub>3</sub>	مئذنة	0.00	0.00	0.00	
	رأس هرم	51.0570	51.0580	51.0575	51.0575
P <sub>4</sub>	رأس هرم	0.00	0.00	0.00	
	برج كهرباء	39.8841	39.8837	39.8845	39.8841

الذي يؤكد ثبات الركائز. فإذا أخذنا بالحسبان الخطأ المحسوب على متوسط كل زاوية مستخدمة في تدقيق ثبات الركائز كما هو مبين في الجدول (1) يصبح تأثير مثل هذا الخطأ في وضع الركيزة (p) معطى بالعلاقة:

ويكون الخطأ المتوسط على قياس الزاوية فوق كل ركيزة:

$$m_{p4}=2.3 \text{ cc} \quad m_{p3}=2.9 \text{ cc} \quad m_{p2}=4.4 \text{ cc} \quad m_{p1}=4.7 \text{ cc}$$

هذه الأخطاء على تعيين الزاوية هي أقل من الخطأ المرتكب على قياس الزاوية فوق الركيزة نتيجة للخطأ على قياس الاتجاه الأفقي في كل دورة قياس، الأمر

محس وبأ هو 599 m، وبذلك يصبح الخطأ على وضع هذه الركيذة  $m_{p1} = 1.1 \text{ mm}$ .

يستخلص من هذا التحليل أن الركائز ( $P_1, P_2, P_3$ ) ثابتة، وما من تشققات في الطريق أو على جانبه، حيث ثبتت ركائز الرصد التي تشير إلى الانزلاق في هذا الموضع. إن احتمال انزلاق كل ركيذة على محيط دائرتها مع الهدفين أمر مستبعد، إذ إن أهداف تدقيق ثبات الركائز موزعة في الأفق توزيعاً جيداً.

#### 5 - حساب الشبكة:

حُسِبَتِ الشبكة في كل دورة استناداً إلى قياسات الاتجاهات الأفقية:

أ - حساب الشبكة الأساسية: حُسِبَتِ هذه الشبكة بطريقة المربعات الصغرى معتمدين برنامج Starnet حيث كانت الإدخالات في هذا الحساب مكونة من اتجاهات أفقية ومسافات بين نقاط هذه الشبكة، وكانت قياسات المسافات مضاعفة وأخذ المتوسط الحسابي كمسافة مدخلة في المعطيات.

ب . حساب شبكة العلامات ( $R_i$ ): لما كان الرصد على هذه العلامات كان رصد تقاطعات عليها من الركائز P لذلك تتوقف دقة كل حساب في هذه العلامات على عدد الأرصاد من جهة و على تقاطعات هذه الأرصاد من جهة أخرى، و كان ذلك مضموناً بالنسبة إلى العلامات  $R_1, \dots, R_6$  أما العلامات  $R_8, R_9, R_{10}, R_{11}$  فلم يتمكن من رصدها إلا بتقاطع واحد نظراً إلى وجود العوائق.

#### 6 - مدة القياس:

تمت قياسات الاتجاهات الأفقية كما بيّنا سابقاً في 2، وكذلك قياس المسافات بين ركائز الرصد خلال مدة زمنية كانت أربعة شهور أي بمعدل دورة قياس واحدة كل شهر لأن تأثيرات الحركة في مبنى مشيد حديثاً كانت ظاهرة. وضعت هذه القياسات بجدول واحد،

$$m_p = \frac{PA.PB.m_a}{AB.\rho^{cc}} \quad (1)$$

إذ  $\rho^{cc} = 636620$  هي دقة الزاوية المحسوبة في الجدول (1)، PA, PB هما بعدا الهدفين على الركيذة، أما AB فهو تباعد الهدفين.

بأخذ حالة الركيذة  $P_2$  حيث رصد منها الهدفان البعيدان عن موقع الانزلاق وهما الأنتين 1 وبعده المقدر هو نحو 300 m والمئذنة في سهل الزبداني وبعدها المقدر هو نحو 5000 m، يكون البعد المحسوب بين الهدفين يساوي 4885 m، وبذلك يصبح انتقال الركيذة محسوباً بموجب العلاقة السابقة (1)

هو  $m_{p2} = 2.1 \text{ mm}$  وهو ما يمثل انتقالاً من مرتبة الخطأ المتوسط على وضع الركيذة  $P_2$  الذي تظهره حسابات الشبكة الأساس وهو 1.9 mm ومن ثمّ يمكن القول: إنّ الركيذة  $P_2$  ثابتة. يصحّ هذا التحليل على الركيذة  $P_3$  حيث رصد منها المئذنة وقضيب في رأس الهرم فوق منزل يبعد عن هذه الركيذة بنحو 300 mm في حين يكون تباعد الهدفين 4796 m وبذلك تصبح قيمة  $m_{p3} = 1.4 \text{ mm}$  وهي أقل من الخطأ على وضع الركيذة بموجب حسابات الشبكة الأساس (p) والذي هو 1.93 mm.

يكون في حالة الركيذة  $P_4$ ، حيث رصد منها هدفان هما القضيب الذي يشكل رأس الهرم و مصباح برتقالي اللون من برج الكهرباء يبعد عن الركيذة بنحو 1000 m أي إنّ تباعد الهدفين هو 777 m، وبذلك يصبح  $m_{p4} = 1.4 \text{ mm}$  وهو أقل من الخطأ على الركيذة  $P_2$ . فيما يتعلق بالركيذة  $P_1$ ، حيث رصد منها الهدفان الأنتين 1 والأنتين 2 وبعدهما المقدران عن الركيذة هو نحو 300 m، في حين أن تباعد الهدفين

انتقالية مركبة من دوران وانسحاب وتدور هذه الهضبة نحو الغرب أيضاً.

#### 8 - حساب محاور دوران الهضبة:

تجرى الدراسة لكل كتلة معتمدين على حساب المستقيمات الارتدادية (Regression's Straights) بالنسبة إلى الانتقالات (dl)، وبالنسبة إلى الأقواس (s) المقابلة للسموت [5.4]، وذلك من أجل حساب مركز الدوران لكل جملة. إن معادلة المستقيم الارتدادي العامة في النظام (X, dl) هي:

$$aX + bY + c = 0$$

وبالقسمة على c نحصل على المعادلة:

$$mX + nY + 1 = 0 \quad (2)$$

$$\text{إذ: } m = \frac{a}{c} \quad n = \frac{b}{c}$$

وبعد كل من m, n هو  $[m^{-1}]$  أي  $[dm, dn] = m^{-1}$  أي إن المعادلة (2) لا بعد لها.

تحسب أمثال هذا المستقيم m, n بطريقة المربعات الصغرى (least square method) بعد حساب قيمتين تقريبتين لهما  $(m_0, n_0)$ . إن معادلة الأرصاد العامة من العلاقة (2) تكون من الشكل:

$$(X_i + V_{xi})(m_0 + dm) + (Y_i + V_{yi})(n_0 + dn) + 1 = 0$$

$$X_i m_0 + X_i dm + m_0 V_{xi} + V_{xi} dm + Y_i n_0 + Y_i dn + V_{yi} n_0 + V_{yi} dn + 1 = 0 \quad (3)$$

وباعتبار أن الحدين  $V_{xi} dm$  و  $V_{yi} dn$  هما لا متناهين في الصغر من المرتبة الثانية يمكن إهمالهما، أي يكون لدينا معادلة الأرصاد الآتية:

$$-(m_0 V_{xi} + n_0 V_{yi}) = X_i dm + Y_i dn + (X_i m_0 + Y_i n_0 + 1) = 0 \quad (4)$$

حيث حُسِبَت الانتقالات النهائية dl لكل علام واستناداً إلى ذلك حُسِبَت سموت هذه الانتقالات بالنسبة إلى محور الشمال (OY) المعين بالنسبة إلى المحور X الذي كان هو الاتجاه P<sub>1</sub>-P<sub>4</sub>. تعطى نتائج هذه القياسات الأربع وفق الجدول (2) الذي يبين فروق الإحداثيات بين دورات القياس والانتقالات الحاصلة والسموت المقابلة لهذه الانتقالات. (انظر الملحق في نهاية البحث)

إن النتائج المقدمة في الجدول (2) من حيث تفحص قيم dl وسموتها تظهر ثبات العلام R<sub>1</sub> تقريباً وذلك بسبب بعده عن مكان القص الذي جرى في الهضبة ويكون تأثير الحركة متزايداً كلما ابتعدنا من العلام R<sub>1</sub> نحو R<sub>6</sub> وهي علامات مثبتة بواجهة بناء مشيد سابقاً، لتصبح قيمته عند R<sub>6</sub> (dl = 13.2 mm) وهو أمر يوحي بدوران البناء الحامل للعلامات دوراناً بطيئاً. وبعبارة أخرى إن هناك كتلتين من الهضبة دورانهما غير متوافق. ولذلك يُفترح دراسة حركة العلامات من R<sub>1</sub> حتى R<sub>6</sub> كجملة واحدة مختلفة عن دراسة حركة العلامات من R<sub>8</sub> حتى R<sub>11</sub>، يظهر أن هناك حركتين متعاكستين بالدوران، الأمر الذي يستدعي دراسة كل جملة مستقلة عن الأخرى. يلاحظ أيضاً كما تظهر نتائج حسابات الجدول (2) الاستنتاجات الآتية:

- إن إشارة مركبات المحصلة سالبة (باستثناء المركبة dy للعلامين R<sub>8</sub>, R<sub>10</sub>) أي إن الحركة مستمرة وبطيئة وبمعدل 1.5 mm شهرياً.
- يظهر الجدول ثبات أقصى الواجهة شمالاً، وأن ضغط حركة الهضبة يبدو واضحاً كلما اتجهنا جنوباً ليظهر هذا الضغط واضحاً عند العلامات R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub> والجزء من الهضبة الحامل للمبنيين أحدهما مشيد سابقاً والآخر قيد الإنشاء، يدور نحو الغرب.
- إن حساب تغير المسافات وسموت الاتجاهات فضلاً عن حساب محصلة الانتقالات L وسموتها تشير إلى أن الهضبة الحاملة للمبنيين تُنفذ حركة

المستقيم الآخر في النقطتين  $(R_8, dl_8)$  و  $(R_{11}, dl_{11})$  هي العلامات المزروعة في واجهتي بنائين مشيدين على أعلى الهضبة موضوع الدراسة.

### 1-8 حساب المستقيم الارتدادي للعلامات $(R_1, R_2)$

#### $(R_6, R_6)$ المتعلق بالانتقالات $dl$ :

استناداً إلى ما تقدم يمر الحساب بطريقة المربعات الصغرى من أجل حساب التصحيحين  $dm, dn$  بالنسبة إلى المستقيم الارتدادي المتعلق بالعلامات  $(R_1, R_2, \dots, R_6)$  بالمصفوفات الآتية:

$$A = \begin{pmatrix} 494.7428 & 0.0019 \\ 511.3891 & 0.0045 \\ 525.4973 & 0.0052 \\ 536.9348 & 0.0063 \\ 537.8476 & 0.0063 \\ 559.4585 & 0.0132 \end{pmatrix}$$

$$P = \begin{pmatrix} 0.0071 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0071 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0071 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0071 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0071 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0071 \end{pmatrix}$$

$$I^T = (0 \quad -0.00363 \quad -0.02450 \quad -0.03512 \quad -0.0370 \quad 0)$$

الأمر الذي يؤدي إلى تعيين معادلة المستقيم الارتدادي (Regression line) المتعلق بالانتقالات  $dl_i$  التي عانتها العلامات الستة المذكورة سابقاً. نحصل على معادلة المستقيم:

$$-0.002026X + 11.106157dl + 1 = 0 \quad (9)$$

أي هناك المعادلة الآتية:

$$dl = +0.0001824X - 0.09004015$$

حيث  $(0.0001824)$  يمثل ميل المستقيم الارتدادي، أي يكون ميل المستقيم  $i_1 = 0.011619^G = 1.16^C$  يعين مركز دوران جملة العلامات  $(R_1 \rightarrow R_6)$  بالنسبة إلى الانتقالات  $dl$  بجعل  $(dl = 0)$  حيث الانتقال  $dl$  في

بوضع  $V = -(m_0 V_{xi} + n_0 V_{yi})$  تصبح معادلة الأرصاد النهائية هي:

$$V = X_i dm + Y_i dn + (X_i m_0 + Y_i n_0 + 1) = 0 \quad (5)$$

يحدد الوزن المرافق للمعادلة (5) استناداً إلى حساب TIENSTRA للأوزان أي تكون الأمثال المرافقة Cofactors محسوبة على هذا الأساس كالآتي:

$$Q_{V_i, V_i} = m_0^2 Q_{X_i X_i} + n_0^2 Q_{Y_i Y_i} + 2m_0 n_0 Q_{X_i Y_i} \quad (6)$$

حيث إهمال الحد الثالث من المعادلة (6) يصبح ممكناً ويكون لدينا الوزن المرافق:

$$P_i = \frac{1}{m_0^2 Q_{X_i X_i} + n_0^2 Q_{Y_i Y_i}} \quad (7)$$

وإذا اعتبر  $(x, y)$  لنقطة المراقبة  $R_i$  قد تم تعيينها

$$Q_{X_i X_i} = Q_{Y_i Y_i} = 1 \quad \text{أي إن:}$$

ويكون الوزن النهائي المرافق لمعادلة الأرصاد (5) هو:

$$P_i = \frac{1}{m_0^2 + n_0^2} \quad (8)$$

علماً بأن هناك ارتباطاً رياضياً (mathematical correlation) نتيجة لتعديل شبكة المراقبة، حيث أهمل الحد الأخير من أجل تبسيط صيغة الوزن المرافق لمعادلة الأرصاد [6]. إن جميع معادلات الأرصاد لها الوزن ذاته. إن المجهولين في المعادلة (5) هما التصحيحان  $dm, dn$  على  $m_0, n_0$  لمعادلة المستقيم الارتدادي المطلوب حسابه. يتم تعيين القيمتين التقريبيتين  $m_0, n_0$  بإمرار المستقيم في النقطتين  $(R_1, (R_6, dl_6, dl_1))$  بالنسبة إلى علامات واجهتي البنائين القائمين أحدهما نهائي وثانيهما قيد الإنشاء، وإمرار

$$I^T = (0 \quad 0.01099 \quad -0.01062 \quad -0.02633 \quad -0.02729 \quad 0)$$

وبإجراء الحسابات كما تم في حساب المستقيم الارتدادي للجملة  $(X, dl)$  تكون لدينا معادلة المستقيم الارتدادي:

$$-0.002048.X + 3.294836.S + 1 = 0 \quad (10)$$

ومنه  $S = 0.0006216 X - 0.303505$  ويكون ميل هذا المستقيم على المحور  $X$  هو  $i_s = 0.039567$  أو

$i_s = 3.96$  c. يحسب مركز دوران الجملة بالنسبة

إلى سموت الانتقالات استناداً إلى كون القوس في هذا المركز مساوياً للصفر أي إذا جعلنا  $S = 0$  في المعادلة (10) نحصل على فاصلة مركز الدوران وتساوي:

$$X_Z = 488.3427 \text{ m} \quad \text{أمّا الترتيب فيكون } Y_Z =$$

$517.4531 \text{ m}$ . وبعبارة أخرى تكون إحداثيات مركز دوران الجملة  $R_1, R_2, \dots, R_6$  هي المتوسطات الحسابية لإحداثيات المركزين المحسوبين أي: إنَّ إحداثيات مركز الدوران  $(R_c)$  هي:  $X_c = 517.4531 \text{m}$ ,  $Y_c = 491.0165 \text{m}$  ويبقى هذا المركز قريباً من العلام  $R_1$  بسبب وثاقه هذا العلام كونه بعيداً عن القص الذي أفضى إلى هذه الانتقالات. يوضح الجدول (3)

الانتقالات لجملة العلامات  $(R_1, R_2, \dots, R_6)$  محسوبة استناداً إلى المستقيم الارتدادي (9) كما يعطى في هذا الجدول سموت الانتقالات محسوبة من المستقيم الارتدادي وفقاً للمعادلة (10). يرفق هذا الجدول بالرسمين البيانيين (2 و 3) للمستقيمين الارتدائيين اللذين يوضحان ذلك بالنسبة إلى العلامات  $(R_1, R_2, \dots, R_6)$ .

مركز الدوران يكون معدوماً في معادلة المستقيم الارتدادي (9). ومنه يكون  $X = 493.6902 \text{ m}$  وهو فاصلة مركز الدوران أمّا ترتيبه  $(y)$  فيكون المتوسط الحسابي لترتيبات الجملة من  $R_1$  حتى  $R_6$  لأن هذه الترتيبات متقاربة أي إنَّ إحداثيات مركز الدوران هي  $X_L = 493.6902 \text{ m}$ ,  $Y_L = 517.4531 \text{ m}$  وبعبارة أخرى يقع مركز دوران هذه الجملة قريباً جداً من العلام  $R_1$  وهو أمر منطقي نظراً إلى وثاقه هذا العلام لكونه بعيداً عن الحفر الحديث الذي سبب الانزلاق.

## 2-8 حساب المستقيم الارتدادي للجملة $(R_1, R_2, \dots, R_6)$ محسوباً من السموت:

يدرس مركز دوران هذه الجملة استناداً إلى حساب المستقيم الارتدادي بالنسبة إلى سموت الانتقالات. يمر هذا الحساب بحساب المستقيم الارتدادي في جملة الإحداثيات  $(X, Z)$  ويكون هذا الحساب مماثلاً للحساب السابق بعد الاستعاضة عن السموت بطول القوس المقابل له  $(S)$  لذلك نضرب كل سموت محسوباً بالراديان بمقدار الانتقال  $dl$  للنقطة فيكون لدينا معادلة المستقيم الارتدادي في الجملة  $(x, S)$  إذ  $S_i = Z_i \cdot dl_i$  وتكون لدينا المصفوفات الآتية:

$$A = \begin{pmatrix} 494.7428 & 0.006580 \\ 511.3891 & 0.020396 \\ 525.4973 & 0.022674 \\ 536.9348 & 0.025094 \\ 537.8476 & 0.025375 \\ 559.4585 & 0.047275 \end{pmatrix}$$

$$P = \begin{pmatrix} 0.0927 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0927 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0927 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0927 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0927 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0927 \end{pmatrix}$$



**جدول (3): الانتقالات لجملة العلامات ( $R_1, R_2, \dots, R_6$ )**

رقم النقطة	إحداثيات النقطة		حساب الانتقالات dl والأقواس المقابلة للسموت		$Z_{Gr}$ محصوباً من S
	$X_m$	$Y_m$	$dl_{mm}$	$S_m$	
$R_1$	494.7428	517.8777	0.19	0.003978	132.8812
$R_2$	511.3891	517.6722	3.2	0.014323	284.9471
$R_3$	525.4973	517.4750	5.82	0.023080	252.4603
$R_4$	536.9348	517.3249	7.90	0.030199	243.3581
$R_5$	537.8476	517.4542	8.07	0.030767	242.7124
$R_6$	559.4585	516.9146	12.01	0.044198	234.2825

**Linear regression of displacements from R1 to R6**

3-8 تعيين محور دوران الجزء من الهضبة الحامل

للعلامات ( $R_1, R_2, \dots, R_6$ ):يعين محور دوران جملة العلامات ( $R_1, R_2, \dots, R_6$ )  
بالعلاقة الآتية:

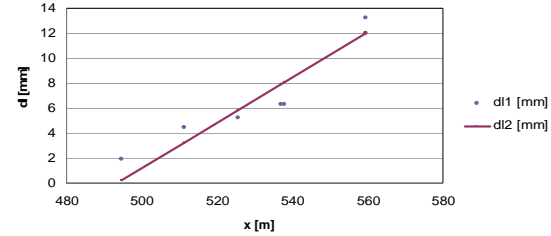
$$Y - Y_c = (X - X_c) \cdot t_{g i_c} \dots \dots \dots (11)$$

إذ  $i_c$  هو الميل المتوسط للمستقيمين الارتداديين المحسوبين  $i_c = 256^{\text{cc}}$  بالتعويض بالعلاقة السابقة (11) يكون  $Y - 0.000402X - 517,2557 = 0$ . نحسب أبعاد النقاط  $R_1, R_2, \dots, R_6$  عن هذا المستقيم بموجب العلاقة الآتية:

$$d_i = \frac{|Y - 0.000402X - 517,2557|}{\sqrt{1 + (0.000402)^2}}$$

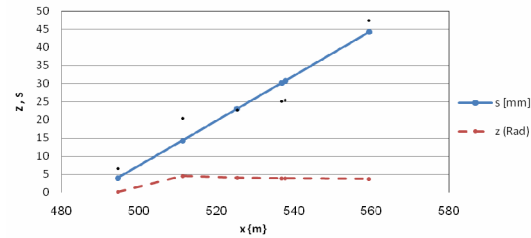
يوضح الجدول التالي (4) معتمدين أن القياسات قد استمرت مدة أربعة شهور ما يأتي:

Straight of regression of linear displacements from R1 to R6

شكل (2): المستقيم الارتدادي المتعلق لانتقالات العلامات من  $R_1$  حتى  $R_6$ 

ملاحظة: إن افتراق المستقيم الارتدادي ( $x, s$ ) عن القطع المستقيمة المحددة لـ  $Z$  ينتج عن كون  $S$  معبراً عنه بالمليمتر في حين  $Z$  معبراً عنه بالراديان.

Graph of azimuths and displacements from  $R_1$  to  $R_6$   
 $S$ -represents regression's straight of the arcs  $S = Z \cdot L$

شكل (3): مخطط السموت والانتقالات للعلامات من  $R_1$  حتى  $R_6$ **الجدول رقم (4) القياسات استمرت مدة أربعة شهور**

رقم النقطة	$X_m$	$Y_m$	$d_m$	$V=L/4$ mm/month	$r$ m	$\omega=v/r$ cc/month
$R_1$	494.7428	517.8777	0.42	0.48	3.75	81.5
$R_2$	511.3891	517.672	0.21	1.13	20.37	34.40
$R_3$	525.4973	517.475	0.01	1.30	34.48	24.00
$R_4$	536.93482	517.324	0.15	1.58	45.92	21.90
$R_5$	537.84761	517.454	0.02	1.58	46.83	21.50
$R_6$	559.4585	516.9146	0.57	3.30	68.44	30.70

أي لدينا المعادلة الآتية:  $dl = -$

$$0.0006371.X + 0.380844$$

إذ يمثل  $(-0.0006371)$  ميل المستقيم الارتدادي ويكون ميل المستقيم  $C = -4.06$   $G = -0.040559$   $i_1 =$  الذي يعين مركز دوران جملة العلامات  $(R_8, R_{11})$  بالنسبة إلى الانتقالات  $dl=0$  يجعل  $dl=0$  إذ الانتقال  $dl$  في مركز دوران الجملة معدوم، في معادلة المستقيم الارتدادي (11). ومنه نحصل على فاصلة مركز الدوران للجملة عندما  $dl=0$  تكون  $(X=597.7774)$  أما ترتيب هذه الجملة  $(Y)$  فيؤخذ من المستقيم الارتدادي الذي عيناه بالرسم وبالحساب  $(Y=562.4494)$  أي إن إحداثيات مركز الدوران هي  $X_L=597.7774$   $Y_L=562.4494$   $m$ . وبعبارة أخرى يقع مركز دوران هذه الجملة الذي إحداثياته:

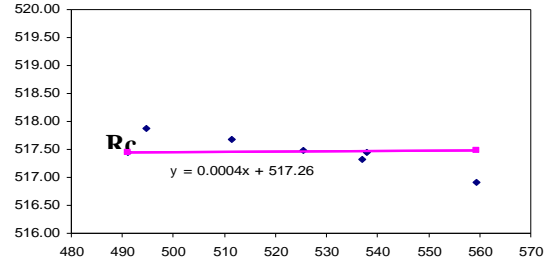
$(597.7774, 562.4494)$  قريباً من العلام  $R_{11}$ .

5-8 حساب المستقيم الارتدادي للجملة  $(R_8, R_{11})$  محسوباً من السموت:

يدرس مركز دوران هذه الجملة استناداً إلى حساب المستقيم الارتدادي بالنسبة إلى سموت الانتقالات. يمر هذا الحساب بحساب المستقيم الارتدادي في جملة الإحداثيات  $(X, Z)$  ويكون هذا الحساب مماثلاً للحساب السابق، سوى أنه يجب الانتباه إلى الحفاظ على التجانس من حيث البعد في معادلة المستقيم، لذلك نضرب كل سمت، محسوباً بالراديان بمقدار الانتقال  $dl$  للنقطة فيكون لدينا معادلة المستقيم الارتدادي في الجملة  $(X, S)$  إذ  $S_i = Z_i \cdot dl_i$  وتكون لدينا المصفوفات الآتية:

$$A = \begin{pmatrix} 547.6516 & 0.10295 \\ 555.6050 & 0.07240 \\ 575.8515 & 0.13853 \\ 586.5428 & 0.07532 \end{pmatrix}$$

إذ:  $di$  بعد العلام عن محور الدوران،  $r$  بعد العلام عن مركز الدوران،  $v$  السرعة الخطية للانتقال في الشهر  $\omega$  السرعة الزاوية لدوران العلام في الشهر. يبين الشكل رقم (4) محور دوران جملة العلامات وتوضع هذه العلامات.



شكل (4): محور دوران جملة العلامات من  $R_1$  حتى  $R_6$

4-8 حساب المستقيم الارتدادي للعلامات  $(R_8, R_{11})$  المتعلق بالانتقالات  $dl$ :

بالنسبة إلى العلامات  $R_8, R_9, R_{10}, R_{11}$  وهي العلامات المزروعة في واجهتي بناءين مشيدين على أعلى الهضبة فإن حساب التصحيحين  $dm, dn$  ينتج عن تطبيق طريقة المربعات الصغرى مستخدمين المصفوفات الآتية:

$$A = \begin{pmatrix} 547.6516 & 0.0214 \\ 555.6050 & 0.0174 \\ 575.8515 & 0.0245 \\ 586.5428 & 0.0156 \end{pmatrix}$$

$$P = \begin{pmatrix} 0.01062 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.01062 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.01062 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.01062 \end{pmatrix}$$

$$I^T = (0 \quad 0.0272997 \quad -0.0708772 \quad 0)$$

الأمر الذي يؤدي إلى تعيين معادلة المستقيم الارتدادي (Regression's straights) المتعلق بالانتقالات  $dl_i$  التي عانتها العلامات الأربع المذكورة أعلاه وهو:

$$-0.0016729.X - 2.6257457.dl + 1 = 0 \quad (11)$$

مساوياً للصفر أي إذا جعلنا  $S = 0$  في المعادلة (12) نحصل على فاصلة مركز الدوران  $X_Z = 692.4017$  m أما الترتيب فيكون  $Y_Z = 562.4494$  m عندئذ يكون مركز الدوران للجملة ( $R_C$ ) هو المتوسط الحسابي للمركزيين المحسوبين أي إن  $X_C = 645.0892$  m  $Y_C = 562.4494$  m. يوضح الجدول (5) الانتقالات لجملة العلامات ( $R_8, R_9, R_{10}, R_{11}$ ) استناداً إلى معادلة المستقيم الارتدادي (11)، كما يعطى في هذا الجدول سموت الانتقالات محسوبةً من معادلة المستقيم الارتدادي (12):

$$P = \begin{pmatrix} 0.24211 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.24211 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.24211 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.24211 \end{pmatrix}$$

$$I^T = (0 \quad 0.05059 \quad -0.11304 \quad 0)$$

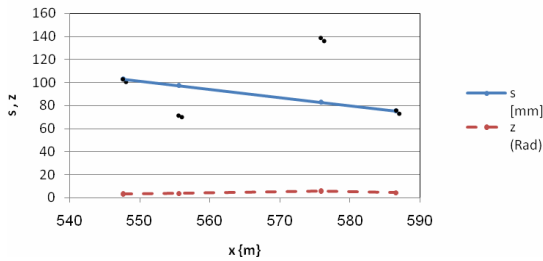
وبإجراء الحساب كما تم في حساب المستقيم الارتدادي للجملة ( $X, dl$ ) تكون لدينا معادلة المستقيم الارتدادي:

$$-0.0014443.X - 2.0303436.S + 1 = 0 \quad (12)$$

أي  $S = -0.00071136 X + 0.49252747$  ويكون ميل هذا المستقيم على المحور  $X$  هو  $i_s = -4.528^c$ . يحسب مركز دوران الجملة بالنسبة إلى سموت الانتقالات استناداً إلى كون القوس في هذا المركز

جدول (5): الانتقالات لجملة العلامات ( $R_8, R_9, R_{10}, R_{11}$ )

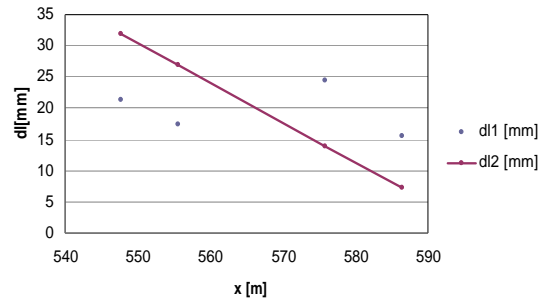
رقم النقطة	إحداثيات النقطة		حساب الانتقالات dl والأقواس المقابلة للسموت		$Z_{Gr}$ محسوباً من S
	$X_m$	$Y_m$	dl mm	$S_m$	
$R_8$	547.6516	565.0503	31.93	0.1029654	205.2922
$R_9$	555.6050	567.0655	26.86	0.09730896	230.6360
$R_{10}$	575.8515	562.5417	13.96	0.08290589	378.07699
$R_{11}$	586.5428	562.5767	7.15	0.075300797	270.4575

Graph of azimuths and displacements from R8 to R11  
S- represents the regression line of the arcs  $S = ZL$ شكل (6): مخطط السموت والانتقالات للعلامات من  $R_8$  حتى  $R_{11}$ 

ملاحظة: إن افتراق المستقيم الارتدادي ( $x, s$ ) عن القطع المستقيمة المحددة لـ  $Z$  ينتج عن كون  $S$  معبراً عنه بالمليمترات في حين  $Z$  معبراً عنه بالراديان.

كما يرفق هذا الجدول بالرسمين البيانيين (5 و 6) للمستقيمين الارتدادين اللذين يوضحان ذلك بالنسبة إلى العلامات ( $R_8, R_9, R_{10}, R_{11}$ ).

Looonlinear regression of displacements from R8 to R11

شكل (5): المستقيم الارتدادي المتعلق لانتقالات العلامات من  $R_8$  حتى  $R_{11}$

**6-8 تعيين محور دوران للعلامات ( R<sub>8</sub>, R<sub>9</sub>, R<sub>10</sub>, R<sub>11</sub> )**  
 بالتعويض بالعلاقة السابقة (13) نجد  $Y + 0.000674 X$  عن  $R_8, R_9, R_{10}, R_{11}$  أبعاد النقاط  $+ 562,8842 = 0$  :**(R<sub>11</sub>)**

$$d_i = \frac{|Y + 0.000674.X - 562,8842|}{\sqrt{1 + (-0.000674)^2}}$$

يوضح الجدول الآتي (6)، نتائج الحسابات معتمدين أن القياسات قد استمرت مدة أربعة شهور ما يأتي:

يعين محور دوران جملة العلامات  $R_8, R_9, R_{10}, R_{11}$  بالعلاقة المعروفة الآتية:

$$Y - Y_c = (X - X_c) \operatorname{tgi}_c \dots\dots\dots(13)$$

إذ  $i_c$  هو ميل المتوسط للمستقيمين الارتداديين المحسوبين ويساوي  $i_c = -4.294^\circ$ .

**الجدول رقم (6) نتائج الحسابات معتمدين أن القياسات قد استمرت مدة أربعة شهور**

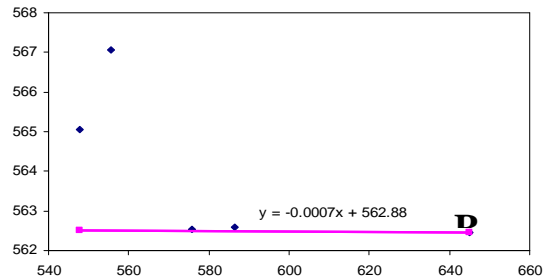
رقم النقطة	X <sub>m</sub>	Y <sub>m</sub>	d <sub>i m</sub>	v mm/month	r m	ω = v/r cc/month
R <sub>8</sub>	547.6516	565.0503	2.53	5.35	97.47	34.94
R <sub>9</sub>	555.6050	567.0655	4.56	4.35	89.60	30.91
R <sub>10</sub>	575.8515	562.5417	0.046	6.13	69.24	56.40
R <sub>11</sub>	586.5428	562.5767	0.088	3.90	58.55	42.40

شهرياً مبيّنة أعلاه في الجدولين (4 و 6) علماً أن هذه النتائج بُنيت على أساس قياسات مساحية استمرت أربعة شهور.

2- تبين أيضاً أن الطرق المساحية التي تعتمد على نتائج الحسابات من حيث الانتقالات وسموتها، لا تمكّن من تعيين مركزي الدوران للجملتين ومحوري الدوران لهاتين الجملتين.

3- إن الطريقة المقترحة في هذا البحث، وهي حساب المستقيمات الارتدادية المقترحة، تمكّن من تعيين مركزي الدوران لهاتين الجملتين وكذلك محوري الدورانين، وهو أمر مهم بالنسبة إلى مسألة الانزلاقات وذلك لتعرّف الإجهادات الحاصلة عند الدورانات في الكتلة المنزلقة وذلك استناداً إلى الدراسة التي أُجريت على كتلة جبلية منزلقة في منطقة بلودان من سورية ووفقاً للنتائج العددية التي ظهرت من خلال تحليل نتائج قياسات الدورانات المتتابعة بالنسبة إلى الانتقالات.

إذ:  $d_i$  بعد العلام عن محور الدوران،  $r$  بعد العلام عن مركز الدوران،  $v$  السرعة الخطية للانتقال في الشهر،  $\omega$  السرعة الزاوية لدوران العلام في الشهر أيضاً. يبيّن الشكل (7) الآتي محور دوران جملة العلامات وتوضع العلامات.



**شكل (7): محور دوران جملة العلامات من R<sub>8</sub> حتى R<sub>11</sub>**

**النتائج والتوصيات:** نستنتج من الدراسة التحليلية التطبيقية ما يأتي:

1- يبدو من هذا التحليل أن الجملتين تدوران نحو الغرب وهو أمر منطقي ونتائج هذه الدورانات

**نوصي بمايأتي:**

- إذا تعددت علامات القياس، وهو أمر مطلوب يصبح تطبيق المستقيمات الارتدادية على الانتقالات والسموت أداة فعّالة لتوقُّع حركة الانزلاق، من حيث الانسحاب والدوران.
- يفضل متابعة حركة الانزلاق في أثناء تشييد المنشأة وذلك بتهيئة علامات المراقبة في الأعمدة ويفضل إجراء ثلاثة قياسات مساحية لمراقبة المنشأة، بعد استكمالها للتأكد من ثباتها، وذلك خلال مدة الاستثمار .
- يجب الاهتمام كثيراً بمسألة انزلاقات الكتل الجبلية ولاسيما عندما يتم الحفر في أسفل الهضبة وعلى عمق كبير وأن طرق القياس المساحية تقدّم مساهمة فعّالة في ذلك.
- ضرورة إجراء دراسة الانزلاقات قبل الإقدام على إنشاء أي منشأة للتأكد من استقرار الهضبة وذلك خلال مدة لا تقل عن أربعة شهور بمعدل دورة قياس على الأقل كل شهر وذلك بحسب الوضع.

جدول (2) الملحق بنهاية البحث

النقطة	X3- X2	الخطأ ±mm	Y3- Y2	الخطأ ±mm	X4- X3	الخطأ ±mm	Y4- Y3	الخطأ ±mm	dX المحصلة mm	الخطأ ±mm	dY المحصلة mm	الخطأ ±mm	الانتقال dl mm	سمت الانتقال $Z^{Gr}$
R1	-1.1	0.9	-1.5	0.6	0.5	0.3	-0.3	0.6	-0.6	0.9	-1.8	1.6	1.9	220.4833
R2	-2.2	0.9	-1.7	0.9	-2.2	0.3	0.9	0.3	-4.4	0.9	-0.8	0.9	4.5	288.5502
R3	-2.7	0.9	-1.5	1.0	-2.2	0.3	-0.3	0.3	-4.9	1.3	-1.8	1.0	5.2	277.5882
R4	-3.9	0.6	-2.8	1.0	-0.8	0.2	-1.4	0.4	-4.7	0.6	-4.2	1.1	6.3	253.5728
R5	-3.1	0.7	-4.2	1.2	-1.8	0.2	0.2	0.4	-4.9	0.7	-4.0	1.2	6.3	256.4159
R6	-6.3	0.7	-5.0	0.9	0.7	0.3	-6.9	0.4	-5.6	0.8	-11.9	1.0	13.2	228.0012
R8	-12.5	1.8	-18.4	5.0	-8.8	2.0	20.5	4.5	-21.3	2.7	2.1	5.4	21.4	306.2563
R9	-23.4	3.9	10.5	12.0	8.6	1.5	-19.6	4.5	-14.8	4.2	-9.1	12.8	17.4	264.9046
R10	-16.9	1.7	7.2	10.0	2.5	0.6	12.6	3.6	-14.4	1.8	19.8	10.6	24.5	359.9696
R11	-13.3	2.2	9.5	10.0	-2.2	0.8	-7.7	3.8	-15.5	2.3	1.8	10.7	15.6	307.3600

## المراجع

- 1 - فايز علي ديب، الجيوديزيا (3)، جامعة تشرين (2004)
- 2-**Mortiz H, Advansed physical Geodesy**, Herbert wichmann Verlag karlsruhe 2000.
- 3-**Чан Хань**. Анализ стабильности пунктов опорной сети при наблюдениях за горизонтальными смещениями. Геодезия и картография. Москва №5. 2008г.
- 4-**Mittermayer E**. A generalization of the Least Squares Method for the Adjustment of free Networks // Bulletin geodesique. №104, 2000.
- 5-**Caspary W.F**. Concepts of Networks and Deformation Analysis // Monograph 11 school of surveying, Australia 1999, p. 183.
- 6-**Панкрушин В.К**. Математическое моделирование и индефикация геодинимических систем. Новосибирск: СГГА. 2002г.
- 7-**Маркузе Ю.И**. Анализ плановых деформаций инженерных сооружений и земной поверхности. Геодезия №3. 2007г. Москва.
- 8- **Краморенко А.А**. Математическое обеспечение индефикации движений и напряженно-деформированного состояния сооружений и объектов инженерной геодинимики по геодезическим наблюдениям. Изв. вузов. 2005г. №5. Москва.

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق 2009/12/24.