تحليل أثر إدخال دقة النقاط المرجعية على دقة شبكات المثلثات

إعداد الطالبة المهندسة

عُلا عبد العزيز مُراد

جامعة حمص - كلية الهندسة المدنية - قسم الهندسة الطبوغرافية

بإشراف:

د.م. أحمد العمر د.م. فائق شدود

المُلخص

تُعتبر شبكات التثليث الهيكل الأساسي الذي تستند إليه الأعمال المساحية، أو بمعنى آخر تُعد قاعدة الاستناد الأساسية للقياسات الأفقية وهي عبارة عن مجموعة من النقاط المثبتة ذات مواقع متباعدة تشكل رؤوس شبكة من المثلثات وتسمى هذه النقاط بنقاط المثلثات" Triangulation Points".

تتكون شبكات المثلثات من سلسلة chain من الأشكال الهندسية الأساسية، كالمثلث البسيط Single Triangles، أو رباعي مرصود القطرين Braced Quadrilatera، أو الشكل ذو النقطة

المركزية Central-Point Figure. حيث يتوقف شكل شبكات المثلثات وطريقة إنشاءها على عدة عوامل منها (الدقة المطلوبة، طبيعة الأرض..)

كما أنها تعد الأساس المساحي لشبكة المضلعات من أجل الوصول بالشبكات إلى الكثافة اللازمة لأعمال المسح للتفصيلات الطبيعية والاصطناعية كافةً.

ومن المعلوم أن دقة الأعمال المساحية بشكل عام، ترتبط إلى حد كبير بدقة الأساس المساحي المستخدم لها، وحيث يتم عادةً تعديل الشبكات باعتبار نقاط الإسناد لها ثابتة ولا يؤخذ بالحسبان دقتها باعتبارها قياسات تمت معالجتها مسبقاً وبالتالي تحوي مقداراً من الخطأ.

من هنا كانت أهمية تحليل دقة الإحداثيات لنقاط المثلثات ومعرفة مدى تأثيرها على الشبكات الجديدة التي ستبنى عليها.

حيث أنه تم في هذا البحث مناقشة بعض المسائل المتعلقة بتأسيس وإنشاء الشبكات الجيوديزية، ومن ثم تم تحليل عدد من الشبكات المنفذة سابقاً باستخدام جهاز (SOKIA 510K,TOPCON GTS 601) بحالتين : الأولى إدخال باعتبار النقاط المرجعية في الشبكة صحيحة وثابتة لاتحوي أخطاء، والثانية باعتبار دقة النقاط المرجعية، وذلك باستخدام برنامج MicroSurvey StarNet" 9" الذي يعتمد على نظرية التربيعات الصغرى في عملية التعديل وتمت المقارنة بين الحالتين ومناقشة نتائج التعديل (حيث كان أكبر فرق في إحداثيات النقاط في الحالتين 4 cm) وتم اقتراح بعض التوصيات بناءً على ذلك.

الكلمات المفتاحية: الشبكات الجيوديزية، النقاط المرجعية، الدقة، تعديل الشبكات.

Abstract

Triangulation networks are considered the basic structure on which surveying work is based. In other words, they are the basic reference base for horizontal measurements. They are a set of fixed points with widely spaced locations that form the vertices of a network of triangles. These points are called "Triangulation Points".

Triangle networks consist of a chain of basic geometric shapes, such as a simple triangle, a braced quadrilateral, or a central-point figure. The shape of the triangle networks and the method of creating them depend on several factors, including (the required accuracy, the nature of the ground...)

It is also the cadastral basis for the polygon network in order to reach the density necessary for surveying of all natural and artificial details.
It is known that the accuracy of surveying work in general is largely related to the accuracy of the cadastral basis used for it, as grids are usually modified considering their reference points as fixed and their accuracy is not taken into account as they are measurements that have been pre-processed and thus contain some amount of error.
Hence the importance of analyzing the accuracy of the coordinates of the triangle points and knowing the extent of their impact on the new networks that will be built on them
In this research, some issues related to the establishment and establishment of geospatial networks were discussed, and then a number of previously implemented networks were analyzed using a device.(SOKIA 510K,TOPCON GTS 601) In two cases: the first was introduced considering the reference points in the network were correct and stable and did not contain errors, and the second was based on the accuracy of the reference points, using the "MicroSurvey StarNet 9" program, which relies on least squares theory in the modification process. The two cases were compared and the results of the modification were discussed (as the largest difference was in The coordinates of the points in both cases are 4 cm, and some recommendations were proposed based on this.

Keywords: Geodesic Networks, Reference Points, Accuracy, Network Adjustment.

1- مقدمة:

إن تنفيذ الأعمال المساحية في أي مكان كان ولأي هدف كان، يتطلب دوماً وجود مجموعة من النقاط معلومة الإحداثيات والثابتة والدائمة من سطح الأرض بحيث تعتبر نقاطاً مرجعية تستند إليها هذه الأعمال. لهذا فإن الجهات الحكومية المختصة والمؤسسات المساحية في أي دولة في العالم تسعى دوماً إلى تغطية كامل مساحة أراضيها بشبكة من النقاط والمراصد المساحية والجيوديزية وتثبيتها في الأرض وحساب قيم إحداثياتها في جملة الإحداثيات

المعتمدة في هذا الدولة، وذلك بغية جعلها كنقاط أساس مساحي ثابتة ودائمة تربط بها كافة الأعمال المساحية المنفذة في أي بقعة من أراضي الدولة المعنية وعلى كامل امتدادها.

بهذا الشكل يمكننا أن نعرّف شبكات النقاط المساحية أو الجيوديزية على أنها مجموعة النقاط من سطح الأرض التي حددت مواقعها في أماكن ثابتة ومعروفة ويحكم العلاقة بين بعضها البعض أساس رياضي واضح واشتراطات مساحية محددة.

يمكن تعيين أضلاع هذه الشبكة بقياس خط يسمى خط القاعدة (Base Line) بدقة عالية ويربط بشبكة المثلثات، ومن ثم تقاس الزوايا الأفقية بين الأضلاع وتصحح. ومن خط القاعدة والزوايا الأفقية المصححة سابقاً تُحسب أطوال الأضلاع وانحرافاتها ثم نحسب إحداثيات النقاط لتكون مرجعاً للأعمال الطبوغرافية [1].

إن أهمية الشبكات الجيوديزية باعتبارها ركيزة أساسية لمُجمل الأعمال المساحية تحتم العناية والدقة في مراحل إنشاءها ابتداءاً من أعمال المراقبة واختيار مواقع نقاطها مع مراعاة كافة الشروط المذكورة في دفتر الشروط الفنية في سوريا ووصولاً إلى مرحلة التنفيذ وتثبيت نقاط الشبكة[4].

عند تنفيذ مشاريع هندسية ذات أهمية خاصة وتتطلب دقة عالية في التنفيذ، تُؤسس لهذا الغرض شبكات جيوديزية محلية (شبكة مثلثات أو مختلطة وشبكة تسوية) وتكون حرة مستقلة أو مربوطة.

إن عملية تكثيف نقاط الشبكة تكون عن طريق إجراء الكثير من القياسات الفائضة عن عدد القياسات اللازم للتعديل (زوايا، مسافات، سموت...) بالاعتماد على نقاط مرجعية سابقة ومن المعروف أنه مهما تمت مراعاة الدقة في القياس واستخدام أدق الأجهزة وأمهر المساحين بالرغم من ذلك نتائج القياسات حُكماً ستكون حاملة لأخطاء ولذلك يتم اعتماد نظرية الأخطاء ونظرية التربيعات الصغرى والتي منها يتم تحديد القيمة الأكثر احتمالا للقيم المقيسة بعدة طرق (مباشرة، غير مباشرة، شرطية..) [6] ,[5].

عادةً عند تعديل الشبكات المُكثفة الحديثة يتم اعتبار نقاط الإسناد المثلثية لها صحيحة وثابتة بالرغم من أنها قياسات قديمة وتم إجراء التعديل عليها وبما أننا نسعى لزيادة الدقة الناتجة من العمل المساحي والذي يرتبط بدقة النقاط المرجعية المسنود إليها كان لابد من

دراسة أثر دقة النقاط المرجعية على دقة ونتائج الشبكات المرتبطة بها لمعرفة ما إذا كان الفرض السابق يمكن اعتباره صحيحاً وذلك حسب دقة العمل المطلوب ودرجة أهميته ,[3] [2].

2- أهمية وأهداف البحث:

يعتمد إنتاج الخرائط والمخططات وكذلك كافة الأعمال المساحية على الأساس الجيوديزي الذي يتكون من شبكات مثلثاتية مختلفة تعاني من عدم الانسجام الهندسي وموثوقية الإحداثيات ودقتها حيث إن دقة هذه الخرائط المساحية والأعمال المرتبطة بها تتوقف بشكل أساسي على دقة نقاط المثلثات بالإضافة إلى تقنيات القياس والمعالجة وبالتالي لزيادة دقة العمل المطلوب لابد من زيادة دقة نقاط الشبكة المثلثاتية المستندة إليها.

يهدف البحث إلى دراسة وتحليل مدى تأثير إدخال أخطاء البدائيات على دقة حساب وتعديل شبكات التكثيف المساحية وما ينجم عن ذلك من أثر على جودة الأعمال الهندسية المستندة إليها.

3- طرائق البحث ومواده:

3-1 إنشاء وتأسيس شبكات المثلثات:

آ- المبادئ العامة لإنشاء الشبكات المساحية:

يتطلب إنشاء شبكات الإحداثيات بكافة أنواعها الأخذ بعين الاعتبار أموراً أساسية عدة منها:

1-اختيار الشكل الهندسي العام لها 2- كيفية توزع نقاطها على المساحة الممتدة عليها 3- تحديد متانة هذا الشكل 4- معرفة قيم الدقة النسبية لتعيين مواقع نقاطها فيما بينها.

إن القاعدة الأساسية في إنشاء شبكات النقاط المساحية والجيوديزية يمكن إنجازها بالعبارة التالية:

" من العام إلى الخاص أو من الكلي إلى التفصيلي". أي أن هذا الإنشاء يتم عموماً وفق الترتيب التالي:

يتم في البداية زرع نقاط مساحية على امتداد كامل مساحة الدولة وبأبعاد كبيرة نسبياً فيما بينها قد يصل إلى عشرات الكيلومترات وتقاس لهذه النقاط سموتها الفلكية عبر ربطها بما يعرف بنقاط (لابلاس) في كل دولة، بحيث تشكل هذه النقاط شبكة مثلثات واحدة تعرف بالشبكات الجيوديزية –الفلكية أو شبكات لدرجة الأولى والذي يعد منطلقاً ومستنداً لإنشاء شبكات المثلثات الأقل دقة وذلك عبر ما يدعى بعملية تكثيف الشبكات الجيوديزية.

ب– النقاط الواجب مراعاتها في اختيار نقاط المثلثات:

1–متانة الأشكال.

2–اختيار النقاط بحيث تكون في مواقع مرتفعة ومشرفة على مناطق واسعة.

3–يجب أن نرى من كل نقطة جميع النقاط التي حولها بوضوح.

4–يجب أن تكون الزوايا بين الأضلاع لا تقل عن 30ولا تزيد عن 120 بقدر المستطاع.

5– أن تكون عملية إزالة العوائق من أشجار والعقبات الأخرى التي تعترض خطوط المثلثات أقل ما يمكن.

6– تجنب لنقاط القريبة من سطح الأرض ما أمكن وخصوصاً المجاورة للمدن، حيث انكسار الضوء شديد في تلك المناطق.

7–أن توضع النقاط في أماكن ثابتة غير معرضة للعبث فيها أو الضياع مع سهولة الوصول إليها.

8–ألا تكون الخطوط طويلة جداً أكثر من اللازم وألا تكون قصيرة جداً أكثر من اللازم.

9–يجب أن يؤخذ بالاعتبار تكاليف المشروع فلا نتوخى دقة أكبر من الضرورية ولا داعي لها.

10– تجنب الأرصاد غير المركزية بقدر الإمكان لتقليل العمليات الحسابية

ج– الطرق الرئيسة لإنشاء شبكات المثلثات:

تستخدم في إنشاء الشبكات المساحية طرائق متعددة، يحدد اختيار أي منها عوامل عدة أهمها: الدقة المطلوبة من شبكة الإحداثيات المُقامة والجدوى الاقتصادية منها وطبيعة

الغاية أو الهدف الذي تخدمه هذه الشبكة وأهم هذه الطرق التي تعتمد على الأجهزة التقليدية:

(a) طريقة التثليث الزاوي:

تستند هذه الطريقة في مبدأها على عملية تثبيت نقاط مساحية فوق قمم المرتفعات وفي الأماكن المكشوفة والمطلة على بعضها البعض بحيث تحقق رؤية متبادلة فيما بينها وتؤلف في شكلها الهندسي مجموعة أو سلسلة من المثلثات المتصلة بعضها ببعض.

- **من أهم مزايا هذا النوع من الشبكات:**

1- إمكانية إنشاءها في كافة أنواع التضاريس الطبيعية والظروف الجغرافية.
2- العدد الوفير من القياسات المساحية الفائضة فيها مما يسمح بإجراء التحقيقات الحسابية الضرورية على النتائج.
3- الدقة العالية في تعيين إحداثيات نقاطها.

(b) طريقة التثليث الخطي:

إن الشبكات المشكلة بهذه الطريقة تشبه تماماً من حيث الشكل والتصميم شبكات لتثليث الزاوي، ولكن مع وجود فارق واحد بينهما يتعلق بطبيعة وأبعاد العناصر المقاسة فيها، حيث يتم الاستعاضة عن قياس الزوايا الداخلية في مثلثات الشبكة بقياس كافة أطوال أضلاع هذه المثلثات مع المحافظة على تعيين قيم سموت هذه الأضلاع، تستخدم عادةَ عند إنشاء شبكات التثليث من الدرجتين الثالثة والرابعة

(c) طريقة التثليث المشترك:

تقاس في هذه الطريقة كافة أطوال أضلاع المثلثات وجميع الزوايا الداخلية الواقعة بينها ويصار إلى تعيين قيمة سمت (لابلاس) لأحد الأضلاع لكل مجموعة مثلثات متجاورة على حدى.

إن الوقت والجهد الكبيرين المبذولين لإنشاء مثل هذا النوع من الشبكات تبررهما الدقة العالية التي نحصل عليها في تعيين قيم إحداثيات نقاطها، وذلك بسبب العدد الكبير من القياسات الفائضة فيها.

وخاصة عندما تساوي قيمة الدقة النسبية لقياس الاتجاهات مقدرة بالراديان بالدقة النسبية لقياس أطوال الأضلاع .($\frac{m_\alpha}{\rho} = \frac{m_s}{S}$)

د- **درجات المثلثات:**

يلجأ عادة إلى تأسيس الشبكة على مراحل فتنشأ شبكة من المثلثات ذات التباعد الكبير بين نقاطها تعتبر هيكلاً أساسياً تستند عليها شبكة ثانية ذات أطوال أضلاع أقل، وتكون بدورها هيكلاً لشبكة ثالثة وهكذا. ويصطلح على تسمية الشبكة الأساسية بشبكة الدرجة الأولى والتي تليها بشبكة الدرجة الثانية وهكذا. وتقل دقة القياسات اللازمة للوصول إلى دقة محددة لمواقع النقاط من الدرجة الأولى إلى الثانية فالثالثة؛ بسبب تناقص أطوال الأضلاع، وبذلك يتم الوصول إلى نتيجة اقتصادية ضمن الدقة والتجانس المطلوبين.

ولكل دولة من دول العالم شبكة جيوديزية متكاملة تغطي أراضي الدولة بأكملها والتي تتكون من عدة نقاط جيوديزية ترتبط ببعضها البعض بسلسلة من المثلثات أو المضلعات، تنقسم هذه الشبكة عادة إلى أربع درجات تختلف فيما بينها بطول الأضلاع ودقة قياس الزوايا والأضلاع، وتصنف الشبكات الجيوديزية في سورية إلى:

1. مثلثات الدرجة الأولى (المثلثات الجيوديزية):

وهي من أهم وأدق أنواع الشبكات المثلثية ويجب عند إجراء التنفيذ والحسابات من أخذ الشكل الحقيقي للأرض في الاعتبار وتعتبر مثلثات الدرجة الأولى هي الحكم والربط لضبط مثلثات الدرجات الأخرى.

ونظراً لعدم وجود نقاط ربط سابقة لهذا النوع من المثلثات فإن إنشاء هذه المثلثات يجب ان يُراعى فيه الآتي:

- الدقة العالية جداً في قياس خط القاعدة.
- إتباع أدق الطرق في أخذ الأرصاد.
- إجراء عمليات تحقيق داخل الشبكة نفسها بحساب الإحداثيات الجغرافية لبعض نقاط الشبكة وذلك في الإرصادات الفلكية.
- الربط على نقط الأساس إن وجدت مع الضرورة بأن تكون إحدى النهايات كل خط قاعدة نقطة أساس.

2. مثلثات الدرجة الثانية:

وهي تنشأ بين نقاط مثلثات الدرجة الأولى وترتبط عليها وذلك بغرض تكثيف المنطقة ، ولذلك فإن نقاطها تكون أكثر تقارباً من نقاط الدرجة الأولى، وهي تعتبر مرجعاً وضابط لمثلثات الدرجتين الثالثة والرابعة.

3. مثلثات الدرجة الثالثة:

تنشأ بين نقاط الدرجة الثانية بغرض تكثيف وتقسيم المنطقة بين نقاط المثلثات ، ويتم ربط نقاط مثلثات الدرجة الثالثة على نقاط مثلثات الدرجتين الأولى و الثانية.

4. مثلثات الدرجة الرابعة:

تستعمل غالباً في الأراضي الجبلية أو عندما يراد إنشاء نقاط مثلثات جديدة وتنشأ بالربط على مثلثات الدرجة الثالثة، وهي أقل أنواع المثلثات دقة، وأطوال أضلاعها حسب ما تسمح به الظروف وطبيعة الأرض، ولا تستعمل مثلثات الدرجة الرابعة في الأراضي المستوية وإنما تشكل منها مضلعات دقيقة.

– تحدد القياسات الجيوديزية المواقع النسبية للنقاط على سطح الأرض ،حيث أن هذه النقاط ترتبط مع بعضها البعض بزاوية أفقية أو زاوية شاقولية أو مسافة، في هذا البحث تم إجراء القياسات بالطرق التقليدية باستخدام جهاز المحطة المتكاملة(Topcon GTS 601, SOKIA 510K) وجهاز النيفو، يوفر أصغر تدريجة قدرها 1^{cc}.

3-2 تعديل القياسات:

أي قياسات تجري بغرض إيجاد كميات مجهولة تحتوي على أخطاء وبعد حذف ما يمكن حذفه من الأخطاء سواءً أكانت منتظمة أو غير منتظمة تبقى هناك أخطاء أخرى لم تصحح هذا يكون السبب في لجوء الراصد إلى رصد كميات إضافية بحيث يكون العدد الكلي للأرصاد أكثر من العدد الضروري وهذا يؤدي إلى تناقض الأرصاد وبالتالي لابد من طريقة نستطيع من خلالها تحسين هذه الأرصاد وهذا بإضافة تصحيحات لها حيث:

- أن تكون هذه التصحيحات صغيرة.
- أن تُزال التناقضات الناشئة من الأرصاد الزائدة.
- أن نحصل على قيم للمجاهيل المطلوبة الأكثر احتمالاً من أي قيم أخرى.

ونجد أن هناك أكثر من طريقة ولكن أفضل الطرق هي طريقة غاوص والتي استنبطها من نظرية الإحصاء على أساس أن التوزيع التكراري للأخطاء يعتبر توزيع عادي وتسمى بطريقة " التربيعات الصغرى"، والتي تنص على أن التصحيحات المعطاة للكميات المرصودة تكون بحيث أن مجموع مربعاتها أقل مايمكن.

3-2-1 تعديل الشبكات بطريقة التربيعات الصغرى: (adjustment of networks by least squares)

إن طرق تعديل القياسات المساحية وفق مبدأ التربيعات الصغرى تسمح بالحصول على مُقدرات المجاهيل المعينة بقياسات، حيث أن هذه القياسات تكون أدق من القياسات.
وأن القياسات (الأرصاد) المساحية تحوي دوماً على قياسات فائضة عن الحاجة، وهي مطلوبة دائماً في الأعمال الجيوديزية الدقيقة وغيرها، وذلك بهدف الحصول على الإحداثيات المعدلة للنقاط المجهولة.

إن عملية تعديل الشبكات بطريقة التربيعات الصغرى تسعى إلى إيجاد قيم المجاهيل والتي تمثل بشعاع المجاهيل $(x_1, x_2, \dots \dots x_n)$ بشكل مباشر أو غير مباشر بواسطة الأرصاد (L) الممثلة بالشعاع $(L_1, L_2, \dots . . L_N)$.

3-2-2 تطبيقات نظرية التربيعات الصغرى:

يمكن حصر تطبيقات نظرية التربيعات الصغرى في الآتي:

1. الرصد المباشر لمجهول واحد.
2. الرصد غير المباشر .
3. الطريقة الشرطية.

➢ **طريقة معادلات الرصد(الرصد غير المباشر) :**

هي الطريقة غير المباشرة أو الوسيطة وفيها تكتب معادلات الرصد بعد الكميات المقاسة في الشبكة أو المشروع حيث نجد أن هذه إحدى مشاكل هذه الطريقة حيث يكون عدد المعادلات التي يجب كتابتها كبيرة جداً في حالة الشبكات التي تمتد إلى مساحات طويلة أو تلك التي تحتوي على عدد كبير من النقاط حيث نجد أن حل هذه المعادلات

بالحاسوب يخلق أو يسبب الكثير من المشاكل الحسابية أو الإحصائية (مثل تكوين المصفوفات الصفرية أو صعوبة تكوين كل معادلات الأرصاد مكتملة)

- **المعادلات الشرطية:**

هي الطريقة غير الوسيطية وتعطي عدد أقل من المعادلات حيث يساوي عدد هذه المعادلات عدد حالات الشروط الهندسية التي لابد من تحقيقها وهذه الطريقة يطلق عليها أيضاً طريقة الروابط.

- **النقاط التي يجب مراعاتها في الطريقة الشرطية:**

1. يجب التأكد من كتابة المعادلات الكاملة المستقلة للشكل وإلا لن يكون الشكل صحيحاً من الناحية الهندسية بعد إجراء عملية الضبط.
2. يجب أن تكون المعادلات كلها في صورة خطية بالنسبة للمجاهيل حيث نلاحظ أن المعادلات المثلثية والمحلية قد أمكن كتابتها في الصورة الخطية مباشرةً أما المعادلات الضلعية فتحتاج إلى تحويلات.
3. الطريقة الشرطية مبنية على الأساس الرياضي لنظرية أقل مجموع المربعات حيث أنها تعطي حلاً وحيداً مهما اختلفت خطوات الحل.

3-2-3 نماذج التوابع الخطية لتعديل الشبكات الثنائية:

تعتبر طريقة (التغيير في الإحداثيات) الطريقة البارامترية إحدى الطرق الأساسية المتبعة في تعديل الشبكات المثلثاتية وشبكات التضليع حيث تقاس فيها الزوايا المحصورة بين الأضلاع وأطوال الأضلاع، وتعتبر من أهم الطرق المفضلة والمستخدمة في الحواسيب في أعمال التعديل المساحي.

وتعتمد هذه الطريقة على تشكيل معادلات الرصد والتي تشمل التغيير الحاصل في إحداثيات نقاط الشبكة نتيجة للفروق الناتجة من مقارنة العناصر المقيسة فيها (أطوال وزوايا) مع العناصر المحسوبة في الشبكة من الإحداثيات التقريبية والتي تحدد دون التقيد بالدقة العالية لها.

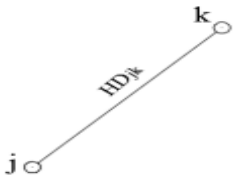
ويتم تكوين المعادلات على أساس نظرية التربيعات الصغرى بدلالة المجاهيل والتي بحلها يتم الحصول على القيم الأكثر احتمالاً لقيم المجاهيل.

وفي الشبكات المستوية تشكل إحداثيات النقاط المجهولة عناصر لا يمكن قياسها قياساً مباشراً، تصنف العناصر التي يمكن قياسها قياساً مباشراً عند إنشاء الشبكات المستوية إلى: قياسات طولية، وقياسات زاوية والتي تصنف بدورها إلى ثلاثة أنواع: (زوايا، اتجاهات والسموت).

- **العناصر الطولية (المسافات):**

إن العنصر الرئيسي المقاس هو المسافة والمجاهيل المرتبطة هي إحداثيات النقاط.

تعطى المسافة الأفقية HD_{jk} بين نقطتين j,k بدلالة الإحداثيات المستوية بالعلاقة:



$$HD_{jk} = \sqrt{(x_k - x_j)^2 + (y_k - y_j)^2}$$

$HD_{jk}^{(0)}$ القيمة التقريبية للمسافة الأفقية المقاسة تعطى بالعلاقة:

$$HD_{jk}^{(0)} = \sqrt{(X_k^{(0)} - X_j^{(0)})^2 + (Y_k^{(0)} - Y_j^{(0)})^2}$$

وباعتبار أن $HD_{jk} = HD_{jk}^{'} + v_{jk}$ حيث أن:

$HD_{jk}^{'}$ القيمة المقاسة للمسافة، v_{jk} قيمة التصحيح الواجب إدخاله على القياس.

تعطى العلاقة التفاضلية في نموذج الأرصاد للمسافات المقاسة.

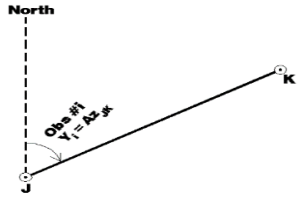
$$v_{jk} = a_{jk} \times dX_j + b_{jk} \times dY_j - a_{jk} \times dX_k - b_{jk} \times dY_k - w_{jk}$$

حيث:

$$a_{jk} = \frac{X_j^{(0)} - X_k^{(0)}}{HD_{jk}^{(0)}} \; ; \; b_{jk} = \frac{Y_j^{(0)} - Y_k^{(0)}}{HD_{jk}^{(0)}} \; ; w_{jk} = HD_{jk}^{'} - HD_{jk}^{(0)}$$

السموت المقاسة:

يعطى السمت الاعتباري G_{jk} للاتجاه jk بدلالة إحداثيات الرؤوس بالعلاقة:



$$\hat{X}_i = X_i + v_i = arctg \frac{X_k - X_i}{Y_k - Y_i} + ct$$

$$v_i = arctg \frac{X_k - X_i}{Y_k - Y_i} + ct - X_i$$

باعتماد الرموز التالية:

$$\left(\frac{\partial f}{\partial x_j}\right)^{(0)} = \frac{y_j^0 - y_k^0}{(HD_i^0)^2}\,\rho = c_{jk}$$

$$\left(\frac{\partial f}{\partial y_j}\right)^{(0)} = -\frac{x_j^0 - x_k^0}{(HD_i^0)^2}\,\rho = d_{jk}$$

$$\left(\frac{\partial f}{\partial x_k}\right)^{(0)} = -\left(\frac{\partial f}{\partial x_j}\right)^{(0)} = -c_{jk}$$

$$\left(\frac{\partial f}{\partial y_k}\right)^{(0)} = -\left(\frac{\partial f}{\partial y_j}\right)^{(0)} = -d_{jk}$$

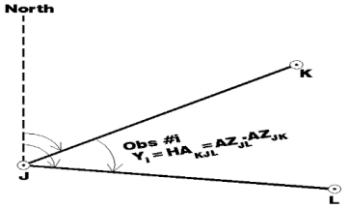
تعطى العلاقة التفاضلية للسموت في نموذج الأرصاد:

$$v_{jk} = c_{jk} \times dX_j + d_{jk} \times dY_j - c_{jk} \times dX_k - d_{jk} \times dY_k - w_{jk}$$

- **الزوايا الأفقية المقاسة:**

ترتبط الزاوية الأفقية HA_{kjl} بسموت ضلعيها G_{jk} و G_{jl} من خلال العلاقة:

$$HA_{kjl} = G_{jl} - G_{jk}$$



وبالتالي يمكننا التعبير عن الزاوية الأفقية بدلالة إحداثيات رؤوس النقاط بالعلاقة:

$$\hat{X}_i = X_i + v_i = arctg\,\frac{X_L - X_j}{Y_L - Y_j} - arctg\,\frac{X_k - X_j}{Y_k - Y_j} + ct$$

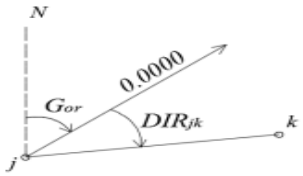
$$v_i = arctg\,\frac{X_L - X_j}{Y_L - Y_j} - arctg\,\frac{X_k - X_j}{Y_k - Y_j} + ct - X_i$$

العلاقة التفاضلية للزوايا الأفقية في نموذج الأرصاد:

$$v_{jk} = c_{jk} \times dX_k + d_{jk} \times dY_k + (c_{jl} - c_{jk}) \times dX_j + (d_{jl} - d_{jk}) \times dY_j - c_{jl} \times dX_l - d_{jl} \times dY_l - w_{kjl}$$

- **الاتجاهات المقاسة:**

يعطى الاتجاه المقاس DIR_{jk} بالعلاقة :



$$DIR_{jk} = G_{jk} - G_{or}$$

$$DIR_{jk} = f(X_j, Y_j, X_k, Y_k, G_{or}) = arctg\ \frac{(X_k - X_j)}{(Y_k - Y_j)} + const - G_{or}$$

بنشر العلاقة وفق تايلور والاشتقاق الجزئي بالنسبة للإحداثيات نحصل على العلاقة التفاضلية للاتجاهات الأفقية في نموذج الأرصاد:

$$v_{jk} = -dG_{or} + c_{jk} \times dX_j + d_{jk} \times dY_j - c_{jk} \times dX_k - d_{jk} \times dY_k - w_{jk}$$

2-3 المعايير الإحصائية المستخدمة في البحث:

- الخطأ المتوسط التربيعي (M_x) على الإحداثي X.
- الخطأ المتوسط التربيعي (M_y) على الإحداثي Y.
- الخطأ المتوسط التربيعي (M_{xy}) لموقع النقطة الأفقي (X,Y) في حال كانت الأرصاد تتبع للتوزيع الطبيعي يحسب من العلاقة:

$$M_{xy} = \frac{\sum v_i}{n} \ldots . (1)$$

حيث v_i هي قيمة الرواسب (التصحيحات) وهي مقدار الفرق بين قيمة القياسات المعدلة والقياسات الحقلية المجراة.

4- التطبيق العملي لفكرة البحث:

عادةً يتم اعتبار نقاط الشبكة الجيوديزية ثابتة لا تحوي أخطاءً في هذا البحث سيتم مناقشة فكرة تأثير إدخال الخطأ المتوسط التربيعي للنقاط المرجعية لمعرفة الفرق بين الحالتين (اعتبار نقاط شبكة الإسناد ثابتة، وعند إدخال الخطأ المتوسط التربيعي لها) ومدى تأثير أخطاء البدايات على التوزيع الطبيعي لأخطاء القياسات.

تم دراسة 5 حالات مختلفة من الشبكات الجيوديزية كما هي موضحة في الجدول (1) وتم التعديل حسب نظرية التربيعات الصغرى باستخدام برنامج MicroSurvey StarNet V9 وفق الحالتين:

1- اعتبار نقاط الأساس الجيوديزي ثابتة (الخطأ المتوسط التربيعي لها يساوي الصفر).
2- إدخال دقة نقاط الأساس الجيوديزي.

وفي معظم المشاريع المساحية تكون دقة النقاط المرجعية غير مذكورة في إضبارة المشروع (لافتراضها نقاط ثابتة) لذلك في الحالة الثانية المدروسة في هذا البحث سيتم اعتبار الدقة المكانية لتموضع النقاط المرجعية لشبكة المثلثات كما هو وارد في دفتر الشروط الفنية لدقة نقاط المثلثات.

$$M_{x,y} = \pm 4\ cm$$

وبفرض أن $M_x = M_y$ يمكن استنتاج:

$$M_{x,y} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} = \sqrt{2M_x^2} = \pm 4\ \text{cm}$$

$$\rightarrow M_x = M_y = \pm 2.8\ \text{cm}$$

4-1 لمحة عن الشبكات المدروسة:

- **الشبكة الأولى:**

- مشروع الرفع الطبوغرافي لقطعة الأرض المخصصة للقسم النباتي في مزرعة كلية الزراعة بجامعة البعث، شبكة المثلثات مؤلفة من النقاط (HO1، T9، T3) نقاط عقارية، وتم زرع وتثبيت نقطة مثلثات جديدة هي النقطة: /TZ1/ بحيث تغطي النقاط مساحة منطقة العمل /100/ هكتار، توزيع النقاط موضح في الشكل (1) في الجدول (1).

- **الشبكة الثانية:**

- مشروع الرفع الطبوغرافي لبلدة بسيرين في محافظة حماه، تم قياس شبكة مثلثات مؤلفة من (6) نقاط، منها ثلاث نقاط جديدة ونقطة مساعدة واحدة هي النقطة (MA) بحيث

تغطي منطقة المسح والتي تبلغ /150/ هكتار، أخذت النقاط الجديدة الأسماء (T3,T2,S1)، توزيع النقاط موضح في الشكل (2) في الجدول (1).

- **الشبكة الثالثة:**

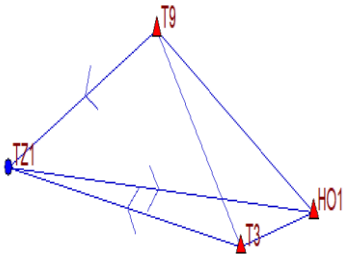
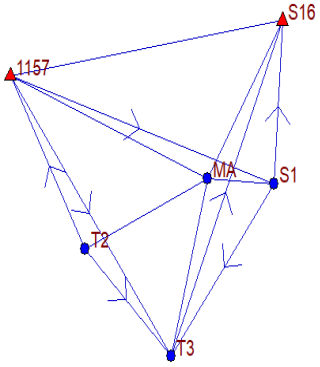
- مشروع الرفع الطبوغرافي لبلدة اللطامنة في محافظة حماه، تم قياس شبكة مثلثات مؤلفة من (11) نقطة. منها (3) نقاط قديمة ,(S3 , S1, 4626) و(8) نقاط جديدة ,S42) (S6, M, S2,S5,S66, 4749,S8 بحيث تغطي منطقة المسح (575) هكتار، توزيع النقاط موضح في الشكل (3) في الجدول(1).

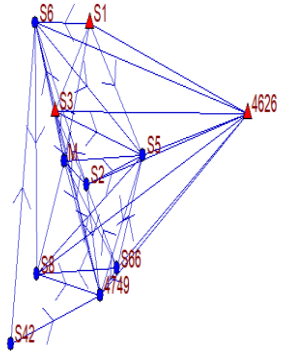
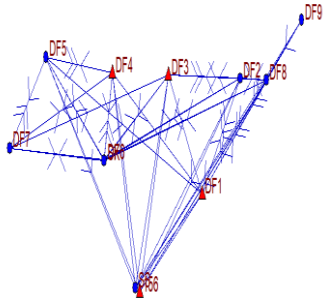
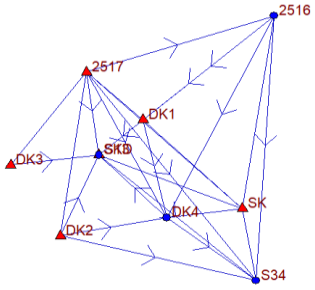
- **الشبكة الرابعة:**

- مشروع الرفع الطبوغرافي لقرية فاحل في محافظة حمص، تم قياس شبكة مثلثات مؤلفة من عشر نقاط. منها أربع نقاط قديمة هي النقاط ,F1,F3,F4 و ست نقاط جديدة هي النقاط F2,F5,F6,F7,F8, F9، بحيث تغطي منطقة المسح (215) هكتار، تم تثبيت نقطتي مثلثات مساعدتين أعطيتا الأسماء SS,SK، توزيع النقاط موضح في الشكل (1) في الجدول(1).

- **الشبكة الخامسة:**

- مشروع الرفع الطبوغرافي لبلدة كفربهم في محافظة حماه، تم قياس شبكة مثلثات مؤلفة من (10) نقاط. منها (4) نقاط جديدة (DK4,1516,S13,S34) و (6) نقاط قديمة (DK1,DK2,DK3,SK,2517,SKD) بحيث تغطي النقاط مساحة منطقة العمل (490) هكتار، توزيع النقاط موضح في الشكل (1) في الجدول (1).

اسم المشروع	الشبكة	عد النقاط المرجعية	عدد النقاط الجديدة
مشروع الرفع الطبوغرافي في كلية الزراعة بجامعة البعث	 الشكل (1)	3	1
مشروع الرفع الطبوغرافي لبلدة بسيرين	 الشكل (2)	2	4

مشروع الرفع الطبوغرافي لبلدة اللطامنة	 الشكل (3)	3	8
مشروع الرفع الطبوغرافي لبلدة فاحل	 الشكل (4)	4	6
مشروع الرفع الطبوغرافي لقرية كفربهم	 الشكل (5)	6	4

الجدول (1)

4-2 تعديل الشبكات وتقييم النتائج:

تم إجراء عملية التعديل وفق المراحل التالية:

- إجراء القياسات الحقلية.
- تصفية القياسات الحقلية واستبعاد القياسات الشاذة منها.
- تجهيز بيانات القياسات بالصيغة المناسبة لإدخالها إلى البرنامج.
- ضبط إعدادات البرنامج بما يتوافق مع خصائص الجهاز المستخدم في عملية قياس الشبكات.

في هذا البحث تم تعديل الشبكات المدروسة في الحالتين (اعتبار النقاط المرجعية ثابتة/ إدخال أخطاءها) وفق المراحل المذكورة سابقاً، وكانت إحداثيات النقاط بعد التعديل والخطأ الناتج عنها وفق ما هو موضح في الجداول للحالة الأولى الجدول (2,4,6,8,10) على الترتيب، وللحالة الثانية في الجداول (3,5,7,9,11)

1-الشبكة الأولى (مشروع الرفع الطبوغرافي في كلية الزراعة بجامعة البعث):

بيانات الشبكة (إحداثيات النقاط والقياسات) كما هي موضحة في الجدول(a)

POINT	X(m)	Y(m)		DIS(m)	ANG
T3	-223823	56386.35	T3-HO1-TZ1	222.5814	1442.96391
T9	-224339	56968.67	T9-HO1-TZ1	145.6248	982.051025
HO1	-223376	56479.5	TZ1-T3-HO1	394.6212	1877.37362
			TZ1-T3-T9	---	366.05815
			T3-HO1-T9	---	266.90195

الجدول (a)

- **الحالة الأولى:**

❖ **تعديل الشبكة:**

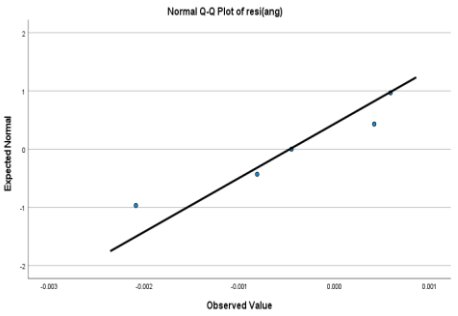
تم إجراء التعديل باعتبار النقاط المرجعية ثابتة وكانت إحداثيات النقاط كما هو موضح بالجدول (2).

Station	X(m)	Y(m)
T3	−223822.7973	56386.3533
T9	−224339.2978	56968.6707
HO1	−223376.2949	56479.4961
TZ1	−225249.7699	56600.6418

الجدول (2)

❖ **التحليل الإحصائي لرواسب القياسات:**

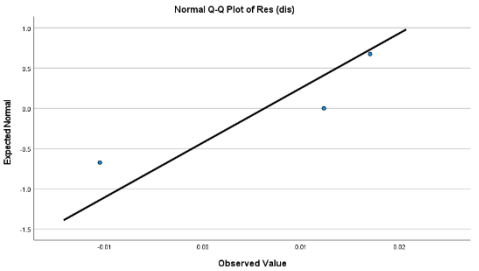
- رواسب الزوايا:



Tests of Normality

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	sig
Residual (ang)	.928	5	.584

- رواسب المسافات:



Tests of Normality

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	sig
Residual (dis)	.874	3	.306

مما سبق تبين أن رواسب القياسات تتبع للتوزيع الطبيعي حسب اختبار Shapiro–Wilk (> 5%) وبالتالي يمكن حساب قيمة الخطأ المتوسط التربيعي وفق العلاقة (1)

Station	Mx(m)	My(m)	M_{xy}(m)
T3	0	0	0
T9	0	0	0
HO1	0	0	0
TZ1	0.008154	0.018168	0.019914

الجدول (3)

- **الحالة الثانية:**

❖ **تعديل الشبكة:**

تم إجراء عملية التعديل بافتراض قيمة الخطأ المتوسط التربيعي لإحداثيات النقاط كما في العلاقة (1)

$$M_x = M_y = \pm 2.8 \text{ cm}$$

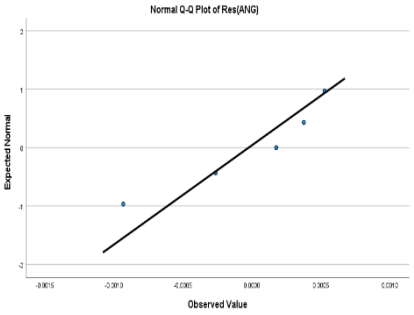
وكانت إحداثيات النقاط كما هو موضح بالجدول (4).

Station	X(m)	Y(m)
T3	−223822.803	56386.36
T9	−224339.2824	56968.66
HO1	−223376.3047	56479.5
TZ1	−225249.7686	56600.64

الجدول (4)

❖ **التحليل الإحصائي لرواسب القياسات:**

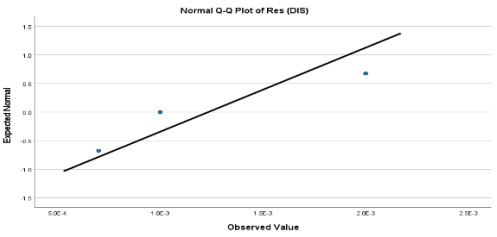
- **رواسب الزوايا:**



Tests of Normality

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	sig
Residual (ang)	.912	5	.478

- **رواسب المسافات:**



Tests of Normality

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	sig
Residual (dis)	.912	3	.424

مما سبق تبين أن رواسب القياسات تتبع للتوزيع الطبيعي حسب اختبار Shapiro–Wilk (> 5%) وبالتالي يمكن حساب قيمة الخطأ المتوسط التربيعي لنقاط الشبكة موضحة بالجدول (5).

Station	Mx(m)	My(m)	M_{xy}(m)
T3	0.020274	0.017116	0.026532858
T9	0.022074	0.024314	0.03283949
HO1	0.01994	0.02326	0.030637089
TZ1	0.018132	0.054234	0.057184755

الجدول (5)

تم إجراء عملية التعديل للحالتين في بقية الشبكات وفق المراحل المتبعة في الشبكة الأولى.

2–الشبكة الثانية (مشروع الرفع الطبوغرافي لبلدة بسيرين):

بيانات الشبكة (إحداثيات النقاط والقياسات) كما هي موضحة في الجدول(b).

POINT	X(m)	Y(m)	DIS(m)	
S1	-219096	93683.79	1157-S16	1467.795
1157	-220500	94119.73	1157-S1	1470.819
S16	-219050	94343.2	1157-T3	1417.78
N	-220500	95811	S1-S16	660.9
			S1-T3	884.901
			T3-S16	1478.413
			T2-1157	802.59
			T2-T3	630.659

الجدول (b–1)

الجدول (b–2)

DIR						ANG	
1157	S16	0	S16	S1	0	N-1157-S16	100
	S1	28.8827		T3	21.9199		
	MA	33.6163		MA	31.286		
	T3	68.4581		1157	85.84		
S1	S16	0	T2	1157	0		
	T3	238.1473		MA	106.8873		
	MA	299.5481		T3	181.133		
	1157	314.7241					
T3	1157	0					
	MA	58.1243					
	S16	67.6211					
	S1	83.8468					

- **الحالة الأولى:**

❖ **تعديل الشبكة:**

إحداثيات النقاط كما هو موضح بالجدول (6).

Station	X(m)	Y(m)
1157	−220500.44	94119.73
S16	−219049.66	94343.2
S1	−219095.6441	93683.9019
T3	−219644.3089	92989.6282
T2	−220103.0024	93422.4444
MA	−219450.0789	93706.0785

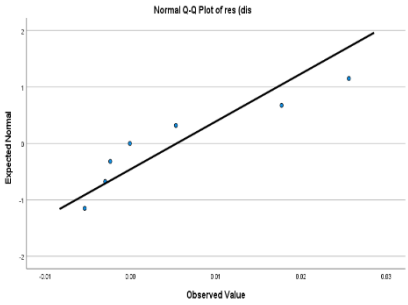
الجدول (6)

❖ **التحليل الإحصائي لرواسب القياسات:**

- رواسب الزوايا:

Tests of Normality

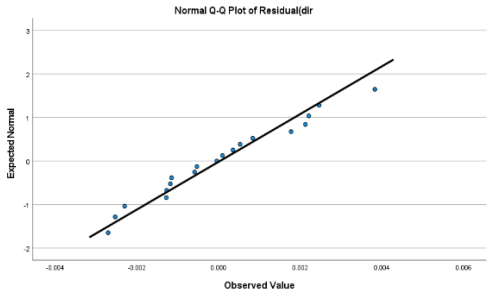
	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	sig
Residual (ang)	.850	7	.122



- رواسب المسافات:

Tests of Normality

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	sig
Residual (dis)	.963	19	.632



مما سبق تبين أن رواسب القياسات تتبع للتوزيع الطبيعي حسب اختبار Shapiro–Wilk (> 5%) وبالتالي يمكن حساب قيمة الخطأ المتوسط التربيعي لنقاط الشبكة موضحة بالجدول (7).

Station	Mx(m)	My(m)	M_{xy}(m)
1157	0	0	0
S16	0	0	0
S1	0.012376	0.0125	0.01759
T3	0.017061	0.011311	0.02047
T2	0.018476	0.014033	0.023201
MA	0.023506	0.016083	0.028481

الجدول (7)

- **الحالة الثانية:**

❖ **تعديل الشبكة:**

إحداثيات النقاط كما هو موضح بالجدول (8).

Station	X(m)	Y(m)
1157	−220500.4074	94119.74
S16	−219049.6926	94343.2
S1	−219095.6427	93683.89
T3	−219644.3013	92989.62
T2	−220102.9856	93422.44
MA	−219450.0785	93706.07

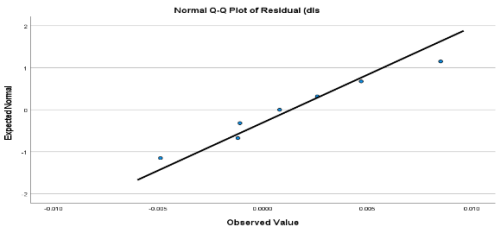
الجدول (8)

❖ **التحليل الإحصائي لرواسب القياسات:**

- **رواسب الزوايا:**

Tests of Normality

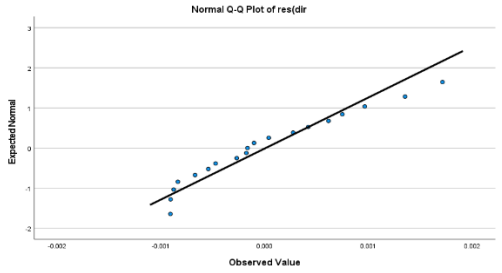
	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	sig
Residual (ang)	.981	7	.966



- **رواسب المسافات:**

Tests of Normality

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	sig
Residual (dis)	.929	19	.166



مما سبق تبين أن رواسب القياسات تتبع للتوزيع الطبيعي حسب اختبار Shapiro–Wilk (> 5%) وبالتالي يمكن حساب قيمة الخطأ المتويط التربيعي لنقاط الشبكة موضحة بالجدول (9).

Station	Mx(m)	My(m)	M_{xy}(m)
1157	0.022567	0.027883	0.035871035
S16	0.022567	0.027883	0.035871035
S1	0.027633	0.029825	0.040658496
T3	0.04256	0.023418	0.048577323
T2	0.035191	0.025836	0.043656676
MA	0.033844	0.027252	0.043452133

الجدول (9)

3–الشبكة الثالثة(مشروع الرفع الطبوغرافي لبلدة اللطامنة):

بيانات الشبكة (إحداثيات النقاط والقياسات) كما هي موضحة في الجدول(c).

Point	X(m)	Y(m)
DK1	-223492.845	98756.365
DK2	-224165.077	97761.393
DK3	-224569.076	98368.508
2516	-222430.66	99648.05
2517	-223953.18	99166.65
SK	-222686.969	97993.044
SKD	-223853.609	98454.277
1051	-226451.17	97333.99

الجدول (c-1)

DIS(m)		DIR			DIR		
2517-2516	1596.803	DK3	2517	0	2516	S34	0
2517-DK1	616.62894		SKD	50.563		SK	5.72065
2517-S34	2258.8283		S13	50.6457		DK4	25.6277
2517-DK4	1409.2649	DK2	2517	0		DK1	51.4818
2517-S13	720.24185		SKD	17.3652		S13	51.4452
2517-DK2	1421.1246		S13	17.5161		SKD	51.5008
2517-DK3	1008.1539		DK4	79.135		2517	76.4431
DK1-DK4	860.99058		SK	80.5767	S34	2516	0
DK1-S13	469.75293		S34	105.607		DK2	311.069
2516-S34	2276.2168	DK1	DK4	0		DK4	336.657
2516-DK4	1938.2105		S13	69.615		SKD	340.548
2516-DK1	1386.8026		SKD	69.836		S13	340.566
2516-S13	1856.5523		2517	160.558		2517	354.189
DK2-S13	759.67066		2516	269.761		SK	384.581
DK2-DK4	876.77281		SK	362.491	S13	2517	0
DK2-S34	1635.26	2517	2516	0		2516	64.4851
DK3-S13	722.15706		DK1	65.8361		DK1	64.3769
DK4-S34	905.34607		SK	67.0779		SK	132.94
DK4-S13	768.378		S34	77.7467		S34	153.606
S13-S34	1670.0109		DK4	88.9227		DK4	158.214
			S13	110.516		DK2	236.02
			SKD	110.652		DK3	301.46
			DK2	129.02	DK4	S34	0
			DK3	161.334		DK2	147.94
		DK4	DK1	245.064		SKD	208.465
			2516	288.971		S13	208.518
			SK	351.422		2517	228.709

الجدول (c-2)

- **الحالة الأولى:**

❖ **تعديل الشبكة:**

إحداثيات النقاط كما هو موضح بالجدول (10).

Station	X(m)	Y(m)
4626	-226204.31	127901.63
S1	-229470.16	128812.72
S3	-230181.73	127920.9
4749	-229252.9338	126059.6269
S5	-228370.7981	127481.8071
S6	-230592.0051	128820.7112
S66	-228908.7339	126331.2867
S8	-230563.9099	126270.609
S2	-229533.2631	127175.9387
S42	-231098.8151	125568.543
M	-229999.1805	127414.7877

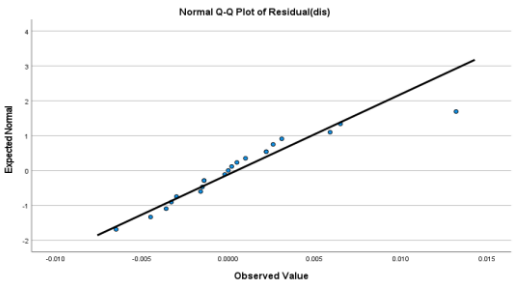
الجدول (10)

❖ **التحليل الإحصائي لرواسب القياسات:**

- رواسب المسافات:

Tests of Normality

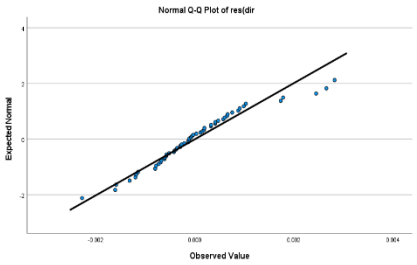
	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	sig
Residual (dis)	.924	21	.103



- رواسب الاتجاهات:

Tests of Normality

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	sig
Residual (dir)	.952	58	.072



مما سبق تبين أن رواسب القياسات تتبع للتوزيع الطبيعي حسب اختبار Shapiro–Wilk (> 5%) وبالتالي يمكن حساب قيمة الخطأ المتوسط التربيعي لنقاط الشبكة موضحة بالجدول (11).

Station	Mx(m)	My(m)	M_{xy}(m)
4626	0	0	0
S1	0	0	0
S3	0	0	0
4749	0.014144	0.008681	0.016595557
S5	0.008804	0.010184	0.013461956
S6	0.008269	0.008758	0.012044871
S66	0.013144	0.009736	0.016357091
S8	0.014592	0.013949	0.020186656
S2	0.009246	0.007866	0.012139295
S42	0.023996	0.020271	0.031412123
M	0.010857	0.013819	0.017573822

الجدول (11)

- **الحالة الثانية:**

❖ **تعديل الشبكة:**

إحداثيات النقاط كما هو موضح بالجدول (12).

Station	X(m)	Y(m)
4626	−226204.3147	127901.6263
S1	−229470.1783	128812.7176
S3	−230181.7069	127920.9061
4749	−229252.9103	126059.6334
S5	−228370.7826	127481.8174
S6	−230592.001	128820.7084
S66	−228908.7116	126331.2943
S8	−230563.8878	126270.6091
S2	−229533.2429	127175.9446
S42	−231098.789	125568.5385
M	−229999.1614	127414.7938

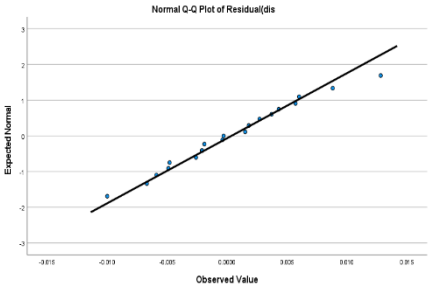
الجدول (12)

❖ **التحليل الإحصائي لرواسب القياسات:**

- **رواسب المسافات:**

Tests of Normality

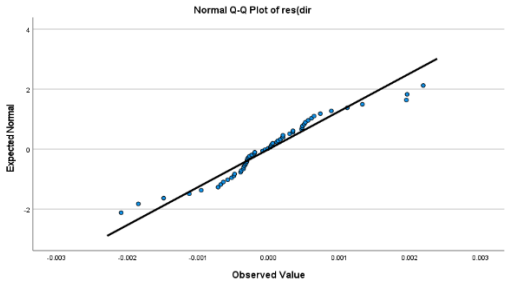
	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	sig
Residual (dis)	.988	21	.994



- **رواسب الاتجاهات:**

Tests of Normality

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	sig
Residual (dir)	.949	58	.066



مما سبق تبين أن رواسب القياسات تتبع للتوزيع الطبيعي حسب اختبار Shapiro–Wilk (> 5%) وبالتالي يمكن حساب قيمة الخطأ المتوسط التربيعي لنقاط الشبكة موضحة بالجدول (13).

Station	Mx(m)	My(m)	M_{xy}(m)
4626	0.026601	0.027377	0.038172
S1	0.020523	0.019117	0.028047
S3	0.020668	0.022276	0.030387
4749	0.033799	0.019259	0.038901
S5	0.023278	0.01961	0.030437
S6	0.021113	0.025835	0.033365
S66	0.031512	0.01916	0.03688
S8	0.032455	0.027821	0.042747
S2	0.02499	0.019889	0.031939
S42	0.041738	0.034514	0.05416
M	0.024404	0.024828	0.034814

الجدول (13)

4-الشبكة الرابعة (مشروع الرفع الطبوغرافي لبلدة فاحل):

بيانات الشبكة (إحداثيات النقاط والقياسات) كما هي موضحة في الجدول(d).

Point	X(m)	Y(m)
DF1	-249787.1	74823.66
156	-250449.08	74353.14
DF3	-250144.54	75393.65
DF4	-250739.15	75403.96

الجدول (d-1)

DIS(m)		DIR			DIR		
DF1-DF2	687.1244	DF1	156	0	DF6	DF5	330.1509
DF1-DF8	873.2035		SS	3.3266		DF4	0
DF2-DF1	687.1098		DF4	74.1861	DF7	DF5	0
DF2-156	1479.9201		DF3	103.6809		DF4	33.8954
DF2-DF6	1493.6735		DF2	179.3923		DF3	41.2305
DF2-DF3	761.9421		DF8	196.2915		DF6	57.8691
DF2-DF8	276.8721		156	0		SK	58.1123
DF2-DF1	687.0949	DF2	DF1	0		DF5	0
DF3-DF2	761.9369		156	11.1736	DF8	DF1	0
DF3-DF8	1038.8198		SS	13.1758		156	1.7882
DF3-DF6	791.7691		SK	42.8946		SS	3.449
DF3-DF2	761.9355		DF6	43.0497		SK	28.9594
DF4-DF6	425.181		DF3	61.1593		DF6	29.0922
DF4-DF7	1144.0535		DF8	262.0371		DF3	44.493
DF4-DF5	707.2713		DF1	0		DF2	45.1353
DF5-DF4	707.2712	DF3	DF2	0		DF1	0
DF5-DF1	1781.1652		DF8	0.2352	156	DF5	0
DF5-DF6	791.458		DF1	63.1329		DF4	28.7929
DF5-156	1503.3313		156	116.9175		DF3	64.0668
DF5-DF7	582.0045		SS	119.8924		DF2	97.1628
DF5-DF4	707.2709		SK	164.229		DF8	104.6781
DF6-DF4	425.1996		DF6	164.4822		DF1	106.5993
DF6-DF3	791.7664		DF2	0		DF5	0
DF6-DF2	1493.6388	DF4	156	0	DF9	DF1	0
DF6-DF8	1760.2101		SS	2.3587		156	1.2317
DF6-DF7	1002.356		SK	29.8655		SS	2.5342
DF6-DF5	791.467		DF6	29.9381		DF8	0.811
DF6-DF4	425.1996		DF7	96.7196		DF1	0
DF7-DF5	582.0025		DF5	124.1533			
DF7-DF4	1144.0538		156	0			
DF7-DF3	1716.5097	DF5	DF4	0			
DF7-DF6	1002.3448		DF1	17.0844			
DF7-DF5	582.0039		DF6	35.9381			
DF8-DF1	873.1858		SK	36.1925			

DF8-156	1684.7368		156	47.0561
DF8-DF6	1760.1856		SS	47.9777
DF8-DF3	1038.7904		DF7	138.6728
DF8-DF2	276.8763		DF4	0
DF8-DF1	873.1714	DF6	DF4	0
DF9-DF1	1344.5488		DF3	52.899
DF9-156	2156.1435		DF2	70.3085
DF9-DF8	471.4127		DF8	73.2529
DF9-DF1	1344.5479		DF7	290.7552

الجدول (d-2)

-الحالة الأولى:

❖ تعديل الشبكة:

إحداثيات النقاط كما هو موضح بالجدول (14).

Station	X(m)	Y(m)
DF1	-249787.1	74823.66
156	-250449.08	74353.14
DF3	-250144.54	75393.65
DF4	-250739.15	75403.96
DF2	-249382.8646	75379.133
DF8	-249106.1834	75370.0512
DF6	-250823.9834	74987.3866
DF7	-251824.612	75043.1652
DF5	-251442.0114	75481.6009
DF9	-248732.848	75657.7602
SS	-250495.4812	74373.9388
SK	-250824.2705	74983.5383

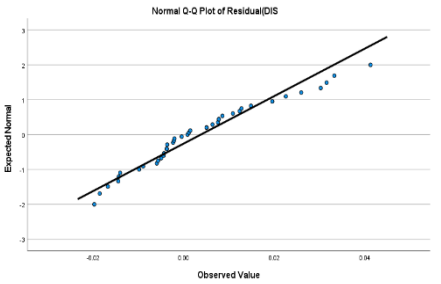
الجدول (14)

❖ التحليل الإحصائي لرواسب القياسات:

- **رواسب المسافات:**

Tests of Normality

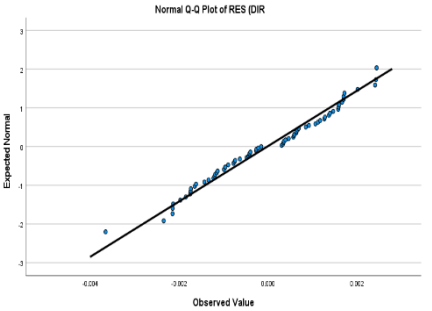
	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	sig
Residual (dis)	.953	43	.074



- **رواسب الاتجاهات:**

Tests of Normality

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	sig
Residual (dir)	.973	71	.131



مما سبق تبين أن رواسب القياسات تتبع للتوزيع الطبيعي حسب اختبار Shapiro–Wilk (> 5%) وبالتالي يمكن حساب قيمة الخطأ المتوسط التربيعي لنقاط الشبكة موضحة بالجدول(15).

Station	Mx(m)	My(m)	M_{xy}(m)
DF1	0	0	0
156	0	0	0
DF3	0	0	0
DF4	0	0	0
DF2	0.004502	0.005833	0.007368
DF8	0.004917	0.007672	0.009112
DF6	0.004767	0.004942	0.006866
DF7	0.006236	0.014208	0.015516
DF5	0.005051	0.009392	0.010664
DF9	0.014508	0.018291	0.023346
SS	0.018604	0.021451	0.028395
SK	0.012386	0.013923	0.018635

الجدول (15)

- **الحالة الثانية:**

❖ **تعديل الشبكة:**

إحداثيات النقاط بعد التعديل كما هو موضح بالجدول (16).

Station	X(m)	Y(m)
DF1	−249787.1276	74823.68
156	−250449.0782	74353.17
DF3	−250144.5422	75393.63
DF4	−250739.122	75403.93
DF2	−249382.8696	75379.14
DF8	−249106.1883	75370.05
DF6	−250823.976	74987.37
DF7	−251824.6014	75043.17
DF5	−251441.9922	75481.6
DF9	−248732.8473	75657.75
SS	−250495.4857	74373.96
SK	−250824.2507	74983.53

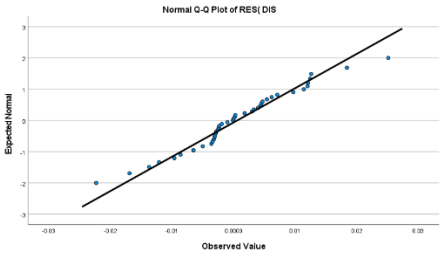
الجدول (16)

❖ **التحليل الإحصائي لرواسب القياسات:**

- **رواسب المسافات:**

Tests of Normality

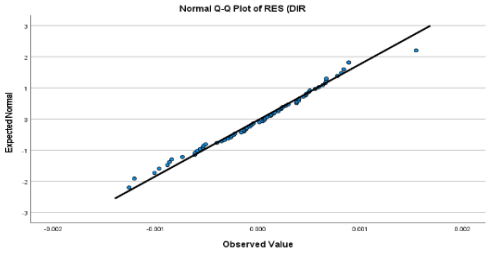
	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	sig
Residual (dis)	.979	43	.594



- **رواسب الاتجاهات:**

Tests of Normality

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	sig
Residual (dir)	.988	71	.732



مما سبق تبين أن رواسب القياسات تتبع للتوزيع الطبيعي حسب اختبار Shapiro–Wilk (> 5%) وبالتالي يمكن حساب قيمة الخطأ المتوسط التربيعي لنقاط الشبكة موضحة بالجدول (17).

Station	Mx(m)	My(m)	M_{xy}(m)
DF1	0.014959	0.018869	0.024079262
156	0.021384	0.015221	0.026247939
DF3	0.017402	0.014973	0.022956923
DF4	0.017666	0.018499	0.025579299
DF2	0.017336	0.026736	0.031864566
DF8	0.017245	0.032926	0.03716869
DF6	0.01441	0.01994	0.024601864
DF7	0.014697	0.042173	0.044660539
DF5	0.019004	0.032814	0.037919792
DF9	0.024207	0.043234	0.049549547

SS	0.02457	0.021362	0.032557947
SK	0.016961	0.021899	0.027699129

الجدول (17)

5-الشبكة الخامسة (مشروع الرفع الطبوغرافي لقرية كفربهم):

بيانات الشبكة (إحداثيات النقاط والقياسات) كما هي موضحة في الجدول(e).

Point	X(m)	Y(m)
DK1	-223493	98756.365
DK2	-224165	97761.393
DK3	-224569	98368.508
2516	-222431	99648.05
2517	-223953	99166.65
SK	-222687	97993.044
SKD	-223854	98454.277
1051	-226451	97333.99

الجدول (e-1)

DIS(m)		DIR			DIR		
2517-2516	1596.803	DK3	2517	0	S34	2516	0
2517-DK1	616.6289		SKD	50.56299		DK2	311.0688
2517-S34	2258.828		S13	50.6457		DK4	336.6575
2517-DK4	1409.265	DK2	2517	0		SKD	340.5477
2517-S13	720.2418		SKD	17.36523		S13	340.566
2517-DK2	1421.125		S13	17.51611		2517	354.1891
2517-DK3	1008.154		DK4	79.13501		SK	384.5807
DK1-DK4	860.9906		SK	80.57669	S13	2517	0
DK1-S13	469.7529		S34	105.6068		2516	64.48514
2516-S34	2276.217	DK1	DK4	0		DK1	64.37693
2516-DK4	1938.21		S13	69.615		SK	132.9401
2516-DK1	1386.803		SKD	69.83603		S34	153.6061
2516-S13	1856.552		2517	160.5577		DK4	158.2135
DK2-S13	759.6707		2516	269.7607		DK2	236.0202
DK2-DK4	876.7728		SK	362.4905		DK3	301.4598
DK2-S34	1635.26	2517	2516	0	DK4	S34	0

DK3-S13	722.1571		DK1	65.83612		DK2	147.9398
DK4-S34	905.3461		SK	67.07794		SKD	208.4653
DK4-S13	768.378		S34	77.74671		S13	208.5183
S13-S34	1670.011		DK4	88.92269		2517	228.709
			S13	110.5156		DK1	245.0637
			SKD	110.652		2516	288.9706
			DK2	129.0202		SK	351.4224
			DK3	161.3339	2516	DK1	51.48183
		2516	S34	0		S13	51.44521
			SK	5.72065		SKD	51.50081
			DK4	25.62765		2517	76.44313

الجدول (e-2)

-الحالة الأولى:

❖ تعديل الشبكة:

إحداثيات النقاط عد التعديل كما هو وضح بالجدول (18).

Station	X(m)	Y(m)
DK1	−223492.845	98756.365
DK2	−224165.077	97761.393
DK3	−224569.076	98368.508
2517	−223953.18	99166.65
SK	−222686.969	97993.044
SKD	−223853.609	98454.277
2516	−222430.6273	99647.947
S34	−222575.8057	97376.3409
DK4	−223302.1762	97916.7464
S13	−223851.9624	98453.5458

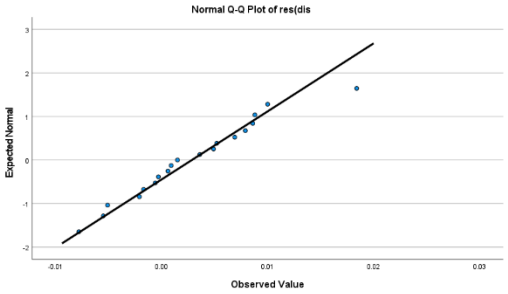
الجدول (18)

❖ **التحليل الإحصائي لرواسب القياسات:**

- **رواسب المسافات:**

Tests of Normality

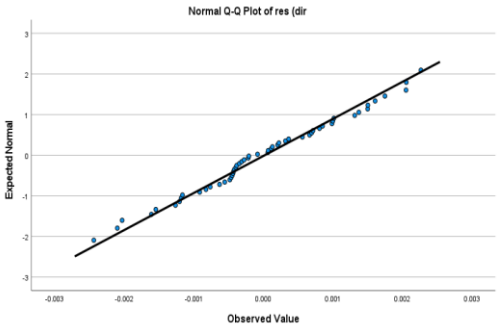
	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	sig
Residual (dis)	.970	19	.783



- **رواسب الاتجاهات:**

Tests of Normality

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	sig
Residual (dir)	.985	54	.715



مما سبق تبين أن رواسب القياسات تتبع للتوزيع الطبيعي حسب اختبار Shapiro–Wilk (> 5%) وبالتالي يمكن حساب قيمة الخطأ المتوسط التربيعي لنقاط الشبكة موضحة بالجدول (19).

Station	Mx(m)	My(m)	M_{xy}(m)
DK1	0	0	0
DK2	0	0	0
DK3	0	0	0
2517	0	0	0
SK	0	0	0
SKD	0	0	0
2516	0.010166	0.010631	0.014709
S34	0.008461	0.009843	0.01298
DK4	0.005986	0.00504	0.007825
S13	0.004393	0.004419	0.006231

الجدول (19)

- **الحالة الثانية:**

❖ **تعديل الشبكة:**

إحداثيات النقاط بعد التعديل كما هو موضح بالجدول (20).

Station	X(m)	Y(m)
DK1	-223492.8333	98756.37
DK2	-224165.0653	97761.4
DK3	-224569.0838	98368.5
2517	-223953.1661	99166.64
SK	-222686.9869	97993.05
SKD	-223853.6206	98454.28
2516	-222430.6184	99647.94
S34	-222575.7945	97376.35
DK4	-223302.1679	97916.75
S13	-223851.9535	98453.54

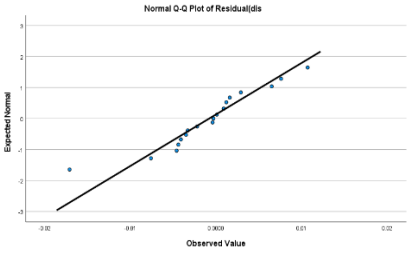
الجدول (20)

❖ التحليل الإحصائي لرواسب القياسات:

- رواسب المسافات:

Tests of Normality

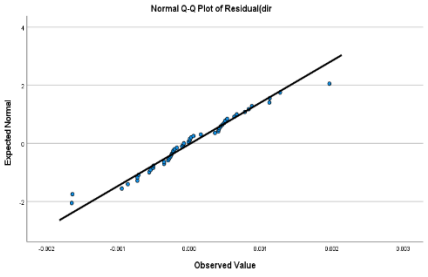
	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	sig
Residual (dis)	.939	19	.257



- رواسب الاتجاهات:

Tests of Normality

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	sig
Residual (dir)	.987	54	.803



مما سبق تبين أن رواسب القياسات تتبع للتوزيع الطبيعي حسب اختبار Shapiro–Wilk (> 5%) وبالتالي يمكن حساب قيمة الخطأ المتوسط التربيعي لنقاط الشبكة موضحة بالجدول (21).

Station	Mx(m)	My(m)	M_{xy}(m)
DK1	0.013424	0.013153	0.018794
DK2	0.016007	0.014138	0.021357
DK3	0.013042	0.01825	0.022431
2517	0.016978	0.012695	0.021199
SK	0.015689	0.021101	0.026294
SKD	0.014834	0.016266	0.022014
2516	0.02355	0.025281	0.03455
S34	0.020843	0.023289	0.031254
DK4	0.014643	0.014317	0.020479
S13	0.012119	0.012211	0.017204

الجدول (21)

- **مناقشة النتائج:**

بعد إجراء عملية التعديل بالحالتين والتأكد من التوزيع الطبيعي لرواسب القياسات كانت فروق الإحداثيات (إحداثيات نقاط المثلثات وهي ثابتة باعتبارها الحالة المرجعية وإحداثيات النقاط بعد عملية التعديل بالحالة الثانية) كما هي موضحة بالجدول (22)

Networks	Station	ΔX(m)	ΔY(m)	$M_x\Delta$(m)	$M_y\Delta$(m)	$M_{xy}\Delta$(m)
الشبكة الأولى	T3	0.0057	−0.0054	-0.02027	-0.01712	-0.02653
	T9	−0.0154	0.0109	-0.02207	-0.02431	-0.03284
	HO1	0.0098	−0.0055	-0.01994	-0.02326	-0.03064
	TZ1	−0.0013	0.0006	-0.00998	-0.03607	-0.03727
الشبكة الثانية	1157	−0.0326	−0.005	-0.02257	-0.02788	-0.03587
	S16	0.0326	0.005	-0.02257	-0.02788	-0.03587
	S1	−0.0014	0.0072	-0.01526	-0.01733	-0.02307
	T3	−0.0076	0.0126	-0.0255	-0.01211	-0.02811
	T2	−0.0168	0.0017	-0.01672	-0.0118	-0.02046

	MA	−0.0004	0.0122	-0.01034	-0.01117	-0.01497
الشبكة الثالثة	4626	0.0047	0.0037	-0.0266	-0.02738	-0.03817
	S1	0.0183	0.0024	-0.02052	-0.01912	-0.02805
	S3	−0.0231	−0.0061	-0.02067	-0.02228	-0.03039
	4749	−0.0235	−0.0065	-0.01966	-0.01058	-0.02231
	S5	−0.0155	−0.0103	-0.01447	-0.00943	-0.01698
	S6	−0.0041	0.0028	-0.01284	-0.01708	-0.02132
	S66	−0.0223	−0.0076	-0.01837	-0.00942	-0.02052
	S8	−0.0221	−0.0001	-0.01786	-0.01387	-0.02256
	S2	−0.0202	−0.0059	-0.01574	-0.01202	-0.0198
	S42	−0.0261	0.0045	-0.01774	-0.01424	-0.02275
	M	−0.0191	−0.0061	-0.01355	-0.01101	-0.01724
الشبكة الرابعة	DF1	0.0276	−0.0197	-0.01496	-0.01887	-0.02408
	156	−0.0018	−0.0309	-0.02138	-0.01522	-0.02625
	DF3	0.0022	0.0228	-0.0174	-0.01497	-0.02296
	DF4	−0.028	0.0277	-0.01767	-0.0185	-0.02558
	DF2	0.005	−0.0031	-0.01283	-0.0209	-0.0245
	DF8	0.0049	−0.0004	-0.01233	-0.02525	-0.02806
	DF6	−0.0074	0.0204	-0.00964	-0.015	-0.01774
	DF7	−0.0106	−0.0062	-0.00846	-0.02797	-0.02914
	DF5	−0.0192	−0.0002	-0.01395	-0.02342	-0.02726
	DF9	−0.0007	0.0053	-0.0097	-0.02494	-0.0262
	SS	0.0045	−0.0224	-0.00597	8.9E-05	-0.00416
	SK	−0.0198	0.01	-0.00458	-0.00798	-0.00906
الشبكة الخامسة	DK1	−0.0117	−0.001	-0.01342	-0.01315	-0.01879
	DK2	−0.0117	−0.011	-0.01601	-0.01414	-0.02136
	DK3	0.0078	0.0109	-0.01304	-0.01825	-0.02243
	2517	−0.0139	0.0107	-0.01698	-0.0127	-0.0212
	SK	0.0179	−0.007	-0.01569	-0.0211	-0.02629
	SKD	0.0116	−0.002	-0.01483	-0.01627	-0.02201
	2516	−0.0089	0.004	-0.01338	-0.01465	-0.01984
	S34	−0.0112	−0.007	-0.01238	-0.01345	-0.01827

	DK4	−0.0083	−0.002	-0.00866	-0.00928	-0.01265
	S13	−0.0089	0.0022	-0.00773	-0.00779	-0.01097

الجدول (22)

إن أكبر فرق في إحداثيات النقاط في الحالتين كان من مرتبة ≈ 4 cm

الشبكة	عدد النقاط الثابتة	عدد النقاط الجديدة	ΔXmax(cm)	ΔYmax(cm)	M_{xy}Δmax(cm)
1	3	1	1.5	1.1	4
2	2	4	3.3	1.3	2
3	3	8	2.6	1	2
4	4	8	2.8	3.1	3
5	6	4	1.8	1.1	2

نلاحظ أنه بازدياد عدد النقاط الثابتة مقارنةً مع الجديدة فإن الفرق بين قيم الإحداثيات بالحالتين سيكون أقل.

الخلاصة:

- بما أن نتائج التعديل تتبع التوزيع الطبيعي بالتالي فإن القياسات خالية من الأغلاط والقيم الشاذة وتوافق عملية التعديل في تصحيح الأخطاء بشكل طبيعي.
- من خلال فرق الإحداثيات بين النقاط في الحالتين تبين أن أكبر فرق في الإحداثيات لا تتجاوز 4cm وهي أقل من الحد المسموح به في دفتر الشروط وبالتالي عملية التعديل وفق الحالة الثانية مقبولة فنياً.
- إن الخطأ المتوسط التربيعي في الحالة الأولى أقل من قيمته بالحالة الثانية وفي الحالتين أقل من الحد المسموح به في دفتر الشروط الفنية.
- نلاحظ أنه بازدياد عدد النقاط الثابتة مقارنةً مع الجديدة فإن الفرق الإحداثيات لنقاط الشبكة بالحالتين سيكون أقل.

التوصيات:

- ✓ تطبيق فكرة البحث على شبكات المضلعات ونقاط المسح التفصيلي ودراسة تأثير إدخال أخطاء البدايات على مواقع النقاط المحسوبة.
- ✓ إن التغير في قيمة الخطأ المتوسط التربيعي للنقاط نتيجة التعديل وفق الحالة الثانية "باعتبار أن الحالة الأولى هي الحالة المرجعية المستخدمة في عمليات التعديل" له تأثير كبير على إجراء عملية التحقق من الأساس الجيوديزي ويجب أخذ هذا الأمر بعين الاعتبار في دفاتر الشروط.

المراجع العلميّة (REFERENCES):

المراجع الأجنبية:

1-"STANDARDS AND SPECIFICATIONS FOR GEODETIC CONTROL NETWORKS" Rear Adm. John D. Bossler. 1984.
2- "ACCURACY CHARACTIRISTICS OF THE SELECTED DIAGNOSTICS AND THE ADJUSTMENT OF GEODETIC OBSERVATIONS “Martyna KULUPA , Paulina MAGDA , MRÓWCZYŃSKA. 2021.
3-" Investigation and Analysis of the Precision Criteria in Free and Fixed Levelling Networks“ Dr. ing. Hisham Abou Halima. 2021

المراجع العربية:

4- المساحة الهندسية (2) / كلية الهندسة المدنية / جامعة تشرين / د.م أديب محمود القاموع /2015-2016
5-نظرية الأخطاء/1/ كلية الهندسة المدنية/ جامعة تشرين / د.م محسن أحمد/2011-2012
6-محاضرات طرائق تعديل الشبكات، د. م. أحمد العمر، منشورات جامعة البعث.