الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

الأكاديمية العربية الدولية

المقررات الجامعية

www.aiacademy.info | care@aiacademy.info

المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

معاهد العمارة والتشييد الثانوية

الحقيبة التدريبية :

المساحة الجيوديسية

في تخصص المساحة

مقدمة

الحمد لله وحده،والصلاة والسلام على من لا نبي بعده ، محمد بن عبدالله وعلى آله وصحبه ، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل ، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على الله ثم على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية **المساحة الجيوديسية** لمتدربي دبلوم " **المساحة** " **(برنامج العمارة والتشييد)** للمعاهد الصناعية الثانوية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجلً أن تسهم بالشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، مدعم بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه؛ إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

الفهـــرس

الموضـــوع	رقم الصفحة
مقدمة في المساحة الجيوديسية	6
تعريف المساحة الجيوديسية	7
أهمية المساحة الجيوديسية.	7
أقسام المساحة الجيوديسية	8
الإحداثيات	9
جملة الإحداثيات	9
جملة الإحداثيات الفراغية	9
جملة الإحداثيات الجغرافية .	10
جملة الإحداثيات المستوية	11
العلاقة بين الإحداثيات الفراغية والجغرافية .	12
حساب طول وانحراف خط بمعلومية الإحداثيات المستوية	13
أسئلة الوحدة الأولى	15
الوحدة الثانية : شبكات المثلثات والميزانية الجيوديسية	16
شبكات المثلثات	18
مقدمة	18
درجات شبكات المثلثات	19
أنواع الشبكات المثلثية	21
الميزانية الجيوديسية	26
الميزانية الدقيقة	26
الميزانية المثلثية	32
أسئلة الوحدة الثانية	36
الوحدة الثالثة : مشروع تدريبي استكشاف وتثبيت نقاط الشبكة	37

مقدمة.	39
شروط اختيار نقاط شبكة المثلثات.	40
شروط اختيار خط القاعدة.	40
إعداد ورسم كروكي شبكة المثلثات.	41
التعرف على الجهاز المستخدم في الرصد	43
أسئلة الوحدة الثالثة	49
الوحدة الرابعة : مشروع تدريبي رصد وضبط شبكة المثلثات	50
أرصاد الزوايا الأفقية والرأسية لشبكة المثلثات	52
قياس خط القاعدة	59
ضبط شبكة المثلثات	61
حساب أطوال أضلاع شبكة المثلثات	76
حساب انحرافات أضلاع شبكة المثلثات	78
حساب إحداثيات نقاط شبكة المثلثات	79
حساب مناسيب نقاط شبكة المثلثات باستخدام أسلوب الميزانية المثلثية	80
رسم شبكة المثلثات بالحاسب الآلي (برنامج الأوتوكاد)	82
المراجع	85

تمهيد

تهدف حقيبة المساحة الجيوديسية إلى إكساب المتدربين بمعاهد العمارة والتشييد المهارات الأساسية لكيفية إنشاء ورصد وحساب شبكات المثلثات وعمل الميزانيات الدقيقة لتعيين المناسيب.

تتكون هذه الحقيبة من مجموعة من المهارات الأساسية تشمل حساب الإحداثيات وحساب الأطوال والانحرافات من الإحداثيات، وإنشاء شبكات المثلثات واستخدام الأجهزة المساحية الحديثة لرصد وقياس زوايا الشبكات المثلثية وقياس أطوال خطوط قواعدها، واستخدام الموازين المساحية الدقيقة في مشاريع الميزانيات الدقيقة وإيجاد المناسيب.

كذلك تشتمل هذه الحقيبة على نماذج وجداول للاستعانة بها لتدوين الأرصاد والقياسات الحقلية الخاصة بشبكات المثلثات، وإجراء العمليات الحسابية الخاصة بمعالجة الأرصاد وتصحيح وضبط قيم الزوايا الداخلية لشبكات المثلثات وحساب أطوال أضلاع الشبكة وحساب إحداثيات نقاط شبكة المثلثات.

وتتضمن الحقيبة شرح تفصيلي لمشروع تدريبي كامل لإنشاء ورصد وضبط وتصحيح شبكة مثلثات وحساب الإحداثيات الأفقية والرأسية لنقاط شبكة المثلثات.

ويتم التدريب على مهارات هذه الحقيبة في الفصل التدريبي الخامس وتبلغ ساعات التدريب 39 ساعة تدريبية موزعة كالتالي:

الوحدة الأولى: مقدمة في المساحة الجيوديسية والإحداثيات (9 ساعة تدريبية).

الوحدة الثانية: شبكات المثلثات والميزانية الجيوديسية (6 ساعات تدريبية).

الوحدة الثالثة: مشروع تدريبي استكشاف وتثبيت نقاط شبكة المثلثات (6 ساعة تدريبية).

الوحدة الرابعة: مشروع تدريبي رصد وضبط شبكة المثلثات (18 ساعة تدريبية).

الوحدة الأولى

مقدمة في المساحة الجيوديسية و الاحداثيات

مقدمة في المساحة الجيوديسية والإحداثيات

الهدف العام:

تهدف هذه الوحدة إلى تمكين المتدرب من أن يحدد أهمية المساحة الجيوديسية، وأن يميز بين نظم الإحداثيات وأن يستخدم العلاقات الرياضية التي تربط بين نظم الإحداثيات المختلفة لتحويل الإحداثيات من نظام لآخر.

الأهداف التفصيلية: عندما يكمل المتدرب هذه الوحدة فإنه يكون قادراً وبكفاءة على:

1- أن يعرف المساحة الجيوديسية.
2- أن يميز بين أقسام المساحة الجيوديسية.
3- أن يحدد أهمية وتطبيقات المساحة الجيوديسية.
4- أن يميز بين أنواع نظم الإحداثيات.
5- أن يحدد الشروط الواجب توافرها في جملة الإحداثيات.
6- أن يستخدم العلاقات التي تربط بين نظم الإحداثيات للتحويل فيما بينها.

الوقت المتوقع للتدريب: تسع ساعات تدريبية.

الوسائل المساعدة:

1- التعليمات والتدريبات في هذه الوحدة.
2- السبورة الذكية أو جهاز العرض من الحاسب الآلي (data Show).
3- الآلة الحاسبة.

متطلبات الجدارة:

1- إتقان مهارة حساب الإحداثيات.
2- إتقان مهارة التحويل بين نظم الإحداثيات المختلفة.
3- إتقان مهارة استخدام الآلة الحاسبة للحصول على النتائج الصحيحة.

مقدمة في المساحة الجيوديسية والإحداثيات

1 - 1 مقدمة في المساحة الجيوديسية

تعتبر طرق المساحة المستوية غير مناسبة للعمل المساحي وإنتاج الخرائط لمناطق شاسعة من سطح الأرض لأن أساليب المساحة المستوية تتعامل مع سطح الأرض كسطح أفقي مستوٍ ولكنه في الحقيقة جزء من كرة فينشأ عن ذلك أخطاء عديدة لذلك يتم اختيار طرق المساحة الجيوديسية في العمل المساحي في المساحات الكبيرة التي تتطلب دقة عالية. والجيوديسيا هي فرع من الرياضيات التطبيقية الذي يمكن باستخدامه وباستعمال نتائج الأرصاد والقياسات تحديد شكل وحجم الأرض ورسمها على خريطة، وحساب قيم الجاذبية الأرضية ودراسة ظواهر المد والجزر وعملية دوران الأرض.

المساحة الجيوديسية تتطلب دقة عالية في جميع مراحل العمل لأنها تتعامل مع مساحات شاسعة من الأرض وهذا هو الفرق الحقيقي بينها وبين جميع أنواع وفروع المساحة الأخرى التي تختص بالتعامل مع جزء صغير من سطح الأرض لإنشاء خرائط مستوية سواء تفصيلية أو طبوغرافية. وتعتبر المساحة الجيوديسية الأساس لجميع الأعمال المساحية لذا تتطلب مستويات عالية من الدقة في جميع مراحل العمل.

1- 1- 1 تعريف المساحة الجيوديسية

المساحة الجيوديسية هي العلم الذي يبحث في دراسة شكل الأرض الحقيقي بواسطة القياسات المباشرة والموضوعات التي تتصل بالعلوم المعنية بدراسة الفلك وحركة الأجرام السماوية وحركة دوران الأرض حول نفسها وحول الشمس والقشرة الأرضية.

1- 1- 2 أهمية المساحة الجيوديسية

إن الغرض الرئيس للمساحة الجيوديسية هو تثبيت نقاط على سطح الأرض بدقة عالية، حيث تعتبر هذه النقاط أساساً ومرجعاً لربط جميع العمليات المساحية الأخرى سواء كانت طبوغرافية أو تفصيلية وإنشاء الخرائط الطبوغرافية والتفصيلية، وكذلك تستخدم المساحة الجيوديسية في مجال الدراسات والأرصاد الخاصة بتعيين شكل الأرض الحقيقي. وتبحث المساحة الجيوديسية في مواضيع رئيسة مثل:-

1 – اختيار نقاط المثلثات وتحديدها بدقة على خرائط لتكون أساساً لباقي أنواع الأعمال المساحية.

2 – الرصد الفلكي لتحديد خطوط الطول والعرض للنقاط على سطح الأرض.

3 – عمل الميزانيات الدقيقة والجيوديسية لإنشاء الروبيرات المساحية.

4 – رسم الخرائط بأقل تشويه ممكن.

5 – دراسة المد والجزر وتضاريس قاع البحر لتعيين مستوى المقارنة المستخدم في أعمال الميزانية وعمل الخرائط الملاحية.

1- 1- 3 أقسام المساحة الجيوديسية

تنقسم المساحة الجيوديسية إلى قسمين هما: -

– الجيوديسيا الهندسية.

– الجيوديسيا الفيزيقية.

أ- الجيوديسيا الهندسية :

تختص الجيوديسيا الهندسية بتحديد شكل وحجم الأرض وعمل الربط اللازم بين الكتل الأرضية التي تفصل بينها مساحات مائية شاسعة وتعيين إحداثيات النقاط وانحرافات الخطوط عن الشمال الجغرافي وبصفة عامة فإنها تختص بكل ما يتعلق بهندسة الكرة الأرضية كذلك توظف اساليب الجيوديسيا الهندسية في عمليات تعيين إحداثيات نقط الربط بين القارات والجزر المنفصلة على سطح الأرض وتستخدم في ذلك أجهزة ووسائل كثيرة للرصد والقياس بعضها بصري مثل الثيودوليت وبعضها إلكتروني مثل المحطة الشاملة (المتكاملة) وأجهزة قياس المسافات الإلكترونية، كما تستعمل الأرصاد الفلكية لعمل هذا الربط ويعتبر استخدام الأقمار الصناعية في تحديد شكل الأرض من الإنجازات الحديثة المستخدمة في هذا المجال.

ب- الجيوديسيا الفيزيقية :

وهي تختص بدراسة مجال الجاذبية الأرضية ومعرفة قوى الجاذبية التي تؤثر على الأجسام القريبة والمحيطة بسطح الأرض. وزاد الاهتمام في العصور الحديثة بدراسة كل من الجيوديسيا الهندسية والجيوديسيا الفيزيقية لما ظهر من تأثيرهما المباشر في دراسة حركة الأقمار الصناعية حول الأرض. وسوف تقتصر دراستنا في هذه الحقيبة على الجيوديسيا الهندسية.

1- 2 الإحداثيات

تعتبر الإحداثيات بأنواعها المختلفة من أهم الموضوعات التي يجب على دارس علوم المساحة التعرف عليها فالإحداثيات ثلاثية الأبعاد المستخدمة لتحديد موقع نقطة في الطبيعة سواء الإحداثيات الفراغية أو الإحداثيات الجغرافية أصبحت شائعة الاستخدام وخاصة بعد انتشار أساليب تحديد المواقع بالرصد على الأقمار الصناعية. كذلك تعتبر الإحداثيات المستوية (ثنائية الأبعاد) الأساس في تحديد موضع نقطة على الخريطة المساحية. وسنتعرف فيما يلي على أنواع نظم الإحداثيات المستخدمة في الأعمال المساحية وأيضاً سنتعرف على عمليات تحويل الإحداثيات من نظام إلى آخر، بالإضافة إلى تدريبات وتمارين على كيفية التحويل بين نظم الإحداثيات المختلفة.

1- 2- 1 جملة الإحداثيات

هي مجموعة الأعداد التي يمكن بواسطتها التعرف على موقع النقاط ،وتنقسم الإحداثيات إلى:

- جملة الإحداثيات الفراغية.
- جملة الإحداثيات الجغرافية.
- جملة الإحداثيات المسقطة (المستوية).

الشروط الواجب توافرها في جملة الإحداثيات هي:

1. أن يكون هناك نقطة محددة تسمى بمبدأ الإحداثيات (نقطة الأصل).
2. أن يكون لها محاور محددة تماماً وتعريفها واضح وغير قابل للالتباس مع محاور أخرى.
3. أن يكون هناك نظام واضح يبين العلاقة بين الموقع الأرضي والمحاور الإحداثية (نظام الإسقاط).

1- 2- 1- 1 : جملة الإحداثيات الفراغية

أ – مبدأ الإحداثيات :

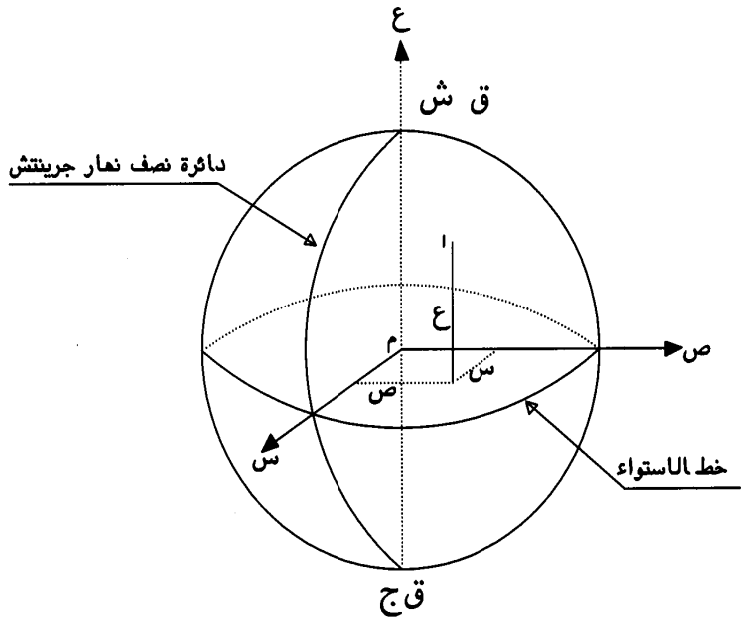
مبدأ الإحداثيات في جملة الإحداثيات الفراغية هو مركز الأرض،وهي نقطة محددة ولكن لا يمكن الوصول إليها.

ب – محاور الإحداثيات :

1 – محور السينات (المحور الأول) وهو تقاطع دائرة نصف نهار جرينتش مع دائرة خط الاستواء.

2 – محور الصادات (المحور الثاني) وهو المحور المتعامد مع كل من محور السينات والعينات ويتجه بالنسبة لمحور السينات نحو الشرق .

3 – محور العينات (المحور الثالث) وهو عبارة عن محور دوران الأرض وهذا المحور يمر بمركز الأرض وهو الذي يعرف لنا القطبين الشمالي والجنوبي (الشكل 1- 1).



الشكل (1- 1) يوضح محاور الإحداثيات الفراغية س، ص ، ع وإحداثيات نقطة أ

1- 2- 1- 2 : جملة الإحداثيات الجغرافية

تعتبر من أكثر نظم الإحداثيات شهرة وتطبيقاً لارتباطها مباشرةً بسطح الأرض، ونتعرف عليها من خلال:

أ – مبدأ الإحداثيات :

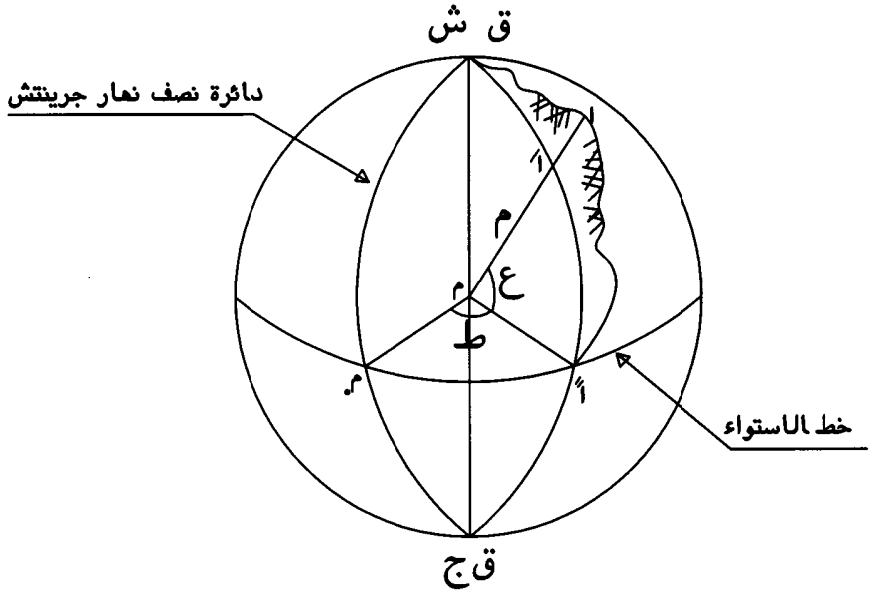
هو نقطة تقاطع خط الاستواء مع دائرة نصف نهار جرينتش وهي نقطة موجودة على سطح الأرض.

ب- المحاور الإحداثية :

1 – منحنى خط الاستواء ونعين عليه الإحداثي الأول ويسمى الطول الجغرافي (ط).

2 – منحنى دائرة نصف نهار النقطة ونعين عليه الإحداثي الثاني ويسمى العرض الجغرافي (ع).

3 – ارتفاع النقطة فوق الكرة (طول العمود المسقط على سطح الكرة) ونرمز له بالرمز م،



الشكل (1- 2) يوضح الإحداثيات الجغرافية لنقطة أ (ط، ع ، م)

1- 2- 1- 3 : جملة الإحداثيات المستوية

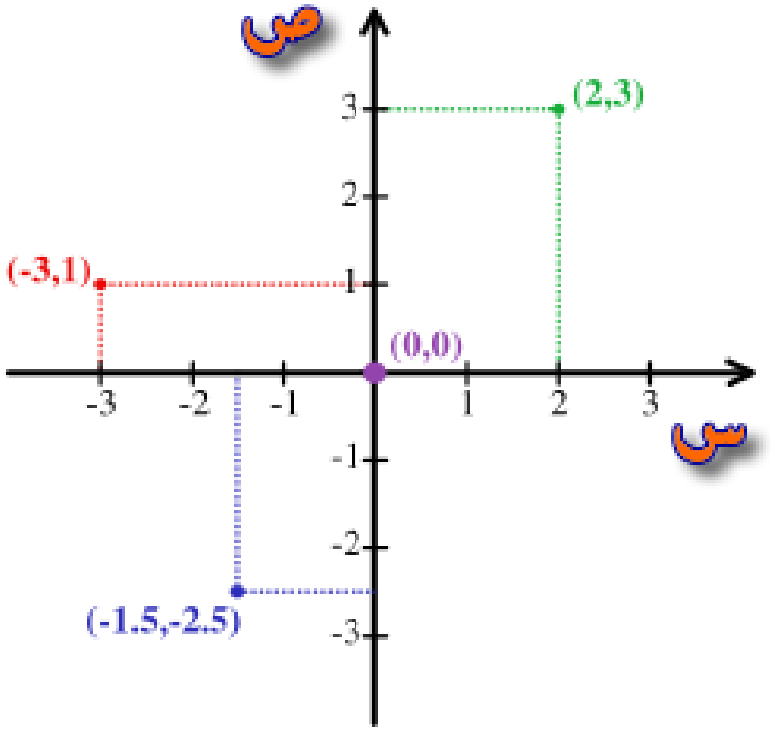
هذا النوع من الإحداثيات هو المستخدم لتعريف موضع أي نقطة على الخريطة بعد تحويل الإحداثيات من ثلاثية الأبعاد إلى ثنائية الأبعاد وهي عملية الإسقاط ولها محوران متعامدان:

1- المحور الصادي موجب في اتجاه الشمال وسالب في اتجاه الجنوب.

2- المحور السيني موجب في اتجاه الشرق وسالب في اتجاه الغرب.

وتكون نقطة م هي نقطة الأصل وهي الركن الجنوبي الغربي للخريطة وتأخذ القيمة (صفر , صفر) وتكون إحداثيات النقطة هي (س , ص).

وعند رسم الخرائط يلزم التعامل مع الإحداثيات ثنائية الأبعاد حيث إن الخريطة ما هي إلا سطح مستو لها بعدان لذلك يتم تحويل الإحداثيات ثلاثية الأبعاد إلى ثنائية الأبعاد باستخدام طرق وأساسيات علم إسقاط الخرائط



الشكل (1- 3) يوضح محاور الإحداثيات المستوية (س ، ص)

1- 2- 2 العلاقة بين الإحداثيات الفراغية والجغرافية :

كما سبق وأن عرفنا أن الإحداثيات الجغرافية للنقطة هي (ط , ع , م)، وأن الإحداثيات الفراغية للنقطة هي (س , ص , ع). فإذا تم قياس خط الطول ط وخط العرض ع والمنسوب م فيمكن الحصول على الإحداثيات الفراغية للنقطة (س , ص , ع) من العلاقات التالية : -

$$س = (نق + م) \times جتا ع \times جتا ط$$

$$ص = (نق + م) \times جتا ع \times جا ط$$

$$ع = (نق + م) \times جا ع$$

حيث :

نق = نصف قطر الأرض = 6367650 متر

1- 2- 3 حساب طول وانحراف خط بمعلومية الإحداثيات المستوية

إذا كانت الإحداثيات المستوية لأي نقطتين أ (س أ ، ص أ) ، ب (س ب ، ص ب) معلومتين ، فإنه يمكن حساب طول الخط الواصل بينهما وكذلك انحراف هذا الخط باستخدام المعادلتين التاليتين:

طول الخط أ ب = $\sqrt{\Delta س^2 + \Delta ص^2}$

انحراف الخط أ ب = ظا$^{-1}$ ($\frac{\Delta ص}{\Delta س}$)

حيث إن:

Δ س = س ب - س أ ،

Δ ص = ص ب - ص أ

مثال 1 :

إذا كانت الإحداثيات الجغرافية لنقطة أ :

ط = 12″ 41 ′ 42° ، ع = 22″ 53′ 29° ، م = 600 متر.

احسب الإحداثيات الفراغية للنقطة أ ، علماً بأن نصف قطر الكرة الأرضية (نق) = 6367650 متر.

الحل

س = (نق + م) × جتا ع × جتا ط

س = (6367650 + 600) × جتا 22 ″ 53 ′ 29 ° × جتا 12″ 41 ′ 42°

س = 4058481.65 م

ص = (نق + م) × جتا ع × جا ط

ص = (6367650 + 600) × جتا 22 ″ 53 ′ 29 ° × جا 12″ 41 ′ 42°

ص = 3743310.79 م

ع = (نق + م) × جا ع

ع = (6367650 + 600) × جا 22 ″ 53 ′ 29 °

ع = 3173477.44 م

□

مثال 2

احسب طول وانحراف الخط الواصل بين النقطتين أ ، ب إذا كانت إحداثياتهما المستوية: أ (100 ، 250) متر ، ب (200 ، 400) متر

الحـل

Δ س = س$_{ب}$ – س$_{أ}$ = 200 – 100 = 100 متر

Δ ص = ص$_{ب}$ – ص$_{أ}$ = 400 – 250 = 150 متر

الطول أ ب = $\sqrt{(\Delta \text{ س})^2 + (\Delta \text{ ص})^2}$

= $\sqrt{(100)^2 + (150)^2}$ = 180.28 متر

انحراف الخط أ ب = ظا$^{-1}$ (Δ س/ Δ ص)

= ظا$^{-1}$ ($\frac{100}{150}$) = 24.24″ 41′ 33°

أسئلة الوحدة التدريبية الأولى

س1 عرّف المساحة الجيوديسية.

س2 تبحث المساحة الجيوديسية في مواضيع رئيسة اذكرها.

س3 ما هي أقسام المساحة الجيوديسية ؟ اشرح بالتفصيل كل قسم.

س4 عرف جملة الإحداثيات.

س5 اذكر أنواع جملة الإحداثيات.

س6 في جملة الإحداثيات الفراغية عرف كلاً مما يأتي:

- مبدأ الإحداثيات.
- المحاور الإحداثية.

س7 ما هي الشروط الواجب توافرها في جملة الإحداثيات ؟

س8 احسب طول وانحراف الخط الواصل بين النقطتين أ ، ب علماً بأن إحداثياتهما المستوية كما يلي:

أ (132 ، 517) متر ، ب (214 ، 932) متر.

س9 إذا علمت أن الإحداثيات الجغرافية للنقطة أ هي كما يلي:

ط = 15 ″ 35 ′ 33 ° ، ع = 13″ 10′ 25° ، م = 650 م

المطلوب :حساب الإحداثيات الفراغية للنقطة أ علماً بأن نصف قطر الكرة الأرضية نق = 6367650 متر.

الوحدة الثانية

شبكات المثلثات والميزانية الجيوديسية

شبكات المثلثات والميزانية الجيوديسية

الهدف العام:

تهدف هذه الوحدة إلى تمكين المتدرب من تحديد أنواع ودرجات شبكات المثلثات ، وكذلك أنواع الميزانية الجيوديسية ، والأجهزة المستخدمة في الميزانية الجيوديسية واحتياطات تنفيذ الميزانية الجيوديسية.

الأهداف التفصيلية : عندما يكمل المتدرب هذه الوحدة فإنه يكون قادراً وبكفاءة على:

1- أن يحدد مواصفات درجات شبكات المثلثات.
2- أن يرقم نقاط شبكات المثلثات.
3- أن يقارن بين شبكات المثلثات.
4- أن يحدد الأجهزة المستخدمة في الميزانية الدقيقة.
5- أن يحدد أغراض الميزانية.
6- أن يحسب المناسيب باستخدام أسلوب الميزانية المثلثية.

الوقت المتوقع للتدريب : ست ساعات تدريبية.

الوسائل المساعدة:

1- التعليمات والتدريبات في هذه الوحدة.
2- السبورة الذكية أو جهاز العرض من الحاسب الآلي (data Show).
3- الآلة الحاسبة.
4- أجهزة الميزانية الدقيقة والميزانية المثلثية.

متطلبات الجدارة:

1- إتقان مهارة تعريف شبكات المثلثات.
2- إتقان مهارة التمييز بين أنواع شبكات المثلثات ودرجاتها.
3- إتقان مهارة تحديد متطلبات الميزانية الجيوديسية.
4- إتقان مهارة حساب المناسيب.

شبكات المثلثات والميزانية الجيوديسية

2 - 1 شبكات المثلثات

2- 1- 1 مقدمة

شبكات المثلثات عبارة عن مجموعة نقاط متباعدة تكوّن رؤوس شبكة من المثلثات تثبت في الطبيعة ثم تقاس جميع زوايا الشبكة ويتم قياس خط يسمى خط القاعدة في بداية الشبكة أو قياس خطي قاعدة في بداية ونهاية الشبكة. باستخدام الزوايا الداخلية المصححة للشبكة وانحراف وطول خط القاعدة المقاس نحسب جميع أطوال أضلاع الشبكة وانحرافاتها ثم نحسب بعد ذلك مركبات أضلاع شبكة المثلثات ثم إحداثيات نقط رؤوس شبكة المثلثات. ويتم رسم شبكات المثلثات على الخريطة لتكون هذه النقاط

شبكات المثلثات والميزانية الجيوديسية

2- 1- 2 الهدف العام

تهدف هذه الوحدة إلى تمكين المتدرب من تحديد أنواع ودرجات شبكات المثلثات ، وكذلك أنواع الميزانية الجيوديسية ، والأجهزة المستخدمة في الميزانية الجيوديسية واحتياطات تنفيذ الميزانية الجيوديسية.

2- 1- 3 الأهداف التفصيلية

عندما يكمل المتدرب هذه الوحدة فإنه يكون قادراً وبكفاءة على:

1 - أن يحدد مواصفات درجات شبكات المثلثات.
2 - أن يرقم نقاط شبكات المثلثات.
3 - أن يقارن بين شبكات المثلثات.
4 - أن يحدد الأجهزة المستخدمة في الميزانية الدقيقة.
5 - أن يحدد أغراض الميزانية.
6 - أن يحسب المناسيب باستخدام أسلوب الميزانية المثلثية .

(نقاط المثلثات) هي الأساس لجميع الأعمال المساحية التفصيلية والطبوغرافية وغيرها. وسميت شبكة المثلثات بهذا الاسم لأن جميع الأشكال داخل الشبكة تتكون من مثلثات وذلك لأن شكل المثلث يعتبر من أسهل الأشكال الهندسية في الضبط والتصحيح . وستظل هذه الطريقة هي الأنسب في الأعمال المساحية التي تتطلب دقة عالية وتكلفة بسيطة . ومع اختراع أجهزة القياس الإلكتروني الحديثة ونظام تحديد المواقع العالمي (GPS) أصبح من الممكن استعمال طرق أخرى لإنشاء شبكات المثلثات بمختلف درجاتها.

أهمية شبكات المثلثات:

تستخدم شبكات المثلثات في العديد من التطبيقات والمجالات ومنها:

1. تعيين شكل الأرض الحقيقي .
2. تشكيل وتوقيع أساس دقيق لأعمال المساحة المستوية والجيوديسية لمناطق شاسعة من سطح الأرض.
3. تشكيل وتوقيع نقاط الربط الأرضي لأعمال المساحة الجوية.
4. التوقيع الدقيق للأعمال الهندسية الكبيرة مثل الطرق والسدود والجسور والمنشآت الضخمة .

2- 1- 4 درجات الشبكات المثلثية :

تنقسم شبكات المثلثات إلى أربع درجات وهي تتدرج من حيث أطوال الأضلاع ودقة الأرصاد والقياسات المطلوبة كما تختلف أيضاً في طريقة أخذ الأرصاد وتصحيحها وحسابها وكذلك دقة الأجهزة المستخدمة في كل درجة من درجات شبكات المثلثات:

1. شبكة مثلثات الدرجة الأولى .
2. شبكة مثلثات الدرجة الثانية .
3. شبكة مثلثات الدرجة الثالثة .
4. شبكة مثلثات الدرجة الرابعة .

وسوف نتعرف فيما يلي على مواصفات وخصائص كل درجة من درجات شبكات المثلثات:

شبكات مثلثات الدرجة الأولى :

هي أدق الدرجات الأربع وتسمى بالمثلثات الجيوديسية حيث إنها تستعمل لتعيين شكل الأرض بالإضافة إلى أنها تشكل أدق مجموعة من نقط الضبط في الأعمال المساحية، وتعتبر شبكات مثلثات الدرجة الأولى المرجع لضبط شبكات مثلثات الدرجة الثانية وما يليها من درجات.

شبكات مثلثات الدرجة الثانية :

وهي تلي مثلثات الدرجة الأولى في الدقة ونقط مثلثات الدرجة الثانية أكثر عدداً من الدرجة الأولى وأطوال أضلاعها أقصر وتشترك نقط مثلثات الدرجة الأولى في تكوين مثلثات الدرجة الثانية. وتعتبر شبكات مثلثات الدرجة الثانية مرجعا وضابطا لشبكات مثلثات الدرجة الثالثة والرابعة.

شبكات مثلثات الدرجة الثالثة :

تنشأ شبكات مثلثات الدرجة الثالثة لتصل بين نقاط شبكات مثلثات الدرجة الثانية ويتم ضبطها وتصحيحها على شبكات مثلثات الدرجة الثانية، وعدد نقاط شبكات مثلثات الدرجة الثالثة أكثر من نقط شبكات مثلثات الدرجة الثانية.

شبكات مثلثات الدرجة الرابعة :

تستعمل شبكات مثلثات الدرجة الرابعة في الأراضي الجبلية والمناطق الوعرة، ونصل بين مثلثات الدرجة الثالثة بمجموعة أخرى من النقط تكون أكثر عدداً وأقصر بعداً فنحصل منها على شبكة مثلثات الدرجة الرابعة وهذه هي أقصر المثلثات طولاً في الأضلاع وأقلها دقة في الأرصاد والحسابات وتكون أطوال الأضلاع حسب ما تسمح به طبيعة سطح الأرض في الموقع.

الجدول (2- 1) يوضح مواصفات درجات شبكات المثلثات.

وجه المقارنة/ درجة الشبكة	درجة أولى	درجة ثانية	درجة ثالثة	درجة رابعة
طول خط القاعدة	5 – 30 كم	1 – 3 كم	أقل من ا كم	أقل من ا كم
طول الضلع في الشبكة	20 - 160 كم	10 – 40 كم	أقل من 10 كم	أقل من 10 كم
عدد الأقواس	12 – 16	8	4	2
الحد الأقصى المسموح في قفل القوس	"2	"6	"15	"30
الحد الأقصى المسموح في قفل المثلث	"3	"5	"10 - "12	"30
الحد الأدنى للفرق بين الطول المحسوب والمقاس لقاعدة التحقيق	1 : 25000	1 : 10000	1 : 5000	1 : 2500
الخطأ المحتمل في قياس خط القاعدة	1 : 1000000	1 : 500000	1 : 200000	1 : 100000

ترقيم نقاط شبكات المثلثات:

لتمييز نقاط شبكات المثلثات تبعاً لدرجاتها المختلفة يتم وضع علامة مثلث بداخله نقطة (Δ) لتمييز نقط المثلثات عموماً ثم يدون رقم النقطة ودرجتها إلى جوار المثلث على هيئة كسر بسطه درجة المثلث ومقامه رقم هذه النقطة ، فمثلاً :

نقطة المثلثات رقم $\frac{9}{3}$

فأن الرقم 9 يمثل رقم النقطة في شبكة المثلثات من الدرجة الثالثة .

2- 1- 5 أنواع الشبكات المثلثية

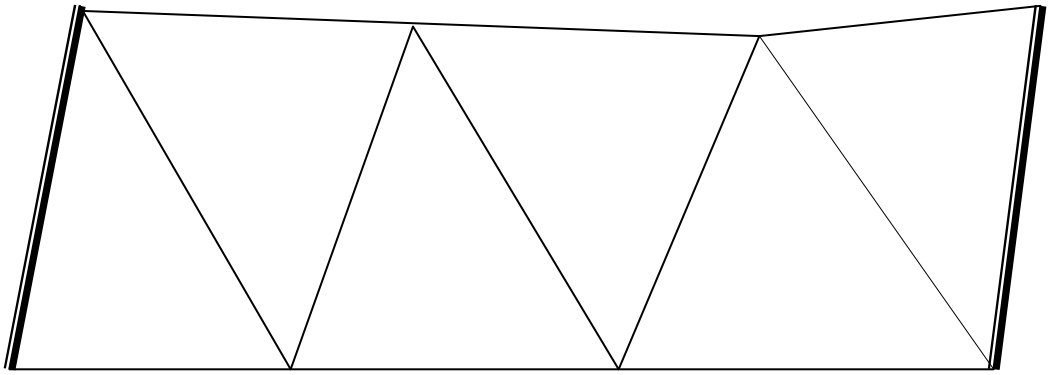
يجب أن يراعى عند اختيار مواقع نقاط شبكات المثلثات أن تكوّن مع بعضها أشكالاً هندسية سهلة كالمثلثات أو الأشكال الرباعية ذات القطرين أو أشكالاً ذات نقطة مركزية بحيث تكون الشبكة ذات متانة عالية وبها عدد كافٍ من الشروط الهندسية التي تساعد على كفاءة عملية الضبط والحساب . والأشكال الهندسية التي يتم اختيارها لتشكيل شبكات المثلثات تتوقف غالباً على شكل المنطقة المراد عمل مساحة لها وعلى الدقة المطلوبة وطبيعة الأرض .

2- 1- 5- 1 أنواع الشبكات المثلثية من حيث الشكل:

1. سلسلة المثلثات الفردية .
2. سلسلة الأشكال الرباعية (الشبكات المزدوجة).
3. سلسلة الأشكال ذات المركز .

أولاً : سلاسل شبكات المثلثات الفردية:

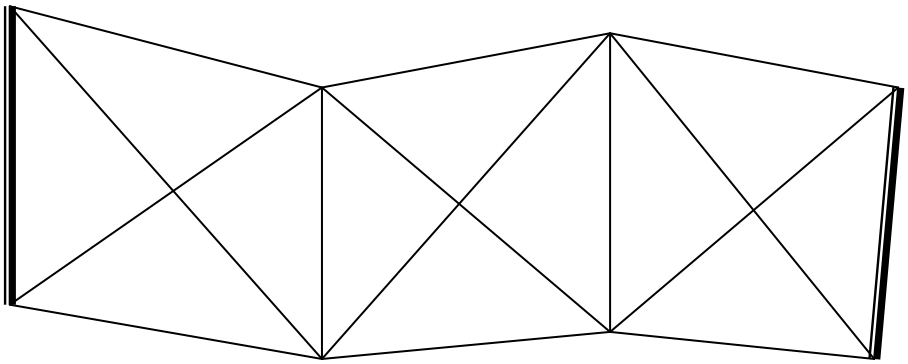
تتكون سلاسل المثلثات الفردية من مثلثات بسيطة متجاورة . وهذه المثلثات تبدأ من خط قاعدة يقاس طوله وتحسب منه أطوال خطوط السلسلة ثم تنتهي بخط قاعدة آخر يقاس طوله للتحقيق وتعتبر السلاسل الفردية أبسط الأشكال وأقلها دقة وذلك لقلة الاشتراطات . ويفضل أن لا تقل قيم الزوايا عن 40° . وأحسن أنواع السلاسل الفردية هي المكونة من مثلثات متساوية الأضلاع وتستعمل غالباً في المناطق الساحلية والصحراوية، الشكل (2- 1).



الشكل (2- 1) سلاسل المثلثات الفردية

ثانياً : سلاسل شبكات المثلثات ذات الأشكال الرباعية (المزدوجة)

تعتبر أكثر الأشكال استعمالاً وتمتاز بمتانتها ودقتها رغم كثرة التكاليف في العمليات المساحية والحسابية . وهي تتكون من أشكال رباعية مرصودة القطرين ويفضل أن تكون
الزوايا محصورة بين 30° ، 120° والسلسة تبدأ بخط قاعدة وتنتهي بخط قاعدة آخر وتستعمل في الأراضي ذات القيمة المرتفعة لدقتها ومتانتها، الشكل (2- 2).



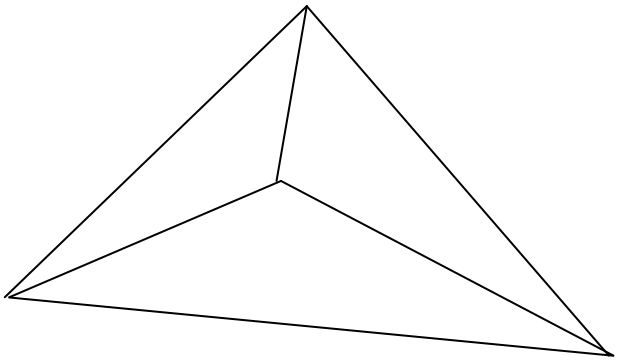
الشكل (2- 2) سلاسل شبكات المثلثات ذات الأشكال الرباعية (المزدوجة)

ثالثاً : سلاسل شبكات المثلثات المكونة من أشكال هندسية ذات المركز

وهي تبدأ بخط قاعدة وتنتهي بخط قاعدة آخر للتحقيق وتستعمل في المناطق المنبسطة الواسعة وتعتبر من الأشكال المتينة وذات اشتراطات كثيرة وقد تكون بسيطة أو متداخلة وهذا النوع يحتاج إلى مجهود مساحي وعمل مكتبي كبير مما يزيد الوقت والتكاليف المطلوبة للعمل . والأشكال ذات المركز أربعة أنواع :-

(أ) شكل مثلث ذو مركز

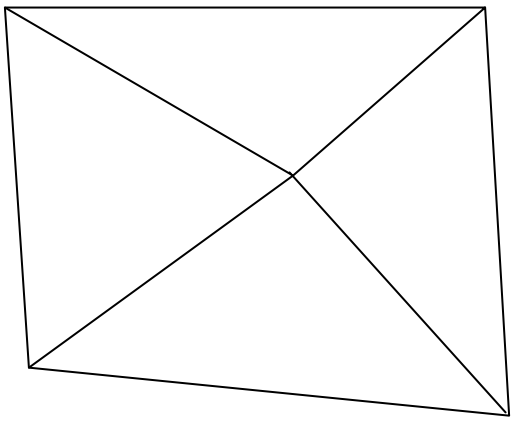
وهو أفضل من المثلث البسيط لزيادة عدد الشروط الهندسية فيه مما يساعد على دقة ضبطه، الشكل(2- 3).



الشكل رقم (2- 3) شكل مثلث ذو مركز.

(ب) شكل رباعي ذو مركز

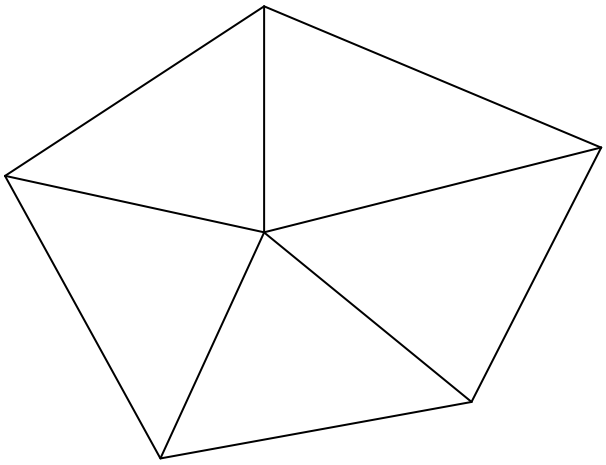
ويعتبر أقل قوة ومتانة من الشكل الرباعي المرصود القطرين ولكنه أسهل في الرصد ويجب أن تكون الزوايا المبينة بالرسم لا تقل عن 30° ولا تزيد عن 120° ، الشكل رقم (2- 4).



الشكل رقم (2- 4) شكل رباعي ذو مركز

(ج) شكل متعدد الأضلاع ذو مركز

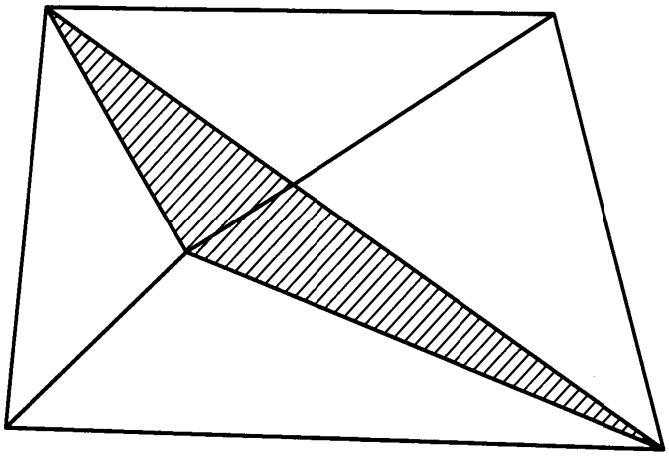
الشكل الخماسي أحسن أشكال هذا النوع وتضعف قوة الشكل كلما زاد عدد الأضلاع عن ستة، بالإضافة إلى صعوبة الضبط والتصحيح ويجب تجنب ذلك بقدر الإمكان، الشكل رقم (2- 5).



الشكل رقم (2- 5) شكل متعدد الأضلاع ذو مركز

(د) الأشكال المتداخلة

الأشكال المتداخلة متينة جداً من الناحية النظرية لأن المثلثات المشتركة تربط الأشكال مع بعضها بقوة تامة ويكون لها نفس القوة من الناحية العملية كما لو ضبطت الشبكة كلها
متكاملةً. ولكن هذه الأشكال تحتاج لحسابات معقدة ولذلك يجب تجنبها بقدر الإمكان، الشكل رقم (2- 6).



الشكل رقم (2- 6) شكل رباعي متداخل ذو مركز

2- 1- 5- 2 أنواع الشبكات المثلثية من حيث طريقة العمل

1 – شبكات مقاسة الزوايا

في هذه الطريقة يتم قياس جميع زوايا الشبكة ويقاس طول خط قاعدته وانحرافه وإحداثيات إحدى نقاطه في بداية الشبكة ومثله في نهايتها للتحقيق .

2 – شبكات مقاسة الأضلاع

وهي طريقة استحدثت بعد تطور الأجهزة الإلكترونية لقياس المسافات ، حيث يتم قياس جميع أطوال أضلاع شبكة المثلثات، ومن عيوبها قلة عدد الاشتراطات.

3 – شبكات المثلثات المزدوجة

في هذه الطريقة يتم قياس جميع أضلاع وجميع زوايا شبكة المثلثات بغرض الحصول على دقة أعلى في ضبط وتصحيح الشبكة وحساب إحداثيات نقاطها.

2-2 الميزانية الجيوديسية

الميزانية الجيوديسية هي إحدى أنواع الميزانيات التي تجرى للمساحات الكبيرة و يدخل في إجرائها اعتبار تأثير الانكسار وكروية الأرض وهي نوعان :

1 – الميزانية الدقيقة ، 2 – الميزانية المثلثية

2- 2- 1 الميزانية الدقيقة

تستعمل الميزانيات الدقيقة في الأعمال التي تتطلب تعيين المناسيب بدقة عالية مثل (تحديد مناسيب الروبيرات) وتستعمل في الميزانية الدقيقة موازين مساحية دقيقة ذات مواصفات خاصة وقامات دقيقة.

والغرض الأساسي من الميزانية الدقيقة (ميزانية الدرجة الأولى) هو تعيين مناسيب مجموعة نقط بدقة عالية بالنسبة لمستوى المقارنة أو المنسوب المتوسط لسطح البحر. وهذه النقط تسمى روبيرات الدرجة الأولى، وتوضع على مسافات كبيرة من بعضها قد تصل إلى 60 كيلومتر، وتتفرع منها حلقات لربط نقط أخرى ثابتة تسمى روبيرات الدرجة الثانية ثم تتفرع منها حلقات أخرى لربط روبيرات الدرجة الثالثة ، وروبيرات الدرجتين الثانية والثالثة. تستخدم الروبيرات في ضبط مناسيب التفاصيل عند تنفيذ وتصميم المشروعات وكل من هذه الروبيرات لها دقة خاصة في القياس وفي الخطأ المسموح. ويجب تعيين مناسيب نقط خطوط قواعد شبكات المثلثات بواسطة الميزانية الدقيقة.

والميزانية الدقيقة وإن كانت تشابه الميزانية العادية في كثير من أوجه إجرائها إلا أنه يلزم اتخاذ بعض الاحتياطات واتباع طرق خاصة في الرصد والتصحيح مع استعمال أجهزة عالية الدقة للحصول على الدقة المطلوبة .

2- 2- 1- 1 مصادر الأخطاء في الميزانية الدقيقة

1 – هبوط الميزان أو القامة تدريجياً وباستمرار عند وضعها على أرض رخوة.

2 – تمدد أجزاء الميزان تمدداً غير متساوٍ عند تعرضه للشمس أو التغيير في درجات الحرارة.

3 – التغير في الانكسار الجوي.

4 – اختلاف بعد الميزان عند كل من المقدمة أو المؤخرة.

5 – وضع نقطة الدوران في أرض غير صلبة.

6 – عدم وضع القامة رأسية تماماً.

2- 2- 1- 2 أغراض الميزانية الدقيقة

1 – عمل هيكل ثابت للميزانيات العادية وذلك بإنشاء شبكات روبيرات الدرجة الأولى.

2 – في البحوث الجيوديسية التي تتناول الجاذبية الأرضية والمقارنة بين سطوح البحار والمحيطات.

3 – بحث تحركات المباني والمنشآت الضخمة وهبوطها.

4 – توقيع مناسيب المشاريع الهندسية الدقيقة كالجسور والسدود.

5 – بحث الارتفاع والانخفاض الناتج عن تحرك القشرة الأرضية.

2- 2- 1- 3 الأجهزة المستخدمة في الميزانية الدقيقة

أ- الميزان الدقيق : -

يختلف الميزان الدقيق عن الميزان العادي في النقاط التالية:

1. قوة التكبير في المنظار تتراوح بين 30 إلى 50 ضعفاً
2. يمكن إمالة خط النظر بواسطة مسمار خاص حتى تصبح فقاعة التسوية في منتصف مجراها لحظة قراءة القامة.
3. الجهاز مزود بشعرات إستاديا للقياس التاكيومتري.
4. ميزان التسوية بالجهاز من النوع ذي الفقاعة الثابتة الطول أي لا يتغير طولها باختلاف درجة الحرارة.
5. يغطى المنظار وميزان التسوية بغطاءٍ معدني لحمايتهما من تأثير الحرارة والتقلبات الجوية.
6. يستعمل مع الميزان لوح بللوري يسمى لوح التوازي لتغيير كسور أقسام القامة بدقة تصل إلى أجزاء المليمتر وهذا اللوح يوضع أمام العدسة الشيئية وتتم قراءة كسور القامة بواسطة ميكروميتر خاص.

ب- الموازين الدقيقة ذات الضبط الذاتي : -

وهي إحدى أنواع الموازين الدقيقة وتمتاز بالآتي:

1. أي ميل بسيط لخط الانطباق يتم ضبطه ذاتياً بواسطة المنشور المعادل وهو عبارة عن منشور زجاجي يوضع بين العدسة الشيئية وحامل الشعرات وهو معلق داخل المنظار وهذا المنشور يقوم بتصحيح الفروق الصغيرة في ميل خط النظر .
2. عملية الرصد بهذا الجهاز سهلة وسريعة ودقيقة
3. الصورة داخل المنظار تكون صورة معتدلة.

4. لا تتأثر دقة القراءة بسقوط أشعة الشمس على الجهاز.

5. عدم وجود أنبوب ميزان تسوية والضبط الأولي يتم بواسطة مسامير التسوية وفقاعة تسوية على الحامل.

والشكل رقم (2- 7) يوضح أحد أجهزة الموازين المساحية الدقيقة.

الشكل رقم (2- 7) ميزان مساحي دقيق

جـ القامات الدقيقة

تختلف القامات الدقيقة عن القامات العادية في طريقة صناعتها وتقسيمها حيث تصنع القامة الدقيقة من قطعة واحدة من الخشب المتين بطول يتراوح بين 2 إلى 3 متر وبها مقويات لجعلها رأسية تماماً وتعالج بزيت البرافين لمنع امتصاصها للرطوبة وتأثرها بالعوامل الجوية ، انظر الشكل (2- 8) والشكل (2- 9).

الشكل (2- 8) طريقة ترقيم القامة الدقيقة	الشكل (2- 9) يوضح القامة الدقيقة وملحقاتها

د- مميزات القامة الدقيقة

1. التدرج الخاص بالقامة يتم عمله بطريقة خاصة وذلك حتى تظل تقاسيم القامة ظاهرة.
2. تقسم القامة الدقيقة إلى أقسام كل منها 0.5 سم أو 2 ملليمتر ويصل في بعض القامات إلى 1 ملليمتر
3. يوجد تدريجان على جانبي القامة يختلف كل منهما عن الآخر من ناحية القراءة فقط، أما التقسيم فهو واحد في الناحيتين.
4. القامة الخشبية معرضة للتمدد والانكماش بتأثير الرطوبة أو بتغير درجة الحرارة ولذلك فإن تقاسيم بعض القامات المستعملة تصنع من شريط مادة الأنفار.
5. يثبت بظهر القامة ميزان تسوية دائري لضبط تعامدها كما تزود بمقبضين لسهولة مسكها .
6. توضع قاعدة حديدية تحت القامة الدقيقة وهي ذات ثلاث شعب صغيرة مدببة، وعند العمل تثبت في الأرض جيداً وذلك بالضغط عليها.

7. تجهز القامة بكعب أسطواني حديدي ذي طرف كروي لإمكان تثبيتها على القاعدة الحديدية .

هـ - الاحتياطات الواجب مراعاتها في عمل الميزانية الدقيقة

1. يجب أن يكون الرصد لكل خط ميزانية ذهاباً وإياباً .
2. يجب أن يكون بعد الميزان عن المقدمة مساوياً لبعد الميزان عن المؤخرة تقريباً حتى نتجنب تأثير الانكسار الضوئي وكروية الأرض.
3. يجب أن تكون هناك قامتان إحداهما للمقدمة والأخرى للمؤخرة لتجنب تأثير تغير الانكسار الجوي ولتوفير الوقت.
4. تقرأ الشعرات الثلاث على القامة الخلفية ثم على القامة الأمامية إلى أقرب ملليمتر مع التأكد من أن الفقاعة في منتصف مجراها.
5. إذا كانت القامة المستعملة ذات تدريجين فتؤخذ قراءتا المقياسين وتدون في الجدول ويقارن بين قراءتي المقياسين للتحقق من صحة القراءة.
6. يجب ألا يزيد الفرق بين مجموع مسافات المؤخرات عن مجموع مسافات المقدمات عن 20 متر على أكثر تقدير.
7. يجب أن يظلل الميزان دائماً أثناء العمل حتى لا تتأثر فقاعة ميزان التسوية بحرارة الشمس وتقل حساسيتها .
8. يجب ألا تزيد المسافة بين القامة والميزان عن 100 م في أحسن الأحوال الجوية، وعادة ما تكون المسافة في حدود من 30 إلى 40 متر.
9. لتفادي تأثير الانكسار الضوئي قرب سطح الأرض على قراءة القامة يجب أن يكون خط النظر مرتفعاً عن سطح الأرض بقدر الإمكان ولذلك يجب ألا تقل القراءة على القامة عن 0.75 م أي يجب ألا يقترب خط النظر من الأرض عن هذه المسافة.
10. يجب مقارنة طول القامة عند بداية ونهاية كل فصل من فصول السنة أو مرتين كل شهر لتعيين ما قد يحدث بها من تغيير .
11. يجب استعمال قامة أنفار في الجو الرطب أو إذا اختلف فرق منسوبي نقطتي الابتداء والانتهاء عن 10 م .
12. في الميزان ذي الضبط الذاتي يجب العناية بضبط ميزان التسوية الدائري عن الأنواع الأخرى من الموازين الدقيقة.

13. الفرق بين مجموع قراءات المؤخرات ومجموع قراءات المقدمات بين كل روبيرين يساوي الفرق بين منسوبي الروبيرين بعد إدخال التصحيحات اللازمة .

و - تدوين القراءات

تدون القراءات في الجداول المعدة لرصد الميزانية الدقيقة وهي :

1 - قراءات الشعرات الثلاث على القامة في كل وضع لها.

2 - متوسط قراءات الشعرات الثلاث في كل وضع للقامة.

3 - المسافة المقطوعة على القامة بين الشعرة الأفقية وكل من شعرتي الاستاديا.

4 - مجموع كل المسافات الجزئية المقطوعة على القامة.

5- أرقام الروبيرات التي تجرى الميزانية لها وحالة الجو.

ز - الحد الأقصى لخطأ القفل المسموح به في حلقات الميزانية الدقيقة:

خطأ القفل المسموح به في ميزانية الدرجة الأولى = $4\sqrt{ك}$ مم

خطأ القفل المسموح به في ميزانية الدرجة الثانية = $8\sqrt{ك}$ مم

خطأ القفل المسموح به في ميزانية الدرجة الثالثة = $12\sqrt{ك}$ مم

حيث (ك) : طول الميزانية بالكيلومتر

ح - التصحيحات الواجب تطبيقها على أرصاد الميزانية الدقيقة:

1. تصحيح الخطأ الناشئ عن تكور سطح الأرض وانكسار الضوء وهذا التصحيح يتناسب مع مربع المسافة بين القامة والميزان ويطرح من القراءات ومقداره :

$$ح = 0.0000687 \times ف^2$$

حيث: ف = المسافة بالأمتار،

نق = نصف قطر الأرض،

ح = التصحيح بالمليمتر.

2. تصحيح خطأ الموازاة الناتج من عدم توفر شروط ضبط الميزان.

3. تصحيح الخطأ الناشئ من تمدد أو انكماش القامة نتيجة لاختلاف درجات الحرارة عند الرصد عن وقت المقارنة.

4. تصحيح الخطأ المطلق في طول القامة (اختلاف الطول الاسمي عن الطول الحقيقي للقامة).

5. تصحيح المنسوب المطلق.

ط - فريق عمل الميزانية:

تتكون الفرقة التي تقوم بتنفيذ أعمال الميزانية الدقيقة من :

- مساح يتولى مهام الرصد.
- مساعدا فرقة لحمل القامتين
- مسجل لتسجيل القراءات في الجداول المعدة لتسجيل أرصاد الميزانية الدقيقة.

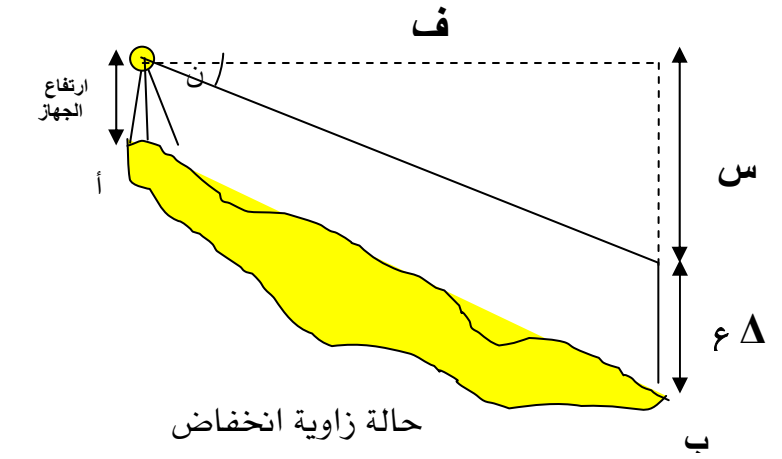
2- 2- 2 الميزانية المثلثية

يصعب استخدام الميزانيات الدقيقة والعادية في بعض المناطق الجبلية ذات التضاريس الوعرة ويفضل استخدام الميزانية المثلثية التي تقاس فيها الزوايا الرأسية باستخدام أجهزة المحطة الشاملة أو جهاز الثيودوليت مع قياس المسافات المائلة أو الأفقية بين النقاط. وتعتبر المناسيب المعينة بطرق الميزانية المثلثية أقل دقة من الميزانية الدقيقة والعادية . وتتطلب

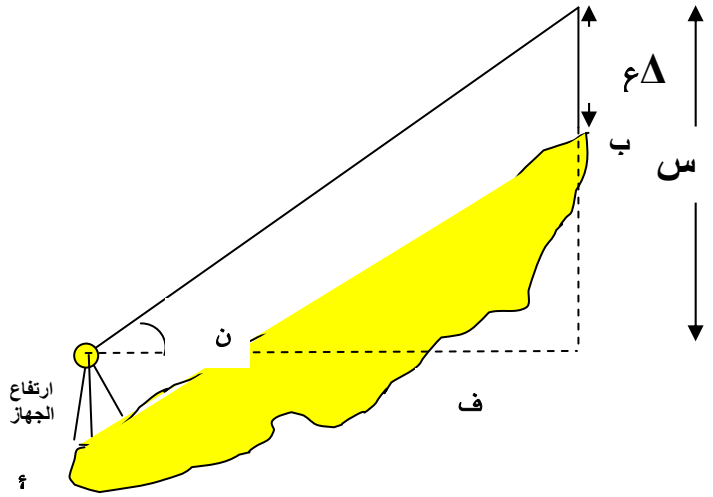
الميزانية المثلثية طرق واحتياطات خاصة أثناء عملية الرصد ، وتستعمل عندما يتعذر استعمال الميزانية الدقيقة بسبب الاختلاف الكبير في المناسيب. وتستخدم الميزانية المثلثية لتعيين مناسيب نقط شبكات المثلثات.

2- 2- 2- 1 حساب المناسيب باستخدام الميزانية المثلثية

- يتم حساب المناسيب بمعلومية منسوب إحدى نقاط خط القاعدة وأطوال أضلاع الشبكة المحسوبة والزوايا الرأسية المرصودة (ارتفاع أو انخفاض) ، انظر الشكل رقم (2- 10)



حالة زاوية انخفاض



حالة زاوية ارتفاع

الشكل رقم (2- 10) الميزانية المثلثية

من الرسم أعلاه يلاحظ أن :

ف = المسافة الأفقية

س = المسافة الرأسية

ن = زاوية الارتفاع أو الانخفاض

Δع = ارتفاع التهديف

م ب = منسوب الهدف

م أ = منسوب المرصد

المسافة الرأسية = المسافة الأفقية × ظل الزاوية الرأسية

س = ف × ظا ن

منسوب الهدف = منسوب المرصد+ ارتفاع الجهاز ± المسافة الرأسية – ارتفاع التهديف

م ب = م أ + ل ± س - Δ ع

حيث الإشارة + عندما تكون المسافة الرأسية في حالة زوايا الارتفاع

والإشارة - عندما تكون المسافة الرأسية في حالة زوايا الانخفاض.

ارتفاع التهديف = صفر في حالة التهديف أسفل الهدف.

مثال

الجدول التالي يوضح أرصاد الميزانية المثلثية للأهداف B ، C ، D من المرصد A ، المطلوب حساب مناسيب النقط B ، C ، D علماً بأن منسوب نقطة A = 150 متر فوق مستوى سطح البحر وارتفاع الجهاز فوقها = 1.65 م

جدول أرصاد الميزانية المثلثية (النقطة المحتلة: A)

الهدف	وضع الجهاز	القراءة الرأسية	مقدار الزاوية الرأسية	متوسط الزاوية الرأسية	نوع الزاوية	ارتفاع التهديف
B	س	°89 ′53 ″20	°00 ′06 ″40	°00 ′06 ″36	ارتفاع	1.16
	م	°270 ′06 ″32	°00 ′06 ″32			
C	س	°89 ′30 ″28	°00 ′29 ″32	°00 ′29 ″25	ارتفاع	0.00
	م	°270 ′29 ″18	°00 ′29 ″18			
D	س	°90 ′19 ″50	°00 ′19 ″50	°00 ′19 ″44	انخفاض	1.16
	م	°269 ′40 ″22	°00 ′19 ″38			

الحل

المسافة الرأسية = المسافة الأفقية × ظا الزاوية الرأسية

س = ف × ظا ن

منسوب الهدف = منسوب المرصد + ارتفاع الجهاز ± المسافة الرأسية - ارتفاع التهديف

$م_B$ = $م_A$ + ل ± س - Δ ع

- حساب المسافات الرأسية للأهداف الثلاثة : B ، C ، D

$س_B$ = 381.874 × ظا (36″ 06′ 00°) = 0.733 متر

$س_C$ = 389.861 × ظا (25″ 29′ 00°) = 3.336 متر

$س_D$ = 535.254 × ظا (44″ 19′ 00°) = 3.072 متر

- حساب المناسيب للأهداف الثلاثة : B ، C ، D

$م_B$ = 150 + 1.65 + 0.733 - 1.16 = 151.223 متر

$م_C$ = 150 + 1.65 + 3.336 - 0.00 = 154.986 متر

$م_D$ = 150 + 1.65 - 3.072 - 1.16 = 147.418 متر

ملحوظات:

- يمكن الاستعانة بالجدول التالي إذا كانت الأهداف عديدة وذلك لتنظيم وترتيب عملية حساب المناسيب.

منسوب سطح الجهاز = منسوب المرصد + ارتفاع الجهاز = ($م_A$ + ل)

المرصد	الهدف	الزاوية الرأسية	المسافة الأفقية (متر)	منسوب سطح الجهاز(متر)	المسافة الرأسية (متر)	ارتفاع التهديف (متر)	المنسوب (م) (متر)
A	B	+36″ 06′ 00°	381.874	151.65	+0.733	1.16	151.223
	C	+25″ 29′ 00°	389.861	151.65	+3.336	0.0	154.986
	D	- 44″ 19′ 00°	535.254	151.65	- 3.072	1.16	147.418

أسئلة الوحدة التدريبية الثانية

س1 اذكر أهمية شبكات المثلثات؟

س2 اذكر أنواع شبكات المثلثات من حيث الشكل.

س3 قارن بين درجات شبكات المثلثات.

س4 ما هي أنواع الميزانية الجيوديسية ؟

س5 اذكر مصادر الأخطاء في الميزانية الدقيقة؟

س6 اذكر الاحتياطات الواجب مراعاتها في عمل الميزانية الدقيقة؟

س7 ما هي أهم مميزات القامة الدقيقة ؟

س8 متى تستعمل الميزانية المثلثية ؟ وما هو الجهاز المستخدم في الرصد ؟

س9 احسب مناسيب النقاط B ، C ، D بطريقة الميزانية المثلثية ، إذا كانت قياسات الميزانية المثلثية كما هو مسجل في الجدول التالي:

المرصد	الهدف	المسافة الأفقية	الزاوية الرأسية المقاسة	ارتفاع التهديف	نوع الزاوية
A	B	400.567 متر	°00 ′05 ″19	1.52 متر	انخفاض
	C	327.512 متر	°01 ′00 ″12	1.52 متر	ارتفاع
	D	451.912 متر	°00 ′39 ″49	1.52 متر	انخفاض

علماً بأن منسوب النقطة A = 941.115 متر.

وارتفاع الجهاز فوق نقطة A = 1.68 متر.

الوحدة الثالثة

مشروع تدريبي استكشاف وتثبيت نقاط الشبكة

مشروع تدريبي

استكشاف وتثبيت نقاط الشبكة

الهدف العام:

تهدف هذه الوحدة إلى تمكين المتدرب من تنفيذ عمليات استكشاف الموقع، وتثبيت نقط شبكة المثلثات، وأن يتعرف المتدرب على الجهاز المستخدم وتشغيله تمهيدا لعمل الأرصاد والقياسات المطلوبة للشبكة.

الأهداف التفصيلية:

عندما يكمل المتدرب هذه الوحدة فإنه يكون قادراً وبكفاءة على:

1- أن يستكشف موقع المشروع.
2- أن يثبت النقاط التي تكون رؤوس شبكة المثلثات.
3- أن يعد الجهاز لعمليات الرصد والقياس.
4- أن يستخدم خصائص ووظائف الجهاز.

الوقت المتوقع للتدريب ستة ساعات تدريبية.

الوسائل المساعدة:

1- التعليمات والتدريبات في هذه الوحدة.
2- السبورة الذكية أو جهاز العرض من الحاسب الآلي (data Show).
3- جهاز المحطة الشاملة.
4- كتيب تشغيل الجهاز.
5- أدوات قرطاسية لرسم الكروكيات
6- أدوات لتثبيت نقط الشبكة.

متطلبات الجدارة:

1- إتقان مهارة الاستكشاف ورسم الكروكي.
2- إتقان مهارة تشغيل جهاز المحطة الشاملة واستخدام وظائفه.
3- إتقان مهارة تحديد شكل هندسي جيد لشبكة المثلثات حسب المواصفات.

استكشاف وتثبيت نقاط شبكة المثلثات

3 – 1 مقدمة

إن نجاح تصميم شبكة المثلثات يتوقف كثيراً على عملية الاستكشاف التي تعتبر من العمليات الأساسية في مراحل تنفيذ شبكة المثلثات. والغرض من عملية الاستكشاف هو التعرف على طبيعة الأرض لاختيار أفضل المواقع لتثبيت نقاط شبكة المثلثات بما لا يتعارض مع مواصفات النقاط ومتانة شبكة المثلثات وكذلك لاختيار أفضل المواقع لإنشاء خطوط قواعد شبكة المثلثات ،وتعطى عملية الاستكشاف عناية كبيرة حيث تتوقف عليها تكاليف العمل، ومن المعلومات التي يتم الحصول عليها أثناء عملية الاستكشاف البيانات التالية :

1. المنسوب التقريبي لنقاط شبكة المثلثات.
2. العقبات التي قد تعترض مسار الرؤية بين نقاط شبكة المثلثات.
3. وسائل المواصلات الضرورية للانتقال بين النقاط المختلفة.
4. وسائل الإمداد بالتموين والمياه.
5. رسم تخطيطي للمنطقة عند عدم وجود خريطة سابقة.
6. توفير كل ما يحتاجه العمل لضمان عدم تعطيل العمل أو فشله.

وتستخدم مع عملية الاستكشاف الأجهزة البسيطة مثل الثيودوليت البسيط والبوصلة المغناطيسية والشريط وأدوات الرسم وبعض وسائل النقل التي تساعد على التنقل في أرجاء الموقع حسب طبيعة الأرض .

تلي مرحلة الاستكشاف عملية تثبيت نقط شبكة المثلثات في الطبيعة ورسم كروكيات الشبكة وعمل بطاقة وصف لكل نقطة من نقاط شبكة المثلثات وتربط بثلاثة أهداف واضحة ومحددة في الطبيعة، ويجب التأكد من أن نقاط شبكة المثلثات المختارة توافق الشروط الواجب مراعاتها عند اختيار نقاط المثلثات وإلا يجب تغيير موقعها في نطاق محدود. ويجب الحرص عند تعيين مواقع النقاط في الطبيعة والتأكد من ثباتها وعدم تأثرها بأي عامل من العوامل، ولضمان سلامة نقط شبكة المثلثات نتبع الطريقة الآتية:

- تدفن النقطة الأصلية تحت سطح الأرض على مسافة مناسبة وتعلم بعلامة حديدية وتوضع علامة أخرى فوق سطح الأرض للاستدلال على مكان النقطة الأصلية .
- يتم ربط هذه النقطة بثلاثة أهداف وعمل (بطاقة الوصف) وتكون هذه الأهداف محددة وثابتة ويمكن تمييزها بسهولة حتى يمكن الرجوع إليها والاستعانة بها في حالة فقد النقطة الأصلية.

3 – 2 شروط اختيار نقاط شبكة المثلثات

1. أن تكون النقط في أماكن ثابتة غير معرضة للعبث بها أو الضياع مع سهولة الوصول إليها.
2. أن تكون النقط في أماكن مرتفعة وتطل على مناطق واسعة لتجنب بناء الأبراج بقدر الإمكان .
3. أن ترى كل نقطة النقاط التي حولها بوضوح .
4. أن لا تزيد الزوايا بين أضلاع شبكة المثلثات عن 120° ولا تقل عن 30°
5. تجنب الأرصاد غير المركزية بقدر الإمكان لتقليل العمليات الحسابية.
6. أن لا تكون الخطوط طويلة جداً مما يترتب عليه عدم وضوح النقط وبالتالي عدم تنصيفها للرصد عليها بدقة وأن لا تكون الخطوط قصيرة جداً مما قد يترتب عليه أخطاء نتيجة عدم الدقة في التوجيه وتنصيف الهدف.
7. تجنب النقط القريبة من سطح الأرض لتفادي التأثير السلبي للانكسار الضوئي.
8. يجب أن تكون الأشكال المكونة للشبكة متفقة مع مطالب متانة الأشكال.
9. أن تكون عملية إزالة الأشجار وما شابهها من عقبات تعترض خطوط المثلثات محصورة في أقل قدر ممكن.

3- 3 شروط اختيار خط القاعدة

يقاس خط القاعدة في بداية الشبكة ونهايتها للتحقيق ويراعى عند اختيار أماكن خطوط قاعدة شبكات المثلثات ما يلي:

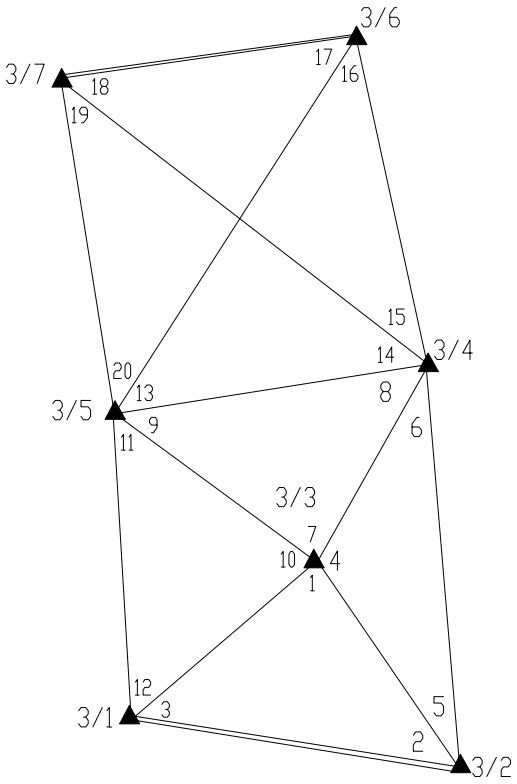
1. أن تسمح المنطقة بربط أو اتصال جيد بين خط القاعدة وشبكة المثلثات لإنشاء شبكة من المثلثات المتينة.
2. أن تكون المنطقة مكشوفة وليس بها عوائق.
3. أن تسمح بقياس خط القاعدة مباشرة.
4. أن لا يزيد الانحدار على طول خط القاعدة عن 2/1 .
5. أن تكون نقطة الأساس أحد طرفي خط القاعدة .
6. يجب أن يكون خط النظر بين طرفي خط القاعدة بعيداً عن سطح الأرض بمسافة مناسبة على مدى طوله كله حتى لا يتأثر بالانكسار الضوئي .

3- 4 إعداد ورسم كروكي شبكة المثلثات

يفضل عند تصميم شبكة مثلثات لأغراض التدريب أن يتم اختيار شبكة مثلثات بسيطة ومكونة من شكلين ويفضل أن يكون أحدهما شكل رباعي مرصود القطرين والآخر شكل رباعي ذو مركز، الشكل (3- 1) يوضح الشكل المقترح لشبكة المثلثات المطلوب إنشاؤها.

ويجب أن يراعى عند تصميم شبكة المثلثات جميع الشروط الخاصة باختيار نقاط المثلثات، وشروط اختيار خط القاعدة ، وأن يتم رصد جميع الزوايا الأفقية للشبكة على أربعة أقواس ببدايات مختلفة حسب مواصفات شبكات مثلثات الدرجة الثالثة، وأن يتم رصد قوس واحد رأسي لنفس الأهداف.

ويتم الرصد بجهاز الثيودوليت الرقمي أو الحديث أو المحطة الشاملة ذات دقة مناسبة في قياس الزوايا والأطوال تتوافق مع مواصفات شبكات مثلثات الدرجة الثالثة.



الشكل (3- 1) كروكي عام شبكة المثلثات المقترح انشاؤها

3- 5 التعرف على الجهاز المستخدم في الرصد

عند استخدام جهاز المحطة الشاملة في أعمال رصد شبكة المثلثات يجب أن يلم المتدرب بالنقاط والمعلومات الأساسية التالية:

1. أجزاء ووظائف الجهاز
2. تحديد دقة الجهاز في قياس الزوايا.
3. تحديد دقة الجهاز في قياس الأطوال.
4. خطوات إعداد الجهاز لعملية الرصد.
5. تشغيل الجهاز والتأكد من أن جميع وظائف الجهاز تعمل بصورة معتادة.

أمثلة لبعض أنواع أجهزة المحطة الشاملة

يوجد أنواع مختلفة من أجهزة المحطة الشاملة المستخدمة والمتوفرة في سوق العمل بالمملكة العربية السعودية ومنها على سبيل المثال لا الحصر:

- أجهزة مساحية من إنتاج شركة لايكا Leica
- أجهزة مساحية من إنتاج شركة نيكون Nikon
- أجهزة مساحية من إنتاج شركة توبكن Topcon
- أجهزة مساحية من إنتاج شركة سوكيا Sokkia

الشكل (3- 2) يوضح صوراً لبعض أجهزة المحطة الشاملة المستخدمة في الأعمال المساحية بالسوق المحلي.

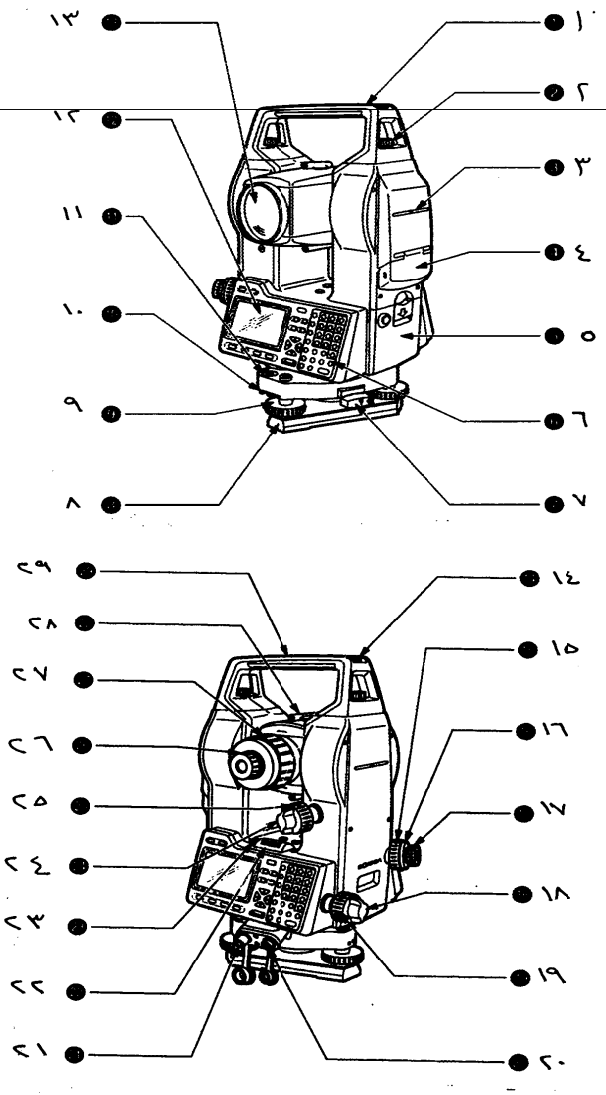
للتعرف على طريقة تشغيل واستخدام جهاز المحطة الشاملة، يمكن الاستعانة بكتيب تشغيل الجهاز الذي يحتوي على تفاصيل شرح أجزاء ووظائف الجهاز وكذلك عمليات إعداد الجهاز للرصد وتشغيل الجهاز وأخذ الأرصاد والقياسات وتسجيلها حسب الإمكانيات المتاحة بالجهاز.

الشكل (3- 3) رسم تخطيطي لأحد أجهزة المحطة الشاملة للتعرف على أجزاء الجهاز ومسمياتها ومعظم أجهزة المحطة الشاملة تتشابه في أجزائها ووظائفها وطريقة عرض المعلومات وأساسيات برنامج تشغيل الجهاز.

المحطة الشاملة " Sokkia Power set2010	المحطة الشاملة Leica system 2000
المحطة الشاملة Topcon GTS-300	المحطة الشاملة " Nikon/Trimble Nivo"

الشكل (3- 2) صور لبعض أجهزة المحطة الشاملة

يوضح الشكل التالي الأجزاء الرئيسية لأحد أجهزة المحطة الشاملة



الشكل (3- 3) الأجزاء الرئيسة لجهاز المحطة الشاملة

من الشكل (3- 3) تتضح أجزاء الجهاز كالتالي:

1	يد لحمل الجهاز	16	مسمار توضيح شعرات ضبط التسامت الضوئي
2	مسمار لفك وتركيب يد حامل الجهاز	17	العدسة العينية لضبط التسامت
3	نقطة قياس ارتفاع الجهاز	18	مسمار الحركة السريعة الأفقية
4	غطاء كارت التخزين	19	مسمار الحركة البطيئة الأفقية
5	البطارية	20	جاك توصيل وحدة البيانات
6	لوحة المفاتيح	21	جاك توصيل البطارية
7	مفتاح لفك التريبراخ	22	ميزان التسوية الطولي
8	قاعدة مستوية	23	مسامير ضبط ميزان التسوية الطولي
9	مسامير التسوية الثلاثة	24	مسمار ربط الحركة الرأسية السريعة
10	مسامير ضبط الفقاعة الدائرية	25	مسمار الحركة الرأسية البطيئة
11	الفقاعة الدائرية	26	العدسة العينية للتلسكوب
12	شاشة الإظهار	27	توضيح الرؤية
13	العدسة الشيئية	28	التوجيه الخارجي (التنشين)
14	ثقب لبوصلة أنبوبية	29	علامة مركز الجهاز
15	مسمار لضبط التسامت الضوئي		

3- 5- 1 العناية بالجهاز وتنظيفه

عند نقل الجهاز في الطبيعة من نقطة إلى أخرى يجب اتباع الآتي :

- وضع الجهاز في الحقيبة الخاصة به أثناء النقل لمسافات كبيرة.
- عند نقل الجهاز لمسافات قصيرة يمكن نقل الجهاز وهو مثبت على الحامل الثلاثي وذلك بحمله على الكتف مع الحرص على الجهاز.
- قبل تنظيف الجهاز يجب نفض الغبار عن العدسات والعاكس.
- يجب عدم لمس العدسات بأصابع اليد،كما يجب استخدام قطعة قماش ناعمة للتنظيف.
- تجفيف الجهاز بسرعة عند ابتلاله بالماء.
- ضبط ومعايرة الجهاز بعد نقله أو تخزينه.
- يجب المحافظة على كروت التخزين وأسلاك التوصيل وإبقائها نظيفة وجافة وخالية من الأتربة.

3- 5- 2 تخزين الجهاز

- عند تخزين الجهاز لفترات طويلة وخاصةً في فصل الصيف يجب اتباع التعليمات وشروط التخزين الواردة بكتيب الجهاز فيما يتعلق بدرجات الحرارة ونسبة الرطوبة.
- إذا أصاب الجهاز بلل أو رطوبة فيجب تركه يجف خارج الحقيبة وينظف ويجفف (بحرارة لا تزيد عن 40 °مئوية) ثم يوضع الجهاز في الحقيبة بعد التأكد من جفافه.

3- 5- 3 إعداد الجهاز للرصد

قبل استخدام الجهاز في عملية الرصد يجب التأكد من:

1. شحن بطارية الجهاز وتوفير بطاريات إضافية.
2. تركيب البطارية في المكان المخصص لها بالجهاز.
3. تثبيت القاعدة مع الجهاز بشكل صحيح.
4. تثبيت القاعدة جيداً على الحامل الثلاثي.
5. يتم تطبيق شروط الضبط المؤقت للجهاز بعمل التسامت والتسوية الأفقية وإزالة خطأ اوضع.

3- 5- 4 أخطاء الرصد والتغلب عليها

عند استعمال الأجهزة المساحية يراعى اختيار الطريقة التي تساعد على تفادي الأخطاء بأنواعها المختلفة التي قد تؤثر على الدقة المطلوبة للعمل المساحي والأخطاء المحتملة هي:

1. الخطأ الناتج عن عدم تعامد محاور الجهاز، ويمكن التغلب عليه بالرصد في الوضع المتيامن والوضع المتياسر للجهاز وأخذ متوسط القراءتين.
2. الأخطاء الناتجة عن عدم دقة تقسيم تدريج الدائرة الأفقية،ويمكن التغلب عليها باستعمال بدايات مختلفة لقياس الزوايا في الأقواس المختلفة.
3. الأخطاء الناتجة عن عدم تنصيف الهدف ويمكن التغلب عليها بإعادة التوجيه والقراءة عدة مرات.

3- 5- 5 استخدام جهاز المحطة الشاملة للحصول على القياسات المساحية

1- يتم إجراء عملية الضبط المؤقت للجهاز كأي جهاز مساحي، ويمكن ضبط أفقية الجهاز باستخدام الفقاعة الإلكترونية التي تظهر على شاشة الجهاز.

2- تصفير الزاوية الأفقية: يتم توجيه منظار الجهاز على الهدف ثم ضغط مفتاح تصفير الزاوية الأفقية. ويمكن إدخال قيمة محددة لقراءة البداية (درجات، دقائق، ثوانٍ) بدلاً من القيمة: 000 ″ 00 ′ 00 °

3- لقياس المسافة بالجهاز: يتم توجيه منظار الجهاز إلى العاكس واختيار نوع المسافة المطلوب قياسها وعرضها على شاشة الجهاز (مسافة مائلة) أم (مسافة أفقية).

4- يمكن كذلك إظهار قيمة المسافة الرأسية.

5- يمكن إظهار قيمة المركبات السينية والصادية على شاشة الجهاز.

6- إذا أردنا الحصول على الإحداثيات الحقيقية للنقط المرصودة مباشرة ، فيجب إدخال إحداثيات النقطة المحتلة ومنسوبها وانحراف معلوم في الجهاز أثناء مرحلة إعداد الجهاز للرصد وقبل بدء عمليات الرصد.

أسئلة الوحدة التدريبية الثالثة

س1 ما هو الهدف من عملية الاستكشاف؟

س2 ما هي الشروط الواجب مراعاتها عند اختيار نقاط شبكة المثلثات ؟

س3 ما هي شروط اختيار خط القاعدة ؟

س4 ما هي الأخطاء التي تحدث أثناء عملية الرصد بجهاز المحطة الشاملة، وكيف يمكن التغلب عليها ؟

الوحدة الرابعة

رصد وضبط شبكة مثلثات

مشروع تدريبي
رصد وضبط شبكة المثلثات

الهدف العام:

تهدف هذه الوحدة إلى تزويد المتدرب بالمهارات اللازمة التي تمكنه من عمل القياسات والأرصاد الضرورية لإنشاء شبكة مثلثات، وكذلك تزود المتدرب بالمهارات المطلوبة للقيام بعمليات ضبط وتصحيح الأرصاد وحساب إحداثيات نقط شبكة المثلثات بدقة.

الأهداف التفصيلية:

عندما يكمل المتدرب هذه الوحدة فإنه يكون قادراً وبكفاءة على:

1- أن يرصد زايا شبكة المثلثات.
2- أن يقيس أطوال خطوط قواعد الشبكة.
3- أن يصحح ويضبط أرصاد شبكة المثلثات.
4- أن يحسب إحداثيات نقط شبكة المثلثات.

الوقت المتوقع للتدريب: ثمانية عشر ساعة تدريبية.

الوسائل المساعدة:

1- التعليمات والتدريبات في هذه الوحدة.
2- السبورة الذكية أو جهاز العرض من الحاسب الآلي (data Show).
3- جهاز المحطة الشاملة.
4- كتيب تشغيل الجهاز.
5- نماذج جداول تسجيل الأرصاد
6- نماذج جداول ضبط وتصحيح أرصاد الشبكة وحساب إحداثياتها.
7- آلة حاسبة.

متطلبات الجدارة:

1- إتقان مهارة عمل أرصاد وقياسات شبكة المثلثات.
2- إتقان مهارة ضبط وتصحيح أرصاد شبكة المثلثات.
3- إتقان مهارة حساب إحداثيات نقط شبكة المثلثات.

مشروع تدريبي رصد وضبط شبكة المثلثات

4- 1 أرصاد الزاوية الأفقية والرأسية لشبكة المثلثات

تتوقف طريقة الرصد وعدد أقواس رصد الزوايا الأفقية لنقط شبكة المثلثات على درجة شبكة المثلثات.

ولأغراض التدريب في هذه المرحلة التي يتدرب فيها المتدرب على عمليات إنشاء شبكات المثلثات يمكن اعتبار شبكة المثلثات المطلوب إنشاؤها وضبطها من الدرجة الثالثة. وعلى ذلك فإن المطلوب لهذه الشبكة رصد أربعة أقواس أفقية لكل نقطة وقوس واحد للزوايا الرأسية . يتم رصد الزوايا الأفقية والرأسية لنقاط الشبكة وذلك باحتلال النقطة بجهاز محطة متكاملة (Total Station) ذو دقة مناسبة لقياس زوايا الشبكة وقياس طول خط القاعدة.
يتم قياس ورصد الزوايا الأفقية لنقاط الشبكة بتطبيق ما تدرب عليه المتدرب سابقاً في قياس الزوايا الأفقية بين الأهداف وذلك بأن يتم التوجيه على نقطة البداية وتصفير الجهاز (ضبط قراءة الدائرة الأفقية على المقدار $00^\circ\ 00'\ 30''$) أو أي قراءة مناسبة ثم توجيه المنظار على نقاط الشبكة المطلوب رصدها من النقطة المحتلة, ثم يتم قفل الأفق على نقطة البداية مرة أخرى ويسمى هذا الوضع المتياسر للجهاز وتسجل القراءات في الجدول المعد لذلك .

نغير وضع الجهاز من المتياسر إلى المتيامن وذلك بدوران الجهاز حول المحور الرأسي 180° ودوران المنظار حول المحور الأفقي 180° ويتم التوجيه على نقطة البداية وتؤخذ القراءة وتسجل في آخر الجدول في الوضع المتيامن أمام نقطة البداية بالجدول ثم يدار المنظار في اتجاه عكس عقارب الساعة إلى أن يتم قفل الأفق على نقطة البداية مرة أخرى وبذلك تنتهي أرصاد هذا القوس في الوضع المتيامن والوضع المتياسر.

ملحوظة :

مرفق بالصفحات التالية (52، 53، 54 ، 55) جداول تسجيل أرصاد الزوايا الأفقية لإحدى نقط شبكة مثلثات مثل نقطة A (أربع أقواس) للتعرف على كيفية تسجيل القراءات وحساب الزوايا الأفقية وإيجاد خطأ قفل الأفق وحساب الزوايا الأفقية المصححة.
وكذلك مرفق بالصفحة (59) جدول تسجيل قراءات الدائرة الرأسية وحساب الزوايا الرأسية لنقط شبكة المثلثات ($\frac{3}{1}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{3}{3}$ ، $\frac{3}{4}$ ، $\frac{3}{5}$) المرصودة من نقطة A (قوس واحد) للاستعانة بذلك كمثال.

□

ملحوظات أثناء حساب الزوايا الأفقية

1. مجموع الزوايا الأفقية حول النقطة يجب أن يساوي 360°.
2. إذا اختلف المجموع عن 360° يكون هناك خطأ قفل أفق.
3. يتم توزيع خطأ قفل الأفق بالتساوي على الزوايا المرصودة إذا كان في حدود المسموح به طبقاً لمواصفات درجة شبكة المثلثات.
4. يجب رسم كروكي للأهداف المرصودة مع رسم اتجاه الشمال بالجدول.

ملحوظات أثناء رصد وحساب الزوايا الرأسية

- قياس ارتفاع الجهاز أثناء الرصد.
- معرفة طريقة تدريج الدائرة الرأسية للجهاز.
- حساب قيم الزوايا الرأسية في الوضع المتياسر (90 - قراءة الدائرة الرأسية).
- حساب قيم الزوايا الرأسية في الوضع المتيامن (قراءة الدائرة الرأسية – 270).
- تعتبر الزاوية ارتفاع إذا كان ناتج الطرح موجبا.
- وتعتبر الزاوية انخفاض إذا كان ناتج الطرح سالبا.

جدول (رصلة المزاوية الأفقية)

اسم الراصد: النقطة المحتلة : A ارتفاع الجهاز : - تاريخ الرصد :

نوع الجهاز: دقة الجهاز: درجة التحلة : الثانية ارتفاع العاكس : - حالة الطقس عناصب رقم التمرس : الأول

رقم الزاوية	الزاوية المصححة ° ' "	قيمة التصحيح	متدار الزاوية ° ' "	متوسط القراءتين ° ' "	قراءة الدرة الأخيرة ° ' "	وضع الجهاز	الأهداف
1	٢٧ ٣٩ ٤٦	+ ١	٢٦ ٣٩ ٤٦	٢٤ ٠٠ ٠٠	٣٠ ٠٠ ٠٠	س	1/3
					١٨ ٠٠ ١٨٠	؟	
2	٢٥ ٢٦ ٥٤	+ ١	٢٤ ٢٦ ٥٤	٥٠ ٣٩ ٤٦	٥٦ ٣٩ ٤٦	س	2/3
					٤٤ ٣٩ ٢٢٦	؟	
3	٤١ ٤٠ ٥٨	+ ١	٤٠ ٤٠ ٥٨	١٤ ٠٦ ١٠١	١٨ ٠٦ ١٠١	س	3/3
					١٠ ٠٦ ٢٨١	؟	
4	٤٣ ٠٤ ٣٠	+ ١	٤٢ ٠٤ ٣٠	٥٤ ٤٦ ١٥٩	٥٦ ٤٦ ١٥٩	س	/3 4
					٥٢ ٤٦ ٣٣٩	؟	
4	٤٤ ٠٨ ١٧٠	+ ١	٤٣ ٠٨ ١٧٠	٣٦ ٥١ ١٨٩	٤٢ ٥١ ١٨٩	س	5/3
					٣٠ ٥١ ٠٩	؟	
المجموع	٠٠ ٠٠ ٣٦٠	+ ٥	٥٥ ٥٩ ٣٥٩	١٩ ٠٠ ٠٠	٢٦ ٠٠ ٠٠	س	1/3
					١٢ ٠٠ ١٨٠	؟	

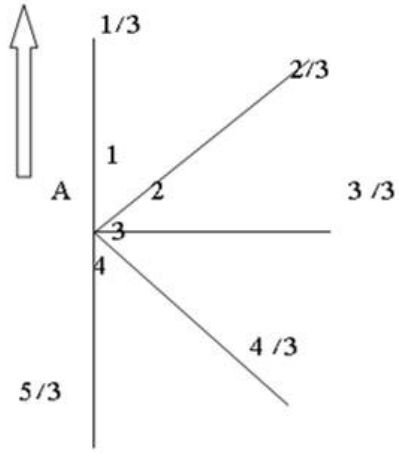
خطأ قبل الأخير = - ٥"

مسموح – غير مسموح

(جدول أرصاد للزوايا الأفقية)

اسم الراصد : النقطة المحتلة : A ارتفاع الجهاز : - تاريخ الرصد :

نوع الجهاز: دقة الجهاز : درجة النقطة : الثالثة ارتفاع العاكس : - حالة الطقس :مناسب رقم القوس : الثاني

كروكي الأهداف المرصودة	رقم الزاوية	الزاوية المصححة	قيمة التصحيح	مقدار الزاوية	متوسط القراءتين	قراءة الدائرة الأفقية	وضع الجهاز	الأهداف المرصودة
	1	46 39 41	- -	46 39 41	45 02 25	45 02 30	س	1/3
						255 02 20	م	
	2	54 26 25	- -	54 26 25	91 42 06	91 42 10	س	2/3
						271 42 02	م	
	3	58 40 45	- -	58 40 45	146 08 31	146 08 33	س	3/3
						326 08 29	م	
	4	30 04 29	- -	30 04 29	204 49 16	204 49 20	س	4/3
						24 49 12	م	
		08 40	- -	170 08 40	234 53 45	234 53 50	س	5/3
		170				54 53 40	م	
	المجموع	00 00	- -	360 00 00	45 02 25	45 02 35	س	1/3
		360				225 02 15	م	

خطأ قفل الأفق = صفر

ممسوح – غير ممسوح

نوع الجهاز: دقة الجهاز: درجة التقطة : الثانية ارتفاع العاكس : - حالة الطقس :مناسب رقم القوس : الثالث

كروكي الأهداف المرصودة

رقم الزاوية	الزاوية المصححة ° ′ ″	قيمة التصحيح	مقدار الزاوية ° ′ ″	متوسط القراءتين ° ′ ″	قراءة الدائرة الأفقية ° ′ ″	وضع الجهاز	الأهداف المرصودة
1	46 39 38	- -	46 39 38	90 04 55	90 05 00	س	1/3
					270 04 50	م	
				136 44 33	136 44 35	س	2/3
					316 44 31	م	
2	54 26 28	- -	54 26 28	191 11 01	191 11 02	س	3/3
					11 11 00	م	
3	58 40 45	- -	58 40 45	249 51 46	249 51 50	س	4/3
					69 51 42	م	
4	30 04 27	- -	30 04 27	279 56 13	279 56 16	س	5/3
					99 56 10	م	
المجموع	170 08 42	- -	170 08 42	90 04 55	90 04 57	س	1/3
	360 00 00	- -	00		270 04 53	م	

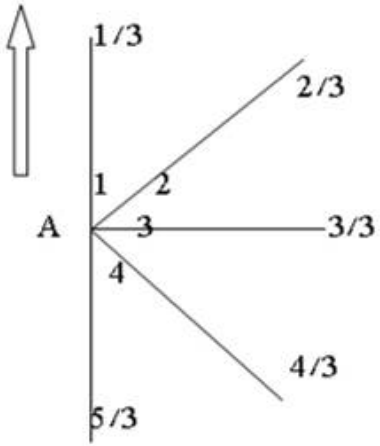
خطأ قفل الأفق = صفر

مسموح – غير مسموح

(جدول أرصاد للزوايا الأفقية)

اسم الراصد : النقطة المحطة : A لرتفاع الجهاز : - تاريخ الرصد :

نوع الجهاز: دقة الجهاز : درجة النقطة : الثالثة لرتفاع العاكس : - حالة الطقس :مناسب رقم التوس : الرابع

كروكي الأهداف المرصودة	رقم الزاوية	الزاوية المصححة ° ' "	قيمة التصحيح	مقدار الزاوية ° ' "	متوسط القراءتين	قراءة الدائرة الأفقية ° ' "	وضع الجهاز	الأهداف المرصودة
	1	46 39 40	1-	46 39 41	135 07 30	135 07 30	س	1/3
						315 07 30	م	
	2	54 26 26	1-	54 26 27	181 47 11	181 47 13	س	2/3
						01 47 09	م	
	3	58 40 46	1-	58 40 47	236 13 38	236 13 40	س	3/3
						56 13 36	م	
	4	30 04 28	1-	30 04 29	294 54 25	294 54 30	س	4/3
						114 54 20	م	
		170 08 40	1-	170 08 41	324 58 54	324 58 56	س	5/3
						144 58 52	م	
	المجموع	360 00 00	5-	360 00 05	135 07 35	135 07 40	س	1/3
						315 07 30	م	

خطأ قفل الأفق = +5"

مسموح - غير مسموح

(جدول أرصاد للزوايا الرأسية)

النقطة المحتلة :　　ارتفاع الجهاز : 1.65　　تاريخ الرصد :

درجة النقطة : الثالثة　　ارتفاع العاكس : 1.00 م　　حالة الطقس :مناسب

نوع التيودوليت :　　دقة الجهاز : 1′　　وقت الرصد : صباحا　　رقم التوس : الأول

اسم الراصد :

ارتفاع التهديف	نوع الزاوية	متوسط الزاوية الرأسية	مقدار الزاوية الرأسية	القراءة الرأسية	وضع الجهاز	الأهداف المرصودة
1.00 م	ارتفاع	00 08 48.5	00 08 51	51 09 89	س	1/3
			00 08 46	270 08 46	م	
1.00 م	ارتفاع	00 08 25.5	00 08 25	89 51 25	س	2/3
			00 08 26	270 08 26	م	
1.00 م	انخفاض	00 17 11.5	00 17 03	90 17 03	س	3/3
			00 17 20	269 42 40	م	
1.00 م	انخفاض	01 27 27	01 27 22	91 27 22	س	4 /3
			01 27 32	268 32 28	م	
1.00 م	انخفاض	00 03 05	00 03 00	90 03 00	س	5/3
			00 03 10	269 56 50	م	

4- 2 قياس خط القاعدة

يقاس خط القاعدة بدقة تامة عدة مرات وفي اتجاهي الخط، ويجب مراعاة كافة الاحتياطات للحصول على قياس دقيق لطول خط القاعدة حيث إن أي خطأ في قياس طول خط القاعدة يسبب أخطاء جسيمة في حساب أطوال أضلاع شبكة المثلثات التي تكونت على هذا الخط وحيث إن قاعدة الجيب تستعمل في إيجاد أطوال أضلاع الشبكة باستخدام الزوايا المرصودة وقياسات أطوال خطوط القواعد، لذلك يتم قياس طول خط القاعدة بدقة تامة وتكون الزوايا بين الأضلاع وخط القاعدة لا تقل عن 30° ولا تزيد عن 120° لأن التغير في جيوب الزوايا الصغيرة والكبيرة تغير سريع وكبير جداً ولذلك فإن أي خطأ في قياس هذه الزوايا يكون تأثيره كبير في حساب الأضلاع وبالتالي في حساب إحداثيات نقاط شبكة المثلثات.

ويقاس طول خط القاعدة بالأجهزة الحديثة مثل جهاز المحطة الشاملة للحصول على دقة كبيرة كما أنه يقاس عدة مرات ويؤخذ المتوسط.

4- 2- 1 استعمال جهاز المحطة الشاملة في قياس خط القاعدة

- يتم احتلال إحدى نقطتي خط القاعدة بالجهاز ويعد الجهاز للرصد ويقاس ارتفاع الجهاز.
- يوضع العاكس على نقطة نهاية الخط في وضع رأسي تماماً مع قياس ارتفاع العاكس.
- نوجه التليسكوب على العاكس.
- نختار خيار قياس المسافة المائلة S. Dist. أو إيجاد المسافة الأفقية مباشرة H. Dist .
- نكرر الخطوات السابقة ولكن مع وضع الجهاز على نقطة نهاية خط القاعدة و يوضع العاكس على نقطة بداية خط القاعدة ونقيس المسافة الأفقية .ثم نأخذ المتوسط من القيمتين ذهاباً وإياباً فيكون هو متوسط طول خط القاعدة الأفقي المقاس.

4- 2- 2 التصحيحات اللازمة للمسافة الأفقية المقاسة بالجهاز

1. التصحيح الجوي :

يؤثر اختلاف الظروف الجوية على معامل الانكسار وبالتالي على المسافة المقاسة. وبمطابقة درجة الحرارة والضغط الجوي وقت العمل بنظائرها وقت المعايرة يمكن إيجاد المعلومات الخاصة بالتصحيح الجوي من المخطط البياني الخاص لهذا الغرض ويكون مرفقاً مع الجهاز.

2. تصحيح الإسناد إلى مستوى سطح البحر :

$$ت_{م ب} = (- \ ع \times ق_{ع}) \div (نق + ع)$$

حيث أن : $ق_{ع}$: هو طول خط القاعدة المقاس بعد إجراء التصحيحات السابقة

ع : هو المنسوب المتوسط لكلٍ من طرفي خط القاعدة

نق = 6367650 متراً .

مثال

إذا كان طول خط القاعدة المقاس = 501.225 متراً بعد إجراء التصحيح الجوي عليه فكم يكون طوله على مستوى سطح البحر إذا كان المنسوب المتوسط لطرفيه = 750.121 متراً ونصف قطر الكرة الأرضية = 6367650 متراً

الحل

تصحيح الإسناد إلى مستوى سطح البحر :

$$ت_{م ب} = - \ (ع \times ق_{ع}) \div (نق + ع)$$

$$ت_{م ب} = - \ (750.121 \times 501.225) \div (6367650 + 750.121) = - \ 0.059 \text{ متر}$$

طول خط القاعدة على مستوى سطح البحر = 501.225 – 0.059 = 501.166 متر

4–3 ضبط شبكة المثلثات

4- 3- 1 حساب متوسط أرصاد الزوايا الأفقية

يتم حساب المتوسط الحسابي لكل الزوايا الأفقية المرصودة من الأقواس الأربعة المرصودة والمصححة من خطأ قفل الأفق وذلك بجمع كل زاوية من الأقواس الأربعة وقسمتها على 4 .

ومثال لذلك نقطة A السابقة والمرفق أرصادها الأربعة المرصودة والموضحة سابقاً في جداول أرصاد الزوايا الأفقية بالصفحات (52 ,53 , 54 ، 55):

متوسط زاوية (1)=(27″ 39′ 46°+41″ 39′ 46°+38″ 39′ 46°+40″ 39′ 46°) /4
= 36.5″ 39′ 46°

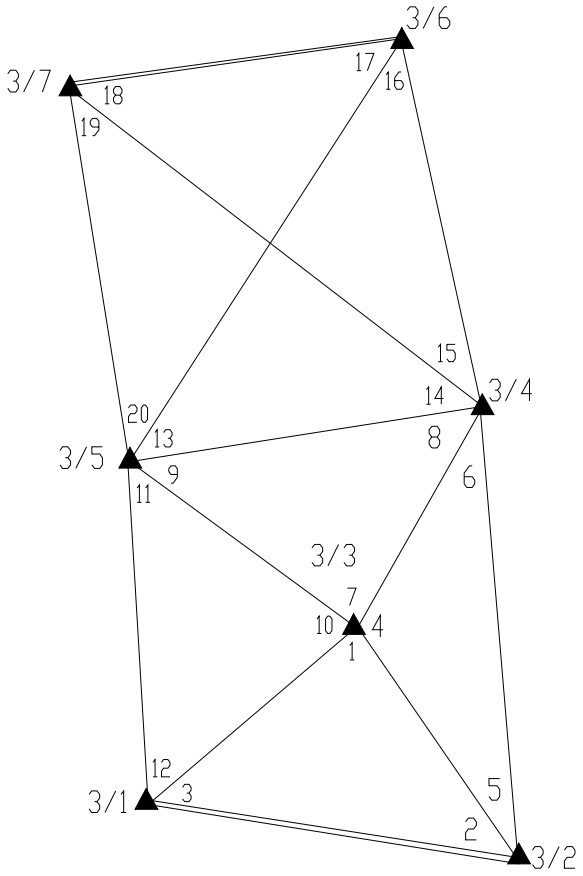
متوسط زاوية (2)=(25″ 26′ 54°+25″ 26′ 54°+28″ 26′ 54°+26″ 26′ 54°) / 4
= 26.5″ 26′ 54°

متوسط زاوية(3) =(41″ 40′ 58°+45″ 40′ 58°+45″ 40′58°+46″ 40′ 58°)/ 4
= 44.25″ 40′ 58°

متوسط زاوية(4)=(43″ 04′ 30°+29″ 04′ 30°+27″ 04′ 30°+28″ 04′ 30°)/ 4
= 31.75″ 04′ 30°

جدول متوسط قيم الزوايا الأفقية المرصودة للشبكة (راجع الشكل 4- 1)

رقم الزاوية	متوسط الزاوية المرصودة	رقم الزاوية	متوسط الزاوية المرصودة
1	°85 ′32 ″7.80	11	°30 ′04 ″34.65
2	°54 ′03 ″10.78	12	°43 ′18 ″54.55
3	°40 ′24 ″ 35.18	13	°54 ′26 ″24.30
4	°116 ′41 ″49.40	14	°34 ′27 ″48.55
5	°31 ′34 ″16.20	15	°38 ′15 ″54.15
6	°31 ′43 ″ 57.60	16	°52 ′49 ″45.75
7	°51 ′09 ″ 39.10	17	°42 ′24 ″33.13
8	°70 ′09 ″35.60	18	°46 ′29 ″43.90
9	°58 ′40 ″42.85	19	°44 ′26 ″4.63
10	°106 ′36 ″23.70	20	°46 ′39 ″37.43



الشكل (4- 1) كروكي شبكة المثلثات

4- 3- 2 ضبط وتصحيح الأشكال المكونة لشبكة المثلثات

- **الاشتراطات العامة في الشبكات المثلثية:**

وهي التي لا تختلف من شبكة لأخرى وتتلخص فيما يلي:

1. تطابق الانحراف المحسوب لخط قاعدة التحقيق مع الانحراف المرصود فلكياً.
2. تطابق طول الأضلاع المحسوبة مع طول الأضلاع المقاسة.
3. تطابق الإحداثيات المحسوبة عن طريق الشبكة المثلثية مع قيمة الإحداثيات الجغرافية المرصودة (خطي الطول والعرض) .

وعند تحقيق هذه الاشتراطات في الشبكة يسمح بتجاوزها في حدود الخطأ المسموح به حسب مواصفات درجة شبكة المثلثات.

- **الاشتراطات الخاصة في الشبكة:**

وهي الاشتراطات الهندسية التي تتحقق في أشكال الشبكة وهي علاقات هندسية يجب أن تتحقق لضمان ثبات قيمة الإحداثيات التي يتم الحصول عليها باستعمال الشبكة المثلثية .

1 - الشرط المثلثي

وهو أن يكون مجموع زوايا المثلث المرصودة = 180 °

2 - الشرط المحلي

وهو أن يكون مجموع الزوايا حول نقطة المركز في الشكل = 360 °

3 - الشرط الضلعي:

وهو أن يكون طول الضلع المحسوب في مثلث من اتجاه يساوي نفس الطول المحسوب من اتجاه آخر أو أن يكون:

مجموع لوغاريتمات جيوب الزوايا التي على يمين الراصد في الشبكة =

مجموع لوغاريتمات جيوب الزوايا التي على يسار الراصد في الشبكة.

وتوجد عدة طرق لضبط شبكات المثلثات ويمكن تقسيمها إلى نوعين : -

أ – الطرق البسيطة أو التقريبية ومنها :

1. طرق النقل المتساوي
2. طرق التصحيح المتتالي

وفيها يصحح كل شكل من أشكال الشبكة على حدة (المثلث – الرباعي مرصود القطرين – الشكل ذو المركز) وهذه الطريقة تصلح لمثلثات الدرجة الثالثة والرابعة .

ب – الطرق الدقيقة

وفيها تصحح الشبكة كوحدة واحدة ويستخدم لها البرامج المتخصصة الموظفة بالحاسب الآلي وتصلح لمثلثات الدرجة الأولى والثانية .

الاشتراطات الهندسية في الشكل الرباعي ذي المركز

– الاشتراطات المثلثية وعددها 4

– الشرط المحلي 1

_ الشرط الضلعي 1

الاشتراطات الهندسية في الشكل الرباعي مرصود القطرين

– الاشتراطات المثلثية 3

– الشرط الضلعي 1

وسوف يتم ضبط شبكة المثلثات الموضحة بالكروكي (الشكل (4- 1)) المرصودة والمرفق زواياها سابقاً ليكون مثالاً لضبط وتصحيح شبكات المثلثات .

4- 3- 3 ضبط وتصحيح زوايا الشكل الرباعي مرصود القطرين بالطريقة التقريبية

أ – تحقيق الشرط المثلثي الأول :

1. نحسب مجموع الزوايا الثمانية ويكون :

خطأ قفل الشكل الرباعي = مجموع الزوايا الثمانية المرصودة – 360°

2. نحسب مقدار التصحيح لكل زاوية من المعادلة التالية :

مقدار التصحيح = (- 1 × خطأ القفل) ÷ 8

3. تحسب الزوايا المصححة من الشرط الأول في العمود الثاني وذلك من المعادلة التالية :

الزاوية بعد التصحيح الأول = الزاوية المرصودة ± مقدار التصحيح

4. نتحقق من صحة الخطوة السابقة بأن يكون مجموع الزوايا بعد التصحيح =360°

ب – تحقيق الشرط المثلثي الثاني:

هو أن يكون مجموع الزاويتين 13 + 14 = مجموع الزاويتين 17 + 18

انظر كروكي شبكة المثلثات بالشكل رقم(4- 1)

ويتم التصحيح بالنسبة للشرط الثاني كالتالي :

الفرق = مجموع زاويتي (13 + 14) – مجموع زاويتي (17 + 18)
ويكون التصحيح لكل زاوية = الفرق ÷ 4 يضاف
هذا التصحيح لكل زاوية من الزاويتين الأقل في مقدار المجموع ويطرح من كل زاوية من الزاويتين الأكبر في مقدار المجموع وتكتب النتائج في العمود الثالث .

ج – تحقيق الشرط المثلثي الثالث :

هو أن يكون مجموع الزاويتين 15 + 16 = مجموع الزاويتين 19 + 20

انظر كروكي شبكة المثلثات بالشكل رقم(4- 1)

ويتم التصحيح بالنسبة للشرط الثالث كالتالي :

الفرق = مجموع زاويتي (15 + 16) – مجموع زاويتي (19 + 20)
ويكون التصحيح لكل زاوية = الفرق ÷ 4 يضاف هذا التصحيح لكل زاوية من الزاويتين الأقل في مقدار المجموع ويطرح من كل زاوية من الزاويتين الأكبر في مقدار المجموع وتكتب النتائج في العمود الثالث .

د – تحقيق الشرط الضلعي

وهو أن يكون :

مجموع لوغاريتمات جيوب الزوايا على يمين الراصد = مجموع لوغاريتمات جيوب الزوايا على يسار الراصد.

وتتم عملية التصحيح كالتالي:

نأخذ الزوايا المصححة في العمود الثالث ونتبع الخطوات التالية : -

1. نحسب مجموع لوغاريتمات جيوب الزوايا الفردية والتي تقع على يمين الراصد حسب الكروكي الموضح بالشكل (4- 1).

2. نحسب مجموع لوغاريتمات جيوب الزوايا الزوجية والتي تقع على يسار الراصد حسب الكروكي الموضح بالشكل (4- 1).

3. نحسب مقدار الفرق بينهما (س) من المعادلة التالية :

س = مجموع لوغاريتمات جيوب الزوايا على يمين الراصد – مجموع لوغاريتمات جيوب الزوايا على يسار الراصد.

4. يحسب الفرق في لو جا أ لكل زاوية من القانون التالي :

الفرق في لو جا 1″ لكل زاوية (ف) = 21 ÷ ظا الزاوية المصححة . ويؤخذ الرقم الصحيح مقرباً.

5. يحسب التصحيح (ت) من القانون التالي:

ت = س ÷ مجموع (ف) .

ويكون التصحيح لأقرب رقمين بعد الفاصلة.

6. يحسب التصحيح في لو جا ″ لكل زاوية كالأتي :

لو جا 1″ للزاوية × مقدار التصحيح ت

ويكون الناتج لأقرب رقم صحيح وإشارته تكون : -

موجبة: للزوايا ذات مجموع لوغاريتمات الجيوب الأقل

سالبة: للزوايا ذات مجموع لوغاريتمات الجيوب الأكبر.

7. تحسب الزوايا النهائية المصححة وتسجل في العمود الخاص بها في الجدول حسب القانون التالي:

الزاوية النهائية = الزاوية بعد التصحيح المثلثي ± ت

حيث : + للزوايا ذات مجموع لوغاريتمات الجيوب الأقل .

- للزوايا ذات مجموع لوغاريتمات الجيوب الأكبر .

8. تحسب لو جا الزوايا النهائية ونسجلها في العمود الأخير حسب القانون

لو جا الزاوية النهائية=لو جا الزاوية بعد التصحيح المثلثي±مقدار التصحيح في لو جا 1".

حيث إن: إشارة + للزوايا ذات مجموع لوغاريتمات الجيوب الأقل ،

إشارة – للزوايا ذات مجموع لوغاريتمات الجيوب الأكبر.

وللتحقيق :

- يجب أن يكون مجموع الزوايا النهائية المصححة 360°
- وكذلك يجب أن يكون مجموع لوغاريتمات جيوب الزوايا الفردية (على يمين الراصد) = مجموع لوغاريتمات جيوب الزوايا الزوجية (على يسار الراصد).

والجدول التالي يوضح خطوات ضبط زوايا الشكل الرباعي مرصود القطرين بالطريقة التقريبية:

جدول رقم (1) لضبط زوايا الشكل الرباعي مرصود بالطريقة التضريسية

رقم الزاوية	الزوايا المرصودة			الزوايا بعد التصحيح (360)			الزوايا بعد تصحيح الزوايا المتغايلة			لو جا الزوايا المصححة		الفرق في لو جا الزاوية	تصحيح لو جا الزاوية	الزوايا النهائية المصححة		لو جا الزوايا النهائية المصححة	
	//	/	o	//	/	o	//	/	o	على يسار الراصد	على يمين الراصد			//	/	o	على يسار الراصد	على يمين الراصد
13	24.30	26	54	25.32	26	54	26.37	26	26	9.7527314	9.9103648	15	9 -	25.76	26	54	9.7527333	9.9103639
14	48.55	27	34	49.57	27	34	50.61	27	27	9.7919053	9.7527314	31	19 +	51.22	27	34	9.7919037	9.7527333
15	54.15	15	38	55.17	15	38	55.71	15	15	9.9013735	9.7919053	27	16 -	55.10	15	38	9.9013745	9.7919037
16	45.75	49	52	46.77	49	52	47.31	49	49	9.8289310	9.9013735	16	10 +	47.92	49	52	9.8289296	9.9013745
17	33.13	24	42	34.15	24	42	33.10	24	24	9.8605300	9.8289310	23	14 -	32.49	24	42	9.8605312	9.8289296
18	43.90	29	46	44.92	29	46	43.88	29	29	9.8617137	9.8605300	20	12 +	44.49	29	46	9.8617149	9.8605312
19	4.63	26	44	5.65	26	44	5.11	26	26	9.8451580	9.8617137	21	13 -	4.50	26	44	9.8451567	9.8617149
20	37.43	39	46	38.45	39	46	37.91	39	39	39.3763591	39.3763486	20	12 +	38.52	39	46	39.3763539	9.8451567
المجموع	51.84	59	359	00	00	360	00	00	00	الفرق (س) = 105		173	1	00	00	360	39.3763539	39.3763539

حساب مقدار وتصحيح الشرط الأول

نسبة قياس الزوايا = 360 مجموع الزوايا – 360

نسبة الخطأ = 51.84 59 359 -360 = 8.16 -

التصحيح = + 8.16 ÷ 8 = 1.02+

حساب مقدار وتصحيح الشرط الثاني الأول

88 54 14.89 = 14 + 13

88 54 19.07 = 18 + 17

الفرق = 4.18

الفرق ÷ 4 = 4.18 ÷ 4 = 1.04 ؛ 1.05

حساب مقدار وتصحيح الشرط الثاني الثلاث

91 05 41.94 = 16 + 15

91 05 44.10 = 20 + 19

الفرق = 2.16

الفرق ÷ 4 = 2.16 ÷ 4 = 0.54

حساب مقدار تصحيح الشرط الثلاثي

ت = س ÷ مجموع ف

ت = 105 ÷ 173 = 0.61

ت1 = 0.61 +

ت2 = 0.61 -

4- 3- 4 ضبط وتصحيح زوايا الشكل الرباعي ذي المركز بالطريقة التقريبية

1. تسجل الزوايا المرصودة في الجدول المعد لذلك (الجدول رقم - 1).

2. نحقق الشروط المثلثية الأربعة على النحو التالي:

– نحسب مجموع الزوايا المرصودة لكل مثلث.

– نحسب خطأ القفل المثلثي لكل مثلث = مجموع الزوايا المرصودة – 180°

– نحسب مقدار التصحيح لكل زاوية من زوايا المثلث من القانون :

مقدار التصحيح = (- خطأ قفل المثلث) / 3

ويكون مقدار التصحيح لأقرب رقمين بعد العلامة العشرية ويقرب الرقم الثالث

ويلاحظ أن:

مجموع التصحيحات = قيمة الخطأ في المثلث وبعكس الإشارة

– نحسب الزوايا المصححة بالنسبة لخطأ قفل المثلث من العلاقة التالية:

الزاوية المصححة = الزاوية المرصودة ± مقدار التصحيح للزاوية

حيث + عندما يكون التصحيح بالزيادة

وحيث - عندما يكون التصحيح بالنقصان.

وتسجل النتائج في العمود الثالث ،

ونتأكد من أن مجموع الزوايا لكل مثلث بعد التصحيح تساوي 180°

3. نحقق الشرط المحلي (المركزي) بحيث :

– يعاد تسجيل زوايا المركز المصححة في العمود الرابع مرة أخرى

- نحسب مجموع زوايا المركز ويسجل أسفل العمود الرابع .

– نحسب خطأ القفل المحلي من العلاقة

خطأ القفل المحلي = مجموع الزوايا المركزية – 360°

– يوزع خطأ القفل على زوايا المركز بالتساوي وبعكس إشارة الخطأ ولرقمين عشريين بعد الفاصلة ويجب أن يكون مجموع التصحيحات مساوياً لقيمة الخطأ وبعكس إشارته.

- نحسب الزوايا المركزية المصححة من العلاقة.

الزاوية المركزية المصححة = الزاوية المركزية المصححة من الشرط المثلثي ± مقدار التصحيح

وتسجل الزوايا المصححة في العمود الخامس،

ثم نتأكد أن مجموع زوايا المركز بعد التصحيح = 360°

4. نحقق الشروط المثلثية الأربعة للمرة الثانية بحيث: -

– زوايا المركز المصححة الموجودة في العمود الخامس يعاد تسجيلها مرة أخرى في العمود السادس

– نلاحظ أن الشروط المثلثية السابق تحقيقها قد اختلت ويصبح في كل مثلث خطأ قفل مثلثي ثان يعادل مقدار التصحيح الذي تم إضافته للزاوية المركزية.

– يوزع مقدار التصحيح المحلي للزاوية المركزية في كل مثلث وبعكس الإشارة على الزاويتين الأخريين في نفس المثلث وتسجل الزوايا المصححة في العمود السادس.

– يجب التأكد من صحة الشروط المثلثية والشرط المحلي.

5. نحقق الشرط الضلعي بحيث:

ينفذ تصحيح الشرط الضلعي للأشكال المركزية في الجدول رقم (2) لضبط الشكل ذي المركز ونلاحظ أن زوايا المركز لا تدخل في تصحيح الشرط الضلعي ويتم ذلك كالتالي:

– تسجل أرقام الزوايا على يمين الراصد في الجزء العلوي من الجدول في العمود الأول وأرقام الزوايا على يساره في الجزء السفلي ويمكن عمل العكس.

– تسجل قيم الزوايا المصححة بالنسبة للشروط المثلثية والمحلية من جدول رقم (1) أمام أرقامها في العمود الثاني.

– نحسب لو جا لكل زاوية لسبعة أرقام عشرية ونسجلها في العمود الثالث ونوجد مجموع لو جا الزوايا على يسار الراصد وكذلك على يمين الراصد ونضعها في خانة المجموع أسفل كل جدول.

- نحسب الفرق (س)= مجموع لو جا الزوايا على يسار الراصد - مجموع لو جا الزوايا على يمين الراصد

– نحسب الفرق في لو جا 1″ لكل زاوية لأقرب رقم صحيح ونسجله في العمود الرابع.

- نحسب مجموع الفرق في لو جا 1″ للزوايا على يمين ويسار الراصد وهو مجموع (ف).

- نحسب مقدار التصحيح (ت) للشرط الضلعي من العلاقة:

ت = (س / مجموع ف)

والناتج بالثانية لأقرب رقمين عشريين

وتكون إشارة التصحيح موجبة للزوايا التي لها أقل مجموع في لو جا وتكون سالبة للتي لها مجموع أكبر في لو جا.

– نحسب مقدار التصحيح في لو جا الزاوية لأقرب عدد صحيح من العلاقة:

مقدار التصحيح في لو جا الزاوية = ت × فرق لو جا 1 ″.

ويسجل في العمود الخامس بإشارته.

– نحسب لو جا الزاوية المصححة ويسجل في العمود السادس من العلاقة:

لو جا الزاوية من العمود الثالث ± مقدار التصحيح في لو جا الزاوية من العمود الخامس

– نحسب الزوايا النهائية المصححة وتسجل في العمود السابع وتكون مصححة من الشروط المثلثية والمحلية والضلعية من العلاقة:

الزاوية المصححة النهائية = الزاوية المصححة (مثلثي ومحلي) من العمود الثاني ± ت

حيث إن :

إشارة + للزوايا ذات مجموع لوغاريتمات الجيوب الأقل

إشارة – للزوايا ذات مجموع لوغاريتمات الجيوب الأكبر.

الحل بالتفصيل موضح بالجدولين المرفقين لضبط الشكل ذي المركز (جدول رقم (1) وجدول رقم (2)).

جدول رقم (1)														لضبط زوايا الشكل الرباعي ذي المركز بالطريقة التقريبية								
رقم الزاوية	الزوايا المرصودة			الزوايا بعد التصحيح المثلثي			زوايا المركز			زوايا المركز بعد التصحيح المحلي			الزوايا بعد التصحيح المثلثي الثاني								
1	85	32	7.80	85	32	9.88	85	32	9.88	85	32	8.83	85	32	8.83							
2	54	03	10.78	54	03	12.86							54	03	13.38							
3	40	24	35.18	40	24	37.26							40	24	37.79							
المجموع	**179**	**59**	**53.76**	**180**	**00**	**00**							**180**	**00**	**00**							
4	116	41	49.40	116	41	48.34	116	41	48.34	116	41	47.29	116	41	47.29							
5	31	34	16.20	31	34	15.13							31	34	15.65							
6	31	43	57.60	31	43	56.53							31	43	57.06							
المجموع	**180**	**00**	**3.20**	**180**	**00**	**00**							**180**	**00**	**00**							
7	51	09	39.10	51	09	39.91	51	09	39.91	51	09	38.86	51	09	38.86							
8	70	09	35.60	70	09	36.42							70	09	36.94							
9	58	40	42.85	58	40	43.67							58	40	44.20							
المجموع	**179**	**59**	**57.55**	**180**	**00**	**00**							**180**	**00**	**00**							
10	106	36	23.70	106	36	26.07	106	36	26.07	106	36	25.02	106	36	25.02							
11	30	04	34.65	30	04	37.02							30	04	37.54							
12	43	18	54.55	43	18	56.91							43	18	57.44							
المجموع	**179**	**59**	**52.90**	**180**	**00**	**00**							**180**	**00**	**00**							
مجموع الزوايا المركزية							360	00	4.2	360	00	00										

خطأ قفل المثلث رقم 1 = - 6.24	مقدار التصحيح = + 2.08
خطأ قفل المثلث رقم 2 = + 3.20	مقدار التصحيح = - 1.06 ، - 1.07 ، - 1.07
خطأ قفل المثلث رقم 3 = - 2.45	مقدار التصحيح = + 0.81 ، + 0.82 ، +0.82
خطأ قفل المثلث رقم 4 = - 7.10	مقدار التصحيح = + 2.37 ، +2.37 ، 2.36
خطأ القفل المحلي = + 4.20	مقدار التصحيح = - 1.05 "

□

جدول رقم (2)	لضبط زوايا الشكل الرباعي ذي المركز بالطريقة التقريبية

رقم الزاوية	الزوايا المصححة			لو جا الزوايا على يمين الراصد	الفرق في لو جا "1	التصحيح في لو جا الزاوية	لو جا الزاوية المصححة النهائية	الزوايا النهائية المصححة		
2	13.38	03	54	9.9082532	15	+ 5	9.9082537	13.72	03	54
5	15.65	34	31	9.7189623	34	+ 11	9.7189634	15.99	34	31
8	36.94	09	70	9.9734260	8	+ 3	9.9734263	37.28	09	70
11	37.54	04	30	9.6999806	36	+ 12	9.6999813	37.88	04	30
المجموع				39.3006221			39.3006252			

الفرق (س) = مجموع لو جا الزوايا على يسار الراصد – مجموع لو جا الزوايا على يمين الراصد

= 284 - 221 = 63

رقم الزاوية	الزوايا المصححة			لو جا الزوايا على يسار الراصد	الفرق في لو جا "1	التصحيح في لو جا الزاوية	لو جا الزاوية المصححة النهائية	الزوايا النهائية المصححة		
3	37.79	24	40	9.8117488	25	- 8	9.8117480	37.45	24	40
6	57.06	43	31	9.7209481	34	- 11	9.7209470	56.72	43	31
9	44.20	40	58	9.9315941	13	- 4	9.9315937	43.86	40	58
12	57.44	18	43	9.8363374	22	- 7	9.8363367	57.10	18	43
المجموع				39.3006284	187	1	39.3006254			

مقدار التصحيح = الفرق (س) ÷ المجموع الكلي لفروق 1 "

= 63 ÷ 187 = 0.34

ت 1 = - 1 × ت = - 0.34	ت 2 = ت = + 0.34

□

الزوايا النهائية المصححة للشبكة بعد تصحيح الأشكال الهندسية المكونة لشبكة المثلثات

رقم الزاوية	الزوايا المصححة النهائية		
	″	′	°
1	8.83	32	85
2	13.72	03	54
3	37.45	24	40
4	47.29	41	116
5	15.99	34	31
6	56.72	43	31
7	38.86	09	51
8	37.28	09	70
9	43.86	40	58
10	25.02	36	106
11	37.88	04	30
12	57.10	18	43
13	25.76	26	54
14	51.22	27	34
15	55.10	15	38
16	47.92	49	52
17	32.49	24	42
18	44.49	29	46
19	4.50	26	44
20	38.52	39	46

4- 4 حساب أطوال أضلاع شبكة المثلثات

يتم حساب أطوال أضلاع شبكة المثلثات بمعلومية الطول الأفقي لخط القاعدة المقاس وزوايا الشبكة المصححة النهائية بعد إجراء جميع الاشتراطات المثلثية والمحلية والضلعية وتستخدم قاعدة الجيب في حساب أطوال أضلاع شبكة المثلثات. تقسم الشبكة إلى مثلثات ويتم حساب جميع أطوال أضلاع المثلثات ومن الأفضل أن نقفل على خط قاعدة آخر مقاس للتحقق من صحة الحسابات حيث إن خط القاعدة الآخر يكون له قيمة مقاسة

وأخرى محسوبة ويجب أن يكون الفرق في حدود المسموح به طبقاً لمواصفات درجة شبكة المثلثات.

قانون الجيوب لحساب أطوال الأضلاع في المثلث :

$$\text{الضلع المجهول} = \frac{\text{طول الضلع المعلوم} \times \text{جا الزاوية المقابلة للضلع المجهول طول}}{\text{جا الزاوية المقابلة للضلع المعلوم}}$$

أولاً : الشكل الرباعي ذو المركز

تم قياس طول ضلع خط القاعدة 1/3 – 2/3 بجهاز المحطة المتكاملة ذهاباً وإياباً

وكان متوسط طوله الأفقي = 518.128 متر

طول الضلع 1/3 - 3/3 = 518.128 × جا (2) ÷ جا (1) = 336.90 م

طول الضلع 2/3 - 3/3 = 518.128 × جا (3) ÷ جا (1) = 420.م

طول الضلع 2/3 - 4/3 = 420.737 × جا (4) ÷ جا (6) = 714.676 م

طول الضلع 1/3 - 5/3 = 336.903 × جا (10) ÷ جا (11) = 644.19 م

طول الضلع 3/3 - 4/3 = 420.737 × جا (5) ÷ جا (6) = 418.820 م

طول الضلع 3/3 - 5/3 = 336.903 × جا (12) ÷ جا (11) = 461.168 م

طول الضلع 4/3 - 5/3 = 461.168 × جا (7) ÷ جا (8) = 381.874 م

ملحوظة : قيم الزوايا يعوض عنها بقيم الزوايا النهائية المصححة الموضحة بالجدول في صفحة 73.

ثانياً : الشكل الرباعي مرصود القطرين

طول الضلع 4/3 - 7/3 = 381.874 × جا (13+20)÷جا(19) = 535.254 م

طول الضلع 4/3 - 6/3 = 535.254 × جا (18)÷جا(6+17) = 389.860 م

طول الضلع 5/3 - 6/3 = 381.874 × جا (14+15)÷جا (16)= 457.625 م

طول الضلع 5/3 - 7/3 = 457.625 × جا (7) ÷جا (18+19) = 308.672 م

طول الضلع 6/3 - 7/3 = 389.861 × جا (15) ÷ جا (18) = 332.876 م

أو طول الضلع 6/3 - 7/3= 308.672 × جا (20) ÷ جا (17) = 332.876 م

ملحوظة : قيم الزوايا يعوض عنها بقيم الزوايا النهائية المصححة الموضحة بالجدول في صفحة 73.

التحقيق :

تم قياس طول الضلع 6/3 - 7/3 بجهاز المحطة الشاملة فكان طوله = 332.868 م

الفرق = الطول المقاس – الطول المحسوب

= 332.876 - 332.868 = 0.008 م

نسبة الخطأ = (الفرق / الطول المقاس) = (0.008 / 332.868) = 1 : 41608

بما أن نسبة الخطأ المسموح به بين الطول المقاس والطول المحسوب

بالنسبة لشبكات المثلثات الدرجة الثالثة = 1 : 5000

إذاً فإن قيمة نسبة الخطأ الذي حصلنا عليه (1 : 41608) هو خطأ مسموح به في هذه الشبكة.

4- 5 حساب انحرافات أضلاع شبكة المثلثات

يتم حساب انحرافات أضلاع شبكة المثلثات بمعلومية انحراف خط القاعدة المقاس والزوايا النهائية المصححة للشبكة ويستعان بكروكي الشبكة (الشكل رقم 4- 1 صفحة 61) وجدول الزوايا المصححة النهائية للشبكة (صفحة 73) لحساب انحراف أضلاع شبكة المثلثات باستخدام القانون التالي:

الانحراف المجهول = الانحراف المعلوم ± 180° ± الزاوية المحصورة من المعلوم إلى المجهول

حيث : +180°إذا كان الانحراف المعلوم أقل من 180° والعكس صحيح

+ الزاوية المحصورة إذا كانت الزاوية في اتجاه عقارب الساعة والعكس صحيح

1. تم قياس انحراف خط القاعدة 1/3 – 2/3 بالبوصلة فكان 00″ 00 ′ 75°
2. انحراف الضلع 2/3 - 3/3 = 00″ 00′ 75°+ 180°+زاوية 3
   = 00″ 00′ 75°+ 180° + 37.45″ 24′ 40° = 37.45″ 24′ 295°
3. انحراف الضلع 3/3 - 4/3 = 37.45″ 24′ 295°– 180°– زاوية 4
   = 37.45″ 24′ 295° - 180° - 47.29″ 41′ 116°
   = - 9.84″ 17′ 1° + 360° = 50.16″ 42′ 358°
4. انحراف الضلع 4/3 - 5/3 =50.16″ 42′ 358° – 180° + زاوية 9
   = 50.16″ 42′ 358° - 18° + 37.28″ 09′ 70° = 27.44″ 52′ 248°
5. انحراف الضلع 5/3 - 6/3 = 27.44″ 52′ 248° – 180° – زاوية 13
   = 27.44″ 52′ 248° – 180° - 25.76″ 26′ 54° = 1.68″ 26′ 14°
6. انحراف الضلع 6/3 - 7/3 =1.68″ 26′ 14° + 180° +زاوية 17
   = 1.68″ 26′ 14° + 180° + 32.49″ 24′ 42°
   = 34.17″ 50′ 236°

4- 6 حساب إحداثيات نقاط شبكة المثلثات

1 - يتم حساب جميع المركبات السينية والمركبات الصادية للأضلاع بمعرفة أطوال الأضلاع والانحرافات الدائرية المحسوبة حسب القوانين التالية :

المركبة الأفقية (Δ س) = طول الضلع × جا زاوية الانحراف الدائري

المركبة الأفقية (Δ ص) = طول الضلع × جتا زاوية الانحراف الدائري

2 - بمعرفة إحداثيات نقطة من نقاط خط القاعدة والمركبات السينية والمركبات الصادية للأضلاع يتم حساب إحداثيات نقاط الشبكة وذلك كما بالجدول .

علماً بأن إحداثيات نقطة 1/3 (500 ، 500) متر

الضلع	الطول بالمتر	الانحراف الدائري	المركبة السينية Δ س	المركبة الصادية Δ ص	النقطة	الإحداثي السيني (س)	الإحداثي الصادي (ص)
					1/3	500	500
1/3 - 2/3	518.128	° 75 ′ 00 ″ 00	+ 500.473	+ 134.101	2/3	1000.473	634.101
2/3 - 3/3	420.737	° 295 ′ 24 ″ 37.45	- 380.034	+ 180.538	3/3	620.439	814.639
3/3 - 4/3	418.820	° 358 ′ 42 ″ 50.16	- 9.400	+ 418.714	4/3	611.039	1233.353
4/3 - 5/3	381.874	° 248 ′ 52 ″ 27.44	- 356.209	- 137.633	5/3	254.830	1095.720
5/3 - 6/3	457.625	° 14 ′ 26 ″ 1.68	+ 114.068	+ 443.181	6/3	368.898	1538.901
6/3 - 7/3	332.876	° 236 ′ 50 ″ 34.17	- 278.675	- 182.062	7/3	90.223	1356.839

4- 7 حساب مناسيب نقاط شبكة المثلثات باستخدام أسلوب الميزانية المثلثية

يتم حساب المناسيب بمعلومية إحداثيات إحدى نقاط خط القاعدة وأطوال أضلاع الشبكة المحسوبة والزوايا الرأسية المرصودة (ارتفاع أو انخفاض) ، راجع الشكل (2- 10).

القانون العام لحساب المنسوب :

منسوب الهدف = منسوب المرصد + ارتفاع الجهاز ± س – ارتفاع التهديف

1. منسوب نقطة 1/3 = 150 م

2. حساب منسوب نقطة 2/3

المسافة الرأسية(س) = ف × ظا ن= 518.128 × ظا(35.25″ 09′ 00°)=1.445م

المنسوب = 150 + 1.62 + 1.445 – 1.16 = 151.905 م

3. حساب منسوب نقطة 3/3

المسافة الرأسية (س) = ف × ظا ن = 336.903 × ظا(01″ 30′ 00°) = 2.942 م

المنسوب = 150 + 1.62 + 2.942 – 2.16 = 146.518 م

4. حساب منسوب نقطة 5/3

المسافة الرأسية (س) = ف × ظا ن= 644.19 × ظا(36″ 06′ 00°) = 1.237 م

المنسوب = 150 + 1.62 + 1.237 – 1.16 = 151.697 م

ومن نقطة 5/3 يتم حساب مناسيب باقي نقاط شبكة المثلثات

5. حساب منسوب نقطة 6/3

المسافة الرأسية (س) = ف × ظا ن = 457.625 × ظا(05 ″ 09′ 00°) = 1.205 م

المنسوب = 151.697 + 1.67 + 1.205 – 1.16 = 153.362 م

6. حساب منسوب نقطة 4/3

المسافة الرأسية (س) = ف × ظا ن = 381.874 × ظا(41.5″ 16′ 00°) = 1.854 م

المنسوب = 151.697 + 1.67 – 1.854 – 1.16 = 150.308 م

7. حساب منسوب نقطة 7/3

المسافة الرأسية (س) = ف × ظا ن = 308.672× ظا(18.5″ 09′ 00°) = 0.836 م

المنسوب = 151.697 + 1.67 + 0.836 – 1.16 = 152.998 م

جدول أرصاد الزوايا الرأسية (النقطة المحتلة : 3 / 1)

ارتفاع الجهاز 1.62 م

ارتفاع التهديف	نوع الزاوية	متوسط الزاوية الرأسية	مقدار الزاوية الرأسية	القراءة الرأسية	وضع الجهاز	الهدف
1.16	ارتفاع	° 00 ′ 09 ″ 25.25	° 00 ′ 09 ″ 36	° 89 ′ 50 ″ 24	س	2/3
			° 00 ′ 09 ″ 34.5	° 270 ′ 09 ″ 34.5	م	
2.16	انخفاض	° 00 ′ 30 ″ 01	° 00 ′ 30 ″ 02	° 90 ′ 30 ″ 02	س	3/3
			° 00 ′ 30 ″ 00	° 269 ′ 30 ″ 00	م	
1.16	ارتفاع	° 00 ′ 06 ″ 36	° 00 ′ 06 ″ 40	° 89 ′ 53 ″ 21	س	5/3
			° 00 ′ 06 ″ 32	° 270 ′ 06 ″ 32	م	

جدول أرصاد الزوايا الرأسية (النقطة المحتلة : 3 / 5)

ارتفاع الجهاز 1.67 م

ارتفاع التهديف	نوع الزاوية	متوسط الزاوية الرأسية	مقدار الزاوية الرأسية	القراءة الرأسية	وضع الجهاز	الهدف
1.16	ارتفاع	° 00 ′ 09 ″ 18.5	° 00 ′ 08 ″ 51	° 89 ′ 51 ″ 09	س	7/3
			° 00 ′ 09 ″ 46	° 270 ′ 09 ″ 46	م	
1.16	ارتفاع	° 00 ′ 09 ″ 05	° 00 ′ 08 ″ 35	° 89 ′ 51 ″ 25	س	6/3
			° 00 ′ 09 ″ 26	° 270 ′ 09 ″ 26	م	
1.16	انخفاض	° 00 ′ 16 ″ 41.5	° 00 ′ 17 ″ 03	° 90 17 ″ 03	س	4/3
			° 00 ′ 16 ″ 20	° 269 ′ 43 ″ 40	م	

4–8 رسم شبكة المثلثات بالحاسب الآلي (برنامج الأوتوكاد)

- نفتح رسماً جديداً ثم نغير حدود الشاشة إلى (2000 ، 2000)
- إنشاء الطبقات التالية:

شبكة الإحداثيات : لون أبيض

أرقام نقاط الشبكة : لون أبيض

نقاط الشبكة : لون أحمر

الإحداثيات : لون أخضر

أضلاع شبكة المثلثات : لون أصفر

رسم شبكة الإحداثيات :

1 – تحميل طبقة شبكة الإحداثيات وجعلها الطبقة الحالية (Current) من خلال أمر (Layer).

2 – رسم خط رأسي بطريقة الإحداثيات بحيث تكون نقطة البداية (0.00 ، 400.00) ونقطة النهاية (0.00 ، 1600.00).

3 – رسم خط أفقي بطريقة الإحداثيات بحيث تكون نقطة البداية (0.00 ، 400.00) ونقطة النهاية (1100.00 ، 400.00).

4- رسم خطوط أفقية متوازية ثم رأسية متوازية بمسافات بينية 100 م بواسطة الأمر (Offset).

5- تحميل طبقة أرقام الشبكة وجعلها الطبقة الحالية

6- باستخدام الأمر Draw ثم Text نكتب إحداثيات نقاط الشبكة على الشاشة في أي مكان.

رسم النقاط بواسطة الإحداثيات :

1- تحميل طبقة نقاط الشبكة وجعلها الطبقة الحالية.

2- لرسم النقطة لابد أولاً من تحديد شكل وحجم النقطة باستخدام الأمر Format ثم Point style فينبثق مربع حوار نختار منه شكل النقطة وحجمها ونختار أن يكون حجم النقطة حسب وحدات الرسم.

3- نختار الأمر Draw ثم Point ثم Multiple point فيظهر في سطر الأوامر **رسالة** : Specify a point نكتب إحداثيات النقطة 1/3 (500 ، 500) نضغط Enter للتنفيذ ، فنجد بالفعل أن البرنامج قد رسم نقطة في الإحداثي المطلوب.

4 – تظهر الرسالة السابقة مرة أخرى لتحديد النقطة الثانية والثالثة ..... إلخ بدون تكرار الأمر

5 – نجعل طبقة أضلاع شبكة المثلثات هي الطبقة الحالية نقوم بعد ذلك بتوصيل النقاط بأمر رسم الخط (Line) بين كل نقطتين.

6 – باستخدام الأمر offset نرسم خطاً موازياً لخط القاعدة الأول (1/3 - 2/3) بمسافة صغيرة تتناسب مع أبعاد الرسم،ونكرر ذلك مع خط القاعدة الثاني (6/3 – 7/3).

7 - نرسم مثلثاً متساوي الأضلاع وصغيراً حول كل نقطة من نقاط الشبكة من خلال الأمر draw ثم polygon ولابد أن يكون رأس المثلث في اتجاه الشمال .

8 – باستخدام الأمر Move ننقل أرقام نقاط الشبكة المكتوبة على الشاشة سابقاً بجانب النقاط المناظرة لها .

رسم سهم الشمال :

1 – بعد الضغط على F8 نرسم سهم الشمال من خلال الأمر Polyline ثم نضغط الحرف W الذي يدل على عرض الخط ثم نكتب الرقم 0.00 في سطر الأوامر ثم Enter ثم نكتب الحرف W ونكتب الرقم 10 ثم Enter وبذلك تم رسم رأس السهم .

2- ثم نكرر الخطوة السابقة بحيث يكون ذيل سهم الشمال عرض نقطة بدايته صفر ونهايته 3 .

رسم مقياس الرسم الطولي 1/5000 دقته 10 م

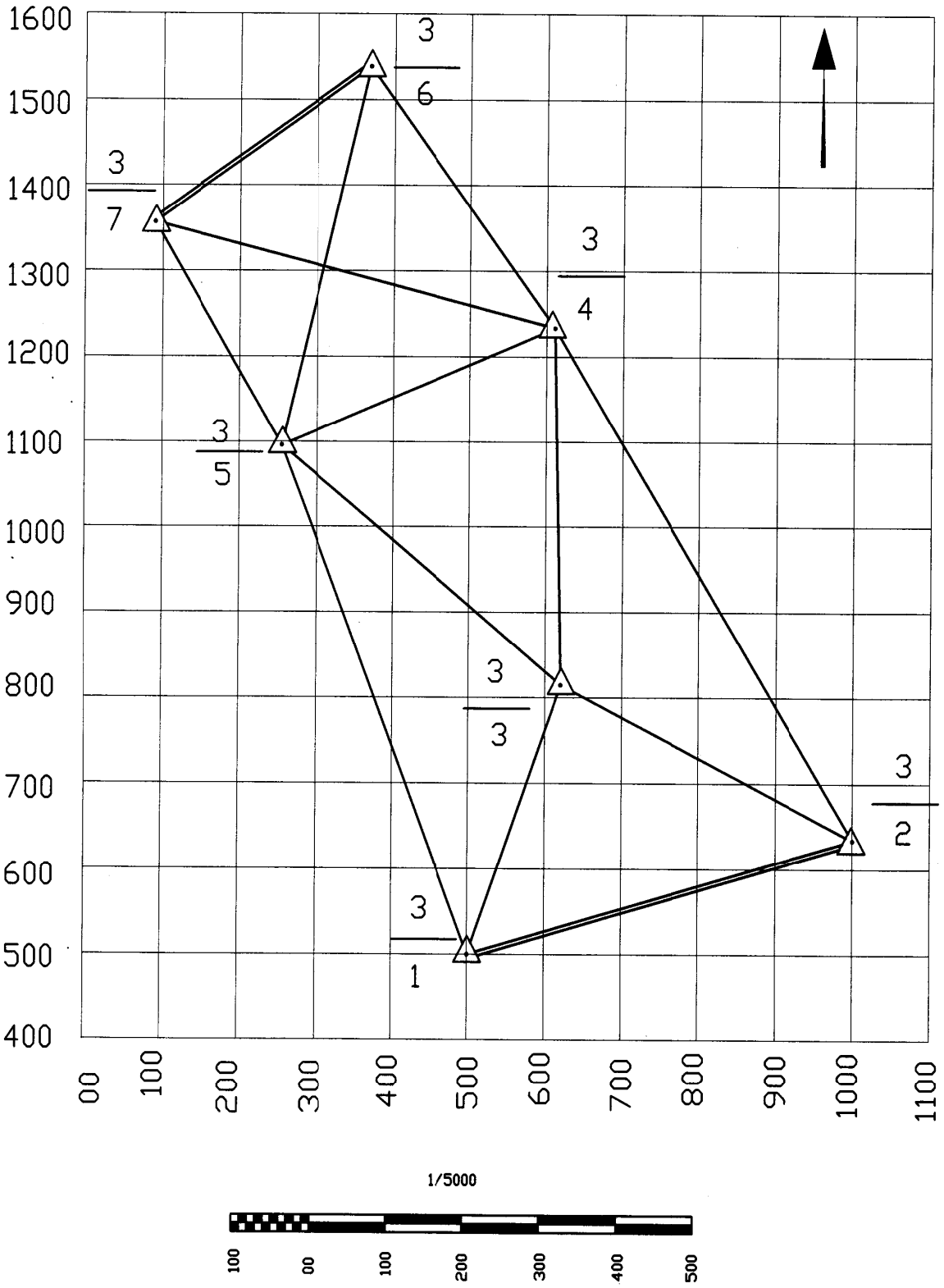
1 - نرسم خطاً رأسياً باستخدام الأمر Draw Line وبنفس الأمر نرسم خطاً أفقياً.

2 – نرسم خطوطاً موازية للخط الأفقي باستخدام الأمر Modify Offset وعلى مسافة خمس وحدات.

3 – نرسم خطوطاً موازية للخط الرأسي وعلى مسافة 100 وحدة بنفس الأمر السابق.

4 – نستخدم أوامر التعديل لضبط شكل مقياس الرسم.

5 – باستخدام أمر التظليل Hatch نظلل المقياس كما بالشكل (4- 2) :



الشكل (4- 2) خريطة شبكة المثلثات المرسومة ببرنامج الأوتوكاد

المراجـع

اسم المرجع	المؤلف
الجيوديسيا الهندسية	عبد اللطيف الصباح ، 1992م.
المساحة الطبوغرافية والجيوديسية	،محمود حسني عبد الرحيم ، محمد رشادالدين مصطفى, 2001 م.
المساحة الجيوديسية	علي سالم شكري، ، محمود حسني عبد الرحيم , 1999م.