الباب الأول

المقـدمـــــة

1.1 علـم المـساحـة

يعرف علم المساحة بأنه الفن الذي تُحدد به المواقع المختلفة على سطح الأرض بالنسبة لبعضها البعض ، لبيان حدودها و ما تشمله من معالم و تفاصيل ، و يتم التحديد بقياس الأبعاد و الزوايا اللازمة و توقيعها على الورق بمقياس رسم معين و إشارات اصطلاحية على شكل خريطة أو مسقط أفقي .

و يدخل في نطاق علم المساحة بيان الصلة بين النقط في المسقط الرأسي ، أيّ بيان إرتفاعاتها بالنسبة لبعضها البعض أو بالنسبة لمستوى ثابت و هو ما يعبر عنه بالميزانية Leveling .

و هناك عوامل تتحكم في إختيار الطرق المناسبة التي تجري بها الأعمال المساحية ، و تعتمد على الغرض الذي تجري من أجله المساحة .

و من هذه العوامل ضمان الحصول على المعلومات اللازمة كلها ، فضلاً عن الدقة المناسبة في العمل و تدوين النتائج ، بالإضافة إلى الأخذ في الإعتبار أقل التكاليف مع أقل مجهود و وقت ممكن .

توجد عدة طرق لتحديد إرتفاع النقاط عن مستوى معين ، تختلف باختلاف طرق قياسها و الأدوات المستخدمة ، كذلك على حسب الغرض و الدقة المطلوبة .

في كافة المشاريع الهندسية لابد من تحديد الأبعاد الرأسية للنقاط نسبة لعدم استواء سطح الأرض بصورة تامة و تعرجه الحاد كما في بعض الظواهر الطبيعية كالهضاب و الجبال و و الوديان ، حتى يتم التمثيل الكامل لسطح الأرض على الخريطة .

2.1 أسباب إختيار البحث

التعرف على إرتفاعات النقاط يعتبر حجر الزاوية في كافة المشاريع الهندسية ، و لذلك من الأهمية بما كان تحديد أيّ الطرق المختلفة لحساب الإرتفاعات أكثر دقة و أيها أسرع و أكثر كفاءة و ملائمة لطبيعة المنطقة التي يجري عليها القياس .

3.1 أهداف البحث

i. التعرف على الطرق المختلفة لقياس و حساب إرتفاعات النقاط عن مستوى معين و عن بعضها البعض بصورة موسعة .

ii. التعرف على الأجهزة و الأدوات المستخدمة في حساب مناسيب النقاط .

iii. المقارنة بين هذه الطرق من حيث الدقة و السرعة و الظروف الملائمة لتطبيقها .

4.1 منطقة الدراسة

كلية التربية البدنية – جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا

5.1 محتويات البحث

يتكون البحث من خمسة أبواب رئيسية ، الباب الأول عبارة عن المقدمة التي تشمل أهمية البحث و أهدافه ، الباب الثاني يتحدث عن الميزانية المباشرة و الميزانية المثلثية و بعض المصطلحات الوارد ذكرها أثناء البحث ، الباب الثالث يتحدث عن القياس التاكيومتري ، الباب الرابع يُمثل الإطار العملي البحث و يحتوي على القياسات الحقلية و النتائج المُتحصل عليها ، الباب الخامس الخلاصة و التوصيات .

الباب الثاني

الميــزانــيـــــة

1.2 مدخل

تستخدم تطبيقات المساحة مثل الشريط و الثيودليت في تحديد مواقع (إحداثيات) المعالم الجغرافية في مستوى ، أي من خلال تحديد بُعدين (E,N) لكل نقطة . إلا أن الأرض ليست مستوى إنما هي مجسم شبه كروي وسطحه ليس مستويا بل تتخلله الجبال و الوديان و المنخفضات ، ولتمثيل أي معلم علي الأرض يلزمنا ثلاثة أبعاد وليس إثنين فقط ، هذا البعد الثالث (البعد الرأسي = Z) هو الهدف الذي تسعى الميزانية لقياسه .

الميزانية هي فرع المساحة الذي يبحث في الطرق المختلفة لقياس البعد الثالث (الارتفاعات) للمعالم الجغرافية علي سطح الأرض .

وتعد الميزانية أو (التسوية) من أهم تطبيقات علم المساحة في كافة المشروعات المدنية و العسكرية علي الأرض ، فهي أساس العمل المساحي في تنفيذ مشروعات البناء و الجسور و الكباري و الطرق و السكك الحديدية والترع و المصارف والسدود وتسوية الأراضي ...الخ

2.2 المنسوب والارتفاع

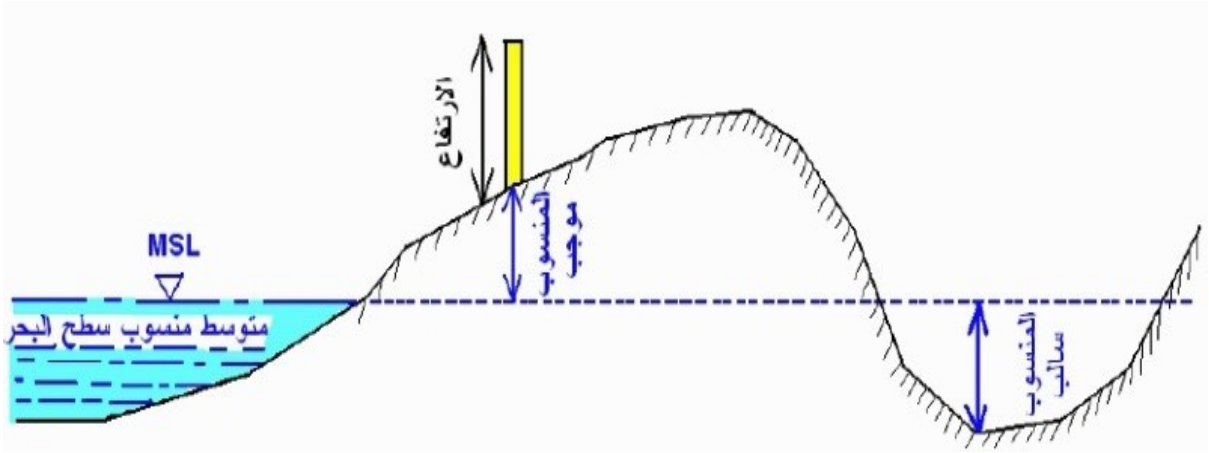
لتحديد البعد الرأسي (ارتفاع أو الانخفاض) لمجموعة من النقاط يلزم سطح مرجعي أو مستوى مقارنة تنسب إليه جميع القياسات ، أيّ سطح معين يكون الارتفاع عنده مساوياّ للصفر . يتكون كوكب الأرض من مياه (بحار و محيطات) تغطي 75% من إجمالي سطح الكوكب بينما تمثل اليابسة (القارات) الجزء المتبقي منه .

لذلك اتخذ علماء المساحة منذ مئات السنين مستوى سطح البحر و (امتداده الوهمي تحت اليابسة) كسطح مرجعي لقياس الإرتفاعات .

بما أن مياه البحار و المحيطات تتأثر على سطحها بالتيارات البحرية اليومية و تأثيرات المد و الجزر فإن مستوى المقارنة هو متوسط منسوب سطح البحر" Mean sea level " أو اختصاراً MSL .

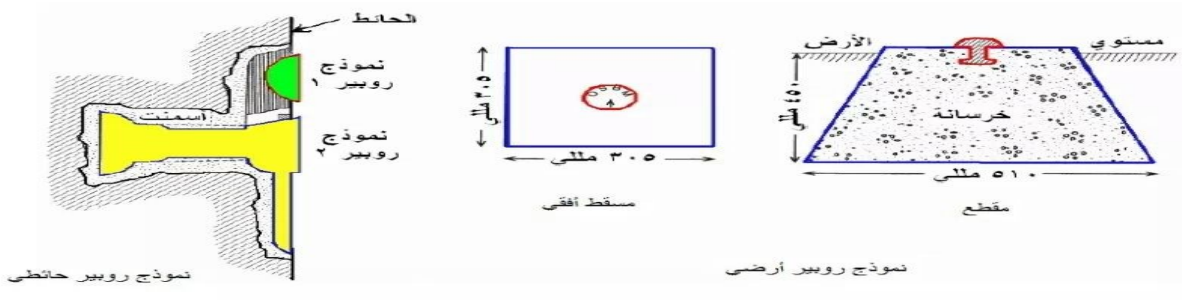
فإذا تم قياس البعد الرأسي لأي معلم بدءاً من أيّ مرجع فنُطلق على هذا القياس اسم " الإرتفاع Height " بينما إذا تم القياس بدءاً من متوسط منسوب سطح البحر MSL فنطلق علي هذا البُعد اسم " المنسوب Level " أيّ أن المنسوب هو إرتفاع من نوع خاص تّم قياسه أو تحديده بدءاً من متوسط منسوب سطح البحر ، يكون المنسوب موجباً إن كان أعلى من منسوب متوسط سطح البحر ، و يكون سالباً إن كان أقل منه .

قامت كل دولة بتحديد متوسط منسوب سطح البحر MSL في نقطة محددة و من ثم تم اعتبار تلك النقطة هي أساس كل القياسات الرأسية (المناسيب) في هذه الدولة . مثلاً هنا في السودان فإن محطة تحديد متوسط منسوب سطح البحر موجودة في ميناء بورتسودان (على ساحل البحر الأحمر) للعام 1994 م .



شكل (2-1) : الإرتفاع و المنسوب

بعد تحديد متوسط منسوب سطح البحر يتم بناء نقطة ثابتة (علامة أرضية) ويتم قياس ارتفاع هذه النقطة عن متوسط منسوب سطح البحر ، يُطلق على هذه النقطة وعلى كل نقطة معلومة المنسوب اسم " الروبير Bench Mark " أو اختصاراً BM ، ثم يتم بناء مجموعة من الروبيرات بحيث تغطي كافة الأنحاء ، ثم يتم حساب منسوبها وعمل شبكة من الثوابت الرأسية أو شبكات الميزانية عالية الدقة . وتكون الروبيرات مثبتة إما في حائط أي مبنى وتسمى روبيرات الحائط ، وإما أن تكون مثبتة في الأرض وتسمى روبيرات أرضية .



شكل (2-2) : نماذج للروبير

3.2 مصطلحات أساسية

- السطح المستوي Level surface

هو السطح الذي يتعامد في جميع نقاطه مع اتجاه الجاذبية الأرضية .

- الخط المستوي Level line

هو الخط المنطبق على السطح المستوي و بالتالي يتعامد مع الجاذبية الأرضية في جميع نقاطه .

- الخط الرأسي Vertical line

الخط الرأسي عند أي نقطة على سطح الأرض هو الخط الذي يتبع اتجاه الجاذبية الأرضية في تلك النقطة ، و يطلق عليه خط الشاغول . و كل نقطة على الأرض يمر بها خط رأسي واحد ، إلا إن تلك الخطوط الرأسية لا تتوازى و لا تتقاطع في نقطة واحدة و ذلك بسبب اختلاف الشروط المحلية لكل نقطة و الناجمة عن عدم توزع الكثافة على سطح الأرض بشكل منتظم . بسبب هذا فإن مركز الجاذبية الأرضية لا ينطبق مع المركز الهندسي للأرض (الشكل الهندسي للأرض = الألبسويد)

- المستوى الرأسي Vertical plane

المستوى الرأسي المار بنقطة ما هو ذلك المستوى الحاوي على الخط الرأسي المار بتلك النقطة. إن أي نقطة يمكن أن يمر بها عدد غير محدود من المستويات الرأسية .

- المسافة الرأسية Vertical distance

المسافة الرأسية هي المسافة المقاسة في المستوى الرأسي .

- الخط الأفقي Horizontal line

الخط الأفقي في نقطة ما هو ذلك الخط المستقيم و المتعامد على اتجاه خط الشاغول المار بتلك النقطة. و يوجد عدد غير محدود من الخطوط الأفقية يمر من النقطة الواحدة .

- المستوى الأفقي Horizontal plane

المستوى الأفقي المار بنقطة ما هو ذلك المستوى المتعامد على اتجاه خط الشاغول في تلك النقطة. و يمر مستوى أفقي واحد في أي نقطة محددة .

- المسافة الأفقية Horizontal distance

المسافة الأفقية بين نقطتين هي المسافة بين مسقطي النقطتين على مستوى افقي ماراً بنقطة ما مرجعية

- الزواية الرأسية Vertical angle

هي الزواية المحصورة بين خطين متقاطعين واقعين في مستوى رأسي. يمكن أن تكون الزواية الرأسية زواية ارتفاع أو بمعنى آخر عندما يكون أحد ضلعيها أفقياً و الآخر يتجه إلى أعلى. و يمكن أن تكون زواية انخفاض عندما أحد ضلعيها أفقياً و الآخر يتجه إلى أسفل .

- منسوب النقطة elevation of a point

منسوب النقطة ما هو مقدار البعد الراسي بين هذه النقطة و سطح مستوي مرجعي كمتوسط سطح البحر

- فرق المنسوب elevation difference

فرق المنسوب بين نقطتين هو مقدار ارتفاع احداهما عن الأخرى أي المسافة الراسية بين سطحي التسوية المارين بهما .

- زواية السمت

هي الزاوية التي تقاس بدءاً من الإتجاه العلوي للخط الرأسي على الخط المطلوب و هي تتروح بين الصفر و 180 درجة .

4.2 أقسام الميزانية

الميزانية هي العملية المساحية التي يتم من خلالها تحديد إرتفاع أيّ نقطة عن متوسط منسوب سطح البحر ، تنقسم الميزانية إلى نوعين رئيسيان :

1.4.2 ميزانية مباشرة أو ميزانية هندسية

تعتمد فكرة الميزانية المباشرة (أو الميزانية الهندسية) على وجود جهاز يحقق المستوى الأفقي بين نقطتين (يسمى جهاز الميزان) مع وجود مسطرة مدرجة (تسمى قامة) توضع رأسياً عند كل نقطة

فإذا تّم تحديد تقاطع المستوى الأفقي مع المسطرة (القامة) عند كل نقطة و تسجيل هاتين القراءتين فإن فرق الإرتفاع (فرق المنسوب) بين النقطتين هو فرق قراءتي القامتين فإذا علمنا منسوب نقطة منهما أمكن حساب منسوب النقطة الثانية .

تنقسم الميزانية المباشرة "و هي الموضوع الرئيسي في هذا البحث" من حيث أسلوب تنفيذها في الطبيعة إلى

1.1.4.2 ميزانية طولية

تستخدم هذه الطريقة لإيجاد مناسيب النقاط على إمتداد محاور الظواهر التي تمتد طولياً مثل المجاري النهرية و الطرق الخ ...

و يتم إجراء الميزانية بتحديد نقاط على طول إمتداد الظاهرة على مسافات متساوية و يرسم لها كروكي و ترقم أو تميز بحروف الهجاء .

و عن طريقها يمكن رسم القطاعات الطولية للطرق و المجاري المائية لمعرفة شكل إنحدارها .

2.1.4.2 ميزانية عرضية

و تجري في الإتجاه العرضي للترع و المصارف و الأنهار و الأودية والطرق السريعة العريضة .
و يعرف الشكل الذي يُبّين مناسيب نقاطها بالقطاع العرضي . و أغلب هذا النوع من الميزانية بسيط ، أيّ يتم من وضع واحد للجهاز المستخدم في الميزانية و عن طريقها يتبين شكل جوانب الأودية و مدى اتساع قيعانها .

3.1.4.2 ميزانية شبكية

و تجري في الإتجاهات الطولية و العرضية معاً ، لتحديد و إظهار شكل سطح المنطقة المرفوعة ، و تستخدم لعمل الخرائط الكنتورية ، بمعلومية مناسيب النقاط المنتشرة على السطح .

4.1.4.2 الأدوات المستخدمة

1.4.1.4.2 جهاز الميزان

هو جهاز هندسي الغرض منه الحصول على خط نظر أفقي تماماً يوازي متوسط منسوب مستوى سطح البحر، وجميع الموازين مبنية على فكرة أنه إذا ثبتنا ميزان تسوية على منظار ، وضبطنا الفقاعة ، فإن محور خط النظر لهذا المنظار يصبح أفقياً تماماً ، و يحقق المنظار مستوى أفقياً بدوارنه حول محور الرأسي .

ويعتبر جهاز الميزان level من الأجهزة الشائعة الإستخدام والضرورية للأعمال المساحية والمشاريع الحيوية ، و يعتمد عليه المهندس في كثيرٍ من الأعمال وهو يستخدم في تعيين الإنخفاضات والإرتفاعات أو بمعنى آخر لإيجاد مناسيب النقاط .

شكل (2-3) : جهاز الميزان

شكل (2-4) : أجزاء الميزان

2.4.1.4.2 حامل الجهاز

و يتكون من ثلاثة أرجل ويمكن رفعه أو خفضه حسب الطول المطلوب .

شكل (2-5) : حامل الجهاز

3.4.1.4.2 القامة

هي عبارة عن مسطرة خشبية أو معدنية أحد وجهيها مدرج إلى أمتار و ديسيمترات وسنتيمترات و عادةً ما يكون طولها ما بين 3,4,5 أمتار وغالباً يكون 4 متر و مقسمة إلى أربع أقسام على شكل مستطيلات باللونين الأسود و الأحمر تتبادل موقعها كل 5 سم على اليمين و اليسار ، ويوجد بطرفي القامة غطاء من الحديد السميك ، للحفاظ عليها من التآكل الناتج عن الاستعمال و الاحتكاك بالأرض .

شكل (2-6) : القامة المدرجة

عند إجراء الميزانية الطولية و (أيضاً العرضية) يقف جهاز الميزان في عدد من النقاط و يكون هنالك عدة أنواع من القراءات على القامة ، هي :

- **القراءة الخلفية Back Sight or B.S :**

أول قراءة يتم أخذها على القامة بعد ضبط تسوية الميزان عند أيّ نقطة .

- **القراءة الأمامية Fore Sight or F.S :**

آخر قراءة يتم أخذها قبل تغيير موضع الميزان و نقله إلى النقطة الأخرى .

- **القراءة المتوسطة Intermediate Sight or I.S :**

كل قراءة تؤخذ على القامة بين القراءتين الخلفية و الأمامية .

- **نقطة الدوران Turning Point :**

النقطة التي يؤخذ على القامة عندها قراءة خلفية و قراءة أمامية .

5.1.4.2 طرق حساب الميزانية

توجد طريقتين لحساب فرق المنسوب بين نقطتين تم إجراء ميزانية (طولية) بينهما باستخدام الميزان البصري العادي ، طريقة سطح الميزان و طريقة الإرتفاع و الانخفاض .

أما الميزان الالكتروني أو الرقمي فلديه إمكانيات لإتمام الحسابات داخل برنامج الحاسب الآلي الخاص به .

إن لم يكن منسوب نقطة البداية معلوماً ، فيمكن فرض قيمة له لتتم الحسابات بها و هو ما يطلق عليه الصفر الخاص لهذا المشروع .

1.5.1.4.2 طريقة الإرتفاع و الانخفاض

تعتمد هذه الطريقة على مقارنة كل نقطة بالنقطة السابقة لها ، و معرفة إذا ما كانت مرتفعة أو منخفضة عنها .

و تعتمد هذه المقارنة على أنه كلما إزدادات قراءة القامة دل ذلك على انخفاض النقطة المقارنة عن النقطة السابقة لها ، و بالعكس كلما قلت قراءة القامة دل ذلك ارتفاع النقطة المقارنة .

فرق الإرتفاع بين النقطتين = قراءة القامة الخلفية – قراءة القامة الأمامية

= قراءة القامة الخلفية – قراءة القامة المتوسطة

= قراءة القامة الوسطى الأولى – الوسطى الثانية

= آخر قراءة وسطى – قراءة القامة الأمامية

و يُحسب منسوب النقطة التالية بإضافة أو طرح فرق القراءتين (على القامة) إلى منسوب النقطة السابقة.

- **التحقيق الحسابي :**

مجموع القراءات الخلفية مطروح منه مجموع القراءات الأمامية يساوي مجموع الإرتفاعات مطروح منه مجموع الانخفاضات .

$$\text{Last R.L} - \text{First R.L} = \sum \text{B.S} - \sum \text{F.S} = \sum \text{Rise} - \sum \text{Fall}$$

2.5.1.4.2 طريقة سطح الميزان

في هذه الطريقة يحدد منسوب المستوى الأفقي لخط نظر جهاز الميزان ، بقياس إرتفاعه عن أحد الروبيرات أو عن نقطة منسوبها معلوم بدقة ، ثم تحدد مناسيب النقاط بعد ذلك بقياس انخفاضها - الذي تعيّنه قراءة القامة عندها - عن منسوب خط نظر الميزان الذي يسمى عادةً مستوى سطح الميزان و في هذه الحالة تُحذف خانتيّ الإرتفاع و الانخفاض و تستبدل بخانة منسوب سطح الميزان(H.I).

في هذه الطريقة لابد من وجود عدد من القراءات المتوسطة .

منسوب سطح الميزان(H.I) = المنسوب المعلوم + القراءة الخلفية

المنسوب = منسوب سطح الميزان (H.I) – القراءة الوسطى

= منسوب سطح الميزان (H.I) – القراءة الأمامية

- **التحقيق الحسابي :**

$\sum B.S - \sum F.S = Last\ R.L - First\ R.L$

أو

مجموع المناسيب عدا الأول = مجموع (منسوب سطح الميزان * عدد القراءات المطروحة منه) – مجموع القراءات المتوسطة – مجموع القراءات الأمامية

6.1.4.2 مقارنة بين طريقة الإرتفاع و الإنخفاض و طريقة سطح الميزان

- إجراء الحسابات في طريقة منسوب سطح الميزان أقل بكثير عن الطريقة الأخرى أثناء حساب مناسيب النقاط ، و بذلك يسهُل سرعة حساب المناسيب أثناء العمل في الحقل .

و تستعمل طريقة منسوب سطح الميزان عندما يكون عدد المتوسطات كبيراً كما في حالة الميزانية الشبكية و كافة الأعمال التي لا يتم فيها نقل الميزان و تغيير وضعه كثيراً .

- طريقة الإرتفاع و الانخفاض يكثر فيها العمل الحسابي و لكن التحقيق فيها أضمن و أفضل - بالنسبة للنقاط المتوسطة - من الطريقة الأخرى ، إذ أن أيّ خطأ في حساب مناسيب المتوسطات ، أو أيّ متوسطة واحدة ، يظهر أثره في حساب مناسيب باقي النقاط ، و يمكن إكتشاف هذا الخطأ .

أما في طريقة منسوب سطح الميزان ، فلا يُكتشف هذا الخطأ في حساب مناسيب المتوسطات ، لأن قراءة المتوسطات لا تدخل في عمل التحقيق . و تستعمل طريقة الإرتفاع و الانخفاض في إيجاد مناسيب النقاط الدقيقة .

7.1.4.2 خطأ الميزانية

توجد عدة طرق لحساب قيمة الخطأ في أرصاد الميزانية و مقارنته بالحدود المسموح بها لقبول أو رفض (إعادة رصد) الميزانية . تشمل هذه الطرق :

i. قفل أو إنهاء الميزانية على نقطة معلومة المنسوب B.M إن كان متوفراً بمنطقة العمل.
ii. تنفيذ الميزانية مرتين إحداهما ذهاباً و الأخرى إياباً في حالة عدم توفر روبير في نهاية الميزانية .

- في حالة توفر روبير B.M في نهاية الميزانية :

خطأ الميزانية = المنسوب المعلوم للروبير الأخير - منسوبه المحسوب من الأرصاد

- في حالة عدم توافر روبير في نهاية الميزانية :

خطأ الميزانية = فرق الإرتفاع بين طرفي خط الذهاب - فرق الإرتفاع بين طرفي خط الإياب

أما الحدود المسموح بها في الميزانية العادية فتعتمد على طول خط الميزانية ، و يمكن قياس طول خط الميزانية عن طريق الشريط ، أو يمكن حساب طول خط الميزانية عن طريق شعيرات الاستديا في حالة كان الميزان مزوّد بهما ، و تحسب المسافة بين الميزان و القامة سواء كانت خلفية أو أمامية :

المسافة بين الميزان و القامة = (الشعرة العليا - السفلى) * الثابت التايكومتري

و غالباً ما تكون قيمة الثابت التايكومتري = 100 .

8.1.4.2 مؤشر الدقة

الخطأ المسموح به هو المؤشر لدقة حساب الميزانية و يحسب كالآتي :

$E = c\sqrt{k}$ ....(1.2)

حيث

الخطأ المسموح به.. E ≡

ثابت تختلف قيمته على حسب دقة الميزانية (10,25)... C ≡

طول خط الميزانية بالكيلومتر... ...≡ K

- في حالة الميزانية الدقيقة ، c = 10
- في حالة الميزانية العادية ، c = 25
- الميزانية مقبولة في حالة كان الخطأ أقل أو يساوي الخطأ المسموح به

9.1.4.2 تصحيح المناسيب

(الخطأ في الميزانية * القيمة التراكمية) / عدد المناسيب عدا الأول

2.4.2 الميزانية المثلثية

تعبتر الميزانية المثلثية احدى الطرق الغير مباشرة لقياس المناسيب ، بمعنى أن قيمة المناسيب لا يمكن حسابها مباشرة مثل الميزانية التقليدية و لكن يجب إجراء قياسات يتم من خلالها حساب المناسيب .

تستخدم الميزانية المثلثية في حساب فروق المناسيب الكبيرة مثل قمم الجبال و الأبراج و خطوط الكهرباء و خلافه ، و ذلك بخلاف الميزانية التقليدية التي لا تصلح سوى فقط في تعيين المناسيب في الأراضي المنبسطة .

و عادة يستخدم الثيودلايت أو محطة الرصد الشاملة (Total station) لإنجاز أرصاد الميزانية المثلثية و ذلك من خلال قياس كل من :-

i. الزواية الرأسية أو زواية السمت للهدف .
ii. المسافة الأفقية أو المائلة بين الجهاز و الهدف .

مع ملاحظة أن محطات الرصد الشاملة مزودة ببرامج يمكن من خلالها حساب فرق المنسوب مباشرة بين المحطة و العاكس و ذلك بعد إدخال البيانات الخاصة بإرتفاع كلٍ منهما .

1.2.4.2 جهاز الثيودلايت

هو جهاز مُعد بالأساس لقياس الزوايا الأفقية والرأسية بشكل دقيق لكنه بالاضافة إلى ذلك نستطيع بواسطته إجراء قياسات أخرى والحصول على بيانات مساحية أخرى سواء بشكل مباشر أو غير مباشر . وهي رصد الإتجاهات وتحديد مواقع إحداثيات النقاط على سطح الارض ، إيجاد فروق الارتفاعات ، قياس المسافات بين النقاط بمعنى آخر يستطيع جهاز الثيودلايت لوحده القيام بمجمل القياسات المساحية ، وهذا ما دَفع المُختصين في مجال المساحة لتطويره والحصول منه على جهاز واحد يقوم بجميع المهام والأعمال المساحية وهو جهاز المحطة الشاملة total station .

يستخدم جهاز الثيودلايت في الكثير من الأعمال منها : الأرصاد الفلكية ، تحديد نقاط الشبكة الجيودسية المثلثية بمختلف درجاتها ، إنجاز لوحات الخرائط الطبوغرافية ، شق الطرق والسكك الحديدية وقنوات الري والصرف الصحي ، تخطيط المنشأت الهندسية وأعمال البناء.

شكل (2-7) : جهاز الثيودلايت

1.1.2.4.2 أنواع الثيودلايت

- **الثيودلايت الفني (عادي الدقة) :**

يبلغ الخطأ في هذا الجهاز أكثر من 10 ثوان ، ويُستخدم في الأعمال المساحية البسيطة التي لا تتطلب دقة كبيرة مثل ؛ التضليع ، المسح التفصيلي ، تعيين مواقع المشاريع الهندسية ، تخطيط شبكات الري وتقسيم الاراضي ، تخطيط الطرق وشبكات الماء والسكك الحديدية ، تخطيط الجسور والموانئ والسدود والخزانات ، أعمال صيانة التربة ، المرافق العامة ، تصميم المناظر الطبيعية ، التخطيط البيئي .

- **الثيودلايت الدقيق :**

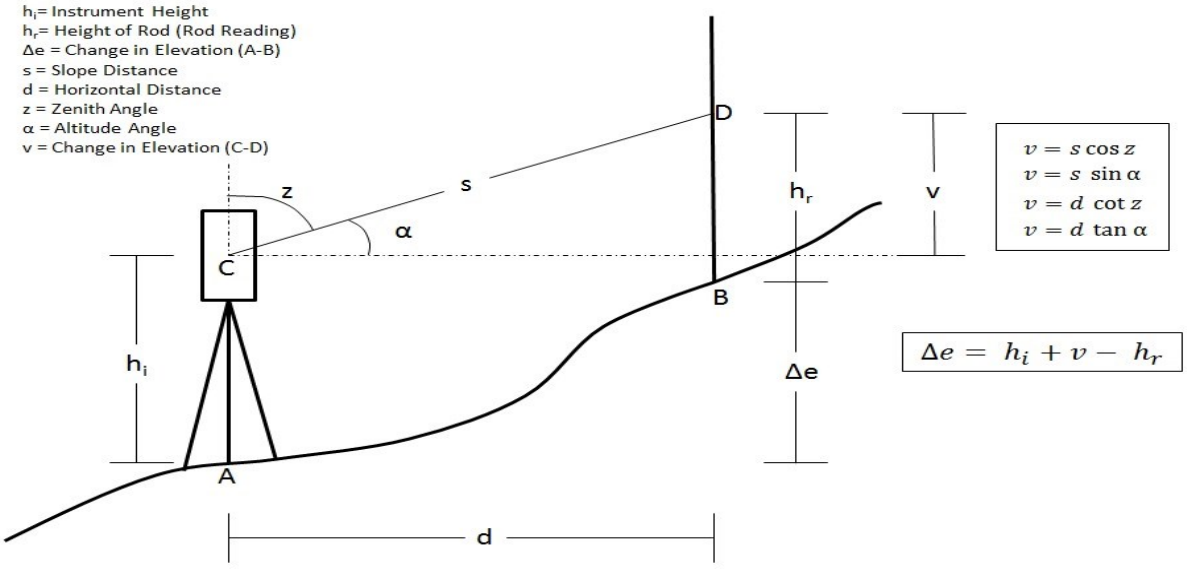
يتراوح الخطأ في هذا الجهاز بين 1- 10 ثوان ، ويستخدم في الأعمال المساحية التي تتطلب دقة جيدة مثل ، تحديد نقاط الشبكة الجيودسية المثلثية من الدرجة الرابعة ، انشاء المضلعات في مختلف اعمال المساحة التطبيقية (أعمال البناء) ، القياسات الجيودسية الفلكية ، أعمال المشاريع الهندسية .

- **الثيودلايت عالي الدقة :**

يبلغ الخطأ في هذا الجهاز أقل من ثانية واحدة ، ويملك ميزات عالية من جهة القراءة الأتوماتيكية للزوايا ، وعدة مرات التكبير للمنظار، مما يؤهله للإستخدام في الأعمال المساحية الدقيقة ، مثل تحديد مواقع نقاط الشبكة الجيودسية المثلثية من الدرجة الأولى والثانية وأعمال البناء والمشاريع الهندسية التي تتطلب الدقة العالية.

2.2.4.2 مبدأ العمل

في حالة كانت المسافة الأفقية بين النقطتين معلومة (أو يُمكن الحصول عليها) و تّم قياس الزواية الرأسية بين الجهاز و الهدف ، يمكن حساب فرق الإرتفاع بين النقطتين .



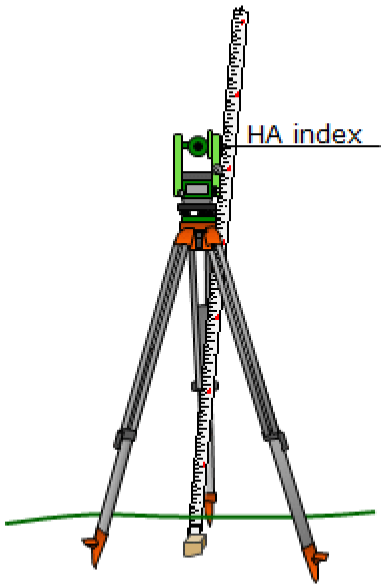
شكل (2-8) : الميزانية المثلثية

v ≡ المسافة الرأسية بين النقطتين .

hr ≡ إرتفاع الهدف عن سطح الأرض .

hi ≡ إرتفاع الجهاز سواء كان ثيودلايت أو المحطة الشاملة .

و يمكن قياس إرتفاع الجهاز إما عن طريق الشريط أو القامة ، و يقاس الإرتفاع من إمتداد خط النظر الأفقي للجهاز كما بالشكل الآتي



شكل (2-9) : قياس ارتفاع الجهاز

و بالتعويض في المعادلات أعلاه (الموضحة بالرسم) يمكن حساب فرق الإرتفاع بين النقطتين حيث ؛ (Δe ≡ فرق الإرتفاع)

في حالة المسافات القصيرة التي لا تتجاوز 300 متر ، يمكن إهمال تأثير انحناء خط النظر الأفقي للجهاز الناتج عن كروية الأرض ، و كذلك انكسار الأشعة الضوئية .

أما في حالة المسافات الطويلة التي تتجاوز ال 300 متر فيجب عمل بعض التصحيحات للأخطاء التي تنتج جَرّاءَ تأثير إنكسار الأشعة الضوئية و انحناء الكرة الأرضية .

و يمكن عمل التصحيح كما يلي :

Correction = 0.06728 * D^2……………………………………….(2.2)

حيث D ≡ المسافة الأفقية بين النقطتين بالكيلومتر ، و لكن التصحيح يكون بالأمتار .

يفضل عند قياس فرق المناسيب بين نقطتين المسافة بينهما كبيرة سواء كان ذلك بطريقة الميزانية العادية أو الميزانية المثلثية ، أن يتم الرصد المتزامن من كل النقطتين ، و ذلك باستخدام الرصد التبادلي للزوايا الرأسية بين الهدفين بغرض حذف تأثير الإنكسار و كروية الأرض و كذلك تأثير الأخطاء الآلية .

- **ملاحظة**

إلى جانب الاختلاف في طريقة حساب فروق المناسيب بين النقاط ، هنالك اختلاف آخر بين الميزانية المباشرة (العادية) و الميزانية المثلثية و هو الربط النقطي .

في الميزانية العادية يكون لدينا عادة قراءة خلفية واحدة و أخرى أمامية مع كل ضبط للجهاز ، أما في الميزانية المثلثية يمكننا حساب إرتفاع عدة نقاط من ضبط واحد للجهاز .

الباب الثالث
المساحة التاكيومترية

1.3 مقدمة

كلمة التاكيومتري معناها القياس السريع، و هي المساحة التي لا تعتمد على القياس المباشر للكميات المطلوبة. أو بمعنى آخر فهي حساب (و ليس قياس) المسافات و فروق الإرتفاعات أي بصورة غير مباشرة .

يمكن حساب الأبعاد بين النقط المختلفة بطرق غير مباشرة تيسر القياس في حالة وجود العقبات التي تمنع القياس المباشر و لا تمنع التوجيه كالمستنقعات و البرك ، و الوديان العميقة ، أو الإنحدارات الشديدة ، أو مناطق الرمال الناعمة ، أو المناطق الغير آمنة كحقول الألغام ، و كذلك في حالة الظروف الجوية التي تجعل القياس متعذراً ، و يساعد القياس الغير مباشر للأبعاد على توفير قدر كبير من الوقت في إجراء العمليات المساحية .

تتميز المساحة التاكيومترية بسهولة و سرعة التنفيذ للعمل الحقلي مقارنة بالطرق المساحية الأخرى (مثل قياس المسافات بالشريط أو قياس فروق المناسيب بالميزانية) .

و القياسات التاكيومترية تمتاز على القياسات بالشريط في أن أخطاء الأولى متعادلة (أيّ أنها تتلاشى مع بعضها البعض) ، بينما أخطاء الأخيرة غالباً ما تكون تراكمية ، فضلاً عن أن الدقة التاكيومترية في الأراضي الوعرة قد تفوق دقة القياس بالشريط .

إلا أن دقة المساحة التاكيومترية ليست عالية جداً و لذلك فهي لا تستخدم في الاعمال المساحية و الهندسية التي تتطلب دقة عالية .

تعتمد المساحة التاكيومترية على حساب المسافات الأفقية (H) و الرأسية (V) عند موقع الجهاز و المسافة المقطوعة على الهدف (غالباً قامة) و ذلك من خلال ثلاث شعرات أفقية مركبة داخل حامل شعرات جهاز الثيودلايت .

الأساس الرياضي للمساحة التاكيومترية هو تكوين مثلثات فراغية ، إما أن تكون أفقية أو رأسية و يكون أحد عناصرها (زواية البرولاكس) و هي الزواية الرأسية المحصورة بين الجهاز و الهدف ، العنصر

الثاني هو ضلع المثلث (القاعدة) و هي المسافة المقطوعة على القامة ، أما العنصر الثالث إما أن يكون المسافة الأفقية أو فرق الإرتفاع .

تجدر الإشارة إلى أن قياس (أو رصد) الزوايا الرأسية لمسافات طويلة يجعل خط النظر يتأثر بالإنكسار الجوي الناتج عن التأثيرات الجوية (المناخية) و بالتالي فإن استخدام هذه الزوايا الرأسية في حسابات المثلثات لن يكون بدقة عالية ، و هذا أهم عيوب المساحة التاكيومترية .

و حيث أن كل أجهزة الثيودلايت البصري الحديثة مجهزة بهذه الشعيرات فإن أيّ جهاز ثيودلايت يصلح لاستخدامه في الرفع المساحي التاكيومتري .

2.3 إستخدامات المساحة التاكيومترية

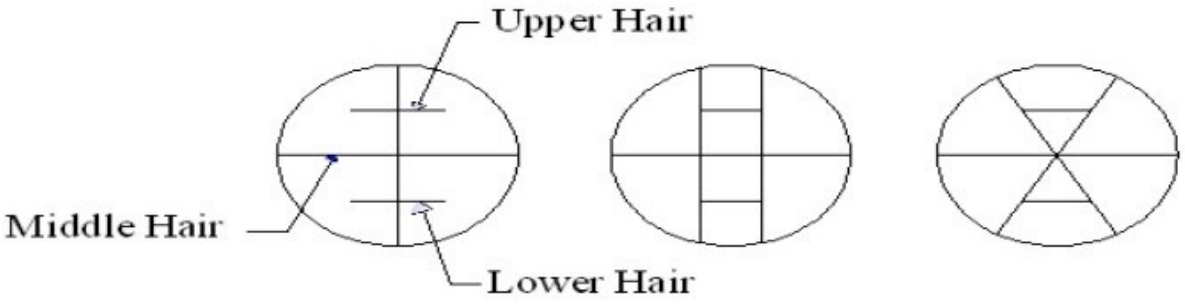
تستخدم في عدد من المشروعات الهندسية مثل :

- عمل خرائط كنتورية في الأراضي شديدة الوعورة لسهولة الاستخدام و السرعة و قلة التكلفة .
- الرفع المساحي للمناطق المتسعة و التي لا تتطلب دقة عالية .
- التوقيع المبدئي للمشاريع الهندسية كالطرق و السكك الحديدية .
- حساب أطوال المضلعات (الترافيرس) كبديل عن استخدام الشريط .
- التحقيق المبدئي السريع للأبعاد المُقاسة بالشريط أو بأي طرق أخرى .
- تعيين معدلات انحدار المشروع الطولي كالطرق و المجاري المائية .

تتعدد طرق الميزانية التاكيومترية إلا أننا سنقتصر في حديثنا على طريقتين و هما :

3.3 طريقة شعرتي الاستديا

هي أسهل و أسرع الطرق التاكيومترية للحصول على المسافة الأفقية و فرق المنسوب بين نقطتين ، حيث يوضع جهاز الثيودلايت عند أحد طرفي الخط بينما توضع القامة عند النقطة الأخرى ، و يقوم جهاز الثيودلايت بقراءة و تسجيل الشعرات الثلاث على القامة .



شكل (3-1) : شعيرات الاستديا

و هي ثلاثة شعرات أفقية متوازية ، واحدة رئيسية و الإثنتين على بُعد متساوي منها ، إحداهما أعلى و الأخرى أسفل ، و الثلاث شعيرات تتقاطع مع شعرة رأسية رئيسية . كما هو موضح بالشكل () .

و في طريقة شعرات الاستديا تؤخذ الأرصاد و القراءات اللازمة لتعيين المسافة و المنسوب بتوجيه منظار الثيودلايت إلى قامة موضوعة رأسياً فوق النقطة المراد إيجاد المسافة بينها و بين الجهاز و كذلك منسوبها ، ثم تؤخذ قراءات القامة عند شعرتي الاستديا العليا و السفلى و من الفرق بين بين هاتين القراءتين يمكن حساب المسافة .

فإذا وضعت القامة على أبعاد مختلفة فإن الجزء المقطوع على القامة و المحصور بين شعرتي الاستديا يتغير تبعاً لذلك ، و يتوقف مقداره على بعد القامة من الجهاز .

1.3.3 حساب المسافة تاكيومترياً

يعتمد حساب المسافة على الثابت التاكيومتري للجهاز و هو عادة ما يكون 100 ، و قد يكون أقل أو أكثر من ذلك قليلاً 98 أو 101 مثلاً ، و رغم ذلك فيمكن إعتباره 100 ، إذ أنه يمكن إهمال الخطأ الناتج عن هذا التقريب عند تقدير المسافات . و تعتمد فكرة الثابت التاكيومتري على النسبة و التناسب .

تُحسب المسافة من المعادلة التالية :

$$D = K*s + C \quad \text{.....(1.3)}$$

K ≡ الثابت التاكيومتري

S ≡ الفرق بين شعرتي الاستديا (الشعرة العليا - الشعرة السفلى)

C ≡ الثابت الإضافي ؛ و غالباً يساوي صفر .

عادة ما تُحدد قيمة الثابت التاكيومتري و الإضافي في كاتلوج الجهاز فيجب الانتباه لذلك .

2.3.3 مبدأ العمل

بعد أن تّم تعيين قيمة الثابت التاكيومتري و الثابت الإضافي ، يتم حساب المسافة الرأسية V (و هي ارتفاع أو انخفاض القراءة على القامة عن المحور الأفقي لجهاز الثيودلايت) عن طريق المعادلة التالية :

$$V = \frac{1}{2} \times K \times S \times \sin 2\theta \quad \text{.....(2.3)}$$

ثم يتم إيجاد منسوب النقطة الثانية عن طريق التعويض في المعادلة التالية :

$$R.L\ of\ A = R.L\ of\ B + hi \pm V - M \quad \text{.....(3.3)}$$

حيث :

hi ≡ إرتفاع الجهاز (إرتفاع محور خط النظر)

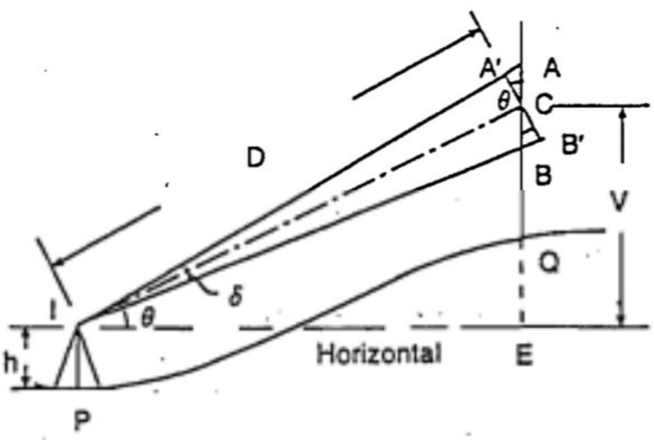
M ≡ قراءة الشعرة الوسطى على القامة

توجد ثلاث حالات للقياس بشعيرات الاستديا و هي فقط تختلف في الزواية الرأسية θ ، سواء كانت منطبقة مع المحور البصري أو كانت زواية ارتفاع أو انخفاض .

الحالة الأولى : المحور البصري أفقيا تماماً و القامة مُثبتة رأسياً .

في هذه الحالة تكون المسافة الرأسية (V) تساوي صفر و بالتالي يكون فرق الإرتفاع بين النقطتين يساوي ارتفاع الجهاز مطروحة منه قراءة الشعرة الوسطى على القامة .

الحالة الثانية : في حالة كانت الزواية θ زواية ارتفاع .



شكل (3-2) : طريقة الاستديا [زواية إرتفاع]

في هذه الحالة تُحسب المسافة الأفقية بين النقطتين من المعادلة التالية :

$D = K \times S \times (\cos\theta)^2 + C\cos\theta$ ....(4.3)

C ≡ الثابت الإضافي

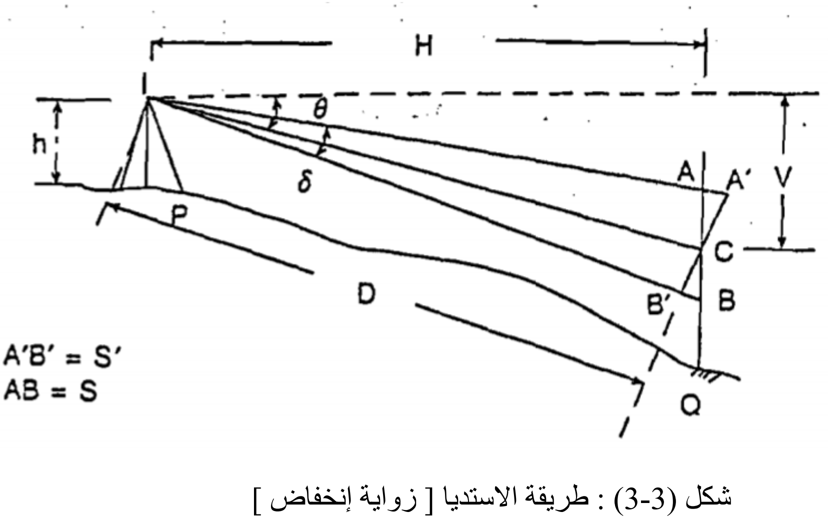
أما المسافة الرأسية تُحسب من المعادلة الآتية :

$V = \frac{1}{2} \times K \times S \times \sin 2\theta$ ....(5.3)

و يُحسب فرق المنسوب بين النقطتين عن طريق التعويض في المعادلة أدناه :

$\triangle H\,(AB) = hi + V - M$ ....(6.3)

الحالة الثالثة : في حالة كانت الزواية θ زواية انخفاض .



شكل (3-3) : طريقة الاستديا [زواية إنخفاض]

$D = K \times S \times (\cos\theta)^2 + C\cos\theta$ ....(7.3)

$$V = \frac{1}{2} \times K \times S \times \sin 2\theta \quad \text{.....(8.3)}$$

$$\Delta H\ (AB) = hi - V - M \quad \text{.....(9.3)}$$

4.3 طريقة الظلال

طريقة مساحة تاكيومترية للحصول على المسافة الأفقية و فرق المنسوب بين النقطتين باستخدام ثيودلايت عادي (ليس به شعيرات استديا) .

تُوظف طريقة الظلال قوانين المثلثات في قياس المسافات بطريقة غير مباشرة ، و في هذه الطريقة تقاس زاويتان من زوايا الإرتفاع أو من زوايا الانخفاض بين موضع الجهاز و موضع القامة و تُسجل قراءة الشعرة الوسطى عند كل زواية .

تُعد طريقة الظلال أقل دقة من طريقة شعيرات الاستديا و لكنها تُناسب حالة عدم معرفتنا قيم الثابت التاكيومتري و الإضافي للجهاز .

توجد عدة حالات لطرق حساب المسافة الأفقية و فرق المنسوب بين النقطتين ، تختلف باختلاف الزواية الرأسية بين الثيودلايت و الهدف (القامة) .

1.4.3 المسافة الأفقية :

- **خط النظر أفقي**

تُحسب المسافة الأفقية من العلاقة الرياضية الآتية :

$$D = \frac{S}{\tan \theta} \quad \text{.....(10.3)}$$

حيث

S ≡ قراءة الشعرة الوسطى مع زواية الإرتفاع – قراءة الشعرة الوسطى في الوضع الأفقي

θ ≡ زواية الإرتفاع أو زواية الإنخفاض

- **خط النظر مائل**

في حالة زوايتي إرتفاع أو زوايتي إنخفاض :

تُحسب المسافة الأفقية من المعادلة التالية :

$$D = \frac{S}{\tan\theta_2 - \tan\theta_1} \quad \text{...(11.3)}$$

حيث

S ≡ الفرق بين قراءتي الشعرة الوسطى

$\theta 1$ ≡ زاوية الإرتفاع أو الإنخفاض الأولى (الأصغر قيمة)

$\theta 2$ ≡ زاوية الإرتفاع أو الإنخفاض الثانية (الأكبر قيمة)

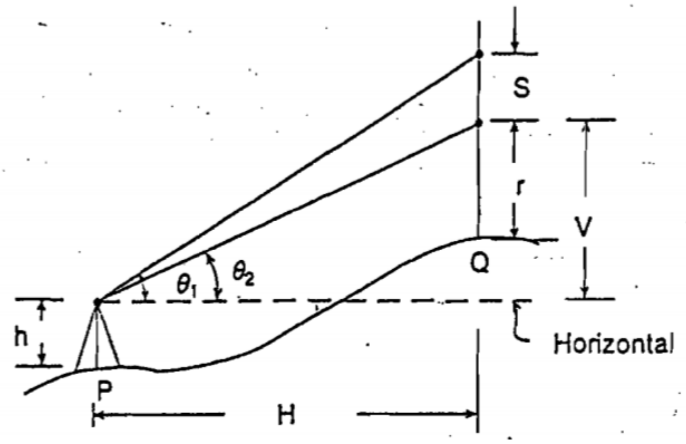
في حالة زاوية ارتفاع و زاوية إنخفاض :

$$D = \frac{S}{\tan\theta_2 + \tan\theta_1} \quad \text{...(12.3)}$$

2.4.3 المسافة الرأسية و فرق المنسوب

توجد ثلاث حالات لحساب فرق المنسوب بين النقطتين باستخدام طريقة الظلال ، تختلف باختلاف زاويتّي الرصد سواء كانت إرتفاع أو إنخفاض .

الحالة الأولى : الزوايتين إرتفاع



شكل (3-4) : طريقة الظلال I

من الشكل أعلاه

$$V = H\tan\theta_2 \quad \text{...(13.3)}$$

$$V + S = H\tan\theta_1 \quad \text{...(14.3)}$$

$$S = M_2 - M_1 \quad \text{...(15.3)}$$

$$H = \frac{S}{\tan\theta_1 - \tan\theta_2} \quad \text{……………………………………………….(16.3)}$$

$$R.L\ of\ Q\ = R.L\ of\ P + hi + V - r \quad \text{……………………………....(17.3)}$$

حيث

hi ≡ إرتفاع الجهاز

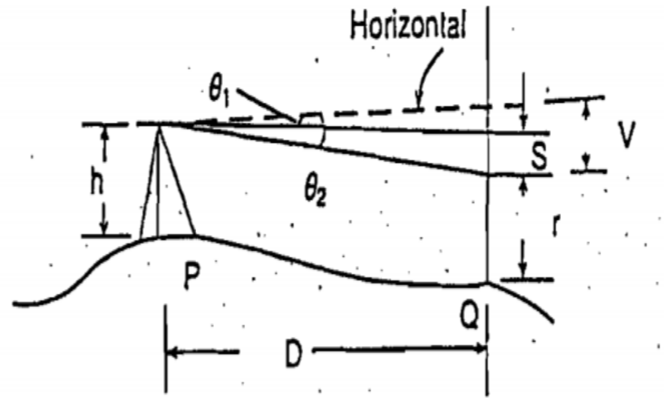
V ≡ المسافة الرأسية بين المحور الأفقي و المسافة المقطوعة على القامة عند القراءة الثانية

H ≡ المسافة الأفقية

S ≡ الفرق بين القراءتين

r ≡ قراءة الشعرة الوسطى الثانية

الحالة الثانية : كلتا الزوايتين إنخفاض



شكل(3-5) : طريقة الظلال II

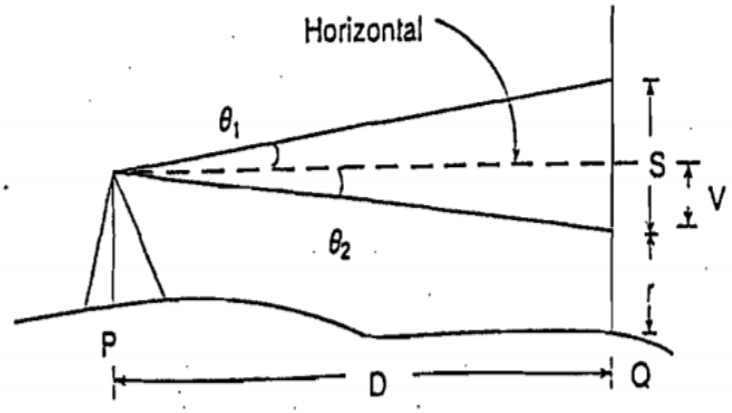
$$V = D\tan\theta_2 \quad \text{……………………………………………………(18.3)}$$

$$S = M_2 - M_1 \quad \text{…………………………………………………....(19.3)}$$

$$D = \frac{S}{\tan\theta_2 - \tan\theta_1} \quad \text{……………………………………………………(20.3)}$$

$$R.L\ of\ Q\ = R.L\ of\ P + hi - V - r \quad \text{…………………………………(21.3)}$$

الحالة الثالثة : إحدى الزوايا زاوية إرتفاع و الأخرى زواية إنخفاض



شكل (3-6) : طريقة الظلال III

$$V = D \tan \theta_2 \quad \text{.....(22.3)}$$

$$D = \frac{S}{tan\,\theta_1 + tan\,\theta_2} \quad \text{.....(23.3)}$$

$$R.L\ of\ Q = R.L\ of\ P + hi - V - r \quad \text{.....(24.3)}$$

الباب الرابع

القياسات و النتائج

1.4 القياسات

بعد تحديد النقاط الخمس تم قياس المسافات بينها باستخدام الشريط ذهاباً و إياباً ثم تم تنفيذ الميزانية المباشرة لنتحصل على المناسيب المرجعية للنقاط .

بعد ذلك أجريت الميزانية المثلثية باستخدام جهاز الثيودلايت و تم أخذ القراءات اللازمة لحساب المناسيب ، ثم تم البدء في أعمال القياس التاكيومتري باستخدام جهاز الثيودلايت و أُخذت القياسات اللازمة لحساب المناسيب و المسافات الأفقية للنقاط .

1.1.4 المسافات الأفقية :

تم قياس المسافة بين النقاط باستخدام الشريط ذهاباً و إياباً كما هو موضح أدناه :

جدول (4-1) : المسافة الأفقية

Line	Forward(m)	Backward(m)	Average(m)
A⇢B	41.680	41.678	41.679
B⇢C	58.468	58.472	58.470
C⇢D	53.908	53.905	53.907
D⇢E	65.510	65.513	65.512
E⇢A	77.430	77.425	77.428

2.1.4 الميزانية المباشرة

في البداية تم قياس المسافات الأفقية بين النقاط بإستخدام الشريط بدقة عالية (ذهاباً و إياباً) ، و بإستخدام جهاز الميزان و قامة مدرجة تم أخذ قراءة خلفية و أمامية لكل نقطة على حدا ثم حساب الميزانية كما هو موضح أدناه :

جدول (4-2) : الميزانية المباشرة

Point	B.S	I.S	F.S	Rise	Fall	R.L	Distance	Corrected R.L
A	1.246					300.000	41.679	300.000
B	1.370		1.338		0.092	299.908	58.470	299.906
C	1.340		1.422		0.052	299.856	53.907	299.853
D	1.278		1.128	0.212		300.068	65.512	300.064
E	1.329		1.421		0.143	299.925	77.428	299.919
A			1.248	0.081		300.006		300.000
∑	6.563		6.554	0.293	0.287		296.995	

التحقيق الحسابي

Last R.L - First R.L = ∑B.S - ∑F.S = ∑Rise - ∑Fall

∑Rise - ∑Fall = 0.006 mm

Last R.L - First R.L = 0.006 mm

∑B.S - ∑F.S = 0.006 mm

حساب قيمة الخطأ في الميزانية

Last computed R.L – Last known R.L =

300.006 – 300.000 = 0.006 mm

تحديد قيمة الخطأ المسموح لقبول الميزانية

$E = c\sqrt{k}$

E = 10 * 0.545 = 5.5mm

∵ قيمة الخطأ المسموح تساوي الخطأ في الميزانية

∴ الميزانية مقبولة

تصحيح المناسيب

المناسيب المُصححة = (الخطأ في الميزانية * القيمة التراكمية) / عدد المناسيب عدا الأول

(0.006 * 1) / 4

(0.006 * 2) / 4

⋮

(0.006 * 5) / 4

3.1.4 الميزانية المثلثية

بعد تنفيذ الميزانية المباشرة تم عمل الميزانية المثلثية باستخدام جهاز الثيودلايت ، تم ضبط أفقية الجهاز و التسامت للنقطة الأولى ثم قياس إرتفاع الجهاز عن طريق القامة و بعد ذلك تم توجيه المحور البصري للجهاز نحو هدف (Target) موضوع فوق النقطة التالية و تم تدوين قراءة الدائرة الرأسية و إرتفاع الجهاز في جدول مخصص ، يجب أن يتم تسامت الهدف فوق النقطة تماماً و تم قياس إرتفاع الهدف عن الأرض باستخدام شريط و تدوين القراءة في الجدول ، و تم تكرار الأرصاد لكل النقاط .

جدول (4-3) : قياسات الميزانية المثلثية

Line	Hi	V.C.R	Ht
A⇢B	1.350	89º35´30"	1.743
B⇢C	1.328	89º48´30"	1.600
C⇢D	1.413	89º29´45"	1.685
D⇢E	1.360	89º33´15"	2.015
E⇢A	1.320	89º42´30"	1.638

باستخدام قوانين المثلثات ، تم حساب المسافة الرأسية بين إرتفاع الجهاز و الهدف (V) و بمعرفة المسافة الأفقية بين النقاط (D) تم حساب فرق الإرتفاع و المناسيب بالتعويض في القوانين التالية و دُونت النتائج كما هو موضح بالجدول (4-4) :

$V = D \tan \theta$

$\Delta H = hi + V - ht$

جدول (4-4) : نتائج الميزانية المثلثية

Point	θ	D	V	Δh	R.L
A					300.000
B	00˚24′30"	41.679	0.297	-0.095	299.904
C	00˚11′30"	58.470	0.095	-0.076	299.827
D	00˚30′15"	53.907	0.474	0.202	300.029
E	00˚26′45"	65.512	0.509	-0.145	299.884
A	00˚17′30"	77.428	0.394	0.076	299.960

4.1.4 طريقة شعيرات الاستديا

باستخدام جهاز الثيودلايت الرقمي و قامة مدرجة تم تنفيذ القياس التاكيومتري لحساب مناسيب النقاط و المسافة الأفقية و وُضع جهاز الثيودلايت على النقطة الأولى و تم ضبط الجهاز و عمل التسامت ثم تم قياس إرتفاع الجهاز باستخدام القامة (الإرتفاع يحسب من علامة موضحة على جانب الجهاز) ، ثم وُجّه المنظار نحو النقطة التالية التي وُضعت عليها قامة مُثبتة رأسياً و تم تدوين قراءات الشعرات الثلاث (عليا – وسطى – سفلى) و قراءة الدائرة الرأسية لكل النقاط على حدا كما هو مؤضح بالجدول أدناه :

جدول (4-5) : قياسات طريقة شعيرات الاستديا

Line	Hi	V.C.R	Upper	Middle	Lower
A⇢B	1.396	88º36′51"	2.708	2.501	2.290
B⇢C	1.395	89º14′42"	2.520	2.228	1.931
C⇢D	1.322	89º23′25"	1.965	1.697	1.426
D⇢E	1.276	89º20′04"	2.511	2.180	1.856
E⇢A	1.306	89º27′15"	2.338	1.951	1.563

بالتعويض في المعادلة (5.3) تم حساب المسافة الرأسية V (إرتفاع المسافة المقطوعة على القامة من المحور البصري للجهاز) ، و بالتعويض في المعادلة (6.3) تم حساب فرق المنسوب بين النقاط ، و دُونت النتائج كما هو موضح أدناه :

جدول (4-6) : نتائج طريقة شعيرات الاستديا

Point	θ	V	Δh	R.L
A				300.000
B	01º23′09"	1.010	-0.095	299.905
C	00º45′18"	0.776	-0.057	299.848
D	00º36′35"	0.573	0.198	300.046
E	00º39′56"	0.760	-0.143	299.902
A	00º32′45"	0.738	0.093	299.995

5.1.4 طريقة الظلال

من وضع الجهاز في طريقة شعيرات الاستديا و قبل تحريكه إلي النقطة التالية تم تغيير الدائرة الرأسية و تدوين قراءة الشعرة الوسطى و الدائرة الرأسية الجديدة كما هو مُوضح بالجدول أدناه :

جدول (4-7) : قياسات طريقة الظلال

Line	Hi	V.C.R 2	θ_2	M1	V.C.R 1	θ_1	M2
A⇢B	1.396	88º36′51"	01º23′09"	2.501	88º26′45"	01º33′15"	2.621
B⇢C	1.395	89º14′42"	00º45′18"	2.228	89º05′37"	00º54′23"	2.381
C⇢D	1.322	89º23′25"	00º36′35"	1.697	88º50′20"	01º09′40"	2.210
D⇢E	1.276	89º20′04"	00º39′56"	2.180	89º03′06"	00º56′54"	2.500
E⇢A	1.306	89º27′15"	00º32′45"	1.951	89º06′53"	00º53′07"	2.410

و بالتعويض في المعادلة (15.3) تم حساب S - الفرق بين قرائتي الشعرة الوسطى - ، ثم تم حساب المسافة الأفقية H بالتعويض في المعادلة (16.3) ، ثم حساب المسافة الرأسية V بالتعويض في المعادلة (13.3) و دُونت النتائج كما هو مُبين أدناه :

جدول (4-8) : نتائج طريقة الظلال

Point	S	H	V	Δh	R.L
A					300.000
B	0.120	40.818	0.987	-0.118	299.882
C	0.153	57.893	0.763	-0.070	299.812
D	0.513	53.293	0.567	0.192	300.004
E	0.320	64.824	0.753	-0.151	299.853
A	0.459	77.464	0.738	0.093	299.946

2.4 النتائج

1.2.4 مقارنة نتائج المناسيب

بمقارنة مناسيب النقاط المُتحصل عليها سابقاً كما هو موضح بالجدول أدناه :

جدول (4-9) : مقارنة المناسيب للطرق المختلفة

Point	A	B	C	D	E	Method
	300.000	299.906	299.853	300.064	299.919	الميزانية
	300.000	299.905	299.848	300.046	299.902	شعيرات الاستديا
	300.000	299.882	299.812	300.004	299.853	الظلال
	300.000	299.904	299.827	300.029	299.984	الميزانية المثلثية

من الجدول أعلاه يتضح أن طريقة شعيرات الاستديا هي أقرب الطرق للميزانية للمباشرة ، تليها الميزانية المثلثية ثم طريقة الظلال

2.2.4 مقارنة نتائج حساب المسافات

مقارنة نتائج المسافات الأفقية المحسوبة بواسطة طريقة شعيرات الاستديا و طريقة الظلال مع المسافات المُقاسة بالشريط ، كما هو موضح بالجدول أدناه :

جدول (4-10) : مقارنة المسافات الأفقية

Line	المسافة بالشريط	طريقة شعيرات الاستديا	طريقة الظلال
A⇢B	41.679	41.775	40.818
B⇢C	58.470	58.889	57.893
C⇢D	53.907	53.893	53.293
D⇢E	65.512	65.491	64.824
E⇢A	77.428	77.492	77.464

مما سبق يتضح أن طريقة شعيرات الاستديا أكثر دقة في حساب المسافة الأفقية من طريقة الظلال .

الباب الخامس

الخـلاصـة و التـوصيـات

1.5 الخلاصة

تم حساب مناسيب خمسة نقاط باستخدام الميزانية المباشرة و الميزانية المثلثية و طريقة شعيرات الاستديا و طريقة الظلال و كذلك تم حساب المسافة الأفقية باستخدام طريقة شعيرات الاستديا و طريقة الظلال .

و بإعتماد الميزانية المباشرة كمرجع و من خلال المقارنة بين هذه الطرق الثلاثة يتضح أن طريقة شعيرات الاستديا هي الأفضل دقةً بين الميزانية المثلثية و طريقة الظلال ، تليها الميزانية المثلثية .

و بمقارنة نتائج المسافات الأفقية وُجد أن طريقة شعيرات الاستديا أكثر دقة في الحساب من طريقة الظلال.

2.5 التوصيات

نوصي بي الاتي :

i. زيادة عدد النقاط المستخدمة في عملية المقارنة
ii. عند إختيار النقاط يجب مراعاة أن لا توجد عوائق بين النقاط تعيق الرؤية
iii. إختيار منطقة ذات تضاريس متباينة نوعا ما

❖ المراجع

- جمعة محمد داؤد (2014) : مبادئ المساحة ، مكة المكرمة ، المملكة العربية السعودية .
- محمود حسني عبدالرحيم ، محمد رشاد الدين مصطفى (1998) : مبادئ المساحة المستوية و الطبوغرافية ، منشأة المعارف بالإسكندرية .
- إبراهيم زياوي (1997) : مبادئ الخرائط و المساحة ، دار المعرفة الجامعية .
- محمد فريد فتحي (1998) : المساحة للجغرافيين المساحة المستوية و التصويرية ، دار الممعرفة الجامعية 40 ش سوتير – إسكندرية .
- S. K. Roy (1999) : Fundamentals of Surveying , by prentice-Hall of India Private Limited , New Delhi .