الفصل الخامس

التسوية

(٥,١) مقدمة

من العمليات الأساسية في علم المساحة دراسة تضاريس سطح الأرض والتعرف على مكوناته من جبال وتلال وهضاب ووديان ومجاري أنهار وغير ذلك. ويتم ذلك بإيجاد الأبعاد الرأسية بين نقاط سطح الأرض المختلفة ثم مقارنة ارتفاعات هذه النقاط وانخفاضاتها عن مستوى ثابت نطلق عليه مستوى سطح المقارنة. وفي معظم البلدان يستخدم متوسط منسوب سطح البحر كمستوى لمقارنة هذه الارتفاعات.

ومن المعلوم أن معرفة تضاريس سطح الأرض وفروق ارتفاعات نقاط سطح الأرض من المعلومات الهامة والأساسية لأعمال المشاريع الهندسية ذات الصلة بسطح الأرض مثل: تخطيط وإنشاء الطرق والجسور والمطارات وخطوط السكة الحديدية وعمليات تسوية الأراضي لقواعد المباني وتسوية الأراضي للري وإنشاء و تطهير الترع وقنوات الري والمصارف. وسنتحدث عن بعض التطبيقات بالتفصيل في الفصل التالي من هذا الكتاب بإذن الله تعالى.

أما في هذا الفصل فسيكون الحديث شرحاً لعملية قياس فروق الارتفاعات وإيجاد مناسيب النقاط باستخدام جهاز الميزان وهي الطريقة الأكثر استخداماً في عمليات المساحة الأرضية التفصيلية، ويطلق عليها الميزانية. وسنبدأ بتعريف بعض المصطلحات المهمة لهذا الدرس.

(٥,٢) تعريف مصطلحات التسوية

(٥,٢,١) مستوى المقارنة

هو المستوى الذي ينسب إليه ارتفاع نقطة ما على سطح الأرض . وتتخذ كل دولة من دول العالم مستوى للمقارنة خاص بها تنسب إليه ارتفاعات جميع أراضيها ، وفي الغالب يكون هذا المستوى هو السطح الوسطي للبحر.

(٥,٢,٢) منسوب النقطة

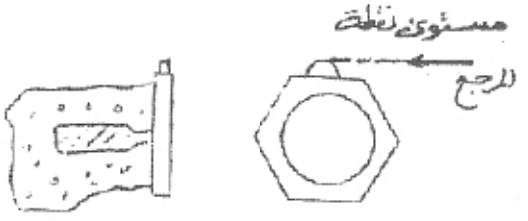
هو البعد الرأسي بين أي نقطة على سطح الأرض و بين مستوى المقارنة ، ويأخذ هذا البعد إشارة موجبة إذا كانت النقطة فوق مستوى المقارنة وإشارة سالبة إذا كانت النقطة تحت مستوى المقارنة.

(٥,٢,٣) نقطة مرجع التسوية (الروبير)

هو نقطة سبق إيجاد منسوبها بالنسبة لمستوى المقارنة (السطح الوسطي للبحر) بدقة عالية وتتخذ كنقطة مرجعية لقياس مناسيب النقاط الأخرى . و ينقسم مرجع التسوية إلى قسمين:

(٥,٢,٣,١) مرجع التسوية الحائطي

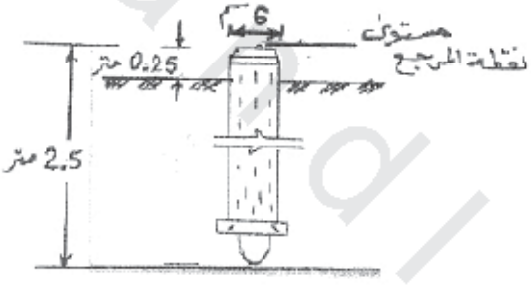
وهو قطعة من الحديد على شكل سداسي تثبت بواسطة مسامير على حائط مبنى ثابت تكون على ارتفاع نصف متر من سطح الأرض ، في أعلاها قطعة مستديرة قمتها هي المنسوب المعروف. ويشترط أن يبرز منها ما يكفي لوضع القامة (الشكل رقم ٥,١).



الشكل رقم (٥,١). مرجع التسوية الخاطئ.

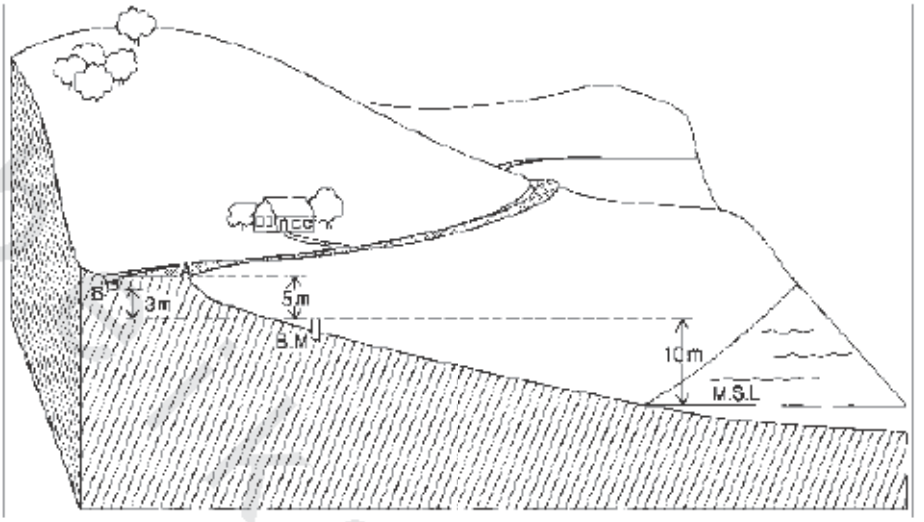
(٥,٢,٣,٢) مرجع التسوية الأرضي

وهو عبارة عن ماسورة من الحديد بطول 2.5 متر وقطرها حوالي 6 سم تثبت على سطح الأرض في أماكن بارزة ومعلمة لتسهيل الرجوع إليها (الشكل ٢,٥) .



الشكل رقم (٥,٢). مرجع التسوية الأرضي.

ويبين الشكل رقم (٥,٣) نقطة ارتفاع مرجعية أو مرجع أرضي Bench Mark (BM) منسوبها (ارتفاعها فوق السطح الوسطي للبحر) 10 أمتار. وإذا كان ارتفاع النقطة A فوق النقطة المرجعية BM هو ٥ أمتار فإن منسوب النقطة A يكون ١٥ متراً فوق السطح الوسطي للبحر.

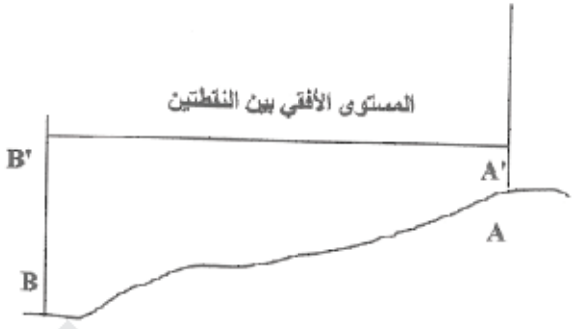


الشكل رقم (٥,٣). نقطة الارتفاع المرجعية الأرضية BM ارتفاعها ١٠ أمتار فوق السطح الوسطي للبحر [٣].

(٥,٣) نظرية التسوية

لإيجاد فرق الارتفاع بين نقطتين A و B مثلاً (الشكل ٥,٤) نحتاج لتعيين مستوى أفقي (AB') ثم نقوم بقياس المسافة الرأسية بين كل نقطة من النقطتين A وB والمستوى الأفقي (AA' و BB'). ثم نوجد الفرق بين القيمتين ليكون هو فرق الارتفاع المطلوب [١٠].

وعلى هذا الأساس نجد أننا في حاجة إلى جهاز التسوية (level) لإنشاء المستوى الأفقي والقامة (staff) لتساعد في قياس فرق الارتفاع بين كل نقطة والمستوى الأفقي. وفيما يلي نلقي نظرة سريعة على كل منهما ثم نتعرف على طريقة استخدامهما لقياس فرق الارتفاع بين النقطتين.



الشكل رقم (٥,٤). وضع المستوى الأفقي بين النقطتين A و B.

(٥,٤) القامة Staff

عبارة عن مقياس بطول 4-3 أمتار مصنوعة من خشب عليه طبقة سميكة من الطلاء لحفظه من العوامل الجوية وهي مدرجة إلى أمتار ودسم وسم وتطلى أقسام التدريج بلونين مختلفين للتمييز بينهما وتوجد شرطة أو علامة عند كل دسم وأحياناً يثبت في ظهر أو جانب القامة ميزان تسوية دائري صغير حتى يمكن جعل القامة رأسية تماماً أثناء العمل. ويوضح الشكل رقم (٥,٥) نوعين من أجهزة القامة المستخدمة في عمليات الميزانية.

الشكل رقم (٥,٥). جهاز القامة المدرجة (تدريج متري) [٢].

(٥,٥) جهاز التسوية (الميزان)

هو الجهاز الذي بواسطته يمكن الحصول على مستوى أفقي مهما دار الجهاز حول محوره الرأسي، هذا المستوى الأفقي يقطع القامة في القراءة المطلوبة ومنها نستنتج مناسيب وفروق الأبعاد الرأسية المطلوبة. وهنالك أنواع كثيرة من أجهزة التسوية منها جهاز التسوية البصري العادي و الدقيق و جهاز التسوية الأتوماتيكي والرقمي وميزان الليزر ، انظر المراجع [١]، [٢]، [٥]، [٦] للتفصيل والأمثلة. ويتكون أي جهاز تسوية مهما كان نوعه من ثلاثة أجزاء رئيسية:

١- منظار مساحي.

٢- ميزان التسوية.

٣- قاعدة جهاز التسوية.

(٥,٥,١) المنظار المساحي

يتركب المنظار المساحي من أسطوانة معدنية مثبت في أحد طرفيها العدسة الجسمية وفي الطرف الآخر العدسة العينية. والغرض من العدسة الجسمية الحصول على صورة مقلوبة مصغرة وأما العينية فتكبر هذه الصورة ويضع الراصد عينه عليها لترى صورة القامة بتدريجاتها. وداخل أسطوانة المنظار توجد عدسة إضافية وظيفتها تطبيق مستوى الصورة على مستوى حامل الشعرات بواسطة لولب التطبيق (وتكبيرها). وأمام العدسة العينية داخل المنظار يوجد حامل الشعرات وهو عبارة عن حلقة مركب عليها شعرات متعامدة أو لوح زجاج محفور عليه خطوط متعامدة والغرض منه تحديد محور المنظار لتقع عليه صورة المرئيات (القامة) وهو مثبت في أسطوانة المنظار بواسطة أربعة لوالب.

(٥,٥,١,١) مصطلحات المنظار المساحي

١- خط النظر

هو الخط الواصل بين نقطة تقاطع الشعيرات ومركز العدسة الجسمية.

٢- المحور البصري (أو المحور الضوئي)

هو الخط الواصل بين مركز العدسة العينية ومركز العدسة الجسمية.

٣- المحور الهندسي

هو المحور الهندسي للأنبوبة المعدنية التي تحتوي على العدسة الجسمية والعدسة العينية وحامل الشعيرات.

وكل منظار مساحي يجب أن ينطبق فيه المحاور الثلاثة الموضحة عاليه فيما يطلق عليه خط انطباق.

(٥,٥,٢) جهاز ميزان التسوية الزئبقي

وهو عبارة عن وعاء أسطواني سطحه العلوي يمثل سطح برميلي الشكل (الشكل رقم ٥,٦أ). والوعاء مملوء بسائل زئبقي فيما عدا فقاعة صغيرة من البخار الزئبقي على السطح الزجاجي وتوجد علامات تبعد عن بعضها بمقدار 2mm لتحديد مدى ضبط الأفقية، ويستعمل في الضبط الدقيق لأفقية الجهاز. ويوجد أيضاً ميزان تسوية مستدير يستعمل في الضبط التقريبي لأفقية الجهاز (الشكل ٥,٦ب).

إذا وضع الجهاز على سطح أفقي ثبتت الفقاعة في منتصف الوعاء وإذا وضع في مستوى مائل اتجهت الفقاعة نحو الطرف الأعلى من الوعاء.

(٥,٥,٢,١) قاعدة جهاز التسوية

وتسمى قاعدة الجهاز وتتكون من قطعتين من المعدن: الأولى عبارة عن القاعدة المثبت فيها المحور الرأسي للجهاز المستعمل والثانية هي التي ترتكز على رأس الحامل ذي

الثلاث أرجل و يربط بينهما ثلاث لوالب تستخدم في عملية تسوية الجهاز يطلق عليها لوالب التسوية (الشكل رقم ٥,٧). و يمكن بواسطة هذه اللوالب إمالة القاعدة لـضبط المحور الرأسي بواسطة ميزان التسوية الذي قد يكون مثبت في القاعدة نفسها أو علـى الجهاز نفسه .

(ب) (أ)

الشكل رقم (٥,٦). (أ) زلقية أسطوانية، و(ب) زلقية دائرية [٢].

الشكل رقم (٥,٧). قاعدة جهاز التسوية (لاحظ لوالب التسوية الثلاثة) [٢].

وتثبت القاعدة السفلى للجهاز على حامل ثلاثي الأرجل (الشكل رقـم ٥,٨). يتكون الحامل من ثلاثة أرجل خشبية أو معدنية. ويمكن إطالة أي من هـذه الأرجـل ليتسنى وضع جهاز التسوية في مستوى أفقي بالتقريب. وأما الضبط الدقيق لأفقية الجهاز

فيتم باستخدام لوالب التسوية مع ملاحظة وضع الفقاعة في ميزان التسوية و سيتم شرح ذلك لاحقاً.

الشكل رقم (٥,٨). الحامل الثلاثي الأرجل [٢].

(٥,٥,٢,٢) شروط صحة جهاز التسوية :

قبل استعمال جهاز التسوية لتعيين مناسيب النقاط يجب أن تتوفر فيه الشروط التالية:

١- انطباق خط النظر على المحور البصري (الضوئي) للمنظار فيكون الناتج هو خط الانطباق.

٢- الموازاة بين محور ميزان التسوية وبين خط الانطباق.

٣- تعامد المحور الرأسي للجهاز مع المحور الطولي لميزان التسوية الرئيسي.

وتعرف هذه الشروط بالشروط الدائمة لجهاز التسوية وتسمى العمليات التي تجرى لتحقيقها بالضبط الدائم لأنها إذا سويت مرة واحدة لا تتغير إلا إذا أسيئ استعمال الجهاز ولا يحتاج إلى تكرارها إلا بعد فترة من الاستعمال.

(٥,٦) الضبط المؤقت لجهاز التسوية

وهو ما يجب إجراؤه في الحقل كلما أعد الجهاز للرصد ويشمل:

١- ضبط أفقية الجهاز.

٢- التطبيق وتصحيح خطأ الوضع.

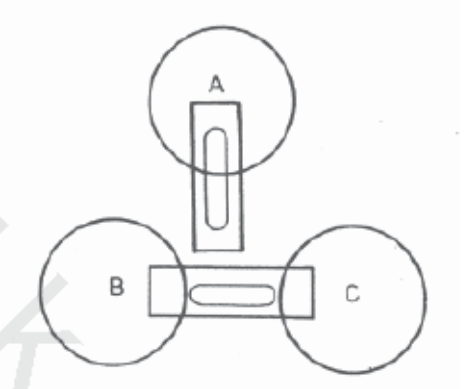
(٥,٦,١) أولاً: ضبط الأفقية

أثناء وضع الجهاز في النقطة المفروض وضعه عليها نحاول أن نضبط بالتقريب الأفقية بتحريك أرجل الحامل أو برفع أو خفض أحد أرجل الحامل مع ملاحظة فقاعة ميزان التسوية.

إن طريقة الضبط باستخدام لوالب التسوية تختلف باختلاف نوع جهاز التسوية. ففي الأجهزة من نوع جهاز دمبي وجهاز كوك نجعل المنظار موازياً لاتجاه أي لولبين من لوالب التسوية الثلاثة (B و C مثلاً كما في الشكل رقم ٥,٩) ونلف هذين اللولبين إما للداخل أو للخارج معاً وذلك لتتحرك الفقاعة في اتجاه الخط الواصل بينهما حتى تثبت الفقاعة في منتصف مجراها تماماً. ثم ندير المنظار ٩٠ درجة فيصير عمودياً على وضعه الأول ونلف لولب التسوية الثالث (اللولب A) فتتحرك الفقاعة أيضاً حتى تثبت في المنتصف تماماً في هذا الوضع الجديد. ثم نرجع المنظار إلى موضعه الأول ونكرر نفس العملية مرة أخرى حتى تثبت فقاعة ميزان التسوية في منتصف مجراها تماماً في أي وضع.

أما بالنسبة للموازين ذات الإمالة والتي تكون مزودة بميزان تسوية دائري للضبط الأولي وآخر أسطواني للضبط الدقيق فنقوم بتحريك لولبين من لوالب التسوية إما للداخل أو للخارج معاً كما هو مشروح أعلاه حتى تصبح الفقاعة في منتصف مجراها بالنسبة للولبين ومن ثم نحرك اللولب الثالث لضبط الفقاعة في المنتصف تماماً وذلك من

دون تحريك المنظار. ويتم ضبط ميزان التسوية الطولي قبل القراءة مباشـــرةً باســـتخدام لولب خاص بذلك.



الشكل رقم (٥,٩). وضع ميزان التسوية بالنسبة للوالب التسوية لضبط آلية الجهاز [١].

(٥,٦,٢) ثانياً: التطبيق (ضبط الرؤية) و تصحيح خطأ الوضع

إن خطأ الوضع هو عبارة عن عدم ثبات الصورة تبعاً لتحريك العين وذلك لعدم سقوط الصورة المتكونة من العدسة الجسمية على مستوى حامل الشعرات تماماً بحيث إذا حرك الراصد عينه إلى أعلى أو إلى أسفل أمام عينية المنظار يشاهد أن الـــشعرة الأفقيـــة تتحرك على قراءات أقسام القامة.

ولتصحيح هذا الخطأ تحرك العدسة العينية إلى الداخل أو إلى الخارج حتى تظهـــر الشعرات في أوضح حالاتها ثم تحرك لولب التطبيق حتى تبدو أقسام القامة واضحة جـــداً وبذلك ينعدم حدوث اهتزاز بين الشعرة الأفقية وبين أقسام القامة.

(٥,٧) الاحتياطات الواجبة عند أخذ الأرصاد بجهاز التسوية

للحصول على نتائج دقيقة ولتفادي بعض الأخطاء في الجهاز نفسه يجب إتبـــاع الإرشادات التالية :

١- وضع الجهاز في منتصف المسافة تقريباً بين كل قراءة أمامية وخلفية للتخلص من أخطاء الجهاز نفسه.

٢- يجب ألا تزيد المسافة بين الجهاز والقامة عن 100m وذلك لتمييز تقاسيم القامة جيداً وسهولة القراءة عليها بدون أخطاء.

٣- يجب التأكد من أن الفقاعة في منتصف ميزان التسوية تماماً .

٤- أن توضع القامة رأسياً تماماً على الأرض.

٥- يجب أن تكون النقطة التي عليها القامة أرضاً صلبةً حتى لا تهبط القامة خاصة عند تدويرها لقراءتها من اتجاه آخر والأفضل استعمال القاعدة الحديدية الثابتة التي توضع تحت القامة.

٦- يجب عدم الضغط على الجهاز وأن يثبت حامل الجهاز (الحامل ذو الثلاث أرجل) في الأرض جيداً وأن يكون الجهاز في وضع بعيد من حركة المرور.

هنالك بعض المصطلحات الخاصة بعمليات التسوية و التي يجب التعرف عليها قبل شرح عملية الرصد الميداني و عمل جدول التسوية لتدوين البيانات:

(٥,٧,١) الخلفية

وهي القراءة التي تؤخذ بعد ضبط الجهاز مباشرة " ضبط مؤقت". وهي أول قراءة قامة يتم رصدها من أي وضع جديد لجهاز التسوية.

(٥,٧,٢) الأمامية

وهي آخر قراءة على القامة تؤخذ من وضع جهاز التسوية.

(٥,٧,٣) المتوسطة

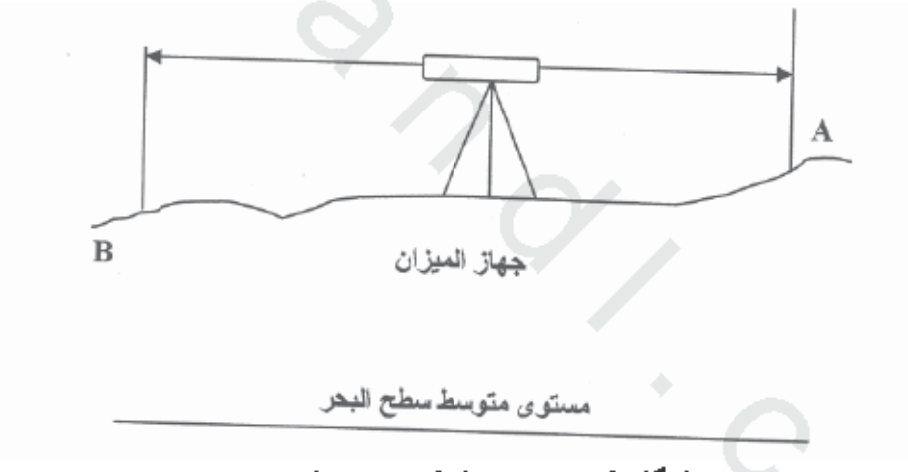
وهي قراءة أو أكثر تؤخذ ما بين القراءة الخلفية و القراءة الأمامية.

(٥,٧,٤) نقطة الدوران

هي النقطة التي توضع عليها القامة و يؤخذ عندها قراءتان إحداهما أمامية والأخرى خلفية أي عند هذه النقطة ينقل الجهاز ويدور حول القامة بينما تظل القامة ثابتة في مكانها لذلك يجب مراعاة أن تكون القامة عند هذه النقطة على أرض صلبة حتى لا تتعرض للهبوط وتؤثر على دقة الأرصاد.

(٥,٨) إيجاد الفرق بين منسوبي نقطتين

لإيجاد الفرق في الارتفاع بين النقطتين A و B (الشكل رقم ٥,١٠) نقوم بالخطوات التالية:



الشكل رقم (٥,١٠). عمل التسوية بين نقطتين A و B.

١- ضع الجهاز في منتصف المسافة بين النقطتين A و B بالتقريب.
٢- ثبت أرجل الحامل الثلاثي جيداً بالأرض بحيث يكون القاعدة في مستوى أفقي بالتقريب
٣- بعد ربط الجهاز بالحامل سوي الجهاز أفقياً بالضبط مستخدماً لوالب التسوية.

٤- ضع القامة في وضع رأسي تماماً فوق النقطة A ووجه المنظار نحوها ثم اضبط العدسة العينية حتى ترى صورة الشعرات واضحة تماماً ولف لولب التطبيق حتى ترى صورة القامة واضحة تماماً.

٥- اقرأ القامة عند الشعرة الأفقية الوسطى 1.20 m مثلاً (مؤخرة).

٦- انقل القامة إلى النقطة الثانية B وضعها رأسية فوقها.

٧- وجه المنظار نحو القامة ولاحظ أن الفقاعة مازالت تتوسط تقاسيم ميزان التسوية .

٨- اقرأ القامة عند الشعرة الأفقية الوسطى ولتكن 1.62 m مثلاً (مقدمة).

٩- إذن خط النظر واحد في الحالتين. النقطة A أعلى من النقطة B بمقدار:

$$1.62 - 1.20 = 0.42 \text{ m}$$

إذا افترضنا أن منسوب النقطة A = 615.20 m.

إذن منسوب النقطة B = 615.20 – 0.42 = 614.78 m.

ويكون منسوب سطح الميزان في هذه الحالة = 615.20 + 1.20

= 616.40 m.

(٥,٨,١) تدوين القراءات في جدول التسوية

قبل عملية القياس في الطبيعة يتم تجهيز جدول لتدوين القراءات يطلق عليه جدول التسوية. و أبسط أشكال هذا الجدول يمكن عملها للقراءات التي أجريت للمثال السابق لإيجاد منسوب النقطة B من منسوب النقطة A (القراءات كلها بالأمتار).

النقطة	الخلفية	المتوسطة	الأمامية	الحسابات	المنسوب
A	1.20				615.20
B			1.62		

أما عمود الحسابات فيتم ملؤه على حسب الطريقة الـتي تـستخدمها ، إذ إن هنالك طريقتان لحساب مناسيب النقاط هما:

١- طريقة فرق الارتفاع.

٢- طريقة منسوب سطح الجهاز.

وسنقوم فيما يلي باستخدام كل من الطريقتين لحساب منسوب نقطة B في المثال السابق.

(٥,٨,١,١) طريقة فرق الارتفاع والانخفاض

في هذه الطريقة تسمي عمود الحسابات عمود فروق الارتفـاع وتقـسمه إلى عمودين أحدهما للارتفاع والثاني للانخفاض. فإذا رصدنا النقطة الأولى A – الخلفية – وكانت أعلى من النقطة الثانية B – الأمامية (أو المتوسطة لأمثلة أخرى) فإن قراءة القامة على A تكون أقل من قراءة القامة على النقطة الأدنى B وذلك واضح مـن الجـدول ويكون فرق الارتفاع في هذه الحالة انخفاض ويسجل فرق القراءتين (وهو فرق الارتفاع بين النقطتين) في عمود الانخفاض في صف أو سطر النقطة B.

فرق الارتفاع = 1.62 – 1.20 = 0.42 m –، ويسجل في عمود الانخفاض ويعطى علامة سالب (–). ولحساب منسوب النقطة B نطرح قيمة الانخفاض من منسوب النقطة A ونسجله في عمود المنسوب في صف النقطة B كما هو واضح في الجدول التالي:

(كل البيانات بالأمتار)

النقطة	الخلفية	المتوسطة	الأمامية	الارتفاع (+)	الانخفاض (–)	المنسوب
A	1.20					615.20
B			1.62		0.42	614.78
المجموع	1.20		1.62	0.00	0.42	

وللتحقق من صحة الحسابات التي أجريت في الجدول، يجب أن يتحقق الشرط التالي:

مجموع القراءات الخلفية — مجموع القراءات الأمامية =

مجموع الارتفاعات — مجموع الانخفاضات =

منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة.

ولتطبيق ذلك على الجدول:

مجموع القراءات الخلفية – مجموع القراءات الأمامية = 1.62 – 1.20 = 0.42 m –.

مجموع الارتفاعات — مجموع الانخفاضات = 0.00 – 0.42 = 0.42 m –.

منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة = 614.78 – 615.20 = 0.42 m –.

ولتساوي القيم الثلاث نكون قد تأكدنا من صحة تدوين البيانات والحسابات في الجدول.

(٥,٨,١,٢) طريقة منسوب سطح الجهاز

في هذه الطريقة نحسب منسوب خط نظر جهاز التسوية من قراءة القامة على النقطة المرصودة أولاً (A) ومن منسوبها المعلوم ، ونسجل منسوب سطح الجهاز في عمود الحسابات في صف النقطة A التي حسبناه عندها . ويظل يأخذ القيمة نفسها ونحن نرصد نقاط أخرى (مثل نقطة B) من نفس المحطة ، ولا تتغير قيمته طالما أن الجهاز ثابت في مكانه حتى نحركه إلى محطة أخرى. بالنسبة للمثال الذي بين أيدينا فإن منسوب خط نظر الجهاز أو منسوب سطح الجهاز يساوي منسوب نقطة A إضافة إلى قراءة القامة عند A.

منسوب سطح الجهاز = 615.20 + 1.20 = 616.40 متراً ويسجل كما في الجدول التالي.

وإذا عرفنا أن منسوب سطح الجهاز فإن منسوب أي نقطة أخرى مرصودة من هذا الوضع للجهاز يمكن حسابه بطرح قراءة القامة عندها من منسوب سطح الجهاز.

وفي هذا المثال فإن منسوب نقطة B =

= 616.40 − 1.62

= 614.78 m

النقطة	الخلفية	المتوسطة	الأمامية	منسوب سطح الجهاز	المنسوب
A	1.20			616.40	615.20
B			1.62	616.40	614.78
المجموع	1.20		1.62		

للتحقق من صحة الحسابات التي أجريت في الجدول نحسب الفرق بين مجموع القراءات في عمود الخلفية ومجموع القراءات في عمود الأمامية . هذا الفرق يجب أن يساوي الفرق بين منسوب أول نقطة ومنسوب آخر نقطة.

مجموع القراءات الخلفية − مجموع القراءات الأمامية = 1.20 − 1.62 = − 0.42 m

منسوب آخر نقطة − منسوب أول نقطة = 614.78 − 615.20 = − 0.42 m

(٥,٩) أقسام أعمال التسوية

تنقسم أعمال التسوية من حيث الغرض التي تستخدم من أجله إلى:

(٥,٩,١) التسوية الطولية

وتجري في الاتجاه الطولي للمشاريع ذات المحاور الطولية مثل الطرق والترع والمصارف وخطوط أعمدة الكهرباء وذلك لتعيين مناسيب نقاط محاورها المختلفة.

(٥,٩,٢) التسوية العرضية

وتجري في الاتجاه العرضي للمشاريع الطولية عند نقاط معينة على المحور الطـــولي ويعرف الشكل الذي يبين نقاطها بالمقطع العرضي.

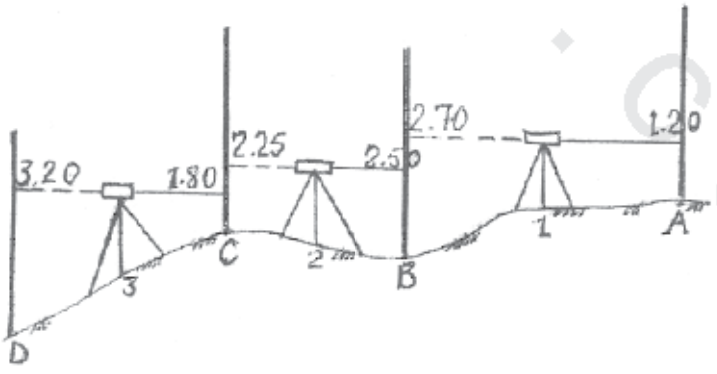
(٥,٩,٣) التسوية الشبكية

وتجري في الاتجاهات الطولية والعرضية معاً لتحديد مناسيب نقاط أركان الشبكة التي تغطي المنطقة أياً كان شكلها الهندسي.

وسنقدم شرحاً مبسطاً لكل واحد من هذه الأقسام في الفصل التالي (الـــسادس) الذي سيكون حول تطبيقات التسوية.

(٥,١٠) خطوات عمل التسوية

يبدأ عمل التسوية دائماً من نقطة معلومة المنسوب (سواء كانت مرجعية أو غير مرجعية). إذا افترضنا أن النقطة A نقطة منسوبها 612.20 m مثلاً. وكان المطلوب إيجـــاد مناسيب نقاط أخرى مثل B و C و D (الشكل رقم ٥,١١) فإننا نتبع الخطوات التالية:



الشكل رقم (٥,١١). تسوية تسلسلية من A إلى D.

١- ثبت جهاز التسوية في المحطة (1) في منتصف المسافة تقريباً بين النقطتين A و B.

٢- اضبط جهاز التسوية أفقياً.

٣- ثبت القامة رأسياً في A ووجه عليها المنظار.

٤- اقرأ الشعرة الوسطى على القامة وذلك بعد التأكد من أفقية ميزان التسوية الداخلية — وتسمى هذه القراءة خلفية لأنها خلف جهاز التسوية بالنسبة إلى اتجاه سير الجهاز (من A إلى D) وتكتب هذه القراءة في عمود القراءات الخلفية من جدول التسوية ولتكن هذه القراءة 1.20 م.

٥- انقل القامة من النقطة A إلى النقطة B وأضبطها في وضع رأسي.

٦- أدر المنظار ووجهه نحو القامة التي هي الآن على النقطة B ويجب فقط ضبط ميزان التسوية الداخلي مع عدم تغيير وضع لولب التسوية وإلا فقدنا المستوى الأفقي الذي يحدد خط النظر الأول.

٧- خذ القراءة الجديدة على القامة وهي على نقطة B ولتكن 2.70 m وتسمى هذه القراءة أمامية وتدون في عمود القراءات الأمامية على نفس الخط الذي دونت فيه نقطة B.

٨- ثم تنقل الجهاز إلى الوضع الجديد - المحطة رقم (2) - ونعده للرصد. ثم توجهه نحو القامة وهي في موضعها السابق B ولكن بعد أن تدير وجهها إلى الجهة الأخرى — أي في ناحية الجهاز وتعرف النقطة B التي أديرت فوقها القامة بنقطة الدوران ، وتأخذ قراءة الشعرة الأفقية على القامة في B مرة ثانية وتكتب القراءة في هذه المرة في عمود القراءة الخلفية من جدول الأرصاد وعلى نفس السطر الأفقي الذي كتبت عليه القراءة الأمامية لهذا الوضع و ذلك

لأن مكان القامة لم يتغير عن موضعه في القراءتين (ولتكن هـذه القـراءة 2.50m).

٩- تدير جهاز التسوية في اتجاه نقطة C التي يتم تثبيت القامة عليها أفقياً فترصـد قراءة أمامية على C و لتكن القراءة هذه المرة هي 2.25m، وتسجل هذه القراءة في عمود الأمامية في صف النقطة C .

١٠- ننقل جهاز التسوية مرة أخرى ونضعه في المحطة (3) ونقوم بتثبيته أفقياً كمـا فعلنا من قبل وندير القامة وهي في موقعها (C) في اتجاه المنظار ونرصد القـراءة التي ستكون قراءة خلفية ولتكن 1.8m، ونقوم بتسجيلها في عمود القـراءات الخلفية في صف النقطة C أيضاً.

١١- نضع القامة رأسياً على النقطة D وندير منظار الجهاز حتى نرى نقطة D ونقرأ القراءة التي ستكون أمامية أو مقدمة (و لتكن هذه القراءة 3.20m) وتسجل في عمود القراءة الخلفية في صف النقطة D .

١٢- للتأكد من صحة تسجيل البيانات في الجدول يجب التأكد من أن عدد القراءات التي سجلت في عمود الخلفية (٣ قراءات) يساوي عدد القراءات التي سجلت في عمود الأمامية (٣ قراءات).

١٣- في الجدول التالي سجلنا القراءات السالفة وسنعتمد **طريقة الارتفاع والانخفاض** لحساب مناسيب النقاط:

فرق الارتفاع بين النقطة السابقة واللاحقة = القراءة الخلفية – القراءة الأمامية.

إذا كانت النتيجة موجبة تسجل في عمود الارتفاع (+) ، وإذا كانت سـالبة تسجل في عمود الانخفاض (-) .

ويحسب منسوب النقطة من العلاقة التالية:

منسوب النقطة الجديدة = منسوب النقطة السابقة + فرق الارتفاع بينهما بإشارته

النقطة	خلفية	أمامية	ارتفاع +	انخفاض −	منسوب	ملاحظات
A	1.20				612.50	معلومة المنسوب
B	2.50	2.70		1.50	611.00	نقطة دوران
C	1.80	2.25	0.25		611.25	نقطة دوران
D		3.20		1.40	609.85	آخر نقطة
المجموع	5.50	8.15	0.25	2.90		للتحقق

(٥,١٠,١) التحقيق الحسابي

للتأكد من العمليات الحسابية في جدول الأرصاد يجب توافق النتائج التالية:

مجموع الارتفاعات — مجموع الانخفاضات = 0.25 − 2.90

= − 2.65 m

مجموع الخلفية — مجموع الأمامية = 5.50 − 8.15

= − 2.65 m

منسوب آخر نقطة — منسوب أول نقطة = 609.85 − 612.50

= − 2.65 m

وفيما يلي سنستخدم طريقة **سطح الجهاز** لحساب المناسيب. سنعتمد نفس البيانات في المثال أعلاه وسنغير فقط في جدول الحسابات ليكون جدول واحد هو جدول منسوب سطح الجهاز:

تعتمد طريقة سطح الجهاز على تحديد أو تعيين منسوب مستوى خط النظر الأفقي للجهاز وهو الذي يعبر عنه بسطح الجهاز. ولا يتغير هذا المنسوب إلا عند تحريك جهاز التسوية لتثبيته في محطة أخرى.

ويحسب منسوب سطح الجهاز من العلاقة التالية:

منسوب سطح الجهاز = منسوب النقطة التي أعدنا عليها القراءة الخلفية + قراءة القامة على نفس النقطة. فمنسوب سطح الجهاز في المحطة الأولى (1) = منسوب نقطة A + القراءة الخلفية على نقطة A

612.50 + 1.20 = 613.70 m

قبل أن تغير وضع الجهاز وهو على هذا المنسوب نأخذ قراءة القامة وهي على النقطة B (القراءة الأمامية 2.70) ، وعليه يمكن أن نحسب منسوب النقطة B من:

منسوب نقطة B = منسوب سطح الجهاز في المحطة (1) – القراءة الأمامية على B من هذه المحطة = 613.70 – 2.70

= 611.00 m

وبعد تحريك الجهاز إلى المحطة الثانية 2 سيصبح للجهاز منسوب جديد يحسب من منسوب نقطة B و قراءة القامة الخلفية (المؤخرة) عليها :

منسوب سطح الجهاز في المحطة (2) = منسوب نقطة B + قراءة القامة (الخلفية) على B من محطة (2).

منسوب سطح الجهاز في المحطة (2) = 611.00 + 2.50

= 613.50 m

وتسجل هذه القيمة في عمود منسوب سطح الجهاز في صف النقطة B كما هو مبين في الجدول التالي.

ومن هذا الوضع للجهاز نحسب منسوب نقطة C التي تم قراءة القامة عليها من وضع الجهاز في المحطة (2) (القراءة الأمامية) :

منسوب نقطة C = منسوب سطح الجهاز عند المحطة (2) – قراءة القامة (الأمامية) على النقطة C من الجهاز وهو على المحطة (2) = 613.50 – 2.25

= 611.25 m

ثم نحرك الجهاز إلى وضع جديد هو المحطة (3) وبعد ضبط الميزان نقرأ القامة المثبتة رأسياً على النقطة C وتعتبر القراءة خلفية (1.80) وتسجل في صف النقطة C. وفي هذا الوضع نحسب منسوب سطح الجهاز وهو في المحطة (3) وذلك بإضافة منسوب النقطة C الذي تم حسابه في الخطوة السابقة إلى قراءة القامة الخلفية على نقطة C . ثم ندير الجهاز

من دون تغيير وضعه الأفقي لنقرأ القامة على نقطة D و هي قراءة أمامية . و نحسب منسوب نقطة D كما حسبنا منسوب نقطة C من قبل.

النقطة	خلفية	أمامية	سطح الجهاز	المنسوب	ملاحظات
A	1.20		613.70	612.50	الجهاز في المحطة ١
B	2.50	2.70	613.50	611.00	دوران
C	1.80	2.25	613.05	611.25	دوران
D		3.20		609.85	آخر نقطة
المجموع	5.50	8.15			للتحقق الحسابي

للتحقيق الحسابي: مجموع القراءات الخلفية – مجموع الأمامية = منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة.

مجموع القراءات الخلفية – مجموع القراءات الأمامية = 5.50 – 8.15 = – 2.65 m

منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة = 609.85 – 612.50 = – 2.65 m

(٥,١٠,٢) مقارنة بين طريقة سطح الجهاز وطريقة فرق الارتفاع

١– طريقة منسوب سطح الجهاز أسهل في العمل وتوفر الوقت والحساب عن طريق الارتفاع والانخفاض.

٢– يجب تحقق ثلاثة شروط للتأكد من صحة الحسابات بطريقة الارتفاع والانخفاض ، ولذلك هي أكثر استخداماً عندما نحتاج إلى التسوية الدقيقة.

عند تسجيل القراءات في الجدول يجب مراعاة التالي:

أ) أول رصده تكتب في جدول الأرصاد هي خلفية وآخر رصده تكتب عبارة عن أمامية.

ب) على نفس السطر المكتوب عليه آخر خلفية يكتب منسوب سطح الجهاز.

ج) أي نقطة دوران يجب أن يقابلها قراءة خلفية على نفس السطر.

د) في كل وضع للجهاز توجد أمامية واحدة وخلفية واحدة وبذلك يجب أن يكون عدد القراءات الخلفية يساوي عدد القراءات الأمامية كم ذكرنا من قبل. ويعتبر هذا أول تحقيق لصحة تدوين البيانات في الجدول.

للتحقق من دقة إجراء التسوية: نعيد العملية من نقطة D إلى نقطة A. إذا تبين أي فرق في المنسوب المحسوب للنقطة A و منسوبها المعلوم و الذي بدأنا به عملية التسوية فإن هذا الفرق يعتبر خطأ التسوية و يطلق عليه خطأ الإغلاق.

إن الفرق في المنسوب أو خطأ الإغلاق المسموح به يحسب من:

خطأ الإغلاق = $k[d]^{1/2}$ مم

حيث أن k مقدار ثابت تعتمد قيمته على درجة دقة عمليات التسوية المطلوبة على النحو التالي:

في عمليات التسوية من الدرجة الأولى (الدقيقة): $k=5$

في عمليات التسوية من الدرجة الثانية (العادية): $k=20$

في عمليات التسوية لعمل المقاطع الطولية لأعمال التخطيط: $k=10$

d = طول خط التسوية من أول نقطة إلى آخر نقطة (من A إلى D في المثال السابق) بالكيلومتر.

(٥,١١) تمارين

١- اشرح معاني المصطلحات التالية حسب استخدامها في عمليات التسوية:

أ) القراءة الخلفية ، ب) القراءة الأمامية ، ج) نقطة دوران ، د) الضبط المؤقت لجهاز التسوية .

٢- ما هي العناصر الأساسية المكونة لجهاز التسوية؟

٣- ما هي شروط الضبط الدائم لجهاز التسوية؟ وما هي عناصر الضبط المؤقت لجهاز التسوية؟

٤- أكمل جدول التسوية التالي مستخدماً طريقة الارتفاع والانخفاض لحساب مناسيب النقاط (كل القراءات في الجدول بالأمتار):

النقطة	الخلفية	الأمامية	ارتفاع	انخفاض	منسوب النقطة
A	2.50				568.20
B	1.80	2.20			
C	1.50	2.00			
D	2.10	2.40			
E		2.00			

٥- لإيجاد منسوب نقطة Q بمعرفة منسوب نقطة A بطريقة منسوب سطح الجهاز أعطت القراءات التالية من دون قراءة متوسطات على القامة وكانت نتائج الرصد بالترتيب بدءاً من المحطة A هي:

1.85، 2.20، 1.92، 2.11، 1.98، 2.32 متراً .

أوجد منسوب نقطة Q إذا كان منسوب نقطة A هو 625.20 متراً .

٦- أجريت عملية تسوية تسلسلية بين نقطتين A و B وكانت نتائج الرصد على النحو التالي:

1.90 ، 2.10 ، 1.60 ، 1.80 ، 2.10 ، 2.50 ، 2.80 متراً.

إذا علمت أن جهاز التسوية قد تم تحريكه من محطة الرصد الأولى بعد القراءة الرابعة فسجل القراءات في دفتر التسوية . استخدم طريقة سطح الجهاز لحساب مناسيب

كل النقاط المرصودة علماً بأن أول نقطة تم رصدها هي نقطة A و التي منسوبها هو ٦١٠,٢٤ متر.

٧- أجريت عملية تسوية طولية و سجلت القراءات بالترتيب على النحو التالي:

1.60 ، 1.40 ، 1.20 ، 1.80 ، 2.10 ، 1.90 ، 1.70 متراً .

إذا علمت أن منسوب آخر نقطة هو 623.50 متراً ، و أن جهاز التسوية قد تم نقله بعد القراءة الثالثة ، ثم بعد القراءة الخامسة فالمطلوب تفريغ القراءات في جدول التسوية و حساب مناسيب النقاط المرصودة باستخدام طريقة الارتفاع و الانخفاض مع التحقيق الحسابي.

٨- القراءات التالية سجلت أثناء إجراء عملية تسوية طولية من النقطة A (منسوبها 653.25 متراً) إلى النقطة B : 2.20 ، 2.52 ، 2.70 ، 2.30 ، 2.15 ، 1.95 ، 2.04 ، 2.26 متراً . إذا كانت النقاط الثانية والثالثة والرابعة نقاط دوران سجل القراءات في جدول التسوية وأحسب مناسيب النقاط المرصودة مستخدماً طريقة سطح الجهاز.

obeikandl.com