الفصل السادس

تطبيقات التسوية

(٦,١) مقدمة

هنالك العديد من تطبيقات التسوية في الميادين العلمية والعملية المختلفة والتي ترتبط بسطح الأرض وما عليه من منشآت. وسنختار من بينها تطبيقات عمل المقاطع الطولية والمقاطع العرضية التي تستخدم في عمليات تصميم وتخطيط و تنفيذ المشروعات الطولية مثل الطرق والخطوط الحديدية وقنوات الري وإلى غير ذلك من المشاريع ذات السمة الطولية. وسنتناول أيضاً عمل الميزانية الشبكية التي تستخدم في المشاريع التي تأخذ أشكال هندسية غير طولية مثل الشكل المربع أو شكل المستطيل كما في مشاريع قواعد المباني وتخطيط امتدادات المدن والمناطق الزراعية والغابات.

(٦,٢) المقاطع الطولية

من أهم أغراض التسوية هو الحصول على المقاطع الطولية أي الحصول على شكل تعرجات سطح الأرض وتمثيلها بخط مستقيم أو منحنى على لوحة الرسم وذلك بتعيين مناسيب نقاط معينه على هذا الخط والمسافات بينها. إن هذا الخط الذي يوصل بين مناسيب النقاط المرصودة يمثل مستوى سطح الأرض على محور المنشأة الذي تم تخطيطه على الأرض من قبل إنشائها. ويمكن تعريف المقطع الطولي بأنه عبارة عن نتائج التسوية الطولية التي تجري على محور مشروع هندسي مثل طريق زراعي أو خط سكة حديد أو

قناة ري أو مصرف مائي . وبتوقيع هذه النتائج بمقياس الرسم المناسب لكل من المسافات الأفقية و المناسيب ينتج المقطع الطولي.

وعادةً تبدأ التسوية من نقطة ارتفاع مرجعية BM أو أي نقطه معلوم منسوبها بحيث تكون قريبه من نقطة بداية القطاع ثم يبدأ الرصد على القامة الموضوعة عمودياً فوق نقاط القطاع المختلفة وكذلك رصد المسافات الأفقية بينها. وينتهي العمل في آخر نقطه من القطاع ويستحسن الاستمرار في الميزانية بعد الوصول إلى نهاية القطاع حتى أقرب نقطة ارتفاع مرجعية ثانية وذلك برصد قراءات القامة (خلفية و أمامية) ومقارنة المنسوب الناتج لنقطة مرجع التسوية من حساب التسوية بمنسوبها المدون بدفتر مناسيب النقاط المرجعية. ويجب ألا يتعدى الفرق بينهما القيمة:

$$10 \times \sqrt{\text{طول التسوية بالكم}}$$

فإذا كانت المسافة من أول مرجع تسوية إلى مرجع التسوية الثاني هي أربعة كيلومترات مثلاً فإن فرق المنسوب بين القيمة المعطاة للنقطة المرجعية والقيمة التي تم حسابها لها من عمل التسوية يجب ألا تزيد على القيمة:

$$10 \times [4]^{1/2} = \pm 20\,\text{mm}$$

وفي حالة عدم وجود نقطة مرجعية ثانية قريبة من النقطة الأخيرة للمقطع الطولي يمكن التحقق من صحة العمل بإعادة التسوية في اتجاه معاكس حتى نصل إلى نقطة البداية لنقارن بين المنسوبين (منسوب النقطة الأولى الذي بدأ العمل منها والمنسوب الذي تم حسابه لنفس النقطة بعد إجراء عملية التسوية) . ويلاحظ أن طريقة التدوين والحساب لا تختلف عما سبق إلا بإضافة عمود في الجدول تدون فيه المسافات الأفقية بالأمتار

بالنسبة لأول المشروع وإضافة عمود آخر لقراءة المتوسطات (نقاط المقطع الطولي التي يكون فيها تغير في شكل سطح الأرض والتي تم أخذ قراءات لها و ليست بنقاط دوران). ولبيان ذلك نأخذ المثال التالي :

مثال (٦,١)

تم استخدام جهاز التسوية لرصد قراءات القامة على النقاط A ، 1 ، 2 ، B بالترتيب. ثم تم نقل الجهاز إلى محطة رصد ثانية ورصدت النقاط: B ، 3 ، 4 ، 5 ، 6 ، P بالترتيب. وبالتالي فإن نقطة B تسمى نقطة دوران لأنها النقطة التي تم تغيير وضع الجهاز بعد قراءة القامة عليها. و تم تدوين القراءات في جدول التسوية كما هو أدناه. فإذا كان منسوب مرجع التسوية A هو 17.04 متراً و كانت المسافات الأفقية للنقاط المرصودة قد تم قياسها من بداية المقطع وقد دونت في العمود السابع من الجدول.

النقطة	الخلفية	المتوسطة	الأمامية	منسوب سطح الجهاز	المنسوب	المسافة الأفقية	ملاحظات
A	1.75			(18.79)	17.04	–	مرجع
1		1.5			(17.29)	0.00	بداية المقطع
2		1.97			(16.82)	50.00	
B	1.32		1.15	(18.96)	(17.64)	100.00	نقطة دوران
3		1.17			(17.79)	150.00	
4		2.37			(16.59)	200.00	
5		1.34			(17.62)	250.00	
6		2.41			(16.55)	300.00	نهاية المقطع
P			1.84		(17.12)		مرجع
المجموع	3.07		2.99				للتحقق

سيتم استخدام طريقة منسوب سطح الجهاز لحساب مناسيب النقاط. ويذكر أيضاً أن القيم بين الأقواس هي القيم التي تم حسابها في حين أن القيم التي جردت من الأقواس هي القيم المرصودة أو المعطاة.

ويلاحظ أيضاً أن نقطة الدوران B قد تم قراءة القامة عليها من وضع الجهاز الأول كقراءة أمامية كما رصدت أيضاً من الوضع الثاني للجهاز فسجلت هذه القراءة خلفية في صف النقطة ذاتها.

(٦,٢,١) التحقيق الحسابي

مجموع القراءات الخلفية – مجموع القراءات الأمامية =

= 3.07 – 2.99

= 0.08 m

منسوب آخر نقطه – منسوب أول نقطه =

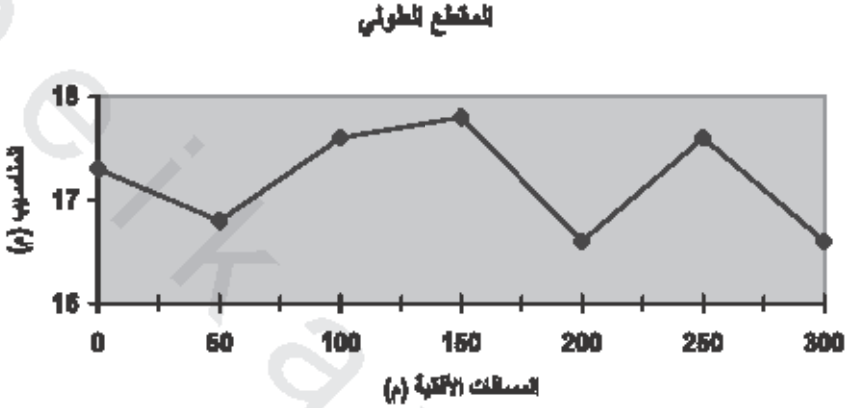
= 17.12 – 17.04

= 0.08 m

(٦,٢,٢) رسم المقطع الطولي

نرسم المقطع الطولي نأخذ عمود المسافات الأفقية ونمثله على المحور السيني، ونأخذ عمود المناسيب ونمثله على المحور الصادي . ونظراً لأن المسافات الأفقية طويلة جداً إذا قورنت بفروق المناسيب بين نقاط المقطع لذلك ترسم المسافات الأفقية بمقياس رسم صغير مثلاً 1:1000 حسب مساحة اللوحة التي يتم عليها الرسم وحسب الغرض الذي من أجله يتم رسم المقطع الطولي ونرسم الأبعاد الرأسية التي تحدد المناسيب بمقياس رسم كبير وذلك بإيجاد الفرق في المنسوب بين أعلى نقطه وأدنى نقطه ثم نحدد المقياس الرأسي الذي يقرب إلى رقم صحيح مثل 1:50 وعلى هذا الأساس تظهر فروق الارتفاع أكثر وضوحاً إذ أننا بالغنا في تمثيل المناسيب بمقياس رسم أكبر من مقياس رسم

المسافات الأفقية. وتوصل النقاط بخطوط مستقيمة على اعتبار أن سطح الأرض مستوى بين كل نقطتين متتاليتين وبذا نحصل على المقطع الطولي الذي يبين شكل الأرض على محور الطريق أو الترعة أو المصرف (الشكل رقم ٦,١).



الشكل رقم (٦,١). المقطع الطولي لسطح الأرض – البيانات بالأمتار.

وغالباً ما يطلب منا عمل التسوية الطولية لإقامة مشروع يطول هذه التسوية فيحدد على المقطع الطولي المحور المطلوب ويسمى محور المشروع وهو إما أن يكون أفقياً أو مائلاً ميلاً واحداً أو بعدة ميول حسب حاجة المشروع المطلوب كما هو الحال في مشاريع تخطيط وإنشاء الطرق وتخطيط شبكات الترع والمصارف.

مثال (٦,٢)

أجريت تسوية طولية بغرض عمل مقطع طولي لمشروع طريق زراعي بين النقطة (A) عند الكيلو 14.00 والنقطة (B) عند الكيلو 14.50 وكانت المسافات الأفقية بين نقاط التسوية متساوية وكانت قراءات القامة كالآتي:

1.52_1.91_2.41_2.59_1.92_1.48_1.12_0.44_1.50_1.16_1.82_1.91_1.22_2.30_3.85.

فإذا كان جهاز التسوية قد تم نقله بعد النقاط: الثالثة والخامسة والسابعة والتاسعة وكان منسوب النقطة الأولى هو 18.40 متراً فالمطلوب:

– رسم المقطع الطولي بين الكيلو 14.00 والكيلو 14.50 بمقياس رسم مناسب مبيناً سطح الأرض الكائن وقت الرصد و سطح الأرض بعد التنفيذ لمحور طريق يميل من نقطة البداية A ميلان مقداره 0.4% لأسفل.

– حساب ارتفاعات الحفر والردم عند جميع نقط المقطع.

الحل

بما أن الجهاز قد تم نقله بعد كل من النقاط الثالثة و الخامسة و السابعة والتاسعة فإن هذه النقاط الأربع تعتبر نقاط دوران، يتم رصد قراءة القامة على كل منها من موضعين للجهاز القراءة الأولى تكون أمامية والقراءة الثانية تكون خلفية. أما بقية القراءات غير الأولى (خلفية) والأخيرة (أمامية) فتسجل في عمود المتوسطة. يجب أن نشير أيضاً إلى أن كل القراءات في الجدول بالأمتار.

النقاط	خلفية	متوسطة	أمامية	منسوب سطح الجهاز	مناسيب النقاط	منسوب المشروع	المسافة
A	1.52			19.92	18.40	18.40	0
2		1.91			18.01	18.20	50
3	2.59		2.41	20.10	17.51	18.00	100
4		1.92			18.18	17.80	150
5	1.12		1.48	19.74	18.62	17.60	200
6		0.44			19.30	17.40	250
7	1.16		1.50	19.40	18.24	17.20	300
8		1.82			17.58	17.00	350
9	1.22		1.91	18.71	17.49	16.80	400
10		2.30			16.41	16.60	450
B			3.85		14.86	16.40	500

(٦,٢,٣) التحقيق الحسابي

مجموع القراءات الخلفية – مجموع القراءات الأمامية = 11.15 – 7.61

= – 3.54 m

منسوب آخر نقطه – منسوب أول نقطه = 18.40 – 14.86

= – 3.54 m

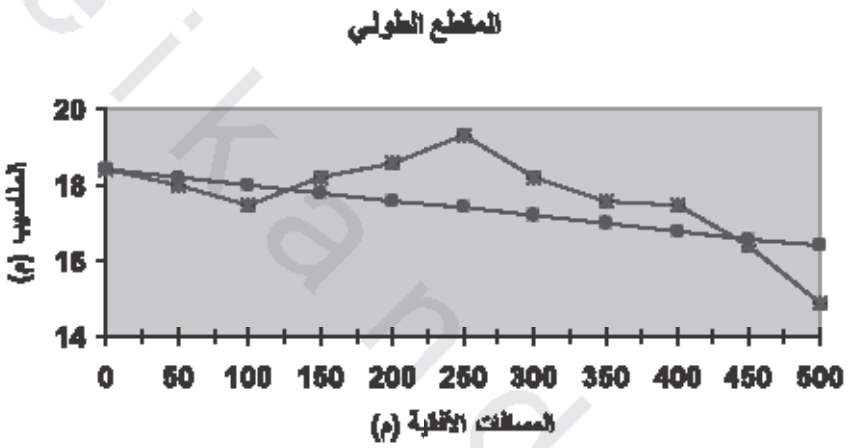
(٦,٢,٤) ملاحظات على الجدول

يبدأ خط الإنشاء بالنقطة الأولى مع الأرض الطبيعية ويميل بمقدار 0.4% أي 40سم كل 100 متر أو 20سم كل 50 متراً ومنها يستنتج منسوب الإنشاء لكل نقطة لإيجاد ارتفاع الحفر أو الردم بحساب الفرق بين منسوبي الإنشاء والأرض الطبيعية. فإذا زاد منسوب خط الإنشاء عن الأرض الطبيعية كان المطلوب هو ردم والعكس يكون الحفر. ويوضح الجدول التالي ارتفاعات الحفر والردم محسوبة من مناسيب النقاط على الأرض وعلى مستوى المشروع المطلوب

النقطة	المحسوب	منسوب المشروع	ارتفاع الحفر	ارتفاع الردم	المسافة على المحور
A	18.40	18.40			0
٢	18.01	18.20		0.19	٥٠
٣	17.51	18.00		0.49	١٠٠
٤	18.18	17.80	0.38		١٥٠
٥	18.62	17.60	1.02		٢٠٠
٦	19.30	17.40	1.90		٢٥٠
٧	18.24	17.20	1.04		٣٠٠
٨	17.58	17.00	0.58		٣٥٠
٩	17.49	16.80	0.69		٤٠٠
١٠	16.41	16.60		0.19	٤٥٠
B	14.86	16.40		1.54	٥٠٠

(٦,٢,٥) رسم المقطع الطولي لسطح الأرض الطبيعي و لسطح الإنشاء

استخدم في رسم المقطع الطولي مقياس رسم أفقي 1:500 ومقياس رسم رأسي 1:50 أي على المحور الأفقي كل 1سم=50 متراً وعلى المحور الرأسي كل 1سم= 50سم. وحيث إن أدنى منسوب لسطح الأرض الطبيعية ولسطح الإنشاء هو 14.86م اعتبرنا أن سطح المقارنة هو منسوب 14.00م (الشكل رقم ٦,٢).



الشكل رقم (٦,٢). المقطع الطولي لسطح الأرض (١) ومحور المنشأة (٢).

(٦,٣) المقاطع العرضية

لعمل المقاطع العرضية تجرى عملية التسوية في خطوط تشكل اتجاهات عمودية على المحور الطولي. والغرض منها هو:

١- معرفة شكل الأرض على جانبي المحور الطولي الذي يكون قد تم عمله من خلال عمل التسوية على المحور الطولي المقترح للمشروع.

٢- إيجاد مكعبات الأتربة الناتجة من عمليات الحفر والردم المطلوبة لتسوية الأرض للمشروع المقترح، من تطهير للترع أو إنشاء للمصارف أو حساب مكعبات

الحفر أو الردم عند إنشاء الطرق وخطوط السكك الحديدية وغير ذلك من المشاريع التي تقام على سطح الأرض وتحتاج لعمليات تسوية.

(٦,٣,١) تشكيل المقاطع العرضية

يلزم لعمل المقاطع العرضية أخذ مناسيب نقاط التغير في سطح الأرض في القطاع العرضي مع قياس المسافات بينها ابتداءً من النقطة التي تقع على المحور. وكذلك يجب تحديد مسافة القطاع العرضي عن بداية المشروع المقترح.

وهنالك طريقتان لعمل المقاطع العرضية:

١- يبدأ عمل الميزانية للمقطع العرضي ابتداءً من نقطة على المحور في اتجاه جانبيه الأيمن والأيسر (الشكل رقم ٦,٣).

الشكل رقم (٦,٣). الطريقة الأولى: تبدأ الميزانية من المحور إلى الجانبين.

٢- يبدأ عمل التسوية للمقطع العرضي ابتداءً من أحد الجانبين ويستمر حتى يغطي المقطع العرضي كاملاً (الشكل رقم ٦,٤).

الشكل رقم (٦,٤). الطريقة الثانية: تبدأ التسوية من أحد الجانبين مروراً بنقطة المحور.

وفيما يلي تفصيل لكيفية عمل و تدوين بيانات كل من الطريقتين.

(٦,٣,١,١) الطريقة الأولى

وتستخدم هذه الطريقة في الأعمال الإنشائية كإنشاء ترع أو مصارف أو طرق جديدة ويخطط محور المشروع على الخريطة ثم يوقع في الطبيعة بدق أوتاد على محور المنشأة المقترح.

يبدأ تسلسل الميزانية من أقرب نقطة ارتفاع مرجعي BM ويوضع الميزان في مكان يسهل منه رؤية جميع نقاط القطاع العرضي ثم بقراءة المؤخرة على النقطة المرجعية يتم حساب منسوب سطح الميزان.

وفي جدول الميزانية العرضية تقسم خانة المسافات إلى ثلاثة أقسام الأولى خاصة فصلعاد النقاط على القطاع العرضي بدءاً من نقطة المحور وعلى يمينه والثانية خاصة

فصلعاد القطاعات العرضية على المحور الطولي من بداية المشروع والثالثة خاصة فصلعاد النقاط على المحور العرضي من نقطة المحور في الاتجاه يسار المحور الطولي .

ومن بعد ذلك تثبت القامة رأسياً على نقطة المحور عند موقع القطاع العرضي الأول وتقرأ وتسجل القراءة في عمود القراءة المتوسطة في السطر الذي دونت عليه النقطة (A1) كما في جدول التسوية التالي. ويكتب أمامها في خانة المحور صفر إشارة إلى أنها تقع في بداية المشروع. ثم توضع القامة في نقطة على أحد جانبي المقطع العرضي لتكون في الاتجاه العمودي على المحور الطولي وتسجل القراءة هنا في عمود المتوسطات أيضاً وتدون المسافة في عمود المسافات على حسب موقع النقطة إن كانت يمين المحور كما في الجدول التالي أو كانت يساره. وتنقل القامة إلى النقطة الثانية في نفس الاتجاه حتى نغطي هذا الجانب من المحور ثم تنقل القامة إلى يسار المحور وتقرأ وهي مثبتة على النقاط في هذا الجانب من المحور.

ثم يتم الانتقال إلى القطاع العرضي الثاني، و لنقل أنه على بعد 100 متر من نقطة البداية. وتتم عملية رصد نقاط المحور العرضي الثاني على نفس نسق الرصد السابق. ويمكن نقل الميزان إلى نقطة أخرى في حالة تعذر نقاط القطاع الثاني من نفس المحطة الأولى. ويقتضي ذلك حساب منسوب سطح الميزان برصد آخر نقطة تم رصدها من الوضع الأول للجهاز. ويوضح الجدول التالي عمل التسوية العرضية لجمع البيانات للمقطع العرضي الأول (على بعد 50 متراً من بداية المشروع) و المقطع العرضي الثاني على بعد 100 متر من بداية المشروع . حيث تم رصد نقطتين على يمين المحور و نقطتين على يسار المحور. المسافة بين كل نقطتين متجاورتين 2.5 متراً. إضافة إلى النقطة التي تقع على المحور. بعد إكمال رصد نقاط المحور الأول رصدت النقطة B لتكون نقطة دوران ليحدد منها منسوب سطح الجهاز عند المحطة الجديدة لرصد نقاط القطاع الثاني.

النقطة	قراءات القامة			المسافات			سطح الجهاز	منسوب النقطة	ملاحظات
	خلفية	متوسطة	أمامية	يمين	محور	يسار			
BM	1.10						17.60	16.50	مرجع
A		1.40			صفر			16.20	أول المشروع
11		1.42			50			16.18	قطاع 50
21		1.50		2.5	50			16.10	
31		1.45		5.0	50			16.15	
41		1.35			50	2.5		16.25	
51		1.37			50	5.0		16.23	
B	1.50		1.30				17.80	16.30	نقطة دوران
12		1.46			100			16.34	قطاع 100
22		1.40		2.5	100			16.40	
32		1.42		5.0	100			16.38	
42		1.45			100	2.5		16.35	
52			1.40		100	5.0		16,40	

(٦,٣,١,٢) الطريقة الثانية

تستخدم هذه الطريقة كثيراً في حالات تطهير الترع والمصارف. ويتعذر بالطبع تعيين محور الترعة لوجوده في المياه ويبدأ بعمل المقطع من الجهة اليسرى من المقطع الطولي عادة وتنتقل القامة في اتجاه عمودي على طول الترعة وتوضع في كل نقطة يلاحظ فيها التغير وهكذا حتى نصل إلى نقطة تلاقي سطح الماء بالميل الجانبي للترعة فتؤخذ عندها قراءة القامة ويعين منسوبها ويكون هو منسوب سطح الماء وبعدها تعمل جسات (قياسات لعمق الماء– ارتفاع سطح الماء من القاع sounding) بالمجرى لمعرفة

عمق القاع من السطح ويمكن إيجاد مناسيب القاع بطرح مقدار الجسات من منسوب سطح الماء. ويمكن توضيح هذه العملية بالمثال التالي:

مثال (٦,٣)

المطلوب:عمل ميزانية لإحدى الترع بقصد تطهيرها، لذلك عملت القطاعات العرضية عمودية على المحور الطولي للترعة كل مائتي متر. يوضع الميزان على مسافة قريبة من القطاع وذلك لسهولة قراءة القامة على نقاط القطاع وبعد الانتهاء من عمل القطاع الأول ينقل الميزان إلى الوضع الثاني الذي يكون قريباً من القطاع الثاني.

يفرد الشريط عند كل قطاع عمودياً على مجرى الترعة بأن يكون صفر الشريط عند أول الميل. ويجب أن يلاحظ أن الشريط يشد جيداً وتقرأ المسافات الأفقية للنقاط التي توضع عليها القامة.

إذا افترضنا أن القطاع العرضي الأول على بعد 100 متر من أول الترعة وأن أول سطح الماء بدأ على بعد 10 متر من نقطة بداية التسوية للمقطع العرضي (نقطة 1) وأن أول نقطة داخل الماء تم رصدها هي النقطة A ثم تلى ذلك النقاط B و C و D . وأن النقطة ٤ هي نهاية سطح الماء وبالطبع تقع على يمين القطاع العرضي وقد تم بعدها رصد كل من النقطتين 5 و 6 فإن البيانات تدون كما في الجدول التالي.

ملاحظات: تؤخذ مناسيب النقاط التي تحت الماء بقراءة القامة عند سطح الماء ، ولا تؤخذ القراءات بجهاز التسوية وتسمى هذه النقاط نقاط جسات (حيث تم عندها رصد أعماق الماء من السطح) ويكون منسوب القاع هو منسوب سطح الماء مطروح منه مقدار الجسات.

يتم كتابة بيانات كل مقطع عرضي في صحيفة منفردة من دفتر الميزانية. وتكتب مسافة أو بعد المقطع والتي تم قياسها من بداية الترعة في أعلى صحيفة المقطع.

النقطة	خلفية	متوسطات	أمامية	منسوب سطح الجهاز	منسوب النقطة	المسافات	ملاحظات
1	1.50			23.65	22.15	صفر	بداية القطاع العرضي
2		1.62			22.03	5.0	
3		1.67			21.98	10.0	أول سطح الماء
A		(0.75)			21.23	11.5	جسات
B		(0.85)			21.08	13.0	جسات
C		(0.65)			21.13	14.5	جسات
D		(0.85)			21.33	16.0	جسات
4		1.67			21.98	17.5	نهاية سطح الماء
5		1.38			22.27	20.0	
6			1.21		22.44	25.0	

(٦,٤) التسوية الشبكية

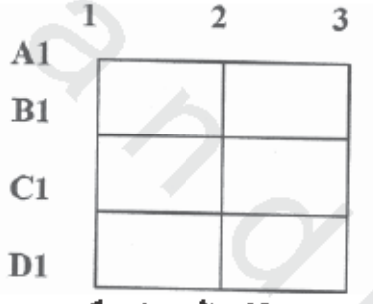
تجرى هذه التسوية في حالة أن تكون قطعة الأرض ذات شكل مربع أو مستطيل أو أي شكل متناسب الأبعاد. وهنالك العديد من الطرق لإجراء هذا النوع من عمليات التسوية ،سنقوم بشرح طريقتين منها.

(٦,٤,١) طريقة المربعات

١- نقسم الأرض إلى مربعات أو مستطيلات متساوية ولذلك نحصر القطعة داخل محيط أضلاعه عمودية على بعضها ونغرس أوتاد عند كل ركن من أركان

الشبكة التي تكونت من تقسيم قطعة الأرض (الشكل رقم ٦,٥). إن اختيار طول ضلع الوحدة المربعة أو المستطيلة من الشبكة يتم على حسب تضاريس المنطقة و على حسب المساحة الكلية للقطعة والدقة المطلوبة. ولختار طول الضلع عادة فيما بين 30 إلى 50 متراً في الأراضي الزراعية أما في أراضي البناء المراد تسويتها إلى مستوى معين فنختار طول الضلع أقصر من ذلك و في حدود 5 إلى 10 أمتار.

٢- نضع جهاز التسوية في مكان مناسب بوسط هذه المنطقة بحيث تتيسر رؤية جميع أجزائها بسهولة.



الشكل رقم (٦,٥). تقسيم قطعة الأرض إلى شبكة مربعات وتسمية أركانها.

٣- نضع القامة على نقطة معلومة المنسوب (BM) ونقرأ الخلفية ونحسب منسوب سطح الجهاز.

٤- نضع القامة عند كل نقطة من نقاط المربعات السابق تعيينها ونقرأ القامة في كل وضع ونكتب القراءة في خانة المتوسطات مع ملاحظة أن تكون القامة على سطح الأرض وليست على الوتد - ويفضل أخذ القراءات بالترتيب.

٥- عند انتهاء العمل اليومي يفضل أخذ قراءة أمامية على جسم ثابت معلوم حتى يمكن استعماله كنقطة مرجعية لابتداء العمل في اليوم الثاني وتكون هذه النقطة قريبه من مكان بدء العمل الجديد.

وتدون الأرصاد كما في الجدول التالي:

النقطة	خلفية	متوسطة	أمامية	منسوب سطح الجهاز	مناسيب	ملاحظات
BM	3.20			18.80	15.60	روبر
A1		0.50			18.30	
A2		0.55			18.25	
A3		0.80			18.00	
B1		0.75			18.05	
B2		0.78			18.02	
B3		1.15			17.65	
C1		1.90			16.90	
C2		1.20			17.60	
C3		1.30			17.50	
D1		0.80			18.00	
D2		1.40			17.40	
D3			2.40		16.40	

(٦,٤,٢) طريقة الإشعاع

الطريقة السابقة تحتاج إلى عمل تحضيري كثير قبل البدء في رصد قراءات التسوية ولذلك تستعمل فقط في بعض الحالات الخاصة.

أما طريقة الإشعاع فهي أكثر استعمالاً ولا تحتاج إلى عمل تحضيري كثير ونستعمل هنا أيضاً طريقة سطح الميزان في عمليات الحسابات.

(٦,٤,٣) طريقة العمل

الشكل رقم (٦,٦). طريقة المحور أو الإشعاع.

١- يثبت محور يخترق المنطقة المطلوب عمل ميزانية شبكية لهـا في الأرض ويميـز بأوتاد أو شواخص.

٢- تقسم المحور إلى مسافات متساوية تضع عند كل نقطة وتد أو شاخصاً.

٣- تضع جهاز التسوية في مكان مناسب يشرف على المنطقة جميعهـا إن أمكـن (الشكل رقم ٦,٦).

٤- تضع القامة على نقطة ارتفاع مرجعية ونقرأ قراءة المؤخرة وتحسب متوسـط منسوب سطح الميزان.

٥- تضع القامة على نقطة (A) وهي بداية المحور- نأخذ قراءتها وتكتبها في خانـه المتوسطات ويكون بُعدها صفر ويكتب في خانه المحور. في هذه الحالة يكـون جدول التسوية شبيهاً بجدول التسوية في عمل التسوية للمقاطع الأرضية.

٦- يفرد الشريط أو الجنزير على امتداد القطاع الأول بحيث يكون صفر الشريط عند خط على المحور وتوضع القامة في المنطقة المناسبة وفي كل حالة تكتب قراءة القامة في خانة المتوسطات وبُعد القامة صفر في خانة المحور أما المسافة المقروءة على الشريط فتُكتب في خانة اليمين ويستمر العمل هكذا، حتى نصل إلى نهاية القطاع جهة اليمين عند مسافة المحور صفر.

٧- ثم نفرد الشريط من الناحية اليسرى لخط المحور عند المسافة صفر أيضاً مثل الوضع السابق تماماً ونجري نفس العمل ولكن نكتب مسافات الشريط في خانة اليسار.

٨- بعد نهاية المقطع الأول، في مسافة الصفر من المحور في الجهتين اليمنى واليسرى - ينقل الشريط والقامة إلى المقطع الثاني على مسافة 20.00 متراً مثلاً من أول المحور ويتم الرصد مثل الحالة السابقة تماماً ثم تستمر هكذا حتى نهاية المنطقة جميعها.

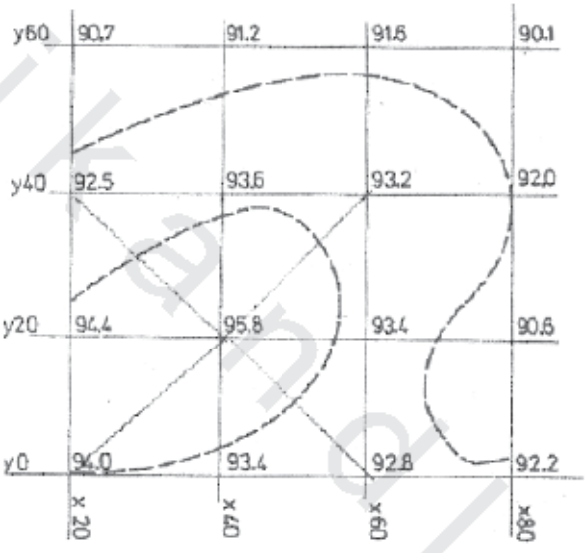
٩- في حالة نقل الميزان إلى مكان جديد تؤخذ قراءة القامة على وضع مقدمة في نقطة مناسبة بحيث تكون طول مسافة المقدمة تساوي طول المسافة المؤخرة للوضع الجديد للميزان.

(٦,٥) رسم خطوط المناسيب المتساوية (خطوط التسوية)

نستطيع أن نعرف خطوط المناسيب المتساوية (خطوط التسوية) بأنها هي الخطوط التي تصل النقاط ذات المناسيب المتساوية، ويستفاد منها في العديد من التطبيقات الهندسية والتطبيقات العلمية التي ترتبط بسطح الأرض. هنالك عدة طرق لرسم خطوط المناسيب المتساوية، منها طرق حسابية و أخرى بيانية.

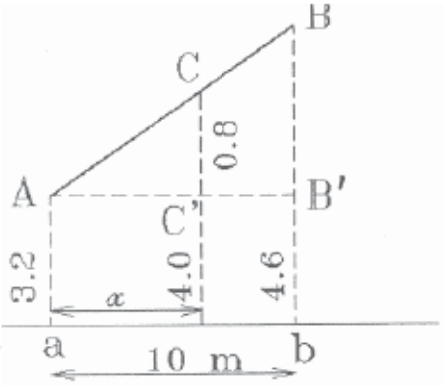
(٦,٥,١) الطريقة الحسابية

لنفرض أن المطلوب هو رسم خطوط التسوية بفترة تساوي (وهي المسافة الرأسية بين كل خط والذي يليه) قدرها متر واحد للمنطقة التي أجريت لها عملية تسوية شبكية والمبينة في الشكل رقم (٦,٧) أدناه.



الشكل رقم (٦,٧). خطوط التسوية لشبكة الميزانية [١].

نأخذ كل خط تسوية على حده ونعتبر أن سطح الأرض على امتداده له انحدار ثابت ونحدد مواقع النقاط ذات المناسيب الثابتة (أي منسوبها ...1m, 2m, 3m) وعلى سبيل المثال: في الخط AB: منسوب نقطة A= 3.2m، منسوب نقطة B=4.6m. هنالك نقطة ما منسوبها 4.0m تقع فيما بين النقطتين A وB (و لنسمها C) إذا افترضنا أن للأرض انحداراً منتظماً بين النقطتين كما في الشكل رقم (٦,٨).



الشكل رقم (٦,٨). الطريقة الحسابية لتعيين أماكن خطوط التسوية.

ولتعيين بُعد هذه النقطة الأفقي (x) من النقطةA (النقطة ذات المنسوب الأقل):

توجد فرق المنسوب بين النقطتين A و B وليكن هذا الفرق في المنسوب هو h:

$$h = 4.6 - 3.2$$
$$= 1.4\ m$$

وكذلك فرق المنسوب بين النقطة المطلوب تعيينها C (ذات المنسوب 4.0) وبين أول نقطة (نقطة A) وليكن h_1:

$$h_1 = 4.0 - 3.2$$
$$= 0.8\ m$$

ولنفترض أن البعد الأفقي بينA و B = DAB = 10 m

البعد بين A والنقطة المطلوبة C = x ،

تحسب قيمة x من تشابه المثلثين 'ABB و 'ACC (الشكل رقم ٦,٨):

$$x = (0.8/1.4) * 10$$
$$= 5.71\ m$$

أما الخط الذي عليه أكثر من نقطة مثل B و C والذي يمثل المحدراً ثابتاً تقع عليه النقاط ذات المناسيب الثابتة 5.00 و 6.00 مثلاً فإننا لحسب مسافتين x_1 و x_2 من المعادلة السابقة لنحدد بُعد النقطتين من النقطة ذات المنسوب الأقل.

بعد الحصول على كل النقاط ذات المناسيب الثابتة في الشبكة تصل النقاط ذات المنسوب الواحد لنحصل على خط التسوية الذي يمثلها (الشكل رقم ٦,٧) مع مراعاة خصائص خطوط التسوية عند توصيل النقاط.

وإذا بدأنا بنقطة ذات منسوب معين على أحد خطوط الشبكة نبحث عن نقطة لها نفس المنسوب في أحد الخطين المجاورين نصلها بها، أما إذا لم نجد فإننا نبحث على نقطة لها نفس المنسوب في الضلع المقابل لنصلها بها . وعلى سبيل المثال فإن خط التسوية 92.0 في الشكل رقم (٦,٧) والذي بدأنا رسمه من الضلع اليسار لا يوجد خط مساو له في الضلعين المجاورين فوصلناه بالنقطة ذات المنسوب 92.0 في الضلع المقابل. وكذلك الحال بالنسبة للمربع الذي يليه.

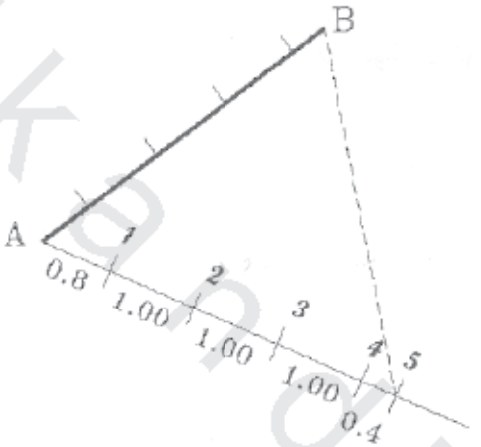
وهذه الطريقة تناسب الشبكات الصغيرة ذات العدد المحدود من المربعات أو المستطيلات أما إذا زاد العدد فنستخدم الطرق البيانية.

(٦,٥,٢) الطريقة البيانية (طريقة النسبة والتناسب)

يمكن تعيين النقطة (C) ذات المنسوب 4.00 على الضلع AB (الشكل رقم ٦,٨) وذلك بالرسم مباشرة باعتبار أن نقطة A تنخفض عن النقطة ذات المنسوب 4.00 بمقدار 0.80 m والنقطة B ترتفع عن هذه النقطة بمقدار 0.60 m فلو أخذنا أي خط بطول AB وأخذنا عمود عند A بمقدار 0.80 إلى أعلى وعمود عند B بمقدار 0.6 إلى أسفل بأي وحدات ووصلنا رأسي العمودين فإن الخط الناتج يقطع الخط AB عند النقطة المطلوبة.

وهنالك طريقة بيانية أخرى يمكن استخدامها لإيجاد مواقع عدداً من النقاط على خطوط تسوية بين نقطتين، فمثلاً إذا أردنا إيجاد الارتفاعات 4.00 ، 5.00 ، 6.00 ، 7.00 بين النقطتين A و B ذات الارتفاعين: 3.2 و 7.4 على التوالي. نرسم من A خطاً ما ونأخذ من A و بأي مقياس نريده مسافة 0.8 = 3.20 – 4.00 (لاحظ الشكل رقم ٦,٩)

فنحصل على النقطة 1 ثم مسافة 1.00 فنحصل على النقطة 2 ثم مسافة 1.00 فنحصل على النقطة 3 ثم مسافة 1.00 فنحصل على النقطة 4 وأخيراً مسافة 0.4 = 7.00 – 7.40 فنحصل على النقطة 5 ، فيوصل النقطة 5 بالنقطة B وإيجاد تقاطع الموازيات للخط 5B من النقاط 1,2,3,4 نحصل على مواقع منحنيات التسوية على الخط AB ذات الارتفاعات: 4.00, 5.00, 6.00, 7.00.



الشكل رقم (٦,٩). رسم خطوط تسوية بين النقطتين A و B.

إن عملية التسوية ورسم خرائط خطوط التسوية لها الكثير من التطبيقات خاصة في مجالات الطرق والمنشئات المختلفة و التي ترتبط بسطح الأرض.

(٦,٩) خلاصة

بنهاية هذا الفصل يستطيع الطالب أن يقوم بجمع البيانات الضرورية لعمل الخريطة الطبوغرافية التي تشمل التفاصيل في المنطقة بالإضافة إلى إبراز تغير التضاريس فيها وذلك بتوقيع خطوط الارتفاعات المتساوية (خطوط التسوية أو الكنتور).

(٦,٧) تمارين

١- بعد إجراء تسوية طولية على طول محور قناة ري سجلت مناسيب نقاط المحور وأبعادها من نقطة بداية المحور على النحو التالي (كل البيانات بالمتر):

بعد النقطة من البداية	0	100	200	300	400
منسوب النقطة	220.00	225.80	224.2	220.00	222.60

استخدم مقياس رسم أفقي 1: 2000 ومقياس رسم رأسي 1: 100 لرسم المقطع الطولي لسطح الأرض.

استنتج من الرسم منسوب النقطة التي تبعد 250 متراً من نقطة البداية.

٢- أجريت عملية تسوية على طول محور يراد إنشاء قناة ري عليه و كانت نتائج الرصد التي تم تسجيلها هي:

1.40، 1.56، 1.80، 2.10، 2.00، 1.80، 2.20 ، 1.60 متراً.

إذا علمت أن جهاز التسوية قد تم تحريكه إلى محطة جديدة بعد القراءة الرابعة ، وأن المسافة الأفقية بين كل نقطة و التي تليها 50 متراً وأن منسوب أول نقطة تم رصدها هو 620.00 متراً. فرغ البيانات في جدول التسوية. ثم أحسب مناسيب النقاط بطريقة الارتفاع والانخفاض وتحقق من الحسابات.

٣- إذا صممت القناة في السؤال السابق بحيث يكون منسوب أول نقطة فيها على عمق 1 متر من سطح الأرض وتنحدر إلى أسفل بنسبة 0.2 % ارسم المقطع الطولي للمحور على سطح الأرض وعلى سطح الإنشاء المطلوب ثم أوجد أعماق الحفر والردم المطلوبة على المحور عند كل من النقاط المرصودة.

٤- أجريت عملية تسوية طولية على محور طريق يراد إنشاؤه وكانت نتائج الرصد كالتالي:

المسافة من بداية المقطع (م)	0	50	100	150	200
المنسوب (م)	24.50	24.90	23.80	22.95	23.50

والطريق المراد إنشاؤه ينحدر انحداراً منتظماً بمعدل 0.1% ويبدأ من أول نقطة. ارسم المقطع الطولي بمقياس رسم مناسب وأحسب ارتفاعات الحفر والردم عند النقاط المرصودة.

٦- عملت تسوية عرضية على المحور الطولي لإنشاء طريق ترابي جديد وكانت نتائج التسوية على النحو التالي:

المسافة من نقطة المحور (م)	صفر	2	4	6	8	10	12
المنسوب (م)	7.4	7.5	7.2	6.5	6.3	6.3	5.8

إذا كان خط المحور على مسافة 0كم من نقطة الصفر وإذا علمت أن منسوب الطريق الذي يراد إنشاؤه هو 7.0 م ارسم المقطع العرضي لسطح الأرض والمقطع العرضي للطريق المقترح واستنتج ارتفاعات الحفر والردم اللازمة من الرسم.

٦- أجريت عملية تسوية عرضية لترعة بصدد تطهيرها من الرواسب والجدول التالي يمثل قراءات القامة والجسات للنقاط على المقطع العرضي للترعة. احسب مناسيب نقاط المقطع العرضي للترعة وارسم المقطع بمقياس رسم مناسب.

النقطة	خلفية	متوسطات	أمامية	منسوب سطح الجهاز	منسوب النقطة	المسافات	ملاحظات
1	2.70				32.45	صفر	بداية المقطع العرضي
2		1.92				6.0	
3		1.74				8.0	بداية سطح الماء
A		(0.75)				10.0	حسبات
B		(1.05)				12.0	حسبات
C		(1.00)				14.0	حسبات
D		(0.98)				16.0	حسبات
4		1.74				18.0	نهاية سطح الماء
5		1.88				20.0	
6			1.96			22.0	

٧- أجريت عملية تسوية طولية بغرض عمل مقطع طولي لمشروع طريق زراعي بين النقطة (A) عند الكيلو 19.00 والنقطة (B) عند الكيلو 20.50 وكانت المسافات الأفقية بين نقاط التسوية متساوية وكانت قراءات القامة (بالأمتار) كالآتي:

1.52_1.91_2.41_2.59_1.92_1.48_1.12_0.44_1.50_1.16_1.82_1.91_1.22_2.30_3.85.

فإذا كان جهاز التسوية قد تم نقله بعد النقاط: الرابعة والخامسة والسادسة والتاسعة وكان منسوب النقطة الأولى هو 35.85 م فالمطلوب:

obeikandl.com

رسم المقطع الطولي بين الكيلو 19.00 والكيلو 20.50 بمقياس رسم مناسب مبيناً سطح الأرض الكائن وقت الرصد و سطح الأرض بعد التنفيذ لمحور طريق بميل من نقطة البداية A في اتجاه النقطة B ميلان مقداره 0.50%، وحساب ارتفاعات الحفر والردم عند جميع نقاط المقطع.

٨- أجريت تسوية شبكية لقطعة أرض مستطيلة الشكل أبعادها 10 م × 30 م بعد تقسيمها إلى ثلاثة مربعات أبعاد كل منها: 10 م × 10 م ، وسجلت نتائج الميزانية على أركان الشبكة. ارسم حدود قطعة الأرض على ورقة رسم بياني وارسم عليها خطوط التسوية التالية: 19 ، 20 ، 21 ، 22 ، 23 ، 24 م.

٩- يبين الشكل أدناه قطعة أرض زراعية أبعادها 20متراً × 20متراً، أجريت لها عملية تسوية شبكية بعد تقسيمها إلى أربعة أقسام متساوية وسجلت المناسيب بالأمتار في الأركان. ارسم حدود قطعة الأرض على ورقة رسم بياني ووقع عليها خطوط التسوية مبتدئاً بخط التسوية 17 متراً بتباعد قدره 1 متر.