مركز الدراسات التخطيطية والمعمارية
"أ.د/ عبد الباقى إبراهيم وشركاه"
Center for Planning and Architectural Studies
" Prof .Dr. Abdelbaki Ibrahim &Partners "
CPAS

دورة تدريبية

فى

"تصميم وتخطيط الطرق "

"أعمال المساحة"

للأستاذ الدكتور:على عبد الرازق

أغسطس ٢٠٠٥

TRr23039-ZS

14, EL-SOBKY ST., M. EL-BAKRY
HELIOPOLIS - CAIRO - EGYPT.
P.O. Box: 6 Saray - El-Kobba - **P.C.** 11712
Tel: (202) 4190843 / 744 / 271
Fax: (202) 2919341
E-Mail : info@cpas-egypt.com

١٤ شارع السبكى / منشية البكرى
خلف نادى هليوبوليس - مصر الجديدة - القاهرة
ص.ب: ٦ سراى القبة - رمز بريدى ١١٧١٢
ت : ٨٤٣ / ٧٤٤ / ٤١٩٠٣٧١ (٢٠٢)
فاكس : ٢٩١٩٣٤١ (٢٠٢)

الباب السادس

الميزانية

الميزانية من العمليات المساحية الهامة والأساسية لكل المشروعات الهندسية إذ أننا نحتاج إليها فى أغراض كثيرة مثل الانشاءات الهندسية وإنشاء وتصميم الطرق والجسور وعمليات تظهير الترع والمصارف وتسوية وحصر الأراضى .

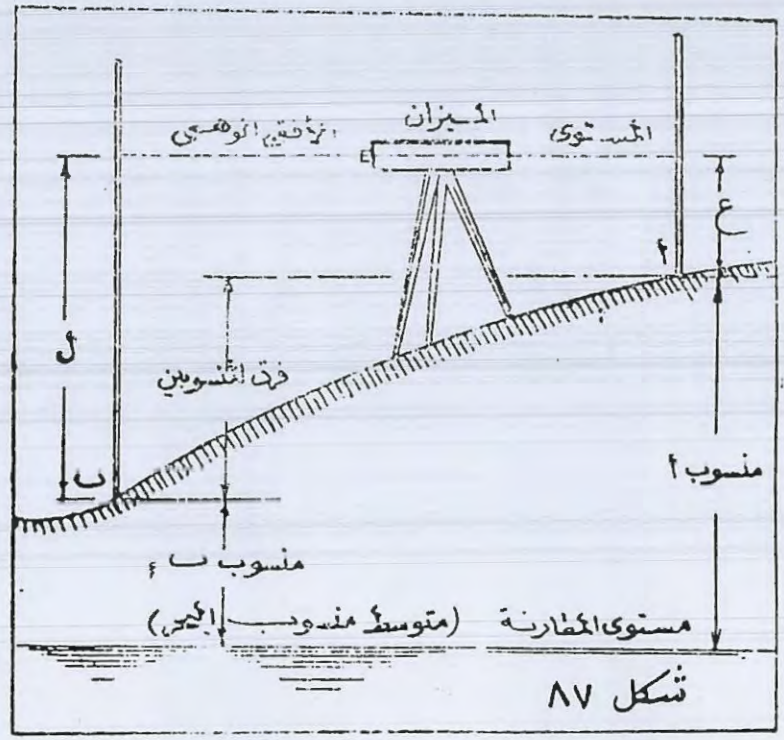
والميزانية هى ذلك الفرع من المساحة الذى يبحث فى إيجاد الأبعاد الرأسية بين النقط المختلفة على سطح الأرض . ثم مقارنة إرتفاعات هذه النقط وإنخفاضاتها عن مستوى ثابت هو مستوى المقارنة . وكما ذكرنا فإن مستوى المقارنة فى مصر هو متوسط منسوب سطح البحر داخل ميناء الاسكندرية فى البحر الأبيض المتوسط .

منسوب النقطة :

يعرف البعد الرأسى بين أى نقطة على سطح الأرض وبين مستوى المقارنة بمنسوب هذه النقطة - وهو موجب إذا كانت النقطة فوق مستوى المقارنة وسالبا إذا كان تحت مستوى المقارنة . والنقط ذات منسوب صفر هى النقط الواقعة على أمتداد مستوى سطح البحر شكل (٨٧) .

نظرية الميزانيه :

لقياس الفرق بين إرتفاعى نقطتين مثل ا ، ب ، وإيجاد الفرق بين منسوبيهما شكل (٨٧) نعين مستو أفقى وهمى بجهاز يسمى **الميزان** ثم نقيس البعد الرأسى بين كل من ا ، ب وهذا المستوى الأفقى الوهمى بواسطة مقياس مدرج يسمى **القامة** ونفرض أنهما (ع ، ل) . الفرق بين هذين البعدين يساوى الفرق بين منسوبى ا ، ب .



شكل ٨٧

علامات الميزانية (الروبير) :

لإيجاد منسوب أى نقطة يجب أن نبدأ من مستوى المقارنة وهو سطح البحر وغالبا ما يتعذر ذلك ، وتسهيلا لذلك فقد ثبتت نقط فى الطبيعة

وعينت مناسيبها ووضعت عند كل نقطة علامة تميزها بواسطة مصلحة المساحة ، ومثل هذه النقط الثابتة تسمى بعلامات الميزانية أو بالروبير وجميع الروبيرات موضوعة على الترع والمصارف والجسور ، وفى المدن تثبت فى حوائط المبانى بعد أن يكون قد مضى على إنشائها فترة طويلة حتى نتأكد من تمام هبوطها فى التربة تحت تأثير أوزانها ، والروبيرات نوعان :

روبير الحائط :

ويختلف شكله حسب دقة الميزانية عند تعيين منسوبه فيكون على شكل أسطوانة حديد مثبتة فى حوائط المبانى لروبيرات الدرجة الثانية (وفيها يكون المنسوب بدقة السنتيمترات) — وعلى رأس مسدسة فى أعلاها نصف كرة صغيرة لروبيرات الدرجة الأولى التى يعطى المنسوب فيها بدقة المليمتر شكل (٨٨) ويثبت الروبير بالخرسانة فى الحائط شكل (٨٩) .

روبير الاراضى :

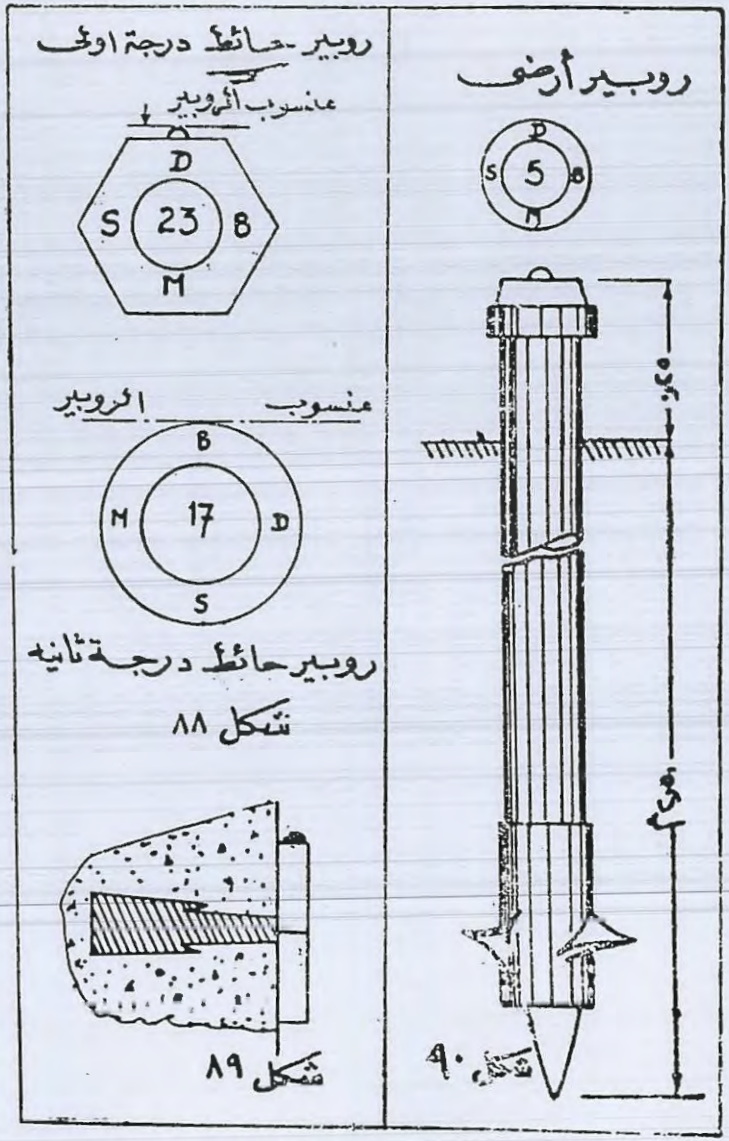
هو عبارة عن مواسير من الحديد قطرها ٦سم وطولها ٢٫٧٥ مترا ومثبتة فى الأرض بواسطة بريمة ، وأعلا نقطة هى المعلومة المنسوب والجزء البارز منها فوق سطح الأرض طوله ٢٥سم شكل (٩٠) . وجميع هذه الروبيرات ومناسيبها معطاه فى كتيبات خاصة تصدرها مصلحة المساحة والجدول الآتى يبين إحدى صفحات كتيب مناسيب مدينة الاسكندرية .

رقم الروبير	الموقع والوصف	المنسوب بالمتر
٢٣٣	يقع بطريق الحرية روبير مثبت فى الزاوية الشمالية الشرقية لبناء شركة مياه الاسكندرية جنوب طريق الحرية بمسافة ٨٠ مترا تقريبا	(١٣٫٦٦٨)
٢٣٤	يقع بشارع مارك أوريل روبير مثبت فى الزاوية الجنوبية الغربية لمنزل رقم ٣١ الواقع بطريق الحرية عند تقابله بشارع مارك أوريل أمام المستشفى اليونانى	(١٣٫٨٢٩)
٢٣٥	يقع بطريق الحرية روبير مثبت فى الزاوية الجنوبيه الشرقية لبناء نقطه بوليس الإبراهيمية الواقعة بطريق الحرية عند تقابله بشارع الأمير محمد على ابراهيم	(٤٫٣٦٥)

الاجهزة المستخدمه فى الميزانيه

الأجهزة الأساسية المستعملة فى عمليات الميزنيه هى :

١ — القامات ٢ — الميزان



اولا القامات :

القامه هى عبارة عن مقياس بطول ٣ - ٤ متر مصنوعه من خشب عليه طبقه سميكه من الطلاء لحفظه من العوامل الجوية ، وهى مدرجه إلى أمتار وديسيمترات وسنتيمترات ، وتطلى أقسام التدريج بلونين مختلفين للتميز بينهما وتوجد شرطه أو علامه عند كل ديسمتر حيث يكتب الديسمتر ١ ، ٢ ، ٣ وهكذا . وأحيانا يثبت فى ظهر أو جانب القامة ميزان تسوية دائرى صغير حتى يمكن جعل القامة رأسية تماما أثناء العمل .

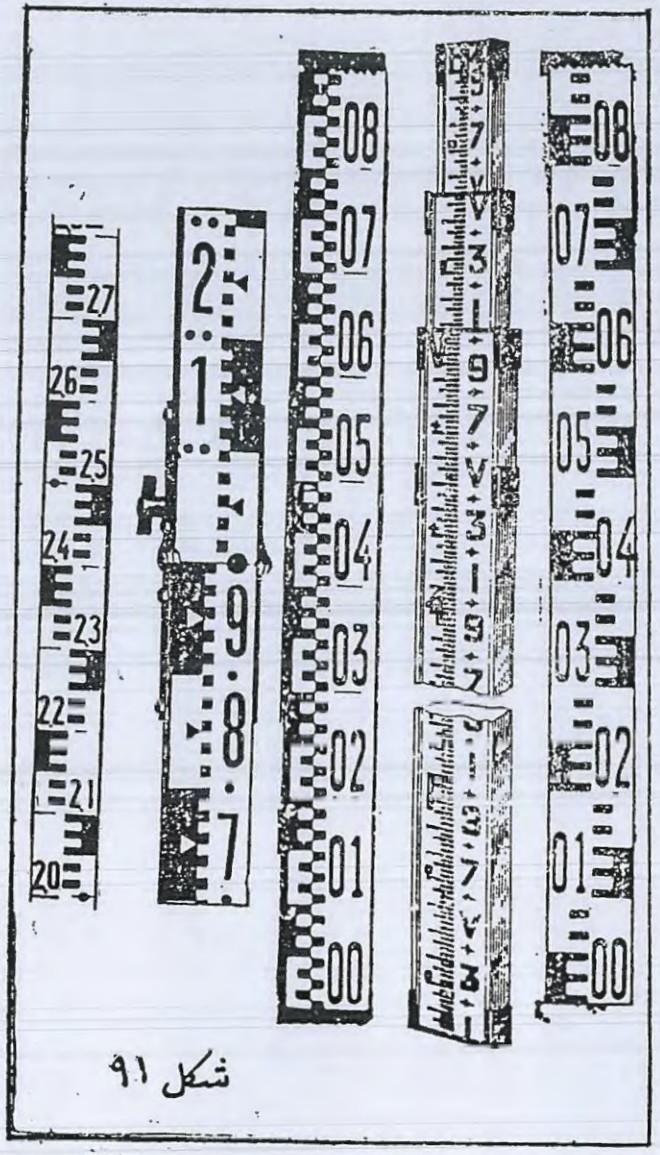
ولتوضيح الأمتار توجد طرق مختلفة فمثلا يوضع أحيانا نقط أعلى الرقم الدال على الديسيمتر ويكون عدد النقط مساويا عدد الأمتار المقاسة .

وهناك أنواع كثيرة من القامات منها القامات العادية والقامات المتداخله والتى يطلق عليها القامات التلسكوبية والقامات التى تطوى وفى شكل (٩١) مبين نماذج مختلفة من القامات المستخدمة فى الميزانية العادية .

طريقة قراءة القامه :

وفى بعض الأجهزة تظهر صورة القامة معلوبه داخل المنظار ، والقامة توضع دائما على النقط بحيث يكون صفر التدريج على النقطة المطلوب قياس منسوبها بمعنى أن القراءة تتزايد عليها من أسفل إلى أعلى . وفى المنظار يظهر العكس فتتزايد القراءة من أعلى إلى أسفل لذا يجب مراعاة ذلك عند تقدير القراءة على القامة بالجهاز خاصة وإذا كانت المسافة بين الجهاز والقامة صغيرة ، حينئذ يظهر جزء صغير من القامة فى المنظار شكل (٩٢) فتحدد القراءة بمعرفة إتجاه التزايد أولا

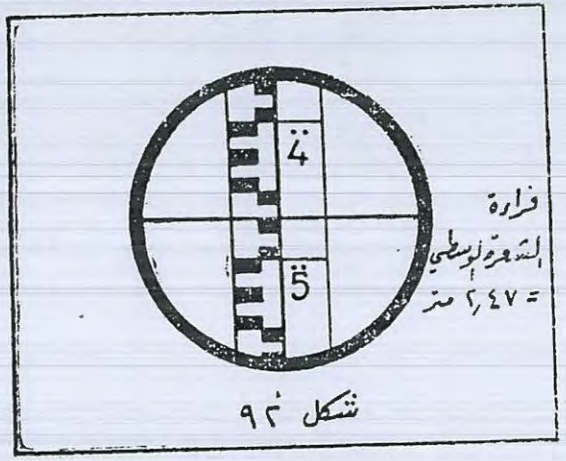
ثم بتحديد عدد النقط الدالة على الأمتار ثم بتحديد قراءة الشعرة الوسطى من ديسمترات وسنتيمترات .



شكل ٩١

فنجد مثلا فى شكل (٩٢) أن قراءة القامه هى ٢٫٤٧ مترا .

ويجب مراعاة أنه فى بعض الأجهزة الحديثه تظهر الصورة فى المنظار معتدلة مباشرة وفى هذه الحالة تكون القراءة على القامه متزايدة من أسفل إلى أعلى .



شكل ٩٢

القاعدة الحديديه :

أحيانا ما تجرى عمليات الميزانية فى أراضى طينية لينه فنجد أن القامة تغوص فى الأرض وتختلف لذلك القراءات المأخوذة على القامة عن القراءات الحقيقية الواجب قراءتها . ولهذا السبب تستعمل قاعدة حديدية مستديرة الشكل وبكل رأس من رؤوسها قائم مدبب عمودى على سطح القاعدة شكل (٩٣) وبوضع هذه القاعدة تحت القامه لاتغوص فى الأرض الرخوة ، وبذا نحصل على القراءات الحقيقية المطلوبة .

شكل ٩٣

ثانيا : الموازين

الموازين هى الأجهزة التى يمكن بواسطتها الحصول على مستوى أفقى وهمى وذلك بأن نحصل على خط نظر أفقى مهما دار الجهاز حول محوره الرأسى ، ويقطع هذا المستوى الوهمى القامات فى القراءات المطلوبة ومنها نستنتج مناسيب وفروق الأبعاد الرأسية للنقط المختلفة الموضوعة عليها القامات .

ويتكون أى ميزان مهما كان نوعه من ثلاثة أجزاء رئيسية :

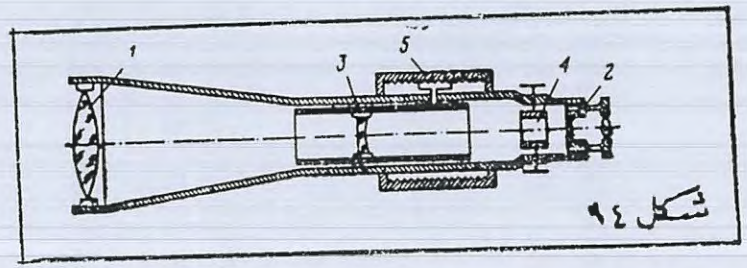
(أ) منظار مساحى . (ب) ميزان التسوية .

(ح) القاعدة السفلى .

المنظار المساحى :

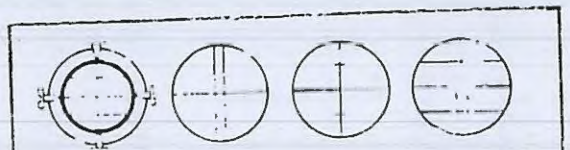
يتركب المنظار من أسطوانة معدنية مثبت فى أحد طرفيها العدسة الشيئية (١) شكل (٩٤) ومثبت فى الطرف الآخر العينية (٢) . والغرض من العدسة

الشيئية الحصول على صورة مقلوبة مصغرة ، وأما العينية فتكبر هذه الصورة ، وداخل أسطوانة المنظار توجد عدسة إضافية (٣) وظيفتها تطبيق مستوى الصورة على مستوى حامل الشعرات بواسطة المسمار (٥) . وأمام العدسة العينية داخل المنظار يوجد حامل للشعرات (٤) وهو عبارة عن حلقة مركب



شكل ٩٤

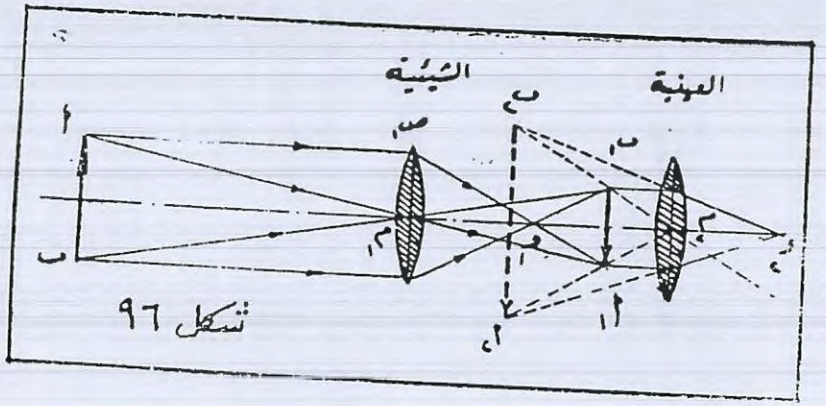
بها شعرات متعامدة أو لوح زجاج محفور عليه خطوط متعامدة والغرض منه تحديد محور المنظار لتقع عليه صورة المرئيات وهو مثبت فى أسطوانة المنظار بواسطة أربعة مسامير شكل (٩٥) ، وهو على أشكال مختلفة وأبسط أنواعه


شكل ٩٥

عبارة عن شعرتين إحداهما أفقية وتسمى الشعرة الأفقية الوسطى والأخرى متعامدة عليها وتسمى الشعرة الرأسية ، وتوجد أحيانا شعرتين أفقيتين قصيرتين أعلى وأسفل الشعرة الوسطى تسميان بشعرات الاستاديا ويستعملان فى القياس الغير مباشر للمسافات (القياس التاكيومترى) .

كيفية تكوين الصورة داخل المنظار :

إذا فرض أن أ ب شاخص أو قامة موضوع أمام العدسة الشيئية للمنظار وعلى بعد أكبر من بعدها البؤرى فتتكون فى الجهة الأخرى من الشيئية صورة مقلوبة مصغرة أ ب ، ولتكبيرها نستعين بالعينية لنحصل فى هذه الحالة على صورة أ ب وتكون تقديرية مكبرة شكل (٩٦) ويجب أن تقع على مستوى حامل الشعرات حتى لا يكون هناك ما يسمى بخطأ الوضع أو عدم التطبيق .



شكل ٩٦

ميزان التسوية

عبارة عن وعاء أسطوانى سطحه العلوى يمثل سطح برميلى الشكل ، والوعاء مملوء بالأثير فيما عدا فقاعة صغيرة من بخار الأثير على السطح الزجاجى وتوجد علامات تبعد عن بعضها بمقدار ٢ مم لتحديد مدى ضبط الأفقية (راجع ميزان التسوية فى باب اللوحة المستوية) .

والزاوية اللازمة لتحريك الفقيمة علامة واحدة تسمى حساسية ميزان

التسوية وتعطى دائماً بالثوان . ويكون مستوى الميزان أفقياً تاما عندما تكون الفقيعة فى المنتصف .

القاعدة السفلى :

وتسمى قاعدة الجهاز وهى عبارة عن القاعدة المثبت فيها المحور الرأسى للجهاز المستعمل والتى ترتكز على رأس الحامل بواسطة ثلاثة مسامير متحركة يمكن بواسطتها إمالة القاعدة لضبط المحور الرأسى بواسطة ميزان التسويه الذى قد يكون مثبت فى القاعدة نفسها أو على الجهاز نفسه .

أنواع الموازين :

هناك أنواع كثيرة من الموازين تختلف بعض الاختلاف فى تركيبها وطرق ضبطها هذا ويمكن تقسيم الموازين المستعملة فى الميزانيات العاديه إلى :

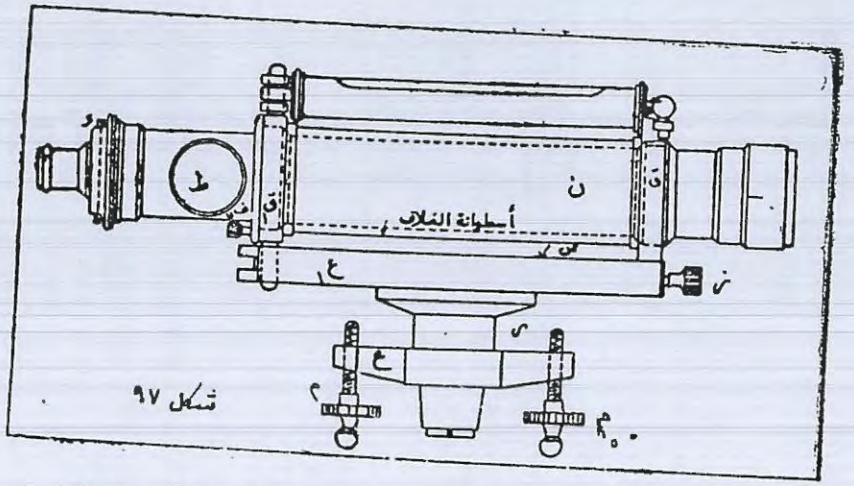
١) موازين طراز كوك القديم : وهى ذات منظار قابل للعكس .

٢) موازين طراز دمبى : وهى ذات منظار غير قابل للعكس ، وتكون إما ذات ميزان تسوية خارجى ، أو ذات ميزان تسوية داخلى (ميكرومتر) .

ميزان طراز كوك

يتكون من منظار مركب من أسطوانتين بجوفتين من النحاس تتحرك أحداهما داخل الأخرى بواسطة مسمار التوضيح (ط) والغرض منه تطبيق الصورة على حامل الشعرات وفى نهايتى الأسطوانة الخارجية مركب كلا من العدسة الشيئية والعدسة العينية (شكل ٩٧) ويوجد داخل هذه الأسطوانة

وقريب من العينية حامل الشعرات (ى) والغرض منه تحديد محور المرئيات وقراءة القامة وهو مثبت باسطوانة المنظار بواسطة مسامير صغيرة .



شكل ٩٧

ويرتكز المنظار على طوقين (ن ن١) موضوعان فى نهايتى أسطوانة نحاسية مجوفة قطرها أكبر قليلا من قطر المنظار تسمى بالغلاف وبذلك يمكن سحب المنظار من هـذه الاسطوانة وتغيير موضعه أو إدارته حول محوره بعد فك مسمار الربط الخاص وهذه الخاصية تساعد على ضبط هذا النوع من الموازين بسهولة . ومركب على المنظار ميزان تسويه طولى لضبط أفقية محورة والطوفان مركبان على قاعدة أفقية ع١ متصلة بدورها بالمحور الرأسى (ر) الذى يثبت الميزان فى القاعدة المثلثية (ع) المتصلة بدورها بالركبه بواسطة مسامير التسوية (م) . ويمكن رفع أحد الطوقين أو خفضه بواسطة صامولتين وهذا الطراز غير مستعمل كثيراً نظراً لظهور موازين أحدث وأدق منه .

ميزان طراز دمبلى

وهذا النوع من الموازين يتشابه فى التركيب مع ميزان كوك إلا أنه يختلف عنه فيما يأتى :

١ - فى هذا الميزان تتصل اسطوانة المنظار إتصالا تاما بالمحور الرأسى للجهاز ويكون محور المنظار عموديا على المحور الرأسى لدوران الجهاز وهذا الاتصال من مزايا هذا النوع حيث لا تتأثر هذه الخاصية بكثرة الاستعمال .

٢ - لا يوضع منظاره فى غلاف كما فى ميزان كوك .

٣ - يتم تطبيق مستوى الصورة على حامل الشعرات بواسطة عدسة داخلية.

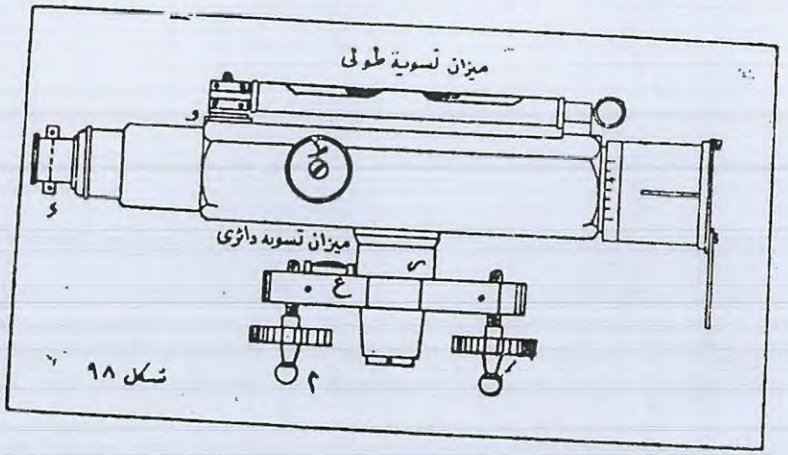
وينقسم هذا الطراز من الموازين إلى نوعين :

١ - موازين ذات ميزان تسوية خارجية .

٢ - موازين ذات ميزان تسويه داخلى .

الميزان ذو التسويه الخارجى :

يتكون من منظار مساحى فى أحد طرفيه العدسة العينية ، وفى الطرف الآخر العدسة الشيئية ، وأعلى المنظار يوجد ميزان التسويه الطولى وإحيانا يوجد ميزان تسوية ثانوى برميلى الشكل متصلا بالقاعدة (ع) — ويوجد على جانب أسطوانة المنظار مسمار التطبيق (ط) شكل (٩٨) والقاعدة (ع) مثبت بها محور الجهاز الرأسى (ر) ، وترتكز على رأس الحامل بواسطة ثلاث مسامير للتسوية (م) .

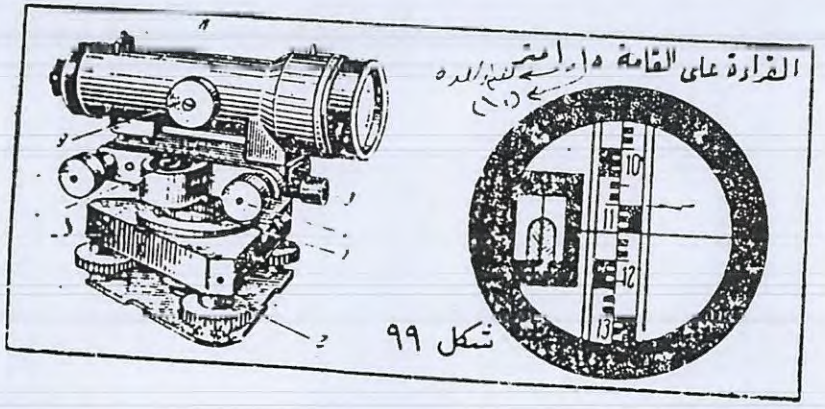


شكل ٩٨

وأحياناً توجد مرآة صغيرة مستويه مثبتة بواسطة مفصلة فوق ميزان التسوية الطولى الأساسى لعكس صورة الفقيمة حتى يسهل للراصد ضبط الأفقية دون أن يتحرك أو يغير موضعه ويزيد ذلك طبعاً من ثبات الجهاز ودقة الرصد .

الميزان ذو التسويه الداخليه :

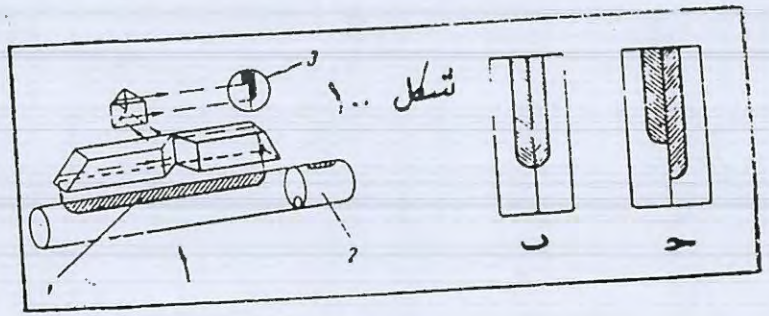
يتركب من نفس أجزاء النوع الأول ذو التسوية الخارجية غير أنه يختلف عنه فى أنه أكثر دقة ، ويحوى التغيرات والميزات التالية : شكل (٩٩) .



شكل ٩٩

١ - يوجد به دائما ميزانى تسوية ، إحداهما دائرى (٦ - شكل ٩٩) والآخر طولى داخلى .

٢ - يرى الراصد صورة الفقيعة لميزان التسويه الطولى الداخلى داخل منظار صغير مركب بجوار العينية او داخل المنظار الرئيسى (شكل ٩٩) بدون أن يتحرك أو يغير من وضعه وتعكس صورة الفقيه للعين بواسطة منشورات أو مرايا تختلف فى تركيبها ، وشكل (١٠٠) يبين أبسط هذه التركيبات وتظهر الفقيعه لميزان التسوية الداخلى منقسمه إلى جزئين متشابهين ويتحرك كل جزء عكس الآخر (شكل ١٠٠ - حـ) أثناء ضبط أفقيه الجهاز ، وعند ضبط الأفقيه يظهر الجزءان منطبقان على هيئة حرف U متكامل (شكل ١٠٠ - ب)



٣ - يوجد مسمار خاص (٥ - شكل ٩٩) مثبت أسفل العدسة العينية يطلق عليه الميكرومتر لضبط الأفقية بواسطة ميزان التسويه الداخلى ويستعمل هذا الميكرومتر لضبط الأفقية عند كل قراءة عقب التوجيه نحو القامة لأنه إذا استعملت مسامير التسوية فى الضبط يتغير بذلك منسوب المستوى الأفقى الوهمى

٤ - يركب ميزان التسوية الرئيسى داخل إطار معدنى لحفظه من المؤثيرات الخارجية وبذا لا تتأثر حساسية الفقيعه .

الضبط المؤقت للموازين من طراز دمبى

وهو ما يجب إجراؤه كلما أعد الميزان للرصد .

ويشمل : ا — ضبط الأفقية . ب — التطبيق

أولا : ضبط الأفقية

١ — أثناء وضع الجهاز فى النقطة المفروض وضعه بها نحاول أن نضبط بالتقريب الأفقية بتحريك أرجل الحامل أو برفع أو خفض أحد أرجل الحامل مع ملاحظة فقيعه ميزان التسوية الدائرى .

٢ — بواسطة مسامير التسوية الثلاثة نضبط بدقة ميزان التسوية الدائرى وأفضل طريقة هى أن نحرك مسمارين من مسامير التسوية فى نفس الوقت إما للداخل أو الخارج معا وذلك لتتحرك الفقيعة فى إتجاه الخط الواصل بينهما ، ثم نحرك المسمار الثالث بمفرده لتتحرك الفقيعة فى الاتجاه العمودى على الأول . (راجع ضبط أفقية اللوحة المستوية) .

٣ — عند العمل بجهاز من طراز دمبى ذو التسوية الخارجى وبعد الضبط لميزان التسوية الدائرى نضبط الميزان بدقة وذلك بأن ندير المنظار بحيث يكون موازيا لاثنين من مسامير التسوية ، ونحرك هذين المسمارين معا ببط جدا إما للداخل أو الخارج إلى أن نرى الفقيعة المستطيلة فى المنتصف تماما ، ثم ندير المنظار ٩٠° ونضبط الفقيعة مستعملين المسمار الثالث ، تكرر العملية إلى أن نضبط الفقيعة فى كلا الوضعين للمنظار وبذا نحصل على خط نظر أفقى طالما أن محور المنظار عمودى على محور دوران الجهاز .

٤ — اضبط خط النظر أفقيا وحفظه دائما أفقيا فى حالة إستخدام ميزان من طراز دمبى ذو تسوية داخلية يلزم التأكد من إنطباق نصفى فقيعة ميزان التسوية داخل العينية ، ويتم الضبط بواسطة الميكرومتر إلى أن ينطبق النصفان ، ويجب ضبط ميزان التسوية الداخلى إن وجد عند كل قراءة للقامة فى الوضع الواحد للميزان مع مراعاة عدم إستخدام مسامير التسوية إلا فى أول الضبط حتى لا يتغير منسوب المستوى الوهمى الأفقى .

ثانيا : التطبيق

يسمى أحيانا بتصحيح خطأ الوضع وهذا الخطأ عباره عن عدم ثبات الصورة تبعا لتحريك العين فى إتجاهات مختلفة ولاختبار هذا الخطأ تحرك العدسة العينية إلى الداخل أو إلى الخارج حتى ترى الشعرات واضحة ثم تحرك العين إلى أعلى أو إلى أسفل فإذا تحركت الشعرات تبعا لحركة العين فذلك دليل على عدم صحة التطبيق وبعبارة أخرى عدم وقوع الصورة على حامل الشعوات وتحرك مسمار التطبيق حتى ترى الصورة واضحة .

الضبط الدائم للميزان

بجانب الضبط المؤقت فهناك الضبط الدائم للميزان وهو مايجب اجراؤه عند إستلام الميزان من المصنع لأول مرة ، أو إذا أسىء أستعماله ، أو عند إستعمال الميزان لفترة طويله دون صيانة ولكى يكون الميزان مضبوطا ضبطا دائما يجب أن تتوفر به شروط تعامد وتوازى بين المحاور المختلفة فيه .

ومحاور الجهاز الرئيسية هى ثلاث محاور :

١ — **خط الانطباق** : وهذا الخط ناشىء من أنطباق خط النظر فى الجهاز مع المحور البصرى ، ويعرف خط النظر بأنه الخط الوهمى الواصل بين مركزى العدسة الشيئية ونقطة تقاطع الشعرات ، أما المحور البصرى فهو الخط الوهمى الواصل بين مركزى العدستين الشيئية والعينية .

٢ — **محور ميزان التسوية الطولى**

٣ — **المحور الراسى لدوران الجهاز**

وسوف نتعرض للشروط الدائمة للموازين من طراز دمبى فقط . إذ أنها هى الشائعة الاستعمال .

الشروط الدائمة لضبط ميزان دمبى :

فى الموازين من طراز دمبى فقط يجب أن يتوافر دائما الشروطان الآتيان :

١ — تعامد محوز ميزان التسوية على المحور الرأسى للجهاز .

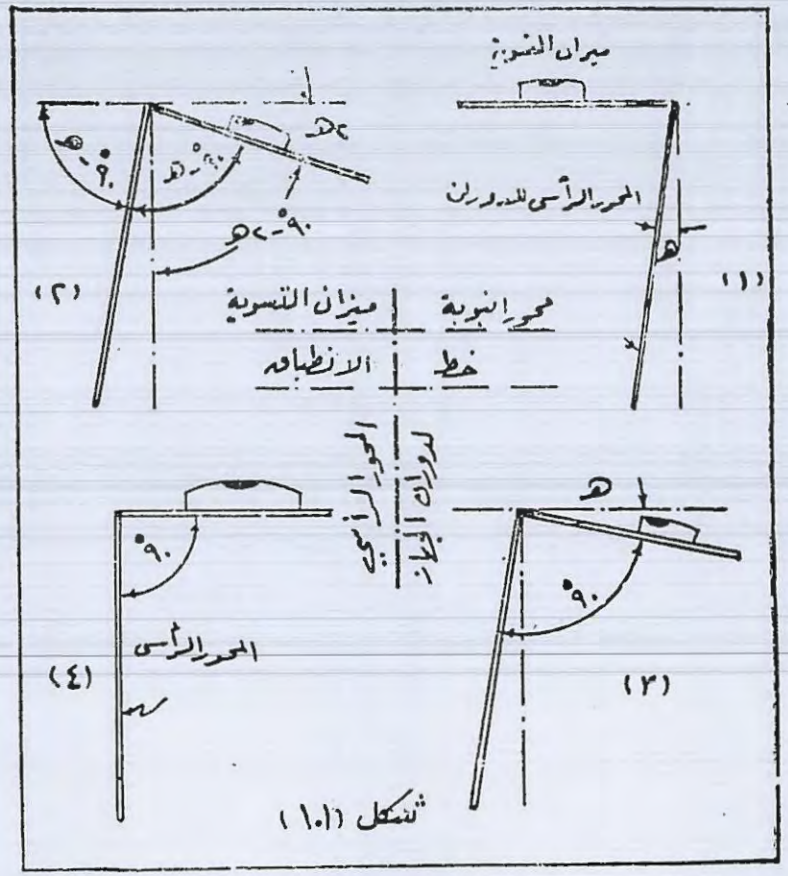
٢ — تعامد خط النظر على المحور الرأسى لدوران الجهاز .

وفيما يلى سنبين كيفيه التحقيق من هذه الشروط وكيفيه إجراء الضبط :

اولا : — تعامد محور ميزان التسويه الطولى على المحور الراسى للجهاز :

يجب أن يرسم محور ميزان التسوية أفقى عندما يدار المنظار حول المحور الرأسى . ولإختبار ذلك الشرط تثبت أرجل الميزان بالأرض ويضبط ميزان التسوية الطولى ضبطا مؤقتا — ثم يدار المنظار حول المحور الرأسى ١٨٠° — فإذا

كان المحوران متعامدان ظلت الفقيعة فى منتصف مجراها — وإلا فانها تنحرف بمقدار يعادل ضعف الخطأ الموجود فى تعامد المحورين ويسمى هذا الخطأ بالخطأ الظاهرى وهو ضعف الخطأ الحقيق شكل (١٠١ — ١ ، ٢) .



شكل (١٠١)

ولتصحيح ذلك نرفع أو نخفض محور ميزان التسوية المفصلة المثبته بجانبه حتى تعود الفقيعه إلى نصف عدد التقاسيم التى إنحرفتها هذا ويعادل نصف

الخطأ الظاهرى أى قيمة الخطأ الحقيق ، ثم تضبط الأفقية بواسطة مسامير التسوية حتى تكون الفقيعة فى المنتصف شكل (١٠١ - ٣، ٤)

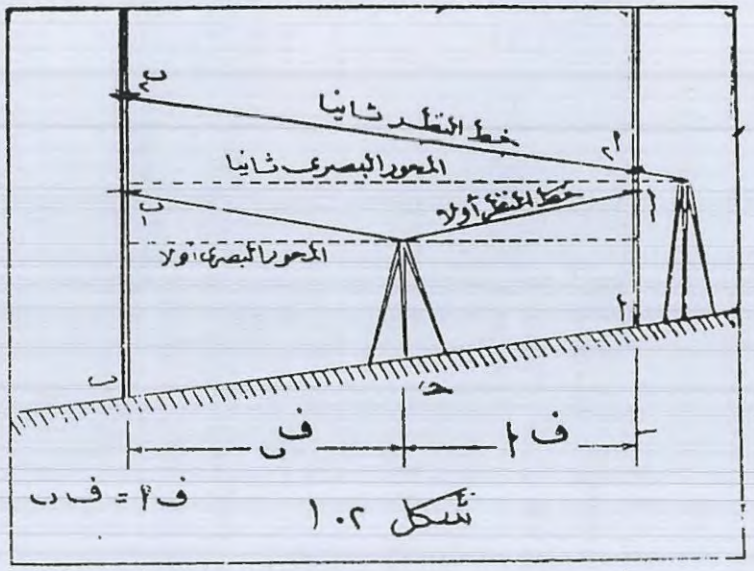
ثانيا — تعامد خط النظر على المحور الراسى لدوران الجهاز

معنى هذا الشرط هو إنطباق خط النظر على المحور البصرى للمنظار لينشأ خط إنطباق عمودى على المحور الرأســـى لدوران الجهاز .

ويتم تحقيق هذا الشرط بطريقة الوتدين كالتـــالى :

١ - يوضع الميزان فى منتصف مسافة ا ب وليكن فى حـ ويثبت وتد فى كل من ا ، ب مع جعل ب ا حوالى ١٠٠ مترا وعلى كل منها نضع قامة رأسية تماما — ويضبط الميزان ضبطا مؤقما (الأفقية والتطبيق) وتؤخذ القراءتين على القامتين الرأسيتين الموضوعتين فى ا ، ب وليكن ا' ، ب' (شكل ١٠٢) والفـــرق الحقيق بين منسوب النقطتين ا ، ب هو الفـرق بين القراءتين ا' ، ب' — سواء كان خط النظر أفقيا أو مائلا — حيث أن الخطأ متساوى عـلى كل القامتين لأن الميزان فى منتصف المسافة بينها.

٢ - ننتقل بالميزان قريبا إلى أحد الوتدين (ا) أو (ب) ولتكن (ا) مثلا ويكـون الميزان قريبا إلى حد يمكن معه القراءة على القامة ا بسهولة — وبعد ضبط الأفقية والتطبيق تؤخذ القراءتين على كلا من القامتين القـريبة والبعيـدة ولتكن ا ، ب ويحسب الفرق بين القراءتين فإذا تساوى مع الفرق فى الوضع الأول أى كان:



شكل ١٠٢

$$(أ_١ - ب_١) = (أ_٢ - ب_٢)$$

دل ذلك على أن خط النظر أفقيا تماما - أى أن خط الانطباق موجود فعلا ومتعامدا على المحور الرأسى للجهاز - وإذا لم يتفق الفرقان ($أ_١ - ب_١$) ، ($أ_٢ - ب_٢$) دل ذلك على عدم تقاطع الشعرات على المحور البصرى للنظار ويكون التقاطع أعلا المحور أو أسفله فى هذه الحالة نخفض أو نرفع حامل الشعرات بحيث نحصل على الفرق الحقيقى بين منسوب النقطتين - ويمكن إعتبار أن القراءة $أ_٢$ ، فى الوضع الثانى صحيحة وبذلك يكون الخطأ كله فى القراءة $ب_٢$.

مثال :

وضع ميزان من طراز دمبى فى منتصف المسافة بين قامتين موضوعتين

رأسيا عند نقطتين أ، ب وكانت قراءة القامة عند أ = ١٫٦٧٥ مترا وقراءة القامة عند ب = ١٫٣٨٣ - ثم رفع الميزان ووضع قريبا من النقطة (أ) وكانت قراءة القامة على أ = ١٫٥٩٠ مترا وقراءة القامة على ب = ١٫٣١٧ مترا . تحقق من وقوع تقاطع الشعرات على المحور البصرى ، ثم إرسم الشكل الذى يبين خط النظر فى الحالتين وعين قراءة القامة الصحيحة على ب فى الحالة الثانية .

الحل

الفرق الحقيقى بين أ ، ب = ١٫٦٧٥ - ١٫٣٨٣ = ٠٫٢٩٢ مترا .

الفرق بين قراءاتى القامة عند أ ، ب فى الحالة الثانية = ١٫٥٩٠ - ١٫٣١٧ = ٠٫٢٧٣ مترا .

وحيث أن الفرق غير متساوى فى الحالتين فإن نقطة تقاطع الشعرات لاتقع على المحور البصرى .

النقطة ب أعلا من النقطة أ بمقدار ٠٫٢٩٢ مترا .

قراءة القامة الواجبة على ب فى الحالة الثانية = ١٫٥٩٠ - ٠٫٢٩٢

$$= \frac{١٫٢٩٨}{٠٫٢٩٠} \text{ مترا .}$$

لذا يجب تغيير وضع حامل الشعرات حتى تقرأ القامة على ب القراءة ١٫٢٩٨ متر فى الحالة الثانية . ويتم ذلك بفك مسامير حامل الشعرات وتحريك حامل الشعرات حتى تقرأ الشعرة الوسطى على القامة عند القراءة المذكورة .

أقسام الميزانية

تنقسم الميزانية العادية من حيث الغرض التى تستخدم من أجله إلى :

١ - **الميزانية الطولية** : وتجرى فى الاتجاه الطولى لمشاريع الطرق والترع والمصارف لتعيين مناسيب نقط محاورها المختلفة ، ويعرف الشكل الذى يبين مناسيب هذه النقط بالقطاع الطولى ، وأحيانا تجرى هذه الميزانية لتعيين منسوب نقطة معينة فقط بغض النظر عن النقط المتوسطة وتسمى هذه العملية حينئذ بعملية سلسلة ميزانية والغرض الأساسى منها هو تعيين مناسيب نقط ثابتة وليس لعمل قطاع طولى .

٢ - **الميزانية العرضيه** : وتجرى فى الإتجاه العرضى للترع والمصارف والطرق السريعة العريضة ويعرف الشكل الذى يبين نقطها بالقطاع العرضى .

٣ - **الميزانيه الشبكيه** : تجرى فى الإتجاهات الطولية والعرضية معا لتحديد وإظهار طبوغرافية منطقة معينة من سطح الأرض وعمل خريطة كنتورية لها بمعلومية الميزانية الشبكية ؛ وفيها تحدد مناسيب عدة نقط متفرقة فى المنطقة بطرق مختلفة سوف نتعرض لها بالتفصيل فى هذا الباب .

أولا : الميزانية الطولية .

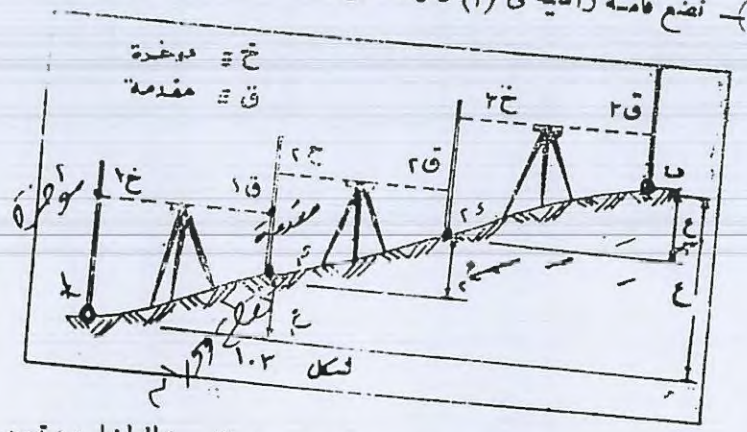
تعين منسوب نقطة :

المعلوم منسوب نقطه مثل (ا) شكل (١٠٣) — والمطلوب إيجاد منسوب نقطة أخرى مثل (ب) . ولإجراء ذلك نقسم المسافة بين ا ، ب إلى مسافات مناسبة (حوالى من ٦٠ إلى ١٠٠ م) ثم نقيس فرق الارتفاع الكلى ع = ع٢ - ع١ كما فى الشكل باستخدام الميزان والقامة .

وتجمع هذه الفروق لعطينا فرق الارتفاع الكلى ع - وهو عبارة عن فرق المنسوب بين ا ، ب ويمكن ترتيب العمل كالآتى :

١ — نقف بالميزان فى منتصف المسافة بين (ا) ، ($ى_1$) تقريبا ثم يضبط الميزان أفقيا .

٢ — نضع قامة رأسية فى (ا) ونوجه عليها المنظار وتأخذ قراءة الشعرة



الوسطى ولتكن $خ_1$ وذلك بعد التأكد من أفقية ميزان التسوية الداخلى ، وتسمى هذه القراءة **مؤخرة** .

(٣) - تنقل القامة من ا إلى نقطة $ى_1$ وتضبط فى وضع رأسى وتدير المنظار ويوجه نحو القامة فى ($ى_1$) ، ويجب فقط ضبط ميزان التسوية الداخلى مع عدم تغير وضع مسامير التسوية وإلا فقدنا المستوى الأفقى الوهمى الذى يحدد خط النظر الأول وتؤخذ القراءة الجديدة ولتكن $ق_1$ وتسمى هذه القراءه مقدمة

(٤) نحسب فرق القراءتين بين ا ، $ى_1$ وهو البعد الرأسى $ع_1$.

$$ع_1 = ح_1 - ق_1$$

(٥)- تنتقل بالمنظار إلى نقطة فى منتصف المسافة بين ($ى_1$) ، ($ى_2$) ويضبط فى هذا الوضع الثانى ، وفى هذه الأثناء تدير القامة فقط ولا تحركها من مكانها لتواجه الميزان فى وضعه الجديد ، تسمى مثل هذه النقطة "بنقطة" دوران . إذ أننا أخذنا قراءتين للقامه فى نفس مكانها والقراءة الأولى قبل دوران القامة" عبارة عن عن مقدمة الوضع السابق والقراءة الثانية" أخذت بعد دورانها لتواجه الميزان فى وضعه الجديد . وهى عبارة عن مؤخرة الوضع الجديد .

(٦)- بعد ضبط الأفقية الداخلية تقرأ القامة فى ($ى_1$) وتسمى $خ_2$ ، ثم تنقل القامه إلى ($ى_2$) وتدير المنظار وتعين القراءة فى ($ى_2$) وتسمى $ق_2$ وتكون :

$$ع_2 = خ_2 - ق_2$$

(٧) تكرر العمل حتى تكون آخر قراءة للقامة عند نقطة" (ب)

ع = منسوب آخر نقطة" - منسوب أول نقطة .

$$ب - ا = ع_1 + ع_2 + ع_3$$

$$= (خ_1 + خ_2 + خ_3) - (ق_1 + ق_2 + ق_3)$$

— أى أن :

الفرق بين منسوب آخر نقطة ومنسوب أول نقطة = مجموع المؤخرات — مجموع المقدمات	... (٤٤)

٨ — لتحقيق العمل تعاد الميزانية من نقطه النهاية فى الإتجاه العكسى حتى نقطة الروبير ا .

٩ — وإذا كان يوجد روبير قريب من ب يمكن تكملة الميزانية" إليه بدلا من العودة إلى ا .

١٠ — يكون العمل الحقلى صحيحا إذا كان منسوب الروبير المستنتج هو نفسه منسوب الروبير المكتوب فى حدود الخطأ المسموح به .

الخطأ المسموح به بالمليمتر = ثابت $\sqrt{}$ طول الميزانية بالكيلو متر	...(٤٥)

الخطأ المسموح (مم) = ث $\sqrt{}$ ك م

وفى الميزانيه الدقيقه (الدرجه الأولى) تؤخذ ث = ٥

وفى الميزانيه" العادية ث = ٢٠

أما فى القطاعات الطوليه ث = ١٠

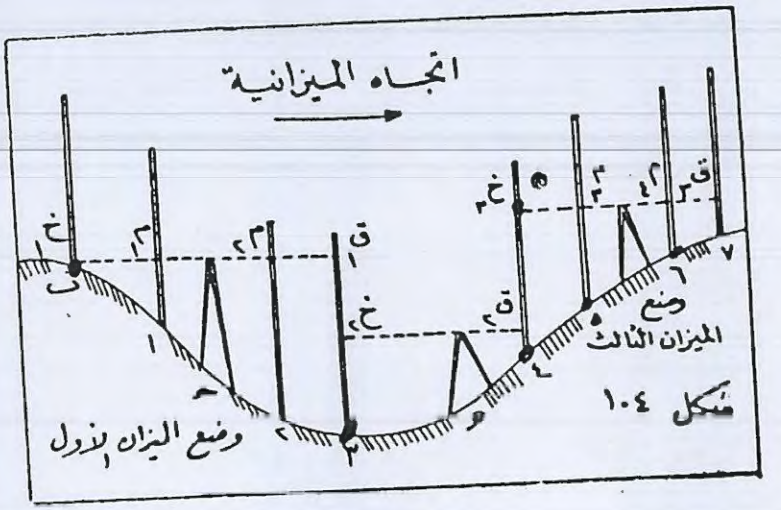
فإذا كانت المسافه" بين ا ، ب = ٤ كم فيكون الخطأ المسموح به مساويا .

٢٠ $\sqrt{}$ ٤ كم = ٤٠ مم = ٤ سم

وفى معظم الأحيان تؤخذ قراءات متوسطة بين أى مؤخرة (أى أول قراءة تأخذ على القامة بعد ضبط الجهاز أفقيا فى الوضع الجديد) ومقدمة (أى آخر قراءة تأخذ على القامة فى الوضع الواحد وينقل الجهاز بعدها) وذلك بدون نقل الميزان وترصد هذه النقط بعد المؤخرة مباشرة وقبل المقدمة وبذا تكون أنواع القراءات على القامة هى :

* أى قراءة بعد وضع الميزان مباشرة تسمى مؤخرة « خ »
* آخر قراءة قبل نقل الميزان تسمى مقدمة « ق »
* أى قراءة أخرى فى الوضع الواحد للميزان تعتبر قراءة متوسطة « م »

وفى شكل (١٠٤) نجد أن القراءة الأولى عند النقطة تعبر مؤخرة خ١ والقراءة عند النقطة (٣) عبارة عن ق١ مقدمة للوضع الأول للميزان والنقطتين (١) ، (٢) على كل منها قراءة متوسطة ونجد أن القراءة على القامة عند نقطة (٣) من الوضع الثانى للميزان هى مؤخرة خ٢ ، وبالمثل القراءة (٤) من الوضع الثانى للميزان هى مقدمة



شكل ١٠٤

ق٢ فى حين أن القراءة على نفس القامة من الوضع الثالث هى مؤخرة الوضع الجديد . وبذا تكون النقط (٣) ، (٤) نقط دوران والقراءات عند (١) ، (٢) ، (٥) ، (٦) متوسطات ، وأول قراءة على محور الميزانية مؤخره وآخر قراءة على المحور مقدمة.

طرق تدوين الميزانية :

لتسهيل للعمل الحسابى خاصة عندما يكون عدد نقط الميزانية كبير يمكن إتباع طرق خاصة لتدوين النتائج وحساب المناسيب فى صورة جدوله عامة .

وهناك طريقتان أساسيتان .

١ — طريقة سطح الميزان

٢ — طريقة الارتفاع والانخفاض (فرق الارتفاع) .

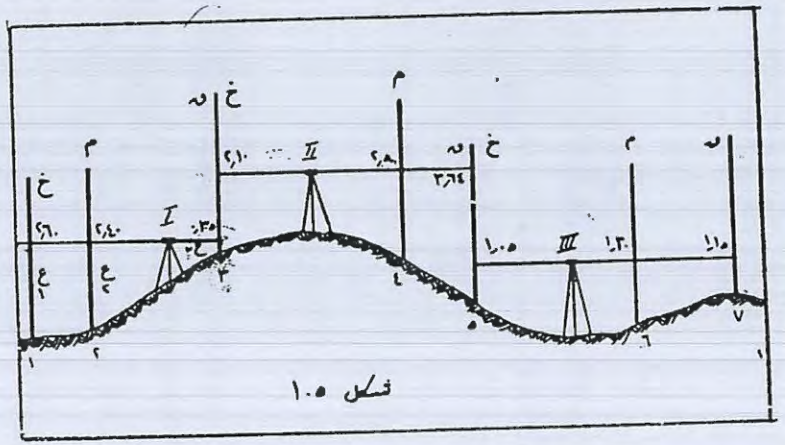
١ — طريقة سطح الميزان

وتعتمد هذه الطريقة على إيجاد منسوب السطح الأفقى الوهمى الناتج من دوران خط الانطباق الأفقى حول المحور الرأسى ، ويطلق علية منسوب سطح الميزان ثم تحسب مناسيب النقط المختلفة التى أخذت قراءتها من هذا السطح بطرح قراءة القامة الموضوعة فوق النقطة من منسوب سطح الميزان ، والمثال الآتى يوضح الطريقة وإيجاد المناسيب للنقط المختلفة .

مثال :

الكروكى المعطى فى شكل (١٠٥) يبين قراءات القامة من عدة أوضاع مختلفة

للميزان فى ميزانية طولية ، والمطلوب حساب مناسيب النقط المختلفة إذا كان منسوب النقطة الأولى هو ٤٠ و ٥٦ مترا .



شكل ١٠٥

الحل

تدون قراءات القامة فى جدول بحيث تسجل المؤخرات فى خانة والمتوسطات فى خانة والمقدمات فى خانة وتخصص خانة لحساب مناسيب سطح الميزان وخانة لحساب المناسيب للنقط وأخرى للملاحظات كما هو موضح فى الجدول التالى مع مراعات الآتى عن التدوين للقراءات .

١ — أول قراءة تسجل فى خانه المؤخرات فى السطر الدال على النقطه الأولى .

٢ — من شكل (١٠٥) يتضح أنه فى الوضع الأول للميزان (I) كانت قراءة القامة فوق النقطه (٢) متوسطه فتسجل هذه القراءة فى خانه المتوسطات فى السطر الدال على النقطه الثانية .

٣ — القراءة الأخيرة من الوضع الأول على القامة فوق النقطه (٣) هى مقدمه

الوضع فتسجل فى خانه المقدمات فى السطر الدال على النقطه الثالثه .

٤ — أول قراءة أخذت من الوضع الثانى للميزان (II) كانت على القامه الموضوعه عند نقطه (٣) أيضا (نقطه الدوران) ، وهذه القراءة هى مؤخرة الوضع الجديد وتسجل فى خانه المؤخرات فى نفس السطر الدال على النقطه الثالثة .

٥ — يكرر العمل لباقى القراءات وتسجل المتوسطات فى الخانه الخاصه بها ، مع مراعاة أنه عند نقط الدوران تكون هناك دائما قراءتان ، الأولى مقدمه الوضع السابق ، والثانيه مؤخرة الوضع اللاحق ، كما يلاحظ أيضا أن آخر قراءة تسجل دائما فى خانه المقدمات فى السطر الدال على آخر نقطه .

وبذا يمكن تسجيل النتائج للميزانيه المبينه فى شكل (١٠٥) حسب الأسس السابقة فى الجدول التالى :

النقطه	مؤخرة	متوسطه	مقدمه	سطح الميزان	مناسيب	ملاحظات
١	٢٫٦٠			(٥٩٫٠٠)	(٥٦٫٤٠)	النقطه المعلومه
٢		٢٫٤٠			(٥٦٫٦٠)	
٣	٢٫١٠		٠٫٣٥	(٦٠٫٧٥)	(٥٨٫٦٥)	نقطة دوران
٤		٢٫٥٠			(٥٨٫٢٥)	
٥	١٫٠٥		٣٫٦٤	(٥٨٫١٦)	(٥٧٫١١)	»
٦		١٫٣٠			(٥٦٫٨٦)	
٧			١٫١٥		(٥٧٫٠١)	
Σ	٥٫٧٥	٦٫٢٠	٥٫١٤		٤٠٠٫٨٨	

ولحساب مناسيب النقط فى الجدول أتبعنا الآتى :

١ - أضيفت قراءة القامه عند نقطه (١) (النقطه المعلومه) على منسوب هذه النقطه حصلنا على منسوب سطح الميزان فى الوضع الأول .

٢ — من هذا المنسوب طرحت قراءة القامة عند النقطه الثانيه حصلنا على منسوب هذه النقطه ، ثم طرحنا قراءة القامه عند النقطه الثالثه من منسوب سطح الميزان حصلنا على منسوب هذه النقطه ويجب أن توضع المناسيب بين قوسين للتعرف عليها بينما توضع القراءات بدون أقواس .

٣ — بمثل ما اتبع فى الوضع الأول للميزان حصلنا على منسوب سطح الميزان فى الوضع الثانى وذلك بإضافه مؤخرة هذا الوضع (القراءة الجديدة من الميزان فى وضعه الجديد على نفس القامه الموضوعه فى نقطه ٣) إلى منسوب (٣) ومن هذا المنسوب حصلنا على مناسيب النقط (٤) ، (٥) وهكذا . ولتحقيق العمل الحسابى عند حساب المناسيب للنقط المختلفه يمكن إستخدام المعادلة (٤١)

ومن الجدول [منسوب آخر نقطه - منسوب أول نقطه] = ٥٧ر٠١ — ٥٦ر٤٠

= ٠ر٦١

Σ المؤخرات - Σ المقدمات = ٥ر٧٥ — ٥ر١٤

= ٠ر٦١

كما يجب مراعات أن عدد المؤخرات فى الجدول يساوى عدد المقدمات .

ونلاحظ أيضاً أن عدد القراءات الكليه المأخوذة فى الميزانيه يساوى عدد نقط الميزانيه مضافا إليه عدد نقط الدوران فى المثال عدد القراءات المختلفه كان تسعه وكانت نقط الميزانيه سبعه وعدد نقط الدوران أثنين . ونلاحظ أنه بالمعادله (٤٤) يمكن التحقيق فقط من مناسيب نقط الدوران ومنسوب أول نقطه

ومنسوب آخر نقطة . أما مناسيب النقط التى كانت قراءة القامة عندها متوسطات فلم تدخل فى الحساب لذلك تستخدم المعادلة الآتية كتحقيق آخر .

مجموع مناسيب النقط المختلفة عدا أول نقطة + مجموع المقدمات + مجموع المتوسطات = المجموع الجبرى لحاصل ضرب مناسيب سطح الميزان فى عدد مرات استخدامها لإيجاد مناسيب نقط جديدة	... (٤٦)

ومن الجدول

الطرف الأيمن للمعادلة = (٨٨ر٤٠٠ — ٥٦ر٤٠) + ١٤ر٥

+ ٦ر٢٠ = ٨٢ر٣٥٥

الطرف الأيسر للمعادلة = ٢ × ٥٩ر٠٠ + ٢ × ٦٠ر٧٥

+ ١٦ر٥٨ × ٢ = ٨٢ر٣٥٥

(٢) — طريقة فرق الارتفاع

(الارتفاع والانخفاض)

فى هذه الطريقة يمكن إيجاد منسوب نقطة لاحقة من منسوب نقطة سابقة معلوم وذلك بأضافة فرق الارتفاع بين هاتين النقطتين جبريا إلى منسوب النقطة المعلومة . ففى شكل (١٠٥) إذا كانت النقطة المعلومة هى نقطة (١) وكانت القراءة عندها هى ع١ والنقطة المطلوب حساب منسوبها هى (٢) والتى كانت قراءة القامة عندها ع٢ فإن منسوب نقطة (٢) يتعين كما يلى :

$$\text{منسوب النقطة اللاحقة} = \text{منسوب النقطة السابقة} \pm (ع_1 - ع_2) \quad \ldots (٤٧)$$

ونلاحظ أيضاً من شكل (١٠٥) أن النقطة (٢) اللاحقة أعلى من النقطة السابقة (١) ، وفى نفس الوقت نلاحظ أن $ع_1$ أكبر من $ع_2$. وعليه فأن الفرق بين $ع_1$ ، $ع_2$ يكون موجب ويطلق عليه فى هذه الحالة أرتفاع النقطة اللاحقة عن السابقة .

أما إذا قارنا (٤) ، (٥) فى نفس الشكل فنجد أن النقطة اللاحقة (٥) أوطى من النقطة السابقة (٤) فى حين أن $ع_1$ أقل من $ع_2$ ، أى أن الفرق بين $ع_1$ ، $ع_2$ يكون سالب ويطلق عليه فى هذه الحالة إنخفاض النقطة اللاحقة عن السابقة .

— وبذلك فإذا كانت قراءة القامة عند النقطة اللاحقة أكبر من قراءتها عند النقطة السابقة تكون النقطة اللاحقة أوطى من النقطة السابقة بمقدار يساوى الفرق العددى بين القراءتين . وهذا يكون منسوب النقطة اللاحقة مساويا منسوب النقطة السابقة مطروحا منه مقدار الإنخفاض .

— أما إذا كانت قراءة القامة عند النقطة اللاحقة أقل من القراءة عند النقطة السابقة ، تكون النقطة اللاحقة أعلى من السابقة بمقدار الفرق العددى بين القراءتين ، ويكون منسوب النقطة اللاحقة مساويا منسوب النقطة السابقة مضافا إليه مقدار الإرتفاع .

ولتنظيم العمل الحسابى تدون القراءات سواء كانت مؤخرات أو متوسطات أو مقدمات مثلما سبق فى جدول تكون فيه خانتين إحداهما لبيان مقدار

الإرتفاع والأخرى لبيان مقدار الإنخفاض (وذلك بدلا من منسوب سطح الميزان فى الطريقة السابقة). ويجب التنويه هنا إلى أن المقارنة بين النقط وبعضها (لاحقة وسابقة) يكون فى الوضع الواحد للميزان ولا تقارن أبداً قراءات من أوضاع مختلفة للميزان .

— **مثال :**

القراءات المبينة فى شكل (١٠٥) أوجد مناسيب النقط المختلفة بطريقة الارتفاع والانخفاض إذا كان منسوب أول نقطة هو ٥٦٫٤٠ متر .

الحل

النقطة	مؤخرة	متوسطة	مقدمة	إرتفاع +	إنخفاض −	مناسيب	ملاحظات
١	٢٫٦٠					٥٦٫٤٠	النقطة المعلومة
٢		٢٫٤٠		٠٫٢٠		٥٦٫٦٠	نقطة دوران
٣	٢٫١٠		٠٫٣٥	٢٫٠٥		٥٨٫٦٥	
٤		٣٫٥٠			٠٫٤٠	٥٨٫٢٥	
٥	١٫٠٥		٣٫٦٤	١٫١٤		٥٧٫١١	
٦		١٫٣٠		٠٫٢٥		٥٦٫٨٦	
٧			١٫١٥	٠٫١٥		٥٧٫٠١	
Σ	٥٫٧٥		٥٫١٤	٢٫٤٠	١٫٧٩	٠٫٨٦	

ويمكن تحقيق العمل الحسابى فى طريقة فرق الارتفاع بأستخدام المعادلة (٤٤) . ولتحقيق حساب مناسيب نقط المتوسطات نستخدم المعادله التالية :

∑ الارتفاعات — ∑ الانخفاضات = منسوب آخر نقطة — منسوب أول نقطة ... (٤٨)

فى الجدول

∑ الارتفاعات — ∑ الانخفاضات = ٢د٤٠ — ١د٧٩ = ٠د٦١

∑ المؤخرات — ∑ المقدمات = ٥د٧٥ — ٥د١٤ = ٠د٦١

منسوب آخر نقطة — منسوب أول نقطة = ٥٧د١٠ — ٥٦د٤٠ = ٠د٦١

عدد المؤخرات = عدد المقدمات

عدد القراءات الكلية = عدد نقط الميزانية + عدد نقط الدوران

٩ = ٧ + ٢

ومن هذا يتضح صحة ترتيب الجدول وصحة حساب المناسيب فيه .

حساب المناسيب للنقط اذا كانت النقطه المعلومة المنسوب ليست هى النقطه الأولى .

قد تجرى فى بعض الأحيان ميزانية لا تبدأ من نقطة معلومة المنسوب ، وتكون النقطة المعلومة المنسوب أحدى نقط الميزانية أو آخر نقطة فى الميزانية، وسنبين طريقة حساب المناسيب فى هذه الحالة بالأمثلة الآتية :

أمثلة محلولة

مثال (١)

أخذت القراءات التالية فى ميزانية طوليه بغرض تعيين مناسيب النقط المختلفة فكانت :

١د١٠ - ٢د١٠ - ١د٧٠ - ١د٤٠ - ١د٨٠ - ٢د٣٥ - ٣د٢٠

٣د٤٠ - ٢د٠٠ - ١د٣٠ - ٢د٤٠ - ٢د٧٠ - ١د٩٠ - ٢د١٠

فاذا كان الميزان قد نقل بعد النقطة الثانية والرابعة والسادسة وكان منسوب النقطة الرابعة هو (١٠د٠٠) مترا ، عين مناسيب النقط على طول محور الميزانية بطريقه الإرتفاع والإنخفاض .

الحل

حيث أن الميزان قد نقل بعد النقط الثانيه والرابعة والسادسة فأن هذه النقط تكون نقط دوران ، وعلى ذلك يرتب الجدول على هذا الأساس بحيث يكون عند النقط المذكورة قراءتين دائما مقدمة الوضع السابق ومؤخرة الوضع اللاحق .

وفى هذا النوع من المسائل عندما لا يعرف منسوب أول نقطة - نبتدىء فى الجدول بتعيين مناسيب النقط التاليه للنقطه المعلومه المنسوب بالطريقه العادية أى نوجد مناسيب النقط الخامسة والسادسة والسابعة والثامنة والتاسعة والعاشرة وهى آخر نقطة . ثم نفرض أن منسوب النقطة الأولى هو س وباستخدام

المعادلة (٤٤) (معادلة التحقيق) نجد أن :

مجموع المؤخرات — مجموع المقدمات = آخر نقطة — أول نقطة

٨ر٢٠ — ٩ر٥٠ = ٩ر٣٠ — س

∴ س = ٩ر٣٠ + ١ر٣٠ = ١٠ر٦٠ مترا .

ثم نبدأ فى تعيين مناسيب النقط الثانيه والثالثه وللتحقيق نعين منسوب النقطه الرابعة ويجب أن يكون (١٠ر٠٠) وهذا يعتبر تحقيقاً حسابياً لصحة العمل وكتحقيق آخر نستخدم المعادله (٤٨) ومن الجدول نجد أن مجموع الارتفاعات — مجموع الانخفاضات = ٢ر٥٠ — ٣ر٨٠ = — ١ر٣٠ وهذا يساوى الفرق بين منسوب آخر نقطة ومنسوب أول نقطة .

النقطة	قراءات القامة			إرتفاع	إنخفاض	منسوب النقطة	ملاحظات
	خ	م	ق	+	—		
١	١ر١٠					١٠ر٦٠	
٢	١ر٩٠		٢ر١٠		١ر٠٠	٩ر٦٠	
٣		١ر٧٠		٠ر٢٠		٩ر٨٠	
٤	١ر٨٠		١ر٥٠	٠ر٢٠		١٠ر٠٠	معلومة
٥		٢ر٣٠			٠ر٥٠	٩ر٥٠	
٦	٣ر٤٠		٣ر٢٠		٠ر٩٠	٨ر٦٠	
٧		٢ر٠٠		١ر٤٠		١٠ر٠٠	
٨		١ر٣٠		٠ر٧٠		١٠ر٧٠	
٩		٢ر٤٠			١ر١٠	٩ر٦٠	
١٠			٢ر٧٠		٠ر٣٠	٩ر٣٠	
	٨ر٢٠		٩ر٥٠	٢ر٥٠	٣ر٨٠		

مثال ٢ :

أخذت القراءات الآتية على محور مشروع بقصد عمل قطاع طولى له فكانت :

٢ر٤٠ - ١ر٩٠ - ٢ر٣٠ - ١ر٤٠ - ٢ر٠٠ - ٢ر٢٠ - ٢ر٥٠ - ١ر٧٠

٣ر١٠ - ٢ر٩٠ - ٢ر٢٠ - ٣ر٣٠

فإذا كان الميزان قد نقل بعد النقطة الثالثة والسادسة والسابعة ، بين فى جدول مناسيب النقط المختلفة بطريقة الإرتفاع والإنخفاض علما بأن منسوب آخر نقطة هو (١٥ر٥٠) متر .

الحل

بعد ترتيب الجدول ووضع القراءات المختلفة للقامة فى أماكنها - نفرض أن منسوب النقطة الأولى هو س ، وباستخدام قانون التحقيق الحسابى (معادلة ٤٤) نجد أن :

مجموع المؤخرات = ٩ر٩٠

مجموع المقدمات = ٩ر٤٠

منسوب اخر نقطة = ١٥ر٠٠ ، منسوب أول نقطة = س

س = ١٥ر٥٠ — ٠ر٥٠ = (١٥ر٠٠) مترا .

ثم نبدأ فى تعيين مناسيب النقطة الثانية والثالثة وهكذا حتى النقطة الأخيرة ويجب أن يكون (١٥ر٥٠) وهذا يعتبر تحقيقا حسابيا لصحة العمل (أنظر الجدول) .

النقطة	قراءات القامة			ارتفاع +	انخفاض −	مناسيب النقط
	خ	م	ق			
١	٢٫٤٠					١٥٫٠٠
٢		١٫٩٠		٠٫٥٠		١٥٫٥٠
٣	٢٫٧٠		٢٫٣٠		٠٫٤٠	١٥٫١٠
٤		١٫٤٠		١٫٣٠		١٦٫٤٠
٥		٢٫٠٠			٠٫٦٠	١٥٫٨٠
٦	٢٫٥٠		٢٫٢٠		٠٫٢٠	١٥٫٦٠
٧	٢٫٣٠		١٫٧٠	٠٫٨٠		١٦٫٤٠
٨		٣٫١٠			٠٫٨٠	١٥٫٦٠
٩		٢٫٩٠		٠٫٢٠		١٥٫٨٠
١٠			٣٫٢٠		٠٫٣٠	١٥٫٥٠
	٩٫٩٠		٩٫٤٠			

مثال ٣

أخذت ميزانية على محور مشروع بغرض إيجاد مناسيب النقط المختلفة فكانت القراءات على القامة كما يلى :

٢٫٩٨ - ١٫٣٤ - ٠٫٤٨ - ٣٫٥٤ - ٢٫١١ - ١٫٧٧ - ٠٫٦٨ - ٣٫٨٦ -
١٫٢٢ - ٠٫٥٦ - (٢٫١٨) - ٣٫٥٠ - (٠٫٦٤) - ١٫٢٢ - ٣٫١١
(٢٫٣٤) - ٠٫٨٥ .

فإذا علم أن الأرض كانت تنحدر فى إتجاه واحد إبتداء من النقطة الأولى وحتى النقطة الثامنة ثم أخذت طبيعة الأرض فى التغير بعد ذلك ، وأن القراءات بين الأقواس فى الجزء الأخير من الميزانية مؤخرات وكان منسوب النقطة الرابعة

(- ٠٫٨٠) فأوجد فى جدول ميزانية كامل وبطريقة سطح الميزان مناسيب النقط المختلفة مع تحقيق العمل الحسابى .

الحل

حيث أن الأرض تنحدر فى إتجاه واحد بانتظام فإن قراءات القامة فى الوضع الواحد للميزان أما أن تتناقص تدريجياً أو تتزايد تدريجيا ، وعندما تتغير فجأة قراءات القامة بالزيادة أو النقصان فهذا دليل عن تغيير سطح الميزان لوضع جديد تكون القراءتان المتتاليتان التى حدثت فيها التغيير الفجائى أحدهما مقدمة الوضع السابق والأخرى مؤخرة الوضع الجديد ، وبذلك يمكن استنتاج أوضاع الميزان المختلفة بنفس الطريقة كما هو مبين بالجدول حتى نصل إلى النقطة الثامنة ، بعد ذلك ترتب باقى قراءات الميزانية بحيث تكون القراءات بين الأقواس مؤخرات ، ثم نبدأ من النقطة الرابعة المعلوم منسوبها ونوجد مناسيب النقط التالية حتى آخر نقطة . ومن المعادلة (٤٤) يمكن إستنتاج منسوب أول نقطة والتى نستمر منها فى إيجاد مناسيب النقط (٢) ، (٣) وكذلك منسوب (٤) من جديد للتحقيق . وقد أستنتج منسوب سطح الميزان الذى تقع النقطة الرابعة ضمن نقطه وذلك بأضافة القراءة عند النقطة (٤) — وهى متوسطة وقدرها ١١ر٢ - إلى منسوب النقطة وكتب سطح الميزان أمام مؤخرة هذا الوضع ومنه أستنتجت مناسيب النقط ٣ ، ٥ ، ٦ . وهكذا بالنسبة لباقى أوضاع الميزانية التالية حتى النقطة الأخيرة . ومن الجدول نجد أن منسوب النقطة الأخيرة هـ (- ٢ر٣٧) . وبأستخدام المعادلة (٤٤) فأن :

١٥ر٥٤ — ٩ر١٨ = - ٢ر٣٧ — س

∴ منسوب أول نقطة س = — ٨ر٧٣

النقطة	مؤخرة	متوسطة	مقدمة	سطح الميزان	منسوب	ملاحظات
١	٢ر٩٨			— ٥ر٧٥	— ٨ر٧٣	
٢		١ر٣٤			— ٧ر٠٩	
٣	٣ر٥٤		٠ر٤٨	— ٢ر٦٩	— ٦ر٢٣	
٤		٢ر١١			— ٤ر٨٠	معلومة
٥		١ر٧٧			— ٤ر٤٦	
٦	٣ر٨٦		٠ر٦٨	+ ٠ر٤٩	— ٣ر٣٧	
٧		١ر٢٢			— ٠ر٧٣	
٨	٢ر١٨		٠ر٥٦	+ ٢ر١١	— ٠ر٠٧	
٩	٠ر٦٤		٣ر٥٠	— ٠ر٧٥	— ١ر٣٩	
١٠		١ر٢٢			— ١ر٩٧	
١١	٢ر٣٤		٣ر١١	— ١ر٥٢	— ٣ر٨٦	
١٢			٠ر٨٥		— ٢ر٣٧	
Σ	١٥ر٥٤	٧ر٦٦	٩ر١٨		٤٥ر٠٧	

ومنها أوجدنا منسوب النقطة (٢) ، (٣) ثم (٤) للتحقيق ، وللتحقيق من حساب المناسيب بالمعادلة (٤٦) نجد أن الطرف الأيمن يكون مساويا .

— ٤٥ر٧٠ — (— ٨ر٧٣) + ٩ر١٨ + ٧ر١٦ = ١٩ر٥٠

والطرف الأيسر يكون مساويا

— ٥ر٧٥ × ٢ ٢ر٦٩ × ٣ + ٠ر٤٩ × ٢ + ٢ر١١ × ١

— ٠ر٧٥ × ٢ — ١ر٥٢ × ١ = ١٩ر٥٠

وهذا تأكيد على صحة العمل الحسابي

تشكيل القطاعات الطولية

من أهم أغراض الميزانية هو الحصول على القطاعات أى الحصول على شكل تعرجات سطح الأرض وتمثيلها بخط معين مستقيم أو منحنى على خريطة وذلك بتعيين مناسيب نقط معينة على هذا الخط والمسافات بينها .

ويمكن أن يعرف القطاع الطولى بأنه عبارة عن ناتج الميزانية الطولية التى تجرى عادة على محور مشروع هندسى مثل طريق زراعى أو جسر سكة حديد أو ترعة أو مصرف ، وبتوقيع هذه النتائج بالرسم ينتج القطاع الطولى .

وعادة تبدأ الميزانية من روبير أو أى نقطة معلوم منسوبها بحيث تكون قريبة من نقطة إبتداء القطاع ، ويمكن معرفة ذلك من الخرائط المخصصة لتلك المنطقة ، ثم تسلسل الميزانية حتى أول القطاع .

وبعد ذلك يبدأ الرصد على المقامات الموضوعة فوق نقط القطاع المختلفة وكذلك المسافات بينها . وينتهى العمل حتى آخر نقط القطاع ، ويستحسن الإستمرار فى سلسلة الميزانية بعد الوصول إلى آخر القطاع حتى أقرب روبير وذلك بأخذ مؤخرات ومقدمات فقط ، ومقارنة المنسوب الناتج لهذا الروبير من حساب الميزانية بمنسوب المدون بدفتر الروبيرات التى تخرجها مصلحة المساحة فيجب أن يتساوى المنسوبان أو لا يتعدى الفرق بينها القيمة :

$$\text{الخطأ المسموح بالسنتيمتر} = ١٠ \sqrt{\text{طول الميزانية بالكم}} \qquad (٤٩)$$

وفى حالة تعذر الوصول إلى أقرب روبير من النقطة الأخيرة للقطاع فيمكن

تحقيق صحه العمل بإعادة الميزانية فى أتجاه عكسى للتحقيق من صحة القراءات والمناسيب .

ويلاحظ ان طريقة التدوين والحساب لا تختلف عما سبق إلا بإضافة عمود فى الجدول تدون به المسافات بالأمتار بين النقط وذلك بالنسبة لأول المشروع :

ولرسم القطاع تأخذ خانتى المسافات والمناسيب وتعتبر أحدهما المحور السينى وهو المسافات دائما ، والمحور الصادى وهو المناسيب ، ونظرا لأن المسافات الأفقية طويلة جداً إذا قورنت بفروق المناسيب بين نقط القطاع لذلك ترسم المسافات الأفقية بمقياس رسم صغير مثل ١ : ١٠٠ أو ١ : ٥٠٠ حسب مساحة الورقة وحسب الغرض الذى ينشأ من أجله القطاع الطولى ؛ وترسم الأبعاد الرأسيه التى تحدد المناسيب بمقياس رسم كبير وذلك بأن نأتى بالفرق بين أعلى نقطة وأوطى نقطه لكى نحدد المقياس الرأسى الذى يقرب إلى رقم صحيح مثل ١ : ٥٠ أو ١ : ١٠٠ - على هذا الأساس تظهر الفروقات فى الإرتفاع واضحة جدا إذ أننا بالغنا فيما بأخذ مقاييس مختلفة وتوصل النقط ببعض بخطوط مستقيمه على إعتبار أن سطح الأرض مستويا بين كل نقطتين متتاليتين . وبذا نحصل على القطاع الطولى الذى يبين شكل الأرض على محور الطريق أو الترعه أو المصرف وهكذا .

وغالبا ما يطلب منا عمل الميزانية الطولية لإقامة مشروع بطول هذه الميزانية فيحدد على القطاع الطولى المحور المطلوب ويسمى محور المشروع وهو أما أن يكون أفقيا أو مائلا ميل واحد أو عدة ميول حسب حاجة المشروع المطلوب كما هو الحال فى مشاريع إنشاء الطرق والجسور وبناء الكبارى وتخطيط شبكات

الترع والمصارف .

ويراعى أن النقط التى تؤخذ عندها المناسيب لرسم القطاع هى :

ا — النقط التى يتغير عندها إتجاه ميل سطح الأرض تغيرا ملموسا ،

ب — النقط التى يتغير فيها الإتجاه .

جـ — أى نقط أخرى يراها المهندس ضرورية لدقة المشروع .

وإذا كان عرض المشروع (طريق أو ترعة) ضيقا فتكون مناسيب النقط على المحور ممثلة لجميع مناسيب النقط فى الإتجاه العمودى أو القطاع العرضى والمثال الآتى يوضح الطريقة المثلى للحصول على القطاع الطولى المطلوب وعلى سطح الإنشاء وكيفية حساب إرتفاعات الحفر والردم .

مثال :

أجريت ميزانيه بغرض عمل قطاع طولى لمشروع طريق زراعى بين النقطتين ا عند الكيلو ١٤٫٠٠ والنقطة ب عند الكيلو ١٤٫٥٠٠ وكانت المسافات بين نقط الميزانية متساوية وكانت قراءات القامة كالآتى :

٢٫٥٢ - ١٫٩١ - ٢٫٤١ - (٢٫٥٩) - ١٫٩٢ - ١٫٤٨ - (١٫١٢) - ٠٫٤٤ -

١٫٥٠ - (١٫١٦) - ١٫٨٢ - ١٫٩١ - (١٫٢٢) - ٢٫٣٠ - ٣٫٨٥ .

فإذا كان الميزان قد نقل بعد النقط : الثالثة والخامسة والسابعة والتاسعة -

وكان منسوب النقطة الأولى هى ١٨٫٤٠ فالمطلوب :

(١) رسم القطاع الطولى بين الكيلو ١٤٫٠٠ والكيلو ١٤٫٥٠٠ بمقاييس رسم مناسبة مبينا :

ا — الأرض الطبيعية .

ب — خط الإنشاء لطريق مقترح يبدأ من نقطة ا بميل ½ ٪ إلى أسفل

حـ — إرتفاع الحفر أو الردم عند جميع نقط القطاع .

الحل

نبدأ أولا بترتيب الجدول وليكن بطريقة سطح الميزان وذلك للحصول على مناسيب الأرض الطبيعية على طول المحور ومن الجدول نجد أن عدد نقط الميزانية ١١ نقطة بينها ١٠ مسافات متساوية كل منها يساوى

$$\frac{١٤٥٠٠ - ١٤٠٠٠}{١٠} = ٥٠ \text{ متر}$$

وبمعلومية منسوب النقطة الأولى حسبت مناسيب باقى نقط القطاع ، كذلك حسبت مناسيب سطح الإنشاء بمعلومية إنحداره كما هو موضح فى الجـــدول التـــالى :

الحل

النقط	مسافات (متر)	قراءات القامة: مؤخرة	قراءات القامة: متوسطة	قراءات القامة: مقدمة	منسوب سطح الميزان	مناسيب النقط	منسوب المشروع	الحفر إرتفاع	إرتفاع الردم
ا - ١	٠٠	١٫٥٢			١٩٫٩٢	١٨٫٤٠	١٨٫٤٠		٠٠
٢	٥٠		١٫٩١			١٨٫٠١	١٨٫١٥		٠٫١٤
٣	١٠٠	٢٫٥٩		٢٫٤١	٢٠٫١٠	١٧٫٥١	١٧٫٩٠		٠٫٣٩
٤	١٥٠		١٫٩٢			١٨٫١٨	١٧٫٦٥	٠٫٥٣	
٥	٢٠٠	١٫١٢		١٫٤٨	١٩٫٧٤	١٨٫٦٢	١٧٫٤٠	٠٫٨٢	
٦	٢٥٠		٠٫٤٤			١٨٫٣٠	١٧٫١٥	٢٫١٥	
٧	٣٠٠	١٫١٦		١٫٥٠	١٩٫٤٠	١٨٫٢٤	١٧٫٩٠	١٫٣٤	
٨	٣٥٠		١٫٨٢			١٧٫٥٨	١٧٫٦٥	٠٫٩٣	
٩	٤٠٠	١٫٢٢		١٫٩١	١٨٫٧١	١٧٫٤٩	١٧٫٤٠	١٫٠٩	
١٠	٤٥٠		٢٫٣٠			١٦٫٤١	١٦٫١٥	٠٫٢٦	
ب - ١١	٥٠٠	٧٫٦١		٣٫٨٥	١١٫١٥	١٤٫٨٦	١٥٫٩٠		١٫٠٤

التحقيق الحسابى :

مجموع المؤخرات — مجمـــوع المقدمات = ٧ر٦١ — ١١ر١٥

= — — ٣ر٥٤ مترا

منسوب آخر نقطة — منسوب أول نقطة = ١٤ر٨٦ — ١٨ر٤٠

= — — ٣ر٥٤٠ مترا

ملاحظات حل الجدول :

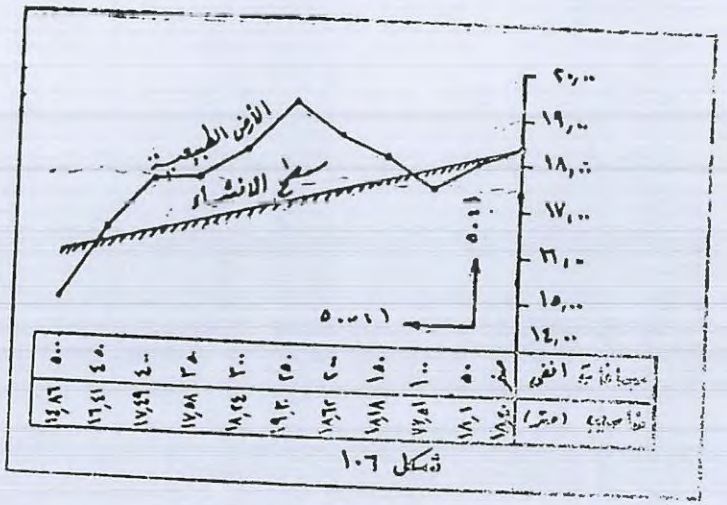
١ - يلاحظ أن خط الانشاء يبدأ بالنقطة الأولى مع الأرض الطبيعية ويميل بمقدار $\frac{1}{2}$٪ أى ٥٠سم كل ١٠٠ متر أو ٢٥سم كل ٥٠متر ومنهـــا يستنتج منسوب الانشاء لكل نقطة .

٢ - فى مسافة ٥٠٠متر نجد أن منسوب الإنشاء لآخر نقطة هو ١٥ر٩٠ .

٣ - لإيجاد إرتفاع الحفر أو الردم يحسب الفـــرق بين منسوبى الإنشاء والارض الطبيعية فإذا زاد منسوب خط الانشاء عن الأرض الطبيعيـــة كان المطلوب هو ردم والعكس يكون حفر .

رسم القطاع :

إستخدم فى رسم القطاع مقياس رسم أفقى مقداره ١ : ٥٠٠٠ ومقياس رسم رأسى مقداره ١ : ٥٠٠ ، أى أن على المحور الأفقى ١سم لكل ٥٠ مترا وعلى المحور الرأسى ١سم لكل ٥٠سم وحيث أن أوطى منسوب لسطح الارض الطبيعية ولسطح الانشاء هو ١٤ر٨٦ اذلك إعتبرنا أن سطح المقـــارنة هو منسوب ١٤٠٠ كما هو موضح فى شكل (١٠٦) .



شكل ١٠٦

الميزانيه العرضية

الميزانية العرضية هى ميزانية تجرى فى الإتجاه العمودى على الميزانية الطولية عند نقطهـــا المختلفة فى مساحة عرض المشروع المزمع إنشاؤه والغرض منها هو :

١ — معرفة شكل الأرض على جانبى محور الميزانية الطولية .

٢ — إيجاد مكعبات الأتربة بدقه مثل إيجاد مكعبات الحفر والردم الناتجة من تطهير الترع أو المصارف أو ترميم الجسور أو تعديل قطاعـــاتها أو حساب مكعبات الحفر والرم عند إنشاء الطرق وجسور السكك الحديدية الجديدة ..

تشكيل القطاعات العرضية :

تؤخذ القطاعات على مسافات متساوية إذا كانت الأرض منتظمة الإنحدار

وتؤخذ عادة على مسافات ٥٠ متر ويسمى كل قطاع بحسب بعدة عن نقطة الابتداء فى الميزانية الطولية أى بعده عن نقطة أول المشروع . كما يجب أن تؤخذ قطاعات عرضية كلما تغيرت طبيعة الأرض .

وتوجد طريقتان أساسيتان لعمل القطاعات العرضية :

الأولى : ويبدأ بعمل الميزانية للقطاع إبتداء من محوره .

والثانية : ويبدأ بعمل الميزانيه للقطاع إبتداء من أحد الجانبين .

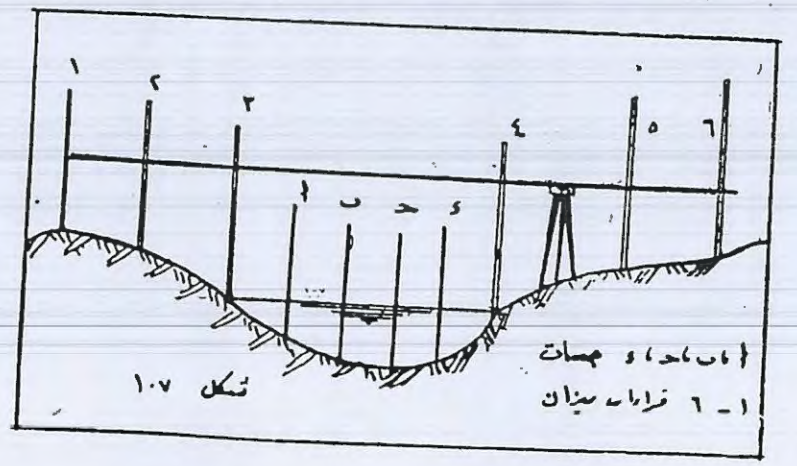
وتستخدم الطريقة الأولى فى الأعمال الإنشائية كإنشاء ترع أو مصارف أو طرق جديدة ، يخطط محور المشروع على الخريطة ، ثم يوقع فى الطبيعة بدق أوتاد أو شواخص ، ثم نبدأ عمل الميزانية على يمين ويسار المحور .

ويختلف جدول الميزانية العرضية عن الميزانية الطولية بتقسيم خانة المسافات إلى ثلاثة أقسام الأولى خاصة بأبعاد النقط على القطاع من إبتداء المحور الطولى وعلى يمينه والثانية خاصه بأبعاد القطاعات على المحور الطولى من إبتداء المشروع والثالثة خاصه بأبعاد النقط على القطاع يسار المحور الطولى .

وتسلسل ميزانية من أقرب روبير أو نقطة معروف منسوبها ، ويوضع الميزان فى مكان يسهل منه رؤية جميع نقط القطاع ، ثم يعرف منسوبه من الميزانية المسلسلة ثم توضع القامة على المحور عند موقع القطاع وتقرأ وتقيد فى الخانة الخاصة بها ويكتب أمامها فى خانة المحور صفر . ثم توضع القامة فى نقطة لتكون فى الإتجاه العمودى على المحور وتقيد فى خانة المتوسطات وتدون المسافة فى خانة يمين أمام كل نقطة بما يقابلها من هذه الأبعاد ، وننتقل

إلى اليسار ، ويتم العمل فى جميع القطاعات الأخرى بنفس الطريقة ، ويمكن نقل الميزان إلى نقط أخرى معروف منسوبها من الميزانية الطولية أو المسلسلة إذا لم يمكن أخذ قراءات القامة لجميع القطاعات من موضع واحد للميزان .

(*) أما الطريقة الثانية فتتبع غالبا فى حالة تطهير الترع والمصارف ويتعذر علينا تعيين محور الترعة لوجوده فى المياه ويبدأ بعمل القطاع من الجهة اليسرى عادة وتنتقل القامة فى إتجاه عمودى على طول الترعة وتوضع فى كل نقطة يلاحظ فيها التغير وهكذا حتى نصل إلى نقطة تلاقى سطح الماء بالميل الجانبى للترعة فتؤخذ عندها قراءة ويعين منسوبها ويكون هو منسوب سطح الماء ، وبعدها تعمل جسات بالمجرى لمعرفة عمق القاع عن سطح الماء . ويمكن إيجاد مناسيب القاع نطرح مقدار الجسات من منسوب سطح الماء شكل (١٠٧) .



شكل ١٠٧

والجدول الآتى يبين نتائج ميزانية عرضية لمشروع إنشاء طريق عرض قطاعه ٩ متر وميوله الجانبية لقطاعه ١ : ١ ومنسوبه ١٦٫٥٠ — والكروكى شكل (١٠٨) يبين مواضع القامات عند القطاعات .

جدول الميزانية العرضية

ملاحظات	منسوب النقط	سطح الميزان	المسافات: يسار	المسافات: محور	المسافات: يمين	مقدمة	متوسطة	مؤخرة
روبير منسوبه ١٦ر٥٠	١٦ر٥٠	(١٧ر٦٠)		صفر				(١ر١٠)
أول المشروع	١٦ر٢٠						١ر٤٠	
قطاع ٥٠	١٦ر١٨			٥٠			١ر٤٢	
	١٦ر١٠			٥٠	٢ر٥٠		١ر٥٠	
	١٦ر١٥			٥٠	٥ر٠٠		١ر٤٥	
	١٦ر٢٥		٢ر٥٠	٥٠			١ر٣٥	
	١٦ر٢٣		٥ر٠٠	٥٠			١ر٣٧	
	١٦ر٣٠	(١٧ر٨٠)						(٥٠ر١)
نقطة دوران	١٦ر٣٤			١٠٠		١ر٣٠	١ر٤٦	
قطاع ١٠٠	١٦ر٤٠			١٠٠	٢ر٥٠		١ر٤٠	
	١٦ر٣٨			١٠٠	٥ر٠٠		١ر٤٣	
	١٦ر٣٥		٢ر٥٠	١٠٠			١ر٤٥	
	١٦ر٤٠		٥ر٠٠	١٠٠		١ر٤٠		
						٢ر٧٠		٢ر٦٠

ملحوظة : أنظر الكروكى شكل ١٠٨

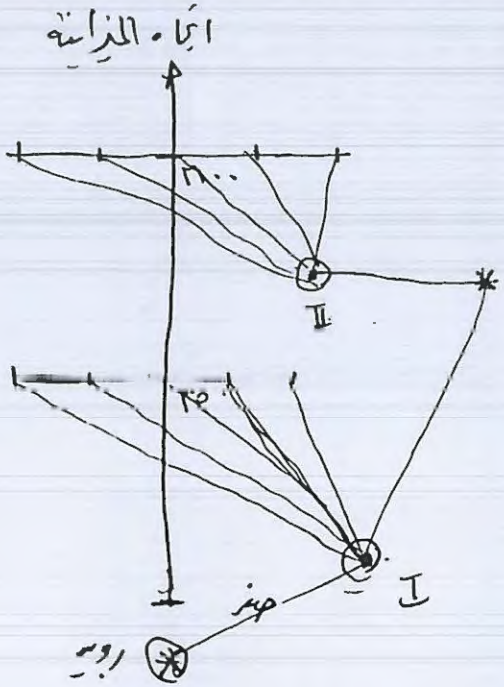
التحقق الحسابى لحساب المناسيب :

المؤخرات - المقدمات = ٢ر٦٠ - ٢ر٧٠ = - ٠ر١٠

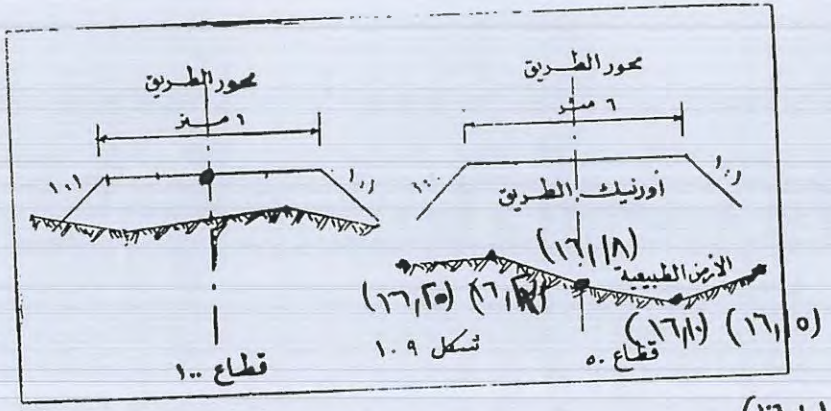
منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة = ١٦ر٤٠ - ١٦ر٥٠

= - ١٠ر متراً

وترسم القطاعات العرضية بنفس الخطوات المتبعة فى رسم القطاعات الطولية مع إستعمال مقياس رسم واحد عادة للابعاد والمناسيب على السواء ، وذلك لأن الأبعاد فى هذه الحالة لا تكون كبيرة إذا قورنت بفروق المناسيب بين النقط وبعضها ، وترسم عادة بمقياس رسم ١ : ٢٠٠ أو ١ : ١٠٠ أو ١ : ٥٠ .



وشكل (١٠٩) يبين القطاع العرضى عند مسافة ٥٠ ومسافة ١٠٠ متر وكذلك أورنيك الطريق المقترح .



شكل ١٠٩

الميزانية الشبكية

تستعمل هذه الميزانية عندما يراد معرفة مناسيب النقط الموجودة على سطح الأرض فى منطقة محددة ويتم ذلك :

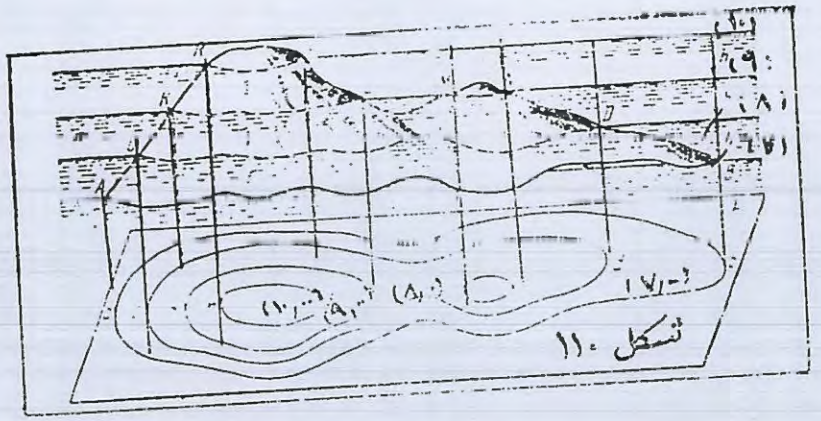
١ — ببيان بعد كل نقطة عن الأخرى أفقيا ويكون ذلك برفع المنطقة وتحديد مواضيع النقط المختلفة .

٢ — بتعيين منسوب كل نقطة من النقط السابقة .

وعند تنفيذ المشروعات الهندسية والزراعية يلزم معرفة مناسيب النقط المختلفة للمشروع ومن هنا صارت الميزانية الشبكية ذات أهمية كبرى فى الخرائط المعدة لتصميم مثل هذه المشروعات ولتسهيل بيان طبيعة الأرض ، ومعرفة طبوغرافيتها توصل النقط المتساوية المناسيب بخط يطلق عليه **خط الكنتور** :

خط الكنتور :

يمكن تعريف خط الكنتور بأنه عبارة عن خط تقاطع سطح الأرض بمستوى أفقى معلوم المنسوب ، وجميع نقطه ذات منسوب واحد هو منسوب خط الكنتور . فمثلا خط كنتور (٢٠) هو الخط الذى يصل النقط ذات المنسوب (٢٠) ، والخرائط التى يبين فيها مناسيب النقط بخطوط الكنتور تسمى الخرائط الطبوغرافية أو الكنتورية ، وغالبا تكون خطوط الكنتور ذات مناسيب صحيحة فمثلا إذا فرض وجود مرتفع كما فى شكل (١١٠) وقطع بعده مستويات أفقية مناسيبها ١٠ ، ٩ ، ٨ ، ٧ ، وهكذا فينتج لنا خط كنتور ١٠ وخط كنتور



شكل ١١٠

٩ وخط كنتور ٨ ويقال فى هذه الحالة أنه لدينا فاصل رأسى مقداره متراً واحداً ويعرف هذا الفاصل الرأسى **بالفترة الكنتوريه** .

الفترة الكنتوريه

هى البعد الرأسى بين كل خطى كنتور متتاليين — وهناك عدة عوامل تحدد قيمة الفترة الكنتورية أهمها :

١ — الغرض التى من أجله ستستخدم فيه الخريطة الكنتورية فإذا كان الغرض من عمل خطوط الكنتور هو تسوية أرض زراعية أو حساب المكعبات منها كانت الفترة الكنتورية صغيرة .

٢ — الوقت المحدد لعمل الميزانية وتكليفها — فتكبر الفترة الكنتورية كلما كان الوقت المحدد لعمل الميزانية قصيرا .

٣ — **المساحة** — فكلما كانت المساحة كبيرة كانت الفترة الكنتورية كبيرة نسبياً .

٤ — طبيعة المنطقة — فإذا كانت المنطقة ذات إرتفاعات أو إنخفاضات كثيرة قلت الفترة الكنتورية وتعرف الأرض حينئذ بأنها ذات طبوغرافية شديدة .

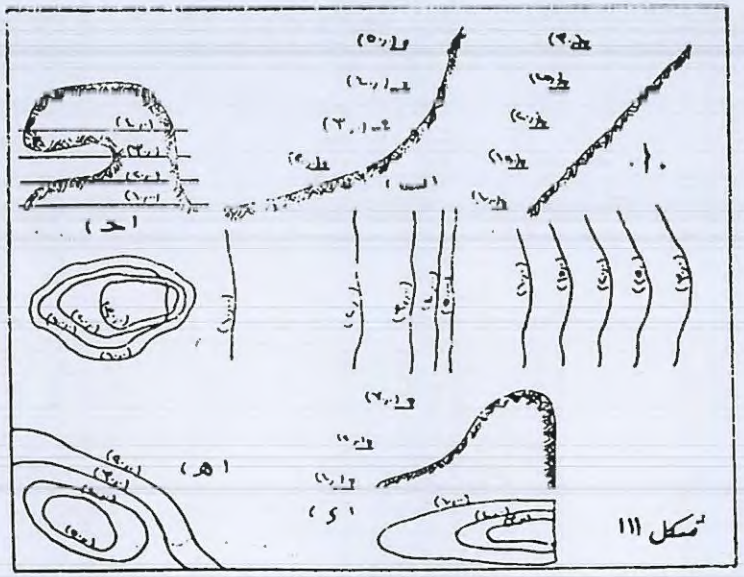
٥ — مقياس رسم الخريطة — فيجب إختيار الفترة الكنتورية بحيث لاتختلط خطوط الكنتور ببعضها .

خواص خطوط الكنتور (١١١) .

١ — جميع النقط الواقعة على خط كنتور معين ذات منسوب واحد ثابت هو منسوب الخط .

٢ — إذا كانت أبعاد خطوط الكنتور عن بعضها متساوية دلت على أن الأرض منتظمة الميل (شكل ١١١ - ا) .

٣ — تتقارب خطوط الكنتور فى الإنحدارات الشديدة وتتباعد فى الأراضى السهلة الإنحدار (شكل ١١١ - ب) .



شكل ١١١

٤ - لاتتقاطع الكنتور إلا نادراً فى حالة الكهوف مثلا أو وجود تجويف (شكل ١١١ — هـ) .

٥ - تتماس خطوط الكنتور فى نقطة واحدة أوخط واحد ويكون ذلك فى حالة إنخفاض أو أرتفاع رأسى كما فى حالة الجروف (شكل ١١١ - ء) .

٦ - جميع خطوط الكنتور يجب أن تكون مقفلة حتى ولو كان ذلك خارج اللوحة إذ أن خط الكنتور لاينتهى (١١١ - هـ) .

عمل مشروع خريطه كنتوريه .

خطوات تنفيذ مشروع عمل خريطة كنتورية هى :

أولا - عمل ميزانية شبكية للارض بتعيين مناسيب عدد كاف من النقط عليها

ثانيا - توقيع هذه النقط بمناسيبها على الخريطة .

ثالثا - رسم خطوط الكنتور.

اولا : عمل الميزانيه الشبكيه .

هناك عدة طرق لعمل الميزانية الشبكية وأهمها .

ا) طريقة المربعات أو المستطيلات ب) طريقة المحور

١ - طريقه المربعات أو المستطيلات :

وفيها تقسم الأرض إلى مربعات مساوية أو مستطيلات ولذلك تحصر القطعة داخل محيط مضلع أضلاعه عمودية على بعضها وتغرس شواخص المحيط

على أبعاد متساوية من بعضها وتقام أعمدة منها على أضلاع المحيط وتكون مربعات أو مستطيلات، ثم يبدأ بعمل الميزانيه لتعين منسوب كل نقطة وبدون بجوار مسقطها الأفقى ويختار طول الضلع عادة ٤٠ ، ٥٠ متراً فى الأراضى الزراعية أما فى أراضى البناء المراد ردمها فيختار طولا الضلع عادة ٥ أو ١٠ أو ٢٠ متراً .

ب - طريقه المحور :

يثبت محور مستقيم فى وسط الأرض ويمر باوتاد أو شواخص ثم تقام أعمدة على المحور كل ٤٠ أو ٥٠ مترا إذا كان ميل الأرض منتظما أو تقام هذه الأعمدة عند كل نقطة يختلف فيها إنحدار الأرض ثم تشكل قطاعات عرضية عمودية على المحور ثم تأتى بمناسيب المحور ومناسيب النقط التى يتغير فيها إنحدار الأرض على القطاعات العرضية .

ثانيا - توقيع النقط ومناسيبها على الخريطه :

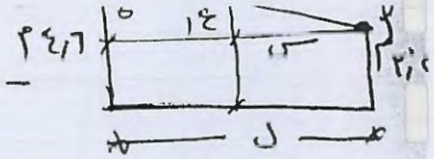
توقع النقط بابعادها على الخريطة بمقياس الرسم المطلوب وتحسب مناسيبها من أقرب روبير أو من نقطة معلوم منسوبها ويمكن إختيار أكثر من نقطه دوران إذا أريد وضع الميزان فى أكثر من وضع .

ثالثا - رسم خطوط الكنتور :

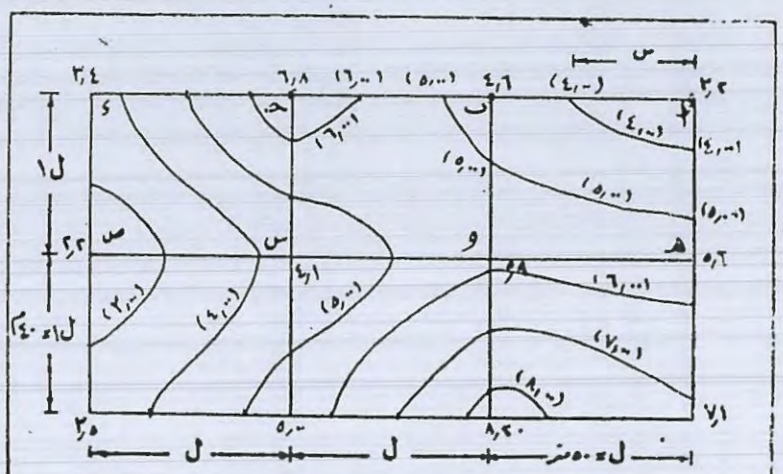
هناك عدة طرق لرسم خطوط الكنتور أهمها .

١ - الطريقه الحسابيه :

بفرض أن المطلوب هو رسم خطوط الكنتور بفترة كنتوريه قدرها



١ متر للمنطقة التى أجريت لها ميزانية شبكية والمبينة فى شكل (١١٢) ، لذلك بأخذ كل خط من خطوط الشبكية على حدة ونعتبر إن سطح الأرض على إمتداده ذو إنحدار ثابت وعلى هذا تحدد مواقع النقط ذات المناسيب الثابتة (أى التى



شكل ١١٢

منسوبها ١ متر ، ٢ متر ، ٣ متر ،) وعلى سبيل المثال فالخط ا ب والذى منسوب نقطة ا عليه هو ٢ر٣ م ومنسوب نقطة ب هو ٦ر٤ م هنـــاك نقطة منسوبها ٠ر٤ تقع على الأنحدار الثابت بين ا ، ب . ولتعين بعد هـذه النقطة الأفقى س من نقطة ا (النقطة ذات المنسوب الأقل) نأتى بفرق المنسوب بين نقطتى ا ، ب ولـكن ع وكذلك فرق المنسوب بين النقطـة المطلوب تعيينهـا (منسوب ٠ر٤) وبين أوطى نقطة (نقطة ا) وليكن $ع_١$ وبذا فان

$$\frac{ع_١}{ع} = \frac{س}{ل}$$

أى أن

$$س = \frac{ع_١}{ع} \cdot ل \qquad \ldots (٥٠)$$

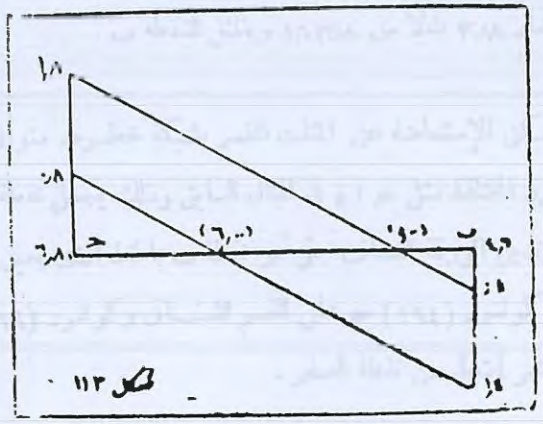
وبذا يمكن تحديد موقع النقطـة ذات المنسوب الصحيح . أما إذا كان الخط عليه أكثر من نقطة مثل الخط ب حـ الذى يمثل إنحدار ثابتا تقع عليـــه النقط ذات مناسيب ثابتة ٠٠ر٥ ، ٠٠ر٦ فإنه تحسب مسافتين س ، $س_٢$ من المعادلة (٤٧) لتحددان بعد النقطتين عن النقطة ذات المنسوب الأقل .

بعد الحصول على كل النقط ذات المناسيب الثابتة فى الشبكة نصل بين النقط ذات المناسيب الواحد لنحصل على خط الكنتور الذى يمثلها مع مراعاة خواص خطوط الكنتور عند توصيل النقط . وعادة إذا بدأنا بنقطه ذات منسوب معين على أحد خطوط الشبكة فاننا نبحث عن نقطة لها نفس المنسوب فى أحد الخطين المجاورين لنصلها بها) إما إذا لم نجد فأننا نبحث على نقطة لها نفس المنسوب فى الضلع المقابل لنصلها بهـا ففى شكل (١١٢) بعد أن حددنا موقـــع النقطة التى منسوبها (٠٠ر٤) على الخط ا ب وجدنا أن هناك نقطة أخرى لها نفس المنسوب على الخط المجاور ا هـ وصلت بها . وعلى الخط ا هـ أيضا كان هناك نقطة أخرى منسوبها (٠٠ر٥) ، وبالبحث عن نقطة ذات منسوب (٠٠ر٥) على الأضـلاع المجاورة لم نجد ، لذلك وصلت هذه النقطة بنقطة لها نفس المنسوب على الضلع المقابل ب و وبالمثل وصلت جميع النقط المتناظرة فى الشبكة للحصول على جميع النقط المتناظرة فى الشبكة للحصول على جميع خطوط الكنتور كما هو موضح فى شكل (١١٢) .

والطريقة الحسابيه لتحديد مواقع النقط ذات المنسوب الثابت على الشبكة تناسب الشبكات الصغيرة ذات العدد المحدود من المربعات أو المستطيلات أما إذا زاد العدد فتستخدم الطرق البيانية والميكانيكية ولو أن وجود الحاسبات الألكترونية البسيطة سهلت الطريقة الحسابيه .

٢ ـ الطريقه البيانيه (طريقه النسبه والتناسب)

يمكن تعيين النقطة ذات منسوب ٤٠٠ر٠ على الضلع ا ب وذلك بالرسم مباشرة باعتبار أن ا تنخفض عن النقطة ذات منسوب ٤٠٠ر٠ بمقدار ٨ر٠ متر والنقطة ب ترتفع عن النقطة ذات منسوب ٤٠٠ر٠ بمقدار ٦ر٠ متر . فلو أخذنا أى خط بنفس طول ا ب (ويمكن أخذ الخط ا ب نفسه) وأقمنا من بدايته وعند نقطة ا عمودا بطول يناظر ٧ر٠ مترا بأى وحدات من أسفل (إنخفاض) ثم من ب عمودا آخر بطول ٦ر٠ مترا بأى وحدات إلى على (إرتفاع) ووصلنا بين نهايتى العمودين فان الخط الناتج سيقطع الضلع ا ب فى النقط ذات منسوب ٤٠٠ر٠ وشكل (١١٣) يبين كيفية الحصول على النقطة ذات مناسيب ٠٠ر٥ ، ٠ر٦ على الخط ب حـ .

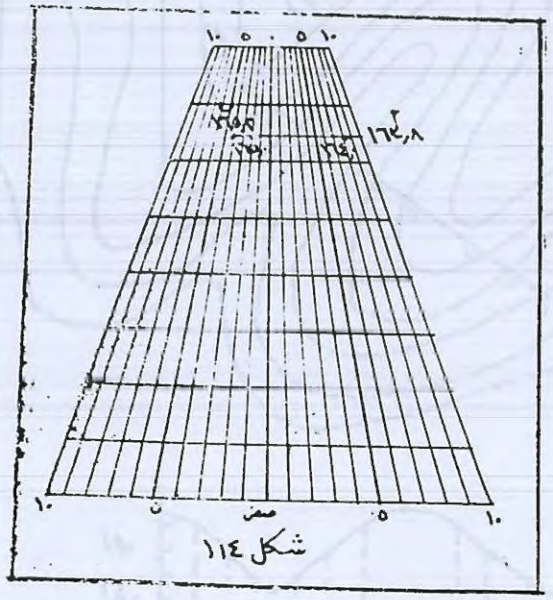


شكل ١١٣

وهذه الطريقة تعتبر أسرع من السابقة وأن كان يعيبها كثرة الخطوط المرسومة على الشبكة مما يشوه شكلها .

٣ ـ طريقه الشفاف (الطريقه الميكانيكيه) :

تتلخص هذه الطريقة فى أننا نرسم مثلث متساوى الساقين مثلا ونقسم قاعدته إلى أجزاء متساوية كبيرة (أربعة مثلا) كما فى شكل (١١٤) وذلك على ورقة شفاف أو كالك ثم نقسم كل قسم بدوره إلى أى عدد من الأقسام الصغيرة المتساوية ولكن خمسة أقسام ـ ثم نصل نقط التقسيم برأس المثلث المقابلة مع تمييز الأقسام الكبيرة بخطوط متقطعة أو سميكة .



شكل ١١٤

وترسم متوازيات للقاعدة ويستحسن أن تكون على مسافات متساوية ، ولتعيين المناسيب بهذه الطريقة نتبع الاتى :

١ — نفرض أن لدينا خط ا ب حيث منسوب (١٦٣٫٨) مترا ومنسوب ب (١٦٥٫٢) مترا ، والمطلوب هو تعيين نقطتين على ا ، ب منسوبها (١٦٤) ، (١٦٥) مترا .

نلاحظ أن الفرق بين المنسوبين ا ، ب هو ١٫٤ مترا أى ١٤ وحدة ونعتبر أن كل وحدة تقابل قسما صغيرا من أقسام المثلث الشفاف .

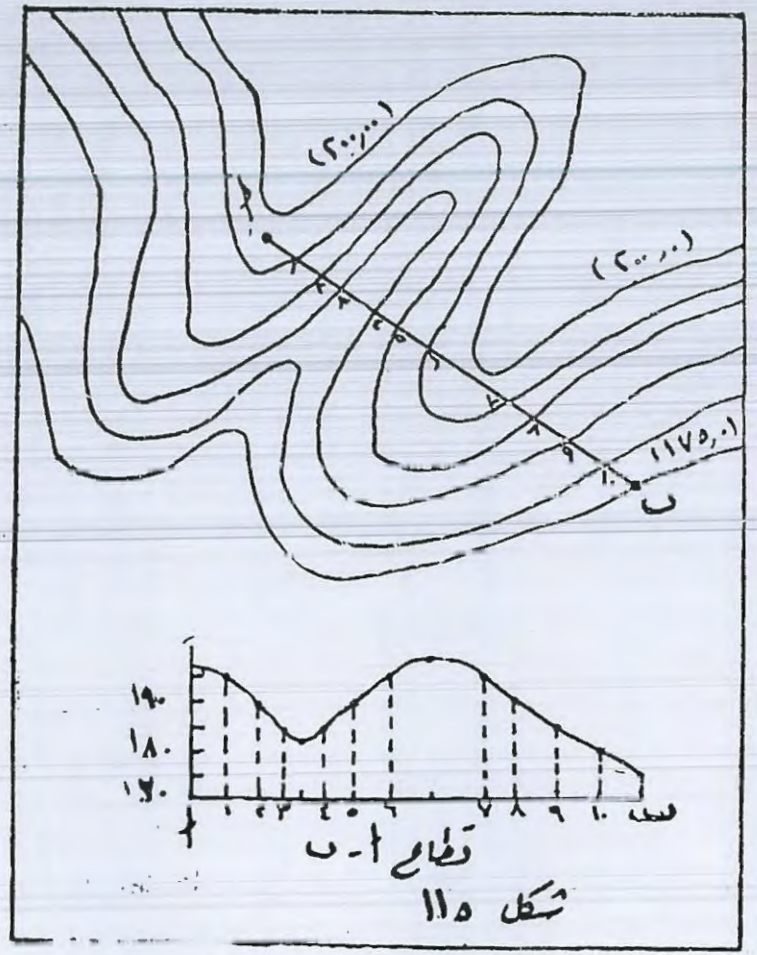
٢ - نضع المثلث الشفاف ونجعل الخط الواصل بين النقطتين ا ، ب موازيا للقاعدة ، ونحرك المثلث الشفاف بشرط أن نحافظ على موازاة ا ب والقاعدة حتى يحصر الخط ا ب ١٤ مسافة من مسافات المثلث .

٣ — نضع دبوس على بعد قسمين من ا فتتعين النقطة ذات منسوب (١٦٤٫٠٠) ونضع دبوس على بعد قسمين من ب فتتعين النقطة ذات المنسوب (١٦٤٫٠٠) كما فى شكل (١١٤) ، وذلك لأن نقطة ا تنخفض ٢٫٠ متر عن النقطة ذات المنسوب (١٦٤٫٠٠) فى حين أن النقطة (ب) ترتفع بمقدار ٢٫٠ متر عن النقطة ذات منسوب (١٦٥٫٠٠) . ويلاحظ أننا على الرسم عبرنا عن نقطة ا بالمقدار ٣٫٨ بدلا من ١٦٣٫٨ وبالمثل للنقطة ب .

٤ — يمكن الإستعاضة عن المثلث المقسم بشبكة خطوط متوازية وتعيين نقط الكونتور المختلفة مثل حـ ، ء فى المثال السابق وذلك بجعل نقطة الصفر تقع على ا مثل وندين الورقة الشفاف حتى تمر نقطة ب بالخط الذى يعين القسم ١٤ فتكون نقطة كونتور (١٦٤) حـ على القسم الثانى وكونتور (١٦٩) ء على القسم الثانى عشر إبتداء من نقطة الصفر .

رسم القطاعات من خطوط الكونتور .

إذا قطعت خطوط الكونتور فى أى خريطة كونتورية بمستوى رأسى فإنه يمكن رسم شكل القطاع الناتج وذلك بمعرفة المسافات الأفقية بين نقط تقاطع المستوى مع خطوط الكونتور من الخريطة وبمعرفة مناسيب خطوط الكونتور وتستعمل نفس القواعد والمقاييس كالتى إستخدمت فى تشكيل ورسم القطاعات الطولية كما هو مبين فى شكل (١١٥) .



شكل ١١٥

استعمالات خطوط الكنتور ·

تستعمل خطوط الكنتور فى أغراض شتى لتخدم القطاعات الهندسية والزراعية وأهم إستعمالات خطوط الكنتور هى :

١ ـ الحصول على قطاعات من الخريطة مباشرة لاستخدامها فى دراسة وتخطيط المشروعات المختلفة .

٢ ـ تعيين كميات الاتربة وسعة الخزانات وأماكن السدود ومواقع الخزانات .

٣ ـ تخطيط الترع والمصارف ـ فتوضع مثلا الترع فى الأماكن العالية والمصارف فى الأماكن المنخفضة .

٤ ـ تستعمل فى عمليات تسوية الأراضى للرى والزراعة .

٥ ـ تستعمل فى تعيين ميول سطح الأرض وفى تحديد محاور الطرق والترع والمصارف ذات الميول الثابتة المطلوبة .

مصادر الاخطاء فى الميزانيه

تتعدد الأخطاء فى عمل الميزانية ، وهذه الأخطاء متنوعة فمنها أخطاء منتظمة وأخطاء غير منتظمة وتسمى أخطاء عرضية ومصادر هذه الأخطاء كثيرة وأهمها :

(ا) الأخطاء الناتجة من الأجهزة المستخدمة فى الميزانية (الميزان ، والقامة)

(ب) الأخطاء الناتجة من إستعمال هذه الأجهزة

(جـ) الأخطاء الناتجة من طريقة رصد وتدوين النتائج .

(د) الأخطاء الناتجة عن العوامل الطبيعية التى تؤثر فى نتائج الميزانية .

ويمكن تلخيص جميع هذه الأخطاء فى النقاط الآتية :

١ ـ أخطاء الميزان وينتج ذلك من عدم ضبطه ضبطا دائما أو مؤقتا .

٢ ـ أخطاء وضع الميزان وذلك بمسك الحامل أثناء القراءة أو تغيير موضع الشعاعة فى ميزان التسوية .

٣ ـ أخطاء وضع القامة حيث يؤدى عدم راسية القامة إلى القراءة الخطأ ويؤدى وضع القامة فى أرض رخوة بدون قاعدة حديدية إلى إختلاف قراءات القامة خاصة عند نقط الدوران .

٤ ـ أخطاء القراءة على القامة .

٥ ـ أخطاء التدوين فى جدول الميزانيه .

٦ ـ تأثير إنكسار الأشعة نتيجة لإختلاف درجات الحرارة وكثافة الهواء فى الطبقات الهوائية المختلفة القريبة من سطح الأرض .

٧ ـ إرتفاع درجة الحرارة للجهاز نتيجة سقوط أشعة الشمس على جهة واحدة من الجهاز.

مسائل على الميزانية

(١) أخذت القراءات الآتية للقامة بقصد تعين مناسيب النقط المختلفة على قطاع طولى فكانت :

١ر٦٠	(٢ر١٠)	٢ر٠٠	١ر٧٠	(١ر٥٠)	١ر٨٠ ٢ر٣٠
(٣ر٢٠)	٣ر٤٨	٢ر١٥	١ر٣٢	٢ر٤٧	٣ر٧٥

فإذا كانت القراءات بين الأقواس هى مقدمات وكان منسوب النقطة الرابعة هو (٨ر٦٥) مترا - عين مناسيب النقط على طول القطاع بطريقة الارتفاع والإنخفاض مع تحقيق العمل الحسابى .

(٢) أخذت قراءات القامة التالية فى ميزانية طولية :

المؤخرات هى	٦٤٦ر	٢ر١٩٩	٣ر١٦٤	٠ر٧٤٤
المتوسطات هى	٢ر٤٢٢	٣ر٤٨٤	١ر٨٦٤	
المقدمات	٢ر٥١١	٠ر١٧٤	٢ر٢٨٨	٢ر١٦٤

عين مناسيب النقط المختلفة فى جدول الميزانية بطريقة سطح الميزان إذا كان منسوب النقطة الأخيرة هو ٢ر٨٧٦ وأن القراءات على النقط الثانية والثالثة والخامسة متوسطات . حقق العمل الحسابى .

(٣) من ثلاثة أوضاع للميزان أخذت قراءات القامة على قطاع طولى لتعين مناسيب نقطه المختلفة فكانت :

الوضع الأول :	١ر٢٥	٢ر٧٥	٣ر٨٤	٢ر١١
الوضع الثانى :	٠ر٢٨	١ر٤٧	٢ر١٤	٣ر٦٢ ٢ر٨٢
الوضع الثالث :	١ر١٩	١ر١٢	١ر٧٣	صفر ٢ر١٦

فإذا كان منسوب النقطة الرابعة هو (٧ر٥٠) مترا فعين فى جدول الميزانية مناسيب نقط القطاع مستعملا طريقة فرق الإرتفاع . حقق العمل الحسابى .

٤ - عملت سلسلة ميزانية لتعين منسوب روبير ب إبتداء من روبير ا منسوبه (٢٨ر٤٠) وكانت القراءات هى :

٠ر٥٢	٠ر٩١	١ر٤١	١ر٥٩	٠ر٩٢	٠ر٤٨ ٠ر١٢
٠ر٤٤	٠ر٥٠	٠ر١٦	٠ر٨٢	٠ر٩١	٠ر٢٢ ١ر٣٠

٢ر٨٥ - وكانت النقط الثالثة والخامسة والسابعة والتاسعة نقط دوران فما هو منسوب الروبير ب .

الجواب (منسوب ب = ٢٤ر٨٦)

(٥) - دون نتائج الميزانية الآتيه فى جدول واستنتج مناسيب النقط مع العلم بأن منسوب أول نقطة ٢٢ر٧٥ مترا - وأن القراءات المدونة بين القوسين مؤخرات :

١ر١٢ ١ر٤٥ ١ر٦٧ ١ر٩٢ (٢ر١٥) ١ر٦٥ ١ر٤٧ ١ر٠٢
(١ر١٤) ١ر٢٧ ١ر٥٦ — إستعمل طريقة سطح الميزان وحقق العمل الحسابى .

الجواب (المناسيب هى ٢٢ر٧٥ ٢٢ر٤٢ ٢٢ر٢٠ ٢١ر٩٥ ٢٢ر٤٥
٢٢ر٦٣ ٢٢ر٠٨ ٢٢ر٩٥ ٢٢ر٦٦)

٦ — عند إجراء ميزانية طولية كانت قراءات القامة هى :

٢ر٠١ ١ر١٧ ١ر٤٨ ٠ر٨٧ ٢ر٨٠ ٢ر٨٥ ١ر٥٠

١ر١٢ ٢ر٩٥ ١ر٨٠ ٢ر٤٠ ٢ر٠٠ ٢ر٢٨ ١ر٩٨

٢ر٨٨ ١ر١٧ ٠ر٤٤ ٢ر٠٥

وكان الميزان قد نقل بعد القراءة الثانية والخامسة والتاسعة والحادية عشر والرابعة عشر والسادسة عشر وكان منسوب النقطة السادسة هو (١٦ر٠٩) . عين مناسيب النقط المختلفة وحقق العمل .

الجواب :

(المناسيب هى ١٤ر٩٥ ١٥ر٧٩ ١٧ر٤٠ ١٦ر١٩ ١٧ر٥٤ ١٧ر٩٢
١٦ر٠٩ ١٥ر٥٣ ١٥ر٢٥ ١٥ر٥٥ ١٧ر٢٦ ١٥ر٦٥)

٧ — أجريت ميزانية طولية على أرض تنحدر فى إتجاه واحد فكانت القراءات هى :

٠ر٩٥ ١ر٤٤ ٢ر١٢ ٣ر٧٨ ٠ر٨٨ ١ر٥٦ ١ر٢٤

٣ر٥٦ ٠ر٧٤ ١ر٤٨ ٢ر١٦ ٣ر٣٥ ٠ر٨٥ ١ر٦٥

٢ر٤٢ ٢ر٩٨ ٣ر٦٥ — أحسب مناسيب النقط المختلفة إذا كانت النقطة الرابعة ذات منسوب (— ٩ر٨٠) .

٨ — القراءات الآتية أخذت فى ميزانية طولية على محور طريق :

٢ر٠١ ١ر٢٧ ١ر٤٨ ٠ر٩٨ ١ر١٨ ٢ر٨٥ ١ر٥٠ ١ر١٢

١ر٨٤ ١ر٢٣ ٢ر٩٥ ٢ر٠٠ ٢ر٣٠ ٢ر٢٨ ٢ر٩٨ ٢ر٠٠

فإذا كان منسوب أول نقطة هو (٢٣ر١١) فاحسب مناسيب النقط المختلفة بطريقة يمكننا التحقق بها مناسيب النقط الثالثة والخامسة والسابعة والتاسعة على بأن النقطة الثانية والرابعة والسادسة والثامنة كانت نقط دوران .

٩ — وضع ميزان دمبى فى منتصف المسافة بين قامتين فكانت القراءتين على القامتين هما ٣ر٧٦٥ مترا ، ٢ر٨٣٣ مترا — ثم نقل الميزان ووضع بجوار القامة الأول وأخذت القراءتين للقامة فكانت ٣ر٣٧٥ مترا ، ١ر٩٤٥ — ماهى قراءة القامة الصحيحة عند النقطة الثانية — إرسم خط النظر للميزان فى الحالتين .

الجواب (القراءة هى ٢ر٣٠٧ مترا) .

١٠ — القراءات الآتية أخذت فى أرض تتوسطها بركة من المياة وكانت القراءات السابعة والثامنة والتاسعة عبارة عن جسات وكان الميزان قد نقل بعد القراءة الرابعة والسادسة والعاشرة المأخوذة من سطح الميزان وكان منسوب النقطة الخامسة (منسوب سطح ماء البركة) ثلاثة أمتار تحت سطح البحر .

عين مناسيب النقط المختلفة بما فى ذلك نقط الجهات .

٢ر٧٦	٣ر٦٤	٢ر٨٤	٠ر١٨	١ر٧٧	١ر٢٨	٢ر٤٤	٣ر١٨
٣ر٢٢	١ر٠١	١ر٢٣	٠ر٢٧	١ر٨٨	٠ر٩٦	٠ر٩٨	٣ر٠٤

٠ر٧٦

الجواب : المناسيب هى :

- ٦ر٠٧	- ٦ر٩٥	- ٦ر١٥
- ٣ر٤٩	- ٣ر٠٠	- ٣ر٢٢
- ٢ر٢٦	- ٣ر٨٧	- ٤ر١٩
- ٦ر٢٥	- ٣ر٩٧	والجسات هى
- ٥ر٤٤	- ٦ر١٨	- ٥ر٢٢

(١١) — أخذت القراءات الآتية للقامة — بقصد تعيين مناسيب النقط المختلفة للقطاع الطولى ا ب — فكانت :

١ر١٤	٢ر١٣	١ر٩٥	١ر٧٨	١ر٨٠	٢ر٢٤
٣ر٢٥	٣ر٤١	٢ر٠١	١ر٣٧	٢ر٤٣	٢ر٧٢

وكانت القراءات الثانية والخامسة والثامنة هى مقدمات ومنسوب النقطة السادسة هو (٨ر٦٠) .

عين مناسيب النقاط بطريقتى سطح الميزان وفرق الإرتفاع فى جدول واحد — وما حكمك على هذه الميزانية إذا كانت المسافة ا ب ٨٠٠ متر ونقطة ب روبير منسوبة ٩ر٢٩ مترا .

(١٢) — لعمل قطاع طولى أخذت القراءات التالية على نقط القطاع .

٢ر١٥	٠ر٧٥	٣ر١٤	١ر١٢	٠ر١٨	١ر٤٣	٢ر١٤
٣ر٢٢	١ر٨٢	٢ر٤٥	١ر١٣			

وكان الميزان قد نقل بعد النقط الثالثة والرابعة والسابعة من نقط المشروع التى تتباعد عن بعضها بمقدار ٣٠ مترا — أحسب مناسيب النقط لو كان منسوب أول نقطة هو ٢٦ر٣٨ — إرسم القطاع الطولى مبينا عليه الأرض الطبيعية وخط الإنشاء لطريق يميل $\frac{1}{2}$ ٪ إلى أعلى ومنسوب أوله ٢٥ر٥٠ — وعين إرتفاع الحفر والردم اللازمين لإتمام هذا الطريق .

(١٣) — عند إجراء ميزانية طولية على قطاع طولى كانت قراءات القامة :

٣ر١١	٢ر٥٨	١ر٩٧	٢ر٠٨	٢ر٨٥	١ر٥٩	١ر١٢
٢ر٩٥	٠ر٨٤	صفر	صفر	١ر١٨	١ر٢٤	٠ر٤٤
٠ر٣٣	١ر١٣	١ر٨٧	—	وكان الميزان قد نقل بعد القراءات		

الرابعة والسادسة والعاشرة والرابعة عشر — عين فى جدول للميزانية مناسيب نقط القطاع إذا كان منسوب النقطة الخامسة هو مترات تحت سطح البحر — وإذا أريد تسويه هذا القطاع بحيث يميل $\frac{1}{2}$ ٪ إلى أسفل مع ثبات منسوب النقطة الرابعة فى الميزانية — فعين فى نفس الجدول أرتفاع الحفر والردم إذا كانت نقط القطاع تتباعد ٤٠ مترا بعضها البعض .

الجواب : المناسيب هى

— ٤ر٢٩	— ٣ر٧٦	— ٣ر١٥	— ٣ر٣٦	— ٢ر٠٠	— ٣ر٨٣	— ٢ر٧٢
— ٠ر٨٨	— ٢ر٠٦	— ٢ر١٢	— ١ر٣٢	— ٢ر١٢	— ٢ر٨٦	

الباب السابع
الحجوم والكميات
وتسوية الأراضى

يعتبر إيجاد كميات الأتربة والمياه ومكعبات المبانى والأعمال الخرسانية والحجوم عموما من أهم أعمال المساحة ومن أهم ما يؤثر على إقتصاديات المشاريع الهندسية حيث يتوقف تقدير تكاليف المشروعات عليها .

وهناك عدة طرق لإيجاد الكميات والحجوم ويتوقف إختيارها على حسب طبيعة المشروع وعلى الخرائط المتوفرة ، وعموما يمكن تقسيم هذه الطرق إلى ما يأتى :

١ — مكعبات لأشكال منتظمة . (مكعبات المبانى والمنشآت)

٢ — المكعبات من القطاعات الطولية والعرضية . (مشاريع الطرق والرى) .

٣ — المكعبات من مناسيب النقط — (الميزانية الشبكية وتسوية الأراضى) .

٤ — المكعبات من خطوط الكونتور (تسوية الأراضى) .

أولا : مكعبات الأشكال المنتظمة

شكل (١١٦) يبين بعض أشكال المجسمات الهندسية وفيما يلى نورد القوانين والمعادلات الخاصة بإيجاد حجومها :

١ — المكعب = ل^{٣} ... (٥١)

حيث ل طول ضلع المكعب .

٢ — حجم متوازي المستطيلات = مساحة القاعدة × الإرتفاع

= م × ع

متوازي المستطيلات = س . ص . ع ... (٥٢)

٣ — حجم الهرم الكامل = $\frac{١}{٣}$ مساحة القاعدة × الإرتفاع

الهرم الكامل = $\frac{١}{٣}$ م × الإرتفاع ... (٥٣)

٤ — حجم الهرم الناقص (ينتج من قطع هرم كامل بمستوى وازى القاعدة)

الهرم الناقص = $\frac{ع}{٣}$ (م$_{١}$ + م$_{٢}$ + $\sqrt{م_{١} \times م_{٢}}$)

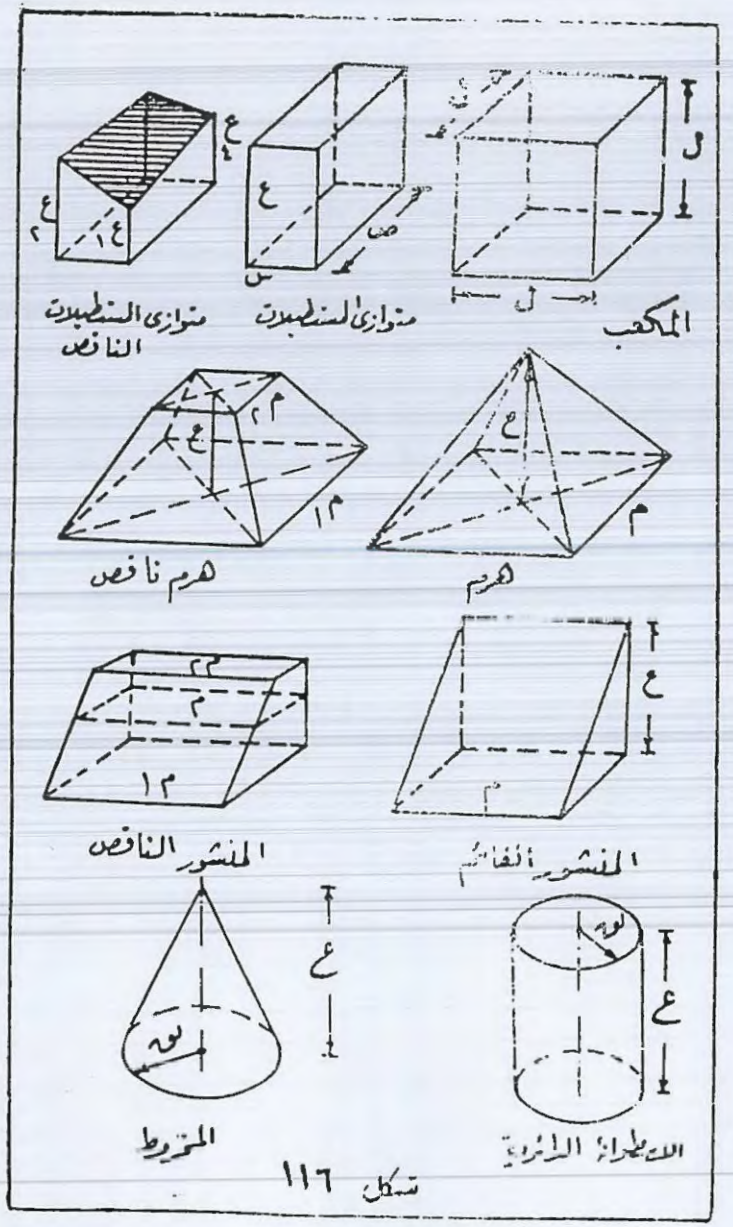
حيث م$_{١}$ ، م$_{٢}$ مساحة سطحية المتوازين ، ع لرتفاعه .

٥ — حجم الإسطوانه = مساحة القاعدة × الإرتفاع

الإسطوانه = ط نق^{٢} × ع ... (٥٥)

حيث نق = نصف قطر القاعدة

ع = لرتفاع الإسطوانه



شكل ١١٦

٦ — حجم المخروط = $\frac{1}{3}$ مساحة القاعدة × الإرتفاع .

$$\text{المخروط} = \frac{1}{3} \text{ ط نق}^2 \times \text{الإرتفاع} \quad \cdots (٥٦)$$

٧ — حجم المنشور الكامل = مساحة القاعدة × الإرتفاع .

$$\text{المنشور الكامل} = \frac{1}{2} \text{م} \times \text{ع} \quad \cdots (٥٧)$$

٨ — حجم المنشور الناقص = متوسط القاعدتين × الإرتفاع .

$$\text{المنشور الناقص} = \frac{\text{ع}}{2} (\text{م}_1 + \text{م}_2) \quad \cdots (٥٨)$$

حيث $م_1$ ، $م_2$ مساحتى الوجهين المتوازيين .

وتسمى هذه الطريقة بطريقة متوسط القاعدتين .

هذه الطريقة تصلح عندما تكون $م_1$ قريبة إلى $م_2$ ، وإذا لم تكن كذلك فهناك طريقة دقيقة وتلزمنا فيها معرفة أبعاد القطاع المتوسط فى المنشور .

$$\text{المنشور الناقص} = \frac{\text{ع}}{6} (\text{م}_1 + \text{م}_2 + 4\,\text{م}) \quad \cdots (٥٩)$$

حيث ع ارتفاع المنشور

$م_1$ مساحة المقطع الأول

$م_2$ مساحة المقطع الثانى

م مساحة المقطع المتوسط

وغالبا ما تكون مساحه القطاع المتوسط غير معروفة وتحسب على أساس أنها شكل طوله هو متوسط طول القاعدتين $م_1$ ، $م_2$ وعرضه هو متوسط عرضيهما وتسمى هذه الطريقة بطريقة المنشور المجسم أو الطريقة الدقيقية مع ملاحظة أن م لاتساوى إطلاقا متوسط المساحتين $م_1$ ، $م_2$.

٩ — حجم متوازى المستطيلات الناقص

وهو جسم مقطعه العمودى على أحرفه الموازية عباره عن مثلث أو مستطيل أو مربع وأرتفاعات أحرفه مختلفة .

الحجم = مساحة المقطع العمودى × متوسط أطوال الأحرف .

$$\text{المتوازى الناقص الرباعى} = \text{م} \left(\frac{\text{ع}_1 + \text{ع}_2 + \text{ع}_3 + \text{ع}_4}{4} \right) \quad (٦٠)$$

حيث $ع_1$ ، $ع_2$ ، ... هى إرتفاعات الأحرف

وفى حالة متوازى المستطيلات المثلث الناقص نجد أن الحجم

$$\text{المتوازى الناقص الثلاثى} = \frac{\text{م}}{3} (\text{ع}_1 + \text{ع}_2 + \text{ع}_3) \quad (٦١)$$

امثلة

مثال ١ :

ما هو حجم الخزان المحفور فى أرض مستوية منسوبها (١٩٫٠٠) حتى منسوب (٧٫٠٠) إذا كان السطح العلوى مستطيل الشكل أبعاده ٥٠ × ٢٠ مترا والقاع ٢٣ × ٣ مترا .

الحجم بطريقة المنشور المجسم :

$م_1 = ٥٠ \times ٢٠ = ١٠٠٠$ م^2

$م_2 = ٢ \times ٣٣ = ٩٩$ م^2

$$م = \left(\frac{٣٣ + ٥٠}{٢}\right) \cdot \left(\frac{٣ + ٢٠}{٢}\right)$$

$٤ م = ٤ \times ٤١٫٥ \times ١١٫٥ = ١٩٠٩$ م^2

$$\text{الحجم} = \frac{(١٤٫٠٠ - ٧٫٠٠)}{٦} (١٠٠٠ + ٩٩ + ١٩٠٩)$$

$= ٦٠١٦$ م^3

$$\text{الحجم بطريقة متوسط القاعدتين} = ١٢ \times \frac{٩٩ + ١٠٠}{٢}$$

$= ٦٥٩٤$ م^3

والفرق بين الحجمين قدره حوالى ٩٫٧ ٪ وهو يقل كثيرا لو تقاربت المساحتين أى يقل هذا الفرق عندما تضرب مساحة السطح العلوى من مساحة السطح السفلى .

مثال ٢ :

أحسب كمية الأتربة المكونة على هيئة كوم قاعدته شبه منحرف طول قاعدتيه ٣٠ ، ٢٠ مترا وإرتفاعه ١٠ متر ويكون وجه الكومة العلوى شبه منحرف أبعاده ١٠ ، ٥ ، ٦ مترا على التوالى علما بأن ارتفاع الكومة هو ١٢ م .

الحل

الطريقة الأولى : طريقة متوسط القاعدتين

$$م_1 = \frac{٣٠ + ٢٠}{٢} \times ١٠ = ٢٥٠ \text{ م}^2$$

$$م_2 = \left(\frac{١٠ + ٥}{٢}\right) \times ٦ = ٤٥ \text{ م}^2$$

$$\text{الحجم} = \frac{ع}{٢} (م_1 + م_2)$$

$$= \frac{١٢}{٢} (٢٥٠ + ٤٥)$$

$= ١٧٧٠$ م^3

الطريقة الثانية : طريقة المنشور المجسم

$$م = \left(\frac{(٣٠+١٠)}{٢} + \frac{(٢٠+٥)}{٢}\right) \left(\frac{(١٠+٦)}{٢}\right)$$

$\times \frac{١}{٢} = ١٣٠$ م^2

حيث م هو شكل شبه منحرف قاعدتاه $\frac{٣٠+١٠}{٢}$ ، $\frac{٢+٥}{٢}$

وإرتفاعه هو $\frac{١٠+٦}{٢}$

$$\text{الحجم} = \frac{ع}{٦} (م_1 + م_2 + ٤ م)$$

$= \frac{١٢}{٦} (٢٥٠ + ٤٥ + ٤ \times ١٣٠) = ١٦٣٠$ م^2

لاحظ الفرق بين الحجم بالطريقتين .

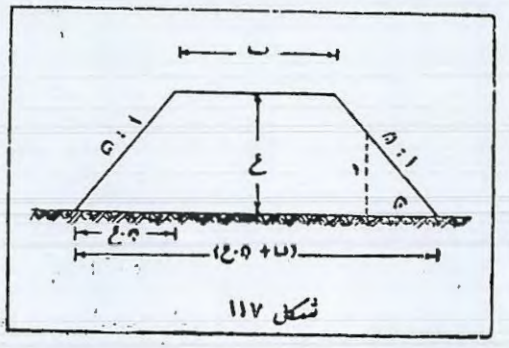
ثانيا : المكعبات من القطاعات الطولية والعرضية

تستعمل هذه الطريقة فى المشاريع الممتده على طول محور مثل أعمال الترع والطرق والمصارف ، وتعتمد على تشكيل قطاعات طوليه وعرضية بعد توقيع خط المشروع ، ومن هذه القطاعات يمكن تحديد مناطق الحفر والردم .

ولتعيين أية مكعبات فى أى منطقة تقسم على عدة أجزاء كل منها محصور بين قطاعين عرضيين مع أعتبار أن الأرض منتظمة الميل فى هذه المنطقة ، ويحسب كل جزء على حدة باعتباره منشور مجسم .

وفى حالة الجسور والطرق — تحسب القطاعات العرضية حسب ميول الجوانب ويكون إرتفاع المنشور هو المسافة بين كل قطاعين — والقطاعين هما القاعدتين م١ ، م٢ .

فإذا كان لدينا طريق بعرض ب متر مثلا وميول جوانبه ١ : ى (أى ١ رأسى ى أفقى) وأرتفاعه هو ع متر فمثلا فيمكن حساب أبعاد القطاع كما فى شكل (١٧٧) ، وبذلك تكون مساحة القطاع مساوية :



شكل ١١٧

$$م = (ب + ى ع) ع \qquad (٦٢)$$

فإذا فرض أن عرض الطريق ١٠ متر مثلا وأن الميول الجانبية لقطاعه ٢ : ٣ وأن أرتفاع الحفر فى القطاع هو ٦ متر فأن $ى = \frac{٣}{٢}$ وتكون مساحة القطاع هى :

مساحة القطاع $= (١٠ + \frac{٣}{٢} \times ٦) \times ٦ = ١١٤$ م^٢

ولحساب مكعبات الحفر والردم يتبع الآتى :

١ — نرسم القطاع الطولى وتحسب أرتفاعات الحفر والردم عند النقط

٢ — نرسم القطاعات العرضية فى النقط المختلفة .

٣ - نعين أماكن أنفصال الحفر عن الردم .

٤ — نعين حجم كل من الحفر والردم على حده .

ويلاحظ فى حساب مكعبات الأتربة أن حجم التراب يزيد عند الحفر نظرا لتفككه وأن كمية التراب المستعملة فى الردم تقل بعد عملية الردم .

ولذا يؤخذ فى الإعتبار أن :

كمية الأتربه المحفورة $= \frac{١}{١٫٢}$ من المحسوب للحفر .

كمية الأتربة اللازمة للردم $= ١٫١٠$ من الحجم المحسوب للردم .

والمثال الآتى يوضح هذه الخطوات كلها .

مثال :

أجريت ميزانية لعمل قطاع طولى على محور طريق على مسافات كل ١٠٠ متر وكانت مناسيب الأرض الطبيعية هى :

١٥٫٤٠ ١٧٫٥٠ ١٦٫٣ ١٧٫٢٠ ١٨٫٠٠ مترا .

ويراد إنشاء طريق بحيث يكون منسوب أوله هو (١٨٫٠٠) وينحدر من بدايته إلى أسفل بمقدار ½ ٪ ويكون عرض قطاعه ٨ متر والميول الجانبية للقطاع ٢ : ٣ سواء فى الحفر أو الردم ، والمطلوب :

١ — أرسم قطاعا طوليا على ورقة المربعات بمقياس رسم مناسب يبين سطح الأرض الطبيعية وسطح الإنشاء وحدد عليه مناطق الحفر والردم .

٢ — أحسب أرتفاع الحفر والردم عند نقطة المحور المختلفة .

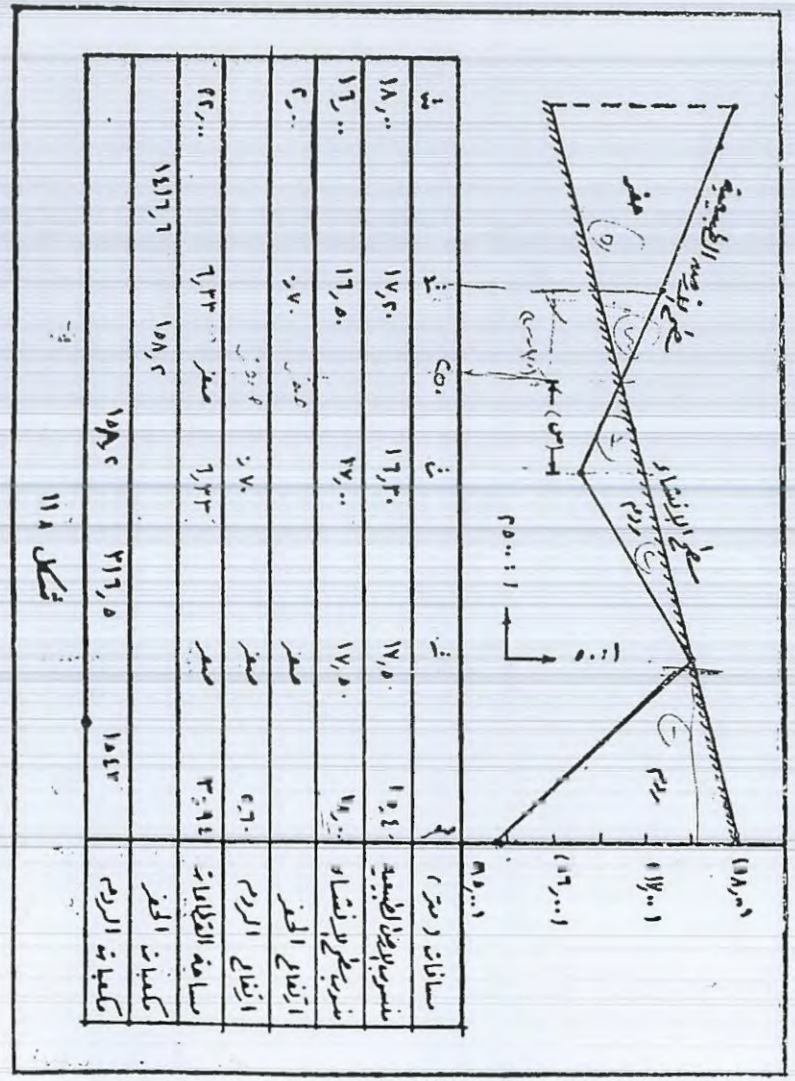
٣ — أوجد طول مسافة كل من الحفر والردم مع بيان القطاعات العرضية .

٤ — أحسب مكعبات الأتربة فى كل الحفر والردم .

٥ — كمية الأتربة اللازم نقلها من أو إلى الموقع لإتمام هذا الطريق .

الحل

شكل (١١٨) يوضح القطاع الطولى مبينا عليه سطح الأرض الطبيعية وسطح الأنشاء ، ومناطق الحفر والردم ، وأرتفاعات الحفر والردم عند القطاعات المختلفة ، وقد حسبت مساحات القطاعات المختلفة حسب المعادلة (٦٢) وبينت على القطاع ثم حسبت مكعبات الحفر ومكعبات الردم وبينت أيضا على القطاع .



شكل ١١٨

حساب مساحات القطاعات

القطاع صفر : أرتفاعه = ٢٫٦٠ مترا

المساحة = $\frac{٨٫٠٠ + ١٥٫٨٠}{٢} \times ٢٫٦٠ = ٣٠٫٩٤$ م^٢

القطاع ١٠٠ : أرتفاعه = صفر

المساحة = صفر

القطاع ٢٠٠ : أرتفاعة = ٠٫٧٠ مترا

المساحة = $\left(\frac{٨٫٠٠ + ١٠٫١٠}{٢} \right) \times ٠٫٧٠ = ٦٫٣٣$ م^٢

وهناك قطاع بين قطاع ٢٠٠ ، ٣٠٠ لايوجد به حفر أو ردم (ويسمى صفر حفر ردم) ويوجد بعده عن قطاع ٢٠٠ بالنسبة والتناسب وذلك بمعرفة أرتفاع الردم فى القطاع ٢٠٠ وأرتفاع الحفر فى القطاع ٣٠٠ ونلاحظ أنهما متساويان أى أن قطاع صفر حفر ردم يقع فى منتصف المسافة بين القطاعين .

القطاع ٣٠٠ : أرتفاعه = ٠٫٧٠ متر

المساحة = $\left(\frac{٨٫٠٠ + ١٠٫١}{٢} \right) \times ٠٫٧٠ = ٦٫٢٣$ م^٢

القطاع ٤٠٠ : أرتفاعه = (٢٫٠٠) مترا

المساحة = $\left(\frac{١٤٫٠٠ + ٨٫١٠٠}{٢} \right) \times ٢ = ٢٢$ م^٢

حساب كميات الحفر والردم

حجم الجزء الأول (ردم) = $\frac{ع}{٢}$ (م$_١$ + م$_٢$)

= $\frac{١٠٠}{٢}$ (٣٠٫٩٤ + صفر) = ١٥٤٧ م^٣

حجم الحفر الثانى (ردم) = $\frac{ع}{٢}$ (م$_١$ + م$_٢$)

= $\frac{١٠٠}{٢}$ (صفر + ٦٫٢٣) = ٣١٦٫٥ م^٣

حجم الجزء الثالث (ردم) = $\frac{ع}{٢}$ (م$_١$ + م$_٢$)

= $\frac{١٠٠}{٢}$ (٦٫٣٣ + صفر) = ١٥٨٫٢ م^٣

حجم الجزء الرابع (حفر) = $\frac{ع}{٢}$ (م$_١$ + م$_٢$)

$$= \frac{٥٠}{٢} (\text{صفر} + ٦٫٣٣) = ١٥٨٫٢ \text{ م}^٣$$

$$\text{حجم الجزء الخامس (حفر)} = \frac{ع}{٢} (م_١ + م_٢)$$

$$= \frac{١٠٠}{٢} (٦٫٣٣ + ٢٢) = ١٤١٦٫٦ \text{ م}^٣$$

$$\text{مجموع مكعبات الردم} = ١٥٤٧ + ٣١٦٫٥ + ١٥٨٫٢$$

$$= ٢٠٢١٫٧ \text{ م}^٣$$

$$\text{مجموع مكعبات الحفر} = ١٥٨٫٢ + ١٤١٦٫٦ = ١٥٧٤٫٨ \text{ م}^٣$$

$$\text{الكمية الناتجه من الحفر} = ١٥٧٤٫٨ \times ١٫٢ = ١٨٨٩٫٧٦ \text{ م}^٣$$

$$\text{الكمية المطلوبة للردم} = ٢٠٢١٫٧ \times ١٫١ = ٢٢٢٣٫٨٧ \text{ م}^٣$$

$$\text{الكمية اللازم نقلها إلى الموقع لإتمام الطريق} = ٢٢٢٣٫٨٧ - ١٨٨٩٫٧٦$$

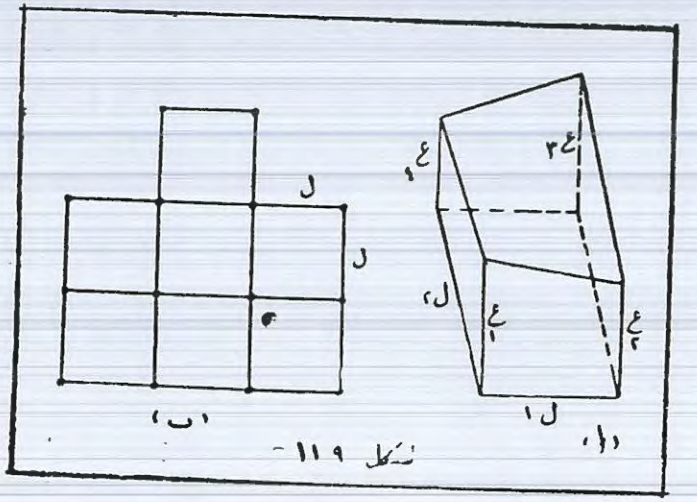
$$= ٣٣٤٫١١ \text{ م}^٣$$

ثالثا — حساب المكعبات من مناسيب النقط

إذا كان لدينا قطعة أرض على شكل مستطيل ويراد تسويتها على منسوب واحد ، فأن هناك أحتمال أن تجرى عمليات حفر أو عمليات ردم أو عمليات حفر وردم فى نفس الوقت لأجراء التسوية المطلوبة .

ولحساب حجم الحفر أو الردم بفرض أن فروق الإرتفاعات لهذه القطعة عند أركان المستطيل هى ع١ ، ع٢ ، ع٣ ، ع٤ ، فيكون لدينا متوازى المستطيلات الناقص (شكل ١١٩ — أ) مساحة قاعدته هى مساحة القطعة المستطيلة م وبذا يكون الحجم .

$$ح = م \left[\frac{ع_١ + ع_٢ + ع_٣ + ع_٤}{٤} \right] \quad \cdots \quad (٦٣)$$



شكل ١١٩ -

وإذا كانت مساحة الأرض كبيرة فأنها تقسم إلى مجموعة من المستطيلات أو المربعات على غرار الميزانية الشبكية وتوجد مناسيب أركان المستطيلات أو المربعات التى قسمت إليها القطعة ، ولو فرض فى هذه الحالة أن العملية كلها حفر أو كلها ردم فتعين أولا إرتفاع كل ركن من أركان المستطيلات عن منسوب المستوى المطلوب التسوية عليه ويكون الحجم الكلى للحفر أو الردم فى هذه الحالة على ضوء المعادلة (٦٣) مساوياً :

$$ح = \frac{م}{٤}(ع_١ + ٢ع_٢ + ٣ع_٣ + ٤ع_٤ + \cdots) \quad \cdots (٦٤)$$

حيث م مساحة المستطيل أو المربع الواحد

$ع_١$ = مجموع أرتفاعات الحفر أو الردم المشتركة فى جزء واحد

$ع_٢$ = مجموع أرتفاعات الحفر أو الردم المشتركة فى جزئين (أى التى تكرر فى الحساب مرتين) .

$ع_٣$ = مجموع أرتفاعات الحفر أو الردم المشتركة فى ثلاث أجزاء (أى تكرر فى الحساب ثلاث مرات) .

$ع_٤$ = مجموع أرتفاعات الحفر أو الردم المشتركة فى أربع أجزاء وهكذا

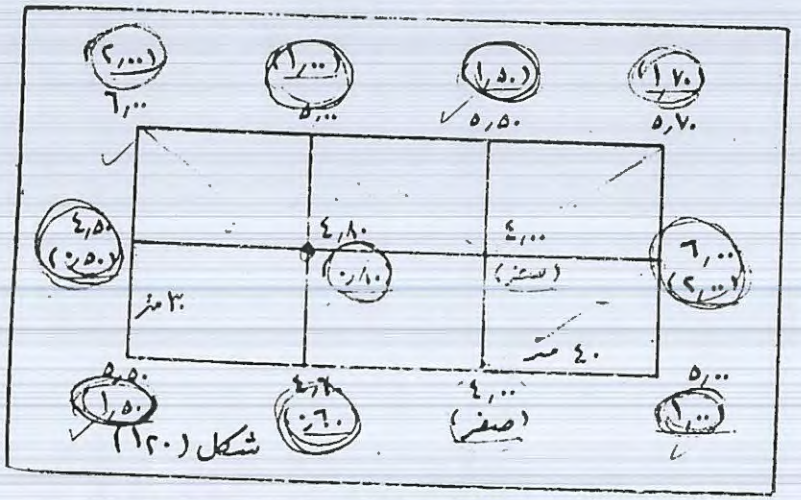
* أما إذا كانت المساحة مقسمة إلى مثلثات متساوية فى المساحة فيكون الحجم الناتج عند التسوية هو :

$$ح = \frac{م}{٣}(ع + ٢ع + ٣ع + \cdots) \quad \cdots (٦٥)$$

مثال :

قطعة أرض طولها ١٢٠ متر وعرضها ٦٠ مترا شكل (١٢٠) عملت لهـا ميزانية شبكية بتقسيمها الى مستطيلات متساوية وعينت مناسيب الأركان لكل من المستطيلات ، والمطلوب حساب مقدار الحفر اللازم لتسوية هذه المنطقة على منسوب (٤٫٠٠) .

فى شكل (١٢٠) بين مناسيب الأركان وبين أيضا أرتفاعات الحفر اللازم عندها (الأرقام بين الأقواس) . ولحساب الحجم لمكعبات الردم نلاحظ أن الأرتفاعات تتكرر إما مرة واحدة . أو مرتين أو أربعة مرات عند الحساب وبذا فأن :



شكل (١٢٠)

$ع_١$	$ع_٢$	$ع_٣$	$ع_٤$
١٫٧	١٫٥	—	صفر
٢٫٠٠	١٫٠٠	—	٠٫٨٠
١٫٠٠	٠٫٥	—	
١٫٥٠	٠٫٦٠		
	صفر		
	٢٫٠٠		
٦٫٢	٥٫٦	صفر	٠٫٨٠

$$\text{ويكون الحجم ح} = \frac{م}{٤}(ع_١ + ٢ع_٢ + ٣ع_٣ + ٤ع_٤)$$

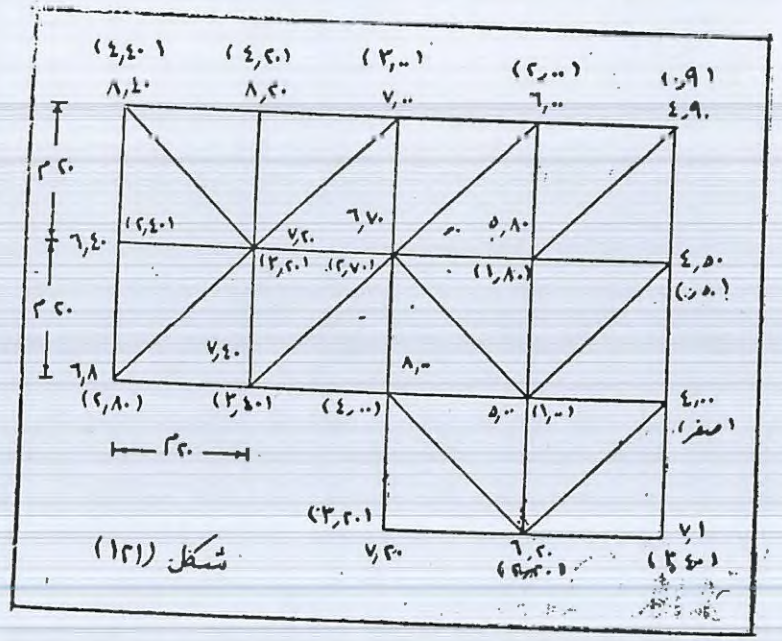
$$= \frac{١٢٠٠}{٤}(٢ر٦ + ٢ \times ٥ر٦ + ٣ \times \text{صفر} + ٤ \times ٨ر٠)$$

$$= ٦١٨٠ \text{ م}^٣$$

أحيانا تكون طبيعة سطح الأرض داخل المستطيل أو المربع الواحد متغيرة، بحيث لا يمكن أعتبار أن نقط الأركان تقع على سطح مستوى واحد ، لذلك وللحصول على نتائج أدق تقسم الأرض إلى مثلثات وذلك بتوصيل أقطار المربعات أو المستطيلات المقسمة إليها القطعة ، ويجب علينا أن نختار القطر المطابق لسطح الأرض أكثر من غيره — ويحسب كل قسم على حدة باعتبار أنه متوازى مستطيلات مثلثى ناقص .

مثال :

قطعة أرض مبينه فى شكل (١٢١) — عينت مناسيب أركانها ووصلت الأقطار المطابقة لسطح الأرض، والمطلوب حساب كمية أتربة الحفر اللازم لتسوية هذه المنطقة على منسوب (٢٠ر٤) .



شكل (١٢١)

الحل

ع١	ع٢	ع٣	ع٤	ع٥	ع٦	ع٧
٣ر٤٠	٠ر٩	٢ر٠٠	٤ر٠٠	١ر٨٠	١ر٠٠	٢ر٧٠
٣ر٢٠	٤ر٢	٣ر٠٠	٢ر٢٠			٣ر٢٠
	٤ر٤	٠ر٨٠				
	٢ر٤	صفر				
	٢ر٨	٣ر٤٠				
٦ر٦٠	١٤ر٧	٩ر٢٠	٦ر٢٠	١ر٨٠	١ر٠٠	٥ر٩٠

الحجم المطلوب $= \frac{م}{٣} (ع_١ + ٢ع_٢ + ٣ع_٣ + ٤ع_٤ + ٥ع_٥$

$+ ٦ع_٦ + ٧ع_٧)$

حيث م هى مساحة المثلث $= \frac{٢٠ \times ٢٠}{٢} = ٢٠٠$ متر مربع

الحجم المطلوب $= \frac{٢٠٠}{٣} (٦ر٦٠ + ٢ \times ١٤ر٧ + ٣ \times ٩ر٢٠ +$

$٤ \times ٦ر٢٠ + ٥ \times ١ر٨٠ + ٦ \times ١ر٠٠ + ٧ \times ٥ر٩٠)$

$= \frac{٢٠٠}{٣} (٦ر٦٠ + ٢٩ر٤٠ + ٢٧ر٦٠ + ٢٤ر٨٠ + ٩ر٠٠ + ٦ر٠٠ + ٤١ر٣٠)$

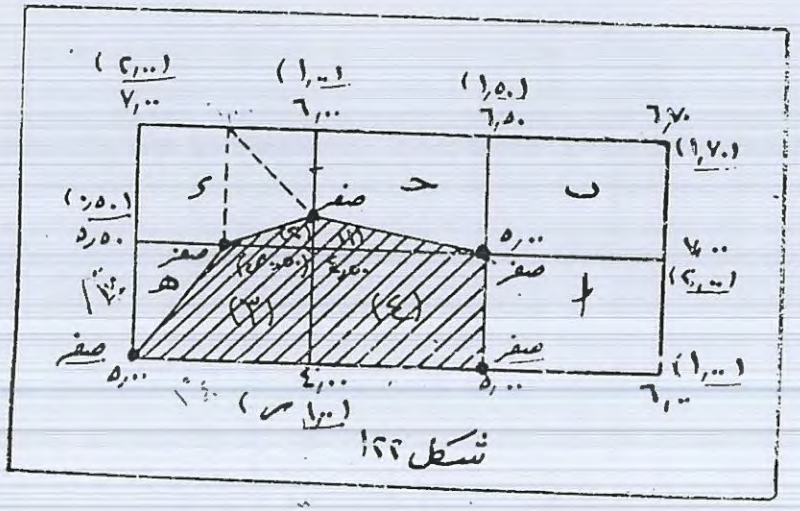
$= ١٤٤ر٧٠ \times \frac{٢٠٠}{٣} = ٩٦٤٦ر٦٦$ متر مكعب

وإذا كانت المنطقة المطلوبة تسويتها بها جزء حفر وآخر ردم فيجب أولا أن نعين الحد الفاصل بين الحفر والردم أى يجب أن نحسب خط الكونتور الذى منسوبه يساوى منسوب التسوية .

مثال ٢ ع ا ٥٠

قطعة أرض طولها ١٢٠ مترا وعرضها ٦٠ مترا عملت لها ميزانية شبكية بتقسيمها الى ستة مستطيلات ٣٠×٤٠ م وعينت مناسيب أركانها شكل (١٢١)

والمطلوب هو تسوية هذه النطقة على منسوب (٥٠ر٠٠) وإيجاد كميات الحفر والردم اللازمة .



شكل ١٢٢

قبل البدء فى حساب الحجم حددت نقط صفر حفر ردم بالنسبة والتناسب كما فى شكل (١٢٢) ، وعلى ذلك يكون حجم الردم هو

$ح = ح_١ + ح_٢ + ح_٣ + ح_٤$

$ح_١ = \frac{١}{٣} \times \frac{١}{٢} \times \frac{١٠ \times ٤٠}{٢} = \frac{١٠٠}{٣} = ٣٣ر٣٣$ م^٣

$ح_٣ = \frac{١}{٣} \times \frac{١}{٢} \times \frac{١٠ \times ٢٠}{٢} = \frac{٥٠}{٣} = ١٦ر٧$ م^٣

$$ح_{٣} = \left(\frac{٢٠+٤٠}{٢}\right) ٣٠ \left[\frac{٠ر٥ + ١ر٠٠}{٤}\right] = \frac{٦٠ \times ٣٠ \times ٣}{٨ \times ٢}$$

$$= ٣٣٧ر٥ م^{٣}$$

$$ح_{١} = \frac{٣٠ \times ٤٠ (٠ر٥ + ١ر٠٠)}{٤} = ٤٥٠ م^{٣}$$

حجم الردم = ٣٣ر٣ + ١٦ر٧ + ٣٣٧ر٥ + ٤٥٠ = ٨٣٧ر٥ م^{٣}

حجم الحفر ح = $ح_{أ} + ح_{ب} + ح_{جـ} + ح_{د} + ح_{هـ}$

$$ح_{أ} = \frac{٣٠ \times ٤٠ (١ + ٢ + صفر + صفر)}{٤}$$

$$= ٩٠٠ م^{٣}$$

$$ح_{ب} = ٣٠ \times ٤٠ \left[\frac{٢ + ١ر٧ + ١ر٥ + صفر}{٤}\right]$$

$$= ٣٠٠ \times ٤ر٢٠ = ١٥٦٠ م^{٣}$$

$$ح_{جـ} = \left[\frac{٣٠ + ٢٠}{٢}\right] ٤٠ (١ر٥ + ١ر٠٠ + صفر + صفر)$$

$$= ٩٢٥ م^{٣}$$

$$ح_{د} = \frac{٣٠ \times ٢٠}{٤} (صفر + ٠ر٥ + ٢ر٠٠ + ١ر٥)$$

$$+ \frac{٣٠ \times ٢٠}{٢ \times ٣} (صفر + صفر + ١ر٥)$$

$$+ \frac{٢٠ \times ٢٠}{٢ \times ٣} (صفر + ١ر٠٠ + ١ر٥٠) = ٩١٦ر٧ م^{٣}$$

$$ح_{هـ} = \frac{٢٠ \times ٣٠}{٢} \left[\frac{٠ر٥ + صفر + صفر}{٣}\right]$$

$$= ٥٠ م^{٣}$$

حجم الحفر = $ح_{أ} + ح_{ب} + ح_{جـ} + ح_{د} + ح_{هـ}$

$$= ٩٠٠ + ١٥٦٠ + ٦٢٥ + ٩١٦ر٧ + ٥٠$$

$$= ٤٠٥١ر٧ م^{٣}$$

(يلاحظ هنا أنه عند حساب الحجم عند (د) قسمت المساحة إلى مجموعة من المستطيلات والمثلثات وعينت إرتفاعات الأحـــرف العمودية عندها بالنسبة والتناسب وبمعلومية ارتفاعات الأحرف الأخرى على الخطوط الأصلية) .

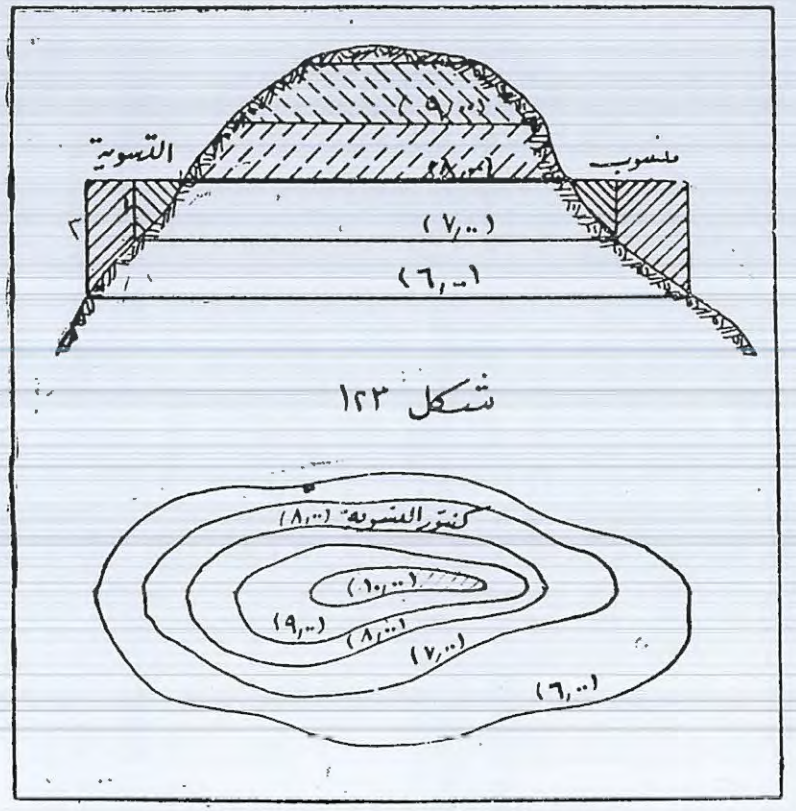
وغالبا ماتكون حدود الأرض غير منظمة وتكون الأجزاء المتطرفة فى هذه الأحوال مثلثات أو أشباه منحرفات ولذا تحسب حجوم هذه الأجزاء منفردة ونضيفها إلى الحجوم الناتجة من المستطيلات أو المربعات المتشابهة لنحصل على الحجم الكلى .

رابعا ـ حساب المكعبات من خطوط الكونتور

يمكن حساب الكميات اللازمة لتسوية قطعة من الأرض مباشرة من الخريطة الكونتورية للمنطقة التى تقع الأرض فى نطاقها وشكل (١٢٣) يبين قطعة أرض مرسوم خطوط كنتورها ويراد تسويتهـــا على منسوب (٨ر٠٠) فيكون فى هذه الحـــالة كونتور (٨ر٠٠) هو خط إنفصال الحفر عن الردم وتكون المساحة التى بمنسوب أعلى من (٨ر٠٠) حفر والمساحة ذات المنسوب أقل من (٨ر٠٠) عبارة من ردم .

ولايجاد مكعبات الحفر والردم فى هذا المثال يجرى الآتى :

١ - تحسب المساحة المحصورة داخل كونتور (١٠ر٠٠) وداخل كونتور (٩ر٠٠)وداخل كونتور (٨ر٠٠) بالبلانيمتر ويكون حجم الحفر مساويا :



شكل ١٢٣

$$ح_{١٠-٩} = \frac{\text{مساحة كونتور (١٠ر٠٠) + مساحة كونتور (٩ر٠٠)}}{٢} \times \text{الفترة الكونتورية}$$

وهذا المقدار الذى يجب حفرة حتى نصل إلى كونتور (٩ر٠٠)

$$ح_{٩-٨} = \frac{\text{مساحة كونتور (٩ر٠٠) + مساحة كونتور (٨ر٠٠)}}{٢} \times \text{الفترة الكونتورية}$$

ويكون مجموع الحفر $= ح_{١٠-٩} + ح_{٩-٨}$

٣ — لحساب الردم تحسب المساحة داخل الكنتور (٧ر٠٠) وتطرح منها مساحة (٨ر٠٠) ينتج مساحة الردم وتضرب هذه المساحة فى متوسط الإرتفاع حتى منسوب التسوية (٨ر٠٠) أى فى ($\frac{\text{صفر} + ١}{٢}$) ينتج الردم اللازم ما بين كونتورى (٧ر٠٠) ، (٨ر٠٠) ثم تحسب المساحة داخل الكونتور (٦ر٠٠) وتطرح منها مساحة (٧ر٠٠) وينتج مساحة الردم وتضربها فى متوسط الإرتفاع ع . منسوب التسوية ($\frac{١ + ٢}{٢}$) ينتج مقدار الردم اللازم حتى نصل من منسوب ٧ إلى منسوب ٦ ويكون مجموع الردم $= ح_{٨-٧} + ح_{٧-٦}$

٤ — فى هذه الحالة نحصل على أرض مستوية منسوبها ٨ر٠٠ وبسعة خط كونتور (٦ر٠٠) وجوانبها رأسية .

٥ — إذا أريد الحصول على أرض مستويه منسوب (٨ر٠٠) وبميلها الطبيعى فلا داعى للردم وإنما نحصل على أرض مستوية وبسعة خط كونتور (٨ر٠٠) بعد إتمام الحفر فقط .

مثال ١ :

قدرت المساحة داخل كل خط كونتور بالبلانيمتر فى هضبة فكانت كما يلى :

كونتور ١٠ = ١٠٠ م٢ ، كونتور ٩ = ٢٠٠ م٢ ، كونتور ٨ = ٤٠٠ م٢

كونتور ٧ = ٤٨٠ م٢ ، كونتور ٦ = ٦٢٠ م٢ ، كونتور ٥ = ٧٠٠ م٢

والمطلوب هو تسوية هذه الأرض حتى منسوب (٧٫٠٠) ، أوجد كمية الردم والحفر اللازم لإتمام التسوية .

الحل

كمية الحفر = ح ١٠ − ٩ + ح ٩ − ٨ + ح ٨ − ٧

$$= 1 \times \left(\frac{100+200}{2}\right) + 1 \times \left(\frac{200+400}{2}\right) +$$

$$+ 1 \times \left(\frac{400+480}{2}\right)$$

= ١٥٠ + ٣٠٠ + ٤٤٠ = ٨٩٠ م٢

كمية الردم = ح من ٧ إلى ٦ + ح من ٦ إلى ٥

$$= \frac{620-480}{2}\,(\text{صفر} + 1{,}200) + \frac{700-620}{2}\,(1+2)$$

= ٧٠ + ١٢٠ = ١٩٠ م٢

مثال ٢ :

قدرت المساحة داخل كل كونتور فى هضبة بجهاز البلانيمتر فكانت :

كونتور ٢٦ = ٨٠ م٢ ، كونتور ٢٤ = ١٣٠ م٢ ، كونتور ٢٢ = ١٦٠ م٢

كونتور ٢٠ = ٢١٠ م٢ ، كونتور ١٨ = ٢٥٠ م٢ ، كونتور ١٦ = ٣٠٠ م٢

كونتور ١٤ = ٣٢٠ م٢ ، كونتور ١٢ = ٤٠٠ م٢

فإذا كان المطلوب هو تسوية هذه الأرض حتى منسوب (١٩٫٠٠) فأوجد مقدار كلا من الحفر والردم اللازمين لهذه التسوية .

الحل

المساحة داخل كونتور ١٩ = متوسط المساحتين داخل كونتور ٢٠ ، ١٨

$$= \frac{250+210}{2} = 230 \text{ م}^2$$

كمية الحفر = ح ٢٦ − ٢٤ + ح ٢٤ − ٢٢ + ح ٢٢ − ٢٠ + ح ٢٠ − ١٩

$$= 2 \times \left(\frac{80+130}{2}\right) + 2 \times \left(\frac{130+160}{2}\right) + 2 \times \left(\frac{160+210}{2}\right)$$

= ٢١٠ + ٢٩٠ + ٢٧٠ + ٢٢٠

= ١٠٩٠ متر مكعب

كمية الردم = ح ١٩ − ١٨ + ح ١٨ − ١٦ + ح ١٦ − ١٤ + ح ١٤ − ١٢

تسوية الاراضى للرى

من الموضوعات الهامة والتطبيقية للمساحة هـو حساب المناسيب الواجب تسوية الأرض عليها لإعدادها للزراعة ، ومن ثم حساب كميات الحفر أو الردم اللازمة لعمل التسوية بأقل تكاليف ممكنة.

وهناك عدة طرق مستخدمة لحساب تسوية الأراضى تتوقف على نوع التسوية المطلوبة على شكل الأرض بعد التسوية هل سيكون أفقيا أو تنحدر فى إتجاه واحد أو إتجاهين متعامدين .

ومن هذه الطرق طريقة استصلاح الاراضى والتى تتلخص فى النقط التالية :

١ ـ تعمل للمنطقة المراد تسويتها ميزانية شبكية بتقسيمها إلى مجموعة من المربعات أو المستطيلات وإيجاد مناسيب أركان هذه المربعات أو المستطيلات .

٢ ـ يحسب المنسوب المتوسط للتسوية على أساس أنه المنسوب المتوسط من جميع مناسيب أركان الشبكة ، أى أن :

$$\text{منسوب التسوية المتوسط} = \frac{\text{جميع مناسيب نقط الشبكة}}{\text{عدد النقط}} \qquad (١٦)$$

٣ ـ يحسب عمق الحفر أو إرتفاع الردم عند كل نقطة من نقط الشبكة وذلك بمقارنة منسوب أى نقطة بمنسوب التسوية ، فاذا كان منسوب النقطة أعلى من منسوب التسوية كان المطلوب حفر بمقدار الفرق بين المنسوبين ، أما إذا كان منسوب التسوية أعلى من منسوب النقطة كان المطلوب إجراء ردم بمقدار فرق المنسوبين .

$$= (٢٥٠ - ٢٣٠)\left(\frac{\text{صفر} + ١}{٢}\right) + (٣٠٠ - ٢٥٠)\left(\frac{١ + ٣}{٢}\right)$$

$$+ (٢٢٠ - ٢٣٠)\left(\frac{٥ + ٣}{٢}\right) + (٤٠٠ - ٣٢٠)\frac{٧ + ٥}{٢}$$

$$= ٢٠ \times \tfrac{١}{٢} + ٥٠ \times ٢ + ٢٠ \times ٤ + ٨٠ \times ٦$$

$$= ١٠ + ١٠٠ + ٨٠ + ٤٨٠ = ٦٧٠ \text{ متر مكعب}$$

٤ - يحسب عدد النقط التى سيتم فيها حفر لإجراء التسوية وكذلك عدد النقط التى سيتم فيها ردم .

٥ - تحسب مساحة المنطقة كلها وكذلك مساحة الجزء الذى سيتم فيه الحفر فى الأرض والجزء الذى سيتم فيه الردم . ويمكن الحصول على قيم تقريبية لمساحات الحفر أو الردم من المعادلات الآتية :

$$\text{مساحة الجزء المحفور} = \frac{\text{عدد نقط الحفر}}{\text{عدد النقط الكلية}} \times \text{المساحة الكلية للأرض} \quad \cdots (٦٧)$$

$$\text{مساحة الجزء المردوم} = \frac{\text{عدد نقط الردم}}{\text{عدد النقط الكلية}} \times \text{المساحة الكلية الأرض} \quad \cdots (٦٨)$$

٦ - يحسب متوسط عمق الحفر فى المنطقة ومتوسط عمق الردم .

$$\text{متوسط عمق الحفر} = \frac{\Sigma \text{ أعماق الحفر}}{\text{عدد نقط الحفر}} \quad (٦٩)$$

$$\text{متوسط إرتفاع الردم} = \frac{\Sigma \text{ إرتفاعات الردم}}{\text{عدد نقط الردم}} \quad \cdots (٧٠)$$

٧ - وبذا يكون :

حجم كميات الردم = مساحة الردم × متوسط إرتفاع الردم

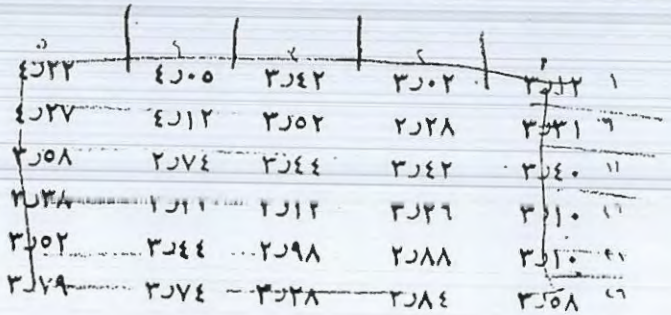
حجم كميات الحفر = مساحة الحفر × متوسط عمق الحفر

٨ - يحسب متوسط مكعبات التسوية (متوسط كميات الحفر والردم) .

ومن ثم يمكن حساب متوسط مايخص كل فدان من مكعبات التسوية .

مثـــال :

قطعة أرض أبعادها ٢٥٠ × ٢٠٠ م أجريت لهـــا ميزانية شبكية بغرض تسويتها وكانت أضلاع مربعات الشبكة بطول ٥٠ متر . إحسب منسوب التسوية المتوسط ومقدار إرتفاعات الحفر أو الردم عند كل نقطة ومقدار مايخص كل فدان من مكعبات التسوية ، وذلك إذا كانت مناسيب نقط الشبكة كالآتى :



الحـــل

الجدول التالى بين مناسيب الأرض عند النقط المختلفة ومنه عين المنسوب المتوسط للتسوية ، وفى الجدول عينت إرتفاعات الحفر أو الردم .

رقم النقطة	منسوب الأرض	عمق الحفر	إرتفاع الردم	رقم النقطة	منسوب الأرض	عمق الحفر	إرتفاع الردم
١	٣ر١٢		ر٢٩	١٦	٣ر١٠		٠ر٣١
٢	٣ر٠٢		ر٣٩	١٧	٣ر٢٦		٠ر١٥
٣	٣ر٤٢	ر٠١		١٨	٢ر١٢		٠ر٢٩
٤	٤ر٠٥	ر٦٤		١٩	٣ر٣٢		٠ر٠٩
٥	٤ر٢٢	٠ر٨١		٢٠	٣ر٣٨		٠ر٠٣
٦	٣ر٣١		٠ر١٠	٢١	٣ر١٠		٠ر٣١
٧	٣ر٢٨		٠ر١٣	٢٢	٢ر٨٨		٠ر٥٣
٨	٣ر٥٢	٠ر١١		٢٣	٢ر٩٨		٠ر٤٣
٩	٤ر١٢	٠ر٧١		٢٤	٣ر٤٤	٠ر٠٣	
١٠	٤ر٢٧	٠ر٨٦		٢٥	٣ر٥٢	٠ر١١	
١١	٣ر٤٠		ر٠١	٢٦	٢ر٥٨		٠ر٨٣
١٢	٣ر٤٢	ر٠١		٢٧	٢ر٨٤		٠ر٥٧
١٣	٣ر٤٤	ر٠٣		٢٨	٣ر٢٨		٠ر١٣
١٤	٣ر٧٤	٠ر٣٣		٢٩	٢ر٧٤	٠ر٣٣	
١٥	٣ر٥٨	٠ر١٧		٣٠	٣ر٧٩	٠ر٣٨	
				Σ	١٠٢ر٢٤	٤ر٥٣	٤ر٥٩

متوسط المنسوب بعد التسوية = $\frac{١٠٢ر٢٤}{٣٠}$ = ٣ر٤١

من الجدول : عدد نقط الحفر = ١٤

عدد نقط الردم = ١٦

مساحة الجزء المحفور = $\frac{١٤}{٣٠}$ × ٢٥٠ × ٢٠٠ = ٢٣٣٣٣ متر٢

مساحة الجزء المردوم = $\frac{١٦}{٣٠}$ × ٢٥٠ × ٢٠٠ = ٢٦٦٦٧ متر٢

متوسط عمق الحفر = $\frac{٤ر٥٣}{١٤}$ = ٠ر٣٢٣٦ متر

متوسط أرتفاع الردم = $\frac{٤ر٥٩}{١٦}$ = ٠ر٢٨٦٩ متر

مكعبات الحفر = ٢٣٣٣٣ × ٠ر٣٢٣٦ = ٧٥٥٠ م٣

مكعبات الردم = ٢٦٦٦٧ × ٠ر٢٨٦٩ = ٧٦٥١ م٣

متوسط مكعبات التسوية = $\frac{٧٥٥٠ + ٧٦٥١}{٢}$ = ٧٦٠٠ م٣

متوسط ما يخص كل فدان = $\frac{٧٦٠٠ \times ٤٢٠٠ر٨٣}{٥٠٠٠٠}$ = ٦٤٠ م٣

تسوية الأرض على ميول محددة

فى بعض الأحيان تسوى الأرض بحيث يكون سطحها بعد التسوية مائلا فى إتجاه معين وأفقى فى الاتجاه العمودى وأحيانا مائلا فى الاتجاهين المتعامدين وذلك لتحسين صرف المياه بعد الرى وبمثل ما أتبع فى الطريقة السابقة تعمل المنطقة ميزانية شبكية بغرض تعيين مناسيب الأرض الطبيعية عند نقط الشبكه المختلفة .

وخطوات حساب التسوية فى هذه الحالة تتلخص فيما يلى :

١ — توجد مركز ثقل المنطقة (المركز الهندسى لشكل قطعة الأرض المطلوب تسويتها) .

٢ — نحسب منسوب التسوية لمركز ثقل المنطقة وليكن ع م حيث

$$\text{ع م} = \frac{\text{مجموع مناسيب سطح الأرض عند الأركان}}{\text{عدد الأركان}} \quad \cdots (٧١)$$

٣ — نمر بمركز الثقل محورين متعامدين يعينان إتجاه ميل الأرض . وبمعلومية إنحدار الأرض فى كل إتجاه منها تحسب مناسيب التسوية لنقط الشبكه المختلفه إبتداء من نقطة مركز الثقل : ثم نعين إرتفاعات الردم وأعماق الحفر بمقارنة منسوب سطح الأرض الطبيعية عند كل نقطة بمنسوب التسوية . والمثال التالى يوضح الخطوات الحسابية للتسوية .

مثال :

قطعة أرض مستطيلة الشكل أبعادها ٣٥٠ × ١٨٠ متراً قسمت إلى مستطيلات بأبعاد ٧٠ × ٦٠ متر ، عملت لها ميزانية شبكية ويراد تسويتها بميل إلى أسفل من الشمال إلى الجنوب مقداره ١ : ٢٥٠ ومن الغرب إلى الشرق بميل ١ : ٥٠ إلى أعلى . أوجد مقدار الحفر والردم عند كل نقطة من النقط إذا كانت مناسيب الأركان هى :

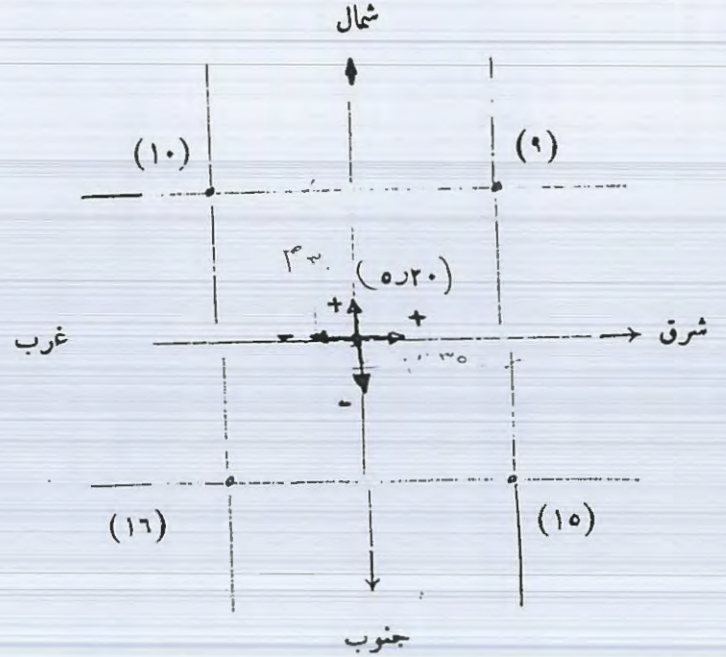
٦ر٢	٤ر٢	٨ر٧	٤ر١	٧ر٦	٣و٦
٤ر٤	٧ر٧	٢ر٤	٣ر١	٢ر٢	٤ر٥
٦ر٤	٦ر٠	٦ر٢	٧ر٠	٨ر٠	٣ر٢
١ر١	٨ر١	٤ر٦	٨ر٦	١ر٦	٥ر١

الحل

مركز ثقل القطعة هو مركز المستطيل أى يبعد على الحافة السفلى ٩٠ متر وعن الحافة اليسرى ١٧٥ متر ومنسوبه هو متوسط جميع مناسيب الأركان ، أى أن

$$\text{منسوب المركز} = \frac{١٢٤ر٨}{٢٤} = ٥ر٢٠$$

ولحساب منسوب التسوية النقطة مثل نقطة (٥) شكل (١٢٤) نجد أن هذه النقطة تبعد بمقدار ٣٠ متر شمالى مركز الثقل وبمقدار ٣٥ متر شرق مركز الثقل



شكل (١٢٤)

وبذا يكون منسوب التسويه لهذه النقطة = ٢٠ر٥ + ٣٥ × $\frac{١}{٥٠}$ + ٣٠

$$= \frac{١}{٢٥٠} \times$$ ٦ر٠٢ متراً

ولنقطة مثل (١٠) منسوب التسوية = ٢٠ر٥ − ٣٥ × $\frac{١}{٥٠}$ + ٣٠

$$= \frac{١}{٢٥٠} \times$$ ٤ر٦٢ متر

ولنقطة (١٥) منسوب التسوية = ٢٠ر٥ + ٣٥ × $\frac{١}{٥٠}$ − ٣٠

$$= \frac{١}{٢٥٠} \times$$ ٧٨ر٥ متر

ولنقطة (١٦) منسوب التسوية = ٢٠ر٥ − ٣٥ × $\frac{١}{٥٠}$ − ٣٠

$$= \frac{١}{٢٥٠} \times$$ ٤ر٣٨ متر

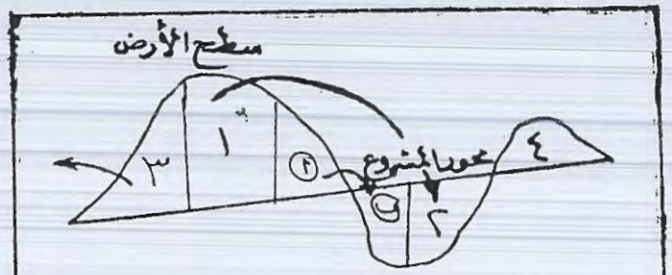
وبالمثل لباقى النقط . والجدول التالى يبين مناسيب الأرض الطبيعية ،

ومناسيب التسوية للنقط المختلفة وكذلك إرتفاعات الحفر والردم عند كل نقطة .

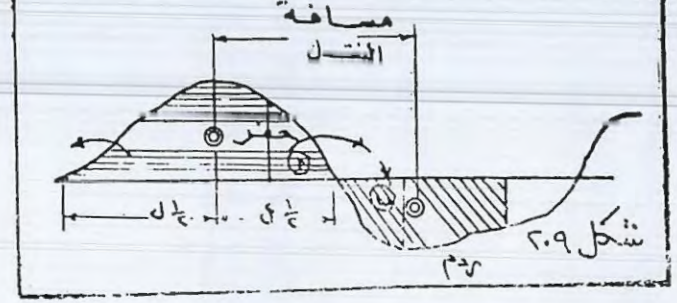
رقم النقطة	منسوب الأرض	منسوب التسوية	عمق الحفر	إرتفاع الردم	رقم النقطة	منسوب الأرض	منسوب التسوية	عمق الحفر	إرتفاع الردم
١	٦ر٢٠	٩ر٠٦		٢ر٨٦	١٣	٦ر٤	٨ر٥٨		٣ر١٨
٢	٤ر٤	٧ر٦٦		٣ر٢٦	١٤	٦ر٠	٧ر١٨		١ر٨٨
٣	٨ر٧	٦ر٢٦	٢ر٤٤		١٥	٦ر٢	٥ر٧٨	٠ر٤٢	
٤	٤ر١	٤ر٨٠		٠ر٧٩	١٦	٧ر٠	٤ر٣٨	٢ر٦٢	
٥	٧ر٦	٣ر٤٦	٤ر١٤		١٧	٨ر٠	٢ر٩٨	٥ر٠٢	
٦	٣ر٦	٢ر٠٦	١ر٥٤		١٨	٣ر٢	١ر٥٨	١ر٦٢	
٧	٤ر٤	٨ر٨٢		٤ر٤٢	١٩	١ر١	٨ر٣٤		٧ر٢٤
٨	٧ر٧	٧ر٤٢	٠ر٣٢		٢٠	٨ر١	٦ر٩٤	١ر١٦	
٩	٢ر٤	٦ر٠٢		٣ر٦٢	٢١	٤ر٦	٥ر٥٤		٠ر٩٤
١٠	٣ر١	٤ر٦٢		١ر٥٢	٢٢	٨ر٦	٤ر١٤	٤ر٤٦	
١١	٢ر٢	٣ر٢٢		١ر٠٢	٢٣	١ر٦	٢ر٧٤		١ر١٤
١٢	٤ر٥	١ر٨٢	٢ر٦٨		٢٤	٥ر١	١ر٣٤	٣ر٧٦	

مسافات وكميات النقل

عند إنشاء خطوط السكك الحديدية وشبكات الطرق الجديدة يجب مراعاة أن تكون محاور هذه المشروعات ذات ميول محددة ويجب عدم تجاوزها حتى يمكن للقطارات والسيارات أن تجرى عليها بسرعتها التصميمية . وعند تنفيذ ذلك ستواجهنا مشكلة إجراء عمليات حفر أو ردم على طول هذه المحاور وفى المساحات التمهيدية لمشروعات الطرق والسكك الحديدية تعمل قطاعات طولية تبين سطح الأرض الطبيعية وسطح الإنشاء — (شكل ٢٠٨) وقطاعات



شكل ٢٠٨



شكل ٢٠٩

عرضيه تبين مقطع الطريق المقترح ، ومن هذه القطاعات الطولية والعرضية تحسب كميات الحفر والردم اللازمة لتنفيذ المشروع . كما تساعد هذه القطاعات

على كيفية توزيع هذه الكميات من الأتربة بحيث تنقل الأتربة ناتج الحفر فى القطوع إلى مناطق الردم لتنفيذ الجسور ، ومنها نستطيع أن نبين الكميات التى نستطيع نقلها إما بالعمال أو البلدوزورات وهى ما نطلق عليه **كميات النقل المسموح** ، مثل نقل الكمية (ا) إلى (ب) فى شكل (٢٠٨) . كذلك من هذه القطاعات يمكن تحديد الكميات التى ستنقل بواسطه وسائل النقل وهى مانطلق عليها **النقل الزائد** مثل نقل الكميه (١) إلى (٢) فى شكل (٢٠٨) . كما أنه من هذه القطاعات يمكننا تحديد ما إذا كنا فى حاجة إلى نقل كميات من الأتربة خارج منطقة العمل مثل الكميه (٣) فى شكل (٢٠٨) لعدم الحاجة إليها فى عمليات الردم (استهلاك) . أو كنا فى حاجه لأتربة من خارج الموقع لتكملة تنفيذ ردم الجسور (قرض) .

مسافة النقل

(Haul Distance)

مسافة النقل تساوى البعد بين مركز ثقل الحفر ومركز ثقل الجزء من الجسر الذى يملأه هذا الحفر ، وشكل (٢٠٩) يبين قطاعا طوليا لمشروع حيث نجد أن كميات الحفر اللازمة للحصول على سطح الانشاء يمكن استغلالها لتغطية جزء من كميات الردم المطلوبه ، فتكون مسافة النقل هى المسافة بين مركز ثقل الحفر ومركز ثقل الجزء من الردم الذى يساوى الحفر فى الكمية ويطلق عليها مسافة النقل الكلية ويمكن إعتبار أن مركز ثقل الكمية يقع عند منتصفها أى عند القطاع الذى يحدد نصف الكميه . ففى شكل (٢٠٩) مركز ثقل الحفر يقع عند النقطة التى تحدد نصف كمية الحفر ($\frac{1}{2}$ ل) وليس عند منتصف المسافة .

ويمكن تعيين مسافة النقل وكذلك الكميات المنقـــولة باستخدام منحنى التوزيع الـكمى الذى يرسم من واقع بيانات القطاعات الطولية المأخودة المشروع

منحنى التوزيع الكمى

(Mass Curve)

منحنى التوزيع الـكمى هو منحنى محوره الأفقى يمثـل المسافات على محور خط الانشاء (محور الطريق أو الخط الحديـدى) وإحداثياته عند أية نقطـة عبارة عن كمية الأتربه حتى تلك النقطة . ولايضاح ذلك نأخذ المثـــال التالى فى الإعتبار .

مثـال

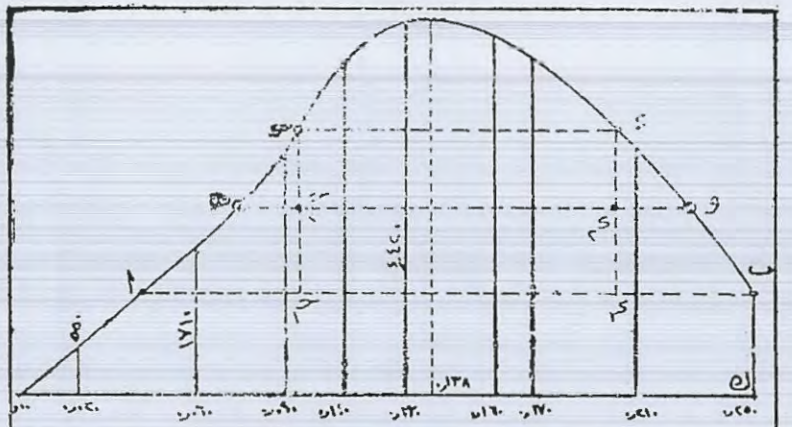
من واقع بيانات قطاع طولى لمشروع مقـــترح لإنشاء طريق ومن واقع القطاعات العرضية المأخوذة عليه حسبت كميات الأتربة اللازمة لتنفيذ المشروع فكانت كما هو مبين فى الجدول الآتى :

القطاع عند الـكيلومتر	ردم (م٣)	حفر (م٣)
٠ر٠٠٠		
		٥٥٠
٠ر٠٢٠		
		١١٦٠
٠ر٠٦٠		
		١١٤٠
٠ر٠٩٠		
		١٠٥٠
٠ر١١٠		
		٦٠٠
٠ر١٣٠	٨٠	
		١٩٠
٠ر١٦٠	٥٢٥	
٠ر١٧٠	٢١٥	
٠ر٢١٠	١٠٤٠	
٠ر٢٥٠	١٦٢٠	

والمطلوب رسم منحنى التوزيع الكمى لهذه الـكميات .

الحل

شكل (٢١١) يبين منحنى التوزيع الـكمى المطلوب وفيه المحور الأفقى يمثل المسافات ، والأحداثيات الرأسية تمثـل كمية الأتربة الكليـة المحسوبة حتى أى قطاع فـكمية الحفر عند البداية = صفر وعند الـكيلو ٠ر٠٢٠ يصبح ما لدينا من أتربة ٥٥٠م٣ وعنـد الـكيلو ٠ر٠٦٠ تزداد الـكمية إلى ١٧١٠م٣ وعند الـكيلو ١ر٣٠٠ يـكون ما لدينا من مادة قد بلغ ٤٤٢٠م٣ وهو نهاية الحفر تقريبا .

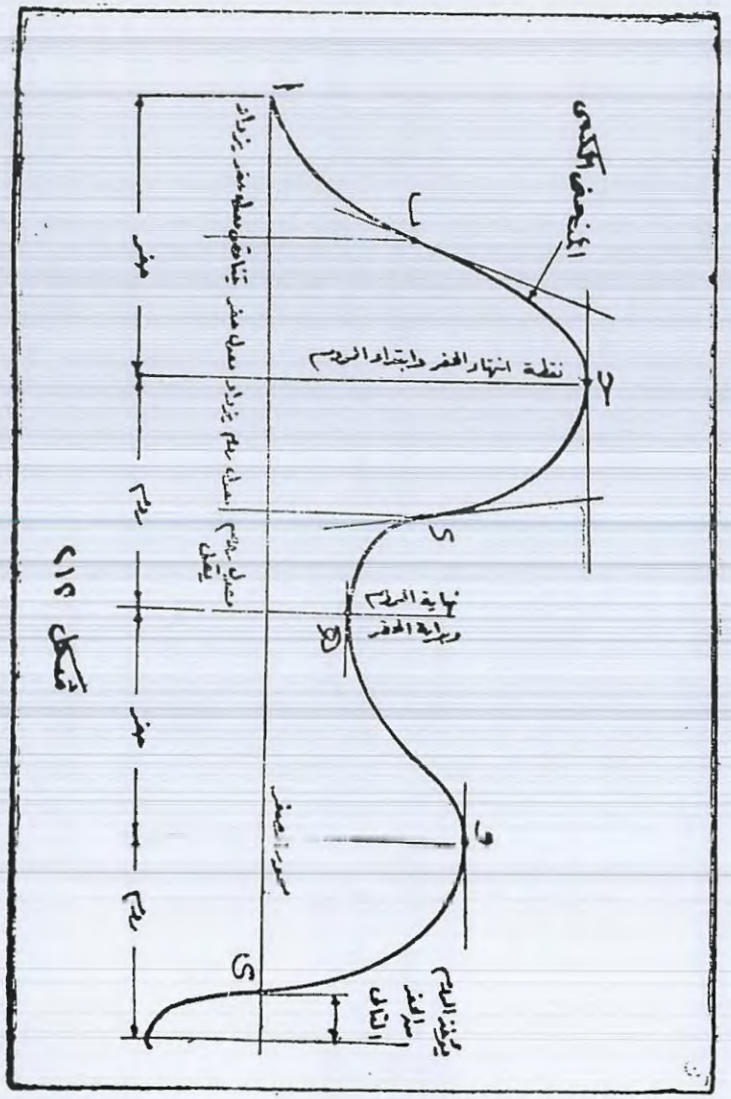


شكل (٢١١) منحنى التوزيع الكمى

وعند القطاع ١٦٠ر٠ يكون ما لدينا من مادة قد بلغ ٤٠٨٥ م٣ وعند القطاع الطولى ١٧٠ر١ تكون الكمية الكلية (حفر — ردم) مساوية ٣٨٧٠م٣ وعند نهاية المشروع تكون الكمية الكلية ١٢١٠م٣ وهو إحدائى موجب فى المنحنى يدل على أن هناك كميات أتربة فائضة ناتجة عن الحفر الذى يزيد فى الحجم عن الردم بمقدار ١٢١٠ م٣ ويجب إستهلاكها . وإذا وصلت هذه الإحداثيات بمنحنى نحصل على منحنى التوزيع الكمى كما هو موضح فى شكل (٢١١) .

خواص منحنى التوزيع الكمى

شكل (٢١٢) يوضح منحنى توزيع كمى مرسوم من واقع بيانات خاصة بمشروع إنشاء خط سكه حديد . ومن الشكل يمكن ذكر الخواص الآتية لمنحنى التوزيع الكمى :



شكل ٢١٢

١ — إذا أخذ ميل منحنى التوزيع الكمى فى الازدياد دل ذلك على أن معدل الحفر آخذ فى الازدياد (من ا إلى ب)

٢ — إذا قل الميل دل ذلك على أن معدل الحفر يتناقص .

٣ — إذا وصل الميل إلى صفر دل ذلك على أننا وصلنا إلى نقطة نهاية حفر وبداية ردم أو العكس (عند حـ ، هـ ، و) .

٤ — إذا قطع المنحنى خط الصفر دل ذلك على أن المادة قد تعادلت حتى تلك النقطة أى تساوى حفرها وردمها (عند ى)

٥ — إذا انخفض المنحنى عن خط الصفر دل ذلك على أننا فى إحتياج إلى مادة نجلبها من الجزء التالى وهكذا .

٦ — إذا كان ميل منحنى التوزيع الكمى موجبا (المنطقة ا حـ والمنطقة هـ و) دل ذلك على حفر ، وإذا كان سالبا دل ذلك على ردم (المنطقة حـ ى هـ والمنطقة و ى إلى آخر المنحنى)

٧ — إذا كان إحداثيات المنحنى موجبة دل ذلك على وجود المادة بالمنطقة وان كانت سالبة دل ذلك على الاحتياج إلى المادة

٨ — إذا سار المنحنى أفقيا لجزء من طول الخط دل ذلك على أن الخط يتأبط سطح الأرض فى ذلك الجزء .

٩ إذا انتهى المنحنى بحيث كان إحداثيا موجبا دل ذلك على وجود مادة زائدة يقتضى إستهلاكها كما فى شكل (٢١١) .

١٠ — إذا انتهى المنحنى بحيث كان آخر إحداثى سالبا دل ذلك على الحاجة إلى مادة يتحتم إقتراضها كما فى شكل (٢١٢) .

النقل المسموح والنقل الزائد

(Free Haul & Over Haul)

عند وضع شروط العطاء لأقامة أساس سكة حديد أو طريق تحدد مسافة النقل المسموح وهى المسافة التى ينقل فى حدودها المتر المكعب من الحفر إما يدويا أو بواسطة البلدوزورات ، فإذا زاد النقل عن هذه المسافة سمى بالنقل الزائد حيث تنقل المادة بالعربات ويحدد سعر النقل الزائد على أساس سعر النقل المسموح مضافا إليه تكاليف النقل عن كل ٥٠ متر زيادة أو أكثر حسب الاتفاق :

مسافة النقل المسموح (Free Haul)

المقصود بالنقل المسموح هو نقل الكمية بدون إستعمال العربات حيث تنقل الكميات من مناطق الحفر إلى مناطق الردم المجاورة لها مباشرة (من ا إلى ب فى شكلى ٢٠٨ ، ٢٠٩) . ويتحدد طول النقل المسموح تبعا لطريقة النقل ونوع مادة الحفر وكذا إتساع العملية وعادة تتراوح بين ١٠٠ إلى ٣٠٠ متر .

تعيين مسافات النقل الزائد

لتعيين مسافات النقل المسموح والنقل الزائد وكذلك مركز ثقل كل من كميتى الحفر والردم نتبع الخطوات التالية (انظر شكل ٢١١) .

١ — إذا انتهى المنحنى بإحداثى موجب (استهلاك) نرسم من نهاية المنحنى (من نقطة ب) الخط ب ا موازيا للمحور الأفقى ليقطع المنحنى فى (ا) ويكون هذا الخط (ب ا) هو محور الصفر وتكون المسافة العمودية (ب ك) هى قيمة الاستهلاك .

٢ — تحدد مسافة النقـــل المسموح بالخط حـ ى حسب المواصفات أو ما يتفق عليه .

٣ - وباسقاط ى ، حـ على الخط ب ، ا تتحدد نقطتى ى١ ، حـ١ وبتنصيف كل من ى ى١ ، حـ حـ١ فى حـ٢ ، ى٢ نحصل على الخط ى٢ ، حـ٢ ليقابل المنحنى فى هـ ، و .

٤ — النقطتان هـ ، و هما عبارة عن مركزى الكميتين ا حـ حـ١ ، ى ى١ ب١ اللتان ستنقلان نقـــلا غير مسموح وبذا تكون المسافة هـ و هى مسافة النقل غير المسموح .

٥ — الكمية ا حـ حـ١ سوف تنقل من هـ إلى و لاتمام الردم .

٦ — مسافة النقل الزائد هى (هـ و — ى حـ) منهـــا يمكن تعيين كمية النقل الزائد .

كمية النقل الزائد = الحجم حـ حـ١ × مسافة النقل الزائد

٧ — لتحديد مسافة النقل الكلية ينصف الأحداثى الرأسى من قمة المنحنى وحتى الخط ا ثم يرسم من نقطة المنتصف خط يوازى المحور فيقطع الجزء الأيمن من المنحنى فى نقطة هى مركز ثقل الردم ويقطع الجزء الأيسر من المنحنى فى نقطة ثانية هى مركز ثقل الحفر الذى يساوى الردم . المسافة الأفقية بين النقطتين هى مسافة النقل الكلية .

٨ — كمية الأتربة التى ستنقل نقلا مسموحا تعين بالأحداثى الرأسى من قمة المنحنى وحتى الخط ى حـ .

٩ — نقطة (ا) تحدد القطاع الفاصل بين الكمية المستهلكة من الحفر وبين الكمية التى ستستغل من الحفر فى عمليات الردم .

١٠ — لتحديد بعد مركز ثقل الكمية المستهلكة من بداية المشروع ينصف الأحداثى الرأسى الواصل من نقطة (ا) وحتى المحور . ومن نقطة التنصيف نرسم خطاً أفقيا يقطع المنحنى فى نقطة هى مركز ثقل الكمية المستهلكة وبالتالى يمكن حساب بعد هذا المركز عن البداية .

مثـــال

حسبت كميات الحفر والردم على طول قطاع طولى لطريق مقترح وكانت كما هو مبين فى الجدول الآتى :

المسافة من أول المشروع (قدم)	الحفر (١٠٠ قدم٣)	الردم (١٠٠ قدم٣)
صفر		
	٢٫٩٠	
١٠٠		
	٧٫٦٠	
٢٠٠		
	١٦٫٨٠	
٣٠٠		
	٦٫٢٠	
٤٠٠		
	١٫٠٠	
٥٠٠		
		١٫١
٦٠٠		
		٣٫٥٠
٧٠٠		
		٦٫٠٠
٨٠٠		
		٧٫٨٠
٩٠٠		
		٦٫٩٠
١٠٠٠		
		٤٫٠٠
١١٠٠		
		١٫٢٠
١٢٠٠		

ارسم منحنى التوزيع الكمى وعين كمية الأتربة المستهلكة أو المقترضة ثم أوجد مسافة النقل الزائدة وكمية النقل الزائد والنقل المسموح إذا كانت مسافة النقل المسموح بها هى ٣٠٠ قدم . حدد أيضا بعد القطاع الذى ينتهى عنده الاستهلاك أو يبتدى عنده القرض عن بداية المشروع .

الحل

نحسب أولا احداثيات المنحنيات من واقع المعطيات

المسافة	الكمية الكلية	المسافة	الكمية الكلية
صفر	صفر	٧٠٠	٢٩٩٠
١٠٠	+٢٩٠	٨٠٠	٣٣٩٠
٢٠٠	+١٠٥٠	٩٠٠	١٦١٠
٣٠٠	+٢٧٣٠	١٠٠٠	٩٢٠
٤٠٠	+٣٣٥٠	١١٠٠	٥٢٠
٥٠٠	+٣٤٥٠	١٢٠٠	٤٠٠
٦٠٠	+٣٢٤٠		

وشكل (٢١٦) يمثل المنحنى بعد رسمه . ومن واقع المنحنى نجد أن هناك أحدائى موجب عند نهايته أى أن هناك أستهلاك وقيمته تساوى قيمة الأحدائى

وعليه

وكمية الأتربة المستهلكة = ٤٠٠ قدم٣

وكان من الممكن حساب مقدار الإستهلاك من الفرق بين كميتى الحفر الردم .

من نهاية المنحنى نرسم خط أفقى يقطع المنحنى فى نقطة (ا) فيكون هـــو خط الصفر .

تقطع المنحنى بخط أفقى بمسافة ٣٠٠ قدم وهى مسافة النقل المسموح به فتتحدد النقطتان هـ، و ثم نحدد النقطتين حـ١، ى١ على خط الصفر وبتنصيف المسافة حـ حـ١ ، ى ى١ نحصل على خط يوازى خط الصفر يقطع المنحنى فى نقطتين هـ ، و يمثلان مركزى الكميتين احـ حـ١ ، ب ى ى١ .

مسافة النقل غير المسموح = هـ و = ٨٨٠ — ٢٤٠ = ٦٤٠ قدم .

مسافة النقل الزائد = مسافة النقل الكلية — مسافة النقل المسموح

= ٦٤٠ — ٣٠٠ = ٣٤٠ قدم

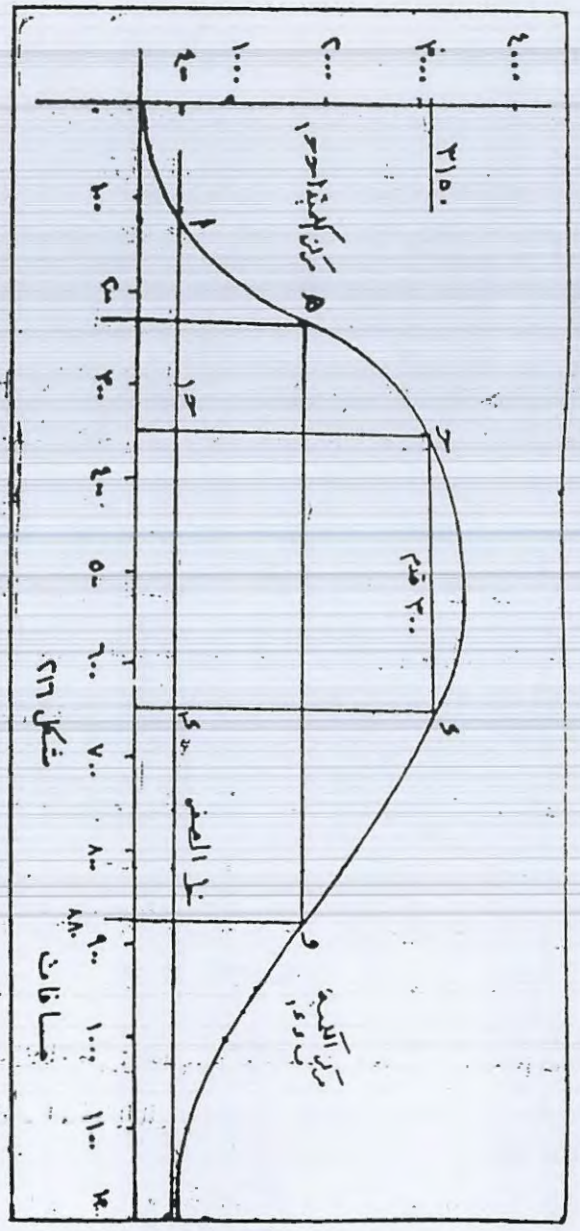
كمية النقل الزائد = الحجم × مسافة النقل الزائد

= الأحدائى حـ حـ١ × ٣٤٠ = ٩٣٥٠٠٠ قدم٤

= ٩٣٫٥ وحدة نقل

حيث وحدة النقل = نقل حجم قيمته ١٠٫٠٠٠ قـــدم٣ مسافة مقدارها قدم واحد

بعد القطاع الذى يحدد نهاية الكمية المستهلكة عن بداية المشروع = ١٢٠ قدم



شكل ٢١٦

مسائل

١ - كوم من الحجارة إرتفاعه ٧ متر وقاعدته على شكل شبه منحرف أبعاده هى ١٢ ، ٨ ، ١٠ متراً وقاعدته الأخرى على شكل شبه منحرف أيضاً أبعاده ١٤ ، ٥ ، ٨ متراً - عين حجم الكوم بطريقتين .

٢ - عين بأدق الطرق كمية الخرسانة اللازمة لاتمام قاعدة تمثال وجهها العلوى مثلث متساوى الأضلاع طول ضلعه ٤ متر ووجهها السفلى مربع طول ضلعه ٦ متر وأحد أضلاعه يوازى احد أضلاع المثلث ، وذلك إذا علم أن إرتفاع القاعدة سيكون ٤ متر .

٣ - قاعدة تمثال أرتفاعها ١٨ متر وقاعدتها السفلى شبه منحرف أبعاده ١٢ ، ٨ ، ٦ مترا والقاعدة العليا مستطيل ٦ × ٤ متراً - عين حجم هذه القاعدة بأدق الطرق .

٤ - خزان من المياه مسقطه الأفقى مستدير وقطره الداخلى عند حافته العليا ٢٠ مترا - وسمك الجدار عند الحافة العليا ٦٠ سم وإرتفاع الخزان ٩٫٦ — أحسب حجم الحائط إذا كان الجدار الخارجى رأسى تماما والداخلى يميل ١ : ١٢ إلى الداخل إحسب أيضا أكبر كمية من المياه يمكن تخزينها به .

٥ - عند إنشاء طريق جديد عرضه ٩ متر أخذت ميزانية على محور المشروع المقترح فكانت النتائج كالتالى :

مسافة (متر)	صفر	٥٠	١٠٠	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٣٠٠	٣٥٠
منسوب (متر)	٣٫١٦	٣٫٤٨	٤٫٢٢	٦٫٨٣	٥٫٢٤	٢٫٩٥	٣٫٨٥	٣٫٢١
مسافة	٤٠٠	٤٥٠	٥٠٠	٥٥٠	٦٠٠	٦٥٠	٧٠٠	
منسوب	٢٫٩٦	١٫٧٥	٠٫٤٥	٠٫٩٥	١٫٣٤	٢٫٢٨	١٫٦٥	

فإذا علم أن الطريق سيكون أفقيا حتى مسافة ٢٥٠ متر بمنسوب ٣٫١٥ وأنه سينحدر بعد ذلك إلى أسفل بمقدار ٠٫٨ ٪ ، أرسم قطاعا طوليا مبينا عليه سطح الأرض الطبيعية وسطح الإنشاء .

أحسب مكعبات الحفر والردم اللازمة لاتمام الطريق إذا علم أن الميول الجانبية فى الحفر ٢ : ٣ وفى الردم ١ : ٢ .

٦ - يراد حساب مكعبات الحفر اللازمة لانشاء نفق مفتوح عرض قطاعه ١٨ متر وميوله الجانبية ٢ : ٥ - ولايجاد المناسيب على محور المشروع لسطح الأرض الطبيعية المزمع عمل النفق فيها أجريت ميزانية طولية فكانت القراءات على القامة كالآتى :

٠٫٣٥ — ٢٫٨٠ — ٣٫٨٥ — ٠٫٤٨ — ١٫١٧ — ٢٫٦٤ — ٠٫٧٣

٢٫٦٨ — ١٫٠١ — ٠٫٥٦

علماً بأن الميزان رفع بعد القراءة الثالثة والسابعة وأن منسوب النقطة الخامسة على المحور هو ١٥٫٣٤ م . وعند قياس المسافات بين النقط الخاصة على محور المشروع كانت المسافة المقاسة بين النقطة الأولى والثانية على المائل هى ٣٦٫٥٠ م وبعد القياس عوير الجزير المستخدم فكان طوله الحقيقى ١٩٫٨٨ م وكانت