



المساحة  
(الجزء النظري)



السنة: الرابعة  
قسم الهندسة الريفية

منشورات جامعة دمشق

كلية الزراعة



# المساحة

(الجزء النظري)

الدكتور محمد ديب بيروتي

المدرس في قسم الهندسة الريفية

١٤٣٥ - ١٤٣٤ هـ  
٢٠١٤ - ٢٠١٥ م

جامعة دمشق



رقم الصفحة	الموضوع
	الفصل الأول
	المساحة
	١-١- أقسام المساحة
	١-٣- مفهوم شكل الأرض وقياساتها
	١-٤- فرضيات شكل الأرض
	١-٤-١- الإهليج الأرضي
	٢-٤-١- الجلوبيد
	١-٥- انحراف الشاقول
	١-٦- الاحداثيات الجغرافية والسمات الجغرافي
	١-٧- طرق الإسقاط
	١-٨- أنواع الإسقاط حسب التشوه
	١-٩- أنواع الإسقاط حسب شكل خطوط الطول والعرض
	١-١٠- فكرة موجزة عن أنواع الإسقاط في الجمهورية العربية السورية
	الفصل الثاني
	٢- الإحداثيات
	الفصل الثالث: (أقطاء القياس)
	الفصل الرابع: (التسوية)
	الطريقة غير المباشرة لقياس الارتفاعات - التسوية غير المباشرة
	٣-٥-٤- التسوية الفيزائية
	١-٧-٤- آلة التسوية (جهاز النيفو)
	٢-٧-٤- محور التسديد
	٣-٧-٤- جهاز النيفو: يتكون من قسم متحرك وقسم ثابت

	4-7-4-المنظار
	5-7-4-الشاحن المرقم
	6-7-4-القاعدة (الركيزة)
	ميرا الجهاز الحديث
	<b>الفصل الخامس: الأجهزة المساحية</b>
	<b>5-الأجهزة المساحية</b>
	1-5-الشاحن أو الجalon
	2-5-الميرا
	3-ثلاثية الأرجل
	4-النظارة المساحية
	عملية المطابقة (التحكم)
	5-الدوارز المقسمة
	6-5-تقدير المتبقي
	1-6-5-الفرنية
	2-6-5-مجاهز القراءة
	7-5-الزنبقيات
	1-7-5-الزنبقية الكروية
	2-7-5-الزنبقية الأنبوية (الحلقية)
	3-7-5-حسامية الزنبقية الحلقة (الأنبوية)
	8-5-الإبرة المغناطيسية والبوصلة المساحية
	9-5-المثلث الضوئي (الموشور الخامس)
	1-11-5-الموشور الضوئي المضاعف
	1-11-5-الإسقاط المتعامد
	1-11-5-المسح بالموشور (المسح المتعامد)

	١١-٤-٥- مقدمة المنشور الضوئي
	٥-٩- جهاز التاكيمتر والتيلودوليت
	٥-٩-١- مبدأ قياس الزوايا الأفقية والشاشة
	٥-٩-٢- مبدأ قياس المسافات وفروق الارتفاعات
	٥-٩-٣- الحالة العامة لقياسات التاكيمترية
	٥-٩-٤- التاكيمتر المحول الذاتي
	٥-٩-٥- أجهزة قياس المسافات بالطريقة المباشرة
	٥-٩-٦- قياس المسافات الإلكتروني
	٥-٩-٧- العرض الفني لقياس الإلكتروني NTS 362R
	٥-٩-٨- استخدام جهاز المحطة الكاملة لمراصد المضلوعات
	٥-٩-٩- تنفيذ أعمال المسح التفصيلي باستخدام جهاز المحطة الكاملة
	<b>الفصل السادس: القياسات المساحية</b>
٦-	٦- قياس المسافات
٦-	٦-١- القياس المباشر للمسافات
٦-	٦-١-١- نهائية المسافة غير متزنتين الواحدة من الأخرى
٦-	٦-٢- طرق استعمال الشريط
٦-	٦-٣- مقدمة القياسات المباشرة للمسافة
٦-	٦-٤- قياس المسافات بالأجهزة الإلكترونية
٦-	٦-٥- برجاع المسافات إلى المنسوب الوسطي إلى البحر
	<b>الفصل السابع: تعيين إحداثيات النقط</b>
٧-	٧-١- حساب السمت الاعتباري والمسافة بين نقطتين معروفتين
٧-	٧-٢- حساب إحداثيات نقاط المضلوعات
٧-	٧-٣- أنواع المسالك (المضلوعات)
٧-	٧-٤- حساب إحداثيات العقدة

	7-5- حساب الإحداثيات التربيعية بطريقة النقاط و الإشعاع
	7-5-1- التقاطع المباشر
	7-5-2- التقويم
	7-6- حساب الإحداثيات القطبية النقاط التفصيلية
	7-6-1- المموج التفصيلي
	7-6-2- الأعمال المكتبية في المسح التأكيدوني
	7-7- تمثيل المناسب (الإحداثيات الشاقولية)
	7-7-1- خطوط التسموية
	7-7-2- رسم خطوط التسموية بالتوسيط الداخلي
	الفصل الثامن: العمليات على الخارطة
	8-1- قراءة الخارطة
	8-2- توجيه الخارطة
	8-3- قياس المسافات والزوايا
	8-4- تحديد مناسب النقاط على الخارطة
	8-5- إنشاء مقطع طولي للأرض حسب اتجاه ما على الخارطة
	8-6- إنشاء خط على الخارطة لا يتجاوز ميلاً معينة
	8-7- تحديد مناطق تجمع المياه
	الفصل التاسع
	9- قياس المساحات
	9-1- المفهوم العام
	9-2- قياس المساحات على الطبيعة
	9-3- قياس المساحات على المخطط
	الفصل العاشر: المنحنيات المساحية
	10- المنحنيات

	<p>- ١-١- عناصر المنحني</p> <p>- ٢- قياس زاوية الانحراف <math>\beta</math> أو زاوية الانحناء المركزية <math>\alpha</math></p> <p>- ٣- تحبين النقاط التفصيلية للمنحدرات الدائرية وإنز لها</p> <p>- ٤- طريقة الأعمدة (الإسقاط المتعامد)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- عندما تكون الأقواس غير متساوية</li> <li>- طريقة الإسقاط المتعامد عندما تكون الأقواس متساوية</li> <li>- تحبين الإنقلاد بالإسقاط المتعامد من وتر القوس</li> </ul> <p>- ٥- طريقة القطبية لتعيين وإنزال نقاط المنحني الدائري</p> <p>- ٦- طريقة التقريرية لتعيين نقاط الانحناء الدائري</p>
	<p>الفصل الحادي عشر: الاستشعار عن بعد Remote Sensing</p> <p>تعريف</p>
	<p>- ١- أهمية الاستشعار عن بعد</p> <p>مجالات استخدام تقنية الاستشعار عن بعد</p>
	<p>الفصل الثاني عشر: نظام التثبيت العالمي GPS</p> <p>تطبيقات نظام المعلومات الجغرافي GIS ونظام التموضع العالمي</p>



## المقدمة:

إن علم المساحة عرف منذ القدم حيث عرف الإنسان كيف يحدد الاتجاهات بواسطة الشمس في النهار والنجوم في الليل وتطور علم المساحة عند البابليين والمصريين حيث بناوا قنوات الري وتحكموا بمجرى الأنهار درعاً للفيضانات، ورسموا المخطوطات التوضيحية لبعض المناطق المأهولة في ذلك الوقت.

وفي القرنين التاسع عشر تم اختراع بعض الأجهزة المساحية وأدوات المساحة نستطيع بواسطتها تحديد الاتجاهات وقياس الزوايا وفروق الارتفاعات بسرعة ودقة عالية، وذلك من أجل رسم مخطوطات مساحية دقيقة لاستخدامها في المجالات الهندسية المختلفة، والدراسات لمختلف المشاريع. ويتم في الفصل الأول إدراج تعريف المساحة وأقسامها. ومفاهيم مختلفة عن شكل الأرض وطرق الإسقاط وأنواعه. وفي الفصل الثاني معلومات عن الإحداثيات المستخدمة في المساحة، وعن الخرائط والمقاييس وأنواعها والسموٍ، والوحدات المستخدمة في المساحة. وفي الفصل الثالث الأخطاء في القياسات وطبيعتها وخصائصها ودقتها وأمثلة على بعضها. والفصل الرابع التسوية بأنواعها وتعريفها وفوائدها والأجهزة المستخدمة والأجهزة الحديثة منها وطرق تعين خطوط الكونتور بواسطة المربعات. والفصل الخامس الأجهزة المساحية وأدواتها المختلفة المستخدمة في المساحة ومبدأ عملها وكيفية القياس بها، وبعض الأجهزة الحديثة المستخدمة. وفي الفصل السادس حالات قياس المسافات بشكل مباشر للشريط وبالأجهزة الإلكترونية وإرجاع المسافات لسطح البحر. وفي الفصل السابع تعين إحداثيات النقاط والمقطوعات والسموٍ والأضعاف والأخطاء الناتجة المسموح بها وكيفية توزيعها وحساب الإحداثيات المصححة وطريقة الإشعاع والنقاط في حساب الإحداثيات. والفصل الثامن العمليات على الخارطة

وكيفية قراءتها وتنويعها الخارطة وقياس المسافات والزوايا عليها والمناسيب وإنشاء مقطع طولي على الخارطة حسب اتجاه ما، وفي الفصل التاسع حساب المساحة للأشكال المختلفة والحجم. وفي الفصل العاشر المحتويات المساحية المختلفة. وفي الفصل الحادي عشر الاستشعار عن بعد وتطبيقاته، والفصل الثاني عشر نظام التثبيت العالمي GPS وتطبيقاته، والفصل الثالث عشر نظام تطبيق المعلومات الجغرافي والفصل الرابع عشر نظام المعلومات الجغرافي GIS ونظام التموضع العالمي GPS في البلدية.

وفي النهاية نرجو من الله تعالى أن يوفقنا في إعداد هذا الكتاب وأن تتحقق منه الفائدة المرجوة للطلاب، كما أتقدم بالشكر الجزيل لكل من وجه إلي ملاحظة تهدف لتحسين الكتاب وإغناكه بالمعلومات المساحية المفيدة للطلاب وبالتالي وصوله بالشكل الأمثل للجميع.

والله ولي التوفيق

المؤلف

## الفصل الأول

### المساحة

1- المساحة: هو العلم الذي يدرس سطح الأرض أو جزءاً منه بواسطة القياسات من زوايا ومسافات وتمثيله على المستوى بمقياس معين بهدف إنشاء المخططات أو الخرائط.

#### 1-1- أقسام المساحة:

##### أولاً: الجيوديسيا أو (المساحة العالمية) (Geodesy):

هي العلم الذي يدرس شكل الأرض وأبعادها وتشوهات قشرتها الأرضية بالإضافة إلى إيجاد الإحداثيات الدقيقة لبعض نقاط سطح الأرض فسي جملة إحداثيات موحدة، وحساب ارتفاعاتها عن مستوى معين.

##### ثانياً: الطبوغرافية: Surveying

إن كلمة طبوغرافيا مصطلح أغربي الأصل مكون من كلمتين: Topos وتعني المكان Graphos وتعني أكتب.

نلاحظ من خلال المعنين أنها تعني كتابة المكان أو بشكل أدق رسم المكان ويمكن تعريفها بـ: أنها العلم الذي يدرس شكل وأبعاد أجزاء صغيرة نسبياً من سطح الأرض لتمثيلها على سطح مستوى بشكل خرائط وخطط طبوغرافية تستخدم في الأعمال الهندسية والمدنية المختلفة.

### **ثالثاً: الكارتوغرافيا (أو رسم الخرائط) Cartography**

علم يبحث في طرق وضع وإصدار الخرائط لسطح الأرض بوصفه كله أو جزءاً أو لجزء منه وفي كيفية استخدامها وفي تكييف وتصغير مخططات الطبوغرافية.

### **رابعاً: المساحة التطبيقية:**

علم يدرس طرق الأعمال المساحية المتعلقة بمراحل تخطيط وتغذية واستئثار المنشآت الهندسية المختلفة (طرق، جسور، سدود، أنفاق، أنابيب، إلخ...).

### **خامساً: المساحة الجوية:**

علم يدرس كيفية الحصول على الخرائط والمخططات الطبوغرافية لمناطق من سطح الأرض أو أجزاء من هذا السطح بالاعتماد على صور ملتقطة له من الجو.

### **سادساً: المساحة الفضائية**

تستخدم طرق مراقبة الأقمار الصناعية في حل المسائل المساحية على سطح الأرض والكواكب الأخرى.

### **سابعاً: المساحة البحرية**

تضع طرق قياس خاصة للحصول على خرائط ومخططات لقيعان البحار والمحيطات ودراسة الثروات الباطنية فيها.

### **١-٢- فوائد المساحة:**

تقيدنا المساحة في: دراسة الموارد الطبيعية للأرض وفي عملية استصلاح الأراضي وفي أعمال التخطيط وتشييد الأرض في مختلف الأعمال الهندسية

المختلفة بشكل عام، كما تividنا في تشييد القرى والمدن وفي دراسة تصميم الأبنية أو هبوطها أثناء التنفيذ وأثناء الاستخدام، كذلك تividنا في العمليات العسكرية حيث أن كل عمل عسكري أو مدني يجب أن يسبقه مخطط طبوغرافي.

### ١-٣- مفهوم شكل الأرض وقياساتها:

يتتألف سطح الأرض من الماء وال اليابسة حيث تؤلف اليابسة ربع الكورة الأرضية، وتتألف اليابسة من ارتفاعات وانخفاضات لذلك فإن الشكل الرياضي لسطح الأرض لا ينطبق مع سطحها الفيزيائي. وقد اعتبر أن شكلها الرياضي هو السطح المستوي المار من سطح البحر والمحيطات في حال الهدوء، وكل نقطة من هذا المستوى عمودية على الخطوط الشاقولية المارة بها، ولكن هذا السطح غير منتظم تحت سطح القشرة الأرضية وذلك لاختلاف كثافة طبقات الأرض، وقد اعتبر السطح الرياضي القريب من سطح الأرض هو سطح الكورة ولكن الدراسات العلمية أثبتت أن سطح الأرض قریب من شكل القطع الناقص الدوراني الذي يدور حول محوره الصغير ويُدعى الإهليلج الدوراني أو البيسويدي.

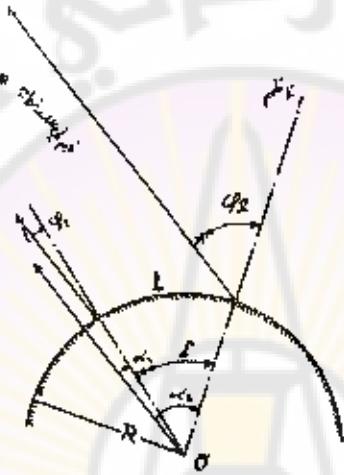
### ١-٤- فرضيات شكل الأرض:

إن الجهد الذي وصلت إليها البشرية إلى فناعة بأن الأرض كروية هي عهود سجيبة في القدم، ويعتبر هذا الفرض غاية في ارتفاع العلم وذلك لفترة ما كان متوفراً من أجهزة ومبادئ كي تبرهن على كون الأرض كروية، فقد رأينا كيف جرت محاولات لقياس محيط هذه الكورة الأرضية أو بمعنى آخر نصف

قطرها. كانت طريقة القياس وما زالت تقريراً نفسها وهي رصد نجم بعيد في الالاتجاهية من نقطتين يبعد بعضهما عن بعض مسافة يتم قياسها  $\ell$  ومن ثم يحسب نصف القطر على الشكل التالي:

$$\rho_1 - \rho_2 = \alpha_1 - \alpha_2 = \delta$$

$$R = \rho \frac{\ell}{\delta}, \quad \rho^0 = \frac{360^\circ}{2\pi}$$



الشكل رقم (1): قياس نصف قطر الأرض بطريقة آرانتوسين

استخدم هذه الطريقة آرانتوسين بقياس المسافة بين نقطتين إحداها في الإسكندرية والثانية في أسوان كما استخدمت في عهد المأمون لقياس خط الطول المحيطي بالأرض ولا تزال تستخدم حتى اليوم، إذ أصبح مع تقدم العلوم إمكانية تحديد الزاوية  $\delta$  يتم بدقة أكبر من السابق وكذلك قياس المسافة  $\ell$  بدقة أكبر حيث أن طريقة سيميلوس في التلسكوب جعلت قياس المسافات مهماً بعد تدقيقه بالمقدار الكافي.

#### ١-٤-١ - الإهليج الأرضي:

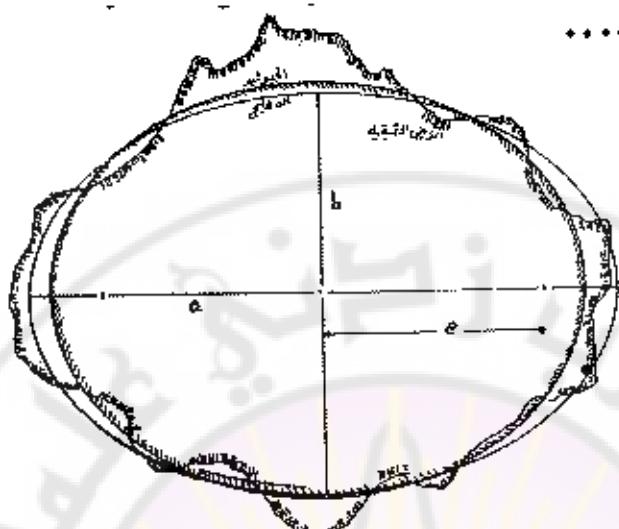
بقيت فكرة كروية الأرض قائمة حتى عهد نيوتن وأبحاثه النظرية المتعلقة بالجاذبية، وبما أن الأرض تدور حول محورها فإن القوى الجاذبة والشابة سوف لا تدعها كروية بل لابد من اختلاف محصلة هاتين القوتين انطلاقاً من القطب إلى أبعد نقطة عن محور دوران الأرض أي خط الاستواء.

لن ندخل في تفاصيل الفرضيات الناتجة عن البحث النظري لهذه الفرضية في هذه المقدمة المختصرة وإنما طبعياً تبعها قياسات تطبيقية لأنسات تقطط الأرض (f) كما هو مبين في الشكل (2).

$$f = \frac{a}{a-b}$$

حيث أن  $a$  نصف قطر الكوكب و  $b$  نصف قطر الصغير للقطع الناقص، فهل أثبتت القياسات التطبيقية ذلك؟

لقد أثبتت التجارب أن الشكل الحقيقي للأرض لا يمكن تعريفه بعلاقة رياضية بسبب اختلاف الكتل وجود الجبال والتضاريس المختلفة والمياه والمحيطات ... . والعلم يتطلب إيجاد صيغة رياضية يمكن تحويلها إلى خريطة أي سطح مستوى.



الشكل رقم (2): يوضح الإهليج الأرضي مع سطح الأرض وسطح الجيوبئد

#### ٤-٢-١- الجيوبئد

افترض في البداية أن السطح الذي تتساوى شدة الجاذبية في كل نقطة من نقاطه هو الإهليج المفترض وجرت القياسات على هذا الأساس فتبين أن هذا السطح هو أيضاً شكل غير منتظم أي بعد إجراء قياسات في مناطق مختلفة من سطح الأرض وبعد العودة إلى السطح الذي تتساوى فيه قوة الجاذبية تتبين أنه يختلف قليلاً عن القطع الناقص الدوار الذي ذي المعادلة الرياضية التالية المعروفة، والذي يمثل الإهليج الدواراني وهو القاعدة الرياضية التي يمكن الانطلاق منها إلى الأبحاث الأخرى لتحديد المعطيات اللازمة لتحديد موقع نقطة ما من العالم.

$$\frac{x^2+y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1$$

جرت قياسات ولا تزال لتحديد بعد الأرض  $a$  و  $b$  وتوصل العلماء إلى نتائج بعضها متقارب ويعطي نتائجاً قريباً من الرقم 298 أو 299. ذكر من أسماء الذين حمل الإهليج الأرضي الدوراني أسماءهم وبحسب أقدميتهم في إعطاء بعض النتائج المتقاربة: لويسن 1967، كراسوفسكي 1938، هايفورد 1909، كلارك 1866، بيسل 1841؛ وهناك عشرات غيرهم.

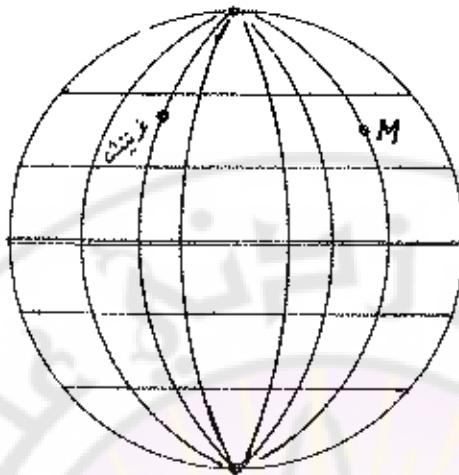
#### ١-٥- انحراف الشاقول

هذا التعبير هو نتيجة القياسات التي تم لتحديد الفرق بين الجيونيد والإهليج الدوراني الأرضي، وفي الواقع تعبر بدل على الزاوية المستديرة التي يمكن الحصول عليها إن كان هناك عدم تطابق بين الجيونيد والإهليج وهي الزاوية بين اتجاه الشاقول على الجيونيد والنظام على الإهليج الأرضي الدوراني.

تجدر الإشارة إلى أنه نظراً لصغر الفرق بين  $a$  و  $b$  نصفي قطري الإهليج الأرضي الدوراني، وفي الحالات التي تكون الدقة المطلوبة فيها ليست كبيرة بحيث تسمح باعتبار هاتين القيمتين متساوين أي أن الإهليج الأرضي الدوراني نعتبر في هذه الحالة كرة ومنه كانت تسمية الكرة الأرضية أحياناً.

#### ١-٦- الإحداثيات الجغرافية والمستوى الجغرافي

بعد الوصول إلى صيغة شكل الأرض لابد من إيجاد طريقة لتحديد نقطة ما على سطح هذه الأرض ولتكن  $M$ ، الشكل (3).



الشكل رقم (3): خطوط الطول والعرض للكرة الأرضية

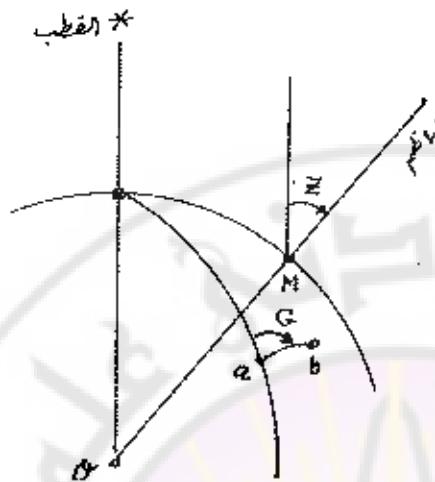
رأينا أنه منذ القديم تم توزيع محيط الدائرة إلى رقم من مضاعفات الجداء  $2 \times 3$  وقد كان هذا الرقم 360 درجة.

بناءً على ما سبق تم الاتفاق على اعتبار المستوى المسار من مركز الأرض عمودياً على محورها يقطعها بخط دائري يسمى خط الاستواء، والمستويات الموازية لهذا المستوى يقطع الأرض مشكلة خطوط العرض وهي خط شمالي و خط جنوبي وبذلك يمكن تحديد النقطة  $M$  بزاوية هي زاوية العرض، ويقال أنه يمر منها خط العرض (كذا) شمالي.

إذا تصورنا الآن مستويات تمر من خط القطبين (محور الأرض) وتقطع الأرض فإن خط التقاطع مع الإهليلج الأرضي الدواراني هو قطع ناقص إذا كان عدد المستويات القاطعة هذه والتي تسمى أحياناً مستويات الزوال [13] . خذها 180 مستوىأً قاطعاً فإن الخطوط الناتجة هي قطوع ناقصة تسمى خطوط

الطول، وبما أنه لابد من اختيار أحد هذه الخطوط كمبدأ للإحداثيات فقد كانت هناك نقاط مختلفة كمبدأ لهذه الإحداثيات إلى أن تم الاتفاق من خلال مؤتمر دولي على اعتبار خط الطول المار من غرينتش في إنكلترا مبدأ للإحداثيات الجغرافية (خطوط الطول). وبهذا يمكننا أن نحدد إحداثيات النقطة  $M$  باعتبارها تقع على الخط كذا للطول شرق غرينتش إذ أن هناك 180 خط أو 180 درجة شرق غرينتش و 180 خط أو 180 درجة غرب غرينتش. وهكذا فإن الإحداثيات الجغرافية هي عبارة عن زاوية العرض والطول المارين بالنقطة المقصودة أو خطى العرض والطول المارين بتلك النقطة.

هناك زاوية مهمة هي زاوية السمت الجغرافي أو سمت المكان ويقصد بها الزاوية  $z$  (الشكل 4) الكائنة بين الشاقول (أو الناظم) على سطح الأرض في تلك النقطة والاتجاه الموازي لمحور الأرض المار من القطبين والذي يسمى أحياناً نجم القطب. هذا السمت يختلف عن سمت المسافة المسمى  $G$  والذي سيمعنا لاحقاً، والذي يمثل الزاوية عند القطعة  $a$  بين اتجاه خط العرض الجغرافي المار بالنقطة  $a'$  واتجاه النقطة الثانية  $b$ .



الشكل رقم (4) السمت الجغرافي

هناك ارتفاع النقاط عن مستوى يسمى مستوى الصفر أو مستوى السوية أو مستوى سطح البحر ويرمز للارتفاع بحرف  $H$ . وهكذا فإن أي نقطة على الأرض تحدد بإحداثياتها وهي العرض  $\phi$  والطول  $\lambda$  والسمت  $Z$  والارتفاع  $H$ .

#### 7-1 طرق الإسقاط

لما كان الهدف الأخير للأعمال المساحية هو الوصول إلى الخرائط الجغرافية والمخططات فالمطلوب حالياً تحويل شكل الأرض أو أي جزء منها بحسب الحاجة، إلى شكل مصغر وعلى سطح أفقي هو الخريطة أو المخطط. إن المساحة العالية أو الجيوديزيا بحثت هذا الموضوع تحت اسم رياضيات صنع الخرائط وهذا جزء مما يسمى أحياناً بعلم الكارتوغرافيا. إن عملية التحويل هذه تحتاج إلى علاقات رياضية عالية المستوى، إذ أنه بعد تحديد الإحداثيات الجغرافية لعدد من النقاط اعتماداً على القياسات والأرصاد الفلكية

والجاذبية وغيرها، يلزم الانتقال إلى الإحداثيات الأفقية ضمن محوري  $x$  و  $y$  عبر علاقة الإهليج الأرضي الدوراني المذكورة سابقاً والتي تعطينا علاقة التلطخ المذكورة أيضاً بالإضافة إلى علاقات هامة كثيرة نذكر منها:

1. علاقة الانحراف الأولى (اللامركزية الرئيسية) :*The first eccentricity*

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

2. علاقة الانحراف الثانية (اللامركزية الثانوية) :*The second eccentricity*

:*eccentricity*

$$e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}$$

3. علاقات استنتاجية من العلاقات السابقتين:

$$e'^2 = \frac{e^2}{1-e^2}, e^2 = \frac{e'^2}{1+e'^2}, b^2 = a^2(1 - e^2)$$

فتكون الإحداثيات الأفقية المتعامدة في مستوى الزوال لنقطة ما هي:

$$x = \frac{a \cos \varphi \cos \lambda}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}} = f_1(\varphi, \lambda)$$

$$y = \frac{a \cos \varphi \sin \lambda}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}} = f_2(\varphi, \lambda)$$

$$z = \frac{a(1 - e^2) \sin \varphi}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}} = f_3(\varphi, \lambda)$$

ونذكر لتبين طريقة الانتقال من الإهليج الأرضي الدوراني إلى المسقط الأفقي، هذا الانتقال الذي سيودي حتماً إلى تشوّه الشكل الحقيقي للأرض أي تشوّه الإهليج الأرضي أو حتى إذا اعتبرت كرة فيه عند بسطها على مستوى سوف تتشوه. للتشوه أنواع ثلاثة هي: تشوّه الزوايا أي تشوّه الشكل العام، وتشوه الأطوال، وتشوه المساحات.

يمكن وضع الضوابط والشروط التي تضع تشوه نوع منها على حسب التشوهات الأخرى وبذلك يمكن أن نقسم طرق الإسقاط إلى ثلاثة أنواع حسب التشوه:

#### ١-٨- أنواع الإسقاط حسب التشوه

١. الإسقاط الذي يحافظ على الزوايا (الشكل).
٢. الإسقاط الذي يحافظ على الأطوال.
٣. الإسقاط الذي يحافظ على المساحة.
٤. الإسقاط الشرطي الذي يحافظ مثلاً على قدر معين من التشوه من نوعين، ويمكن تسميته الإسقاط خارج نطاق الأنواع الثلاثة الأولى المذكورة أعلاه.

يتم الوصول إلى أي من هذه الأنواع بوضع الشرط اللازم تطبيقه على المعادلات التي نوهنا عنها سابقاً.

#### ١-٩- أنواع الإسقاط حسب شكل خطوط الطول والعرض

تبعاً لطريقة وضع مستوى الإسقاط بالنسبة للأرض لدينا أنواع كثيرة تختلف نتائجها أشكال خطوط الطول والعرض على المستوى (المسقط) ونذكر منها ما يلي:

١. الإسقاط الأسطواني.
٢. الإسقاط المخروطي.
٣. الإسقاط المستوي غيرافي.
٤. الإسقاط الكروي.

هذه الأنواع تدل على وضعية المستوى بالنسبة للأرض فالإسطواني يعني إحاطة الأرض بإسطوانة يتم إسقاط نقاط الأرض عليها عمودياً ثم تفتح هذه الإسطوانة لتأخذ شكل مستوى وهذا توجد عدة أنواع تبعاً لوضع الإسطوانة نفسه، فإذا لامست الإسطوانة الأرض عند خط الاستواء أي أن محور الإسطوانة متطابق مع محور الأرض المار بالقطبين ينبع إسقاط متعامد، وإذا لامست الإسطوانة الأرض بحيث أن محور الإسطوانة يقع في مستوى الاستواء ينبع إسقاط لا تتعامد فيه خطوط الطول والعرض بل تلتقي فيه خطوط الطول في نقطة واحدة، وإذا كان وضع الإسطوانة لا على التعين أي أن محورها يقطع الأرض في نقطتين تقعان بين القطبين وخط الاستواء يكون شكل خطوط الطول والعرض في المنسق مختلف تماماً.

هذا ينطبق أيضاً على الإسقاط المخروطي الذي يتم الإسقاط فيه بوضع مخروط مماس للأرض بإحدى الحالات الثلاث المذكورة أعلاه، وكذلك بالنسبة للإسقاط ستيريويغرافي.

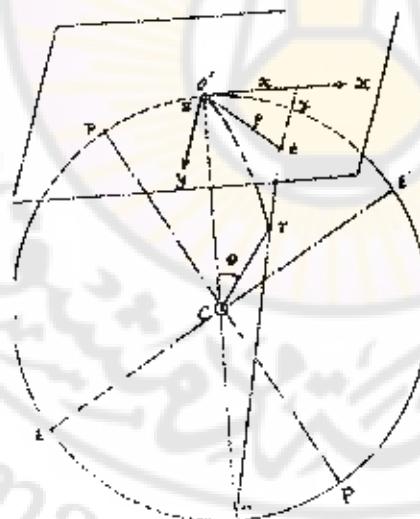
إن هذه المستويات يمكن أن تكون قاطعة للأرض بدلاً من أن تكون مماسة لها وذلك للتخفيف من التشوه العاصل والذي يساوي الصفر فقط في نقاط التصالس أو التقاطع.

#### 10-1 - فكرة موجزة عن أنواع الإسقاط في الجمهورية العربية السورية

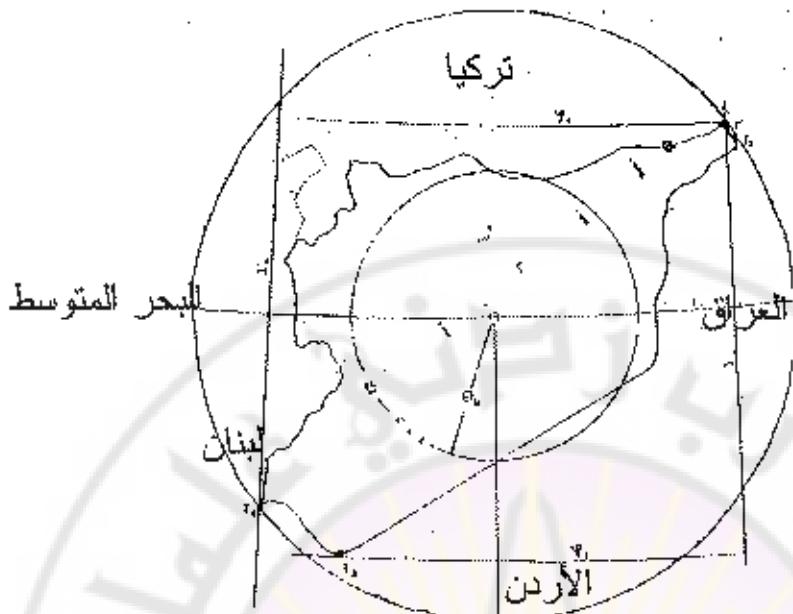
##### 10-1-1 - الإسقاط ستيريويغرافي:

إن المخططات والخرائط العقارية لدى الجمهورية العربية السورية تعامل ضمن إحداثيات ستيريويغرافية أي إسقاط على مستوى يمس الأرض في نقطة

قرب بلدة تدمر باعتبارها تمثل تقريرياً مركز المساحة التي تشغله الجمهورية العربية السورية وهي مركز الإحداثيات المتعامدة والمحسوبة انطلاقاً من علاقة الإسقاط المستيريويغرافي ولكي يكون التشوه أقل ما يمكن في المناطق المأهولة والزراعية فقد تم تحويل المستوى المماس إلى مستوى موازي له فساطع لسلامات بمنحنٍ يمر قرب دمشق وحمص وحماء ووادي الفرات لأن التشوه في نقاط التقاطع (خط التقاطع) هو صفر أي لا يوجد تشوه وقد اختبر هذا الخط بشرط أن يكون بعده عن مركز المنطقة (قرب تدمر) مسافة تم تحديدها مسبقاً ومن ثم جرى حساب التشوه، إن التشوه في هذا الإسقاط في أبعد نقطة عن المركز وهي نقطة الحدود السورية العراقية التركية فيما لو كان مستوى الإسقاط مماساً في نقطة المركز هو  $+0.01$  وهذا يعني قرابة متراً طولياً في الكيلومتر، وفي حالة المستوى القاطع فإن هذه القيمة تنقص إلى النصف تقريرياً (الشكل 5).



الشكل رقم (5): إسقاط المستيريويغرافي

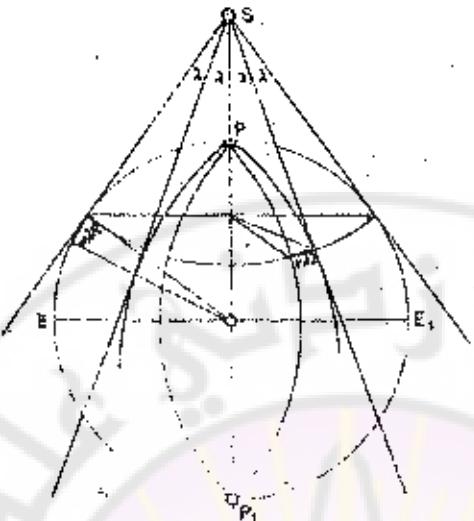


الشكل رقم (٦): مركز الإحداثيات في سوريا

إن الإحداثيات المستعملة تنطلق من المركز المنكور أعلاه لذلك يلاحظ أن المخطلات تحمل إحداثيات سالبة بالنسبة لمحور العينات في المناطق الواقعة إلى غرب تدمر ووجهة شرقها كذلك بالنسبة لمحور العينات سالب جنوب المركز ووجب شماله.

#### ٤-١٠-٢- إسقاط لامبير:

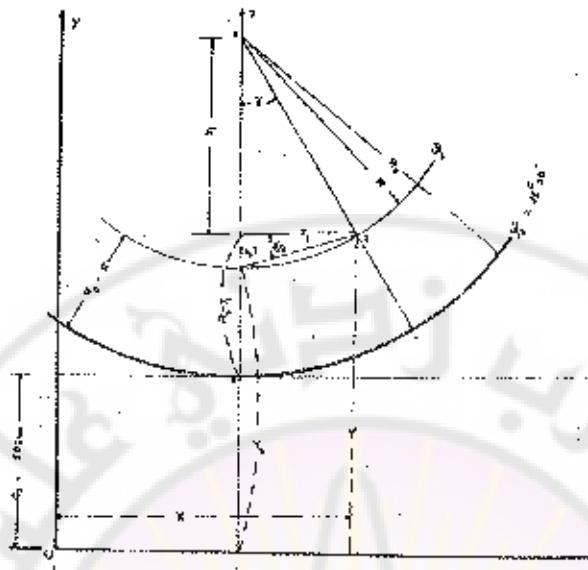
هو إسقاط مخروطي عبارة عن مخروط يغلف الأرض. محور المخروط والأرض منطبقان ويمس الأرض بخط عرض يمر بمركز الجمهورية العربية السورية حيث التشوه معادٍ إلا أنه تم اعتماد مخروط قاطع بخطي عرض يبعداً عن المركز مسافة مختار ثابتة.



الشكل رقم (7): إسقاط لامبير

إن التشوه في أبعد نقطة إذا كان المخروط مماساً  $+0.001$  وفسي حال المخروط القاطع المعمول به فعلاً هو  $+0.007$  أي 70 سنتيمتراً في الكيلومتر على خط العرض المحيطين بأراضي الجمهورية العربية السورية.

في الخرائط السورية نلاحظ أن الإحداثيات المتعمدة موجودة في كل المناطق، تم الوصول إلى ذلك بالإضافة مسافة ثابتة إلى إحداثيات المركز وذلك باتجاه محوري  $x$  و $y$  وهذه المسافة المضافة مقدارها 300 كم أي لأن المركز انتقل باتجاه الجنوب الغربي مسافة 424264 متر هذه النقطة أراضي الجمهورية العربية السورية بحيث أن كامل أراضيها تقع فيما يسمى بالربع الأول بالنسبة للمحاور الإحداثية الجديدة (شكل 8).



الشكل رقم (٨): نقل مركز الإحداثيات

### ١-١٠-٣- إسقاط ميركатор الاسطواني UTM

في إحدى المؤتمرات الدولية للمساحة والكارتوغرافيا تم الاتفاق على اعتبار هذه الطريقة أفضل طرق الإسقاط القادرة على تقديم تكامل للمناطق والبلدان والقرارات أي للأرض بصورة عامة، لذا كانت هناك توصية إلى كل الدول لمحاولة اعتمادها. قامت بعض الدول ومنها سوريا بمحاولة حساب الإحداثيات الأفقية  $x$  و  $y$  للإحداثيات الجغرافية انتلاقاً من العلاقات الرياضية الخاصة بهذه الطريقة للإسقاط كما رسمت على نفس المخطوطات والخرائط السابقة. في الفترة الأخيرة، وبعد إجراء عدة تجارب ومحاولات فقد ثبت للخبراء أن طريقة لامبير المخروطية أفضل للوصول للأهداف المذكورة أعلاه.

إن هذه الطريقة هي إسقاط اسطواني حيث تمسن الاسطوانة الأرض بموجب خط الطول المار من القطبين أي أن محور الاسطوانة يقع في مستوى خط الاستواء عمودي على محور الأرض.

إن مقدار التشوه يزداد بالابتعاد عن خط الطول المماس للاسطوانة ففي سوريا يكون التشوه الحاصل في أقصى طول شرق وغرب خط الطول الوسطي المار قرب تدمر. يصل هذا التشوه إلى مقدار  $+0.0012$  أي أكبر من التشوه الحاصل في إسقاط لامبير الذي هو بنفس الوقت أكبر بقليل من تشوه الإسقاط الستيريوغرافي.

## **الفصل الثاني**

### **- 2- الإحداثيات:**

نقيّدنا الإحداثيات في تحديد موضع أي نقطة على سطح الأرض وفي المستوى أو على المخطوطات.

#### **- 1-1- الإحداثيات المتعامدة أو التربيعية:**

نقيّدنا في تعين مواضع النقاط في المستوى، حيث محور  $X$  موجه باتجاه الشرق ومحور  $Y$  موجه باتجاه الشمال، نقطة تقاطعهما مبدأ الإحداثيات، ويقسمان المستوى إلى 4 أقسام، القسم الأول تكون فيه الإحداثيات موجبة ( $X+, Y+$ )، القسم الثاني ( $X+, Y-$ )، القسم الثالث ( $X-, Y-$ )، القسم الرابع ( $X-, Y+$ ).

#### **- 1-2- الإحداثيات القطبية:**

وهي عبارة عن مستقيم موجه في المستوى لنسب إليه موقع أي نقطة في المستوى بمسافة وزاوية حيث هما أساس الإحداثيات القطبية والزاوية تقلس مع عقارب الساعة.

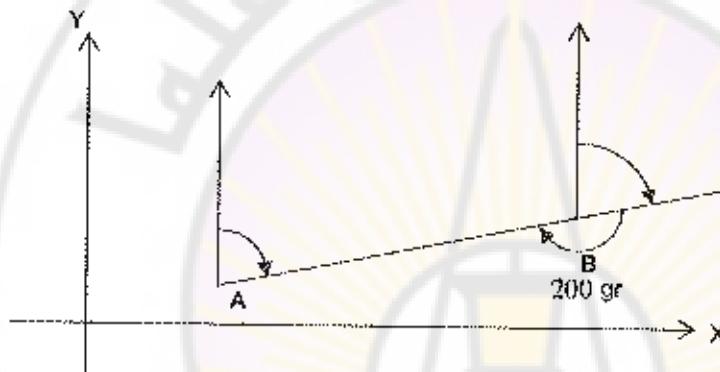
#### **- 1-3- الإحداثيات الفراغية:**

وتكون إضافة للإحداثيات المتعامدة، للنقطة لارتفاع، ويحدد لنا في المساحة منسوب أو ارتفاع النقطة عن سطح البحر وعن مستوى معين وتكون المحاور  $X, Y, Z$ ، متعامدة ومتقاطعة في المركز.

## 2- حساب السمت:

نعلم من الإحداثيات التربيعية أن محور  $Y$  باتجاه الشمال وبواسطة هذا المحور نستطيع توجيه أي خط على الخريطة وبالتالي حساب الزاوية السمتية لهذا الخط.

ليكن لدينا الخط  $AB$  والمطلوب توجيه هذا الخط وحساب الزاوية السمتية له.



الشكل رقم (9): حساب السمت

نقيم من النقطة  $A$  مستقيم يوازي محور  $Y$  ويكون الزاوية السمتية بين هذا الخط والخط  $AB$  وبحساب السمت العكسي لنفس الخط  $AB$  يكون:

$$\alpha_B^A = \alpha_A^B \mp 200^{\text{gr}}$$

حيث:

- (+) إذا كانت  $\alpha_A^B$  أصغر من  $200$  درجة

- (-) إذا كانت  $\alpha_A^B$  أكبر من  $200$  درجة

وإذا علم لدينا إحداثيات النقطتين  $B, A$  وطلب مما حساب سمت هذا الضلع  $AB$  فيكتفى أن نحسب فروق الإحداثيات:

$$\Delta X = X_B - X_A$$

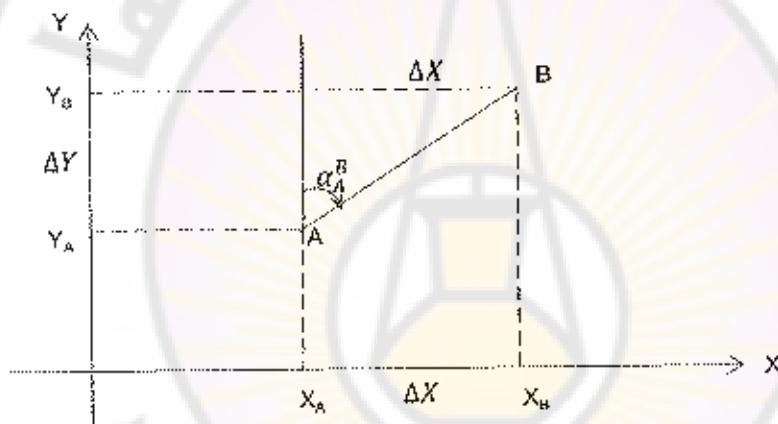
$$\Delta Y = Y_B - Y_A$$

$$\tan \alpha_A^B = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

وبالتالي:

$$\operatorname{tg}^{-1}(\alpha_A^B) = \alpha_A^B$$

حسب الشكل رقم (10):



الشكل رقم (10): حساب المسمت من الإحداثيات التربيعية

### -3-2 الخرائط والمقياس:

#### 1-3-2 - الخرائط:

الخريطة تمثل على مستوى لقطعة كبيرة أو صغيرة من سطح الأرض بكافة التفاصيل الموجودة عليها من طبيعية واصطناعية وينتقل إلى هذا التمثيل باختزال الأبعاد (أي المسافات) بموجب عامل يسمى المقياس.

والمقياس بالتعريف هو النسبة العددية الثابتة بين طول أي خط على الخريطة وبين نفس هذا الطول مقاساً على الطبيعة. ويمكن تصنيف العمليات الساحية حسب المقياس كما يلي:

1. العمليات الساحية ذات المقياس الكبير وتكون من  $\frac{1}{5000}$  إلى  $\frac{1}{200}$  وذلك لمخططات المدن والقرى، وللمشاريع الهندسية عامة.
2. العمليات الساحية ذات المقياس المتوسط وتكون بين  $\frac{1}{10000}$  إلى  $\frac{1}{20000}$  وتكون لمخططات المشاريع الكبيرة والمخططات الاقتصادية للمدن.
3. العمليات الساحية ذات المقياس الصغير وهي من  $\frac{1}{50000}$  إلى  $\frac{1}{100000}$  وتكون للخرائط ذات المقياس الصغير للدراسة، وتحديد المنشآت الاقتصادية بشكل عام.
4. العمليات الساحية ذات المقياس أقل من  $\frac{1}{100000}$  وتكون للخرائط الجغرافية وهي لا تعطي إلا إيضاحات عامة.

### 2-3-2 - النوع المقابيس:

منها العددية والتخطيطية.

#### 1-2-3-2 - العددية:

حيث يكون مقياس الرسم عبارة عن كسر صورته 1 وخرجه عدد مرات التصغير مثل  $\frac{1}{2000}$ ،  $\frac{1}{100}$  حيث أن كل وحدة على المخطط تقابل 100 وحدة على الواقع أو 2000 وحدة.

ولحساب المسافة بين نقطتين على المخطط يكفي أن نقيس المسافة بواسطة مسطرة ونضرب قيمة هذه المسافة بمخرج المقياس.

### 2-2-3-2 - الخطية:

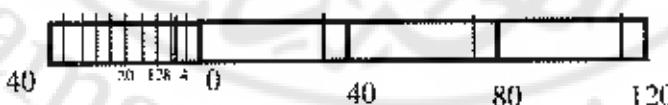
نظراً ل تعرض الخرائط للتمدد أو الانكماش أو للمؤثرات الخارجية فإن المقاييس العددية لا تعطي الدقة المطلوبة عند قياس مسافة على المخطط وتحويل هذه المسافة إلى المسافة المقابلة لها على الطبيعة.

لذلك تستخدم المقاييس التخطيطية لأنها تخضع لنفس ظروف الخريطة، وترسم عادة في أسفل المخطط وفائدتها أنها نستطيع قياس أي بعد على الخريطة وتحوilyها إلى بعد المقابل لها على الطبيعة دون عمليات التحويل الحسابية.

والمقاييس الخطية نوعان:

#### 2-2-3-2-1 - المقاييس الخطية البسيطة:

نرسم خطأً أفقياً ونقسمه إلى عدة أجزاء متساوية طول كل منها 2 سم ونقسم الجزء اليساري الأول من خمسة إلى عشرة أجزاء متساوية فمثلاً لمقاييس  $\frac{1}{2000}$  كل 2 سم تقابل 40 م وكل جزء من أجزاء القسم اليساري تساوي 4 م وهذا يتعلق بمقاييس الخريطة وتناسقها، يمكن تحويل المسافات من الواقع إلى ما يعادلها على المخطط دون عملية حسابية وبالعكس، حيث يتعرض المخطط إلى نفس تعرّض المسافات عليه لذلك يعطي دقة مقبولة في تحديد المسافات على المخطط وتحوilyها إلى الواقع وبالعكس.

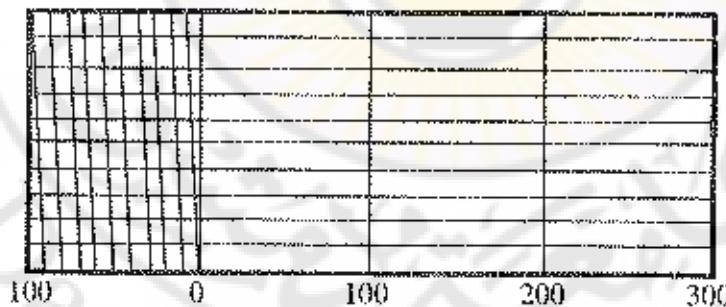


الشكل رقم (11): مقاييس خطية بسيطة

#### - 4-2-3-2 - المقاييس الخطي الشبكي:

في المقاييس الخطي البسيط لا يمكن تقسيم الأقسام الصغيرة إلى أقسام أصغر منها وأيضاً يتذرع تعينها بالطريقة العادسة البسيطة .. لذا نستعمل المقاييس الشبكي لبيان الأجزاء الصغيرة فمثلاً إذا طلب تصميم مقياس خطى شبكي بمقاييس  $\frac{1}{5000}$ : نرسم خطأً أفقياً ونقسم إلى أجزاء متساوية كل منها 2 سم ثم نقيم من هذه الأجزاء أعمدة طول كل منها 2 سم ثم نقسم العمود الأول والأخير إلى عشرة أجزاء ثم نصل بين هذه الأجزاء لتشكل لدينا 5 خطوط أفقيه موازية للخط الأفقي الأساسي، ثم نقسم الجزء اليساري الأول إلى 10 أجزاء من الأسفل والأعلى ثم نصل بين الصفر في الجزء السفلي للقسم اليساري مع التدرجية العلوية الأولى وهكذا ...

وبذلك نحصل على دقة كبيرة في المقاييس من حيث نحصل على تقسيم الجزء الصغير إلى عشرة أجزاء وبالتالي تزيد الدقة في تحديد المسافات على المسطوط ومعرفة ما يعادلها على الواقع وبالعكس.



الشكل رقم (12): المقاييس الخطي الشبكي

#### ٤-٢ صفات الخريطة:

(١) الدقة: وذلك ببذل عناء فائقة وقصارى الجهد في دقة الأعمال المساحية على الطبيعة وفي المكتب.

(٢) الأمان: وذلك بمسح جميع التفاصيل الطبوغرافية للأرض لاعطاء صورة صادقة وجيدة على الأرض ومعبرة عنها أصدق تعبير لن يؤدي المهمة التي من أجلها أنشئت الخريطة ولذلك يجب أن توجد في المساحة الصفات التالية:

١. سرعة البديهة ومهارة بدوية وعالية فائقة بالرسم.
٢. طبع مرن، تشفّف، واستعداد للعيش في الأرض بكل رضى وقبول.
٣. نظرية دقيقة لفهم تغيرات سطح الأرض.
٤. إخلاص وصدق في العمل لأن هذا العمل سيكون في متسلول الكثيرين المستفيدين منه.

#### ٥-٢ الوحدات المستخدمة في المساحة:

بالنسبة لقياس المسافات هناك المتر كوحدة أساسية لقياس وأجزاءه والتى هي د.سم، سم، مم ومضاعفاته والتي هي: د.م، م.م، كم.

أما بالنسبة لقياس الزوايا هناك الجملة الستينية حيث قسمت الدائرة إلى  $360^{\circ}$ ، فالزاوية المستقيمة  $180^{\circ}$  والقائمة  $90^{\circ}$ ، حيث كل  $1^{\circ}$  يساوي 60 دقيقة وكل 1 دقيقة تساوي 60 ثانية وبالتالي  $1^{\circ}$  يساوي 3600 ثانية.

وهناك الجملة المئوية حيث قسمت الدائرة إلى 400 غراد، فالزاوية المستقيمة 200 غراد والقائمة 100 غراد،  $1 \text{ غراد} = 100 \text{ من غراد} = 100 \text{ دقيقة مئوية}$ .

$$1 \text{ من غراد} = 100 \text{ ثانية مئوية. أي أن } 1 \text{ غراد} = 10000 \text{ ثانية مئوية.}$$

منظار التيفو مع خط الفقاعة الاسطوانية وأثناء القراءة ينتج خطًا يناسب، مع المسافة بين الجهاز والميرا (الشخص)، ويمكن تخفيف هذا الخطًا إلى أقل ما يمكن عند تصحيح القياسات واختيار طريقة القياس، فمثلاً عند التسوية المباشرة للشخص من الخطأ الناتج عن عدم توادي محور النظر للجهاز مع الفقاعة، نضع الجهاز في الوسط بين الشخص الأول والشخص الثاني.

### ٣-١-٣-٣- الأخطاء العرضية:

وهي تلك الأخطاء التي تنتج عن أسباب عرضية غير معروفة، فمثلاً لا نستطيع تحديد الخطأ الناتج عن الجهاز أو الخطأ الناتج عن التمرير والرصد.

### ٣-١-٣-٤- خصائص الأخطاء العرضية:

١. في سلسلة القياسات يكون عدد الأخطاء الصغيرة أكبر من عدد الأخطاء الكبيرة.

٢. نسبة احتمال وجود الأخطاء الموجبة والسلبية متساوية.

من هذه الخصائص تستنتج ما يلي:

١) عندما يكون هناك عدد غير محدود من القياسات يكون المتوسط الحسابي لمجموع الأخطاء العرضية يساوي الصفر.

٢) وعندما يكون هناك كمية محدودة من القياسات يكون المتوسط الحسابي من مجموع الأخطاء العرضية ينتهي نحو الصفر.

### ٣-٢-٣- القيمة الأكثر احتمالاً (الأقرب للقيمة الحقيقية)

إن القيمة المقاسة لا تكون لها غالباً قيمة حقيقة وذلك من تأثير الأخطاء العرضية لذلك لابد من التفتيش عن قيمة أكثر احتمالاً وأقرب إلى القيمة الحقيقة

والتي تكون المتوسط الحسابي من القياسات المتعددة لقيمة واحدة، فإذا قيئت قيمة ما عدد المرات  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  فيكون المتوسط الحسابي أو القيمة الأكثر احتمالاً:

$$X = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n}$$

وإذا وجد لدينا القيمة الحقيقة  $A$  فنستطيع حساب الخطأ الحقيقـي لـكل

قياس:

$$\Delta_1 = A - a_1, \Delta_2 = A - a_2, \Delta_3 = A - a_3, \dots$$

فـلو جـمعـنا المـعـادـلـات السـابـقـة يـنـتـج لـدـنـا:

$$[\Delta] = n \times A - [a]$$

نقـسـم عـلـى  $n$ :

$$A - \frac{[a]}{n} = \frac{[\Delta]}{n}$$

$$A - X = \frac{[\Delta]}{n}$$

ويـ بواسـطـة ذـلـك نـسـتـطـيع تحـديـد درـجـة دـقـة المـتوـسـط الحـاسـبـي، وـلـكـن وجـود الأـخـطـاء السـابـقـة وـالـمـوـجـبـة بـنـفـس الـاحـتمـال لـتـحـديـد الدـقـة فـي الـقـيـاس لا يـكـفـي تـحـديـد الخطـأ المـتوـسـط الحـاسـبـي لـذـلـك لـابـد مـن تـحـديـد الخطـأ المـتوـسـط التـرـيـبيـي.

الخطـأ المـتوـسـط التـرـيـبيـي: مـن أـجل أـن نـنـخـلـص مـن إـشـارـات الأـخـطـاء الحـقـيقـية نـرـبـع كـل قـيـمة خطـأ وـنـجـمـع هـذـه المـرـبـعـات وـنـقـسـمـها عـلـى عـدـدـها فـيـكـون المـتوـسـط الحـاسـبـي التـرـيـبيـي:

$$m^2 = \frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{n}$$

$$m = \pm \sqrt{\frac{[\Delta]^2}{n}}$$

### 3-3- الخطأ المتوسط التربيعي للمتوسط الحسابي:

الخطأ المتوسط الحسابي:

$$A - \bar{x} = \frac{[\Delta]}{n}$$

نربع الطرفين فيكون:

$$(A - \bar{x})^2 = \frac{[\Delta]^2}{n^2}$$

ولكي نحسب الخطأ المتوسط التربيعي للمتوسط الحسابي بدلالة  $[m]$

$$(A - \bar{x})^2 = M^2$$

$$\Rightarrow M^2 = \frac{[\Delta]^2}{n^2}$$

$$\Rightarrow M = \pm \sqrt{\frac{[\Delta]^2}{n^2}}$$

ولكن لدينا  $m^2 = \frac{[\Delta]^2}{n}$  بدلالة  $(m^2)$  نحسب قيمة  $M$ :

$$\begin{aligned} n^2 M^2 &= [\Delta]^2 \Rightarrow nM^2 = m^2 \Rightarrow M^2 = \frac{m^2}{n} \\ \Rightarrow M &= \pm \frac{m}{\sqrt{n}} \end{aligned}$$

ومنه نستنتج:

الخطأ المتوسط التربيعي لكل قياس

الخطأ المتوسط التربيعي لمتوسط القياسات  $= \pm \frac{1}{\sqrt{n}}$  الجذر التربيعي لعدد القياسات

### 3-4- الخطأ المتوسط التربيعي للفرق بين المتوسط الحسابي والقياسات:

غالباً ما تكون القيمة الحقيقية للقياسات غير معروفة ولذلك لا يكون لدينا

الخطأ الحقيقي، لذلك نحسب الخطأ المتوسط التربيعي لهذا الفرق.

فإذا قيست قيمة عدة مرات مثلاً  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  فإن المتوسط

الحسابي:

$$\bar{X} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n}$$

فنكون أخطاء الانحراف:

$$\bar{X}_1 - a_1 = d_1$$

$$\bar{X}_2 - a_2 = d_2$$

⋮

$$\bar{X}_n - a_n = d_n$$

نجمع هذه المعادلات فينتج لدينا:

$$n\bar{X} - [a] = [d]$$

نقسم على  $n$  عدد القياسات:

$$\bar{X} - \frac{[a]}{n} = \frac{[d]}{n}$$

ولكن:

$$\frac{[a]}{n} = \bar{X}$$

$$\frac{[d]}{n} = 0$$

فلو اعتبرنا القيمة الحقيقة ( $A$ ) نطرح منها ناتج القياسات  $\leftrightarrow$  الخطأ الحقيقي.

$$A - a_1 = \Delta_1$$

$$\bar{X} - a_1 = \delta_1$$

بالطريقة:

$$A - X = \Delta_1 - \delta_1$$

$$A - a_2 = \Delta_2$$

$$X - a_2 = \delta_2$$

$$A - X = \Delta_2 - \delta_2$$

$$A - a_n = \Delta_n$$

$$X - a_n = \delta_n$$

$$X - A = \Delta_n - \delta_n$$

ومن ذلك نستنتج:

$$\Delta_1 = \delta_1 + (A - X)$$

$$\Delta_2 = \delta_2 + (A - X)$$

$$\Delta_n = \delta_n + (A - X)$$

نربع هذه المعادلات فيتخرج:

$$\Delta_1^2 = \delta_1^2 + (A - X)^2 + 2d_1(A - X)$$

$$\Delta_2^2 = \delta_2^2 + (A - X)^2 + 2d_1(A - X)$$

$$\Delta_n^2 = \delta_n^2 + (A - X)^2 + 2d_n(A - X)$$

نقسم هذه المعادلة على :

$$\frac{[\Delta^2]}{n} = \frac{[\delta^2]}{n} + M^2 + \frac{2nm[d]}{n}$$

نعدم الحد الثالث:

$$m^2 = \frac{[\delta^2]}{n} + M^2$$

نعرف سابقاً أن:

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} \Rightarrow M\sqrt{n} = m$$

$$M^2 n = m^2$$

ومنه:

$$M^2 = \frac{m^2}{n}$$

نعرض بالمعادلة:

$$\Rightarrow m^2 = \frac{[d^2]}{n} + \frac{m^2}{n}$$

### 5-3 خطأ ناتج المجموع وناتج الضرب لقياس:

إذا قياس مسافة، وهذه المسافة تكون ناتجاً لعدة مسافات جزئية، فإن دقة

هذه المسافة تتعلق بدقة القياس (قياس المسافات الجزئية)، ولتكن لدينا المسافة:

$$AB = L_1, BC = L_2$$

إذا كان الخطأ في المسافة الأولى  $m_1$  وفي الثانية  $m_2$  فيكون الخطأ

الناتج:

$$\mp(m) = (L_1 \mp m_1) + (L_2 \mp m_2)$$

$$L = L_1 + L_2$$

$$m = m_1 + m_2$$

وبما أن الأخطاء ممكن أن تكون موجبة أو سالبة:

$$\text{بشكل عام } m = \pm \sqrt{m_1^2 + m_2^2} \text{ خطأ المجموع}$$

وإذا كان عدد كبير من المسافات الجزئية فإن خطأ المجموع:

$$m = \sqrt{m_1^2 + \dots + m_n^2}$$

وإذا كانت الأخطاء متساوية:

$$m_1 = m_2 = \dots = m_n$$

فإن:

$$m = \sqrt{nm_1^2}$$

أو:

$$m = m\sqrt{n}$$

: (I) مثال

	$a (m_r)$	$\delta cm$	$\delta^2 cm$
$a_1$	455.15	$\delta_1 = a_1 - X = -5$	25
$a_2$	455.25	$\delta_2 = a_2 - X = +5$	25
$a_3$	455.10	-10	100
$a_4$	455.30	+10	100
$X = \frac{[a]}{n}$	$X = 455.20$	$[\delta] = 0$	$[\delta^2] = 250$

$$S = X \mp M = 455.20 \mp 45 \text{ cm}$$

- المسافة التقريرية.

$$m = \mp \sqrt{\frac{[\delta^2]}{n-1}} = \sqrt{\frac{250}{3}} = \mp 9 \text{ cm}$$

$$M = \sqrt{\frac{[\delta^2]}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{250}{12}} = \mp 4.5$$

: (2) مثال

	$a (m_r)$	$\delta cm$	$\delta^2 cm$
$8^{\circ} 10' 10''$		+3''	9''
$8^{\circ} 10' 15''$		-2''	4''
$8^{\circ} 10' 05''$		+8''	64''
$8^{\circ} 10' 20''$		-7''	49''
$8^{\circ} 10' 15''$		-2''	4''
$X = 8^{\circ} 10' 13''$		$[\delta] = 0$	$[\delta^2] = 130''$

$$m = \mp \sqrt{\frac{130}{4}} = \mp 5.7''$$

$$M = \mp \sqrt{\frac{130}{20}} = 2.55''$$

$$B = 80^{\circ} 10' 13'' \mp 2.55''$$

## خطأ ناتج الضرب:

لقياس مساحة المستطيل نضرب الطول والعرض  $F = a \times b$  ، وفي

قياس  $a, b$  هناك خطأ  $m_a, m_b$  ومنه نكتب:

$$F \mp \Delta = (a \mp m_a) \times (b \mp m_b)$$

نفتح الأقواس فينتج لدينا:

$$F \mp \Delta = ab + bm_a + am_b + m_a m_b$$

نهمل الحد  $m_a m_b$  لأنه لا يؤثر على دقة القياس:

$$\Delta^2 = (bm_a + am_b)^2$$

نفك الأقواس ونهمل الحد الأخير:

$$\Delta^2 = a^2 m_b^2 + b^2 m_a^2 + 2bm_a \cdot am_b$$

نجد:

$$\Delta = \mp \sqrt{a^2 \cdot m_b^2 + b^2 m_a^2}$$

وأيضاً بواسطة الاشتاق نحصل على ذلك:

$$F = a \cdot b$$

نستنتج:

$$dF = b \cdot da + a \cdot db$$

نبذل قيمة المشتق بالخطأ المتوسط التربيعي لكل قيمة:

$$\Delta = amb + bma$$

$$\Delta = \mp \sqrt{a^2 mb^2 + b^2 ma^2}$$

إن تقدير الدقة للقياس بواسطة الخطأ المتوسط التربيعي تعطينا قيمة الخطأ

المقبول في القياس الخطأ الحدي، أي الخطأ المسموح به والمقبول.

### 3-6- مفهوم الوزن الوسطي:

إذا كان لدينا قياسات غير نظامية لقيمة معينة، فقيمتها الأكثر احتمالاً تكون غير دقيقة لو حسبنا المتوسط الحسابي من القياسات، لذلك يمكن أن يكون قياس دقيق وأخر أقل دقة ويجب أن يكون القياس الأكثر احتمالاً أقرب للقياسات الدقيقة من القياسات الأقل دقة.

إن درجة التأكيد من نتائج دقة القياسات تدعى (وزن القياس)، ومن القياس نجد أن دقة القياسات تكون أكبر كلما كان الخطأ المتوسط التربيعي أصغر، لذلك يمكن أن يكون الوزن متناسبًا عكسياً مع مربع الخطأ المتوسط التربيعي:

$$P = \frac{1}{m^2}$$

والمعروف لدينا أن دقة القياسات تتحقق إذا كثر عدد القياسات لذلك نجد أن الوزن متناسب طرداً مع عدد هذه القياسات،  
والوزن يعتبر عدداً نسبياً، فمثلاً لقياس كمية معينة قيست في المرحلتين الأولى خمس مرات وحصلنا على متوسط حسابي  $X_1$ ، وأيضاً قيست في مرحلة ثانية ثلاثة مرات وحصلنا على متوسط حسابي  $X_2$ ، وقيست في مرحلة ثالثة سبع مرات والمتوسط الحسابي  $X_3$ ، لذلك نجد أن  $X_3$  يكون الوزن فيها كبيراً = 5 ، ويكون المتوسط الحسابي لكل هذه المراحل:

$$X = \frac{X_1.5 + X_2.3 + X_3.7}{5+3+7}$$

في هذا المثال يعتبر الوزن يسلوي عدد القياسات في كل مرحلة، وأيضاً لو قيست قيمة وحصلنا على  $X_1, X_2, X_3$  متوسط حسابي لكل مرحلة وحصلنا في كل مرحلة على الخطأ المتوسط التربيعي  $m_1, m_2, m_3$  منها:

$$X = \frac{X_1 \cdot \frac{1}{m_1^2} + X_2 \cdot \frac{1}{m_2^2}}{\frac{1}{m_1^2} + \frac{1}{m_2^2}}$$

ومنها:

$$X = \frac{X_1 m_1^2 + X_2 m_2^2}{m_1^2 + m_2^2}$$

وبشكل عام:

$$X = \frac{X_1 \cdot P_1 + X_2 \cdot P_2 + \dots + X_n \cdot P_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n}$$

ملاحظة:

$$P = \frac{1}{m^2} \Rightarrow m^2 = \frac{1}{P} \Rightarrow m = \mp \frac{1}{\sqrt{P}}; M_X = \mp \frac{1}{\sqrt{\sum P}}$$

:مثال (1)

عدد القراءات	الوسط الحسابي
2	$34^\circ 41' 20''$
4	$34^\circ 41' 30''$
10	$34^\circ 41' 40''$

$$X = \frac{2 \times 34^\circ 41' 20'' + 4 \times 34^\circ 41' 30'' + 10 \times 34^\circ 41' 40''}{2+4+10} = 35''$$

$$B = 34^\circ 41' 35'' \mp 0.25$$

$$M_X = \frac{1}{\sqrt{16}} = 0.25$$

مثال (2):

الوسط الحسابي	$M_m^2$	$P = \frac{1}{m^2}$
1540.80	0.02	50
1546.70	0.03	33
1546.50	0.01	100

$$X = \frac{0.8 \times 0.02 + 0.7 \times 0.03 + 0.5 \times 0.01}{0.02 + 0.03 + 0.01} = \\ M_x = \frac{3}{\sqrt{183}}$$

مثال (3):

قيسَت زاوية خمس مرات قياسات غير نظامية، المطلوب: الخطأ المُتوسط

التربيعي للوسط الحسابي.

قيمة متوسط كل مرحلة	عدد المقياسات	$P_i$	الوزن	$\delta$	$P\delta$	$P\delta^2$
$30^\circ 8' 10''$	3	1	1	6	6	36
$6''$	9	3	3	2	6	12
$8''$	6	2	2	-4	-8	32
$0''$	15	5	5	4	20	80
$4''$	12	4	4	0	0	0
$X=30^\circ 8' 04''$				0		160

الخطأ المُتوسط التربيعي:

$$m = \mp \sqrt{\frac{160}{4}} = 6.3''$$

$$\frac{m}{\sqrt{n}} = M = \frac{6.3}{\sqrt{15}} = 1.6''$$

$$B = 30^\circ 8' 04'' \mp 1.6''$$

## **الفصل الرابع (التسوية)**

**4- التسوية:**

**1-1- تعريف التسوية:**

نوع من العلوم الطبوغرافية تبحث في البعد الشاقولي بين نقطتين أو أكثر على سطح الأرض، ومقارنة ارتفاعها وانخفاضها عن مستوى ثابت يدعى مستوى المقارنة.

**1-2- تعريف مستوى المقارنة:**

تتخذ كل دولة من دول العالم مستوى المقارنة خاص بها، تنسب إليه جميع الارتفاعات لنقطة أرضها، وفي سوريا اتخذ مستوى سطح البحر الأبيض المتوسط عند شاطئه كمستوى المقارنة.

**1-3- منسوب نقطة:**

البعد الشاقولي بين هذه النقطة ومستوى المقارنة، يعتبر المنسوب موجباً إذا كانت النقطة فوق مستوى المقارنة، وسالباً إذا كانت النقطة تحت مستوى المقارنة، ولابد لمعرفة منسوب هذه النقطة من عمل مسلك تسوية يبدأ من مستوى المقارنة وينتهي عند هذه النقطة مهما طالت المسافة بينهما، وتذليلاً لهذه المشقة تم إنشاء نقاط على سطح الأرض في جميع أنحاء القطر حسب مثاسبيها بدقة يرجع إليها عند الحاجة لمعرفة منسوب نقطة مجاورة.

**1-4- نقاط العلم "الروبرات":**

العلم قطعة حديدية ذات نموذج خاص توضع في الجدران أو في الأرض، ومستوي وجودها في الجدار أو الأرض يمثل منسوب نقطة العلم.

يُشترط في موقع العلام:

1. أن يكون ثابتاً.
2. في مكان يسهل الوصول إليه.
3. يضمن عدم تغيير موقع العلام على سطح الأرض.

#### ٤-٥-٤ أنواع التسوية:

لقياس بعد الرأسى بين نقطتين يمكن الاستعانة بطرق التسوية التالية:

##### ٤-٥-٤-١ التسوية الهندسية:

وذلك بالاستعانة بخط تسديد أفقى وشاحن مرقم ويدعى هذه الطريقة في الحياة العملية التسوية المباشرة.

##### ٤-٥-٤-٢ التسوية المثلثانية:

وذلك بالاستعانة بمسافة الأفقية والزاوية الشاقولية بين نقطة المركز والنقطة الثانية أو بالاستفادة من الشعيرات المائلة في الأجهزة التاكيومترية أو المحطات المتكاملة وتنسمى هذه التسوية التسوية غير المباشرة.

الطريقة غير المباشرة لقياس الارتفاعات - التسوية غير المباشرة هنا يقصد بهذه الطريقة التاكيومترية استخدام جهاز التاكيومتر إذ جرى رسم خطوط على لوحة المؤشر تمثل المعادلة الخاصة بفرق الارتفاع بين نقطتين وهي التالية:

$$\Delta H = D \times \cot B + J - S$$

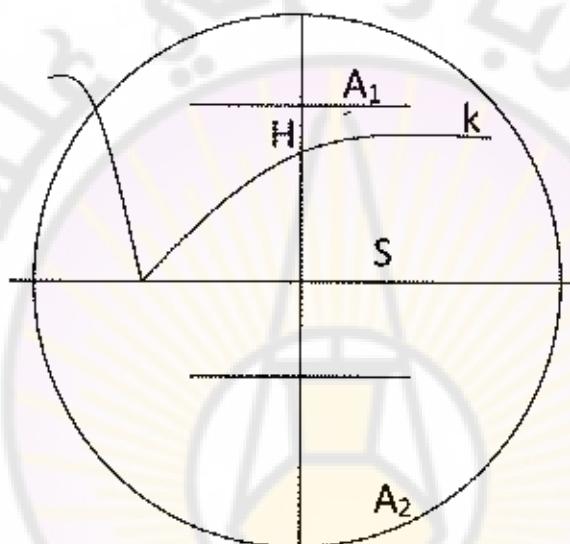
$\Delta H$  : فرق الارتفاع.

$B$  : الزاوية الشاقولية.

$J$  : ارتفاع الجهاز.

$S$  : ارتفاع الهدف أو القراءة بالخط الوسطي الأفقي.

حيث  $h$  البعد بين الخطين المرسومين على لوحة المؤشر عندما تكون الزاوية الشاقولية لمحور النظر هي الزاوية  $\alpha$ . عندما يكون محور نظر الجهاز أفقياً تكون قيمة  $h = h_1$  تساوي الصفر (انظر بحث التاكيومتر) وتنبهر الخطوط كما يلي في جهاز التاكيومتر من صناعة زايس:



الشكل رقم (13): خطوط المستابيمترية لجهاز زايس

والمسافة الفاصلة بين خط فرق ارتفاع  $H$  والخط الأساسي  $S$  إذا ما ضرب بالنسبة المكتوبة على الخط  $H$  يعطي فرق ارتفاع بين مركز الجهاز والذنطة على الميرا التي يمر منها الخط الأساسي  $S$  فتكون علاقة فرق ارتفاع:

$$\Delta h = (S - H)K + (J - S)$$

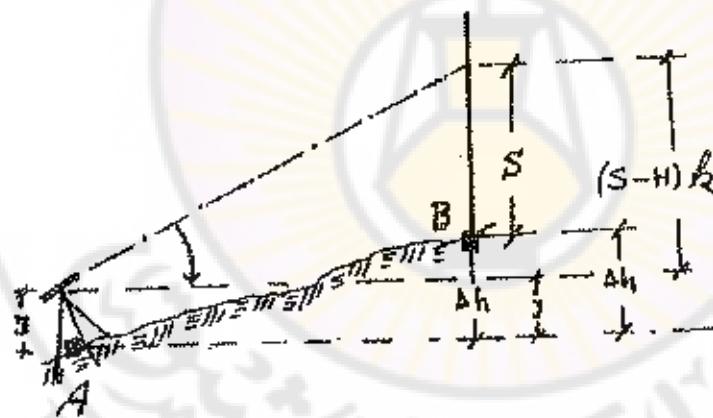
حيث  $(S - H)$  القراءة على الميرا عند الخط  $S$  والخط  $H$ .

ثابتة ارتفاع تكتب على الخط  $H$ .

J - ارتفاع الجهاز عن محور دوران منظار الجهاز عن الأرض أو النقطة التي يتم الرصد عنها.

S - القراءة التي تمثل ارتفاع خط النظر عن النقطة الثانية المرصودة.  
يُقاس ارتفاع الجهاز مباشرة عند وضعه فوق النقطة A وتحسب فروق الارتفاعات بين النقاط

في العادة، عند رصد الميرا يوضع الخط S على رقم يساوي ارتفاع الجهاز بحيث أن القيمة S تساوي القيمة (وبذلك يكون فرق الارتفاع بين النقطتين هو الفرق بين الخططين S و H مضروباً بالثانية K المكتوبة على خط H). وفياسات المناسب تعطي بعد رسماها شكل تصاريض الأرض:



الشكل رقم (14): قياس فرق الارتفاع لجهاز زايس

### 3-5-4- التسوية الفيزيائية:

ويستعمل بميزان الضغط الجوي حيث يمكن حساب فرق الارتفاع بين كل نقطتين متجلورتين مع الأخذ بعين الاعتبار درجة الرطوبة ودرجة الحرارة وبذلك نتوصل إلى حساب فرق الارتفاع بين نقطتين وبالتالي معرفة منسوب كل منها.

### 4-6- فوائد التسوية:

تفيينا التسوية في مختلف المشاريع العمرانية والصناعية والإنسانية وتلخص فيما يلي:

- (1) معرفة ارتفاع نقطة ما عن سطح البحر (أي عن مستوى المقارنة).
- (2) معرفة فرق الارتفاع بين نقطتين أو أكثر.
- (3) إنشاء ارتفاع معين لنقطة ما.
- (4) دراسة المقاطع الطولية والعرضية لمشروع ما.
- (5) دراسة شبكة خطوط الهاتف - الكهرباء - الصرف الصحي.....
- (6) دراسة كبس التربة (أي رصن التربة).
- (7) تفيد في معرفة مناسبات الأرض الطبيعية وذلك من أجل دراسات خطوط الري وشبكة الري بشكل عام.

### 4-7- أجهزة التسوية المباشرة:

تشمل أجهزة التسوية المباشرة:

1. آلة التسوية وتوابعها (جهاز الديفو).
2. شاحصاً مرفماً.

### 3. دفاتر التسوية

4. التوابع المختلفة (ركيزة الجهاز - باشماك - .....).

#### 4-1-7-4 - آلة التسوية (جهاز التيفو):

أداة لقياس فروق الارتفاعات بين نقطتين أو أكثر وتنالب في سبنها من منظار تلسكوبى مكبر للتسديد، وزينقية مثبتة على المنظار على أن يكون محور تسديد المنظار موازياً لمحور الزينقية فإذا تحققت أفقية الزينقية تحققت معها أفقية أنبوبة المنظار.

#### 4-2-7-4 - محور التسديد:

الخط اللواصى بين تقاطع الخطين المتعامدين والمحفورين على سطح قرص زجاجي يسمى حامل التشيرات وهذا مركب أمام عينية المنظار وبهذا المركز البصري للعدسات المحدبة والمجمعة وتسمى الشينية لأنها تقابل الشيء المرصود أو الجسم.

#### 4-3-7-4 - جهاز التيفو: يتتألف من قسم متحرك وقسم ثابت.

يتتألف القسم المتحرك من منظار يتحرك حركة أفقية فقط، وله بزال لربط الحركة الأفقية السريعة، ويزال آخر للحركة الأفقية البطيئة، وفي القسم المتحرك زينقية لتحقيق أفقية الجهاز ويكون ذلك بواسطة ثلاثة برالات موجودة في القسم الثابت المؤلف من قطعة معدنية مثلثية الشكل كما يوجد في هذه القاعدة فتحة محزنة لتثبيت قاعدة الجهاز بقاعدة الركيزة.

هذا بالنسبة للجهاز النصف آلى، أما بالنسبة للجهاز الآلى في مجرد ضبط القاعدة الدائرية فتضبط أفقية المنظار بشكلها الدقيق.

#### 4-7-4 - المنظار:

يتكون من عدسة جسمية أي شبيهة موجودة في مقدمة المنظار وفي المنظار عدسة عبانية في مؤخرته ويوجد حول هذا العدسة حلقة يمكن تحريكها لتوضيح الشعيرات المستadiميراية الموجودة في ساحة المنظار، كما يوجد على يمين المنظار بزال لتوضيح الرؤيا أي لتوضيح الهدف ضمن المنظار.

ويحمل المنظار في أعلى إشارات التسديد التقريري على الهدف بواسطة العين المجردة (الحدقة والشغيرة). أما بالنسبة لساحة المنظار فهناك شعيرتان أساسيتان أفقية وشاقولية، الشاقولية تستخدم لتنصيف الهدف، وتلثان شعيرات أفقية: الوسطى منها أساسية ونستخدم لقياس فرق الارتفاع والعلوية والسفلى ثالثة تستخدم لحساب المسافة الأفقية بين الجهاز والشخص المرقم.



جهاز التلپیو (عادی)



شكل (15) شخص مرقم

#### **4-7-5- الشاخص المرقم:**

يتتألف الشاخص من قطعة من الخشب بطول 2-4م، وعرض من 10-12 سم وسماكه 2-3 سم، وتتألف من قطعة واحدة أو حتى أربع قطع متصلة بعضها وتكون مقسمة إلى أمتار، يلوّن كل متر بلون معين، وكل متر مقسم إلى 10 دسم، وكل دسم مقسم إلى 10 سم، والملم يقدر تدبره.

يساعدنا الشاخص في حساب المسافة ولحساب فروق الارتفاعات.

#### **4-7-6- القاعدة (الركبة):**

وتتألف من قطعة معدنية بشكل مثلث أو دائرة ويكون الأرجل مربطة بها، وفي الركبة ثلاثة أرجل، كل رجل تتتألف من قسم ثابت وقسم متحرك، فينزلق القسم المتحرك ضمن القسم الثابت وذلك لتطويل أو تقصير الركبة بواسطة بزال خاص لثبت القسم المتحرك مع القسم الثابت ويوجد في أسفل الرجل غازر وداعس لثبيت الركبة في الأرض جيداً. ويوجد في القاعدة المعدنية بزال لربط الجهاز بالركبة.

#### **4-8- قياس المسافة الأفقية بواسطة جهاز التيفو:**

يتم قياس المسافة الأفقية في جهاز التيفو بواسطة الخطوط المستadiometria وأخذ القراءات على الميرا.

نضع الجهاز فوق النقطة الأولى ونتمرّكز فوقها بواسطة منظار التمرّك الضوئي، ثم نرصد النقطة الثانية ونأخذ ثلاثة قراءات التي تحددها الخطوط المستadiometria على الميرا الشاقولية الموضوعة على شاقولية النقطة الثانية، تكون القراءات  $a_1, a_2, a_3$ ، فتكون المسافة الأفقية بين الجهاز والميرا:

(أ) القراءات مأخوذة بالمتر:

$$(a_1 - a_2) \times 200 = (a_1 - a_3) \times 100 = (a_2 - a_3) \times 200$$

(ب) القراءات مأخوذة بالمليمتر:

$$\frac{(a_1 - a_2)}{10} \times 2 = \frac{(a_1 - a_3)}{10} = \frac{(a_2 - a_3)}{10} \times 2$$

فتنتيج المسافات بالمليمتر.

٩-٤ حالات قياس فرق الارتفاع بين نقطتين:

٩-٤-١- الحالة الأولى: التمركز بين النقطتين:

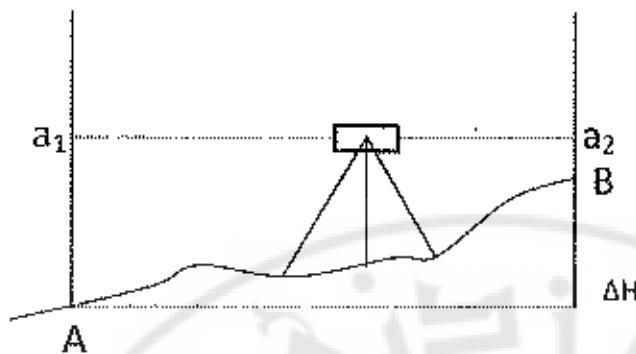
نضع جهاز التيفو بين نقطتين ونضبطه ونضع ميرا على النقطة الأولى بشكل شاقولي ونأخذ قراءة الخط الوسطي الأفقي ولنفرضه  $a_1$  ثم نضع ميرا على النقطة الثانية وندبر المنظار باتجاهها ونأخذ قراءة  $a_2$  فيكون فرق الارتفاع:

$$\Delta H = a_1 - a_2$$

فرق الارتفاع: هو البعد الشاقولي بين المستوى الأفقي المار بالنقطة الأولى والمستوى الأفقي المار بالنقطة الثانية.

القراءة الموجبة التي تدعى خلفية: هي القراءة التي تؤخذ بالخط الوسطي الأفقي على نقطة معروفة المنسوب.

القراءة السالبة التي تدعى أمامية: هي القراءة التي تؤخذ بالخط الوسطي الأفقي على نقطة مجهولة المنسوب.

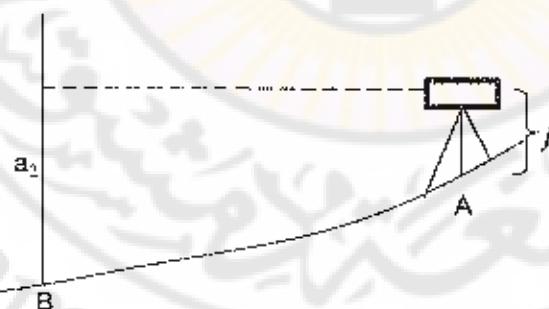


الشكل رقم (16): قياس فرق الارتفاع من الوسط

4-9-2 - الحالة الثالثة: التمرکز على إحدى النقطتين أو بالقرب من إحدى  
النقطتين:

نتمرکز فوق النقطة الأولى بواسطة خيط الشاقولي ونقيس ارتفاع الجهاز  $j$   
وهو بعد الشاقولي بين منتصف عينية المنظار ونقطة التمرکز على الأرض ثم  
نرصد النقطة الثانية ونأخذ القراءة الوسطى ويكون فرق الارتفاع بين النقطتين

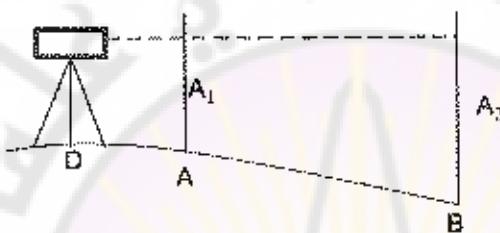
$$\Delta H = j - a_2$$



الشكل رقم (17): قياس فرق الارتفاع من إحدى النقطتين

في الحالة الأولى والثانية: المسافة قريبة ومجاالت الرؤيا بين النقطتين جيد، نمركز على النقطة (D) خارج النقطتين A و B ونقرأ القراءة على الشخص الموضوع على النقطة A ولتكن A<sub>1</sub> ثم نأخذ القراءة إلى B ولتكن A<sub>2</sub> ثم نطرح القراءتين A<sub>1</sub> من A<sub>2</sub> على الشخص في حالة وضعه على النقطة B.

أي: فرق الارتفاع .  $\Delta H = A_2 - A_1$



الشكل رقم (18): قياس فرق الارتفاع بالقرب من إحدى النقطتين

نضع الشخص ثم تؤخذ التسوية بشكل عام بالتمرکز على إحدى النقطتين أو الوقوف بالقرب من إحدى النقطتين من الجهازين ويحسب فرق الارتفاع من الجهة الأولى والجهة الثانية ويؤخذ فرق الارتفاع الوسطي ويضاف إلى منسوب النقطة الأولى فتحصل على منسوب النقطة الثانية.

#### 4-3-9-3-3- الحالـةـ الـثـالـثـةـ:ـ المسـافـةـ بـعـيـدةـ وـمـجاـلـ الرـؤـيـاـ /ـغـيرـ مـوجـودـ/ـ أوـ

/ضعفـاـ/ـ:

#### 4-3-9-4-1- شـبـكـةـ التـسـوـيـةـ المـفـتوـحـةـ

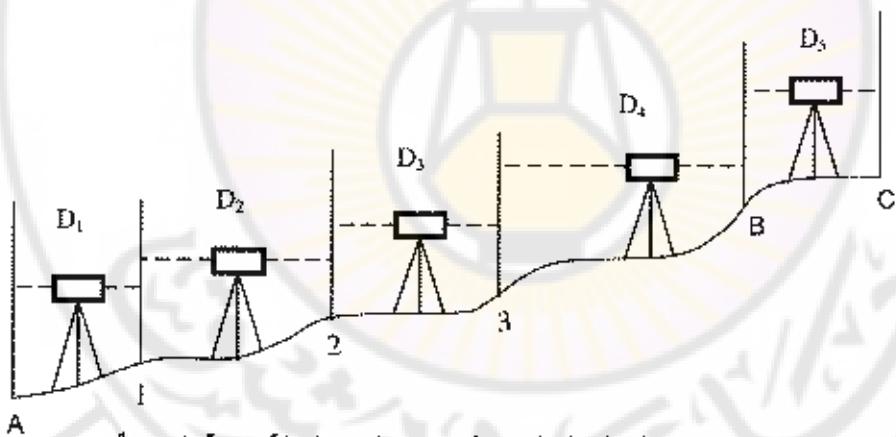
إذا كانت النقطة المطلوب حساب ارتفاعها على مسافة بعيدة من نقطة معلومة المنسوب، أو كان الانحدار شديداً بينهما فلابد من معرفة منسوب نقطتين أخرى مجاورة للنقطة مجهولة المنسوب، أي تختار عدة نقاط مساعدة وتحسب

منسوبها فيحسب فرق الارتفاع بين النقطة الأولى المعلومة المنسوب وبين النقطة المساعدة الأولى المجهولة المنسوب حسب الحالة الأولى لقياس فرق الارتفاع بين النقطتين ثم نحسب فرق الارتفاع بين النقطة المساعدة الأولى والنقطة المساعدة الثانية حسب الحالة الأولى وهكذا ... حتى نحسب منسوب النقطة المجهولة المنسوب ثم نتابع شبكة التسوية بنفس الطريقة حتى نقطه معلومة المنسوب المجاورة حتى تتأكد من صحة القياسات. ويكون الخطأ الناتج:

$$\begin{aligned} fh' &= Hc - Hc' \\ &= 0.01\sqrt{l} \end{aligned}$$

$$fh' = (0.05\sqrt{l}) \text{ أو } (0.03\sqrt{l})$$

حيث  $l$  المسافة بين النقطتين الأولى والأخيرة بالكم ويجب أن يتحقق  $fh \leq fh'$  وبعدها يوزع الخطأ.



الشكل رقم (19): قياس فرق الارتفاع بطريقة شبكة التسوية

رقم النقطة	فراءدة خلالية	فراءدة أمامية	فرق الارتفاع	المنسوب	المنسوب بعد التصحيح
<i>A</i>	$a_1$			$H_A$	
1	$a_1$	$b_1$	$\Delta H = a_1 - b_1$	$H_1 = H_A \mp \Delta H$	$H_1 = H_A + \Delta h_1$
2	$a_2$	$b_2$	$\Delta H = a_2 - b_2$	$H_2 = H_1 \mp \Delta H$	$H_2 = H_2 + \Delta h_2$
3	$a_3$	$b_3$	$\Delta H = a_3 - b_3$	$H_3 = H_2 \mp \Delta H$	$H_3 = H_3 + \Delta h_3$
<i>B</i>	$a_4$	$b_4$	$\Delta H = a_4 - b_4$	$H_4 = H_3 \mp \Delta H$	$H_B = H_B \mp \Delta h_B$
<i>C</i>	$a_5$	$b_5$	$\Delta H = a_5 - b_5$	$H = H_B \mp \Delta H$	
	$\Sigma a$	$\Sigma b$	$\Sigma \Delta H$	$H_c$	$H_C$

تصحيح المنسوب الناتجة حسب المسافات بين النقاط:

$$\Delta h_1 = \frac{f_h}{\sum D} D_1$$

$$\Delta h_2 = \frac{f_h}{\sum D} (D_1 + D_2)$$

$$\Delta h_3 = \frac{f_h}{\sum D} (D_1 + D_2 + D_3)$$

وهكذا ...

يجب التتحقق من نتائج الحسابات بحيث يكون:

(1) عدد الخلفيات = عدد الأماميات.

(2) مجموع الخلفيات - مجموع الأماميات = مجموع فرق الارتفاع =  
منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة.

$$\Sigma a - \Sigma b = \Sigma \Delta H = H_C - H_A$$

4-3-2- شبكة التسوية المطلقة (المضاعفة):

الخطأ الناتج  $f_h = H_A - H_A'$  حيث  $H_A'$  منسوب النقطة المعلومة أو  
المفروض ناقص منسوب نفس النقطة الناتج.

(1) تصحيح المنسوب

أ- إذا كانت المسافات متساوية أو متقاربة لكل نقطة:

$$\Delta f_{h_3} = \frac{f_h \times 2}{8}, \quad \Delta f_{h_2} = \frac{f_h \times 2}{8}, \quad \Delta f_{h_1} = \frac{f_h}{n=8}$$

$$Df_{h_3} = \frac{f_h \times 3}{n} = 8 : \text{عدد المسافات}$$

ب- إذا لم تكن المسافات متساوية:

$$Df_{h_1} = \frac{f_h}{\sum D} D_1, D_{h_2} = \frac{f_h}{\sum D} (D_1 + D_2),$$

ليكن لدينا منسوب نقطة معلومة ولتكن نقطة  $A$  وطلب منا حساب نقطة مجهولة المنسوب ولا يوجد نقطة معلومة بجوارها أقرب من النقطة  $A$  المعلومة. المسافة بين النقطتين طويلة، أو الانحدار شديد، فنسعى فينبعين بعده نقاط مساعدة وذلك للوصول إلى النقطة  $B$  ، ومن  $A$  حتى  $B$  وبواسطة جهاز التفاسير نحسب فروق الارتفاعات بين النقاط المساعدة ونحسب مناسباتها، حتى نحسب منسوب النقطة  $B$  المجهولة المنسوب ثم نتابع شبكة التسوية من النقطة  $B$  وكأنها معلومة المنسوب ونحسب منها منسوب النقطة  $A$  ، ولتكن  $HA$  فينتج لدينا منسوب النقطة  $A$  مغايراً ويختلف عن منسوبها المعطى فيكون الفرق بين منسوبها الناتج والمعطى هو الخطأ في شبكة التسوية أي  $f_h$ .

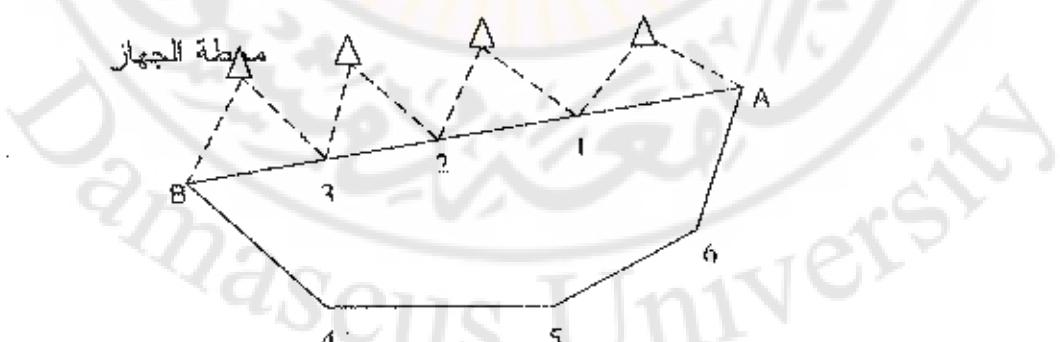
إذا كان هذا الخطأ أصغر أو يساوي الخطأ المسموح به، فيتوزع الخطأ على النقاط، وبذلك نفترض عن الخطأ أو نعيد شبكة التسوية. فإذا كانت المسافات بين النقاط متقاربة فتوزيع الخطأ بشكل متقارب وبشكل تراكمي وإذا كانت المسافات مختلفة بين النقاط فتوزيع الخطأ حسب طول المسافة وبشكل تراكمي أيضاً (الحالة 2) ويجب أن تتحقق من صحة الحسابات بحيث يكون:

أ) عدد الخلافيات = عدد الأمانيات

(2) مجموع الخلفيات - مجموع الأماميات = مجموع فروق الارتفاعات  
 منسوب النقطة الأولى - منسوب النقطة الأخيرة = 0 أو ضمن الخطأ  
 المسموح به.

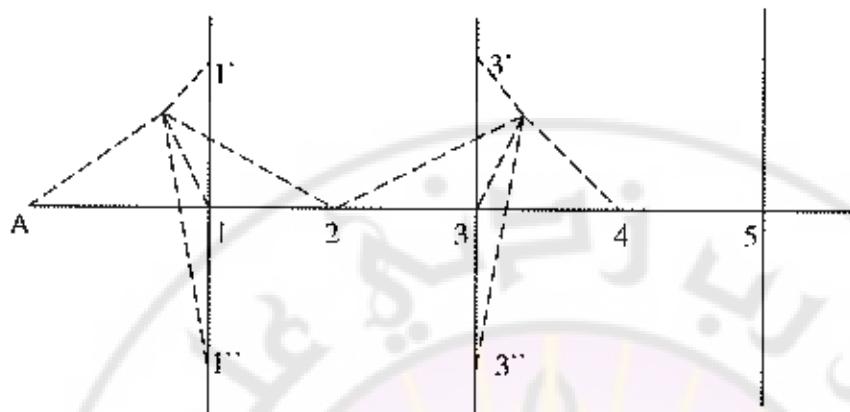
رقم نقطة الخطوة	فراغة الماء	فراغة الهواء	فرق الارتفاع	المسوب	المسوب بعد التصحيح
<i>A</i>	$a_1$			$H_A$	
1	$a_2$	$b_1$	$\Delta H_A^1 = a_1 - b_1$	$H'_1 = H_A \mp \Delta H_A^1$	$H_1 = H'_1 + \frac{f_h}{n}$
2	$a_3$	$b_2$	$\Delta H_1^2 = a_2 - b_2$	$H'_2 = H'_1 \mp \Delta H_1^2$	$H_2 = H'_2 + 2\frac{f_h}{n}$
3	$a_4$	$b_3$	$\Delta H_2^3 = a_3 - b_3$	$H'_3 = H'_2 \mp \Delta H_2^3$	$H_3 = H'_3 + 3\frac{f_h}{n}$
<i>B</i>	$a_5$	$b_4$	$\Delta H_3^4 = a_4 - b_4$	$H'_4 = H'_3 \mp \Delta H_3^4$	$H_4 = H'_4 + 4\frac{f_h}{n}$
4	$a_6$	$b_5$	$\Delta H_4^5 = a_5 - b_5$	$H'_5 = H'_4 \mp \Delta H_4^5$	$H_5 = H'_5 + 5\frac{f_h}{n}$
5	$a_7$	$b_6$	$\Delta H_5^6 = a_6 - b_6$	$H'_6 = H'_5 \mp \Delta H_5^6$	$H_6 = H'_6 + 6\frac{f_h}{n}$
6	$a_8$	$b_7$	$\Delta H_6^7 = a_7 - b_7$	$H'_7 = H'_6 \mp \Delta H_6^7$	$H_7 = H'_7 + 7\frac{f_h}{n}$
<i>A</i>		$b$	$\Delta H_7^A = a_8 - b$	$H'_A = H'_7 \mp \Delta H_7^A$	$H_A = H'_A + 8\frac{f_h}{n}$

تم إشلاق المسلاسلة على نفس النقطة التي انطلقنا منها في البداية للنقطة *A*.



الشكل رقم (20): شبكة التصويرية المعلقة

#### ٤-٩-٤ - طريقة منسوب سطح الجهاز (طريقة سطح الميزان):



الشكل رقم (٢١): مقطع طولي ومقاطع عرضية

عندما يطلب منا حساب مناسبات عدة نقاط من موضع واحد للجهاز كما في المقاطع الطولية والعرضية، حيث تتطلب دراسات بعض المشاريع الهندسية خاصة منها الممتدة طولياً مثل الطرق والسكك الحديدية ومشاريع السري والصرف وشبكات المياه ونقل القدرة الكهربائية والهاتف وأنابيب النفط ومشتقاته وحساب كميات الحفر والردم في هذه المقاطع الطولية والعرضية، أو في تسوية الأرضي عندما تقسم إلى مربعات، فتتعدد طريقة سطح الجهاز أسلوب الطرق لحساب مناسبات النقاط، فمنسوب سطح الجهاز يحسب من منسوب النقطة المعلومة + القراءة الخلفية على نفس النقطة المعلومة المنسوب ويرمز له  $H_r$ .

#### ٤-٩-٤-١ - المقاطع الطولية والعرضية

فلحساب مناسبات نقاط المقطع الطولي والمقاطع العرضية عليه؛ نأخذ قراءة على النقطة الأولى المعلومة المنسوب  $A$  وتسمى خلفية، ونأخذ قراءات متوسطة على المقطع العرضي أي  $(1'', 1')$  وقراءة أمامية على النقطة

(2) التي تدعى نقطة اتصال، فيحسب منسوب سطح الجهاز للوضع الأولي  $H_{j1} = H_A + a_1$  ومناسب النقطة المتوسطة التي أخذت من الوضع الأول وتحسب بطرح منسوب سطح الجهاز للوضع الأول من القراءات المتوسطة على هذه النقاط، ثم يحسب منسوب نقطة الاتصال (2) من منسوب سطح الجهاز في الوضع الأول - القراءة الأمامية على النقطة (2)، ثم ينقل الجهاز إلى موضع آخر بقرب المقطع العرضي الثاني وقرب المحور أيضاً ويأخذ قراءة خلفية على النقطة (2)، ومنها يحسب منسوب سطح الجهاز للوضع الثاني حيث منسوب سطح الجهاز للوضع الثاني يساوي إلى منسوب النقطة (2) + القراءة الخلفية على النقطة (2) وتكرر نفس العملية حسب الوضع الأول.

بالنسبة للأجهزة الحديثة الالكترونية المستخدمة في التسوية هي نفسها كالأجهزة العادية الأوتوماتيكية ولكن ملحقة ببرامج مثبتة عليها تقدير المسافة مباشرةً وفرق الارتفاع وتحسب المنسوب بشكل آلي (العمليات المساحية) استناداً للبرامج الملحة بها، والميرا تكون ميرا خاصة بها تعكس الأشعة.

جدول حساب مناسبات نقاط المقاطع الطولية والعرضية

النقطة	نقطة	نقطة	نقطة	منسوب سطح المgor	مناسبات نقطتين	ملاحظات
$A$	$a_1$			$H_{P1} = H_A + a_1$	$H_A$	ربيع، شويفه مطروح
1		$b$			$H_1 = H_{P1} - b$	
$\Gamma$		$b_1$			$H_1 = H_{P1} - b_1$	
$\Gamma'$		$b_1''$			$H_1'' = H_{P1} - b_1''$	
$\Gamma'''$		$b_1'''$			$H_1''' = H_{P1} - b_1'''$	نقطة احصل
2	$a_2$		$b_2$	$H_{P2} = H_2 + a_2$	$H_2 = H_{P1} - b_2$	
3		$b_3$				
$3'$		$b_3'$				
$3''$		$b_3''$				
$3'''$		$b_3'''$				
4	$a_4$		$b_4$	$H_{P4} = H_4 + a_4$		نقطة احصل
5		$b_5$				
$5'$		$b_5'$				
$5''$		$b_5''$				
$B$			$b_B$			

#### - 2-4-9-4 - طريقة شبكة المربعات:

هي أحسن العارق في الأراضي المستوية التي تختلف فيها مناسبات الأرض كثيراً في الأرضي المحددة المساحة غير الشاسعة كقطع الأرض الزراعية مثلاً ويستعمل فيها الميزان ويتم العمل وفق الخطوات التالية:

تخطيط القطعة المراد حمل ميزانية لها بشبكة من المربعات مكونة من خطوط طولية وخطوط عرضية وبذلك يأن يعين خططاً مثل آب، قريباً من حدود القطعة نفسه إلى أجزاء متساوية من 10 إلى 30 متراً أو أكثر حسب طبيعة الأرض والغرض الذي من أجله ستتحمل الخريطة.

إن أهم عامل يتوقف عليه ضلوع المربع هو أن تكون الأرض بين أركان مربع ممكناً أن تعتبر مستقيمة أي ذات انحدار منتظم بين كل ركنتين متجلزاً وربما ثم تقام أحدهما من نقطتين التسميم بأي طريقة (كالمثلث المساح، بالشريط أو السداقة الأفقية في بعض الموارد).

نضع الميزان في وضع ملائم ونأخذ القراءة روبر أو نقطة معلوم منسوبها أو نفرض منسوب أي نقطة في الأرض تعتبر القراءة عليها خلفية ثم نحسب منسوب سطح الجهاز من منسوب هذه النقطة + القراءة الخلفية عليها ونحسب المتناسب في المقاطع الطولية والعرضية بعد ترقيم روؤس المربعات. إذا كانت المتناسب بالنسبة لسطح البحر لا تهمنا وإنما المطلوب هو رسم خطوط الكونتور لبيان ارتفاعات النقط بالنسبة لبعضها البعض ثم نعين مناسبات أركان المربعات أعلاها كروكي للمنطقة مرسوم بها شبكة المربعات أو في جدول ميزانية ونسمي النقاط في اتجاه بحروف وفي الاتجاه الآخر بالأرقام وبذلك كل نقطة يمكن تسميتها بحرف ونقطة أو رقم متناسب حسب الجدول السابق.

**جدول حساب ملخص نقلة رؤوس المربعات**

النقطة	نقطة خلية	نقطة متوسطة	نقطة لكلية	مسوب مطلع الجهة	ملخص نقلة	ملاحظات
$A$	$a_1$			$H_{j1} = H_A + a_1$	$H_A$	رؤوس تسوية مطروحة منروض
1		$b_1$			$H_1 = H_{j1} - b_1$	
2		$b_2$			$H_2 = H_{j1} - b_2$	
3		$b_3$			$H_3 = H_{j1} - b_3$	
4		$b_4$			$H_4 = H_{j1} - b_4$	
5		$b_5$			$H_5 = H_{j1} - b_5$	
6		$b_6$			$H_6 = H_{j1} - b_6$	
7		$b_7$			$H_7 = H_{j1} - b_7$	
8		$b_8$			$H_8 = H_{j1} - b_8$	
32		$b_{32}$			$H_{32} = H_{j1} - b_{32}$	
33		$b_{33}$			$H_{33} = H_{j1} - b_{33}$	
34		$b_{34}$			$H_{34} = H_{j1} - b_{34}$	
35		$b_{35}$			$H_{35} = H_{j1} - b_{35}$	

5.01	5.50	5.03	5.20	5.02	5.03	5.06
7 4.94 4.92	6 4.90	5 4.92	4 4.95	3 4.95	2 4.99	1
8 4.85 4.90 21 20	9 4.94	10 4.93	11 4.92	12 4.90	13 4.92	14 15
22 35 35	23 34	24 33	25 32	26 31	27 30	28 29
4.72	4.7	4.76	4.80	4.89	4.85	4.85

0 مرجعية

#### - 10-4 - تعين خطوط الكونتور

تعين خطوط الكونتور حسب الفترة الكونتوريّة من واقع المناسب الموجودة عند الأركان ويتم رسم الخطوط بالحساب أو الرسم باعتبار أن الأرض منتظمة الانحدار بين كل نقطتين متجلورتين بإحدى الطرق التالية:

- طريقة الحساب: وهي وإن كانت طويلة إلا أنها تاسب بعض الحالات وأساسها التقسيم بالنسبة والتناسب ويمكن القول:

$$= \frac{H - H_{\min}}{H_{\max} - H_{\min}} \times L$$

بعد كونتورس عن نقطة الركن =

$$= \frac{H_{الطلوب} - H_{\min}}{H_{\max} - H_{\min}} \times L$$

$H_{\min}$  = طول الضلع بين طلوب  $H$  و

2. طريقة النسبة والتناسب بالرسم: وذلك بأن نقسم المسافة بين كل نقطتين  
بنسبة الفرق بين منسوبين نقطتين مع الفرق بين منسوب الكونسor  
المطلوب واحدتها بين النقطتين.

3. لحساب كميات الحفر والردم نحدد نحسب مناسب رؤوس المربعات ثم  
نأخذ نقطة اعتبارية نحسب منسوبها لتكون النقطة صفر. التي منها نحسب  
ارتفاع نقاط الرؤوس على الشكل التالي:  $b_0 = H_0 - H_{j_1}$  ثم نحسب فرق  
الارتفاع بين هذه النقطة الاعتبارية ونقطة رؤوس المربعات.

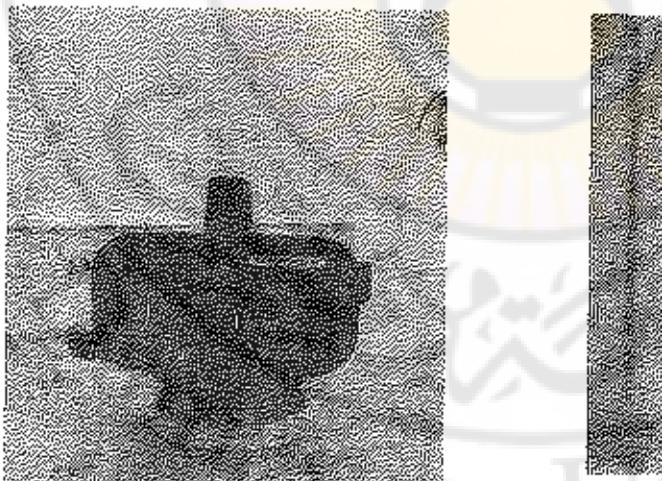
$$\Delta H_0^1 = H_1 - H_0$$

$$\Delta H_0^2 = H_2 - H_0$$

$$\Delta H_0^{35} = H_{35} - H_0$$

و هكذا لباقي الرؤوس. ثم نحسب كميات الحفر والردم فنكون مساحة  
المربع  $\times$  الارتفاع الوسطي لرؤوس المربعات عن النقطة الاعتبارية.

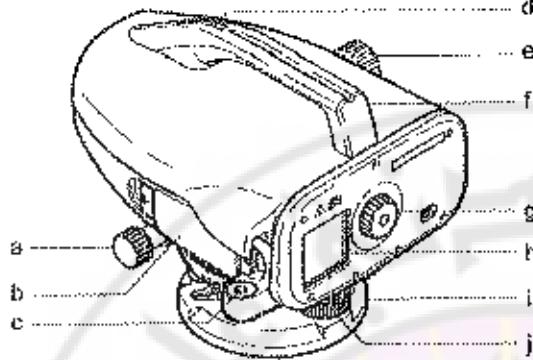
٤- ١- القياس بأجهزة التصويم الحديثة



ميرا الجهاز الحديث جهاز تيفو حديث

شكل رقم (22): المد ١ مع جهاز التيفو الحديث

#### ٤-١-١-٤- أجزاء الجهاز:



- (a) دو لاب لضبط الافقية .
- (b) مكان توضع البطارية.
- (c) دائرة ضبط المستوى.
- (d) محور تسدید الروبة.
- (e) دو لاب لضبط التركيز.
- (f) مقبض الحمل.
- (g) منظار.

شكل رقم (23): أجزاء جهاز التيفو الحديث

- (h) شاشة
- (i) قاعدة الجهاز.
- (j) دو لاب المستوى.

٤-١-٢- محتويات العلبة: الجهاز، بطاريات، مفتاح مسدس، دليل المستخدم،

ورقة الأخطاء ورسائل العمليات، حزام.

٤-٣- المدفقات: القاعدة، بطاريات قابلة للشحن، شاحن، مبرأ من الالمنيوم.

٤-٤- تحضير الجهاز للقياس:

تبديل البطاريات: ادخل أربع طاريات قياس AA وفقاً للأقطاب المرمرة على حامل البطاريات، استبدل دائماً بطاريات كاملة الشحن، لا تستخدم أبداً بطاريات قديمة وجديدة بنفس الوقت، لا تستخدم بطاريات من نوع مختلف أو قياس مختلف.

#### 4-11-5-تجهيز جهاز التيفو:

##### أ- التسوية

✓ انصب القاعدة وضع الأرجل على طول واحد وتأكد أن رأس القاعدة مستو.

✓ اغزر أرجل القاعدة في الأرض لضمان الثبات.

✓ وضع الجهاز على القاعدة واربطه مع القاعدة بواسطة بربغي موجود أسفل الجهاز.

✓ استخدم الدوليب الثلاثة الموجودة أسفل الجهاز لجعل فقاعة المستوى ضمن الدائرة.

##### ب-ضبط الرؤيا: Eyepiece Adjustment

سدد بواسطة المنظار إلى سطح مضاء بشكل جيد مثل حانط أو ورقة، أسر العينية حتى يصبح التصالب واضح بشكل جيد.

##### ت-التسديد على الهدف: target image focusing

استخدم محور تسديد الرؤيا لتنويم العدسة نحو الميرا.

أدر دولاب ضبط الأفقية حتى تصبح الميرا بجانب منتصف حقل الرؤيا  
عندها قم بتدوير دولاب ضبط

التركيز للتركيز على الميرا، تأكيد من وضوح الصورة والشبكة.

##### ث-تلبيحات تقنية:

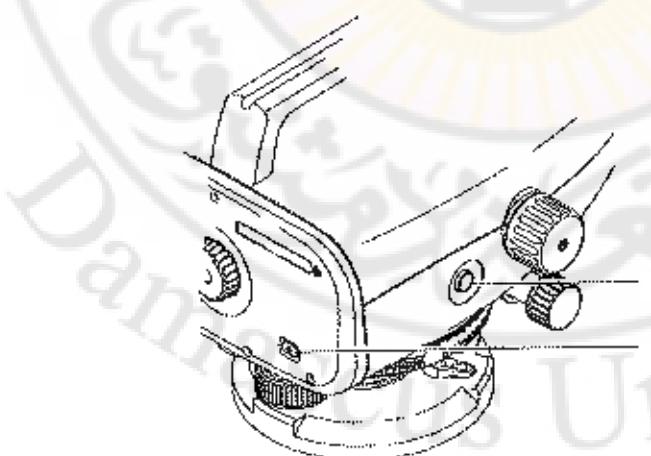
✓ أو لا تتحقق واضبط بصريا والكترونيا عدسة الرؤيا بعدها من فقاعة ضبط المستوى على الجهاز

✓ وتحقق من الميرا: قبل العمل في الحقل، بعد فترة تخزين طويلة، بعد عملية نقل طويلة.

- ✓ أبق العدسة نظيفة، الأوساخ والبخار على العدسة يقلل من أداء عملية القياس.
- ✓ قبل البدء بالعمل دع الجهاز يتكيف مع درجة الحرارة الحالية (دقيقتين لكل درجة في فرق درجة الحرارة).
- ✓ تحسب القياس خلال التوافذ الزجاجية.
- ✓ الميرا يجب أن تكون ممدودة كاملاً ومتينة جيداً عمودياً.
- ✓ قم باستخدام الخطاء بتغطية الهدف عندما يكون الضوء قوياً.
- ✓ قم بإضاءة مكان القياس الموجود بها الميرا بشكل جيد ومتجانس باستخدام مصباح أو ضوء كاشف في وقت الظلام.

#### الوضع: MODES

MEASUREMENT MODE	وضع القياس
ADJUSTMENT MODE	وضع الضبط
Battery icon at various capacities	رمز البطاريات بسماعات مختلفة
Measured staff height	قياس الارتفاع
Measured distance	قياس المسافة



شكل رقم (24): كيفية القياس بجهاز التيوفو الحديث

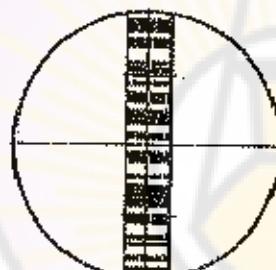
النقطة الوظيفية	الوظيفة الأولى	الرمز	المفتاح
-	تشغيل وطفاء الجهاز	( )	تشغيل لاطفاء(a)
كبس لمدة 3 ثوانٍ لبدء برنامج الضبط / التبديل نتيجة القيلس والضبط	زر القيلس / كيسة واحدة لوقف، نتيجة لتضليل	●	قياس(b)

الخطا الالكتروني العمودي يمكن أن يصحح بواسطة برنامج الضبط

#### 4-11-6- بدء العمل

دائماً مدد نحو منتصف الكود الموجود على الميرا وقم بضبط الصورة من

أجل قياس صحيح.

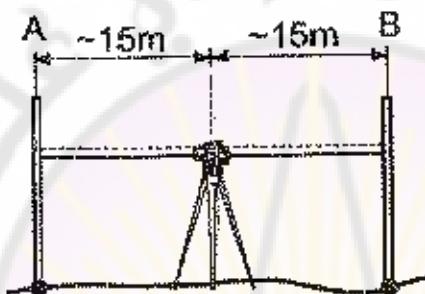


شكل رقم (25): ميراة جهاز التيفو الحديث

#### 4-11-1. قياس الارتفاع والمسافة:

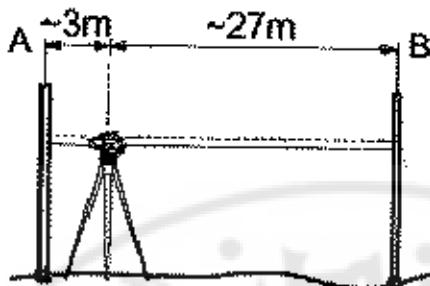
الخطوة	المفتاح	الوصف
1		اضغط لتشغيل الجهاز، شعار شركة ليسيا سينظير على الشاشة يتبعه حالة الاستعداد لقياس
2		سدد على الميرا وأضبط التركيز، كيسة خفيفة على زر القيلس لتفعيل القيلس
3		المسافة والارتفاع سينظيران على الشاشة

- 4-11-6-2. تحقق واضبط ضبط الكتروني للاقىفية  
لتفعيل برنامج الضبط اكبس واضغط لمدة ثلاثة دقائق مفتاح القياس.  
المرحلة الأولى: سدد على الميرا A واضغط على مفتاح القياس، سيظهر القياس،  
اكبس واضغط لثلاث ثوانٍ لقبول النتيجة.  
المرحلة الثانية: سدد على الميرا B واضغط على مفتاح القياس، سيظهر القياس،  
اكبس واضغط لثلاث ثوانٍ لقبول النتيجة.

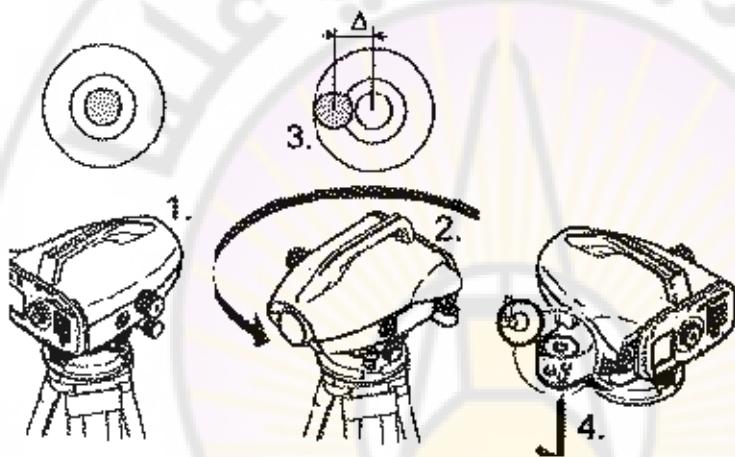


شكل رقم (26): طريقة قياس فرق الارتفاع من الوسط

- الآن انقل الجهاز نحو الميرا A على مسافة 3 متراً من الميرا.  
المرحلة الثالثة: سدد على الميرا B واضغط على مفتاح القياس، سيظهر القياس،  
اكبس واضغط لثلاث ثوانٍ لقبول النتيجة.  
المرحلة الرابعة: سدد على الميرا A واضغط على مفتاح القياس، «سيظهر  
القياس، اكبس واضغط لثلاث ثوانٍ لقبول النتيجة.  
الخطأ العمودي الألكتروني الجديد سيظهر، للقبول والتصحيح، اكبس واضغط زر  
القياس لثلاث ثوانٍ أو اكبس مرة واحدة لرفض النتيجة.  
الخطأ العمودي البصري يمكن أن يصبح بواسطة ضبط الشبكة.



شكل رقم (27): طريقة قياس فرق الارتفاع من الجانب

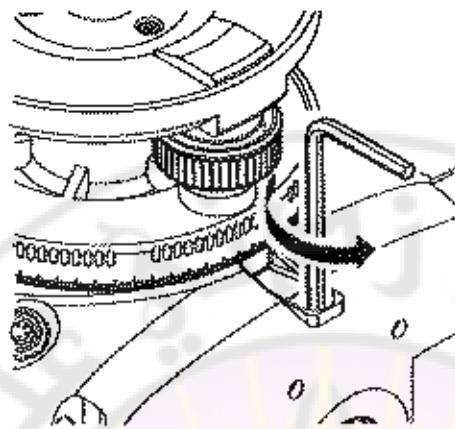


شكل رقم (28): كيفية ضبط الجهاز

#### دائرة ضبط المستوى

الخطوة	الوصف
1	مستويي الجهاز
2	أذر الجهاز 180 درجة
3	اجعل الفقاعة في مركز الدائرة إذا كانت ممتدة خارج نطاق الدائرة المركزية
4	صحيح نصف الخطأ بواسطة الفتاح المبسس
5	أعد العمليات من 1 إلى 4 حتى تصبح الفقاعة في مركز الدائرة في أي وضع تسليد

## الموازاة البصرية / ضبط الشبكية



شكل رقم (29): تتعديل فقااعة جهاز التليفو

الخطوة	الوصف
1	ادر. المفتاح المسدس حتى تبلغ قيمة التصميم
2	تحقق من العمودية

إذا تجاوز الخطأ في العمودية 3 مم لمسافة 66 م، العمودية تحتاج إلى ضبط



## الفصل الخامس

### الأجهزة المساحية

#### ٥- الأجهزة المساحية:

في هذا الفصل سيتم شرح الأجهزة المساحية بالشكل الذي ينطوي بالتفاصيل الداخلية للأجهزة أكثر منه فيما يتعلق بشكله الخارجي الذي سيتم التعرف إليه مباشرةً أثناء الدروس العملية، حيث أن شكل الأجزاء الداخلية وتفاصيلها لا تظهر. لكن لا بد من ذكر الأجزاء الظاهرة باختصار معين.

#### ٤-١- الشاخص أو الجالون



هو عبارة عن قصيب أو عصا من الخشب أو المعسدن (شكل 30) طوله يتراوح بين 150 سم إلى 250 سم وقطره 3-4 مم يستعمل لأغراض عديدة أهمها كإشارة يوضع فوق النقاط المرصودة بالأجهزة الضوئية لظهور النقطة ولقياس الزوايا. لهذا يلون بلونين الأبيض والأحمر أو الأسود وعلى مسافات بينهما مسافات 10 سم أو 15 سم أو 20 سم.

الشكل رقم (30)

#### ٤-٢- الميرا

مسطرة طولها متران أو ثلاثة أمتار أو أربعة أمتار يمكن طيها لتسهيل نقلها فتكون مكونة من طبقتين أو ثلاثة طبقات أو أربع طبقات (شكل 22). مقسمة

بصورة دقيقة إلى أجزاء المتر و تستعمل لدى أجهزة التاكيومتر والتيفو لقياس المسافات و فروق الارتفاعات كما سيمرا لاحقاً. تصنع و ترسم السنتمترات أو مجموع الخمسة سنتمترات بحيث تتم القراءة بسهولة و تزود بزئبقة كروية بحيث تبقى شاقولية عند وضعها فوق النقطة أو النقاط المرصودة (شكل 31). ويلون كل متر منها بلون أحمر أو أسود وذلك زيادة في الدقة أثناء قراءة الأرقام على العيادة.

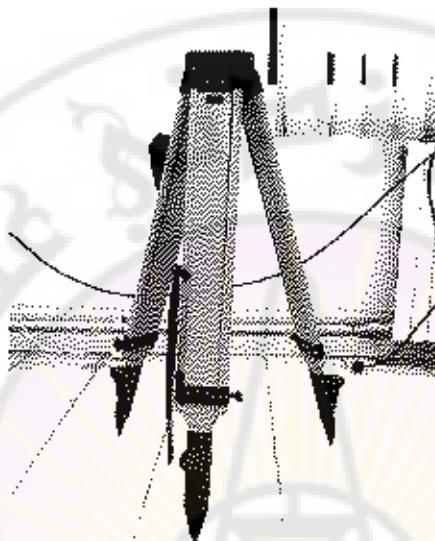


الشكل رقم (31): شاخص (الميرا)

### 3-3-5- ثلاثية الأرجل

تحمل الأجهزة المساحية الضوئية على قاعدة تسمى ثلاثية الأرجل (شكل 32) وهي عبارة عن قاعدة علوية معدنية متقوية الوسط لثبيت الجهاز عليها، لها ثلاثة أرجل منفصلة بحيث يمكن تغيير انحراف الأرجل حسب طبيعة

الأرض التي توضع فوقها الثلاثية الأرجل كما أن لكل رجل من الأرجل الثلاث مفصلًا في وسطها يساعد على زيادة أو إنفصال طول الأرجل.



الشكل رقم (32): ركيزة جهاز

#### 4-5-النظارة المساحية

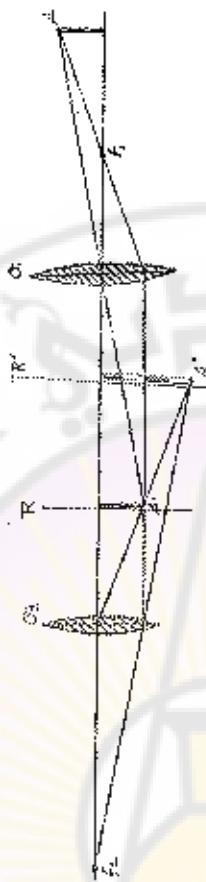
إن كل الأجهزة المساحية الضوئية أكانت تبود ولبيت أو تاكيمتر أو محطة مساحية (شكل 33) أو غيرها مجهزة بنظارة مساحية وهي عبارة عن منظار مثل المنظار العادي المستعمل لتكبير وإظهار الأجسام من بعد. وكذلك النظارات الفلكية كلها مجهزة بعدسات مختلفة تتألف جملتين ضوئيتين الأولى باتجاه الجسم وتسمى الجسمية والثانية عند العين الماظرة من خلال النظارة وتسمى العينية، ويمكن تعويض كل جملة بعدها واحدة وذلك بناء على قوانين العدسات الضوئية، لذا تسمى العدسة الجسمية أو العدسة العينية.



الشكل رقم (33) : جهاز التيودوليت

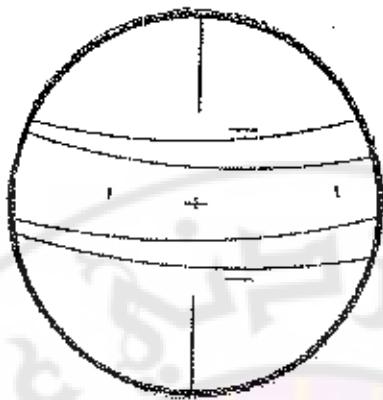
يكون الجسم عادةً بعيداً عن النظارة في مكان  $A$  بين محرك الجسمية  $f_1$  واللائحة  $\infty$  (شكل 34) فتشكل له الجسمية خيلاً حقيقةً صحيحاً وملوياً  $A'$  يجب أن يقع في المكان الذي يوجد فيه المحرك  $R$  أو المؤشر بحيث ينطبق خيل الجسم مع المؤشر حيث تشكل لهما العدسة العينية خيلاً وهمياً كبيراً  $R'$ .

$A''$



الشكل رقم (34): عدست جهاز التيلوبيون

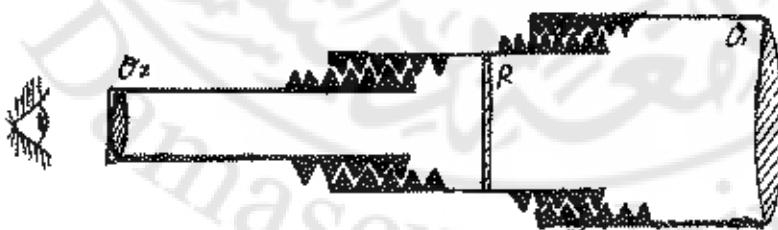
علماً أن المؤشر هو صفيحة زجاجية رسم عليها خطوط أهمها خطان متوازيان + أحدهما أفقي والثاني شاقولي (شكل 35) حيث أن نقطة التقاطع تمثل مع مركز العدستين المذكورتين سابقاً محور النظر.



الشكل رقم (35): خطوط المستadiمترية لجهاز التاكيمتر

#### عملية المطابقة (التحكم):

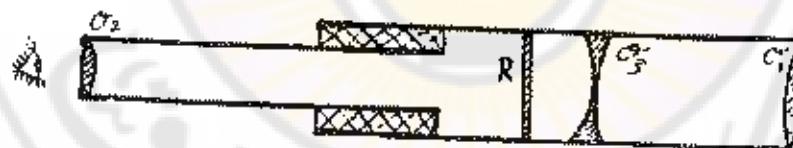
يجب تصور النظارة المساحية وهي مولفة من ثلاثة أجزاء أو ثلاث اسطوانات تحمل الأولى الجملة الجسمية وتحمل الثانية المؤشر وتحمل الثالثة الجملة العينية، بتحريك هذه الاسطوانات داخل بعضها يتم تغيير الأبعاد المناسبة للأبعاد المحرقية للعدسات بحيث تتم عملية المطابقة أو التحكم أو وضوح الأشكال والخيالات (شكل 36).



الشكل رقم (36): منظر الجهاز

بتحريك الاسطوانة حاملة العدسة العينية ضمن اسطوانة المؤشر يصبح خيال المؤشر  $R$  واضحاً، ثم بتحريك اسطوانة المؤشر داخل أو خارج الاسطوانة الحاملة للجسمية يتشكل لخيال صورة واضحة، هذه الحركة وعملية توضيح الخيالات تسمى عملية التحكيم أو المطابقة.

إن الأجهزة المساحية الحديثة لا يتغير طولها كما هو ظاهر أعلاه وإنما جرى استبدال ذلك بتحريك عدسات مقعرة إضافية (مبعدة) موضوعة في الاسطوانة الواحدة وهي اسطوانة الجسمية والمؤشر معًا بحيث تstem عملية المطابقة بتحريك العدسة المقعرة بدلاً من تحريك الاسطوانة لتغيير البعد المحرفي للجسمية كي يقع خيال الجسم في مستوى المؤشر ثم يظهر خيال الجسم والمؤشر وأصحاب من خلال العينية، إذا استبعض عن تحريك اسطوانة الجسمية بتحريك موقع العدسة عند إجراء عملية المطابقة (شكل 37).

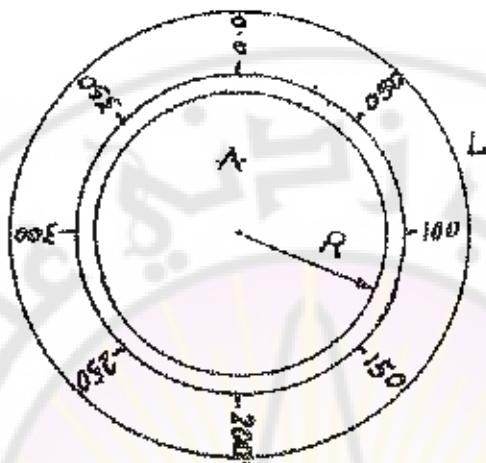


الشكل رقم (37)

### 5-5 - الدوائر المقسمة

بما أن الأجهزة المساحية تستعمل لقياس الزوايا بالإضافة إلى القياسات الأخرى تكون مزودة بقرص ثابت أو ذي حركة منفصلة عن حركة النظارة

المثبتة بقرص آخر يتحرك داخل القرص المقسم إلى تدرجات (360) أو (400) غراد (شكل 38).

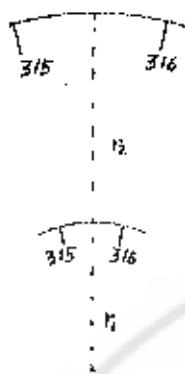


الشكل رقم (38): دائرة الزوايا

أي أن الدوائر المقسمة هي عبارة عن قرص يقسم إلى تدرجات زاوية وهي ثابتة عادة يتحرك داخلها قرص آخر  $A$  يعتبر جزء من المنظار أو مثبت معه وفي الرسم وضع سهم ليدل على اتجاه المنظار وبالتالي على الاتجاه المفروض على القرص المقسم، وبحركة المنظار إلى اتجاه آخر ترنسن قراءة الاتجاه الثاني. والزاوية ما هي إلا الفرق بين الرقمنين أي الفرق بين الاتجاهين. تكون الدوائر المقسمة أفقية تستعمل لقراءة الزوايا الأفقية (الاتجاهات الأفقية  $Hz$ ) أو تكون شاقولية لقراءة الزوايا الشاقولية (الاتجاهات الشاقولية  $V$ ). وتشتت الدوائر المقسمة أحياناً إلى  $limbe$ ، كما تسمى الدوائر أو الأقراص الحاملة للمؤشر بالأكيداد  $Alidade$ .

## ٥-٦- تقدير المتبقي:

المطلوب قراءة الاتجاه بدقة أي قراءة أصغر جزء ممكن من التقسيم. هذا يشير إلى إمكانية قراءة أجزاء التقسيم بسهولة أكبر كلما كانت المسافة الفاصلة بين كل تقسيمتين أكبر أي نصف قطر الدائرة المقسمة إلى أجزاء أكبر (شكل 39) حيث إذا ما قسمت هذه المسافة إلى أجزاء تدريج تكون المسافات الفاصلة بينها أكبر وتكون قرائتها أسهل وأدق. لكن ذلك يؤدي إلى كبر حجم الجهاز نفسه وهذا أمر غير مرغوب فيه فكلما كان حجم الجهاز صغيراً ويعطي الدقة التي يعطيها الكبير كانت الرغبة في الحصول عليه أكبر لأسباب كثيرة منها على الأقل أنه أسهل للنقل، لذا فإن الأجهزة حالياً تصنع بحيث يكون حجمها صغيراً أي أن القرص المقسم عبارة عن دائرة محاطها 400 ميليمتر أي أن المسافة الفاصلة بين تدريجيتين هي مليمتر واحد وهذا يعني أن محضي الدائرة 40 سم وبالتالي فإن قطرها قرابة 13 سم فيما لو أريست له أن تكون المسافة الفاصلة بين كل تدريجيتين 2 سم فالقطر سيكون قرابة 26 وهذا لمسافة 3 سم أو 4 سم، ولا يمكن تصور زيادة حجم الأجهزة بهذا القدر وإنما اتجه البحث عن طريق قراءة أجزاء الغراد أو الدرجة بطرق عديدة أدت إلى الهدف المقصود نذكر منها الفرنية ومجاهر القراءة.

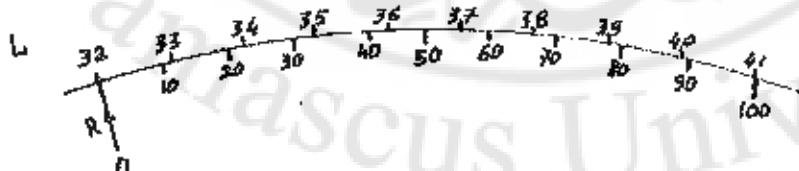


الشكل رقم (39): مجهز القراءة

#### 1-6-5 - الفرنية

هي الطريقة التي كانت مستعملة في أجهزة المساحة القديمة لتقدير أجزاء التقسيمات المسجلة على الدوائر المقسمة وأخر تلك الأجهزة جهاز سانجيه لسذلك يتم ذكر نظرية الفرنية ومبدأها باختصار (شكل 40).

يقوم مبدأ الفرنية على أن تؤخذ مسافة على القرص المقسم تفضل بين عدد من التدرجات (التقسيمات) ولسيكن  $1 - n$  تدرج وإذا كانت المسافة الفاصلة بين كل تدرجين هي  $v$  تكون المسافة المأخوذة هي  $(1 - n)v$  فإذا قسمت هذه المسافة عدد المؤشر على القرص الحامل للمؤشر، وباتجاه تزايد تدرجات القرص المقسم، إذا قسمت إلى  $n$  تدرج بحيث تكون المسافة الفاصلة بين كل تدرجين هي  $v$  أي أن المسافة المأخوذة هي  $nv$  أي أن:  $(1 - n)v = nv$ .



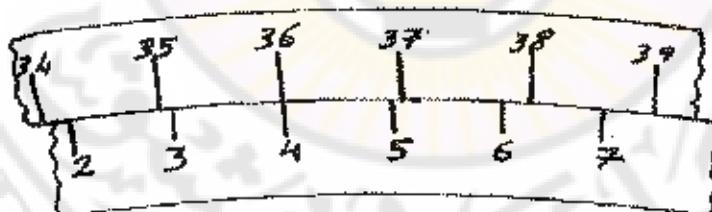
الشكل رقم (40): الفرنية

المطلوب حالياً معرفة لفرق بين التدريج على كل من السدائر المقسمة

وفرض المؤشر أي القيمة  $d$  هي:

$$d = L - V = L - \left(\frac{n-1}{n}\right)L = \frac{L}{n}$$

فإذا انتطبق مؤشر الصفر على التدريج يكون الرقم هو ذلك التدريج دون إضافة، أي القراءة على الشكل (41) هي نفس الرقم 32 غرارد، وإذا ما تحرك المؤشر باتجاه الرقم 33 وانتطبق التدريج الأول من القرنية مع التدريج التالي من القرص تكون القراءة هي الرقم الذي يدل عليه المؤشر (32) غرارد مضافاً إليه  $\frac{1}{n}$  وهو الفرق بين كل تدريجين، بما أن المسافة بين تدريجين على القرص المقسم هي 1 غرارد فيكون الجزء المتبقى  $\frac{1}{n}$  غرارد وتكون القراءة  $32.\frac{1}{n}$  غرارد، وهكذا إذا انتطبق التدريج الثاني يكون الجزء المتبقى  $\frac{2}{n}$  وفي الشكل (31) حيث انتطبق التدريج الرابع وبما أن  $n$  مأخوذة في الشكل (32) عبارة عن عشرة تقسيمات فإن القراءة تكون في هذه الحالة 32.40 غرارد.



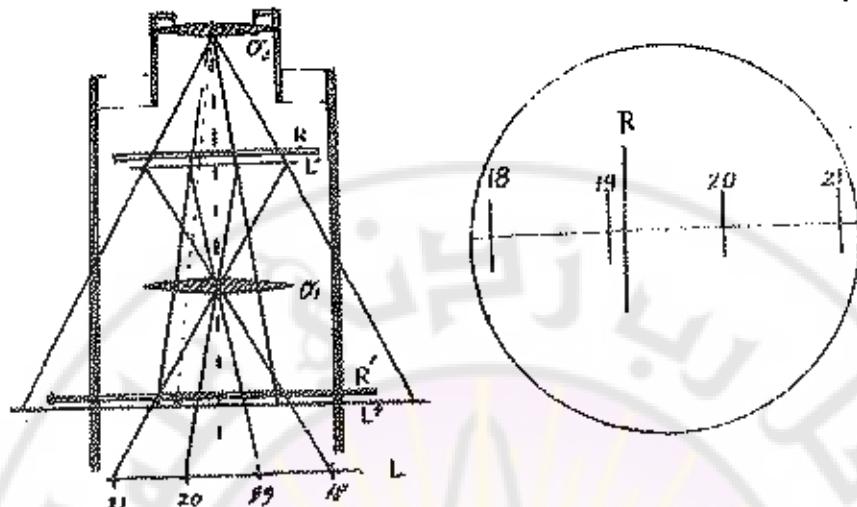
الشكل رقم (41): القراءة على القرنية

يلاحظ من العلاقة السابقة أنه كلما كبر عدد التدريجين المختار أي كلما كان أكبر الرقم  $n$  فإن القراءة تعطي أجزاء أصغر من الغرارد وهذا ما يعبر عنه أحياناً

بأن دقة القراءة أكبر . فإنه يتم قراءة جزء من مئة من الغرارد ، ولقد ذكر سابقاً أن المسافة بين تدريجات القرص المقسم هي ميليمتر أو ميليمتران لهذا لا يمكن للعينين المجردة تمييز الفرق بين خطيبين يفصل بينهما 0.01 مم أو 0.02 مم حتى ولا جزء من عشرة من الميليمتر . وإذا زوالت منطقة القرنية بمبكرة ضوئية لإظهار الخطوط بشكل أكبر وأوضاع إلا أن الصناعة يصعب عليها رسم الخطوط بهذه الدقة ، بل تظهر كثير من الخطوط وكأنها متطابقة مما يفقد الجدوى المرجوة من ذلك ألا وهي زيادة الدقة . لذلك فإن آخر الأجهزة التي استعملت فيها القرنية وهو المذكور أعلاه (سانجيه) استعمل قرنيتان متطابقتان إحداهما عدد التقسيمات فيها 50 (خمسين) والثانية المقابلة لها عدد التقسيمات فيها 10 (عشرة) يبين صورة تلك القرنيتات وهي مزودة بمكيرة لتسهيل القراءة ، ويلاحظ أن القرنية الأولى مؤلفة من تقسيمين أي لها صفران يفصل بينهما خمسة عشر غرارد ولستنا بحاجة إلى شرح تفاصيل جهاز سانجيه وأسباب تصنيعه بهذا الشكل ، وقد مر ذكره لأن آخر جهاز دخل غالباً أروقة المتاحف .

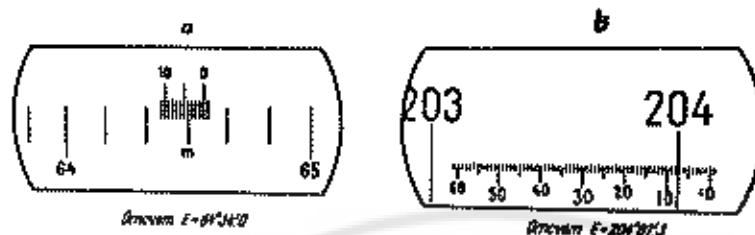
#### 5-6-2- مجهر القراءة

عبارة عن مجهر مكبر بطريقة ضوئية أي تستعمل فيه العدسات وهو كالنظارة المساحية مؤلف من عدسة جسمية يبعد عن القرص مسافة ثالثة أي عن التقسيمات المطلوب قراءتها لهذا لا لزوم لإجراء عملية المطابقة التالية لبعد الجسم وهو التقسيمات إذ أن هذه الناحية تتم بالتصنيع ومكونة أيضاً من عدسة عينية توضع في مكان مناسب من الجهاز ، غالباً قرب النظارة المساحية حيث تتم القراءة ، يمكن تمثيلها كما هو واضح بالشكل 42.



الشكل رقم (42): مجهر القراءة والقراءة عليه

إن العدسة الجسمية  $\theta_1$  تتشكل خيالاً حقيقياً مقلوباً لنقسامات القرص المقسم  $L$  ، يقع هذا الخيال  $L'$  في مستوى فيه صفيحة زجاجية حفر عليها مؤشر القراءة  $R$  ، وتقوم العدسة العينية  $\theta_2$  بتشكل خيال وهو كبير لنقسامات القرص  $L'$  وللمؤشر  $R$  فيظهر الخيال من خلال مجهر القراءة كما هو موضع في الشكل أعلاه. نتيجة لعملية التكبير هذه يمكن قراءة أجزاء التدرجات بتقدير متناسب مع مقدار تكبير الجزء المقسم الظاهر خلال مجهر القراءة. لزيادة الدقة أو لقراءة أجزاء أكثر فقد جرى حفر جزء على لوحة المؤشر خط آخر يبعد عن الأول مسافة تساوي المسافة الفاصلة بين مقطعين أو تدرجين من تدرجات الدائرة المقسم في حالة خيالها  $L'$  كما حرفت نقسامات بينهما عددها عادة مئنة قسم بحيث يمكن قراءة جزء من النقسامات كما هو واضح في الشكل 4.3.

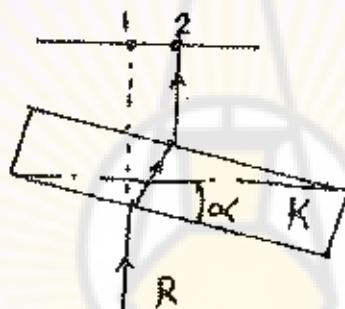


الشكل رقم (43): القراءات على الأجهزة

يرى أن الجزء الممكн قراءته بهذه الطريقة هو جزء من مئنة إلا أن الأعمال المساحية تتطلب دقة أكبر تصل إلى قراءة الجزء من عشرة آلاف 0.0001 من التقسيمات وربما أقل من ذلك. لتحقيق ذلك ثم الوصول إلى طريقة أو طرق وذلك بزلاق المؤشر  $R$  إلى أن ينطبق مع الرقم تم قراءة مقدار الانزلاق هذا بشكل أدق من الطريقة السابقة الموضحة في الشكل (43) أي أن يكون الانزلاق بحركة لولبية يمكن تسجيلها على قرص أو ما شابه بالشكل الذي يساعد على قراءة جزء من عشرة آلاف من المسافة الفاصلة بين تدريجين غير أن هذه الطريقة واجهت صعوبة في التصنيع إذ إن الحركة الميكانيكية إن تمت لا تدوم طويلاً خاصة وأن الدقة المطلوبة كبيرة بهذا الشكل المذكور أعلاه. لذا تم تصميم الأجهزة بعد ذلك بزلاق خيال المؤشر نفسه بدلاً من زلق الزجاجة الحاملة له أي أن يتم تحريك الخيال بواسطة صفيحة متوازية الوجهين أو بواسطة المؤشر ذي الزاوية الصغيرة والمبدأ هو التالي:

إذا وضعت صفيحة متوازية الوجهين  $K$  في طريق خيال المؤشر  $R$  فإنه يخترقها دون أن ينحرف وذلك فيما إذا كانت الصفيحة عمودية على شعاع الخيال ويظهر الخيال في النقطة 1 (شكل 44). إذا تحركت الصفيحة المتوازية

الوجهين بزاوية ما، وبما أن قرينة انكسار الصفيحة  $n$  يختلف عن قرينة انكسار الفراغ الماء منه الشعاع فإنه ينكسر داخل الصفيحة ويظهر الخيال في النقطة 2 بانزلاق هو المسافة بين النقطتين 1 و 2 وهذه المسافة معروفة وتاتي لسمك الصفيحة وقرينة انكسارها ومقدار الزاوية التي تصنعها  $\alpha$ . يتم تحريك الصفيحة المتأذية الوجهين بواسطة لولب خاص بذلك ويسجل مباشرة داخل المجهر مقدار هذا التحريك محولاً إلى أجزاء من ألف أو عشرة آلاف من المسافة الفاصلة بين تدريجين من تدريجات الفرص المقسم وكما يظهران من خلال منظار القراءة.

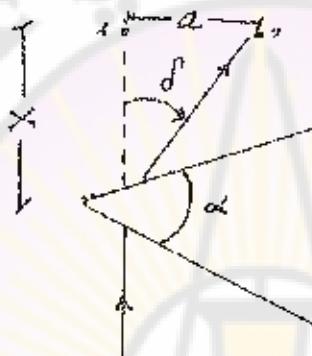


الشكل رقم (44): كيفية انزلاق الشكل

بالنسبة للموشور ذي الزاوية الصغيرة فال فكرة نفسها فالموشور ذو الزاوية الصغيرة  $\alpha$  وقرينة انكساره  $n$  يحرف الشعاع بزاوية ثابتة مقدارها  $\delta$  بحسب العلاقة التالية:

$$\delta = (n - 1)\alpha$$

هذه القيمة تنقل الشعاع (خيال المؤشر) من النقطة 1 إلى النقطة 2 مسافة قدرها  $a$  متتناسبة مع بعد المؤشر عن مكان تشكل الخيال  $X$  لذا يتم تحريسك المؤشر إلى أن ينطبق خيال المؤشر مع خيال الرقم المكتوب أي رقم القرص المقسم وذلك حسب مبدأ تشابه المثلثات. تتم العملية هذه أيضاً بواسطة بزالة خاص بحيث يتم تسجيل هذه المسافة  $a$  كأجزاء من عشرة آلاف من المسافة الفاصلية بين تدريجين.



الشكل رقم (45): موشور ذي الزاوية الصغيرة

سيتم التعرف على ذلك بصورة عملية خلال الدروس العملية لأن مختلف أنواع الأجهزة تختلف في طرق تسجيل هذا الجزء وعملية المطابقة المستكورة أعلاه.

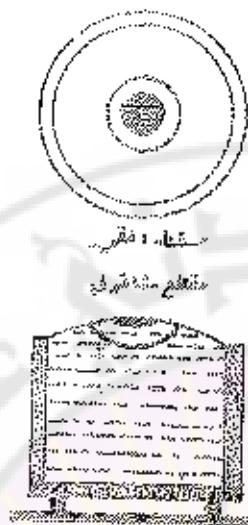
#### 7-5 - الزنبقيات

تسعى في بعض المراجع العربية الميزان وتجهز بها أجهزة المساحة لكي تأخذ هذه الأجهزة الوضع الأفقي في كل الاتجاهات أو تزود بها الشواخص أو المير لكي تأخذ وضعها الشاقولي.

تعتمد الزنبقيات على توازن السوائل والغازات، وتقسم إلى نوعين هما  
الزنبقيات الكروية والزنبقيات الأنبوية.

### ١-٧-٥ - الزنبقية الكروية

وعاء اسطواني قاعدته عبارة عن مستوىً أفقى وخطاؤه العلوي عبارة عن قطعة كروية (سطح كروي). حساسية الزنبقية تابعة لنصف قطر السطح الكروي. يحوي هذا الوعاء سائلًا كالكحول أو الأثير أو الزنبق مع فقاعات من بخار السائل أو الهواء شكل (صفحة 46) عندما تدخل الفقاعة ضمن دائرة مرسومة في قمة السطح الكروي بحيث أن مستوى هذه الدائرة متساوى لقاعدة الوعاء المستوي، عندما تدخل الفقاعة ضمن الدائرة تكون الزنبقية في وضع أفقى أي أن مستوى قاعدتها أصبح مستوىً أفقياً، وبمعنى آخر فإنه المستوى المماس للسطح الكروي في قمته موازٍ لقاعدة الزنبقية يأخذ الوضع الأفقي عندما يكون مماساً في نفس الوقت لقمة الفقاعة ويكون السطح الموضوعة فوقه الزنبقية أفقياً ويكون المستقيم العمودي على قاعدة الزنبقية وبينس الوقت على المستوى المماس للسطح الكروي في قمته يكون المستقيم شاقوليًّا. تستخدم الزنبقية لجعل المستوى أفقياً في بعض الأحيان كما توضع على الميرا والشواحن لتأخذ هذه الأجهزة الوضع الشاقولي عند استعمالها. حساسية الزنبقية الكروية عادة أقل من حساسية الزنبقية الأنبوية.

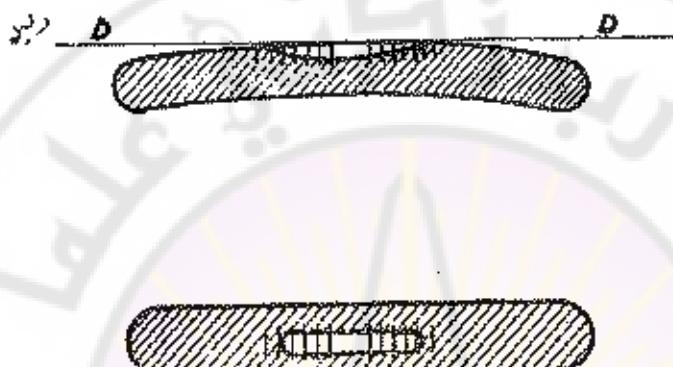


الشكل رقم (46): لزنيقية المروبة

### ٥-٧-٣ - لزنيقية الأكروبية (الحلقية)

هي عبارة عن جزء من الأدبوب زجاجي ذكري (الشكل رقم 47) له نصف قطر  $R$  أي نصف الحلقة التي يشكلتها الأدبوب لو كان كاملاً تكون متساوية الزينقية تابعة له (كما سمعت قريراً) كذلك فإن هذا الأدبوب مليء بسائل ماء مع فقاعات بخار السائل أو الهواء، ويكون داخل حلقة لحمة لزنيقية وهي تكون قادرة هذه العلبة بشكل مستقر، كما أن المستقيم المماس للزنيقية فسي متخصصها يكون موازياً لقاعدتها ويدرج الأدبوب على جانبي الزنيقية بخطوط متصلية بعيداً تسئلل شالياً على متساوية لزنيقية ويسمى المستقيم المماس للزنيقية في وترها بـ الدليل الزينقية، عندما تكون قاعدة لزنيقية أفقية أي عندما يكون الدليل أفقياً فإن العلبة تكون ثابتاً، لكن هذه لزنيقية متساوية أيضاً للدليل ويقال بذلك إن الفرق بين حديها

أي بين خطيين متاظرين بالنسبة لمنتصفها وهى الخطوط المرسومة على الزئبقية والمذكورة سابقاً وهذا يعني أن الدليل أفقى وبالتالي فإن قاعدة الزئبقية أي أن الاستقامة الواقعه بملامسة قاعدة الزئبقية أفقية وهي الاستقامة التي يطلب أن تكون أفقية أو موازية لدليل الزئبقية الأفقى.



الشكل رقم (47): الزئبقية الأبوبية (الحلقة)

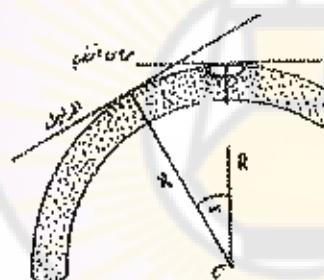
توضع الزئبقية الحلقية أحياناً بشكل يمكن تحريكها حرفة بطيئة لتكون بين حدتها وذلك في أجهزة التيفو حيث المطلوب عند القراءة أن يكون خط النظر للجهاز أفقياً تماماً وكذلك عند قراءة الزوايا الشاقولية على القرص المقسم الشاقولي والذي يجب أن يكون وضع القرص تماماً أي الخط الواصل بين الترميمين مئة عراد وثلاثمائة عراد يجب أن يكون أفقياً تماماً.

تكون هذه الأجهزة مزودة بزئبقية حلقة مزودة بموشورين قائمين أو بمراتين  $r_1$  و  $r_2$  كما في الشكل (47) توضع المراتن في نفس المستوى (ورسمتا بمستويين مختلفين لتوضيح الرسم) وكل منها يعكس قسماً من الزئبقية أي النصف العلوي  $r_1$  أو السفلي  $r_2$  وذلك بمنطقتي حدي الزئبقية على التوالي

وكلتا المرأتين تصنع زاوية قدرها 50 درجة مع الشعاع الوارد من طرف الزنبقية ثم بانيكاسات أخرى مشابهة يظهر طرفا الفقاعة متلاصقين حيث أن الفقاعة عندما تكون في منتصف الزنبقية يظهر طرفاها وكأنهما يرسمان قطعاً كاملاً، وإذا كانت الفقاعة تمثل إلى جهة اليمين أو جهة اليسار فيظهر الشكل كما هو يوضح على جنبي الشكل المذكور أعلاه، وعدها بواسطة اللولب الخاسن بذلك تعداد الفقاعة إلى وسط الزنبقية وبالتالي يتحقق المطلوب وهو أفقية الجهاز أو الفرض المقصود.

### 5-7-3- حساسية الزنبقية المخلفية (الأنبوبية)

هي الزاوية اللازمة لانتقال الفقاعة داخل الأنابيب الخلفي مسافة معينة توحد عادة ميلمتر واحداً.



الشكل رقم (48): يوضح قياس حساسية المخلفي

إن مقدار انتقال الفقاعة مسافة ما  $S$  على محيط الدائرة تابع لنصف قطر لولب الأنابيب  $R$  أي:

$$S = R \cdot \alpha \quad \alpha = \frac{S}{R}$$

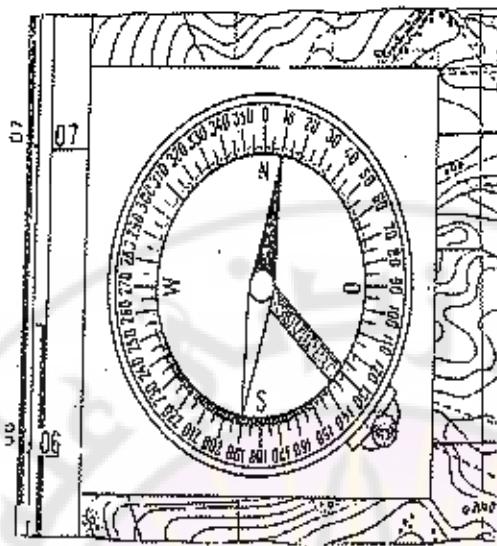
لذا فإن الزاوية التي تتحصل مسافة ميلمتر على بعد على الأنابيب المخلفي هي:

$$\varepsilon = \frac{3,141592}{R}$$

يلاحظ أن هذه الزاوية متناسبة عكساً مع نصف قطر الأنبوب الحلقى وكلما كان نصف قطر كبيراً كانت الزاوية صغيرة وبالناتي تكون الحساسية كبيرة وهذا تدرج الزئبقية بخطوط تفصل بينها المسافة التي تدل على حساسية الزئبقية، ولذلك تكون حساسية الزئبقية الأنبوية أكبر من حساسية الزئبقية الكروية لأن إذا كان من الممكن أن يكون نصف قطر الأنبويب الحلقى كبيراً فليس عملياً أن يكون نصف قطر قطعة الكرة التي تمثل الزئبقية الكروية كبيرة لأن ذلك يؤدي إلى كبر حجم الزئبقية نفسها.

#### ٤-٤- الإبرة المغناطيسية والبوصة المساحة

الإبرة المغناطيسية معروفة وهي عبارة عن إبرة كما في الشكل (49) إذا حُصلت من مركز ثقلها فإنها تحت تأثير المساحة المغناطيسية الأرضية تأخذ وضعاً يميل عن الأفق بزاوية تسمى زاوية الميل، كما أن طرفيها المسميين بقطبي الإبرة المغناطيسية، يأخذان اتجاه الشمال والجنوب المغناطيسي ولذلك يسمى أحدهما القطب الشمالي والثاني القطب الجنوبي، وهذا الاتجاه الشمالي - الجنوب المغناطيسي يميل عن اتجاه الشمال - الجنوب الجغرافي بزاوية تسمى زاوية الانحراف وهذه الزاوية تختلف من مكان لأخر ومن زمن لآخر وهذا الزمن على مدار اليوم والسنة والقرن.



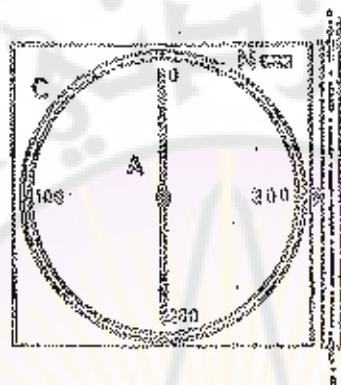
الشكل رقم (49): أبرة مغناطيسية (بوصلة)

إن علم المساحة قد استفاد من خواص الإبرة المغناطيسية مثل بقية العلوم كالبحرية وغيرها وذلك لصناعة البوصلة المساحية وهي عبارة عن إبرة مغناطيسية تأخذ وضعًا أفقياً عند حملها من وسطها بشكل حر. توضع في علببة تدرج بعكس عقارب الساعة يأخذها وحدات قياس الزوايا المذكورة سابقاً (درجات أو الغراد) توضع هذه العلبة داخل منضدة أو علبة مزودة بزنقة (N) ومنظار (L) أو مؤشر خاص (نيشان) اتجاهه هو اتجاه ترقيم الصفر 200 غرada. تدرج البوصلة بدرج عكس حركة عقارب الساعة. عند رصد اتجاه ما بواسطة البوصلة الموضوعة فوق نقطة يرصد منها نقطة يرصد منها النقطة الثانية فإن الإبرة المغناطيسية تبقى باتجاه الشمال المغناطيسي وتؤشر على الرقم الذي ما هو إلا السمت المغناطيسي لهذا الاتجاه لذا بمعرفة زاوية الانحراف

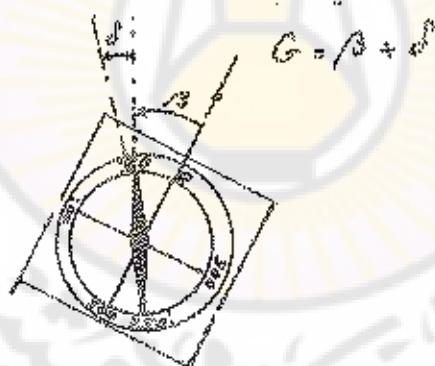
الاعتبارية أي الزاوية بين الشمال المغناطيسي والشمال الاعتباري  $\delta$  ففي تلك النقطة يمكن حدها الحصول على الممتد الاعتباري  $G$  من الممتد المغناطيسي

$\beta$

$$G = \beta + \delta$$



الشكل رقم (50): أداة مغناطيسية



الشكل رقم (51): أداة مغناطيسية مع تحديد زاوية الاتلاف الاعتبارية

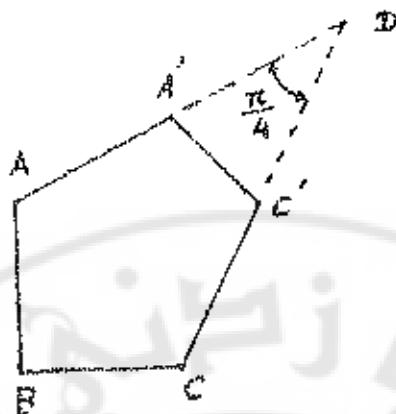
## ٥-٦- المثلث الضوئي (الموشور الخماسي)

هو من أصغر الأجهزة المساحية وأكثرها استعمالاً حتى فترة قريبة وربما حتى الآن، إن عنوان أعمال المسح المسمى: المسح المتعامد وهو عبارة عن قطعة من الزجاج أو أي مادة شفافة متوازية الوجهين قطعتها أحرفها بشكل خماسي الأضلاع، ضلعان منها متعامدان وهما  $AB$  و  $BC$  (شكل 52) الضلعان التاليان المجاوران للضلعين المتعامدين يشكلان عند التقائهما زاوية مقدارها  $i^{\circ}$  أي 45 درجة أو 50 غرada فتكون الزاوية عند كل من  $c, A$  هي 125 غراداً لليستقامة  $AC$ ، فيكون المنشور الخماسي بهذا الشكل من صفاتيه أن الشعاع الوارد من أحد السطحين المتعامدين ينعكس داخل المنشور ثم من السطح المتعامد الثاني عمودياً على اتجاه وروده مع السطح العمودي الحال (1) (شكل 53) حالة الورود المتعامد والحال (2) الورود بزاوية  $i^{\circ}$  إن الشعاع يستمر داخل

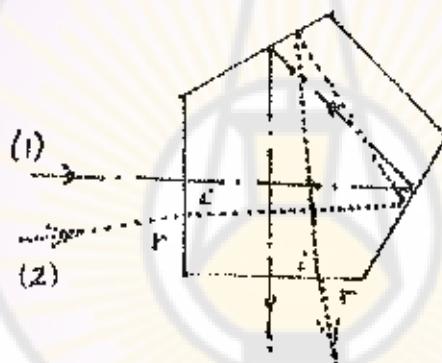
المنشور بزاوية  $i^{\circ}$  حسب العلاقة التالية:

$$\frac{\sin r}{\sin i} = n$$

حيث  $n$  هي قرينة الكسار مادة المنشور. ثم ينعكس الشعاع داخل المنشور على السطحين الآخرين  $AA'$  و  $CC'$  بحيث يتعامد داخل المنشور ويعود ليشكل على الوجه  $BC$  نفس الزاوية الأولى ثم ينطلق إلى الهواء بنفس العلاقة السابقة أي يشكل زاوية  $i^{\circ}$  وبالتالي فإن الشعاع الوارد والمنعكس يتعامدان.



الشكل رقم (52): المنشور

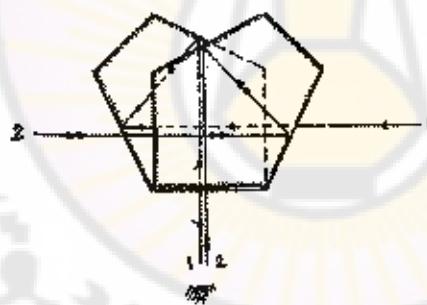


الشكل رقم (53): المنشور

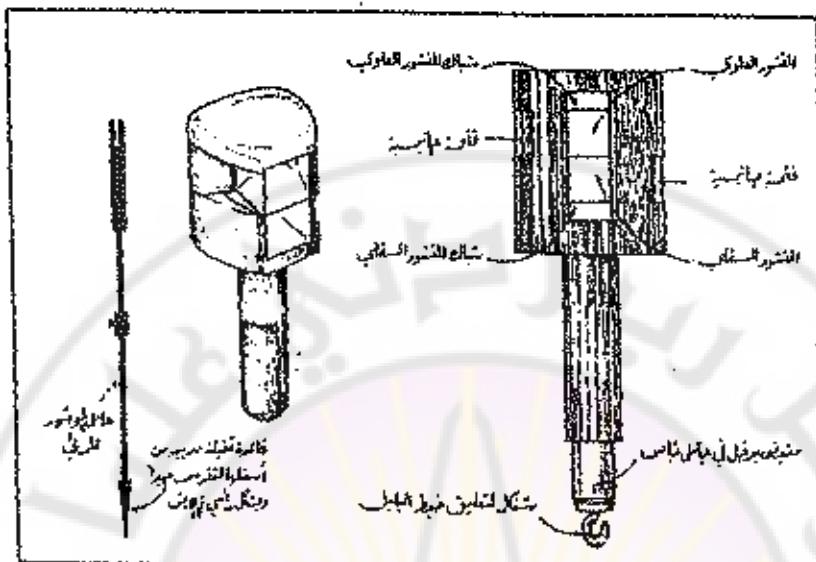
#### ١-١-٥ - المنشور الضلعي المضاعف

هو عبارة عن منشورين من النوع السابق ووضع بعضهما فوق بعض بحيث أن أحد الضلعين القائمين من أحدهما ينطبق مع الضلع القائم من المنشور الثاني (شكل ٥٤) بينما ينقابل الضلع القائم لكل منهما مع نظيره من الآخر بحيث

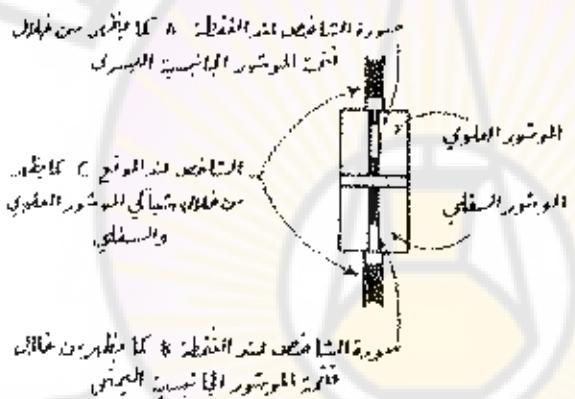
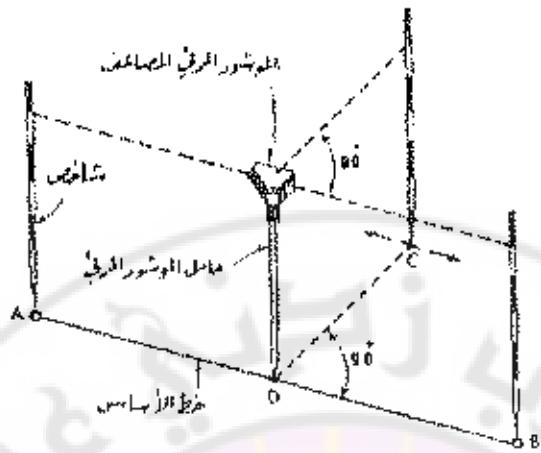
أن الشعاع الوارد من اليسين (أ) ينبع من داخل أحدهما ويخرج من الضلع القائم له المتlapping مع الضلع القائم من المنشور الآخر وكذلك المنشور الثاني يحتوى على الشعاع الوارد من اليسين مقابل ضلعه القائم ليخرج من الضلع المقابل. يوضح المنشوران داخل حلبة معدنية أو ما شابهه «فرنسة المجراد» بحديد يكسون الضلعان القائمان المتlappingان لكلا المنشورين أمام ناظر الشخص الذي يمسك بهما المنشور المضاعف (شكل 55) كما توجد فراغات إما بين المنشورين أو في الجهتين العلوية والسفلى منهما كما هو واضح بالشكل ويكون للعلبة ذراع لإضافة شاقول معدني أو شاقول عادي ملقم بخيط. حجمه صغير بحجم قبضة اليد وأنواعه تختلف باختلاف الجهة المصنعة ولكن المبدأ واحد للجميع إذ إن مهمته تحقيق التعامد لذلك سمي المسمى به: المسح المتعامد أو المسح بالتعامد.



الشكل رقم (54): منشوران متتطابقان



الشكل رقم (55): شكل الموصور

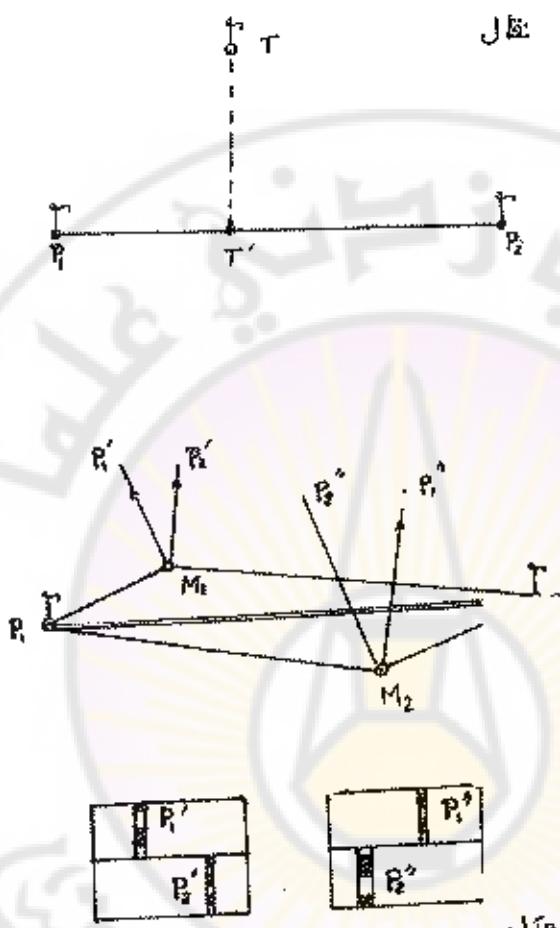


الشكل رقم (٥٦): كيفية استخدام المترافق

## ١١-٢- الإسقاط المتعامد

إن مهمة المنشور الضوئي المضاعف هي إسقاط النقاط مثل النقطة  $T$  على الاستقامة  $P_1P_2$  فإذا عند الانتقال على هذه الاستقامة يكون خيال الشابختين الموضوعين عند النقطتين  $P_1$  و  $P_2$  المنعكستين داخل المنشور المضاعف (أي داخل المنشورين) يكون الخيالان منطابقين أي الخيال في المنشور الأول على استقامة الخيال في المنشور الثاني وذلك طالما كان المنشور مرفوعاً فوق الاستقامة  $P_1P_2$ . فإذا ينتقل الشخص على الاستقامة ويتم ذلك بالمحافظة على تطابق خيالي الشابختين الجانبيين إلى أن يصل إلى النقطة  $T$  التي يرى منها الشابخت الثالث الموضع فوق النقطة والذى يظهر من خلال المنشورين من الفراغات المذكورة سابقاً داخل المنشور، عندها يكون قد تسمّى بـ مسقط النقطة  $T$  على الاستقامة  $P_1P_2$  (شكل 57) بينما يحدث عدم التطابق لخيال الشابختين الأولين حالما ينحرف حامل المنشور عن الاستقامة إلى نقطة أمام الاستقامة فيظهر خال الشابختين كل منهما باتجاه النقطة التابع لها وإذا كان الانحراف عن الاستقامة خلفها أي النقطة  $M_2$  (شكل 57) يظهر خيالهما غير منطابق وكل منهما يعكس جهة النقطة التابع لها.

شكل



الشكل رقم (57): صور توضح القياس بالمؤشر

### 11-3- المسح بالمؤشر (المسح المتعامد)

ليكن المطلوب إزالة أو رسم البناء  $F$  على المخططات المتتوفرة والتشي

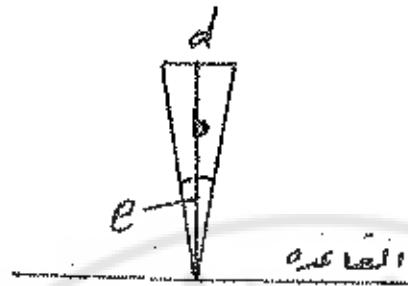
تحوي النقطتين  $P_1$  و  $P_2$  في جملة الإحداثيات العامة  $x, y$ .

في هذه الحالة يتم إسقاط النقاط 1 و 3 و 4 و 5 و 6 و 7 وهي النقاط التي يمكن إستكمالها على الاستقامة  $P_1$  بواسطة المؤشر الضوئي المضاد، وتعتبر الاستقامة من المثلث  $P_2$  وامتدادها عموداً للإحداثيات  $x$  والعمود عليهما في النقطة  $P_3$  المحور الثاني  $y$ ، تقسام المسافات بين النقطة  $P_1$  مركز الإحداثيات التجريد  $(0,0)$  ومساقط النقاط المذكورة أعلاه فتكون هي إحداثياتها على المحور  $y$ ، وتقسام المسافات بين النقاط ومساقطها وتكون هي الإحداثيات على هذه النقاط. وينفسن الطريقة يمكن رسمها على المخطط أو بحساب إحداثياتها في الجملة العامة  $x$ ، وهو ما سimer لاحقاً في بحث تحويل الإحداثيات من جملة الإحداثيات إلى جملة ثانية.

من المثال المذكور أعلاه يلاحظ السهولة التي يتم بها مسح التفاصيل بواسطة المؤشر وقد استخدم على نطاق واسع لمسح التفاصيل ولا يزال وخاصة لدى الدولر العقارية (الકاداسترو)، غير أن دخول القانسات الإلكترونية أصبحت الطريقة القطبية للمسح التفصيلي تمتاز بسرعة أكبر في إنجاز أعمال المسح التفصيلي.

#### 11-4-5-4- دقة المؤشر الضوئي

إن الخط الذي يمكن أن يحدث في تعين نقطة بواسطة المؤشر يبعد عن الاستقامة (التي تسمى أحياناً القاعدة) مسافة  $b$  هذا الخط ولتكن  $d$  يتبع الزاوية التي يمكن أن يحدد بها التعامل أي تتبع الخط المحتمل في أن تكون الزاوية قائمة فعلاً من جهة و المسافة الفاصلة بين القاعدة والنقطة المرصودة.



الشكل رقم (58): دقة قياس المنشور

إن الخطأ المرتکب في تحديد عمودية الزاوية يُؤخذ عادة على أنه مقدار

$$\text{ثابت قدره: } e = 0.05$$

أي أن الخطأ هو خمس سنتيمترات (وذلك بالتجربة) هذا من الشكل (58)

يلاحظ ما يلى:

$$\tan e = \frac{d}{h} \approx e$$

ويكون قانون الخطأ هو:  $d = e \cdot b$  ونأخذ الزاوية بالراديان.

من القانون السابق يمكن تعين المسافة  $b$  العظمى التي لا يمكن تجاوزها

بحيث أن الخطأ  $d$  لا يتعدى مقدارا معينا مسبقاً أي:

$$b_{max} \leq \frac{d_{max}}{e}$$

مثال: ما هي القيمة العظمى التي يمكن أن تفصل بين المنشور والقاعدة

بحيث لا يزيد الخطأ  $d$  عن ستة سنتيمترات أي أن لا تتحرف النقطة المرسمة

من مكانها مسافة تزيد عن 6 سنتيمتر :

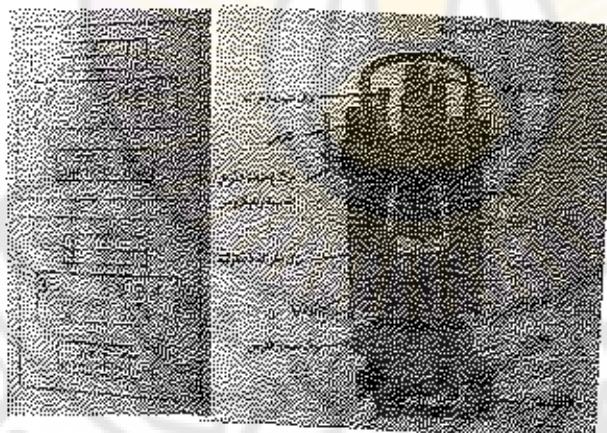
$$b_{max} \leq \frac{6 \text{ cm}}{5^c} \frac{2000^c}{\pi} \approx 80 \text{ m}$$

يكون الجواب أن أقصى مسافة يجوز أن تفصل بين الموشور والقاعدية هي ثمانون متراً بناء على ما سبق يمكن إعداد جداول بالمسافات الفصوى المسموحأخذها أثناء المسح التفصيلي بالموشور وذلك تبعاً لقائمة بالأخطاء المسموح بها، وذلك بتطبيق العلاقة التالية:

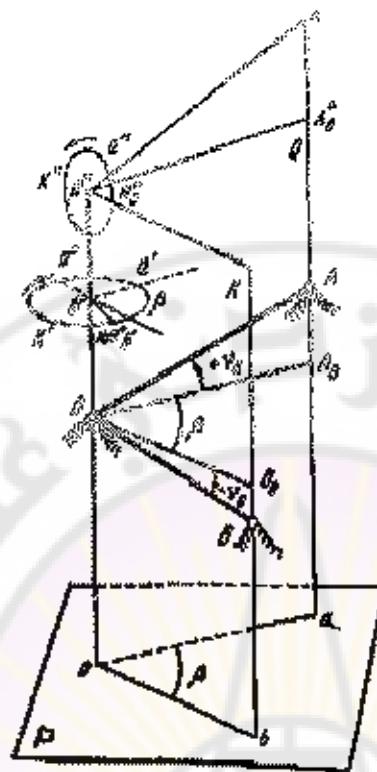
$$b \leq d \frac{20000}{5.\pi} = 1273.24 d$$

#### ١٠-٥ - جهاز التاكيمتر والتيفودوليت

يستعمل لقياس الزوايا والمسافات وفرق الارتفاع بطريقة غير مباشرة، فيما يتعلق لقياس الزوايا بأجهزة التيفودوليت والتاكيمتر وفي حالات خاصة جهاز الذيفو حيث أن الطريقة هي قراءة الاتجاهات على القرص المقسم، والزاوية ما هي إلا الانفراج المحصور بين اتجاهين منطلقيين من نقطة واحدة هي المرصد الموجود فيه (فوقه) الجهاز.



شكل رقم (59): الأجزاء الرئيسية لجهاز التيفودوليت مع قراءة الزوايا



شكل رقم (٦٠): قياس الزوايا الأفقية والشنقولية

#### ٥-١٠-١- مبدأ قياس الزوايا الأفقية والشنقولية:

لتكن ( $A, O, B$ ) ثلث نقاط من سطح الأرض متواضعة على ارتفاعات مختلفة بالنسبة لمستوى سطح السوية (الشكل ٨-١).

المطلوب قياس مسقط  $ao b$  على مستوى أفقى ( $P$ ) نمرر من ضلعى الزاوية  $AO$  و  $OB$  المستويين الشنقوليين  $Q$  و  $R$  فتقطعان المستوى الأفقى  $(P)$  وفق  $a$  و  $ob$  المسقطين الأفقيين لضلعى الزاوية  $oa$  و  $ob$ .

إن الزاوية ( $\beta$ ) هي المسقط الأفقي للزاوية الأفقية  $A\hat{O}B$  المحددة على الطبيعة:

يتبين من الشكل أن ( $\beta$ ) هي الزاوية الثانية بين المستويين الشاقوليين  $Q$  و  $R$  المارين بضلعى الزاوية  $AO$  و  $OB$  لقياس الزوايا ( $\beta$ ) نوضع دائرة قياس زوايا ( $k$ ) بحيث يقع مركزها ( $\delta$ ) على الشاقول ( $O_0$ ) المار من رأس الزاوية  $A\hat{O}B$  عند ذلك سقطت خطان المستويان الشاقولييان  $Q$  و  $R$  وفسق نصفي الطرفين ( $\delta a$ ) و ( $\delta b$ ) والزاوية بينهما تساوى الزاوية الأفقية ( $\beta$ ).

على اعتبار ترقيمات الدائرة مع دوران عقارب الساعة فإنه يمكن الحصول على قيمة الزاوية ( $\beta$ ) كفرق بين القراءتين على دائرة قياس الزوايا في نقطتين  $b$  و  $a$  أي أن:

$$\beta = b + a$$

لتحديد ارتفاع أو انخفاض نقطة عن أخرى تقام الزوايا الشاقولية  $v$  (زوايا ميل الأرض)

إن الزاويتين  $v_a$  و  $v_b$  هما وأولينا ميل الضلعين  $OA$  و  $OB$  في المستويين الشاقوليين  $Q$  و  $R$  كزاويتين بين الضلعين  $OA_0$  و  $OB_0$ : الأقويين المارين من رأس الزاوية ( $O$ ) والضلعين  $OA$  و  $OB$  على سطح الأرض.

إذا وقعت النقطة (A) أعلى من النقطة (O) تكون زاوية الميل موجبة أما إذا وقعت أخفض منها تكون زاوية الميل سالبة (على شكل 8.1 الزاوية  $v_a - v_b$  موجبة والزاوية  $v_b - سالبة$ ) لقياس زوايا الميل بدائرة قياس زوايا ( $k$ ) نوضع في المستوى الشاقولي (Q) بشكل يتوضع فيه مركزها ( $\delta$ ) على الشاقول ( $O_0$ )

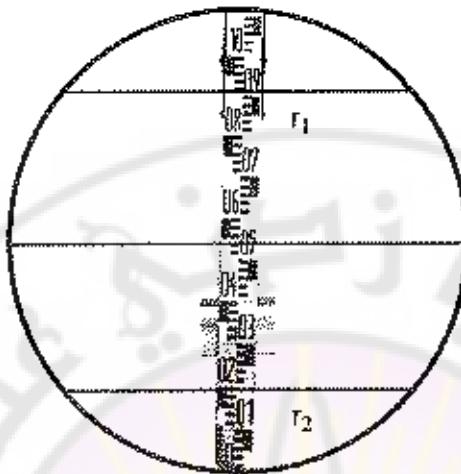
المار من رأس الزاوية ( $O$ ) وبحيث ينطبق القطر الصغرى للدائرة ( $\delta a_0$ ) على الصلع الأفقي  $O\Delta_0$  الموازي لـ  $(O\Lambda_0)$  والمستوى ( $P$ ). على اعتبار ترقيم الدائرة الشاقولية يعكس دوران عقارب الساعة عندها يمكن الحصول على قيمة زاوية العين كفرق بين القراءتين على تلك الدائرة في نقطتين  $a''$  و  $a'$  أي أن:

$$v_s = a'' - a'$$

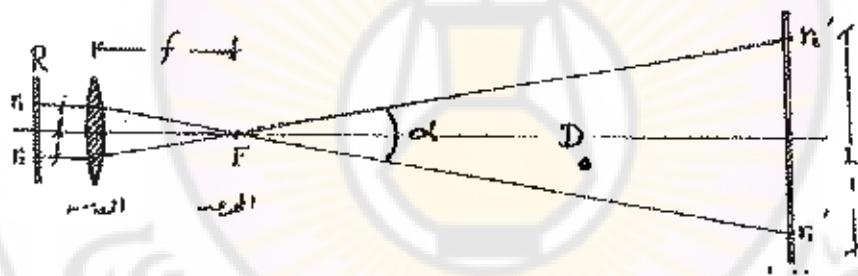
#### 5-10-2- مبدأ قياس المسافات وفروق الارتفاعات:

إن موضوع البحث حالياً هو قياس المسافات وفروق الارتفاعات بالطريقة غير المباشرة بواسطة جهاز التاكيمتر، وقد ذكر سابقاً أن هذه الطريقة المسماة: المسح التاكيموري تسمى أيضاً المسح القطبي، لأن النقطة الفضائية تحسدة بالزاوية والمسافة وهي الإحداثيات القطبية.

يعتمد قياس المسافات على تشابه المثلثات وتسمى أحياناً نظرية رايخلباخ. يتم ذلك برسم خطين متوازيين على زجاجة المحكم. هذان الخطان متوازيان بالنسبة لمحور النظر للجهاز المذكور في بحث النظراء المساحية «سابقاً. مسيرة الخطين أنهما يحدان مسافة على الميرا (عند رصدها) متناسبة مع بعدهما عن لوحة المحكم الثابتة (شكل 62). إذ أن خيال الخطين  $r_2, r_1$  المنطلقين من محرق العدسة الجسمية يرسمان على الميرا (شكل 61) وواضحة عملية التناسب المذكور أعلاه.



الشكل رقم (61): مطابقة خطوط الجهاز مع الميرا



الشكل رقم (62): مبدأ قياس المسافات

إن المسافة بين الخطين المتوازيين على لوحة المحكم ثابتة ولتكن  $f$  والبعد المحرقي للعدسة الجسمية هو المسافة  $f$  ثابتة أيضاً غير أن المسافة بين محرق العدسة والميرا هي مسافة  $D$  متغيرة وكذلك المسافة بين خالي الخطين المتوازيين على الميرا  $r_2r_1$  ولتكن هي المسافة  $L$ . فمن تشابه المثلثين المتقابلين يلاحظ أن هناك علاقة التاسب التالية:

$$\frac{D}{L} = \frac{f}{\ell}$$

$$D = L \frac{f}{\ell} = L \cdot K$$

حيث أن البعد المحرقي  $f$  والمسافة بين الخطين المرسومين على المحكم ثابت بالتصنيع والعلاقة بينهما ثابتة  $K$  وبذلك تكون المسافة  $D$  المطلوب حسابها متناسبة مع المسافة  $L$  الفاصلة بين خالي الخطين على الميرا.

يمكن كتابة العلاقة السابقة اعتماداً على الزاوية  $\alpha$  (شكل 51):

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{L}{2D} = \frac{\ell}{2f}$$

وباعتبار الزاوية  $\alpha$  صغيرة وثابتة يكون:

$$\tan \alpha = 2 \tan \frac{\alpha}{2} \approx \alpha = \frac{\ell}{f}$$

ومنه يكون:

$$K = \frac{1}{\alpha}$$

هذا الجهاز يسمى: التاكيمتر ذو الزاوية الثابتة انطلاقاً من العلاقة السابقة حيث الزاوية  $\alpha$  ثابتة.

يصنع الجهاز عادة بحيث أن الثابتة  $K$  مساوية إلى قيمة  $1/100$  كي يتم حساب المسافة  $D$  بسهولة وسرعة إذ في هذه الحالة كل سنتيمتر مقصود على الميرا يعادل مسافة متر طولية بين الجهاز والميرا.

ملاحظة: يلاحظ أن المسافة المطلوب قياسها هي المسافة بين نقطتين فوق أحدهما يوضع الجهاز وفوق الثانية الميرا وهذا المسافة المقاسة بحسب ما ذكر سابقاً هي المسافة بين محرك الجهاز والميرا، أي أن هناك مسافة إضافية ثابتة  $C$  يجب إضافتها إلى المسافة  $D$  بحيث يتم الحصول على المسافة المطلوبة بين

اللقطتين المذكورتين وهذه الثانية هي إلا المسافة بين مشرق العدسة الجسمية ومسار العجاهز يمكن معرفتها وأضفافتها غير أن شركات تصدير الأجهزة قامت بوضع عدسات إضافية داخل العجاهز مهمتها نقل مشرق العدسة الجسمية إلى مركز العجاهز بحيث يصبح (كما هو معلوم) لمجموعة العدسات بما فيها العدسة الجسمية بعد مشرقها، وكأنها عدسة مشرقها في مركز العجاهز، وذلك بناء على العلاقة الضوئية التالية التي تمثل البعد المحرقي لعدستين مثلاً:

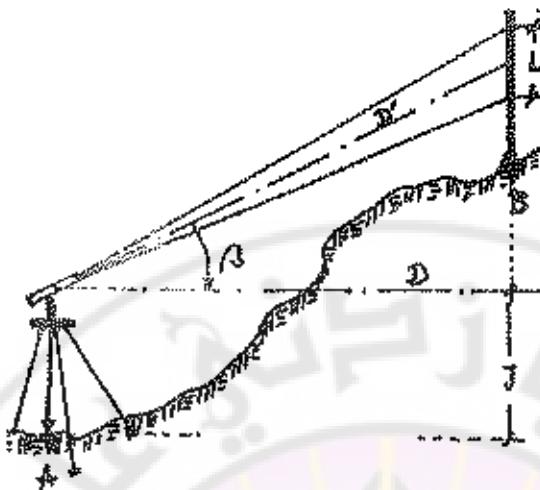
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{a}{f_1 f_2}$$

وتمثل  $f_1$ : البعد المحرقي للعدسة الأولى و  $f_2$ : البعد المحرقي للعدسة الثانية و  $a$ : المسافة الفاصلة بين العدسات و  $f$ : البعد المحرقي لمجموع العدسات.

### 5-11-5 - الحالة العامة لقياسات التاكيمترية

من المعلوم أن القياسات المصباحية تتم في مناطق مختلفة التضاريس وإن المحور الضوئي ليس أفقياً وعمودياً على الميرا الشاقولية وإنما يتم رصد الميرا بمحور ضوئي مثل عن الأفق بزاوية  $\beta$  : (شكل 63). إن المسافة  $D'$  مائلة ومتقابلة مع المسافة  $L$  المقروءة على الميرا أي أن:

$$D' = KL'$$



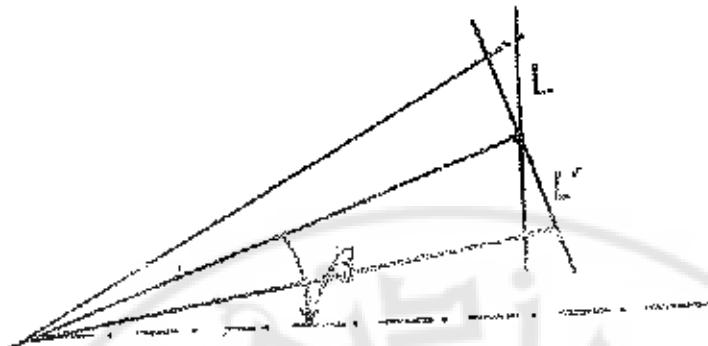
الشكل رقم (63): القياسات التاكيومترية

وبما أن المسافة المطلوب قياسها هي  $D$  المسافة الأفقية بين النقطتين  $A, B$  فمن الواضح أن العلاقة هي:

$$D = D' \cdot \cos \beta = K \cdot L \cdot \cos \beta$$

إن قيمة  $L$  هي قيمة المسافة الفاصلة بين الخطين التاكيومتريين المقربتين على الميرا فيما لو كانت الميرا هذه عمودية على المحور الضوئي للجهاز، إلا أن وضع الميرا شاقولياً فوق النقطة  $B$  والمسافة الفاصلة بين الخطين المذكورين أعلاه هي  $L$  والعلاقة بين القيمتين هي  $L' = L \cdot \cos \beta$ . بتبديل هذه القيمة في العلاقة السابقة تكون القيمة المطلوبة المسافة الأفقية هي  $D = K \cdot L' \cdot \cos^2 \beta$ . هذا يمثل القانون العام لقياس المسافات بالطريقة التاكيومترية لجهاز التاكيومتر ذي الزاوية  $\alpha$  الثابتة. علماً أن الزاوية الشاقولية  $\beta$  يتم قياسها مباشرة على القرص المقسم الشاقولي لدى الجهاز نفسه يمكن كتابة العلاقة السابقة على الشكل التالي:

$$D = K \cdot L \cdot \cos^2 \beta = K \cdot L(1 - \sin^2 \beta) = K \cdot L - K \cdot L \cdot \sin^2 \beta$$



الشكل رقم (٥٤) وضع الميرا هاند وعمومية على محور المسديد  
الحد الثاني من المعادلة يمثل الفرق بين المسافة المائلة  $D$  والمسافة  
الأفقية  $C$  وهذا الفرق كما هو ملاحظ زايد الزاوية  $\beta$  الشاقولية، وكلما كانت هذه  
الزاوية صغيرة فإن قارب هذا الفرق المماثل في قيمته. وهذا يمكن حساب مقدار  
الزاوية التي يمكن إهمالها بحيث أن الخطأ النسبي للمسافة لا يتجاوز هذا ولكن  
مقداره  $\pm C$  وهذا يعني تحديد الزاوية الشاقولية  $\beta$  التي يمكن إهمالها بحيث أن  
الخطأ في قياس المسافة لا يتجاوز قيمة قدرها  $\pm C$  وهي:

$$\sin^2 \beta \leq \frac{C}{D}$$

من هذه العلاقة يمكن تحديد الزاوية  $\beta$  التي يمكن إهمالها.

#### التاكيومتر المحمول الذاتي

إن العلاقة السابقة فدلت الباحثين إلى تصنيع جهاز يعطي المسافة الأفقية  
مباشرة بغض النظر عن كبر أو صغر الزاوية الشاقولية وذلك انطلاقاً من  
العلاقة السابقة:

$$D = K \cdot L \cdot \cos^2 \beta$$

حيث أن الثابتة  $K$  هي تابع كما مر سابقاً للزاوية  $\alpha$  وكذلك للبعد المحرفي

$L$  المسافة الفاصلة بين الخطدين المرسومين على المؤشر أي:

وجود القائس الإلكتروني حالياً وتطور الأجهزة الإلكترونية لقياس المسافات  
جعل موضوع قياس القاعدة أسهل من السابق.

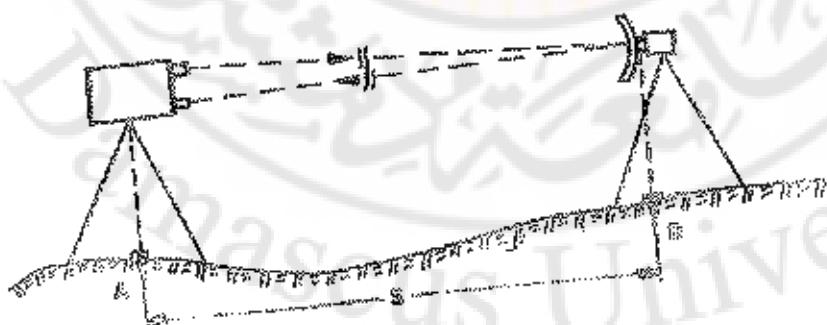
هذه الأجهزة سيتم التعرف إليها بشكل مفصل ومتى تعلم الدراسة  
العملية.

#### ٥-١-١٢-١- قائس المسافات الإلكتروني

هو في الواقع جهاز لقياس المسافة بالطريقة غير المباشرة لأن القياس لا يتم بالانتقال من بداية المسافة إلى نهايتها كما هي الحال في القياس بواسطة أشارة القياس المذكورة سابقاً غير أنه يمكن اعتباره قياساً مباشراً، يعتمد من حيث المبدأ على إطلاق الأشعة من الجهاز الموضوع فوق بداية المسار والمراقبة لها بعد أن تتعكس على العاكس لهذه الأشعة الموضوع فوق نهاية المسافة، ومن ثم معرفة سرعة الأشعة وبقياس الزمن الفاصل بين لحظة إطلاق الأشعة ولحظة عودتها يمكن حساب المسافة وهي:

$$S = \frac{t}{2} V$$

حيث أن  $S$  هي المسافة المراد قياسها،  $t$  الزمن الفاصل بين لحظة انطلاق الأشعة من الجهاز ولحظة عودتها إليه، و  $V$  سرعة الأشعة.

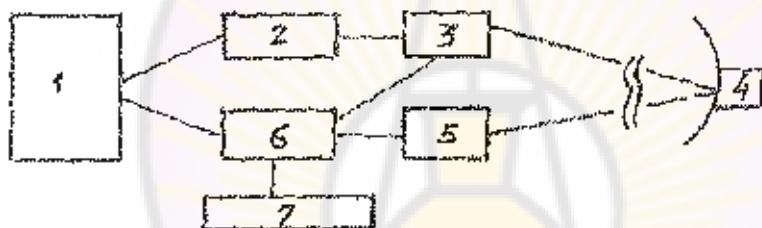


الشكل رقم (٦٤): قياس المسافة بالجهاز الإلكتروني

يتتألف الجهاز بصورة رئيسية من الأقسام التالية:

1. مصدر للطاقة (بطارية)، يعني الدارة الداخلية.
2. مصدر للأشعة (ضوئية أو كهرومغناطيسية أو لازر أو غيرها).
3. محدل ومطلق أشعة.
4. عاكس الأشعة.
5. جهاز استقبال الأشعة.
6. قاس للزمن.
7. حاسب.

يمكن تمثيل الأقسام السابقة بالشكل التالي:



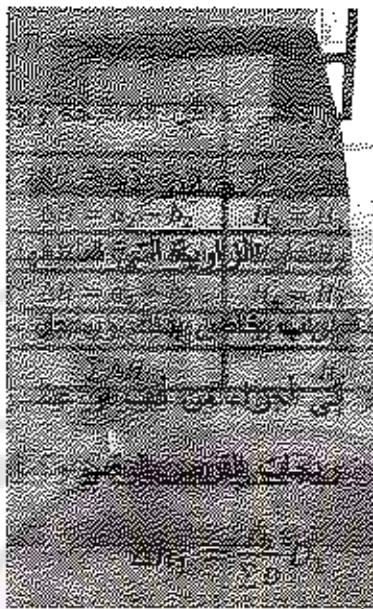
الشكل رقم (68) توضيح قياس المسافات بالجهاز الإلكتروني

تقيس هذه الأجهزة بدقة تختلف من  $1 / 300$  إلى  $1 / 30000$  وذلك تبعاً

لما يلي:

- 1) نوع الأشعة المختارة من ناحية طول أمواجها أو ذبذباتها.
- 2) طريقة قياس وتحديد طول موجة الأشعة.
- 3) هerringbone حساب الزمن الفاصل بين انطلاق وعودنة الأشعة، فيما يخص نوع الأشعة المختارة يجب أن يكون فيها المسافات التالية:

- ١. أن تكون في كل مراحل العمل ثابتة مسجمة ومتناهية.
  - ٢. أن تكون سرعاتها محددة تماماً وبيقة متناهية.
  - ٣. أن يكون خط سيرها محدداً وكذلك انتشارها وإمكانية سرارتها عن خط سيرها وأسباب انحرافها.
  - ٤. أن يكون تأثيرها بالمؤثرات الخارجية معروفاً ومحدداً.
  - ٥. أن تكون سهلة التنظيم بالمنظمات، تجمع المنشآت المستقبلة.
- يمثل الشكل (69) محطة مساحية الكترونية متصلة، بالنسبة للمحطات المساحية الجديدة، لها نفس شكل الأجهزة: التقويمية ونفس الضبط، ولكنها مزودة ببرامج تقوم بمخالف الأعمال المساحية، ومزودة بذاكرة قادرة على حفظ (تسجيل) القياسات المساحية المختلفة عليها، والقيام بالمشاريع الهندسية من رفع التفاصيل على الواقع ومنها رسم مخططات مساحية وبالعكس، ومن ثم نقلها إلى أجهزة الحاسوب لمعالجة ورسم المخططات المساحية المطلوبة.



الشكل رقم (٦٩) القائمه الالكترونية  
MTH 362R



الشكل رقم (٧٠)  
مذكرة الامتحان

## 5-12-2- الغرض الفني للقائس الإلكتروني NTS 362R

الشركة المصنعة: ثاوث الصينية

بلد المنشأ: الصين

الجهاز هو عبارة عن محطة متكاملة Total Station: قائس مسافات +

ثيودوليت في قطعة واحدة حيث محور التسديد القائس واحد.

بيئة العمل: يأتي الجهاز ضمن علبة واقية متينة و مقاومة للصدمات

والظروف الجوية الصعبة.

الجهاز مقاوم لكل العوامل الجوية من حرارة ورطوبة وأمطار وغبار.

يعمل الجهاز ضمن درجات الحرارة +50C إلى -20C.

المنظار (التلسكوب):

قوة التكبير: 30 مرّة حقل الرؤية: 130 (26 m at 1 km)

قياس المسافة على الشكل التالي:

ظروف جوية جيدة	حد المدى
5000 m	1
300 m	بدون عاكس

دقة الزوايا الأفقية والشاقولية: 2mm + 2ppm

يمكن الحصول على المسافة المائلة والمسافة الأفقية مباشرة وفرق الارتفاع

مقداره بدقة 1mm.

يقيس الجهاز الصنائع العاكسة (REFLECTOR TABE) في المسافة

250 m لمسافة 60mm\*60mm

وحدات القياس:

يقيس الجهاز المسافات والزرويا حسب الأنظمة العالمية التالية:

بالنسبة للمسافات: النظام المترى - المتر وأجزائه - النظام الإنجليزى -

القدم - الإنش - البوصة - الميل حيث  $1 \text{ أنش} = 2.54 \text{ سم}$ .

الزويا: المئوي (الغراد) - الدرجة المئوية - الميليم.

شاشة الجهاز:

يحتوى الجهاز على لوحة مفاتيح (keyboard) وشاشة LCD

الكترونية كرستالية كبيرة ( $40*65 \text{ mm}$ ) على جانبي الجهاز وتحقق ما يلى:

يمكن إتارة الشاشة والمنظار.

تتألف الشاشة من 6 أسطر ويتألف السطر الواحد من 31 حرفاً.

يمكن إدخال أسماء النقط بشكل رقمي أو حرفى (Alphanumeric)، أو

مزدوج منها و يقوم الجهاز بعملية التزايد الآلي بعد حفظ كل قياس.

يمكن تعديل درجة تمايز الألوان ولungan الشاشة (Contrast) وإضاءة

الشاشة.

البرامج الداخلية:

ينضمن الجهاز البرامج التالية، والتي يكفي تعريف اسم المشروع ومحطة

الوقوف وتوجيه الجهاز للبدء بها وهي:

برنامجه collect (data): يقوم هذا البرنامج بالجهاز عملية المسح

التفصيلي الشامل إضافة إلى عملية الترميز التي تسهل فرز النتائج بسرعة

وسهولة، حيث يخزن الجهاز كل البيانات المطلوبة بكلمة زر.

برنامح (lay out): للتوقيع على الطبيعة (تنزيل نقاط معلومة الإحداثيات على الواقع) بالإحداثيات القطبية أو الديكارتية أو العمودية. توقيع النقاط يتم لنقطة موجودة في الذاكرة أو بالإدخال اليدوي.

برنامح (m\m): برنامح مسافة الربط لحساب المسافة المائلة والأفقية وفرق الارتفاع بين نقطتين دون الوقوف على أي منها.

برنامح (Area & Volume): لحساب مساحة سطح مغلق لعدد غير محدود من النقاط.

برنامح resection: لتحديد إحداثيات نقطة الوقوف وتوجيه الجهاز من خلال القياس إلى (من 2-5) نقاط معروفة الإحداثيات.

برنامح (Reference Line) وهو برنامح توقيع نقطة - إحداثياتها غير مهمة - نسبة إلى خط مرجعي يتم تعريفه يفيد هذا البرنامج في عملية توقيع الأساسات الممتدة نسبة إلى خط مرجعي معين.

برنامح (Remote Height(s) لتحديد ارتفاع النقطة التي لا يمكن الوصول إليها.

برنامح قياس الطرق المصممة.

في الجهاز إمكانية اختيار (العامل) المحددات الازمة المرغوبة وتخزينها ليقوم الجهاز بالعمل وفقها ويمكن تغيير هذه المحددات عند اللزوم بسهولة ويسر دون التأثير على القياسات السابقة لعملية التغيير.

ملحوظة: يمكن ضبط الجهاز بحيث يعطي خمسة أرقام بعد الفاصلة في الزوايا وأربعة أقدام في المسافة أي (جزء الميليمتر).

الجهاز مزود بكرت ذاكرة خارجي سعته 2 GB.

الجهاز مزود بمركز ليزر و يمكن تعديل شدة إضاءة الليزر.

**قياس الزوايا:**

يقيس الجهاز الزوايا باتجاه عقارب الساعة ويمكن للمستخدم عكس هذا الاتجاه فيما رغب بذلك.

دقة قراءة الزوايا 4 أرقام بعد الفاصلة 100 أو 500 قابلة للاختيار.

دقة الزوايا الأفقية والشنقولية: 2 ثانية سنتيمتر = 6 ثانية منوية.

يمكن تصغير الزاوية الأفقية بأي مرحلة أو وضع أي قيمة مختارة لها لا اعتبارها مبدأ للقياس (صغر القرص الأفقي).

**وحدة الطاقة:**

الجهاز مزود ببطارية داخلية تكفي لمدة ثماني ساعات عمل مع بطارية إضافية ثانية بما يسمح بتشغيل الجهاز لمدة 16 ساعة متواصلة.

كما أن شاشة الجهاز تحتوي على آليونة تظهر قدرة البطارية الكهربائية والبطارية سهلة التبديل ومتوفرة لدينا دائمًا.

كما أن الجهاز مزود بشاحن سريع يشحن البطارية خلال ساعة مع محول كهربائي.

يتميز الجهاز بإمكانية تنبيه المستخدم في حال اختلال الزئيفية وظهور على شاشة الجهاز زئيفية إلكترونية تمكن المستخدم من تعديل وضع الجهاز بسهولة ودقة.

حيث يحتوي الجهاز على حساس سوية إلكترونی Electronic Level حساسیته  $2\text{nm}/30''$  يظهر مباشرة على شاشة القياس حالما يختل توازن الجهاز لسبب خارجي وينبه الراسد لضرورة تعديل السوية. يمكن إدخال التصحيحات الناجمة عن الأحوال الجوية ويقوم الجهاز بالتصحيحات التالية بشكل أوتوماتيكي.

التصحيح الآوتوماتيكي لكتروية الأرض، انكسار الضوء وخطأ التسديد.

Automatic correction: Collimation error, height index error, Earth curvature and refraction

يتضمن الجهاز مخرج USB من نوع Interface لوصله مع الحاسوب لنقل المعلومات تمهيداً للمعالجة.

كما يمكن التباع طريقة التسجيل اليدوي، باستخراج هذه المعلومات من الشاشة الجهاز مباشر أو استرجاعها في المكتب عند انتهاء العمل.

الجهاز مزود ببطاقة SD لتخزين المعلومات.

كما يتضمن العرض برنامج NTS لنقل المعلومات من وإلى الحاسوب لنقريحة المعلومات الدقيقة في الحاسوب مع الكبل اللازرم لذلك يحوي الجهاز إمكانية العودة إلى آخر نقطة لم يتم تسجيلها بعد الإطفاء وإعادة التشغيل.

كما يحفظ الجهاز بالتوجيه الأفقي وأحداثيات محطة الوقف بعد إطفائه وذلك لتسريع العمل عند إعادة تشغيل الجهاز.

يمكن للجهاز فيadas المسافات بالطرق التالية وبالدقائق والأزمنة التالية:

أدنى القياس	طريقة القياس
أقل من 1.2 ثانية	قياس عادي - FINE
أقل من 0.5 ثانية	قياس سريع - Fast
أقل من 0.5 ثانية	قياس متتابع - Tracking

المعدل الآلي:

يحتوي الجهاز على معدل ثالثي المحاور Dual Axis compensator

يقيس ميل الزاويتين للمحورين ( $x, y$ ).

ويتمتع بما يلي:

- يحافظ على تصالب وتعامد المحورين الأفقي والشنقاولي في حال الميلان أثناء العمل.
- سجل المعدل الآوتوماتيكي:  $'/-3/+$  (3 دقائق).
- دقة المعدل الآوتوماتيكي:  $3'$ .

حيث يقوم الجهاز بإدخال هذه القيم في حساب تصحيح الزوايا الأفقية.

يقوم الجهاز بالرصد إلى السواكن الناظمية المتعددة من قبل شركة ثاوث أو إلى أي عاكس آخر متوفرة لدى الإداره ويمكن إدخال الثوابت الخاصة بذلك العاكس، كما يمكن أيضاً الاستفادة من الركائز القديمة المتوفرة.

يحتوي الجهاز على زئبقة ذاتية حساسيتها  $6/2 \text{ mm}$ .

تحوي المحطة على برنامج داخلي لإدارة البيانات ويمكن من خلاله إضافة وحذف وتعديل هذه البيانات المرصودة أو المدخلة حسب التقسيمات التالية:

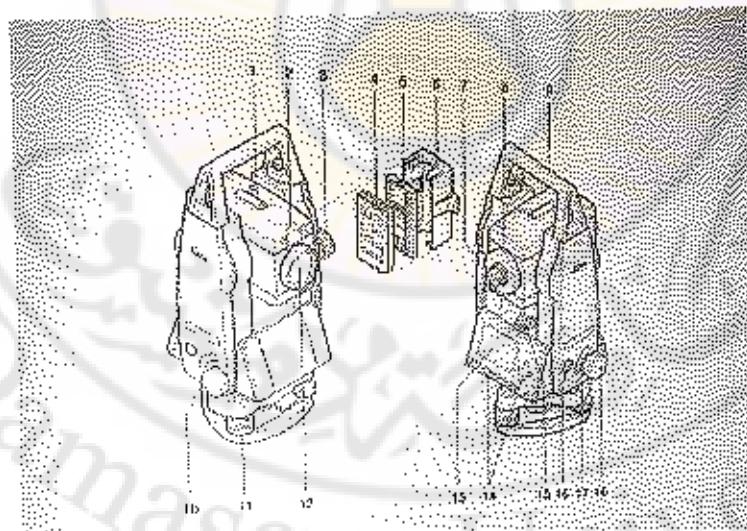
- (1) Jobs: لتخزين أسماء المشاريع في الذاكرة حيث يمكن تخزينها.
- (2) Fix points: لتخزين وإظهار نقاط المشروع الثابتة - مراصد، نقاط عقارية، ... (اسم النقطة  $X, Y, Z$  ، ملاحظات).
- (3) Measurements: لتخزين الأرصاد والاحديات المحسوبة مباشرة حيث يمكن إظهار النقاط المخزنة في ذاكرة الجهاز والبحث عن نقطة معينة في ملف مشروع ما أو في كل الملفات وكذلك الأمر بالنسبة لحذف نقطة.
- (4) Code list: مكتبة رموز ومصطلحات طبوغرافية تسهل على الراسد ترميز نقاطه بالشكل الذي يرتراه.

كما يمكن من خلال هذا البرنامج معرفة حجم الذاكرة المتبقية في الجهاز وعدد البرامج المحوسبة مباشرة.

الرقم	البيان
1	محطة متكاملة NTS362R + برنامج نقل المعلومات من وإلى الحاسوب + كابل نقل المعلومات للحاسوب + عليه خاصية بالجهاز وملحقاته + كتالوجات التشغيل وكيرة خشبية ثلاثة الأرجل متينة وثابتة.
2	بطارية داخلية للجهاز
1	شاحن بطاريات
1	عاكس أحادي (موشور) مع حامل العاكس ودريةة قصيرة وجعية
1	عصا عاكس متزلقة طول 2.15 m مدرجة بالستمتر مع زنقة وجعية

### ١٢-٣-٥- استخدام جهاز المحطة الكاملة لرصد المضلعات:

تعد أجهزة المحطة الكاملة (total station) من أحدث الأجهزة المساحية التي أنتجت في الفترة الأخيرة، وهي نتاج التطور التقني في علوم الإلكترونيات والحواسيب وتصنيع الأجهزة المساحية. يتضمن جهاز المحطة الكاملة تقنية الرصد والحساب، حيث يمكنه رصد المسافات، وفروق الارتفاعات والاتجاهات الأفقية، والزوايا الشاقولية، وتخزين هذه الأرصاد ضمن ذاكرته الداخلية، أو ذاكرة خارجية، ومعالجة هذه الأرصاد بوساطة الحاسوب الآلي الموجود ضمن الجهاز. يمكن ربط أجهزة المحطة الكاملة بالحاسوب لتغريغ البيانات عن طريق البوابة التسلسليّة (serial port) وباستخدام البرمجيات الخاصة. يبيّن الشكل (71) الأجزاء الرئيسية لجهاز المحطة الكاملة أما الشكل (72) فيوضح بعض التعريف والمصطلحات الخاصة بالجهاز.



شكل (71): الأجزاء الرئيسية لجهاز المحطة الكاملة

- ١٠- قصيدة تحمل الجبر

١١- اولى الحفلات

١٢- اولى الحفلات

١٣- اولى الحفلات

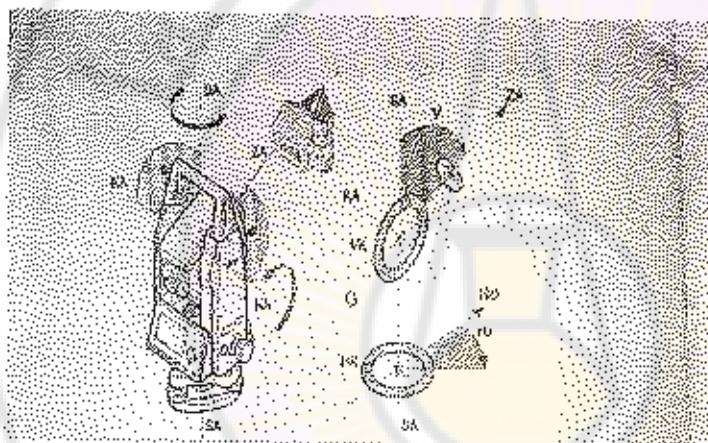
١٤- اولى الحفلات

١٥- اولى الحفلات

١٦- اولى الحفلات

١٧- اولى الحفلات

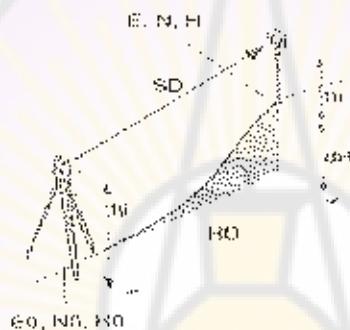
١٨- اولى الحفلات



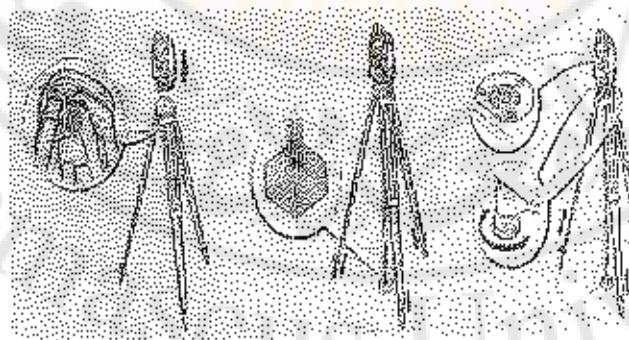
شكل (72): بعض التعريفات والمصطلحات الخاصة بجهاز المحطة الكاملة

SA	المحور الرئيسي للجهاز	خط الرؤية ZA
V	الرؤوية الشاقولية	محور دوران الجهاز KA
Hz	الرؤوية الأفقية	القرص الشاقولي VK
SD	المسافة لعمالة	القرص الأفقي HK
hr	ارتفاع العاكس	فرق الارتفاع HII
EO	الإحداثيات الأفقي للمحطة	ارتفاع الجهاز hi
HO	ارتفاع المحطة	الإحداثيات الشاقولي للمحطة NO
N	الإحداثيات الشاقولي للشاراء	الإحداثيات الأفقي للشاراء E
H	ارتفاع الشاراء	H

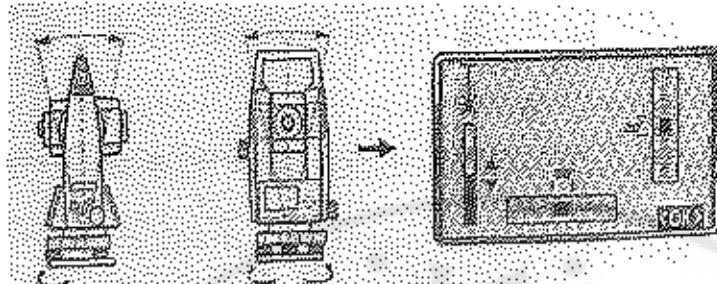
لإجراء أعمال الرصد للنقطة المساحية يتم التمرير بجهاز المحطة الكاملة فوق نقطة الوقف، ووضع العاكس فوق النقطة المرصودة كما في الشكل (73). يحتوي جهاز المحطة الكاملة على تمرير ضوئي أو لجعل السحرة الرئيسي له مارأ من نقطة الوقف، ولتحقيق الأدقية التقريبية للجهاز يتم ضبط الزنبقية الكروية الموجودة عليه بواسطة لرجل البركيرة، كما يبين ذلك الشكل (74). أما الأدقية الدقيقة للجهاز فتتجرى عن طريق ضبط الزنبقية الإلكترونية المزود بها للجهاز بواسطة بز الات التسوية كما في الشكل (75).



شكل رقم (73): آلية الرصد بجهاز المحطة الكاملة

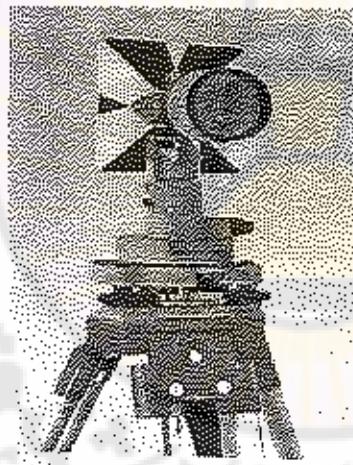


شكل رقم (74): التمرير بجهاز المحطة الكاملة وضبط الزنبقية الكروية



شكل رقم (75): ضبط الزنبقية الإلكترونية لجهاز المحطة الكاملة

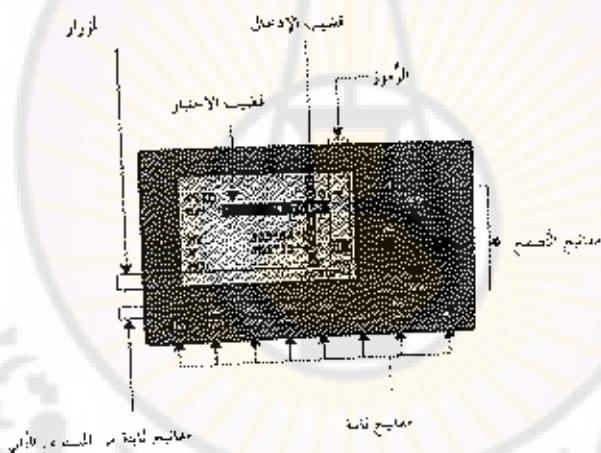
يستخدم عادة للتركيز الدقيق فوق نقاط المراسد حامل للعاكس (prism) يركب على ثلاثة الأرجل كما في الشكل (76) بدلًا من مسكة باليد.



شكل رقم (76): حامل عاكس مركب على ثلاثة الأرجل  
يمكن التعامل مع جهاز المحطة الكاملة بمرونة عالية عن طريق لوحة المفاتيح المزود بها الجهاز. يبين الشكل (77) لوحة المفاتيح مع شاشة إلتمسار لجهاز ماركة Leica TC307 والتي تحتوي مفاتيح لإدخال البيانات كارتفاع

العاكس، أو إحداثيات نقطة ثابتة... ومفاتيح الوظائف الخاصة، والاختيار، والخروج، والتصفيح للانتقال من صفحة لأخرى. يشمل جهاز المحطة الكاملة على عدة برامج مساحية مختلفة يذكر منها:

- برنامج حساب تصحيح كروية الأرض والانكسار.
- برنامج حساب الإحداثيات المستوية للنقاط المرصودة.
- برنامج حساب مسألة التقاطع.
- برنامج حساب المطبوع.
- برنامج توقيع النقاط على الطبيعة.



شكل رقم (77): شاشة لإدخال البيانات وإظهارها في جهاز المحطة الكاملة

**13-5 - تنفيذ أعمال المسح التفصيلي باستخدام جهاز المحطة الكاملة:**  
تتضمن أعمال المسح التفصيلي رفع كل المعالم الموجودة في منطقة الدراسة والتي منها ما يلي:

- 1 - كل المباني بأنواعها المختلفة مع محبيطها الخارجي، والفسحات السماوية لها، وداخلها والبروزات، والأدراج المكشوفة، والمصاطب، بضافة

لتحديد صفات هذه المبني (أبنية خامسة، مساجد، مسافى ومراسى  
الإطفاء،...).

- 2- التصاوين والأسوار الواقعة حول المبني، والعقارات غير المبنية.
- 3- جميع الطرق بأنواعها المختلفة مع التفاصيل الخاصة بها (الأرصفة، جسور المشاة والأنفاق، الجزر المنصفة، الأشجار، أعمدة الكهرباء، والإعلانات...).
- 4- خطوط المكابح الحديدية مع كل ما يتعلق بها من منشآت صناعية وشارات.
- 5- مهابط الطيران، والمراحيق، والمراسي، والأرصفة بأنواعها، مع جميع المنشآت القائمة على الشواطئ.
- 6- الأنهر الدائمة، والموسمية، والسوقي، ومواقع الينابيع والأبار، ومناهل مياه الشرب، والوديان ومجاري السيول، والسدود.
- 7- مسارات أنواع الخطوط الرئيسية (مياه الشرب، الصرف الصحي، البنرول والغاز...) الظاهر منها على سطح الأرض.
- 8- مسارات خطوط القدرة والاتصالات (غرف المحولات الكهربائية، خطوط الهاتف الرئيسية ...) الظاهر منها على سطح الأرض من بين التفاصيل الخاصة بها.
- 9- حدود الأراضي المشجرة مع ذكر نسوع الأشجار، وكذلك صنوف الأشجار والأشجار المنفردة.

ترصد نقاط أخذت بموقع مناسبة وحسبت إحداثياتها، بالتمرکز بجهاز المحمولة الكاملة فوق مرصد معين ولتكن A ثم يوجه نحو مرصد آخر مثل B، ويوضع عند قراءة الاتجاه الأفقي مساوياً الصفر، ليتم بعد ذلك رصد النقاط التفصيلية بطريقة المسح القطبي، أو الرصد بالإشعاع (قياس اتجاه أفقي ومسافة أفقية). تحسب الإحداثيات الديكارتية للنقاط التفصيلية وفق العلاقة:

$$X'_j = X'_i + d_{ij} \times \sin \theta_{ij}$$

$$Y'_j = Y'_i + d_{ij} \times \cos \theta_{ij}$$

ويحسب الخطأ الناتج في الإحداثيات

$$f_x = x_c - \bar{x}_c$$

$$f_y = y_c - \bar{y}_c$$

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

الخطأ الناتج

الخطأ المسموح به في الإحداثيات  $X, Y$

$$f_s = 0.01\sqrt{D} + 0.07$$

$$f_s = 0.03\sqrt{D} + 0.10$$

خطأ في الزوايا للمضلعات الرئيسية  $\Delta_a = 2^c \sqrt{n+1}$

خطأ في الزوايا للمضلعات الثانوية  $\Delta_a = 3^c \sqrt{n+1}$



## **الفصل السادس**

### **القياسات المساحية**

يمكن بصورة عامة اعتبار القياسات المساحية قياساً للمسافات الأفقية والشاقولية وقياس الزوايا الأفقية والشاقولية، وكلَّ الأعمال والقياسات الأخرى تعود بصورة رئيسية إلى هذين القياسين.

#### **6- قياس المسافات**

تقسم هذه القياسات إلى قياسات مباشرة للمسافات وقياسات غير مباشرة. ولقد مر سلباً ذكر الفرق بينهما.

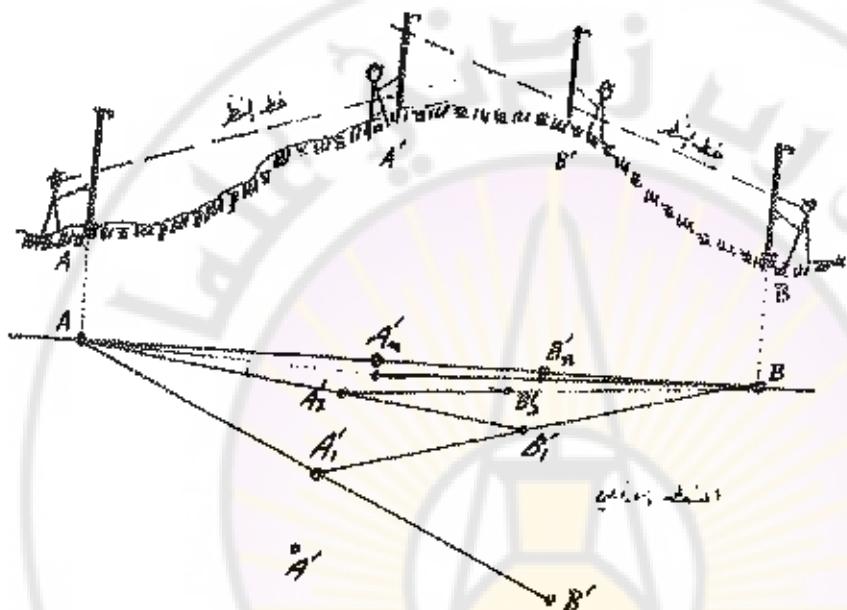
##### **6-1- القياس المباشر للمسافات**

يقصد به قياس المسافات بواسطة الشريط وذلك يتم بالانطلاق من النقطة الأولى أو نقطة البداية إلى النقطة الأخيرة أو نقطة النهاية وبالعكس على أن يتم القياس على الاستقامة الفاصلة بينهما لذا تستعمل الشواخص لهذه الغاية إذ يوضع شاهض في نهاية المسافة ويقف شخص خلف شاهض آخر في بداية المسافة بحيث يرى الشاهضان متطابقين، ويوجه حامل الشريط الذي يقوم بالقياس كي لا ينحرف عن الاستقامة بين النقطتين (البداية والنهاية). هذا في حال كون النقطتين مرتبتين الواحدة من الأخرى، ولكن في بعض الحالات لا تكون النقطتان مرتبتين الواحدة من الأخرى عندها يجب تحديد الاستقامة مسبقاً على الشكل التالي:

### 1-1-1-1 نهائية المسافة غير مرتين الواحدة من الأخرى:

لتكن النقطتان  $A$  و  $B$  الواقعتان على جانبي هضبة ويراد تعين الاستقامة

بينهما ثم قياس المسافة الأفقية بينهما (شكل 78).



الشكل رقم (78): يوضح كيفية قياس المسافة الأفقية من نقطتين غير مرتين عن بعضهما.

يقوم بهذه الحالة أربعة أشخاص مع كل منهم شاخص يقف أحدهم عند النقطة  $A$  والثاني عند النقطة  $B$  وينشر الشخصان الآخران على الهضبة بحيث أن الشخص  $A'$  يرى  $A$  و  $B'$  يرى  $B$  فيكون وضعهما لا على التعبيين كما هو واضح في المسقط الأفقي (القسم السفلي من الشكل) على أن يتحقق شرط آخر وهو أن يرى الشخص  $A$  الشخص  $B'$  وكذلك الشخص  $B$  يرى الشخص  $A'$ .

وأليس من الضروري أن يريرا الشخصين حاملي الشاخصين المذكورين (كما هو واضح من خط النظر لهما في القسم العلوي من الشكل 60).

يقوم الشخص  $A$  بتوجيه الشخص  $A'$  للانتقال إلى النقطة  $B$  بحيث أن  $A$  يرى الشخصين  $A_1$  و  $B$  على استقامة واحدة، وعندما ينتهي يقوم الشخص  $B$  بتوجيه الشخص  $B'$  لنقل الشخص إلى نقطة  $B_1$  بحيث يرى الشخصين  $A_1$  و  $B_1$  على استقامة واحدة، ثم بنفس الطريقة يقوم الشخص  $A$  بتحريك الشخص  $A_1$  إلى النقطة  $A_2$  وكذلك يقوم  $B$  بتحريك  $B_1$  إلى  $B_2$  وتكرر العملية إلى أن يرى الشخص  $A$  الشخصين  $A_n$  و  $B_n$  وكذلك يراهما الشخص  $B$  على استقامة واحدة هي الاستقامة المطلوبة.

الحالة الخاصة السابقة في حال نهاية المسافة غير مرئتين الواحدة من الأخرى يمكن أن تكون بأحوال متعددة، والمطلوب الوصول إلى نقاط على الاستقامة مرئية الواحدة منها من الأخرى أو التالية.

## 6-2- طرق استعمال الشريط

### ١) حالة الأرض أفقية أو ذات ميل قليل:

في هذه الحالة يتم الانتقال على الاستقامة بشد الشريط بحيث يقوم الشخص الأول بتوجيه الشخص الثاني لكي يكون على الاستقامة ويوضح هذا (الشخص الثاني) عند نهاية الشريط سيفاً خاصاً يغرسه بالأرض إن كانت تسمح بذلك ثم ينتقلان إلى النهاية ويقوم الشخص الأول بعد الأسياغ الخاصة للتأكد من عدد المرات التي استعمل فيها الشريط خلال قياس المسافة، ويقصد بالأرض ذات الميل القليل الأرض التي إذا قيست المسافة فيها فإن هذه المسافة تعتبر أفقية

وذلك تبعاً للدقة المطلوبة وهذا ما سimer في بحث الأخطاء النظمية في القياسات المباشرة.

## 2) حالة أرض مائلة بالتنظيم:

إذا كانت الأرض مائلة بالتنظيم أو شبه ذلك لأن تكون المسافة المقاسة على طريق أو في منطقة ممهدة أو بطبيعتها كذلك عندها تقاس المسافة بالطريقة السابقة بالانتقال على سطح الأرض وتكون المسافة المقاسة هي المسافة المائلة  $D'$  وللحصول على المسافة الأفقية  $D$  يجب معرفة ميل الأرض أو زاوية ميل الأرض  $\alpha$  أو فرق الارتفاع بين النقاطين  $A$  و  $B$  وهو المسافة الشاقولية  $\Delta h$ . من الشكل نلاحظ أن المسافة الأفقية هي:

$$D = D' \cos \alpha$$

ويمكن الحصول على الفرق بين المسافة الأفقية والمسافة المائلة أي:

$$\begin{aligned} C &= D' - D = D' - D' \cos \alpha = D' (1 - \cos \alpha) \\ &C = D' \left( 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right) \end{aligned}$$

هذه العلاقة تسمح بإعداد جداول باختلاف قيم  $D'$  تعطي قيمة التصحيح  $C$  للمسافة المائلة  $D'$  الحصول على المسافة الأفقية  $D$ .

ويمكن كتابة العلاقة السابقة على الشكل التالي:

$$\begin{aligned} C &= D' (1 - \cos \alpha) = D' (1 - \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}) \\ &C = D' \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{\Delta h^2}{D'^2}} \right) \end{aligned}$$

بنشر هذه المعادلة يكون:

$$C = \frac{\Delta h^2}{2D'} + \frac{\Delta h^4}{8D'^3} + \dots$$

يؤخذ عادة الحد الأول أي:

$$C = \frac{\Delta h^2}{2D}$$

وهذه العلاقة تعطي أيضاً التصحيح الفوري للمسافة ويمكن إعداد جداول بهذا التصحيح لسلسلة من قيم  $D$ ,  $\Delta h$ .

وهنا يظهر مقدار التصحيح أو بالأحرى الكمية التي يمكن إهمالها في حال كون الميل قليلاً، فمثلاً: في أرض ميلها 2 يكون التصحيح هو  $2 \text{ cm}$ .

$$\Delta h = 2m, D = 100m, C = 0.02m$$

أي (2) سنتيمتر، التصحيح الواجب على المسافة البالغة مئة متر وهنا تحسب الدقة المطلوبة وفي حال أن هذا التصحيح أقل من الخطأ المسموح به تعتبر الأرض بهذا الميل (تشبه أفقية) المذكورة سابقاً.

(3) حالة أرض متعرجة:



الشكل رقم (79): أرض متعرجة

في هذه الحالة يتم الانتقال على الاستقامة بين النقطتين مع رفع الشريط بالشكل المناسب ليكون أفقياً في كل مراحل القياس تبعاً لطبيعة الأرض. وتكون المسافة الأفقية بين النقطتين هي مجموع تلك الأجزاء الأفقية المقاسة.

تجدر الملاحظة إلى أن قياس المسافة في الحالات كافة يتم ذهاباً وإياباً على الأقل وهذا يتم بين كل نقطتين متتاليتين أو إذا كانت المسافة المقاسة مسلكاً بين مجموعة من النقاط فيتم قياس المסלك (المضلع) بكتمه ذهاباً وإياباً.

### 6-3-6 - دقة القياسات المباشرة للمسافة

ليكن  $m$  الخطأ المتوسط التربيعي لواحدة الطول فعلى مسافة  $\ell$  يكون الخطأ المتوسط التربيعي:

$$m_\ell = m\sqrt{\ell}$$

وبناء عليه يحدد الخطأ الأعظمي وحد التساهل، لذلك تقسم الأرضي عادة إلى عدة درجات حسب وعورة الأرض وطرق القياس، كما توضع علامة يدخل فيها الأخطاء النظامية أيضاً على الشكل التالي.

$$\Delta_D = C_1 \cdot \sqrt{\ell} + C_2 \cdot \ell$$

### 6-4-6 - قياس المسافات بالأجهزة الإلكترونية:

تعد الطرق الإلكترونية لقياس المسافة (distance) بين نقطتين باستخدام الموجات الكهرومغناطيسية (electromagnetic waves) من المتطلبات الضرورية حالياً للإعمال المساحية، حيث بذلت الفكرة في استخدامها باعتبارها وسيلة لقياس المسافات منذ ثلاثينيات القرن الماضي، ومع التطور الحاصل في أجهزة القياس الإلكترونية أصبح من الممكن استخدامها بسهولة وبدقة عالية تحقق متطلبات الدقة في الأعمال المساحية والجيوديزية.

يستخدم الوقت الحاضر قياس المسافات الإلكتروني (Electronic Distance Measurement EDM) لتعيين أطوال خطوط توأمة... لاع، وشبكات المثلثات حيث أصبح بالإمكان بناء هذه الشبكات من المسافات فقط دون

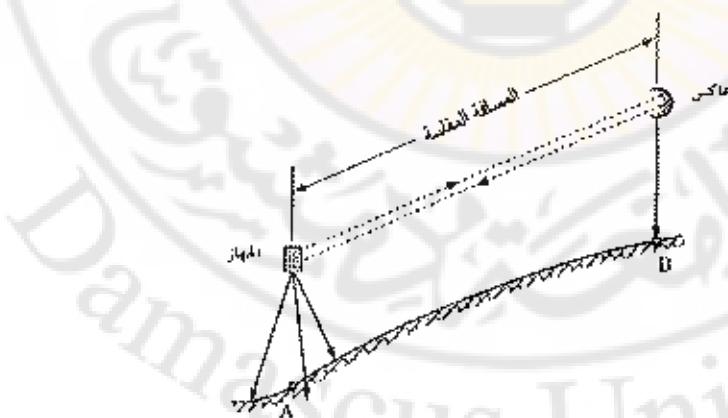
إجراء أية قياسات زاوية فيها، أطلق على هذا النوع شبكات المثلثات مقيسة الأضلاع (triangulation networks).

تعتمد فكرة القياس بالموجات الكهرومغناطيسية على إيجاد الزمن الذي تستغرقه الموجة الكهرومغناطيسية لقطع المسافة بين نقطتين محددين، حيث يوضع الجهاز فوق نقطة معينة يرسل منه الموجات الكهرومغناطيسية التي ترتد مرة ثانية إلى الجهاز عندما تصطدم بعكس موضوع فوق النقطة الأخرى كما هو ممثل في الشكل (4-9) ويتم تسجيل الزمن الذي تستغرقه رحلة الذهاب والإياب لهذه الموجة. يمكن حساب المسافة  $D$  بين النقطتين باستخدام قانون نيوتن كما يلي:

$$D = \frac{1}{2} (V \times t)$$

حيث  $V$ :

سرعة انتقال الموجات الكهرومغناطيسية في الهواء وقيمتها 299792458 m/sec المتساوية لسرعة الضوء أما  $t$  الزمن الذي تستغرقه الموجة الكهرومغناطيسية من لحظة الإرسال حتى لحظة استقبالها مرة أخرى في الجهاز.



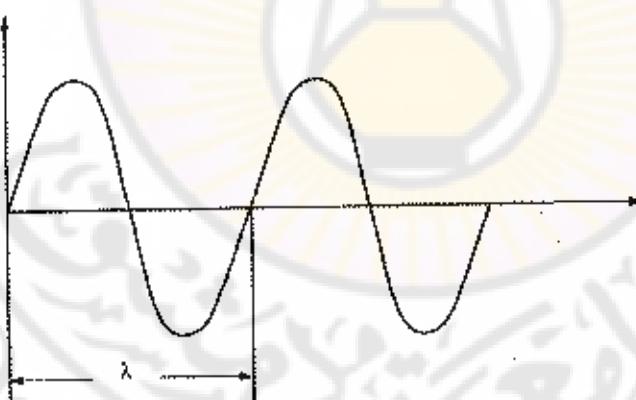
شكل (80): فكرة القياس بالموجات الكهرومغناطيسية

تعرف الموجات الكهرومغناطيسية بأنها وسيلة لانتقال الطاقة خلال الفراغ أو المادة، حيث تنتقل الجزيئات الكهرومغناطيسية أثناء عملية الانتقال هذه فسي مسار تردد يمثل حركة توافقيّة بسيطة يأخذ شكل المنحني الجيبي (sinusoidal) كما في الشكل (81).

يعرف طول الموجة  $\lambda$  بأنه المسافة التي نقطعها نقطة نتيجة حركة ترددية مقدارها دورة واحدة، أي:

$$\gamma = \frac{V}{f}$$

حيث  $V$ : سرعة انتقال الموجات الكهرومغناطيسية في الهواء، و  $f$  التردد للموجة (frequency) ووحدته هي  $\text{sec}^{-1}$ ، وتعرف بالهرتز (Hertz)، فإذا ذكر أن تردد الموجة واحد هرتز فهذا يعني أن الدورة (cycle) الواحدة تستغرق ثانية واحدة.



شكل (81): مسار الموجات الكهرومغناطيسية

## 6-5- إرجاع المسافات إلى المنسوب الوسطي إلى البحر

يتم إعادة إرجاع (reduction) المسافات المقاسة عند ارتفاعات مختلفة إلى المنسوب الوسطي لسطح البحر (سطح الجيونيد). بما أن الأرض لها الشكل المنحني فإن المسافة المقاسة  $L$  بين نقطتين  $A$  و  $B$  عند ارتفاع  $h$  (وسطي ارتفاع نقطتين  $A$  و  $B$ ) فوق سطح البحر ستكون أكبر من الطول المكافئ  $L_e$  عند المنسوب الوسطي لسطح البحر كما يبين الشكل (82) حيث الأرض أخذت على أنها كرة نصف قطرها  $R$ .

$$L = (R + h)\theta$$

$$L_e = R\theta$$

حيث  $\theta$  : الزاوية المركزية. نجد من هاتين العلاقات أن:

$$\theta = \frac{L}{(R+h)} = \frac{L_e}{R} \rightarrow L_e = L \left[ \frac{R}{(R+h)} \right]$$

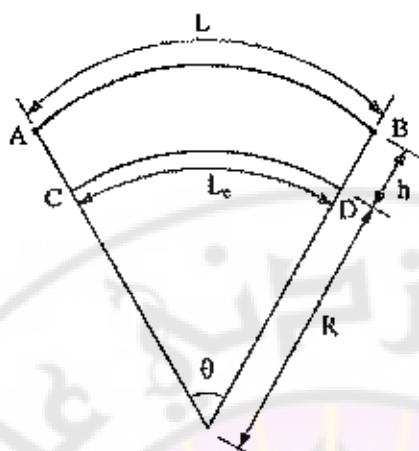
ومنه يكون تصحيح الارتفاع على المسافة هو :

$$\theta = L_e - L = L \left[ \frac{R}{(R+h)} \right] - L = - \frac{Lh}{R+h}$$

بما أن  $h$  صغيرة جداً مقارنة مع  $R$  لذا يمكن إهمالها، ويصبح تصحيح

الارتفاع يساوي:  $C_h \approx - \frac{Lh}{R}$  ، إن هذا التصحيح سالب. تكون المسافة

المرجعة إلى سطح الجيونيد هي:  $L_e = L + C_h$  .



شكل (82): إرجاع المسافات المقلوبة إلى سطح الجيبونيد.

## الفصل السابع

### تعيين إحداثيات النقاط

هو الحصول على إحداثيات النقاط  $x, y$  لكل نقطة ليست رسمها على الخريطة بالإحداثيات الأفقية  $x, y$ , ثم تمثيل التضاريس بإحدى الطرق اعتماداً على الارتفاع  $(H)z$ .

إن المقصود بالنقاط هنا نقاط المضلعات والنقاط التفصيلية أما بقية النقاط من درجات عليا، نقاط المثلثات فليست مجال البحث حالياً، لذا تعتبر النقاط المراد معرفة إحداثياتها هنا هي النقاط الجديدة غير المعروفة وسيتم حساب إحداثياتها اعتماداً على نقاط قديمة أي معروفة الإحداثيات. إن مجال البحث هو الإحداثيات بالاعتماد على قياس المسافات والزوايا، وهذا يجب معرفة السمت بين نقطتين معروفتين وحساب المسافة بينهما.

#### 7-1- حساب السمت الاعتباري والمسافة بين نقطتين معروفتين

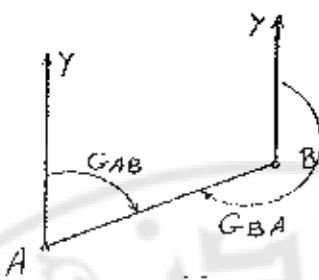
لتكن النقطتان  $A$  و  $B$  معروفي الإحداثيات (شكل 83). السمت الاعتباري  $G_{A-B}$  هو الزاوية عند النقطة  $A$  بين اتجاه الشمال الاعتباري (محور  $y$ ) والاتجاه من  $A$  إلى  $B$  ، كما هو واضح فإن فرق الإحداثيات تتشكل الضلعين القائمين في المثلث القائم  $B'BA$  ومنه:

$$\tan G_{A-B} = \frac{X_B - X_A}{Y_B - Y_A} = \frac{\Delta X}{\Delta Y}$$

بعد حساب السمت نحسب المسافة بين النقطتين:

$$Sab = \frac{\Delta X_A^B}{\sin G_A^B}$$

$$Sab = \frac{\Delta Y_A^B}{\cos G_A^B}$$

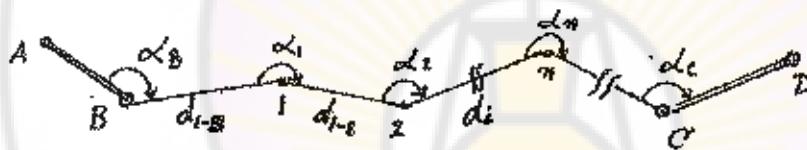


الشكل رقم (85): حساب السمت الجاكس والعكسى والمسافة

## 2-7 حساب إحداثيات نقاط المضلعات:

نقاط المضلعات هي نقاط مختارة بشكل مسالك أو مضلعات متالية وتقسّم

بين نقطتين معروفتين (معلومتين):



الشكل رقم (86): يبيّن نقاط المضلعات المفتوحة

بتم اختيار هذه النقاط لتكون منطلقاً للمسح التفصيلي التسالي والأهداف أخرى. لكن النقاط المختارة  $1, 2, \dots$ ، الموضوعة بين النقطتين  $B$  و  $C$ ، وكل من هاتين النقطتين يجب أن تربط ببقية معلومة أخرى مثل  $A$  و  $D$  وذلك لمعرفة سمت البداية وسمت الذهابية. بالنسبة للمسالك تقياس الزوايا الموضوعة بالشكل:  $(\alpha_i)$  والمسافات بين النقاط  $(d_i)$  وكذلك فروق الارتفاعات بالتسوية المباشرة.

ثم تحسب الإحداثيات بالتالي أي بالانتقال من نقطة إلى نقطة تالية وذلك من معرفة السمت والمسافة على الشكل التالي:

### 7-2-1- حساب السموت:

من الشكل (87) يلاحظ أن سمت البداية  $G_{AB}$  يتم حسابه من إحداثيات نقطتين المعروفتين  $B, A$  ثم يحسب السمت  $G_{B1}$  كما يلى:

$$G_{B1} = G_{BA} + \alpha_B = (G_{AB} + 200) + \alpha_B$$

$$\hat{G}_{A1} = G_{BA} + \alpha_0 \pm 200^{gr}$$

$$\hat{G}_{12} = G_{A1} + \alpha_1 \pm 200^{gr}$$

$$\dots = \dots + \dots \pm \dots$$

$$\hat{G}_{CD} = G_{(a-1)c} + \alpha_n \pm 200^{gr}$$

يضاف  $200^{gr}$  عندما  $G + \alpha < 200^{gr}$  والعكس بالعكس.



الشكل رقم (87): حساب السموت في المضلعي

وهكذا يمكن حساب بقية السموت من العلاقة السابقة أي: أن السمت عند نقطة ( $i$ ) يساوي السمت عند النقطة السابقة ( $1 - i$ ) مضافة إلى  $(\pi = 200 \text{ غراد})$  مضافة إليه الزاوية المقابلة عند هذه النقطة أي عندما

سمت النهاية  $G_{CD}$  من العلاقة السابقة، وهذا السمت معروف إذ يمكن حسابه من إحداثيات النقطتين المعلومتين  $C$  و  $D$  فيكون السمت  $G_{CD}$  والفرق بين القيمتين هو نتيجة الأخطاء الواقعه أثناء قياس الزوايا  $F_\alpha$  أي:

$$F_\alpha = G_{CD} - G_{CD}'$$

وهو الفرق بين القيمة المعلومة (الصحيحة) والقيمة المحسوبة. إذا كان هذا الفرق مساوياً أو أقل من حد التساهل (الحد المسموح به)

$$\Delta_\alpha = 2^c \sqrt{n+1} \text{ للمضلعات الرئيسية}$$

$$\Delta_\alpha = 3^c \sqrt{n+1} \text{ للمضلعات الثانوية المفتوحة}$$

يتم توزيع هذا الفرق  $F_\alpha$  على الزوايا المقاسة بحيث عند حساب السمات من جديد يكون سمت النهاية المحسوب مساوياً لهذا السمت المعروف.

يتم توزيع الخطأ  $F_\alpha$  على الزوايا المقاسة بالتساوي أي أن الخطأ في كل زاوية هو:

$$V_\alpha = \frac{F_\alpha}{n}$$

حيث  $n$  تمثل عدد الزوايا المقاسة وهي عدد النقاط مسافةً إليه زاوية البداية والنهاية.

ويعطى حد التساهل في حساب إحداثيات نقاط الراسد على الشكل التالي:

$$\Delta_d = 0.01\sqrt{D} + 0.07$$

$$\Delta_d = 0.01\sqrt{D} 0.12$$

يؤخذ حد التساهل على الشكل التالي بحيث أن خطأ الزوايا أقل منها:

$$F_\alpha \leq \Delta_\alpha = c\sqrt{n}$$

حيث  $c$  تمثل ثابتة هي الخطأ المتوسط التربيع لقياس الزاوية مصروفًا باثنين ونصف ونعتبر هذه القيمة في المضلعات العادية قرابة 0.03 غراد و $\pi$  تمثل عدد الزوايا المقاسة.

ثم يتم حساب إحداثيات النقاط بالتالي حيث أن الواضح من الشكل 66 أن الإحداثيات المؤقتة الحاملة لأخطاء قياس المسافات هي:

$$X_i^* = X_{i-1} + \Delta X^2 Y_i^* = Y_{i-1} + \Delta Y^*$$

$$\Delta X_{i-1,i}^* = d_{i,i-1} \cdot \sin G_{i-1,i}$$

$$\Delta Y_{i-1,i}^* = d_{i-1,i} \cdot \cos G_{i-1,i}$$

سميت هذه القيم مؤقتة وتميزت بإشارة فتحة ( ) إلى أن يتم حساب الأخطاء الناتجة عن قياس المسافات. يظهر ذلك عند الوصول إلى إحداثيات نقطة النهاية  $C$  وهذه النقطة معلومة أي معروفة الإحداثيات  $C$  والفرق بين القيمتين المحسوبة والمعلومة هو الخطأ الذي يجب أن لا يتجاوز حد التساهل:

$$F_X = X_c - X_c^*$$

$$F_Y = Y_c - Y_c^*$$

$$f_d = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2}$$

إذا كان الفرق ضمن حد التساهل يتم توزيع الخطأ بإحدى الحالتين التاليتين:

### 1. التوزيع المتساوي:

هذه الحالة سريعة والدقة المطلوبة ليست عالية لذا يوزع الخطأ بالتساوي على فروق الإحداثيات المحسوبة بالتساوي دونأخذ قيمة الفروق بعين الاعتبار أي:

$$V_X = \frac{F_X}{n}, \quad V_Y = \frac{F_Y}{n}$$

حيث تمثل  $n$  عدد فروق الإحداثيات  $\Delta Y_i$  و  $\Delta X_i$  المحسوبة، تضاف هذه الأخطاء إلى فروق الإحداثيات ثم تحسب الإحداثيات المصححة أي النهائية لل نقاط.

## 2. التوزيع المناسب مع فروق الإحداثيات:

وهو أن يحسب الخطأ الذي يخص واحدة الطول باتجاه محور  $X$  وباتجاه محور  $Y$  ثم يحسب الخطأ بما يناسب وطول فرق الإحداثيات بين النقاط:

$$V_{X_i} = \frac{F_X}{\sum |\Delta X|} \Delta X ; \quad V_{Y_i} = \frac{F_Y}{\sum |\Delta Y|} \Delta Y$$

حيث تمثل  $F_X$  والقطتين المعينتين بفرق الإحداثيات بينهما. إن التوزيع بهذه الطريقة أفضل لأن خطأ قياس المسافات يكون كبيراً كلما كانت المسافة كبيرة لذا يتم التوزيع النسبي هذا وهو ما ذكر في بحث الأخطاء باسم الأخطاء غير متساوية الدقة. ويمكن توزيع الخطأ تبعاً للمسافات المقاسة وليس فروق الإحداثيات أي:

$$V_{d_i} = \frac{F_d}{\sum d} \cdot d_i$$

يتم إصلاح المسافات المقاسة ومن ثم يتم حساب فروق الإحداثيات.

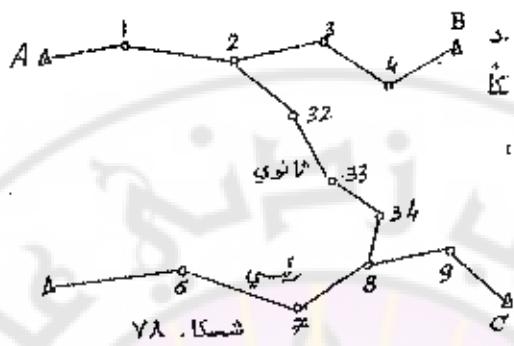
بعد توزيع الخطأ وحساب الإحداثيات النهائية تصبح النقاط معلومة الإحداثيات.

## 7-3- أنواع المسالك (المضلعات):

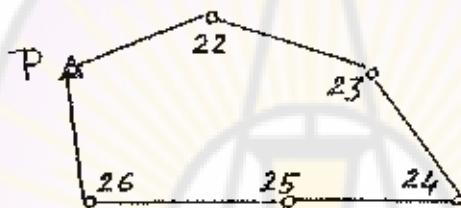
إذا كانت النقاط المختارة واقعة بين نقاط مترابطة وهي التي تكون دفتها نسبياً كبيرة تسمى مسالك رئيسية.

وإذا كانت مختاراة بين نقاط مسالك رئيسية سميت عندها مسالك ثانوية (الشكل 88) إذا انطلق المسار من نقطة معلومة وعاد إلى نفس النقطة يسمى: مسلكاً مغلقاً وله محاذير، أهمها أن إغلاق الزوايا الظاهري لا يعني عدم إمكانية

انحراف المسلك بكتمه، ولا يجوز اللجوء إليه إلا في الحالات الاضطرارية  
 (شكل رقم 89).



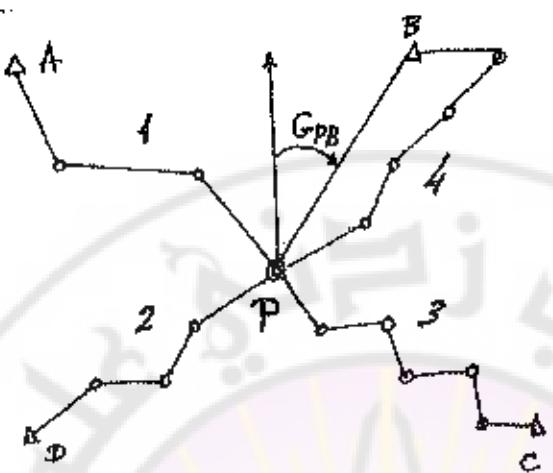
الشكل رقم (88): مضلع ثانوي ورئيسي



الشكل رقم (89): مضلع مغلق

#### 7-4- حساب إحداثيات المقدمة

هي النقطة التي يمر منها أكثر من مسلك كان تكون نقطة تقاطع مسلكين  
 مثلاً (شكل 90). حيث أن المثلث  $AC$  يمر من النقطة  $P$  وكذلك المثلث  $BD$ .



الشكل رقم (90):

عند حساب إحداثياتها من المسالك الأول، ليس ضرورياً أن تكون نفس الإحداثيات المحسوبة من المسالك الثاني لذلك تعامل هذه النقطة معاملة خاصة وتسمى عقدة، هذه المعاملة هي أن تعتبر نقطة نهاية للمسالك الأربع المنطلقة من النقاط الأربع المعلومة  $D, C, B, A$  فتحسب إحداثياتها إذ يكون لها أربعة قيم مختلفة يؤخذ متوسطها على الشكل التالي:

1) انتباحاً من النقاط المعلومة وكما مر سايقاً في المسالك يحسب سمعت النهاية عند النقطة  $P$  ولتكن المسمعت  $G_{PB}$  فيكون له أربع قيم لأن المسالك هنا أربعة. يحسب متوسطها الموزون أي تبعاً لعدد الزوايا المقاومة في كل مسالك كما يلي:

$$G_{PB} = \frac{P_1 G_{PB_1} + P_2 G_{PB_2} + P_3 G_{PB_3} + P_4 G_{PB_4}}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4}$$

حيث  $P_i$  تمثل وزن المسلك فيما يتعلق بالزاوية المقاسة وهو معكوس عدد الزوايا المقاسة في ذلك المслك:

$$P_i = \frac{1}{n_i}$$

(i) ترمز إلى رقم المسلك.

بعد الحصول على السمت المتوسط يتم حساب إحداثيات النقاط في كل مسلك حتى النقطة بالطريقة المذكورة سابقاً فتكون هذه إحداثيات مؤقتة تحمل أخطاء قليل المسافات لذلك يكون للنقطة أربع إحداثيات مختلفة أيضاً يوحد متوسطها الموزون على الشكل التالي:

$$X_P = \frac{\sum_1^m P_i X_{P_i}}{\sum_1^n P_i} = \frac{P_1 X_{P_1} + P_2 X_{P_2} + P_3 X_{P_3} + P_4 X_{P_4}}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4}$$

$$Y_P = \frac{\sum_1^m P_i Y_{P_i}}{\sum_1^n P_i} = \frac{P_1 Y_{P_1} + P_2 Y_{P_2} + P_3 Y_{P_3} + P_4 Y_{P_4}}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4}$$

تكون الأوزان هي معكوس مجموع فروق الإحداثيات في كل مسلك بقيمتها المطلقة:

$$P_{X_i} = \frac{1}{\sum |\Delta X_{ii}|}, P_{Y_i} = \frac{1}{\sum |\Delta Y_{ii}|}$$

تمثل (i) رقم المسلك.

يمكن توجيه الأوزان باتجاه المحورين  $X$  و  $Y$  وذلك بأخذ الوزن معكوس مجموع الأضلاع  $d_i$  في كل مسلك أي لكل من  $X$  و  $Y$  الوزن:

$$P_i = \frac{1}{L_i}, \quad L_i = \sum d_i$$

وبعد حساب الإحداثيات الوسطية للنقطة  $P$  يتم توزيع الأخطاء بالنسبة لن نقاط كل مسلك باعتباره مسلكاً بين نقطتين معلومتين إذ أصبحت النقطة  $D$  عندها نقطة معروفة.

## ٧-٥- حساب الإحداثيات التربيعية بطريقة التقاطع والإشعاع

إلى جانب شبكات الأساس السماحي يحدد على سطح الأرض نقاط إضافية لتكثيف الشبكة المساحية العامة أو لربط تلك الشبكات بها.

يتم تعريف تلك النقاط بعدة طرق:

التقاطع المباشر، التقاطع العكسي (النقويم)، التقاطع الخطي والإشعاع ويسعر حين فيما يلي طريقي التقاطع المباشر وال التقاطع العكسي.

### ١-٣-٧ - التقاطع المباشر:

تتلخص هذه المسألة بإيجاد الإحداثيات التربيعية لنقطة مجهولة بالاعتماد على نقطتين معلومتي الإحداثيات وبمساعدة سنتين اعتباريين (في حال عدم وجود رؤية بينهما) وزاويتين أفقيتين مقاستين في هاتين النقطتين. ولذلك هناك إمكانية لتحقيق من صحة تعريف النقطة المجهولة تأخذ نقطة معلومة ثالثة وتنقسم فيها الزاوية الأفقية.

وبالتالي لحل هذه المسألة يجب أن تتحقق رؤية النقطة المجهولة من ثلاثة بذاته معلومة.

يُحل التقاطع المباشر بطرق وعلاقات متعددة منها علاقات يوونغ وعلاقات غالوس.

#### أ- الحل بعلاقات يوونغ:

إذا كانت الرؤية محققة بين النقاط المعلومة ( $A, B, C$ ) التي مستحددة بها النقطة المجهولة ( $P$ ) والزوايا الأفقية ( $\beta_1, \beta_2, \beta'_1, \beta'_2$ ) مقاسة فيها من الملائمة في هذه الحالة استخدام علاقات يوونغ التي يمكن استنتاجها على الشكل التالي:

بفرض  $\hat{A}PB = \gamma$ ;  $AP = S_1$ ;  $AB = S$

نلاحظ من المثلث ( $\Delta BP$ ) وعلى أساس نظرية الجيبوب أن:

$$S_1 = \frac{S \sin \beta_2}{\sin \gamma}$$

إن مقدار التغير ( $\Delta x$ ) وفق المضلع ( $AP$ ) يساوي:

$$\Delta X_{AP} = S_1 \sin \alpha_{AP}$$



الشكل رقم (٩١): التقاطع المباشر

إذا أخذنا بعين الاعتبار أن:

$$\begin{aligned}\alpha_{AP} &= \alpha_{AB} - \beta_1 \\ \gamma &= 200 - (\beta_1 + \beta_2)\end{aligned}$$

يمكننا أن نكتب:

$$\Delta X_{AP} = \frac{S \sin(\alpha_{AB} - \beta_1) \sin \beta_2}{\sin(\beta_1 + \beta_2)}$$

$$\Delta X_{AP} = \frac{S \sin \alpha_{AB} \cos \beta_1 \sin \beta_2 - S \cos \alpha_{AB} \sin \beta_1 \sin \beta_2}{\sin \beta_1 \cos \beta_2 + \cos \beta_1 \sin \beta_2}$$

بما أن:

$$\Delta X_{AP} = X_P - X_A$$

$$S \sin \alpha_{AB} = X_B - X_A$$

$$S \cos \alpha_{AB} = Y_B - Y_A$$

هذا يؤدي إلى:

$$X_P - X_A = \frac{(X_B - X_A) \cos \beta_1 \sin \beta_2 - (Y_B - Y_A) \sin \beta_1 \sin \beta_2}{\sin \beta_1 \cos \beta_2 + \cos \beta_1 \sin \beta_2}$$

ويقسم المقام والبسط على الجداء  $\sin \beta_1 \sin \beta_2$  نجد أن:

$$X_P - X_A = \frac{(X_B - X_A) \cot \beta_1 - (Y_B - Y_A)}{\cot \beta_1 + \cot \beta_2}$$

وبنفس الطريقة نوجد:

$$Y_P - Y_A = \frac{(Y_B - Y_A) \cot \beta_1 + (X_B - X_A)}{\cot \beta_1 + \cot \beta_2}$$

وبطريقة مماثلة نوجد تغير إحداثيات يونغ الموافق لمسافة  $PB = S_2$ :

$$X_P - X_B = \frac{(X_A - X_B) \cot \beta_2 - (Y_A - Y_B)}{\cot \beta_1 + \cot \beta_2} \quad (a)$$

$$Y_P - Y_B = \frac{(Y_A - Y_B) \cot \beta_2 + (X_A - X_B)}{\cot \beta_1 + \cot \beta_2} \quad (b)$$

بعد حساب تغير الإحداثيات بالعلاقات السابقة نحسب إحداثيات النقطة (P) مرتبين:

$$X_P = X_A + \Delta X_{AP} = X_B + \Delta X_{BP}$$

$$Y_P = Y_A + \Delta Y_{AP} = Y_B + \Delta Y_{BP}$$

إن الفرق بين قيم الإحداثيات في المرة الأولى وفيها في المرة الثانية يجب أن يكون فقط نتيجة التقرير (وهو بحدود ثلاثة وحدات من مرتبة الرقم الأخير).

بنقل  $X_A$  و  $Y_A$  في العلاقتين ( $a = b$ ) إلى الطرف الثاني وتوحيد المقامات  
نحصل على علقيتي يونغ لحساب الإحداثيات:

$$X_p = \frac{X_A \operatorname{ctg} \beta_2 + Y_A + X_B \operatorname{ctg} \beta_1 - Y_B}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2}$$

$$Y_p = \frac{Y_A \operatorname{ctg} \beta_2 - X_A + Y_B \operatorname{ctg} \beta_1 + X_B}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2}$$

من أجل إمكانية التحقق من صحة تحديد النقطة (P) نقياس (كمما ذكرنا سابقاً) زاويتان إضافيتان  $\beta'_2$ ,  $\beta'_1$  في نقطتين C, B (الشكل) وبالاعتماد على إحداثيات هاتين النقطتين والزاويتين  $\beta'_2$ ,  $\beta'_1$  تحسب إحداثيات النقطة (P)  
بعلاقات يونغ للمرة الثانية.

إن الفرق بين إحداثيات (P) من المرتين يجب أن تتحقق المتراجحة:

$$r = \sqrt{(x' - x'')^2 + (y' - y'')^2} < 3Mr \quad (C-1)$$

$$Mr = \sqrt{M_1^2 + M_2^2}(16 - 9) \quad (C-2)$$

حيث:

$M_1$  - الخطأ المتوسط التربيعي في تحديد (P) من A و B.

$M_2$  - الخطأ المتوسط التربيعي في تحديد (P) من C و B.

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= \frac{m\beta}{\rho \sin \gamma} \sqrt{s_1^2 + s_2^2} \\ M_2 &= \frac{m\beta}{\rho \sin \gamma} \sqrt{s_2^2 + s_3^2} \end{aligned} \right\} (C-3)$$

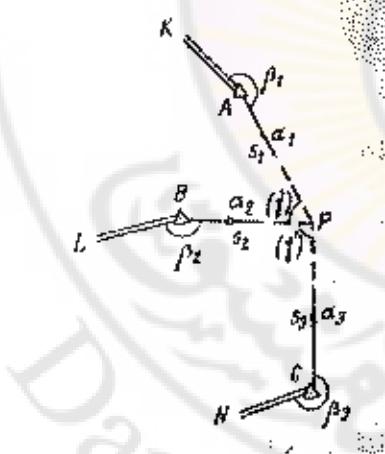
فإذا حلت إحداثيات النقطة  $(P)$  المترابطة  $(C)$  عندها تؤخذ المتوسطة كقيمة نهائية والخط المتوسط التربيعي للمتوسط من موضعين النقطة هو:

$$M = \frac{Mr}{\sqrt{2}}$$

-الهل يعلاقات غاووس:

إذا كانت الرؤية بين النقاط (A,B,C) التي تحدد بها النقطة المجهولة (P) بسبب، من الأسباب غير متحققة في هذه الحالة يكون أكثر الحلول ملائمة للمسألة هو الحال بعلاقة غلووس. حيث تفاصيل الزيويات الأفقيتان ( $\beta_2, \beta_1$ ) فسي التفاصيل A و B ومن أجل التتحقق تفاصيل الزاوية  $\beta_3$  في النقطة C بين التفاصيلين A و B و من أجل التتحقق تفاصيل الزاوية  $\beta_3$  في النقطة C بين الاتجاهات على النقطة (P) والاتجاهات على نقاط أخرى من نقاط الشبكة مثل K,I,N تدخل في علاقات غلووس سمات الاتجاهات بين نقاط المعلومة

وـالنقطة المجهولة وتحسب من العلاقات:



$$\alpha_1 = \alpha_{AP} = \alpha_{AK} + \beta_p$$

$$\alpha_2 = \alpha_{BP} = \alpha_{BL} - \beta_2$$

$$\alpha_3 = \alpha_{\text{CP}} = \alpha_{\text{CN}} - \beta_3$$

### الشكل رقم (92): التقطيع

مذها سمتان ضروريتان للحل والثالث للتحقق ولرفع دقة الإحداثيات النهائية للنقطة المجهولة P.

للحصول على علاقات غاووس نكتب العلاقة المعروفة:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{X_p - X_A}{Y_p - Y_A}$$

$$X_p - X_A = (Y_p - Y_A) \operatorname{tg} \alpha_1 \quad (D)$$

وبنفس الطريقة تماماً نجد:

$$X_p - X_B = (Y_p - Y_B) \operatorname{tg} \alpha_2 \quad (E)$$

تشكل (D) و(E) جملة معادلين بجهولين فيطرح الثانية من الأولى نجد أن:

$$X_B - X_A = Y_p(\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2) - Y_A \operatorname{tg} \alpha_1 + Y_B \operatorname{tg} \alpha_2$$

من هنا نجد:

$$Y_p = \frac{Y_A \operatorname{tg} \alpha_1 - X_A - Y_B \operatorname{tg} \alpha_2 + X_B}{\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2} \quad (F)$$

بعدد (Y\_A) من طرفي العلاقة (F) وتحديد مخارج الطرف الآيسن نحصل على:

$$Y_p - Y_A = \frac{(Y_A - Y_B) \operatorname{tg} \alpha_2 (X_A - X_B)}{\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2} \quad (G)$$

وبنفس الطريقة نجد:

$$Y_p - Y_A = \frac{(Y_A - Y_B) \operatorname{tg} \alpha_1 - (X_A - X_B)}{\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2} \quad (H)$$

تعتبر العلاقات (G) و(H) مع العلاقة (D) و(E) علاقات غاووس لغير

الإحداثيات والتي بعد حسابها تحسب إحداثيات النقطة (P) مرتين بالعلاقات:

$$X_p = X_A + (X_p - X_A) = X_B + (X_p - X_B) \quad (I)$$

$$X_p = Y_A + (Y_p - Y_A) = Y_B + (Y_p - Y_B)$$

تحسب (Y\_p).

لأن العلاقة (F) هي غاووس للحساب المباشر لعينات النقطة P(Y\_p) أن

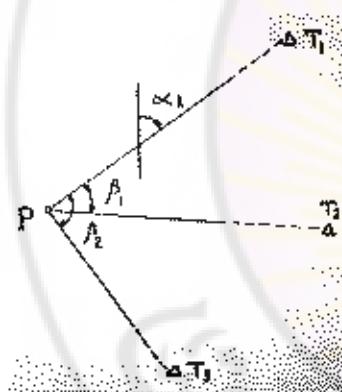
فتحسب بالعلاقاتين:

$$\begin{aligned} X_P &= X_A + (Y_P - Y_A) \operatorname{tg}\alpha_1 \\ X_P &= X_B + (Y_P - Y_B) \operatorname{tg}\alpha_2 \end{aligned} \quad (J)$$

إن الفرق بين قيمتي  $X_P$  من العلاقاتين (J) يجب ألا يزيد عن ثلاثة واحده من مرتبة الرقم الأخير.

للتحقق من صحة تحديد (P) نحسب إحداثياتها مرة ثانية باستخدام زوج آخر من النقاط (مثلاً B و C والسمتين  $\alpha_2$  و  $\alpha_3$ ) إن الفرق المسموح بين نتيجتي الحلين يمكن أن يحسب بالعلاقاتين (C-2) و (I) فإذا كان ضمن حدود التساهل تؤخذ المتوسطة كقيمة نهائية.

#### 5-2-5-7 - التقويم:



يتمثل في حساب إحداثيات نقطة رابعة على سطح الأرض بالاعتماد على ثلاثة نقاط معلومة الإحداثيات.  
تعرف هذه المسألة بمسألة باتينيوب  
ويوجد لها أكثر من مئة طريقة للحل  
وسنعرض هنا حلها بعلاقات دالمبر.

الشكل رقم (93): تقويم

لتكن  $(T_1, T_2, T_3)$  ثلاثة نقاط مثبتة معلومة الإحداثيات.  
المطلوب: إيجاد إحداثيات نقطة رابعة مجهولة (P) بالاعتماد على إحداثيات تلك النقاط ومن خلال قياس الزاويتين  $(\beta_1, \beta_2)$ . على اعتبار  $T_1$  هو الاتجاه الابتدائي وسمته  $\alpha_1$ .

فعلى أساس المسألة العكسية نكتب العلاقات الثلاث:

$$\left. \begin{array}{l} X_1 - X_p = (Y_1 - Y_p) \operatorname{tg} \alpha_1 \\ X_2 - X_p = (Y_2 - Y_p) \operatorname{tg} (\alpha_1 + \beta_1) \\ X_3 - X_p = (Y_3 - Y_p) \operatorname{tg} (\alpha_1 + \beta_2) \end{array} \right\} (K)$$

والتي فيها ثلاثة مجاهيل هي  $(\alpha, X_p, Y_p)$

نكتب في البداية الصيغة التالية:

$$\operatorname{tg} (\alpha_1 + \beta_1) = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \beta_1}{1 - \operatorname{tg} \alpha_1 \operatorname{tg} \beta_1}$$

نضرب صورة ومخرج الطرف الأيمن بـ  $\operatorname{ctg} \beta_1$ :

$$\operatorname{tg} (\alpha_1 + \beta_1) = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1 \operatorname{ctg} \beta_1 + 1}{\operatorname{ctg} \beta_1 - \operatorname{tg} \alpha_1} (L)$$

نعرض  $(L)$  في العلاقة الثانية من الجملة  $(K)$  فجده:

$$X_2 \operatorname{ctg} \beta_1 - X_2 \operatorname{tg} \alpha_1 - X_p \operatorname{ctg} \beta_1 + X_p \operatorname{tg} \alpha_1 = Y_2 \operatorname{tg} \alpha_1 \operatorname{ctg} \beta_1 + \\ Y_2 - Y_p \operatorname{tg} \alpha_1 \operatorname{ctg} \beta_1 - Y_p (M)$$

نوجد بـ  $(M)$  الصيغة  $(\alpha_1 + \beta_2)$  ونعرضها في العلاقة الثالثة من الجملة فجده  
أن:

$$X_3 \operatorname{ctg} \beta_2 - X_3 \operatorname{ctg} \beta_1 - X_p \operatorname{ctg} \beta_2 + X_p \operatorname{tg} \alpha_1 = Y_3 \operatorname{tg} \alpha_1 \operatorname{ctg} \beta_2 + \\ Y_3 - Y_p \operatorname{tg} \alpha_1 \operatorname{ctg} \beta_1 + Y_p (N)$$

نطرح  $(M)$  من  $(N)$  فجده:

$$X_3 \operatorname{ctg} \beta_2 - X_2 \operatorname{ctg} \beta_1 - X_p \operatorname{ctg} \beta_2 + X_p \operatorname{ctg} \beta_1 - X_3 \operatorname{tg} \alpha_1 + \\ X_2 \operatorname{tg} \alpha_1 = Y_3 \operatorname{tg} \alpha_1 \operatorname{ctg} \beta_2 + Y_p \operatorname{tg} \alpha_1 \operatorname{ctg} \beta_1 + Y_3 - Y_2 (O)$$

نوجد من العلاقة الأولى في الجملة  $(K)$  قيمة  $X_p$  ونعرضها في  $(O)$  فنحصل على:

$$X_3 \operatorname{ctg} \beta_2 - X_2 \operatorname{ctg} \beta_1 - X_1 \operatorname{ctg} \beta_2 + Y_1 \operatorname{tg} \alpha_1 \operatorname{ctg} \beta_2 + X_1 \operatorname{ctg} \beta_1 - \\ Y_1 \operatorname{tg} \alpha_1 \operatorname{ctg} \beta_1 + X_2 \operatorname{tg} \alpha_1 - X_3 \operatorname{tg} \alpha_1 = Y_3 \operatorname{tg} \alpha_1 \operatorname{ctg} \beta_2 - \\ Y_2 \operatorname{tg} \alpha_1 \operatorname{ctg} \beta_1 + Y_3 - Y_2$$

بنظرية الحدود المتشابهة نحصل على معادلة بمجهول واحد هو  $\alpha_1$ :

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}\alpha_1 [(Y_2 - Y_1) \operatorname{ctg}\beta_1 + (Y_1 - Y_3) \operatorname{ctg}\beta_2 - (X_3 - X_2)] &= \\ (X_2 - X_1) \operatorname{ctg}\beta_1 + (X_1 - X_3) \operatorname{ctg}\beta_2 + (Y_3 - Y_2) \end{aligned}$$

ومنه نحصل على السمت  $\alpha_1$ :

$$\operatorname{tg}\alpha_1 = \frac{(X_2 - X_1) \operatorname{ctg}\beta_1 + (X_1 - X_3) \operatorname{ctg}\beta_2 + (Y_3 - Y_2)}{(Y_2 - Y_1) \operatorname{ctg}\beta_1 + (Y_1 - Y_3) \operatorname{ctg}\beta_2 + (X_3 - X_2)} (P)$$

تسمى هذه العلاقة بعلاقة دالامير.

يمكن الحصول على الإحداثيات  $X_p, Y_p$  بمتابعة حل الجملة (K) لكن من

السهل لإيجادها بطريقة أخرى:

في البداية نوجد  $\alpha_2$  و  $\alpha_3$ :

$$\left. \begin{array}{l} \alpha_2 = \alpha_1 + \beta_1 \\ \alpha_2 = \alpha_1 + \beta_2 \end{array} \right\} (R)$$

بعد ذلك نحسب  $X_p, Y_p$  من بين بعلاقتي خاووس:

$$\left. \begin{array}{l} Y_p - Y_3 = \frac{(Y_1 - Y_3) \operatorname{tg}\alpha_3 - (X_1 - X_3)}{\operatorname{tg}\alpha_1 - \operatorname{tg}\alpha_2} \\ Y_p - Y_1 = \frac{(Y_1 - Y_3) \operatorname{tg}\alpha_3 - (X_1 - X_3)}{\operatorname{tg}\alpha_1 - \operatorname{tg}\alpha_2} \end{array} \right\} (Q)$$

$$X_p - X_3 = (Y_p - Y_3) \operatorname{tg}\alpha_3 (S)$$

$$X_p - X_1 = (Y_p - Y_1) \operatorname{tg}\alpha_1$$

ومن أجل التحقق النهائي من الضروري إيجاد السمت  $\alpha_2$  بالعلاقة:

$$\operatorname{tg}\alpha_2 = \frac{(X_2 - X_p)}{(Y_2 - Y_p)}$$

إن مسألة باتينيوف يمكن أن تحل بالاعتماد على ثلاثة نقاط معروفة ولكن

من أجل إمكانية التتحقق والحيطة تؤخذ نقطة رابعة معلومة ويقاس عليها الاتجاه

كذلك في النقطة المجهولة (P).

من الطرق البسيطة في التحقق:

يحسب سمت الاتجاه  $\alpha_{PT4}$  (T<sub>4</sub> النقطة الرابعة المعلومة).

بعد ذلك تحسب قيمة الزاوية  $\beta_3$  المحسوبة:

$$\beta_3 = \alpha_{PT4} - \alpha_{PT1}$$

ونقارن مع  $\beta'_3$  المقاسة حيث يجب أن تكون:

$$|\beta_3 - \beta'_3| < 6m \quad (T)$$

حيث m - الخطأ المتوسط التربيعي في قياس الزوايا  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ .

## 7-6- حساب الإحداثيات القطبية لل نقاط التفصيلية

### 7-6-1- المسح التفصيلي:

بعد حساب الإحداثيات التربيعية والمناسب (X<sub>i</sub>, Y<sub>i</sub>, H<sub>i</sub>) لرؤوس المضلعين

الناكيومتر يتم الانتقال إلى تنفيذ المسح التفصيلي والتصريري حيث تحدد خلاله الوضعية الفراغية ل نقاط سطح الأرض. ينفذ المسح الناكيومتر انطلاقاً من محطات (مراكز) تجرى فوق رؤوس المضلعين.

وستبين فيما يلي كيفية المسح باستخدام ناكيومتر محوال ذاتي.

يتم العمل في محطة مسح ناكيومترية وفق التسلسل التالي:

1) يُركز الناكيومتر فوق المرصد تحقق أفقيته ويجعل فسي الوضع الأول

(L) ثم يقاس ارتفاعه (i) بالشرطي بدقة (1cm).

2) يتم توجيه الجهاز (دائرة الزوايا الأفقية) بوحد من الأضلاع المتاخمة

لنقطة المركز من أجل ذلك تجعل القراءة الزاوية الأفقية مسلوبة للتصغر

(0.00) وثبتت الأيدياد. بعد ذلك يتم تحرير الجهاز ويدور الجهاز ويستم

التسديد على نهاية الصلع المتاخم المذكور ثم يثبت الجهاز ولا يُحرر حتى نهاية العمل على المحطة.

(3) يُحرر الأليدات ويدور الجهاز ليتم التسديد على ميرا مثبتة شاقولياً فسي نقطنة التفصيلية الأولى.

تؤخذ النقاط على تضاريس الأرض ويجب أن تختار على الخطوط المميزة للتضاريس وأماكن تغير الميل وذلك لإظهار طبيعة التضاريس بوضوح.

إن كثافة النقاط يجب أن تكون إلى درجة بحيث تسمح معها اعتبار المسافة بين نقطتين متجلورتين كقطعة مستقيمة. وكقاعدة عامة يجب ألا تزيد المسافة بين نقطتين متتاليتين على (2cm) بمقاييس المخطط.

ومن الضروري وحسب المستطاع مطابقة النقاط التفصيلية مع التضريمية وذلك بهدف التقليل من العدد الإجمالي للنقاط ورفع إنتاجية العمل.

وعلى حامل الميرا أن يعلم أنه بالحركة من الأسفل نحو الأعلى يمكن إظهار التضاريس بشكل أفضل.

وبالنسبة لمسح الأشكال المختلفة يجب أن ينتهي بالوقوف على نفس النقطة التي بدأ منها.

(4) تؤخذ القراءات على الميرا عند الشعيرات الأفقية والمائلة.

(5) تؤخذ قراءة على لوحة الترقيم الأفقية (HZ).

بعد ذلك تُنقل الميرا إلى النقطة التفصيلية الثانية لتجري عليها نفس القياسات السابقة وهكذا يتم مسح جميع النقاط الموجودة حول المحطة التي ينتهي

العمل عليها بتسديدة أخيرة على نقطة التوجيه (التصغير) للتأكد من ثبات الجهاز أثناء المسح.

تتم عملية المسح في وضعية واحدة للجهاز (L) و تسجل النتائج في جدول مسح تاكيموري (انظر الجدول التالي).

جدول مسح تاكيموري

النمرcker فوق المرصد: A ارتفاع الجهاز  $i = 1.57m$

نوجيي صفر الجهاز على: II  $H_i = 320.85 M$

الجهاز: تاكيموري ذاتي DALTAOION 2345

الراصد: حالة الجو: التاريخ / /

الكاتب:

الجدول رقم (1)

الرقم	الرقم	الارتفاعات على المتر					الارتفاع	الارتفاع	الارتفاع	الارتفاع
		1	2	3	4	5				
A	B									
	1									
	2									
	3									
	4									

يتم حساب المسافات وفروق الارتفاعات ومناسب التفاظط خلال عملية المسح بواسطة آلة حاسبة.

في كل محطة تاكيومنترية يتم رسم مخطط توضيحي باليد لتفاصيل سطح الأرض في الموقع يسمى كروكي حيث يبين عليه موقع المحطة والمرصدين السابق واللاحق وكذلك التفاصيل والنقط مع ترقيها.

إن الكروكي في هذه الحالة يختلف عن كروكي المسح الأفقي في أنه يحتوي معلومات عن أشكال التضاريس في الموقع حيث ترسم عليه أسمهم تحديد اتجاه الميول بين النقاط وكذلك تبين عليه هيكلية تلك التضاريس المتمثلة بخطوط التقسيم وتجميع المياه وفي بعض الأحيان ترسم عليه خطوط التسوية بشكل تقريبي لتبين التعرجات لشكل الأرض الموجودة في الموقع. ترقم النقاط والتفاصيل عادة بأرقام عربية متسلسلة ويجب الانتباه هنا إلى التأكد من تطابق أرقامها في الجدول مع أرقامها على الكروكي.

يُعتبر وضع الكروكي في المسح التاكيومنتي أحد أكثر أمور المسح حساسية ومسؤولية وذلك لضرورته في رسم المخطط الطبوغرافي في ظروف مكتبية.

لتتأمين الدقة المطلوبة في المسح يجب لا تزيد المسافة الأعظمية بين الجهاز والنقطة التفصيلية عن 60 متراً بالنسبة للمقياس 1:1000 وعن 100 متراً بالنسبة للمقياس 1:2000 و 150 متراً بالنسبة للمقياس 1:5000.

ويسمح بضعف هذه القيم بالنسبة للمسح التضريسي.

#### 6-6-2- الأعمال المكتبية في المسح التاكيومنتي:

وتشمل الحسابات والرسم حيث يتم وضع المخطط الطبوغرافي في ظروف مكتبية على أساس المعطيات الناتجة عن القياسات الحقلية والمعلومات

الإضافية التوضيحية الموجودة على الكروكي ولذلك وقبل كل شيء يتم تدقيق نتائج القياسات والحسابات في الجداول الحقلية (مسافات، فسروف، ارتفاعات، مناسب).).

يُنصح بتحميل نتائج المسح على المخطط وذلك في نفس اليوم الذي تم فيه الحصول عليها لأن ذلك يسمح في حال وجود أي خطأ أو التباس بالتحقق منه مباشرة على الطبيعة في اليوم التالي.

تشمل عملية وضع المخطط الطبوغرافي الخطوات التالية:

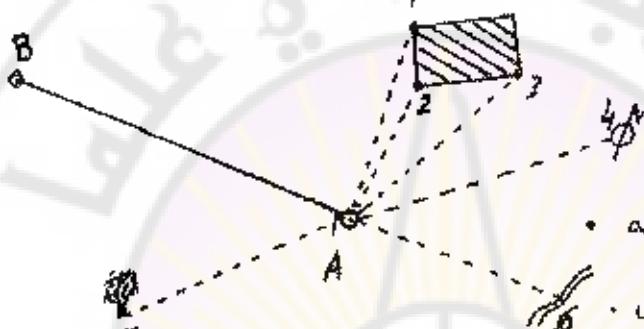
- 1) رسم الشبكة التربيعية وترقيمها (كما في المسح الأفق).
- 2) تحميل المراسد على الشبكة ويتم بالمسطرة والفرجار أو بالكاردينالوغراف ويتحمّل نقاط شبكة الأسامي المساحي (المراسد) يتكون لدينا هيكلية تحمل بالنسبة إليها النقاط التفصيلية والتقريسية.
- 3) تحميل النقاط التفصيلية والنقاط على تضاريس الأرض بالاعتماد على الجداول الحقلية والكروري حيث تحدد مواقعها ترسيمياً على المخطط بإحداثياتها القطبية المقاسة حقولاً إذ تقاس الاتجاهات من نقطة التمركز إلى تلك النقاط باستخدام المنقلة بدءاً من الاتجاه الذي تم التصغير عليه بعد ذلك تحمل المسافات على تلك الاتجاهات باستخدام مسطرة المقاييس وتسجل أرقام ومناسب النقاط على المخطط بشكل كسر يدون إلى جانب النقطة حيث تمثل صورته رقم النقطة المتسلسل ومخرجة منسوبها، يستلم استناداً إلى الكروري رسم المصطلحات الموافقة للأشكال والتضاريس الطبيعية.

بعد تعيين الخطوط المميزة للتضاريس يتم رسم خطوط التسوية بإحدى الطرق المعروفة.

أما حالياً، فيتم رسم ومعالجة المخطوطات الطبوغرافية بواسطة البرامج المساحية الحاسوبية الحديثة وفق تسلسل برمجي.

ال نقاط التفصيلية هي نقاط كل المعالم التي ترصد من نقاط معلومة

(شكل 94).



الشكل رقم (94): المسح التفصيلي

يسمى هذا الرصد: الإشعاع، ومن المرصد  $A$  ترصد كل المعالم اللازمة لوضع المخطط الطبوغرافي للمنطقة المحيطة به، كما يسمى أيضاً المسح القطبي.

المسح هنا يتم بقياس الزاوية المحصورة بين النقاطين  $BA$  والنقطة  $i$  تكون الزاوية  $\alpha_i$  كما تفاص المسافة من المرصد  $A$  إلى النقطة  $i$  تكون المسافة  $d_i$  حيث  $i$  تمثل رقم النقطة المرصودة. هذه الإحداثيات (زاوية ومسافة) هي إحداثيات قطبية ويمكن الحصول على الإحداثيات المتعامدة  $x$  ولكل نقطة كما يلي:

$$X_i = X_A + \Delta X_{A_i} = X_A + d_i \sin G_{A_i}$$

$$Y_i = Y_A + \Delta Y_{A_i} = Y_A + d_i \cos G_{A_i}$$

$$G_{A_i} = G_{AB} + \alpha_i$$

فتكون كافة القيم معلومة أو مقاسة.

### ٧-٧- تمثيل المنسوب (الإحداثيات الشاقولية)

المقصود هنا الطريقة التي يمكن إظهار فروق الارتفاعات على المخططات والفرانط المستوية. كيف يمكن تمثيل البعد الثالث على مستوى ممتد ذي بعدين فقط؟

يتم تمثيل البعد الثالث  $Z$  أو  $H$  أي الارتفاع بطريق عديدة على المخططات منها: الظل والألوان والخطوط المتوازية وخطوط التسوية وباستعمال عدة طرق مشتركة مثل الظل والألوان أو الخطوط المتوازية والظل أو خطوط التسوية والألوان وهكذا.

إن أهم هذه الطرق هي خطوط التسوية لذا سيتم اختيارها لنوضح طريق رسمها وفوائدها وغير ذلك (شكل ٩٥).



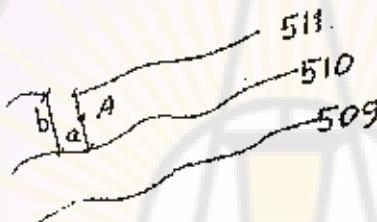
الشكل رقم (٩٥): خطوط التسوية

## ٧-٧-١ - خطوط التسوية

خطوط التسوية بالتعريف هي الخطوط التي تمر من نقاط ذات ارتفاع واحد عن سطح التسوية أو هي المحل الهندسي للنقاط ذات الارتفاع المتساوي كما تسمى أحياناً نقاط تقاطع مستويات أفقية متوازية وكل مستوى يقطع الأرض بخط تسوية.

لخطوط التسوية فوائد كثيرة منها:

- (1) يمكن بالاعتماد على خطوط التسوية الحصول على منسوب أي نقطة على المخطط وذلك بطريقة التوسط.



الشكل رقم (96): حساب منسوب نقطة من المخطط

إن ارتفاع النقطة  $A$  يساوي ارتفاع خط التسوية الصغير مضافاً إليه النسبة بين النقطة  $A$  وخط التسوية  $H_n$  إلى المسافة  $H_n$  بين الخطين مضروباً بفرق السوية بين الخطين المترافقين وهذا يسمى (خطوة) خطوط التسوية.

- (2) تساعد خطوط التسوية على تحديد خط الميل الأعظم في أي نقطة كما تساعد على تحديد خط الأفق. إذ إن خط الميل الأعظم هو الخط العمودي على خطوط التسوية المجاورتين والمدار من النقطة المراد تحديده فيها. وخط الأفق هو الخط الموازي لخط التسوية إذ يمثل المستقيم الأفقي.

3) تساعد خطوط التسوية على اختيار خط له ميل معين يسير على الأرض في تلك المنطقة التي يمثلاها المخطط وهذه الميزة لها أهمية كبيرة في تصميم الطرق والسكك الحديدية وخطوط التوتر وكثير من الخطوط والتصاميم الهندسية. إذ إن الخط الذي له ميل ثابت يعني أنه الخط الذي تتغير مناسبيه بمقادير ثابتة وعلى مسافات أفقية ثابتة، إذ عند القول إن الميل 2% يعني الخط الذي يرتفع واحدتين من وحدات الطول على مسافة منه وحدة منها أو يرتفع مترين على مسافة مائة متر. عندها لتصميم مثل ذلك الخط تحسب المسافة الأفقية المناسبة لهذا الميل وحسب الفرق بين خطوط التسوية المتوفرة يتم الوصل بين خطوط التسوية المتالية بمسافات متساوية لهذه المسافة المحسوبة فيكون الخط المطلوب بميل ثابت معين.

مثال:

المطلوب تصميم طريق يصل إلى قمة جبل من نقطة ما في سفحه بحيث أن هذا الطريق يحافظ على ميل معين متناسب مع قدرة السيارات على سلوكه. وحيث أن المنطقة الممثلة للجبل والسفح وغيره متوفرة على مخطط بخطوط تسوية البعد بين كل خطين (فرق المنسوب) هو  $k$  والميل المراد تصديمه  $\alpha\%$  (شكل 76) فبحسب مقياس المخطط يمكن لتحقيق الميل المطلوب، بفتحة فرجان انتلاقاً من بداية الطريق  $A$ ، فتحة تساوي هذه المسافة المحسوبة تقطع خطوط التسوية في النقاط 1، 2، 3، 4... . وعدد الوصل بين هذه النقاط بخط منحن يكون هو محور الطريق المطلوب الذي يحافظ على الميل الثابت من النقطة  $A$  إلى النهاية  $B$ .

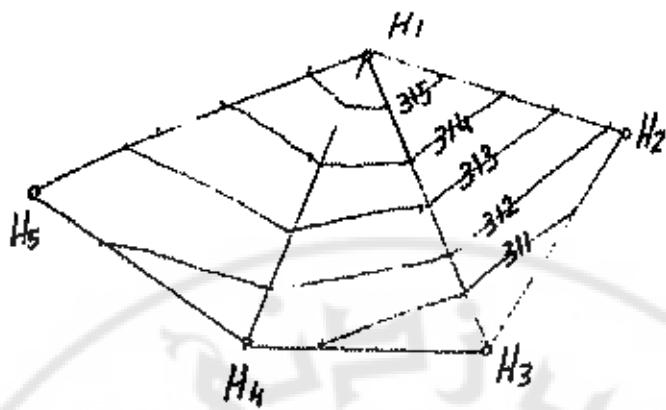


الشكل رقم (97): تصميم طريق في المناطق الجبلية

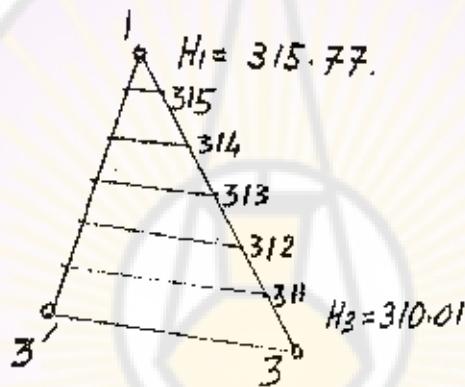
#### 7-7-2 - رسم خطوط التسوية بالتوسط الداخلي

يتم رسم خطوط التسوية بطريقة التوسط الداخلي، وهي تعتمد على النقاط التفصيلية المرصودة والمحسوبة ارتفاعاتها لذلك يتم الوصل بين النقاط وتوزيع المسافة بينها بما يتناسب مع فرق المنسوب بين كل نقطتين متتاليتين مثلاً يتم التوزيع بين النقطتين 1 و 3 (شكل 98) وهذا فإن منسوب النقطة 3 هو 310.01 ومنسوب النقطة 1 هو 315.77 وفرق بينهما هو 5.76 متر. يتم التوسط الداخلي كما يلي (شكل 99):

من نقطة 1 يرسم خط لا على التعبين مساقته من مضاعفات الرقم 5.76 ويقسم إلى أقسام بينها كما هو واضح في الرسم ثم أربع وحدات وفي النهاية 0.9 يتم الوصل بين النقطة 3 و 3 ومن النقاط الموزعة على الخط 3-1 وترسم موازيات للخط 3-3 فقطع المسافة الفاصلة بين النقطتين 1 و 3 فهي أماكن مناسبيها 311 و 312 وهكذا.



الشكل رقم (98): طريقة وصل خطوط التسوية



الشكل رقم (99): رسم خطوط التسوية بالتوسيط الداخلي

وهكذا عند بقية النقاط ثم يوصل بين النقاط ذات المنسوب الواحدة فتكون خطوط التسوية المطلوبة وإذا ما تم الوصل بواسطة مسطرة منحنيات أو باليد العرفة تكون الخطوط بشكلها الطبيعي المعروف الموضح بالشكل (99) توجد أساليب أخرى لرسم خطوط التسوية.



## الفصل الشامن

### العمليات على الخارطة

كثيراً ما يضطر العاملون في المجالات الهندسية إلى استخدام الخرائط والمخططات وإجراء بعض العمليات عليها مثل تحديد الموضع والتوجه وحساب المسافات والمساحات وغيرها...  
وفيما يلي شرح لأهم هذه العمليات:

#### ١-١- فراءة الخارطة:

إن الخارطة هي إسقاط سطح الأرض على سطح مستوٍ بنسبة تصغير معينة تسمى المقاييس، وباستخدام رموز ومصطلحات معينة.  
والإلمام بدلالة هذه الرموز يمكننا من فراءة الخارطة فراءة صحيحة، تدل الرموز على السواء الموجود على الطبيعة وتعني بذلك المباني، والطرق  
والأنهار والجسور والغابات .... الخ، وهناك ثلاثة أنواع من المصطلحات.

I. محبوطية: وهي التي تعبر عما تمثله وتحيط به حسب مقاييس الرسم تماماً كما هو الشكل على الطبيعة مثل حدود الغابات أو الطرق أو البيوت ، الرمز 1، 2، 3 والرمز 1 يدل على بيوت للأعلى والبيوت الملونة تدل على أبنية حكومية حيث تتناسب الأطوال الموجودة على الخارطة مع الأطوال على الطبيعة حسب المقاييس.

II. غير مقياسية: وتستخدم لبيان الأشكال الموجودة على الواقع والتي لا يمكن رسمها بمقاييس الخارطة مثل رموز أعمدة الهاتف والكهرباء أو اللوحات

الطرقية أو نقاط المثلثات وغيرها ... حيث تدل الرموز على مدخل منجم، أو كهف أو نفق.

III. توضيحية: وتستخدم من أجل إعطاء شروحات إضافية للرموز الموجودة كتابة الكلمات (عنب، زيتون، بذر ...)، وقد يكون التوضع كتابة أرقام تدل على مرشد النهر وعمقه وغزارته أو ارتفاع الشجيرات .... الخ. ما ورد سابقاً يساعدنا في قراءة السواء، أما المناسب فيمكن فراؤتها من خطوط التسوية، وخط التسوية هو الخط الذي يسر من جميع النقاط ذات المناسب والواحد وخطوط التسوية (الكونتور) ثلاثة أنواع:

1) عادية: وهي الخطوط التي يكون التباعد الشاقولي بينها ثابتاً، ويختلف التباعد الشاقولي أو (القفزة الكونتورية) من خارطة إلى أخرى بحسب المقاييس أو طبيعة التضاريس أو أهمية المناسب وقد تكون الفترة الكونتورية كل  $0.5\text{ m}$  أو  $1\text{ m}$  أو  $5\text{ m}$  أو  $25\text{ m}$  ... الخ.

2) رئيسية: وهي المضاعفات الخامسة لخطوط الكونتور العادية (كل خمس خط عادي) وترسم بسماكة أكثر من الخطوط العادية ليسهل تمييزها، انظر، ويكتب عليها الارتفاع عن سطح البحر باتجاه التزايد.

3) مساعدة (ثانوية): وتستخدم في المناطق ذات الانحدار الخفيف لزيادة توضيح واقع التضاريس وترسم بخط منقطع.

ولخطوط التسوية عدة خصائص تساعدنا على قراءة الخارطة منها:

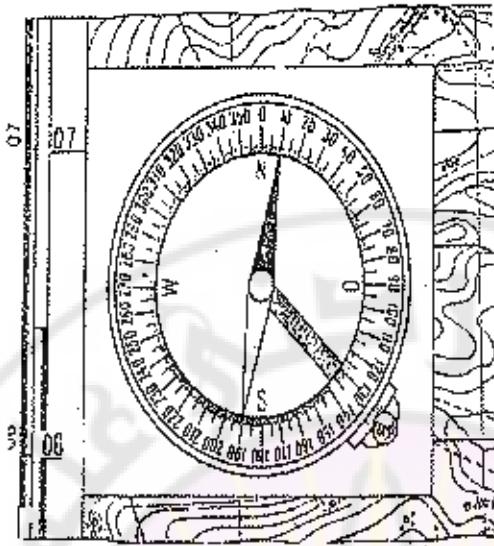
- كلما قربت الخطوط بعضها من بعض كان انحدار الأرض أشد والعكس صحيح.

- لا يمكن أن ينقسم خط تسوية إلى خطين أو أكثر.
- لا يتلاقي خطان تسوية.
- لا يمكن أن يقع خط تسوية بين خطين كلاهما أعلى أو أخفض منهما منه.

## 8-2- توجيه الخارطة:

توجيه الخارطة يعني وضعها بحيث تصبح اتجاهات كل الخطوط على الخارطة موازية للمساقط الأفقية لذلك الخطوط على الطبيعة.

توجه الخارطة بمساعدة البوصلة وذلك بالاعتماد على زاوية الانحراف المغناطيسي الموجود في المنطقة، تكتب هذه الزاوية على يمين كل خارطة قرب السهم الدال على اتجاه الشمال، وهي تختلف من منطقة إلى أخرى كما أنها تتغير من فترة إلى أخرى تغيرات طفيفة، ويتم توجيه الخارطة بسان من ضوء البوصلة NS (انظر الشكل 100) وبين أحد الخطوط العمودية شمال - جنوب الخارطة، ثم نبرم الخارطة حول نفسها حتى ينطبق سهم البوصلة على رقم زاوية الانحراف المشار إليها في الخارطة، عندئذ تعتبر الخارطة موجهة.



الشكل رقم (100): البوصلة

يمكن توجيه الخارطة من غير استعمال البوصلة وذلك بالاعتماد على الرموز والمصطلحات المرسومة عليها، أي يجب أن نطابق بين الأشياء الموجودة على الطبيعة ورموزها على الخارطة مثل المباني الواضحة، الطرق، تقاطعات الطرق، سكة حديد، شجرة منفردة ... الخ. نقف في الطبيعة فوق نقطة ما مميزة على الخارطة أيضاً، ثم نوجه الخارطة باتجاه أحد الخطوط الواضحة أيضاً كاستقامة طريق، خط نظر بين زاويتي بناء أو نقطة مئذنات حتى تتأكد الخطوط على الخارطة توازي مثيلاتها على الواقع.

يمكن بعد توجيه الخارطة بهذه الطريقة وضع البوصلة عليها ورسم اتجاه الشمال المغناطيسي الذي تشير إليه لنتمكن في المراحل اللاحقة من التوجيه مباشرةً.

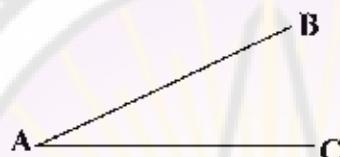
### 8-3- قياس المسافات والزوايا:

بما أن الخارطة هي صورة مصغرة للأرض يمكننا قياس أي مسافة على الخارطة بأخذ نسبة التصغير بعين الاعتبار، نسبة التصغير هذه هي المقاييس، ويعرف المقاييس بأنه النسبة بين طول المسافات على الخارطة إلى طولها في الطبيعة ويكتب عادة في أسفل الخارطة، فإذا شاهدنا العبارة التالية مقاييس الرسم 1:25000 نفهم بأن كل  $1\text{ cm}$  على الخارطة يقابل  $25000\text{ cm}$  على الطبيعة أي  $250\text{ m}$ .

نقياس المسافات باستخدام المسطرة ويفضل الاعتماد على المؤشر الموجود أسفل الخارطة نفسها (تحت المقاييس) وهو مقسم إلى خمسة أقسام رئيسية كل قسم منها طوله  $2\text{ cm}$  (في المقاييس 1:250000) كل قسم يساوي  $500\text{ m}$  على الطبيعة) والقسم الأيسر من المؤشر مقسم إلى عشرين قسم كل قسم منه طوله  $1\text{ mm}$  يساوي  $25\text{ m}$  على الطبيعة ، نضع طرف البيكار على طرفي الخط المطلوب قياس مسافته، ثم نضع البيكار فوق المؤشر ونحدد المسافة. من الواضح في أن طول الخط  $AB$  على الواقع هو:

$$1500\text{ m} + 387\text{ m} = 1887\text{ m}$$

ويمكن حساب المسافات على المخطوطات من المقاييس الخطية العادبة والشبكة المرسومة على المخطوطات، أما بالنسبة لقياس الزوايا على المخطوطات بالطريقة العادبة التقريبية يتم بالمنقلة، حيث نضع مركز المنقلة على رأس الزاوية ونوجه صفر المنقلة باتجاه الضلع اليساري للزاوية وتقرأ الزاوية مباشرة على الضلع اليميني. أما بالنسبة لقياس الزوايا الأفقية بالإحداثيات التربيعية حيث نحسب لكل اتجاه سمت من فروق الإحداثيات على الشكل التالي:



الشكل رقم (101): الزاوية الأفقية

$$(\operatorname{tg} G_A^B)^{-1} = \frac{x_B - x_A}{y_B - y_A}$$

$$(\operatorname{tg} G_A^C)^{-1} = \frac{x_C - x_A}{y_C - y_A}$$

الزاوية الأفقية = سمت الضلع الثاني - سمت الضلع الأول

$$\alpha = G_A^C - G_A^B$$

#### 4-8- تحديد مناسب النقط على الخارطة:

من البديهيات أن منسوب النقطة الواقعة على خط تسوية هو منسوب خط التسوية نفسه، أما إذا كانت النقطة واقعة بين خط تسوية مختلفة فيتم تحديد مستوياتها بواسطة الاستقراء البصري ما بين منسوبي الخطين. مثلاً: مطلوب تعين منسوب النقطة  $k$  (شكل 102) الموجودة على خارطة مقاييسها 1:25000 والقفزة الكونتورية فيها  $h = 5m$  النقطة  $k$  تقع

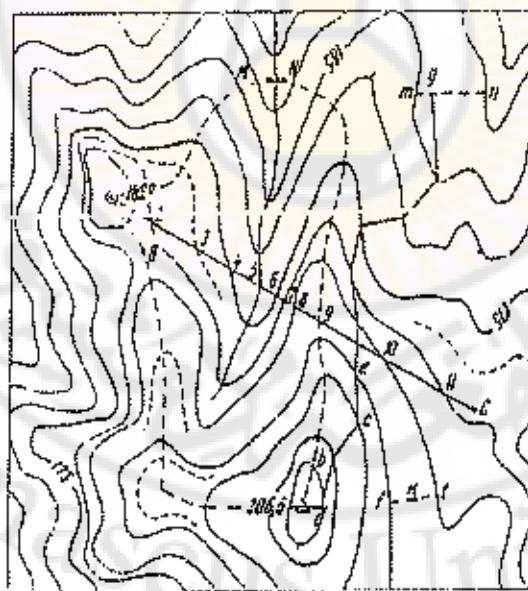
بين خطين منسوبهما  $m = 185$  و  $190m$  علينا الآن تعين نسبة الطول التي يشغلها الجزء  $tk$  من الجزء  $ft$  ، في هذه الحالة المسافة  $tk$  هي نصف إذا النقطة  $k$  هي أعلى من النقطة  $f$  بـ  $0.5 \times h = 0.5$  أي منسوب =

$$.2.5 + 185 = k$$

بنفس الطريقة تعين منسوب النقطة  $g$  (شمال شرق اللوحة) الواقعة بين الخطين  $160$ ،  $165$  في هذه الحالة  $ng = \frac{0.8}{mn} Hg = 160 m +$  إذا  $.0.8 h = 164 m$

إذا وقعت النقطة بين خطين لها نفس المنسوب مثل النقطة  $B$  (غرب اللوحة) أو داخل خط كونثور مقل على نفسه يجب التمييز بين كونها أعلى أو أخفض منها.

من الواضح أن منسوب النقطة  $B = 182.5 m$

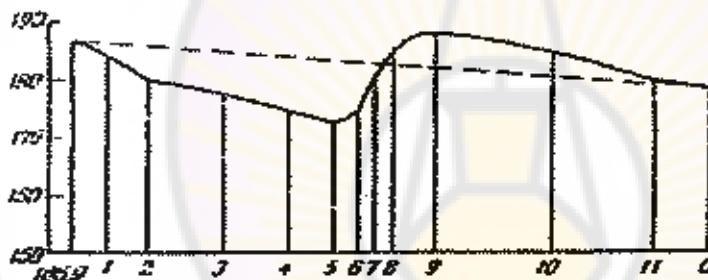


الشكل رقم (102): مخطط مساحي

### ٥-٤-٦- إنشاء مقطع طولي للأرض حسب اتجاه ما على الخارطة:

لنفرض أن لدينا الاتجاه للمستقيم بين الروبيه ذو الارتفاع المعطى (الشكل رقم 102)، والمطلوب إنشاء مقطع طولي للأرض حسب هذا الاتجاه.

من أجل ذلك ننقل الخط إلى ورقة أخرى مع المحافظة على مقياس الخارطة (شكل 103) ونحدد عليه النقاط ١، ٢، ٣، ...، ١٠، ١١ حيث يقاطع المستقيم ١٨٦.٩ مع خطوط التسوية، ونحدد أيضاً النقاط الأخرى المميزة مثل نقطة رقم (٥) على المخطط (تقاطع الخط مع المسيل) والنقطة و(تقاطع المستقيم مع حدود منطقة تجمع المياه).



الشكل رقم (103): مقطع طولي من الغريط الموضحة في الشكل رقم (102)

هذا الخط المرسوم يسمى أساس المقطع الطولي، ترسم على الأساس في نقاط التقاطع المحددة أعمدة تناسب أطوالها مع مناسبات النقاط السابقة المستنيرة من الخارطة (منسوبياً للنقاطين ٩، ٥ بحسبان كما مر في الفقرة السابقة) نختار المقياس الشاقولي للمناسب في المقطع عادة إلى عشر مرات من المقياس الأفقي من أجل وضوح الرسم.

#### 8-6- إنشاء خط على الخارطة لا يتجاوز ميلًا معينًا:

لدينا النقطة  $d$  (جنوب اللوحة) والمطلوب إنشاء خط باتجاه النقطة  $d$  ضمن ميل لا يتجاوز 25% (شكل 102)، من أجل حل المسافة نستخدم البيكار ونختار فتحة  $a$  حسب المعادلة:

$$a = \frac{h}{i}$$

حيث  $h$  = الفزة الكونتوريية والميل المسموح.

0.8  $m$   $\approx a = \frac{5m}{0.025} = 200 m$  تعادل على الخارطة 8 mm (مقاييس 1:25000) نضع إبرة الفرجار على النقطة  $d$  ونحدد نقطة تقاطع قلم الفرجار مع خط التسوية التالي باتجاه  $g$  فتكون النقطة  $b$  ، نضع الإبرة على  $b$  ونكرر العملية السابقة بين كل خطين متتاليين فنحصل على النقاط  $c, e$  حتى نصل إلى  $g$ .

يمكن إنشاء مقطع طولي لنقاط التقاطع السابقة، كما يمكن رسم أكثر من خط سير نختار منهم الأكثر تلاءماً مع المسالة.

#### 8-7- تحديد مناطق تجمع المياه

إن هذه المنطقة المحددة بالخط المنقطع على الشكل هي المنطقة التي تحدى منها مياه الأمطار باتجاه النهر أو المضيق.

تصر حدود منطقة تجمع المياه مع خطوط تقسيم المياه الأقرب إلى المضيق أو النهر المذكور (انظر الخط المنقطع في الشكل 102) وتشبه نحو النهر أو المضيق.



## الفصل التاسع

### حساب المساحات والجروم

#### 9- قياس المساحات

##### 9-1- المفهوم العام:

يسمى كل عمل مساحي يؤدي بالنتيجة إلى إيجاد مساحة قطعة معينة من سطح الأرض قياس للمساحة.

تبرز أهمية تحديد المساحات في كثير من الحالات ولا سيما عند حل المسائل الهندسية - الفنية - والتخطيط الاقتصادي.

يمكن أن نقسام مساحة منطقة ما من سطح الأرض بطريقتين تتمثل الأولى بإجراء قياسات مباشرة على الطبيعة حيث تقسم المنطقة إلى أشكال هندسية بسيطة ( مثلثات، مربعات، أشباه منحرفة) تحدد مساحتها بسهولة وتمثل الثانية بقياس مساحة تلك المنطقة على المخطط أو الخارطة ويتم ذلك بعدة طرق سنعرضها لاحقاً.

##### 9-2- قياس المساحات على الطبيعة:

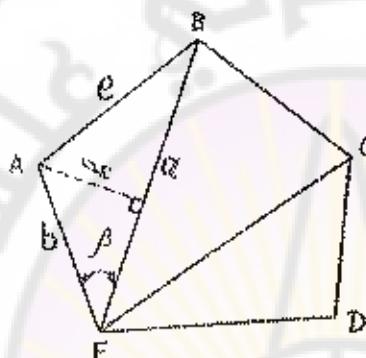
إن لشكل وحدود المنطقة دوراً أساسياً في اختيار الطريقة المتبعة لتحديد مساحتها ويمكن هنا تمييز حالتين:  
الحالة الأولى:

التي يكون فيها حدود قطع مستقيمة:

في هذه الحالة يوجد عدة طرق لقياس مساحتها سنعرض بعضها:

#### A - طريقة التقسيم إلى مثلثات:

لحساب مساحة المندلعة (ABCDE) نلاحظ أنه من المناسب تقسيمها إلى عدد مثلثات كما في الشكل (104) وبإجراء القياسات الازمة على الطبيعة يتم تحديد مساحة كل مثلث على حداً بعد ذلك وبجمع مساحات هذه المثلثات نحصل على مساحة المندلعة بالكامل. تحسب مساحة المثلث ( $F$ ) بعدة طرق:



الشكل رقم (104): حساب المساحات من المثلثات

1) بقياس أطوال أضلاع لمثلث فقط وتحسب المساحة ( $F$ ) في هذه الحالة

بالم العلاقة:

$$F = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-e)}$$

حيث  $p$  = نصف محاط المثلث.

- أطوال أضلاعه،  $(a, b, c)$

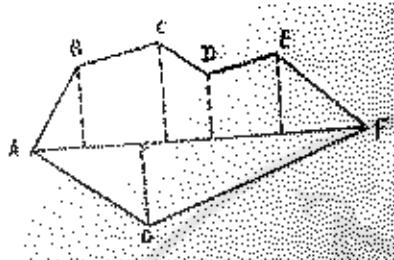
$$F = \frac{a \cdot h}{2} \quad \text{بقياس قاعدة وارتفاع: (2)}$$

حيث  $h$  = الارتفاع النازل على الضلع  $a$ .

3) بقياس ضلعين ( $a, b$ ) مثلاً والزاوية المحسورة بينهما ( $\beta$ ):

$$F = \frac{1}{2} a \cdot b \sin \beta$$

### بـ- طريقة الدليل:

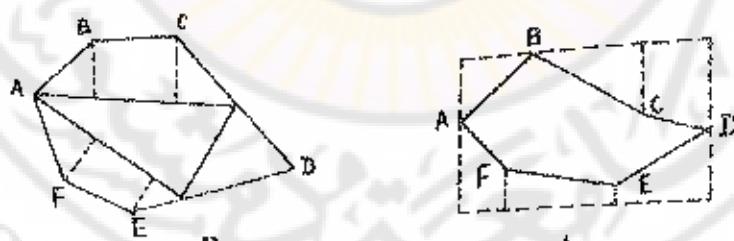


الشكل رقم (105)

تتمثل بأخذ لستقامة قطرية في المضلع الذي يشكل حدود المنطقة (الشكل 105) وتسمى دليلاً ثم تنزل عليهما أعمدة من رؤوس المضلع فينتج عن ذلك مثلثات وأشباه منحرفات لقياس بعد ذلك العناصر اللازمة لحساب مساحتها.

### جـ- طريقة الشكل المرسوم داخل أو خارج المضلع:

يرسم داخل أو خارج حدود المنطقة شكلاً هندسياً بسيطاً (متلث، مستطيل) كما في الشكل (106) ويعتبر كل ضلع من أضلاعه دليلاً تنزل عليه أعمدة من الزوايا المقابلة له فينتج عن ذلك مثلثات وأشباه منحرفة لقياس فيها العناصر اللازمة لحساب مساحتها ثم بإضافتها إلى مساحة الشكل المرسوم داخل المضلع أو بطرحها من مساحة الشكل المرسوم خارج المضلع نحصل على المساحة المطلوبة.



الشكل رقم (106)

## الحالة الثانية:

التي تكون فيها بعض أو كل حدود المنطقة عبارة عن منحنيات:

في هذه الحالة نصل بين ذر المجموعة بخطوط مستقيمة فيتشكل لدينا مضلع تحسب مساحته بإحدى الطرق السابقة ثم تطرح منه أو تضاف إليه مساحات الأجزاء التي لها حدود منحنية والتي تحسب بعدة طرق منها:

### A - طريقة القطع المكافئ:

إذا كان للجزء شكل قريب من القطع المكافئ فإن مساحته تحسب بالعلاقة



الشكل رقم (107)

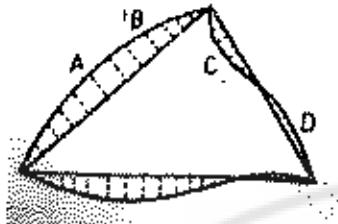
التالية:

$$F = \frac{2}{3} (AC \times BB')$$

ونلاحظ أنه لإيجادها يكفي قياس المسافة  $AC$  والعمود  $BB'$  المقام من منتصفها.

### B - طريقة الدلائل:

إذا كانت حدود المنطقة منحنيات في هذه الحالة تمدد استقامتات بالوصل بين ذر المجموعة وتعتبر دلائل تنزل عليها أعمدة من تقاطع على حدود المجموعة مختارة بحيث يمكن إلماس القوس بين نقطتين متتاليتين بمستقيم فيتشكل نتيجة لذلك مجموعة من الأشياء المنحرفة والمثلثات فتحسب مساحتها كما مسر معنا سابقاً.



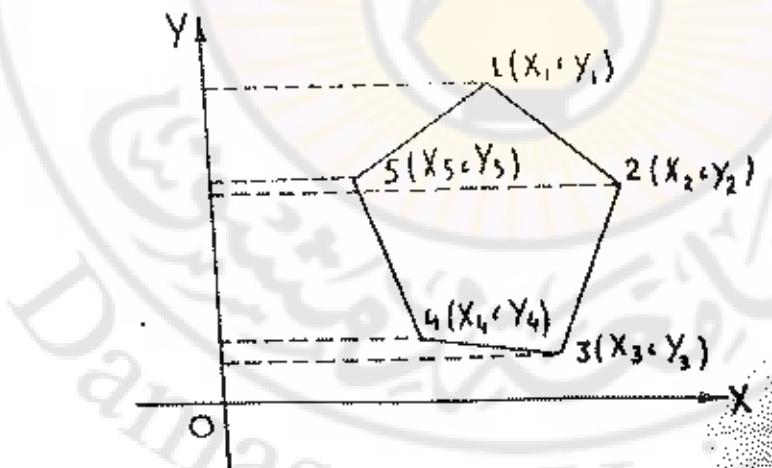
الشكل رقم (108)

### ٩-٣- قياس المساحات على المخطط:

قد لا تسمح لنا طبيعة الأرض أحياناً قياس المساحة على الطبيعة مباشرةً عندها نلجأ إلى وضع مخطط للمنطقة المطلوبة ونقيس مساحتها عليه وفي بعض الأحيان يكون المخطط موضوعاً مسبقاً وهناك ثلاث طرق لقياس المساحات على المخططات:

#### (١) الطريقة التحليلية:

وتمثل بحساب مساحة قطعة ما من سطح الأرض بالاعتماد على الإحداثيات التربيعية لذرارها فإذا كانت المنطقة بشكل مضلع مغلق .



الشكل رقم (109): حساب المساحات بالإحداثيات

لنسقط ذراً هذا المضلع على المحور (y) وعلى اعتبار أن (F) هي مساحة تجند  
أن:

$$2F = (Y_1 - Y_2)(X_1 + X_2) \\ + (Y_2 - Y_3)(X_2 + X_3) \\ - (Y_3 - Y_4)(X_3 + X_4) \\ - (Y_4 - Y_5)(X_4 + X_5) \\ - (Y_5 - Y_1)(X_5 + X_1)$$

ومنه:

$$2F = \left. \begin{array}{l} (y_1 - y_2)(x_1 + x_2) \\ + (y_2 - y_3)(x_2 + x_3) \\ + (y_3 - y_4)(x_3 + x_4) \\ + (y_4 - y_5)(x_4 + x_5) \\ + (y_5 - y_1)(x_5 + x_1) \end{array} \right\} (a)$$

فإذا كان عدد ذراً المضلع يساوي الأذروة يكون لدينا:

$$2F = \sum (y_i - y_{i+1})(x_i + x_{i+1}) \quad (b)$$

وفي حال إسقاط الذرا على المحور X نجد أن:

$$2F = - \sum (x_i - x_{i+1})(y_i + y_{i+1}) \quad (c)$$

تقيد العلاقات (b) و (c) في إمكانية إجراء تحقق من صحة حساب المساحة.

يمكن تبسيط العلاقات السابقتين بإجراء الضرب في العلاقة (a) فتصبح العلاقة

(b) على الشكل التالي:

$$2F = \sum y_i(x_{i+1} - x_{i-1})(d)$$

وكذلك بالنسبة لعلاقة (c)

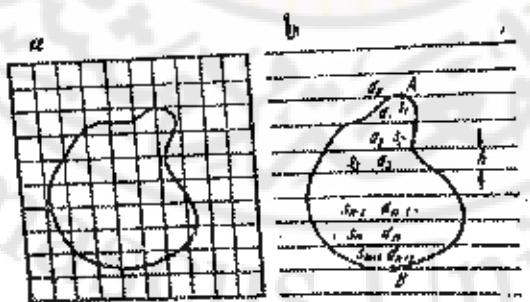
$$2F = - \sum x_i(y_{i+1} - y_{i-1})(e)$$

## (2) الطريقة الخطوطية:

وتتمثل بتقسيم المنطقة المراد حساب مساحتها على المخطط إلى أشكال هندسية بسيطة لحساب بعد ذلك مساحتها كما في حالة القياس على الطبيعة. ويجب أن تُحسب المساحة مرتين على الأقل حيث تقسم المنطقة في المرة الثانية بشكل مختلف عن الأولى.

إن الفرق بين نتيجتي القياس يجب ألا يكون أكبر من  $\frac{1}{200}$  من مساحة الشكل.

تتفق هذه الطريقة عندما تكون حدود المنطقة مستقيمات أى إذا كانت منحنيات يتم استخدام الصفيحة الشفافة وهي إما أن تكون بشبكة مربعات حيث توضع فوق المخطط ويتم حساب عدد المربعات التي تغطي مساحة المنطقة المطلوبة وتقدر أجزاء المربعات بالنظر وبعد ذلك وبمعرفة مساحة المربع الواحد يتم حساب مساحة المنطقة فعلى اعتبار ضلع المربع يساوي (2mm) عددها يقابل مساحته 1:2000 و 1:5000 وعلى التوالي ( $100m^2$ ,  $16m^2$ ). ينصح بعدم استخدام هذه الصفيحة بالنسبة للمساحات التي تزيد على (2cm<sup>2</sup>) على المخطط.



الشكل رقم (110)

ويمكن أن تكون الصفيحة بخطوط متوازية بتباعد ثابت ( $h$ ) يساوي عادة (2mm) وبنفس الطريقة توضع على المخطط فوق المنطقة المراد قياس مساحتها فنقسمها بذلك إلى مجموعة من الأشباء المنحرفة قواعدها ( $d$ ) وارتفاعاتها متزايدة وتساوي ( $h$ ) فمساحة المنطقة تساوي مجموع الأشباء المنحرفة أي أن:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_{n+1}$$

$$F = h \frac{d_0+d_1}{2} + h \frac{d_1+d_2}{2} + \dots + h \frac{d_{n-1}+d_n}{2} + h \frac{d_n+d_{n+1}}{2}$$

وبعد عمليات بسيطة وباعتبار  $d_0 = d_{n+1} = 0$  نجد أن:

$$F = h(d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_{n-1} + d_n) \quad (15 - 6)$$

ينصح بعدم استخدام الصفيحة ذات الخطوط المتوازية بالنسبة لمساحات التي تزيد على (10cm<sup>2</sup>) على المخطط.

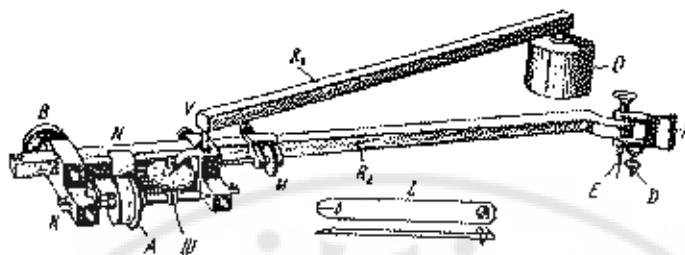
### (3) الطريقة الميكانيكية:

تعتمد هذه الطريقة على استخدام جهاز ميكانيكي يسمى البلانومتر ويعتبر البلانومترقطبي الجهاز الأكثر استخداماً وهو مولف من الذراع القطبية ( $R_1$ ) طولها ثابت وذراع التمرير ( $R_2$ ) وهي ذات طول قابل للتغيير.

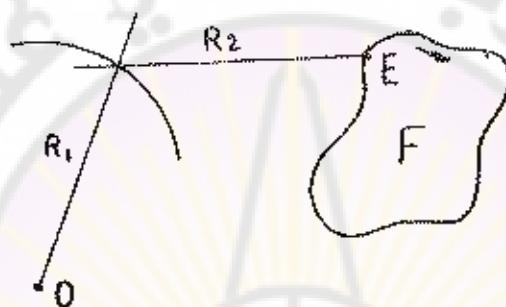
تستند الذراع القطبية من إحدى نهايتيها (القطب) على كثلة معدنية (O) ومن الجهة الأخرى تستند على حامل ذراع التمرير فسي نقطتان استقاد ذات تفصل كروي (V) وتعتبر محور دوران لتلك الذراع.

لحامل ذراع التمرير (K) دوّاب مدرج (A) وعجلة (B).

ينتهي ذراع التمرير بمسك (H) وإبرة (E) ومسند (D).



الشكل رقم (111): البلايومتر القديم



الشكل رقم (112): كيفية حساب مساحة منطقة على المخطط بالبلايومتر

يغير طول ذراع التمرير ( $R_2$ ) بواسطة قرنية (N) وبذال (M). فلتفترس مساحة منطقة ما على المخطط بالبلايومتر يوضع الجهاز بشكل مناسب فوق المخطط وتوضع إبرة ذراع التمرير ( $R_2$ ) في نقطة البداية على محيط الشكل (يمكن أن تكون أي نقطة على محطيه).

ثم نأخذ قراءة على آلية الترقيم ولتكن (n<sub>1</sub>) بعد ذلك نقوم بتمرير الإبرة على حدود المنطقة بجر ذراع التمرير من الممسك H حتى تعود إلى نفس النقطة التي انطلقنا منها عند ذلك نأخذ قراءة (n<sub>2</sub>) فنكون مساحة الشكل هي:

$$F = c(n_2 - n_1)$$

حيث:

$c$  – قيمة تكريج البلياتومتر.

إن العلاقة السابقة تستخدم عندما يكون القطب (0) خارج الشكل (كما في مثلكما) أما عندما يكون القطب داخل الشكل فإن مساحته تحسب بالعلاقة:

$$F = c(n_2 - n_1 + q)$$

حيث:

$q$  – ثابت البلياتومتر.

إن قيمة ( $c$ ) تابعة لطول ذراع التمرير ( $R_2$ ) ولقياس المخطسط وتؤخذ عادة من جدول خاص ويمكن تحديد قيمة ( $c$ ) و( $q$ ) في حال عدم وجود جدول، فلتتحديد قيمة ( $c$ ) يوحد شكل ما (مربع، مستطيل) علمت مساحته بعد ذلك يتم قياسها بالبلياتومتر لثلاث مرات (بثلاث تمريرات) وتؤخذ القراءات في بداية ونهاية كل تمريرة ثم تحسب الفروقات:  $n_2 - n_1, n_3 - n_2, n_4 - n_3$

لتحسب بعد ذلك المتوسطة منها:  $(N_2 - N_1)$

$$N_2 - N_1 = \frac{(n_2 - n_1) + (n_3 - n_2) + (n_4 - n_3)}{3}$$

وتكون وبالتالي قيمة ( $c$ ) مساوية:

$$C = \frac{F}{N_2 - N_1}$$

ولتحديد ثابت البلياتومتر ( $q$ ) نفس مساحة الشكل المذكور سابقاً من تمريرتين يوضع القطب في الأولى خارج الشكل وفي الثانية يوضع داخل الشكل ونؤخذ القراءات في بداية ونهاية كل منهما فتكون مساحة الشكل مقدرة بالوحدات البلياتومترية:

$$F = c(n_2 - n_1)$$

$$F = c(n_4 - n_3 + q)$$

ومنه:

$$q = (n_2 - n_1) - (n_4 - n_3)$$

تحسب (q) لعدة مرات وتعتمد المتوسطة كقيمة نهائية.

للحصول على نتائج دقيقة عند استخدام البلاتنومتر يجب مراعاة الأمور

التالية:

1) يجب أن يكون المخطط ذو الخارطة سطحًا مستويًا خالياً من التعرجات.

2) اختيار مكان القطب (0) بحيث لا تكون الزاوية بين ذراع التمرير والذراع القطبي أكبر من ( $150^\circ$ ) ولا أصغر من ( $30^\circ$ ).

3) اختيار نقطة بدء التمرير في مكان من حدود الشكل يفترض فيه التمرير بأي طأ ما يمكن.

4) يجب أن يتم التمرير بشكل تسلسلي مستمر دون تعرج أو اهتزازات أو توقف أي بسرعة تسمح معها بقراءة الأرقام على الدوّلاب.

5) يجب أن يتم التمرير في وضعين للجهاز:  
الوضع الأول (L) ويكون فيه القطب على يسار الشكل.

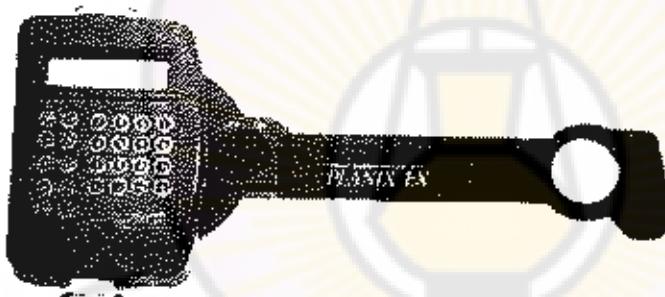
الوضع الثاني (R) ويكون فيه القطب على يمين الشكل.  
ويمكن أن يُجرى التمرير مرتين في كل وضعية.

لا ينصح باستخدام البلاتنومتر بالنسبة للأشكال التي مساحتها أقل من  $10 \text{ سم}^2$  أو الأشكال الطولانية.

يحقق البلانومتر الميكانيكي دقة بحدود  $\frac{1}{200}$  إلى  $\frac{1}{400}$  من مساحة الشكل وبالتالي فإن الفرق بين نتيجتي تمريرتين عند قياس مساحة شكل ما في وضعية واحدة يجب ألا يزيد عن  $\frac{1}{200}$  من مساحته.

بالنسبة للبلانومتر الإلكتروني، فإنه مزود ببرامح تقوم بحساب المساحات مباشرةً عن طريق إدخال مقاييس الرسم والقيم الأخرى.

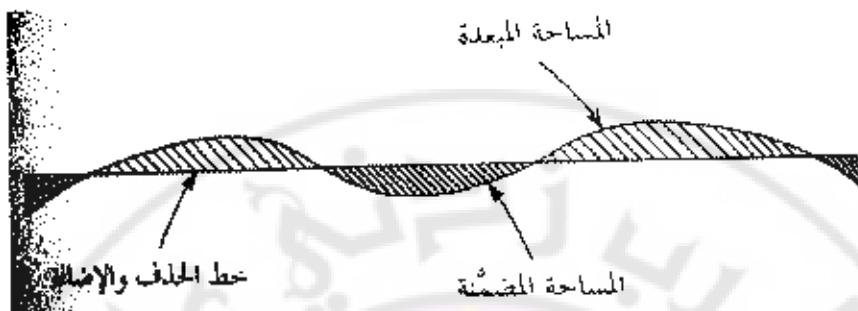
حيث يستغرأ إحداثيات نقاط المضلع من المخطط ثم حساب المساحة من هذه الإحداثيات.



الشكل رقم (113): البلانومتر الرقمي الحديث

- 9-4- حساب مساحة الأشكال غير المنتظمة:**
- تحسب المساحات في المناطق التي أضلاعها غير منتظمة باستخدام طرائق تقريبية يذكر منها:
- **خطوط الحذف والإضافة:**
- يقسم الشكل ذو الأضلاع المنحنية بطريقة خطوط الحذف والإضافة إلى مثلثات أو أشباه منحرفة، والحدود غير المنتظمة (give and take lines)

يتم استبدالها بخطوط مستقيمة حيث تهمل بعض المساحات الصغيرة كما هو مبين في الشكل (114).



شكل (114): طريقة خطوط الحدف والإضافة

- قاعدة شبه المنحرف:

يبين الشكل (115) مقلعاً أضلاعه غير منتظمة (irregular)، ولتعيين مساحته يحسب في البداية مساحة الشكل ذي الأضلاع المستقيمة ثم المساحة الممهشة، ويوضح الشكل (116) مقطعاً مكبراً لجزء من المساحة الممهشة فيه الأعمدة (offsets)  $O_1, O_2, \dots, O_n$  (offsets) تلمس حقيقة أو من المخطط. تستند قاعدة شبه المنحرف (trapezoidal rule) على أنه إذا كان التباعد بين الأعمدة صغيراً يمكن تقريره بخط مستقيم، وبالتالي يفترض من الشكل (116) أن يكون من سلسلة من الأشباه المنحرفة كما في الشكل (117).

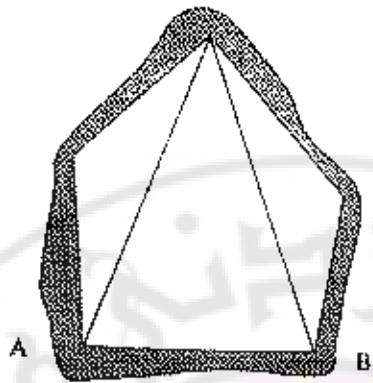
$$A_1 = \frac{(O_1 + O_2)}{2} \cdot L \quad A_2 = \frac{(O_2 + O_3)}{2} \cdot L$$

تساوي المساحة الكلية من أجل  $n$  اتحناء:

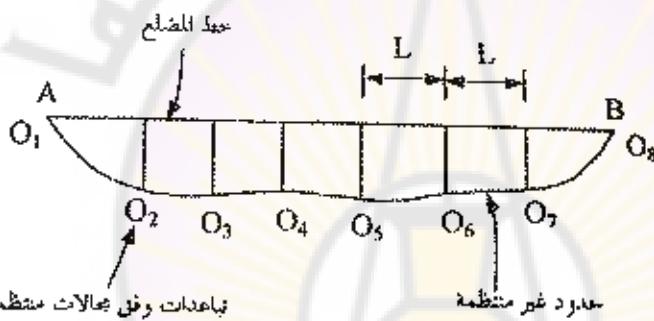
$$A = \frac{(O_1 + O_2)}{2} \cdot L + \frac{(O_2 + O_3)}{2} \cdot L + \dots + \frac{(O_{n-1} + O_n)}{2} \cdot L$$

أو

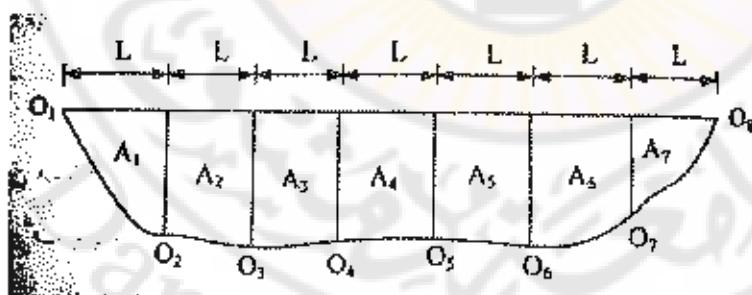
$$A = \frac{L}{2} [O_1 + O_n + 2(O_2 + O_3 + O_4 + \dots + O_{n-1})]$$



شكل (115): منطقة ذات أضلاع منتظمة



شكل (116): مقطع مكبر لجزء من المساحة الممثرة في الشكل السابق



شكل (117): سلسلة من الأشبه المنحرفة

### - قاعدة سمبسون:

تعتمد قاعدة سمبسون (Simpson's rule) على قطوع مكافئة في السلسلة بدلاً من خطوط مستقيمة كما في الشكل (118) بغية زيادة دقة حساب المساحة:

$$A_1 + A_2 = \frac{L}{3}(O_1 + 4O_2 + O_3)$$

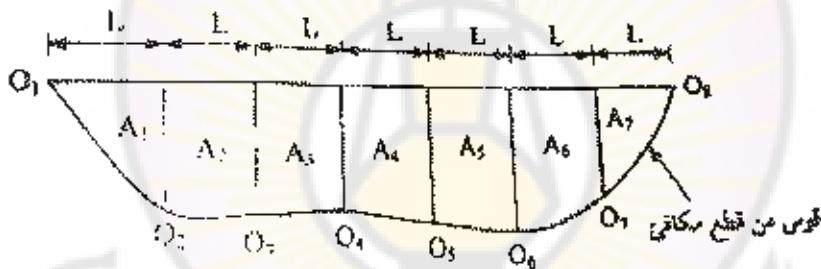
نجد بشكل مشابه أن:

$$A_3 + A_4 = \frac{L}{3}(O_3 + 4O_4 + O_5)$$

تعطي العلاقة العامة لقاعدة سمبسون بالصيغة التالية:

$$A = \frac{L}{3} \left( O_1 + O_n + 2 \sum_{i=2}^{n-1} O_i + 4 \sum_{i=3}^{n-2} O_i \right)$$

يجب أن يكون  $n$  عدداً فردياً لتطبيق قاعدة سمبسون وإلا فإن العمود الأخير يهمل وتحسب المساحة المتبقية وفق شبه المنحرف.



شكل (118): قاعدة سمبسون

### ٩-٥- تعين مساحة المقاطع العرضية:

ينتقل حساب مساحة المقاطع العرضية (cross section) على شكلها المحسور بين سطح الأرض الطبيعية (ground surface) وسطح الإشارة (formation level) والميول الجانبية (side slope). يأخذ المقطع العرضي وفق شكل الأرض الطبيعية في الاتجاه العمودي على محور خط المشروع إحدى الحالات التالية:

### 9-5-1 - سطح الأرض الطبيعية أفقى:

يبين الشكل (119) مقطعاً عرضياً في منطقة حفر (cut)، وأخر في منطقة ردم (fill)، يأخذ فيه سطح الأرض الطبيعية الشكل الأفقي. تساوى مساحة المقطع العرضي (المساحة المنشورة) في هذه الحالة مساحة شبه المنحرف، أي:

$$A = \frac{1}{2} h(2b + 2w)$$

حيث:

a: عمق الحفر أو الردم عند خط المركز (الفرق بين منسوب سطح الأرض الطبيعية وسطح الإنشاء).

b : عرض المقطع العرضي عند منسوب الإنشاء.

w: المسافة بين محور الطريق حتى المقطع العرضي اليميني أو اليساري، وتساوي باعتبار 1:n تمثل الميل الجانبي للحفر أو الردم.

$$W = b + nh$$

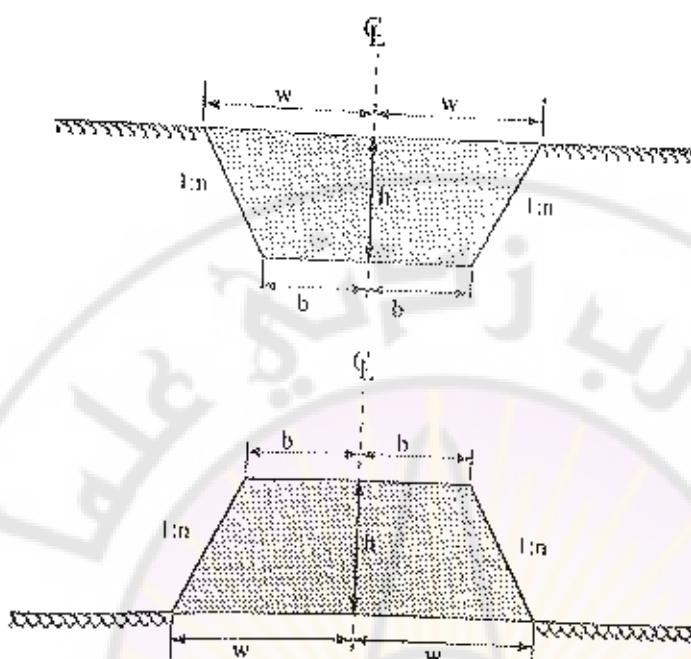
نجد بالتعويض

$$A = h(2b + nh)$$

### 9-5-2 - سطح الأرض الطبيعية يميل باتجاه واحد:

يمثل الشكل (120) مقطعاً عرضياً في حالة الحفر حيث سطح الأرض الطبيعية يميل باتجاه واحد، نجد من الشكل أن:

$$\frac{w_L}{n} = \frac{b}{n} + h - \frac{w_L}{s}$$



شكل (119): مقطع عرضي (منطقة حفر وردم)

فيه سطح الأرض الطبيعية أفقى

حيث:

a: عمق الحفر أو الردم عند خط المركز

b: عرض المقطع العرضي عند منسوب الإنشاء

l:n الميل الجانبي للحفر أو الردم

l:s ميل سطح الأرض الطبيعية في الاتجاه العمودي على محور خط المشروع

$W_L$  المسافة من محور الطريق حتى حد المقطع العرضي من الجهةين

اليسارية واليمينية علماً أن  $W_L > W_G$ .

يضرب العلائقتين بـ  $s \cdot n$  يكون:

$$W_L s = b s + h s n - W_L n$$

$$W_G s = b s + h s n - W_G n$$

وبالتالي:

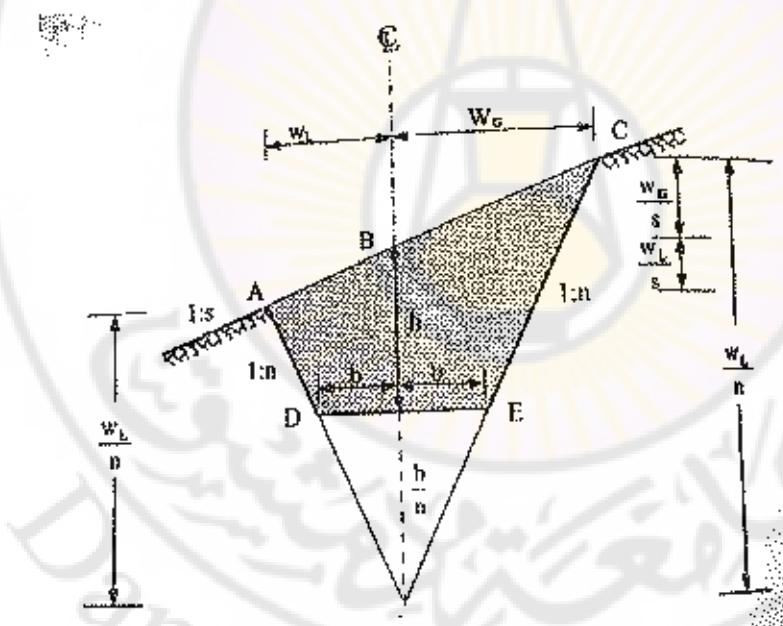
$$W_L = \frac{s(b+nh)}{s+n}$$

$$W_G = \frac{s(b+nh)}{s-n}$$

ومنه فإن مساحة المقطع العرضي في حالة الحفر تساوي:

$$A = A_{ABF} + A_{BCF} - A_{DEF}$$

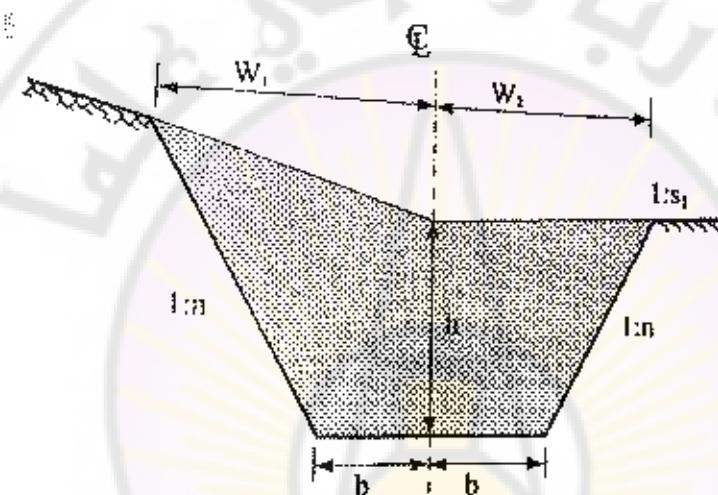
$$A = \frac{1}{2} \left[ h + \frac{b}{n} \right] (w_L + w_G) - \frac{b^2}{n}$$



شكل (120): مقطع عرضي (حالة حفر) فيه سطح الأرض الطبيعية وبميل باتجاه واحد

### ٩-٥-٣- سطح الأرض الطبيعية يميل باتجاهين:

يوضح الشكل (121) مقطعاً عرضياً في منطقة حفر فيه سطح الأرض الطبيعية يميل باتجاهين بمقدار  $s_1$  و  $s_2$  ، الميل الجانبي للحفر أو الردم، وعمق الحفر أو الردم عند خط المركز هو  $h$ . كما يلاحظ أن اتجاه ميل سطح الأرض صعوداً من المحور حتى الحد الأيمن، وكذلك الأيسر.



شكل (121): مقطع عرضي (منطقة حفر) فيه سطح الأرض الطبيعية يميل باتجاهين

تحسب مساحة المقطع العرضي باعتباره مكوناً من قسمين حول خط المركز (center line) يستنتج بأسلوب مشابه لما سبق أن المسافة من محور الطريق حتى حد المقطع العرضي من الجهتين اليسارية واليمينية تساوي:  
ـ عندما يكون اتجاه ميل سطح الأرض صعوداً من المحور حتى الحدين الأيمن والأيسر في منطقة الحفر وهبوطاً في منطقة الردم نجد:

$$W_t = \frac{s_t(b+nh)}{s_t+n}$$

- أما إذا كان اتجاه ميل سطح الأرض هبوطاً من المحور حتى الحدين الأيمن والأيسر في منطقة الحفر صعوداً في منطقة الردم يكون:

$$W_i = \frac{s_i(b+nh)}{s_i+n}$$
 و تكون مساحة المقطع العرضي هي:

$$A = \frac{1}{2} \left[ h + \frac{b}{n} \right] (w_1 + w_2) - \frac{b^2}{n}$$

9-5-4- سطح الأرض الطبيعية يقع في منطقة حفر الردم:

يبين الشكل (122) مقطعاً عرضياً يميل فيه سطح الأرض الطبيعية باتجاه واحد ويتقاطع مع سطح الإنشاء في منطقة حفر وأخرى ردم. إذا كان  $h$  عمق الحفر أو الردم عند خط المركز  $w_1$  و  $w_2$ ، المسافة من محور الطريق حتى حد المقطع من الجهةين اليسارية واليمينية، و  $A_1$  و  $A_2$ ، مساحة الحفر والردم للمقطع والميل الجانبي للحفر والردم هو  $n:m$ ، و  $s:m$  ولسطح الأرض الطبيعية هو  $1:s$  يكون:

$$\frac{w_1}{n} = \frac{b}{n} + h_1$$

$$\frac{w_2}{n} = \frac{h}{m} + h_2$$

لكن

$$h_1 = \frac{w_1}{s} - h$$

$$h_2 = \frac{w_2}{s} + h$$

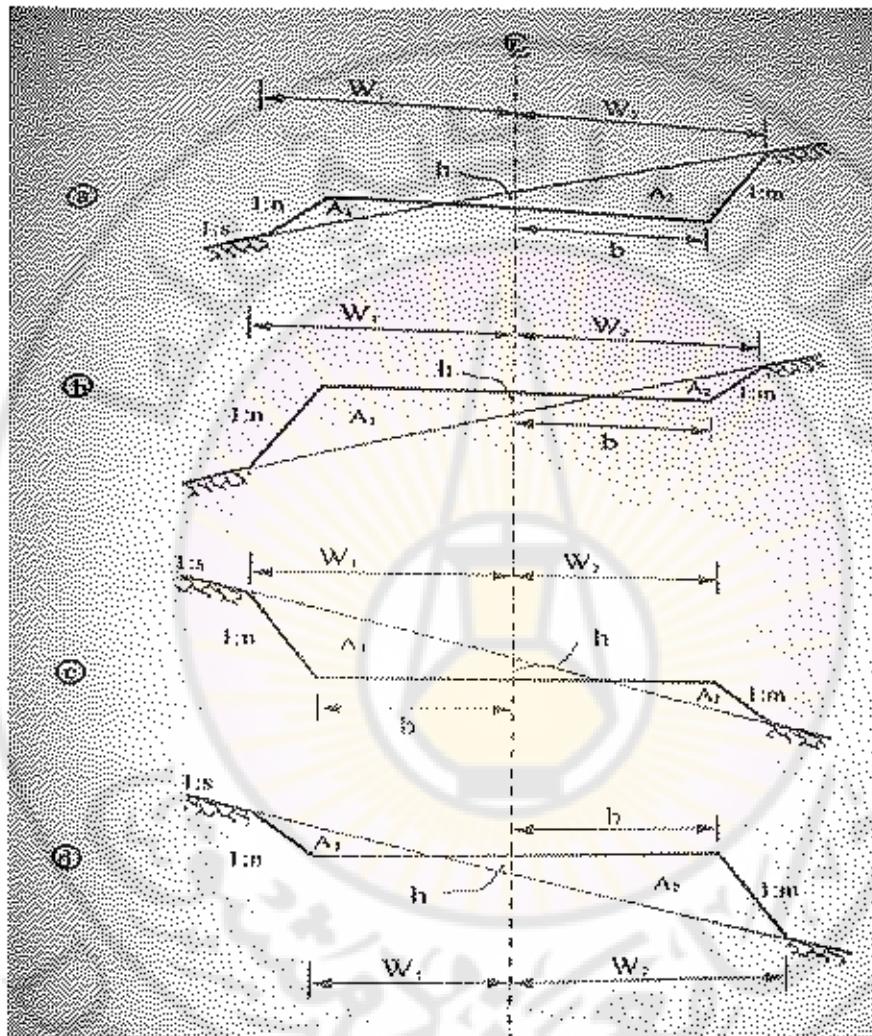
نجد بالتبديل من أجل  $h_1$  و  $h_2$  والضرب بـ  $sn$  و  $sm$  أن :

$$W_1 s = b s + w_1 n - h s n$$

$$W_1 s = b s + w_1 m - h s m$$

و منه

$$W_1 = S \frac{b-nh}{s-n} \quad (I)$$



شكل (122): مقطع عرضي في منطقة حفر وردم

$$W_2 = S \frac{b-mh}{s-m} \quad (II)$$

وبالتالي:

$$A_1 = \frac{1}{2} (b - sh) h_1 = \frac{(b-sh)^2}{2(s-n)} \quad (\text{III})$$

$$A_2 = \frac{1}{2} (b - sh) h_2 = \frac{(b-sh)^2}{2(s-m)} \quad (\text{IV})$$

تعد العلاقات المستندة من (I) إلى (IV) صحيحة من أجل الحالة a و b في الشكل (IV)، أما بالنسبة للوضع b و c تأخذ العلاقات الشكل التالي:

$$w_1 = s \frac{b+nh}{s-n} \quad (\text{V})$$

$$w_2 = s \frac{b+mh}{s-m} \quad (\text{VI})$$

$$A_1 = s \frac{(b+sh)^2}{2(s-n)} \quad (\text{VII})$$

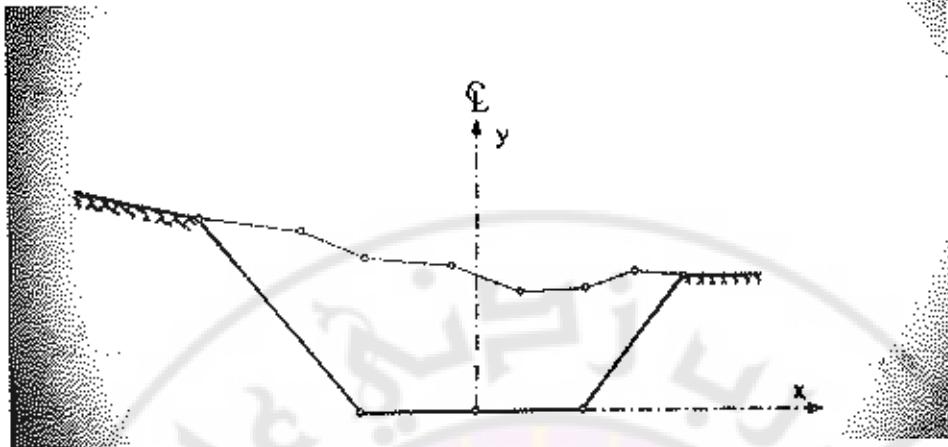
$$A_2 = s \frac{(b+sh)^2}{2(s-m)} \quad (\text{VIII})$$

### 5-5-9 سطح الأرض الطبيعية غير منتظم:

يبين الشكل (123) مقطعاً عرضياً فيه سطح الأرض الطبيعية متغير المنسوب (irregular section)، ولإيجاد مساحته تستخدم طريقة الإحداثيات (العلاقة المذكورة سابقاً، حيث تحدد إحداثيات نقاط المقطع المختلفة بالنسبة لمحورين متعمدين (يؤخذ المحور الأفقي منطبق مع سطح الإنشاء، والشاقولي عمودي عليه ومنطبق مع خط المركز).

### 6-9 حساب حجوم كميات الأعمال

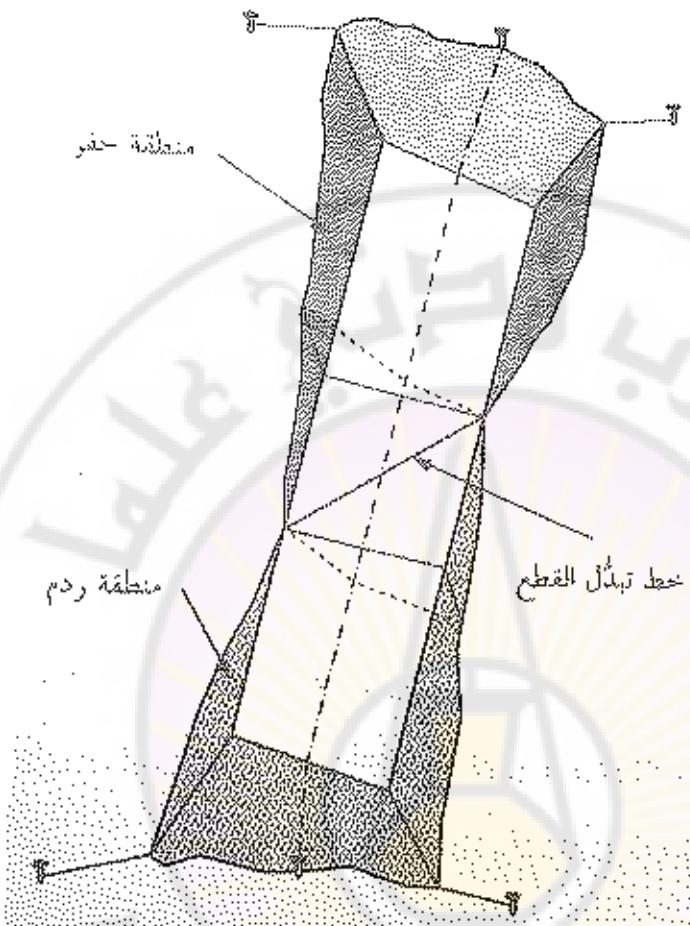
تحسب حجوم كميات الأعمال (volumes of earthwork) من حفر وردم بأساليب متعددة اعتماداً على طبيعة الحفرية (excavation) والبيانات المتوفرة، يذكر منها:



شكل (123): مقطع عرضي فيه سطح الأرض الطبيعية يميل باتجاهين

#### - 1-6-9 حساب الحجوم من المقاطع العرضية:

يرسم من المقاطع العرضية المتتالية نموذج فراغي كما في الشكل (124) لإظهار مناطق الحفر والردم، وتحديد شكلها، وحساب حجومها باستخدام إحدى الطرق التالية:



شكل (124): نموذج فراغي لحفرية في منطقة حفر وردم

#### ١-١-٦-٩ طريقة متوسط مساحة القاعدتين:

تعد طريقة متوسط مساحة القاعدتين (average and area) من الطرق الشائعة في تحديد حجم الأعمال، وهي أحد تطبيقات قاعدة شبه المنحرف في حساب المساحات، حيث تفترض أن الحجم بين مقطعين عرضيين متتاليين هو متوسط مساحتيهما مضروباً بالمسافة بينهما أو

$$V = \frac{L}{2} (A_1 + A_2) \quad (\text{IX})$$

حيث:

V: حجم المخروطية

L: المسافة بين المقطعين العرضيين  
A<sub>2</sub>, A<sub>1</sub> مساحة المقطعين العرضيين

إن الصيغة العامة لحالة n مقطع عرضي بطريقة متوسط مساحة القاعدتين تعطى بالشكل التالي:

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_{n-1}$$

$$= L_1 \frac{(A_1 + A_2)}{2} + L_2 \frac{(A_2 + A_3)}{2} + \dots + L_{N-1} \frac{(A_{N-1} + A_N)}{2}$$

إذا كان D<sub>1</sub>=D<sub>2</sub>=D<sub>n-1</sub>=D نجد:

$$V = \frac{d}{2} (A_1 + A_n + 2(A_2 + A_3 + \dots + A_{n-1})) \quad (\text{X})$$

إن العلاقة (IX) صحيحة عندما تكون مساحة المقطعين العرضيين متقاربين، أما عندما تكون إحدى المساحتين معدومة كحالة الانتقال من منطقة حفر إلى ردم يصبح الخطأ بحدود 50%, وعليه يحسب الحجم على أساس هرم PYRAMID (بالمقدمة التالية):

$$V = \frac{1}{3} AL \quad (\text{XI})$$

حيث:

L: المسافة بين المقطعين العرضيين  
A: مساحة المقطع العرضي

### 9-1-2- طريقة شبه المنشور:

تعد طريقة شبه المنشور (prismoidal) إحدى تطبيقات قاعدة سمبسون في حساب المساحات وهي أدق من الطريقة السابقة. يعطى الحجم فيها بتطبيق العلاقة التالية:

$$V = \frac{L}{3} (A_1 + 4A_m + A_2) \quad : (XII)$$

حيث:

ـ المسافة بين المقطعين العرضيين  $A_m$  و  $A_1$  و  $A_2$  مساحة المقطوع العرضي الأوسط الواقع في منتصف المسافة بين المقطعين العرضيين، حيث تحسب هذه المساحة بأخذ متوسط أبعادهما وليس متوسط مساحتيهما.

يحسب الحجم المحصور بين المقطعين العرضيين  $A_1$  و  $A_3$  في الشكل (125) وفق العلاقة (XII) كما يلي:

$$V_{1-3} = \frac{L}{3} (A_1 + 4A_2 + A_3)$$

بفرض أن هناك مقطعين إضافيين في الشكل (125) هما  $A_4$  و  $A_5$

كما يلي:

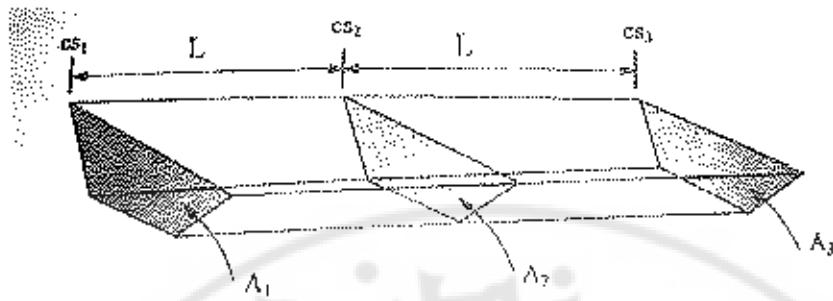
$$V_{3-5} = \frac{L}{3} (A_3 + 4A_4 + A_5)$$

ومنه فإن الحجم الكلي بين المقطعين العرضيين  $A_1$  و  $A_5$  يساوي:

$$V = \frac{L}{3} (A_1 + 4A_2 + 2A_3 + 4A_4 + A_5)$$

نكتب الصيغة العامة لعلاقة طريقة شبه المنشور على الشكل التالي:

$$\text{مساحة المقاطع الفردية } \sum 2 + \text{مساحة المقاطع الزوجية } 4 \sum$$



شكل (125): حساب الحجم بين المقاطع العرضيين  $CS_2$  و  $CS_1$

نفترض المناقشة السابقة لحساب الحجم أن المقاطع العرضية أخذت على استقامة الطريق، بينما تكون المقاطع العرضية في المنحنيات الأفقية لا يوازي كل منها الآخر، وبالتالي فإن الحجم المحسوبة وفق طريقة متوسط مساحة القاعدتين، وشبه المنشور تحتوي على أخطاء، للتغلب على هذه المشكلة تطبق نظرية بابوس (Pappus) التي تنص على أن حجم أي جسم ناتج عن تحرك مساحة مستوية حول محور ثابت مسافة ما يساوي حاصل ضرب مساحة هذا المقطع العرضي بطول مسار مركز نقل المقطع.

يبين الشكل (126) مقطعاً عرضياً متناهراً يقع مركز نقله على بعد  $c$  من خط المركز. يسمى مركز النقل هذا باللامركزية (eccentricity) وقد يكون واقعاً في الجهة الأخرى من خط المركز وفقاً للميل العرضي (transverse slope). يوضح أيضاً الشكل طول مسار مركز نقل  $L_c$  بالعلاقة  $L_c = 0(R+c)$ ، ومن نظرية بابوس فإن الحجم يساوي  $V = A_0(R+c)$ . إن

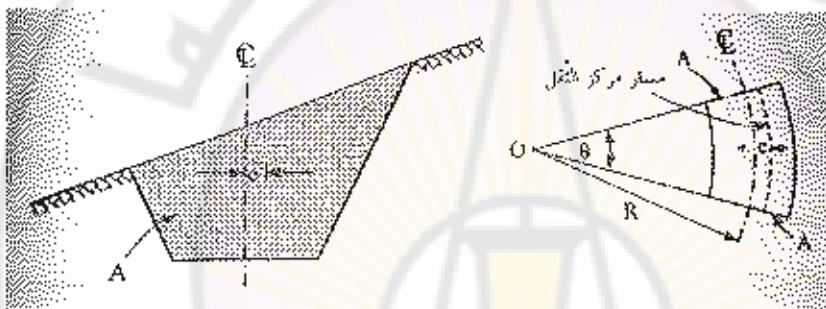
$L_c = 0 = L/R$  فيها  $L_c$  يمثل طول المنحني وبالتالي  $V = LA(R+c)/R$ ، أو

$$V = L \left[ A + \frac{Ac}{R} \right] = LA \left[ 1 + \frac{c}{R} \right] = L\bar{A}$$

يمثل الحد  $IA$  في العلاقة السابقة حجم شبه المنشور بينما  $AC/R$  يعبر عن التصحيح على مساحة المقطع العرضي قبل حساب الحجم كما في حالة الخطوط المستقيمة. تعيين المساحة المصححة بالعلاقة

$$A = A \left[ 1 \pm \frac{c}{R} \right] \quad (\text{XIII})$$

الإشارة  $\pm$  ضرورية لأن مركز الثقل يقع على أي جهة من خط المركز. تؤخذ الإشارة السالبة دائمًا عندما يكون مركز الثقل إلى الداخل بالنسبة لخط المركز من جهة مركز النقوس، ومحببة إذا كان في الجهة الأخرى.

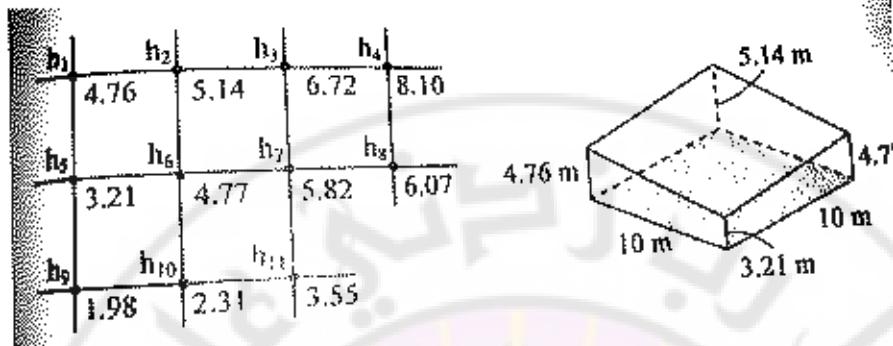


شكل (126): تأثير الانحناء على الحجم

#### 3-1-6-9 - حساب الحجوم من نقاط الارتفاعات:

تستخدم هذه الطريقة لتعيين حجوم الحفريات (excavation) الكبيرة والعميقة كالخزانات تحت سطح الأرض (underground tank) التي يميل منسوب البناء فيها أفقياً أو على شكل مصاطب (terraced). تتشاء عادة شبكة تربيعات (grid) على سطح الأرض لها شكل مربعات، أو مستطيلات، أو مثلثات، وتعين مناسب نسب نقاط التقاطعات لهذه الشبكة، حيث كلما قلت التبعادات بين نقاط الشبكة زادت دقة حساب الحجوم وارتفعت تكاليف العمل الحقلية. يجب أن يكون منسوب البناء عند كل نقطة من الشبكة معلوماً، وبالتالي يمكن حساب

عمق الحفر من منسوب الأرض الطبيعية حتى المنسوب المقترن لكل نقطة من نقاط تقاطع الشبكة.



شكل (127): حساب الحجوم من نقاط الارتفاعات

يبين الشكل (127) شبكة مربعات بتباعد 10 m دون عليها عمق الحفر عند كل نقطة تقاطع من الشبكة، وأيضاً شكلاً فراغياً لأحد مربعات الشبكة  $h_1h_2h_6h_5$ . بفرض أن ميل السطح بين نقاط تقاطع الشبكة ثابت، فإن الحجم المحصور ضمن مربع الشبكة يساوي الارتفاع المتوسط لمناسيب نقاط تقاطع الشبكة مضروباً بالمساحة المستوية، أي:

$$\text{الحجم} = \frac{1}{4} (4.76 + 5.14 + 4.77 + 3.21) \times 100 = 477 \text{ m}^3$$

يمكن بأسلوب مشابه تطبيق ذلك لكل مربع من مربعات الشبكة، فنجد أن الصيغة العامة لشبكة مربعات أو مثلثات هي:

$$\text{حجم الحفر} = \frac{A}{4} (\sum h_{\text{single}} + 2 \sum h_{\text{double}} + 3 \sum h_{\text{triple}} + 4 \sum h_{\text{quadruple}}) + dV \quad (21-10)$$

حيث:

$A$ : المساحة المستوية لكل مربع من مربعات الشبكة.

$h_{\text{single}}$  : العمق المستخدم مرة واحدة مثل  $h_1, h_4$ .

$h_{\text{double}}$  : العمق المستخدم لمرتين مثل  $h_2, h_3$ .

$h_{triple}$  : العمق المستخدم لثلاث مرات مثل  $h_7$ .

$h_{quadruple}$  : العمق المستخدم لأربع مرات مثل  $h_6$ .

V) الحجم الكلي المحسوب بشكل منفصل خارج شبكة المربعات.

نجد من أجل المثل في الشكل (127) أن الحجم ضمن شبكة المربعات

يساوي:

$$\text{الحجم} = \frac{100}{4} \left[ (4.76 + 8.10 + 6.07 + 1.98 + 3.55) + \right. \\ \left. 2(5.14 + 6.72 + 3.21 + 2.31) + \right. \\ \left. 3(5.82) + 4(4.77) \right]$$

إذا كانت الشبكة تتكون من مثلثات يتم تعديل العلاقة العامة (10-21)

على الشكل التالي

- تستبدل  $A/4$  بـ  $A/3$  حيث  $A$  مساحة كل مثلث.

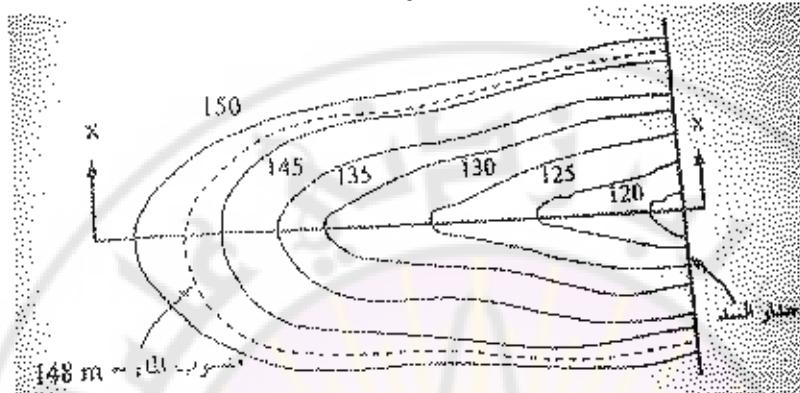
- تدخل أعمق إضافية تظهر حتى العمق المستخدم خمس وست مرات.

#### 9-1-6-4- حساب الحجوم من منحنيات التسوية:

لا تستخدم هذه الطريقة كثيراً في حالة إيجاد سعة الخزانات، أو كميات الأنابيب اللازمة لردم المنخفضات والمستنقعات، أو تسوية المرتفعات لسطح مائل أو أفقي. يمكن إيجاد سعة الخزان (كمية المياه المحتجزة أمام السد في أي خزان) من منحنيات التسوية بقياس المساحة الممحضة بين منحني التسوية، وجدار السد، والمنحنى الذي يليه، ثم تضرب هذه المساحة بالتباعد بين منحني التسوية، وبعد ذلك تجمع الحجوم الجزئية لتعيين الحجم الكلي. يبين الشكل (128) مخططاً لخزان مياه مقترن مع حدار السد حيث منسوب المياه 148م والتباعد بين منحنيات التسوية 5م، والمطلوب حساب كمية المياه المخزنة.

يمكن تعين حجم المياه المخزنة بين منحنيات التسوية بالرجوع إلى الشكل (129) الذي يبين المقطع العرضي للخزان والمساحات بين كل منحنى تسوية والسد. يعطي الحجم الكلي للخزان 145م مضافاً له الحجم بين منحنبي

التسوية 145م و 120م مضافاً أيضاً له الحجم الصغير تحت المنحني 120م.  
يحسب الحجم بين منحني التسوية 148م و 145م وبين 145م و 120م بطريقة  
متوسط مساحة القاعدتين على الشكل التالي:



شكل (128): حساب كمية المياه المخزنة

$$V_{148-145} = \left[ \frac{15100 + 13700}{2} \right] \times 3 = 43200 m^2$$

$$V_{145-120} = \frac{5}{2} (13700 + 4600 + 2(12300 + 11200 + 9800 + 7100))$$

$$= 247750 m^2$$

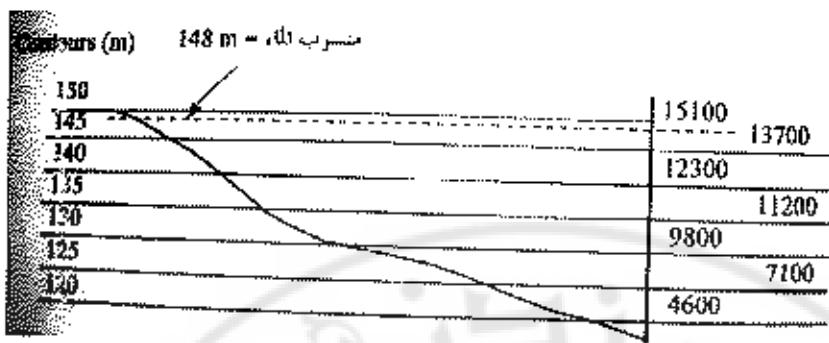
يعطى الحجم المحصور تحت منحني التسوية بتخفيف التباعد بين منحنيات التسوية إلى 1م وبنطبيق طريقة متوسط مساحة القاعدتين أو طريقة شبه المنشور، إلا أن هذه المساحة صغيرة جداً ويمكن إهمالها. بفرض أن حجمها يساوي  $dV$  فيكون الحجم الكلي هو:

$$V_{total} = 43200 + 2477550 + dV$$

$$= (290950 + dV)m^2$$

يتم تكوير الناتج إلى أقرب  $1000 m^3$  فنجد أن الحجم الكلي يساوي:

$$V_{total} = 291000 m^2$$



شكل (129): المقطع العرضي للخزان

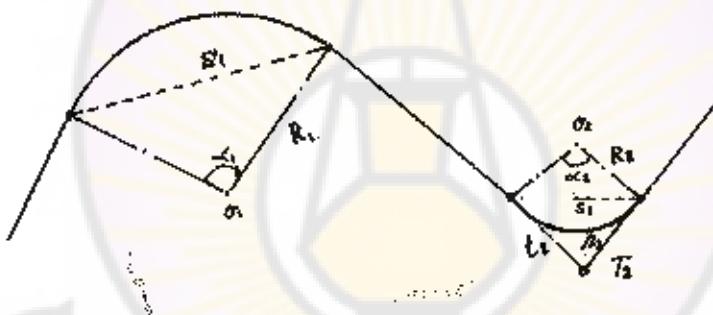
## الفصل العاشر

### المنحنيات المساحية

#### 1- المنحنيات

إن المنحنيات التي توجد في كل التصاميم والأعمال الهندسية كالطرق والسكك الحديدية والأقنية والأنفاق والمباني والملاعب والحدائق و ... غيرها، لها عناصر رئيسية هي نقاط يتم تحديدها على الطبيعة بالطرق والقياسات المساحية.

وإن المنحنيات الدائرية هي أول المنحنيات ولبسطها المنحنيات وحيثما القطر، إذ إن هناك المنحنيات المتتالية أي ذات الأقطار المختلفة (شكل 130).



الشكل رقم (130)

للانتقال من الانحناء الدائري إلى المستقيم لابد من المرور بوصلة انتقال أفضل أنواعه الكلوتونيد (القطع الزائد الكروي).

في المنحنيات عدد من النقاط ذات أهمية أساسية أو فرعية هي عناصر المنحني، والمنحنيات الدائرية لها ثلاثة نقاط رئيسية هي: بداية الانحناء  $BI$  ووسط الانحناء  $UI$  ونهاية الانحناء  $NI$  بينما عندما تكون هناك وصلة انتقال من المنحني إلى المستقيم فيكون هنا سبع نقاط أساسية هي: بداية الوصلة، وسط

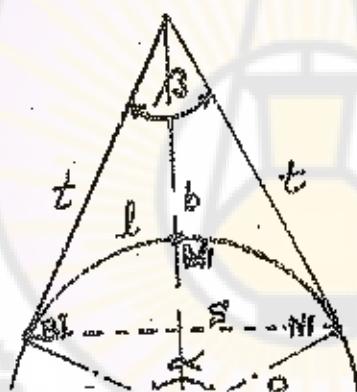
الوصلة، نهاية الوصلة، وهذه بنفس الوقت بداية الدائرة، ووسط الانحناء الدائري، نهاية الانحناء الدائري وهذه بنفس الوقت بداية الوصلة الثانية، ووسط الوصلة الثانية، وأخيراً نهاية الوصلة، فيما يخص الوصلة أو انحناء الكلوتونيد سيمز ذكره في الفصول الدراسية القادمة.

#### ١-١-١٠ - عناصر المنحني

لتحديد المنحني الدائري تلزم العناصر التالية:

- زاوية الانحناء  $\beta$  الواقعة في رأس مماس المنحني وهي مكملة الزاوية المركزية  $\alpha$  المحددة بين نصف قطر انحناء  $R$  (شكل 131) أي

$$\beta + \alpha = \pi \approx 200^{\circ}$$



الشكل رقم (131)

- نصف قطر الانحناء  $R$  الذي يتم تحديده بالتصعيم، ويتم اختياره على الطبيعة.

- طول المماس  $t$  وهو البعد بين بداية أو نهاية الانحناء من نقطة الانقاء.

- البعد بين نقطة الانقاء من منتصف الانحناء:  $T_{MI} =$

. 5) طول قوس الانحناء  $\ell$ .

يتم تحديد هذه العناصر على المخطوطات التصميمية أو على الطبيعة.

### 10-2- قياس زاوية الاحناء $\beta$ أو زاوية الانحناء المركزية $\alpha$

تقاس الزاوية  $\beta$  على الطبيعة حسب الضرورة وطبيعة القياس والدقة ...

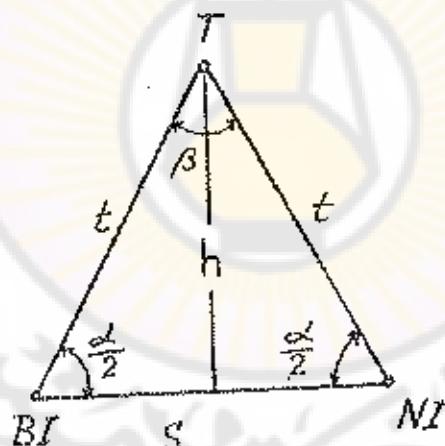
بالقياس المضاعف، أو بعدد من القياسات، والقيمة الوسطى إذا كانت النقطة  $T$  ونقطتا البداية والنهاية لانحناء موجودة ومعروفة الإحداثيات. أو تحسب من

إحدى العلاقات التالية: (من الشكل 132)

$$1) \cos \frac{\alpha}{2} = \frac{s}{2t} = \sin \frac{\beta}{2}$$

$$2) \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{h}{t} = \cos \frac{\beta}{2}$$

$$3) \tan \frac{\alpha}{2} = \frac{2h}{s} = \cot \frac{\beta}{2}$$



الشكل رقم (132)

والعملقة الأخيرة هي أدق الطرق. فمن معرفة عناصر المنحني المذكورة

سابقاً يتم تحديد الزاوية  $\alpha$  وبالتالي  $\beta$ .

يتم العمل على الطبيعة على الشكل التالي وبأحدى الحالات الثلاث التالية:

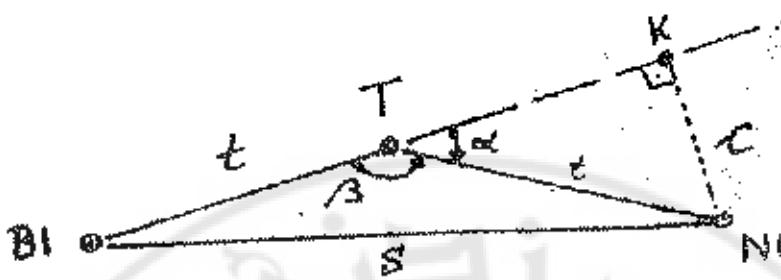
1. إذا كانت إحداثيات الرأس  $T$  ونقطتا بدأية ونهاية الانحناء معروفة عندها نفس المسافة التقريبية للمساس  $t$  ثم تفاص المسافة بين نقطتي البدائية والنهاية ( $\omega$ ) ومن منتصف المسافة  $S$  تفاص المسافة  $h$  فتكتسون العناصر اللازمة السابقة الذكر قد توفرت.

2. من معرفة طول المساس  $t$  تتحدد نقطتا البدائية  $B_1$  والنهاية  $N$  وتفاص المسافة بينهما وهي  $c$  وهذا كافٍ للحساب من العلاقة الأولى أعلاه.

3. إذا كان الشعاعي الدائري كبيراً (مفتواحاً)، تكون الزاوية  $\beta$  متفرجة أي النقطة  $T$  قريبة من الانحناء كما تكون الزاوية  $\alpha$  مكملة الزاوية  $\beta$  حادة، على استقامة المساس يتم إزالة عمود في  $k$  (شكل 133) ويقاس هذا العمود  $c$  ومثله يتم حساب الزاوية  $\alpha$  أو  $\beta$  من العلاقة الواضحة:

$$\sin \alpha = \frac{c}{t}$$

كما يمكن حساب المسافة  $TK$  من المثلث القائم ومن ثم حساب ظل الزاوية  $\alpha$  حيث تعطى دقة أكبر من العلاقة السابقة (الجيبيّة).



الشكل رقم (133)

١-٢-١- تحديد العناصر الرئيسية للانحناء وتعبيئها:

من إحداثيات النقاط  $T_1, T_2$  المعطاة بإحداثياتها تحسب أو تقاس الزاوية

$\beta$  وبالتالي  $\alpha$ . من (الشكل 134) يلاحظ:

$$1) \quad b = \overline{OT} - R = R \cdot \sec \frac{\alpha}{2}$$

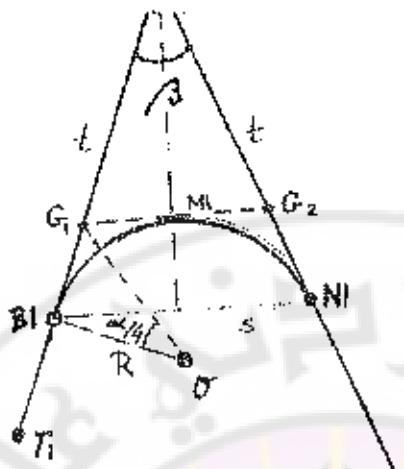
$$= R \left( \sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right)$$

$$2) \quad S = 2R \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$3) \quad t = R \cdot \tan \frac{\alpha}{2}$$

$$4) \quad \overline{G_1 BI} = \overline{G_2 NI} = R \cdot \tan \frac{\alpha}{4}$$

$$5) \quad \ell = \frac{R \cdot \alpha \pi}{200}$$



الشكل رقم ( 134 )

عند حساب العناصر الرئيسية السابقة يتم عملياً تحديد طول المماس  $t$  على الأستقامتين  $T_1T$  و  $T_2T$  وتحدد النقاط  $G_1G_2$  وتكون نقطة  $MI$  منتصف الانحناء هي منتصف المسافة بينهما وبعد هذه النقطة عن النقطة  $T$  يمثل الطول  $\beta$  المحسوب. بذلك يمكن تعريف غالبية عناصر الانحناء وتحقيقه عملياً.

**3-3-3- تعريف النقاط التفصيلية للمنحنى الدائري وإنزالها**  
هناك طرق عديدة تختلف بحسب دقة التعريف وحالة الأرض وغيرها وهذه بعض الطرق العملية المناسبة.

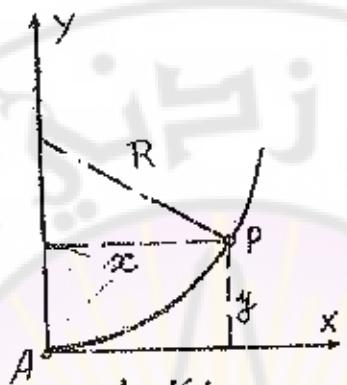
#### 3-3-1 طريقة الأعمدة (الإسقاط المتعامد)

**- عندما تكون الأقواس غير متساوية**

لتكن النقطة  $A$  على المماس وبداية المنحني الدائري، يعتبر المماس محوراً للسينات  $X$  ، والعمود عليه محوراً للعينات  $Y$  .

ولتكن النقطة  $P$  من المنحني السداسي من الشكل (135) يلاحظ أن إحداثيات النقطة  $P$  هي:

$$y = R - \sqrt{R^2 - X^2}$$



الشكل رقم (135)

بما أن نصف قطر الارتفاع  $R$  معروف، يمكن بالنسبة لأية مسافة  $x$  أن يتم حساب المسافة  $y$  ومن ثم يتم إزالة النقطة  $P$  بواسطة المؤشر المضاعف. كما يمكن إعداد جداول لأنصاف أقطار مختلفة وحساب المسافات لانسلاخة من المسافات  $x$  و $y$  إليها على الطبيعة.

إذا لم تكن الدقة المطلوبة عالية يمكن استعمال العلاقة التالية التقريرية:

$$y = \frac{x^2}{2R}$$

هذه العلاقة ناتجة عن العلاقة السابقة.

- طريقة الإسقاط المتعماد عندما تكون الأقواس متساوية:

يلاحظ في الطريقة السابقة أنه كلما أخذت الأبعاد  $x$  مسافات متساوية فيما بينها فإن النقطة  $P$  تتقارب على التوالي، إذا فإن الفائدة أكبر لو كانت المسافات

بين النقاط  $P$  هي المتتساوية أي أن الأقواس الفاصلة بينها هي المتتساوية. لهذا  
تبعد الطريقة التالية:

بما أن الأقواس يجب أن تكون متتساوية فهذا يعني أن الزوايا المركزية

$\gamma$  يجب أن تكون متتساوية ومنه (الشكل رقم 136):

$$x_1 = R \sin \gamma$$

$$x_2 = R \sin 2\gamma$$

⋮

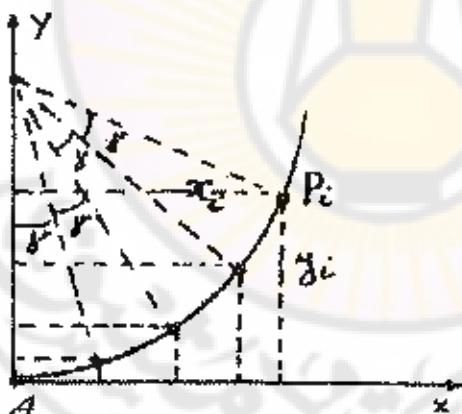
$$x_i = R \sin i\gamma$$

$$y_1 = R(1 - \cos \gamma) = 2R \sin^2 \frac{\gamma}{2}$$

$$y_2 = R(1 - \cos 2\gamma) = 2R \sin^2 2\frac{\gamma}{2}$$

⋮

$$y_i = R(1 - \cos i\gamma) = 2R \sin^2 i\frac{\gamma}{2}$$



الشكل رقم (136)

يتم تعريف الزاوية  $\gamma$  المركزية بالعلاقة التالية بالراديان:

$$\gamma = \frac{t}{R}$$

وبالغراد هي:

$$\gamma = \frac{\ell}{R} \frac{200}{\pi}$$

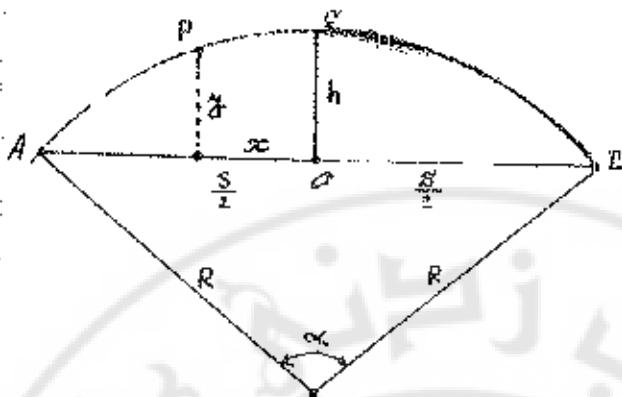
حيث  $\ell$  مثل طول القوس المطلوب أو المقترن و  $R$  نصف قطر الانحناء الدائري وهذا يمكن إعداد جداول لأقواس أنصاف أقطارها مختلفة.

تعتبر طريقة الإسقاط المتعامد السابقة بالإضافة إلى سهولتها بخاصة جيدة أيضاً هي أن كل نقطة يتم تعبيتها مستقلة عن غيرها من النقاط مما يساعد تراكم الأخطاء واستمرارها.

#### - تعريف النقاط بالإسقاط المتعامد من وتر القوس:

تستعمل هذه الطريقة في المنحنيات المفتوحة (ذات القطر الكبير نسبياً) عندما تكون بدالية ونهاية الانحناء معروفة ومبنية على الطبيعة (الشكل 137) يلزم في هذه الحالة معرفة العناصر  $\alpha$  و  $R$  و  $S$  و  $h$  حيث يمكن حساب:

$$\begin{aligned} S &= 2R \sin \frac{\alpha}{2} \\ h &= R - R \cos \frac{\alpha}{2} \\ &= 2R \sin^2 \frac{\alpha}{4} \end{aligned}$$



الشكل رقم (137)

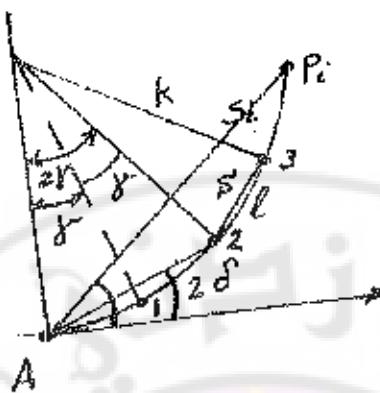
يعتبر الوتر  $AB$  محوراً للسينات  $X$  العمود عليه في منتصفه ممسورة للعينات  $Y$  وباختيار قيم متساوية أو غير متساوية على الوتر  $X$  انطلاقاً من المركز يمكن تحديد الأبعاد  $y$  لأية نقطة مثل  $P$ . وقد صممت جداول خاصة لحساب قيم  $y$  التابعة لقيم  $\alpha$  المختارة أي لنقطتين مختلفتين.

### 10-3-2- الطريقة القطبية لتعيين وإزالة نقاط المنحني الدائري

هذه الطريقة تعتمد على أن الزاوية الخارجية لقوس نتساوي نصف الزاوية المركزية، تؤخذ الأقواس متساوية أي أن الزوايا المركزية متساوية. كما يفترض هنا أن طول الوتر بين نقطتين يساوي تقريباً طول القوس إذ إن الفرق بين هذين الطولين يصغر كلما صغرت الزاوية  $\alpha$  أي الزاوية الخارجية (والمحيطة  $\delta$ ). لذا يتم اختيار الزاوية بحيث أن الفرق بين طول القوس وطول وتره أقل أو يساوي

الخطأ المسموح به:

$$l - S = \frac{s^3}{24R^2} \leq \Delta$$



الشكل رقم (138)

هذه العلاقة تعطي المسافة  $S$  المختارة وبالتالي الزاوية  $\delta$ .

يزداد الفرق بين الوتر والقوس في هذه الطريقة كلما ازداد عدد النقاط إذ إن الأخطاء هنا تراكم عند النقطة الأولى ويكون الفرق أقل منه عند النقطة الثانية وهكذا حيث أن إزالة النقطة  $P_i$  يتم من النقطة  $A$  ويزوياها هي بالتناリ  $\delta, 2\delta, 3\delta, \dots, i\delta, \dots, 2S, S$ . لذا عند المنحنيات الطويلة يقترح بعض المؤلفين حساب المسافة  $S$  بالعلاقة التقريرية التالية:

$$S = 2R \cdot \sin \delta$$

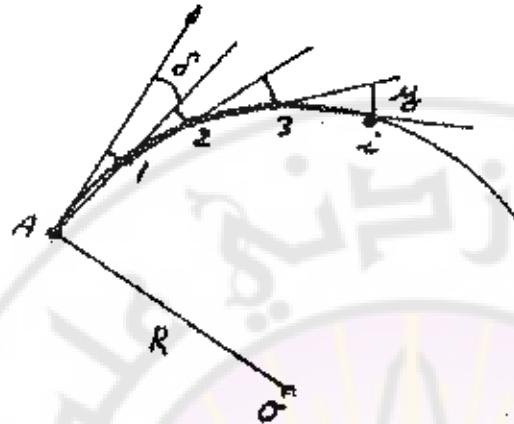
وقد صممت جداول لأقطار مختلفة وزوايا  $\delta$  مختلفة أيضاً.

### 3-3-3- الطريقة التقريرية لتعيين نقاط الانحناء الدائري

نستعمل هذه الطريقة للمنحنيات الضيق، ذات الأقطار الصغيرة، يتم اختيار الأوتار  $S$  بقيم مدوره من الأمثل انطلاقاً من بداية الانحناء  $A$  (شكل 139) فيكون:

$$X_o = s \cdot \cos \delta$$

$$Y_o = s \cdot \sin \delta$$



الشكل رقم (139)

لتكن قيم  $R$  و  $s$  معلومة يكون:

$$\sin \delta = \frac{s}{2R}$$

عند امتداد الأوتار تكون بقية القيمة ثابتة أي:

$$X_i = s \cdot \cos 2\delta$$

$$Y_i = s \cdot \sin 2\delta$$

لذا على امتداد الوتر  $\overline{A_1}$  تؤخذ المسافة  $x$  و عند النقطة المعينة يقام عمود

على امتداد الوتر بطول  $y$  فتعين النقطة 2 وهكذا أي على امتداد الوتر  $\overline{2 - 1}$

تؤخذ مسافة  $x$  وعمود عليه بطول  $y$  تعين النقطة الثالثة ... الخ.

سميت هذه الطريقة تقريبية لأن تحديد الزوايا وإقامة الأعمدة يحمل خطأ

لا بأس به، علماً أنه من النظرة الأولى للعلاقات يلاحظ أنها ليست تقريبية. هذه

الطريقة واسعة الاستعمال في طرقات الدرجة الثالثة والرابعة وفي حفر الأنفاق

الحاوية على منحنيات دائرية وغيرها.

## الفصل الحادي عشر

### الاستشعار عن بعد Remote Sensing

#### تعريف:

يعرف الاستشعار عن بعد بأنه علم وفن دراسة وتحليل الأشياء واستباقها أو المطالعات عن بعد، إنه التقنية التي تمكن من دراسة الصفات الفيزيائية أو الكيميائية لمختلف الأجسام والتفاصيل والأشياء دون الحاجة لمسها أو الوصول إليها وإجراء القياسات عليها بشكل مباشر. ومن هذا التعريف تُستنتج مهمة تفسير الصور الجوية والفضائية التي تعتبر من المهام الحيوية لتقنية الاستشعار عن بعد، غير أن الأمر السائد في تقنية الاستشعار عن بعد هو الاستناد إلى اثار تفاعل الطاقة الكهرومغناطيسية مع الأشياء المراد تحديد هويتها أو استباق المعلومات حولها.

على سبيل المثال: تُنتج الصور الجوية والفضائية من جراء تفاعل انعكاس جزء من طاقة كهرومغناطيسية عن الأشياء المصورة مع المادة الحساسة المطلية على حامل (فيلم مطلي بمادة كيميائية حساسة) أو التقادم من أجهزة خاصة وتحويله إلى أشكال معلوماتية متعددة.

#### 1-1- نبذة تاريخية:

سوف يتم التعرض بشكل موجز لبعض المحطات المهمة التي شكلت وبشكل قفزات مفيدة في عالم الاستشعار عن بعد.

■ أولى هذه المحطات اكتشاف فن التصوير عام 1839 على يد العاملين الفرنسيين نيبوس وداكوريه وقد تبع ذلك التقطت عدة صور جوية كان أولها في

فرنسا عام 1858م بواسطة منطاد من ارتفاع m 80 ثمانين متراً لأغراض عسكرية، وصور أخرى لأجزاء من مدينة بوسطن التقطها James Wallace عام 1860م بواسطة منطاد من ارتفاع m 360، بالإضافة إلى صور جوية التقطت بواسطة طائرات ورقية بحدود عام 1882م لأغراض الأرصاد الجوية.

أما المحطة الثانية فكانت اختراع طائرة على يدي الأخوين ريليت عام 1903م وأدى هذا إلى التقاط أول صورة بواسطة الطائرة يوم الرابع والعشرين من نيسان عام 1909م وكانت لإحدى المدن الإيطالية.

ثم المحطة الثالثة وهي بداية عصر الفضاء أو بالأحرى عصر الاتصالات بالأقمار الصناعية حيث أطلقت الولايات المتحدة عددة صواريخ لغائية التصوير والاستكشاف الفضائي وذلك في الفترة الممتدة ما بين عام 1946 وعام 1957م وكان أول هذه الصواريخ هو الذي أطلق عام 1946 وحط في ارتفاع 120 كم، وفي الرابع من تشرين الأول عام 1957م أطلق الاتحاد السوفييتي القمر الصناعي الأول سبوتنيك، وقد شهد عقد السنتين نشاطاً ملحوظاً في مجال غزو الفضاء من قبل كل من روسيا وأمريكا واليابان ووكالة الفضاء الأوروبية (RSA) وتم الهبوط على سطح القمر وتحقيق إنجازات علمية سمة على صعيد اكتشاف كواكب أخرى، وفي الثالث والعشرين من تموز عام 1972م وضعت أمريكا الجيل الأول من الأقمار الصناعية (ERTS-1) في مدار حول الأرض ثم أتبعت ذلك بجيال آخر، وحدثت حدودها كل من فرنسا والاتحاد السوفييتي، و تستعد الولايات

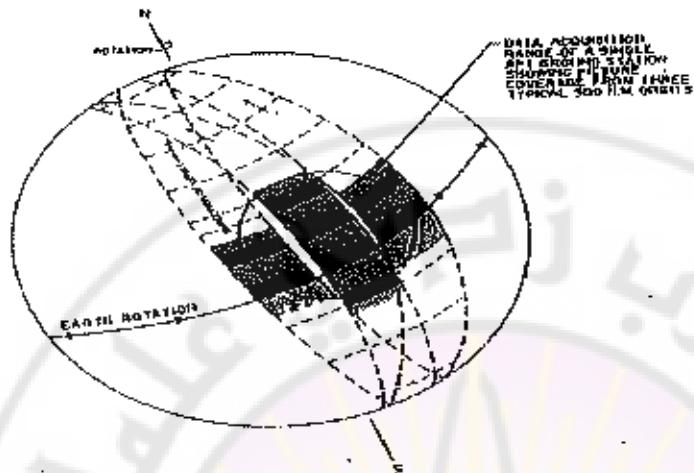
المتحدة الأمريكية وروسيا وأوروبا وربما اليابان لإرسال حاملات جوية  
ضخمة يمكن استعمالها مراتاً وتحمل في كل مرة حوالي مائة وخمسين  
مسافراً ينطلقون حول الأرض بسرعة تفوق سرعة الصوت بعده مرات.

## ١١-٢- أهمية الاستشعار عن بعد:

إن استعمالات ومجالات تطبيق تكنولوجيا الاستشعار عن بعد بواسطة  
الأقمار الصناعية التي تدور في نطاق الكرة الأرضية مهمة ومتعددة، تشمل  
على مراجعة وتحديث الخرائط، الزراعة ومصادر الأغذية، البيئة  
والتصحر، الهيدرولوجيا ومصادر المياه، الجيولوجيا والشروع المعدنية،  
الخطيط الإقليمي، الأغراض العسكرية بأشكالها كافة.

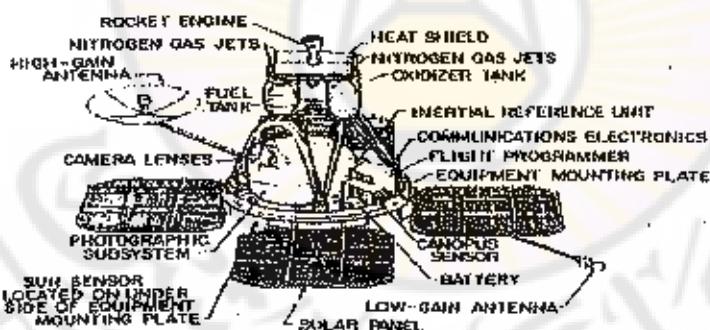
ولا يخفى على الباحثين والمخترعين والمهندسين أهمية السرعة والشمولية  
في الحصول على المعلومات والاستفادة منها، ففي نطاق السرعة يمكن القول إن  
عمل خرائط بمقاييس متوسطة لأرض متوسطة في كافة التفاصيل باستخدام صور  
الأقمار الصناعية الحديثة يستلزم من الوقت ما يعادل تقريراً (٤١٪) واحد في  
المائة فقط من الوقت الذي يستغرقه العمل نفسه باستخدام أساليب المساحة  
الأرضية المباشرة وما يعادل (١٠٪) عشرة بالمائة من الوقت اللازم باستخدام  
أساليب المساحة التصويرية الجوية.

وفي نطاق الشمولية مكنت صور الأقمار الصناعية من سهولة الاتصال  
بين أجزاء الكرة الأرضية وبالتالي تحقيق التكامل في المعلومات والمزيد من  
الدقة في التحليل وخصوصاً ما يتعلق منها بالتوابع الجيولوجية والهيدرولوجية  
والعسكرية.



Typical APT coverage. (NASA Reggiani.)

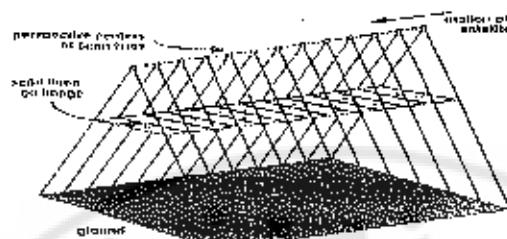
مسار تابع صناعي وتفصيله للأرض



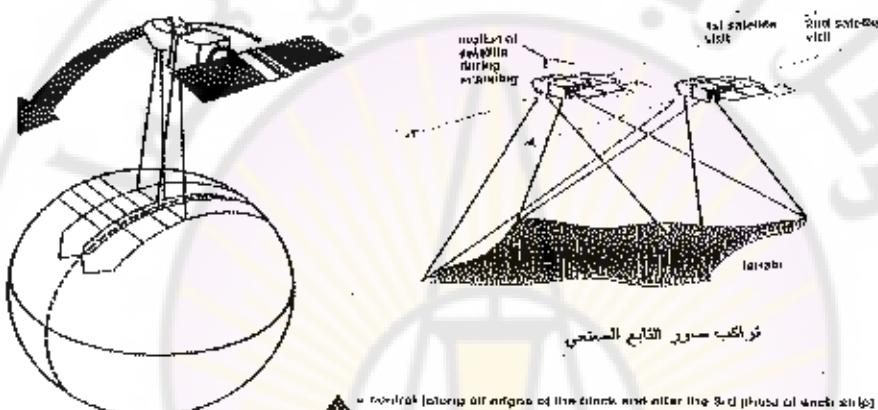
Intelsat satellite spacecraft configuration. (NASA Reggiani.)

الشكل رقم (140)

البنية الداخلية لتابع صناعي قديم

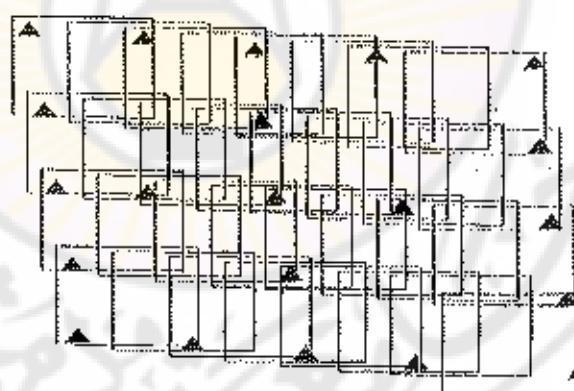


أبراج المعاشرة لخوارط سبع المتر الصناعي G



مراقبة سور الزابع الصناعي

▲ Monitoring along all edges of the bank and after the 3rd phase of backfilling



الشكل رقم (141)

لتوفير المعلومات ومعالجتها وتصنيفها وتحليلها وإخراجها وхранتها بفعالية واقتصاد ثم تحقيق أقصى فائدة في مجالات التطبيق آنفة الذكر، كان لابد من

وجود كوادر علمية وفنية متخصصة والآلات وأجهزة وأدوات النقاط أو مسح أو تصوير أرضي وجوي وفضائي بالإضافة إلى أجهزة حواسيب عالية الكفاءة، وأنظمة معالجة الصور المتنوعة وبرامج خاصة لمعالجة المعلومات وأجهزة تسجيل ومختبرات تصوير منظورة وأشرطة ممغنطة ووسائل حسzen أخرى فعالة.

### 11-3- مصادر الصور الفضائية:

يمكن الحصول على معلومات الاستشعار عن بعد من خلل محطات الاستقبال الأرضية العاملة في المملكة العربية السعودية وفي الدول الأجنبية كالولايات المتحدة وفرنسا وإيطاليا وذلك على شكل أشرطة ممغنطة تحتوي على الصور الرقمية وعلى المعلومات المدارية (Orbital Data) وبالاستعانة بالحاسوب والمعلومات المتوفرة في الخرائط يمكن إجراء عمليات التصحيح (الهندسية والإشعاعية) اللازمة وكذلك أعمال التصنيف والتخطيل لمختلف معلومات الاستشعار عن بعد.

ومن المؤسسات والمعاهد والجامعات الأجنبية التي تعنى بشؤون واستخدام الصور الفضائية ومعلومات الاستشعار عن بعد:

- المعهد الجغرافي الوطني الفرنسي IGN.
- مركز الدراسات الفضائية الفرنسي CNES.
- المجموعة الفرنسية لتطوير الاستشعار عن بعد GDTA.
- منظمة الأغذية والزراعة الدولية UN-FAO.
- المعهد الدولي للمساحة الجوية وعلوم الأرض الهولندي TTC.

□ جامعة دندي / بريطانيا.

□ المعهد التكنولوجي الآسيوي AIT.

ومن المؤسسات والمعاهد والمراکز العربية التي تعنى بشؤون وتطبيقات منتجات الأقمار الصناعية ومعلومات الاستشعار عن بعد:

□ المركز العربي لدراسات المناطق الفاصلة والأراضي الجافة - دمشق - سوريا.

□ المركز الجغرافي الملكي الأردني - عمان - الأردن.

□ مركز الاستشعار عن بعد - القاهرة - جمهورية مصر العربية.

□ إدارة علوم الفضاء - المملكة العربية السعودية.

مجالات استخدام تقنية الاستشعار عن بعد:

يمكن القول إنه يصعب حصر الحقول والمجالات التي تؤدي فيها تقنية الاستشعار عن بعد دوراً مهماً وحيوياً وينظر منها:

□ مراجعة وتحديث الخرائط المتنوعة.

□ دراسة التراكيب والظواهر الجيولوجية المختلفة التي تعطي دلائل ومؤشرات في مجال البحث عن المعادن الثمينة والتقيب عن النفط والمياه الجوفية.

□ دراسة مسالك التصريف المائي ومناطق تجمع المياه وكثافة الشبكات المائية وتقدير كميات الأمطار ودراسة تأثيرها على المزروعات والتبؤ بكوارث الفيضانات.

- تقدير المساحات والمحاصيل الزراعية ودراسة الغطاء الزراعي والتربة ومراقبة الآفات التي قد تتعرض لها المزروعات.
- دراسة الثروة الحراجية والمراعي.
- تحضير خرائط الأساس (Base Maps) لدراسة التربة.
- إعداد نظم المعلومات الجغرافية.
- دراسة العوامل المسببة للثقوب وكمية ودراسة تأثير المناخ والإنسان على الأراضي وتأثير الرياح والمياه على التصحر.
- التخطيط الإقليمي وتنظيم المدن من حيث دراسة تطور المدن خلال فترات زمنية محددة ودراسة توزيع السكان بالنسبة لاستخدام الأراضي وتنظيم توسيع المدن والضواحي بالنسبة للأراضي الزراعية بالإضافة إلى تنظيم الحدائق العامة ودراسة تطور القرى والمناطق الريفية .. الخ.
- التخطيط العمراني وتخطيط استعمالات الأراضي.
- الأرصاد الجوية.
- الأشغال العامة وتحديد الموقع وتطبيقات عديدة في مجال الهندسة المدنية وخصوصاً ما يتعلق باختيار موقع المسودة.
- مراقبة ودراسة الكواكب والأجرام الأخرى.
- شؤون عسكرية متنوعة.
- تنبؤات نشوء الحراائق في الغابات.
- تنبؤات أمراض المحاصيل الزراعية قبل مشاهدة اثارها بالعين المجردة.

■ تحديث بنوك المعلومات العمرانية.

■ الدراسات البحرية والساحلية.

■ كمخزون للمعلومات الخاصة بالمصادر الطبيعية.

#### 4-11- ملاحظات:

■ يمكن الكشف عن هوية موقع التفاصيل أسفل سطح الماء النقي لأعماق تصل إلى حوالي 20m باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد.

■ في الأقمار الصناعية القديمة كانت المعلومات تخزن في القمر الصناعي نفسه من خلال مسجل أشرطة أما الآن فإن القمر يقوم بإرسال المعلومات إليها إلى محطات أرضية منتشرة في أرجاء العالم.

■ الأقمار الصناعية العسكرية ذات قوة تنفيذية أقوى بكثير من المدنية لأنها تطلق فوق أجزاء محددة.

من التموجات والتحديات المستقبلية:

■ زيادة أو تحسين القدرة التنفيذية.

■ تخفيض نفقات الصور والمعلومات الفضائية المختلفة.

■ زيادة سرعة استخراج الصور المرئية انتلاقاً من الصور القمرية.



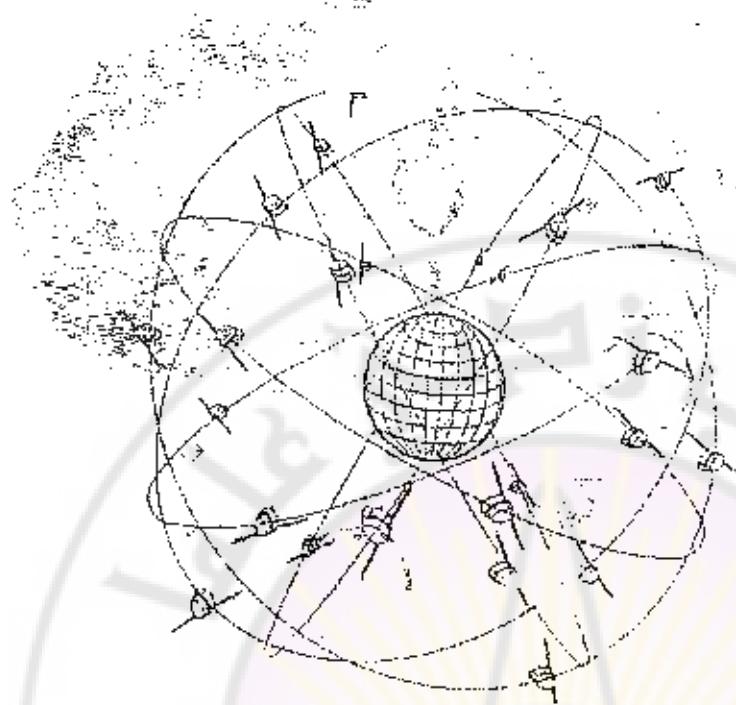
## الفصل الثاني عشر

### نظام التثبيت العالمي

1-12- المقدمة:

فتحت جيوديزية الأقمار الصناعية (جيوديزية الثلاثية الأبعاد) عهداً جديداً في العلوم الجيوديزية تجلّى بما أوجده من إحداثيات الموقع في نظام ثلاثي الأبعاد، وهي تتّلّف من تقنيات الحساب والقياس التي تسمح بحل المسائل الجيوديزية باستخدام قياسات دقيقة من الأقمار الصناعية القريبة من كوكب الأرض.

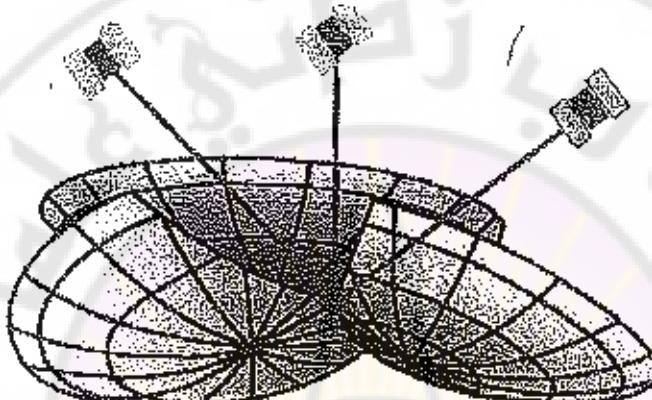
يُعرَّف نظام التثبيت العالمي Navigation system with time and ranging global position NAVSTAR GPS بأنه نظام ملاحي يعتمد على موجات الراديو الصادرة من الأقمار الصناعية لتحديد الموقع عن طريق الأجهزة المناسبة، ويمكن استخدامه في كل أنحاء العالم بشكل مستمر ومستقل عن الشروط الجوية. طورت الولايات المتحدة الأمريكية نظام GPS عام 1973، وهو بالأصل نظام عسكري، إلا أنه بدأ باستخدامه لحل المسائل الجيوديزية منذ عام 1983. يتّلّف النظام من واحد وعشرين قمراً صناعياً، بالإضافة إلى ثلاثة أقمار احتياطية تتّوضع جميعها على مسارات بارتفاع 20200 km عن سطح الأرض. يؤمن ترتيب التوزع الهندسي للأقمار الصناعية تغطية شاملة للأرض بحيث يكون هناك على الأقل أربعة أقمار واقعة فوق الأفق ويمكن رصدها بشكل متزامن (Simultaneously) في أي وقت وبأي مكان على الأرض.



الشكل رقم (142) توزع الأقمار الصناعية لمنظومة GPS

يستند رصد الأقمار الصناعية في GPS على قياسات <sup>الخطية</sup> ليسا يدعى أشباء المسافات (Pseudoranges) بين المستخدم (محطة الاستقبال) وبين هذه الأقمار الصناعية. يكفي من وجهة نظر هندسية بحثة قياس المسافات من ثلاثة أقمار فقط (حالة تقويم Resection) لتحديد الموقع، إلا أن قياس الرابع ضروري أيضاً وأن نظام GPS يستخدم طريقة قياس المسافة باتجاه واحد، وساعة المستقبل ليست مترادمة مع ساعة القمر. يُعد خطأ تزامن تلك الساعتين السبب في تسمية أشباء المسافات، ويجب تعدينه كجهول إضافي.

إنَّ قياس المسافة من قمر صناعي واحد يحدد موقع المستقبل الذي سيكون عند نقطة ما على سطح (Surface) كره وهمية مركزها (Origin) القمر الصناعي، ومن خلال تقاطع الكرات الوهمية الثلاث يتحدد موقع المستقبل.



الشكل رقم (143)

## 12-2- أقسام نظام التثبيت العالمي (GPS Segments):

يتكون نظام التثبيت العالمي من ثلاثة أقسام رئيسية:

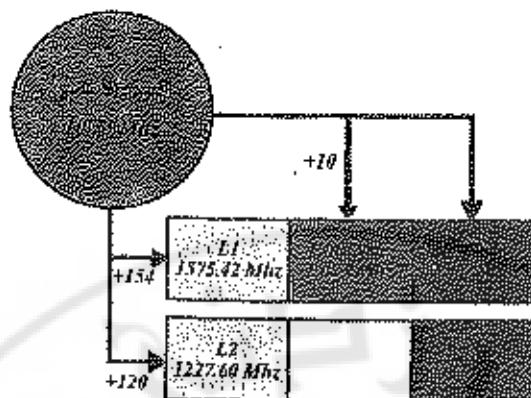
### 12-1-2-1- القسم الفضائي (Space Segment):

يتضمن مجموعة الأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض، والموزعة على ستة مدارات، وعلى كل مدار توجد أربعة أقمار صناعية. يحمل كل قمر صناعي على متنه عدة ساعات ذرية دقيقة جداً (Atomic clock) تعمل عند تردد أساسي (Fundamental Frequency)  $10.23 \text{ MHz}$  تستخدم المعايرة الذرية لتوليد الإشارات التي تبث (Broadcast) من القمر الصناعي، وهي

عبارة عن موجتين حاملتين (Carrier Wave) مشتقتين من التردد الأساسي، تنتقلان إلى سطح الأرض بسرعة الضوء. وتردد هذه الموجات هو:

- ☒ L1:  $154 \times 10.23 \text{ Hz} = 1575.42 \text{ MHz}$
- ☒ L2:  $120 \times 10.23 \text{ Hz} = 1227.60 \text{ MHz}$

تحصل الموجة الحاملة L1 شيفرتين (Two Codes) مضمنتين (Modulated C/A / Acquisition) عليها، هما الشيفرة C/A (Coarse) وترددها (10.23 MHz). والشيفرة الدقيقة P (Precision code) وترددها (10.23/10). أما الموجة الحاملة L2 فهي مضمنة عليها الشيفرة الدقيقة P، كما في الشكل (144). يسمح الخلط بين الكودين C/A و P بإنشاء كسوف جديد يدعى التشويش شبه العشوائي (Pseudorandom Noise PRN) الذي يمكن رقمه ورقم الأقمار الصناعية ضمن النظام من تمييز الأقمار بعضها عن بعض. يعود السبب في وجود هذين الترددتين إلى تصحيح أخطاء انتشار الموجات الحاملة في طبقة الأيونوسفير وتحقيق الناحية الأمنية للدولة المالكة للنظام.



الشكل رقم (144)

بما أن الولايات المتحدة أنشأت GPS لأغراض عسكرية، لذا فإن الاستخدام المدني له سيكون محدود الدقة. تدعى الخدمة المعدة للأعمال المدنية خدمة التثبيت المعيارية (Standard Positioning Service SPS) بينما الخدمة المهيأة للأغراض العسكرية تسمى خدمة التثبيت الدقيقة (Precise Positioning Service PPS) يتم التحكم بدقة النظم إما بطريقة ضد التشویش (Selective Availability A-S) أو قابلية الانتخاب (Anti-Spoofing A-S) تتضمن الأولى تشویشاً مقصوداً للشیفرة الدقيقة P-Code، ويطلق عليها عندها الشیفرة المحمية Y-Code، أما الثالثية فتم بتغيير معطيات التقويمات - المواقع اللاحقة للأقمار - (Ephemeris) أو العمل على عدم توافر ساعة القمر. تُظهر كلتا الطريقتين أخطاء في أشباه المسافات المرصودة.

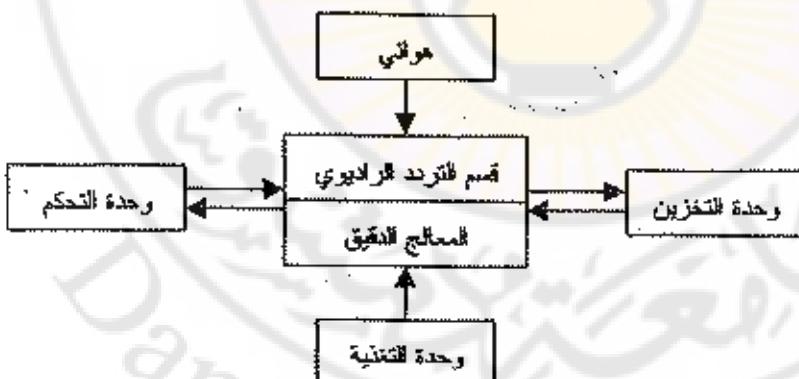
#### 2-2-2-2- قسم التحكم (Control Segment)

يتكون من محطة التحكم الرئيسية (Master Control Station MCS) وخمس محطات مراقبة (Monitor Station) متواضعة حول العالم، إضافة إلى

أربعة هوائيات أرضية (Ground Antenna). مهمة هذا القسم مراقبة النظام والتحكم به باستمرار، وتعيين زمنه، والتبيؤ بالموقع اللاحق للأقمار وسلوك ساعاتها، وكذلك التجديد الدوري للمعلومات الملاحية (Navigation Messages) لكل قمر. تستقبل محطات المراقبة كل إشارات الأقمار وتحسب منها أشباء المسافات التي ترسل مع قياسات الأحوال الجوية إلى محطة التحكم الرئيسية لاعادة حساب الموقع اللاحق للأقمار وسلوك ساعاتها وتشكيل المعلومات الملاحية لإرسالها إلى الهوائيات الأرضية لتحميلها إلى الأقمار الممكن رصدها.

### 3-2-12: قسم المستخدم (User Segment)

يمثل المستخدمون للنظام على سطح الأرض الممتنعين لأجهزة الاستقبال (Receiver). يحتوي المستقبل على عناصر لاستقبال ومعالجة الإشارة والمكونات الأساسية له مبينة في الشكل (145).



الشكل رقم (145)

يُستقبل الهوائي (Antenna) كل إشارات الأقمار الواقعة فوق الأفق (Horizon). وبعد تضخيمها (Preamplification) يرسلها إلى قسم التردد الراديوى (Radio Frequency Section) الذي بدوره يحولها إلى تردد منخفض، وتعالج خلال قناة أو عدة قنوات. تعد قناة المستقبل الواحدة الإلكترونية الرئيسية فيه، وهي ترصد قمراً صناعياً واحداً بأسلوب القنوات المتوازية (Parallel Channel) أو يتم تبديل القناة بين قمر وأخر بفواصل زمني في أسلوب القناة التبادلية (Sequencing Channel)، أما في الاستقبال المتعدد المتقابل (Multiplex) فتبديل قناة المستقبل بين أقمار مختلفة بسرعة عالية. يتحكم المعالج الدقيق بكامل النظام بهدف تحويل المعلومات المختلفة الملائحة للحصول على الإحداثيات النهائية، بينما تعمل وحدة التحكم على تسليم الاتصال بين المستخدم والمستقبل، وهي تحتوي على وحدة إدخال (لوحة مفاتيح) ووحدة إخراج (شاشة صغيرة). تقوم وحدة التخزين بتسجيل سائر البيانات الواردة من المعالج الدقيق، ويكون التسجيل إما في الذاكرة الداخلية للمستقبل أو على حافظات (PCMCIA) أو ترسل مباشرة إلى الحاسوب عبر مخرج RS-232 أو ما يعادلها. لتوضيح سعة التخزين المطلوبة للبيانات نفرض أن الرصد يتم من سنتة أقمار صناعية وتواتر التسجيل ثانية واحدة (كل ثانية يتم تسجيل مجموعة من البيانات) نحصل على كمية بيانات تُحجز ذاكرة مقدارها 1.5 MB بالساعة في لاقط ذي ترددتين.

في المستقبلات الجيوبزية يجب أن يكون هناك توازن وثبات عالي لمركز الطور الكهربائي في الهوائي Antenna Phase Center، لأن تحديد الموقع

يُستند إلى هذا المركز الذي يتغير حسب شدة واتجاه الإشارات الساقطة عليه، في التطبيقات الدقيقة يجب معرفة مراكز الطور بدقة لكل أنواع الهوائيات المشتركة في المشروع الواحد. يعين المركز الميكانيكي للهواي عادة بدقة أقل من 1.2 ميليمتر، بينما يمكن أن تتحرف مراكز الطور الكهربائية للإشارتين L1 ، L2 عنه عدة ميليمترات. يعطي المصمعون الإحداثيات الثلاثية لتلك المراكز في أغلب أنماط الهوائيات، وفي استخدام هوائيات من نفس النوع فإن تلك الأخطاء تُحذف في عملية تقاضل القياسات. ينصح في التطبيقات ذات الدقة العالية باستخدام هوائيات من نفس النوع في جلسة القياس الواحدة (Session).

### 3-12 - حساب المسافة إلى القمر:

تحسب المسافة ( $D$ ) إلى القمر الصناعي باستخدام قانون نيوتن المعروف

وهو :

$$D = V \times t$$

حيث: ( $V$ ) سرعة انتقال إشارة الراديو التي هي سرعة الضوء

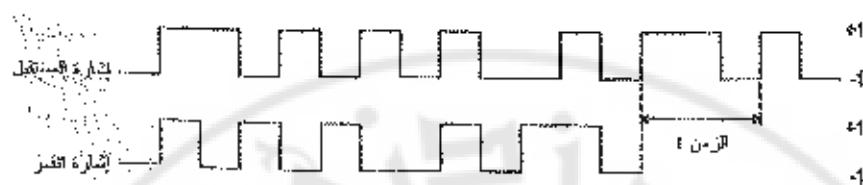
$$\cdot 290000 \text{ km/sec}$$

( $t$ ) الزمن الذي تستغرقه الإشارة لانتقال من القمر الصناعي إلى مستقبل

.GPS

يحتوي المستقبل على ساعة تستخدم لتوليد شريحة ربط C/A موافقة الشريحة A المضمنة على الإشارة التي ثبت من القمر الصناعي، لهذا فستان المستقبل سيكون قادرًا على ربط (Match) الشريحة القادمة من القمر الصناعي مع الشريحة المولدة منه. يمثل الزمن اللازم لتوافق جزأى الشريحة أحدهما مع

الأخر (التأخير الزمني Time Delay) زمن انتشار الإشارة من القمر إلى المستقبل، كما في الشكل (146).



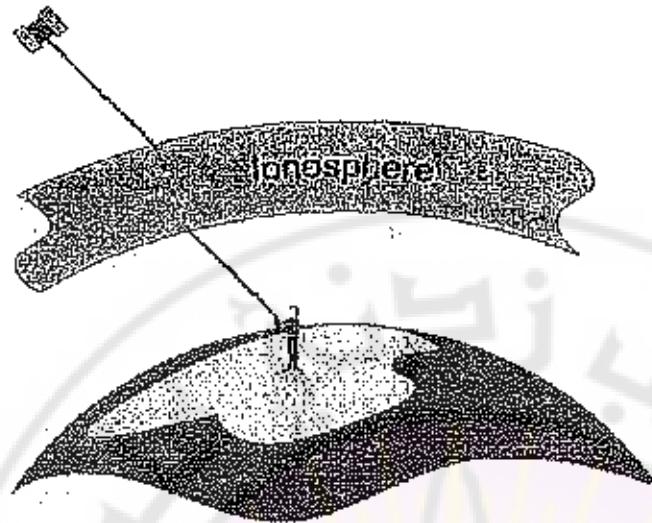
الشكل رقم (146)

#### 4-12- مصادر أخطاء GPS:

هناك العديد من مصادر الأخطاء (Error Sources) التي تغير موقع GPS الظاهري بمقدار يصل أحياناً إلى عشرة أمتار، هذه المصادر هي:

##### 4-1- خطأ التأخير في طبقة الأيونوسفير :

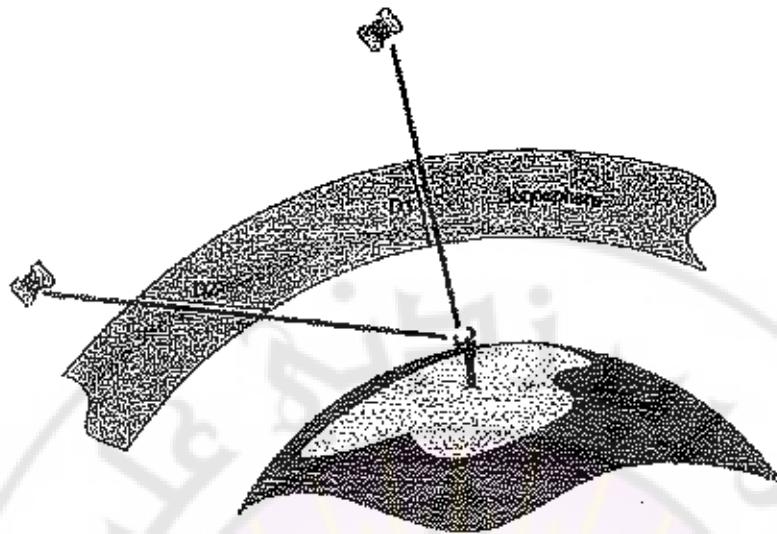
تبطأ سرعة إشارة القمر الصناعي عند مرورها عبر طبقة الأيونوسفير (Ionosphere) لأنها تعاني انكساراً في هذه الطبقة (الشكل 147) تماماً كما ينكسر الضوء عند مروره في وسط زجاجي، مما يؤدي إلى أخطاء في حساب المسافة (Range Calculation) لا تعطي طبقة الأيونوسفير تأخيراً ثابتاً على إشارة القمر، لوجود عدة عوامل تؤثر على هذا التأخير وهي:



الشكل رقم (147)

#### 12-4-2- ارتفاع القمر الصناعي:

كلما كان ارتفاع القمر أقل عانت الإشارات المرسلة منه تأثيراً أكبر من طبقة الأيونosphere لزيادة المسافة التي تقطعها الإشارة في هذه الطبقة (الشكل (148)).



الشكل رقم (148)

#### 4-4-3- حرارة الشمس:

تتعلق كثافة طبقة بأشعة الشمس، ففي الليل يكون تأثير طبقة الأيونوسفير قليلاً جداً، بينما في النهار تزيد حرارة الشمس من تأثير طبقة الأيونوسفير، لذلك تباطأ سرعة الإشارة. يمكن التخفيف من أخطاء طبقة الأيونوسفير باستخدام مستقبلات GPS تعمل على الترددين (Dual-L2,L1 Frequency) من المعروف أنه عندما تنتقل إشارة الراديو عبر طبقة الأيونوسفير فإن سرعتها تباطأ بمعدل يتناسب عكساً مع مربع تردداتها، وإذا قورن زمن وصول كلتا الإشارتين لمكن تقدير مقدار التأخير الناتج عن طبقة الأيونوسفير.

#### 4-4-4- بخار الماء:

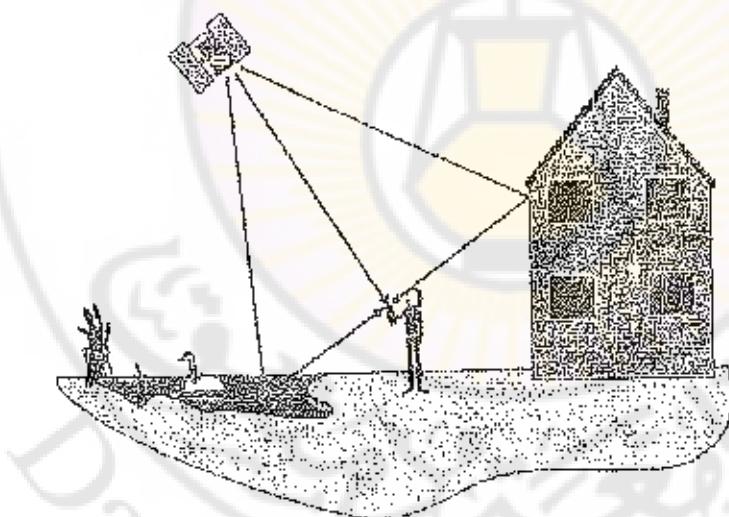
يؤثر بخار الماء (Water Vapor) الموجود في طبقة الغلاف الجوي على إشارة GPS إلا أنه يمكن التخفيف منه باستخدام نماذج رياضية ملائمة.

#### 12-4-5- خطأ ساعة القمر الصناعي:

على الرغم من أن الساعات الموجودة على الأقمار الصناعية دقيقة جداً، إلا أنه بنساً أحياناً بعض الانحراف، الطفيف فيها الذي يؤثر بدوره على دقة تحديد الموقع، يتم إعادة ضبط توقيت ساعات الأقمار عن طريق قسم التحكم.

#### 12-4-6- خطأ تعدد المسار Multipath Error

ينشأ هذا الخطأ عند وجود هوائي المستقبل بمكان قريب من السطوح التي تعكس إشارات القمر مثل سطح الماء والأبنية، إذ تنتقل إشارة القمر إلى الهوائي بدلاً من الإشارة الأساسية، كما هو مبين في الشكل (103). يمكن التخفيف من هذا الخطأ باستخدام هوائيات GPS ذات طبيعة خاصة.



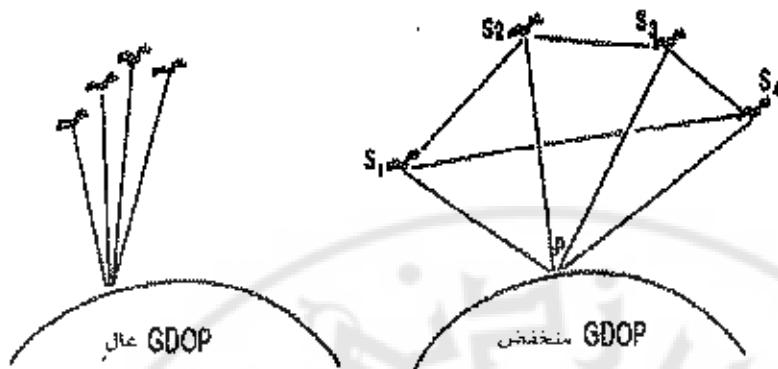
الشكل رقم (149) ظاهرة تعدد المسار

## 12-4-7- تمييع الدقة :Dilution of Precision DOP

يقيس تمييع الدقة مئنة التوزع الهندسي للأقمار المستخدمة في الرصد، ويتعلق بالبعد والموقع للأقمار الصناعية في الفضاء. هناك أنواع مختلفة لتمييع الدقة أو DOP تحسب اعتماداً على البعد وهي:

- 1) تمييع الدقة الشاقولي (Vertical Dilution of Precision) يقلل الدقة في الاتجاه الأفقي.
- 2) تمييع الدقة الأفقي (Horizontal Dilution of Precision) ينقص الدقة في الاتجاه الأفقي.
- 3) تمييع الدقة الموقعي (Positional Dilution of Precision) يخفف الدقة في التوقيع الثلاثي البعد.
- 4) تمييع الدقة الهندسي (Geometric Dilution of Precision) يخفيض الدقة في الموقع الثلاثي البعد وفي الزمن.

إن تمييع الدقة DOP المفید أكثر هو معرفة GDOP إذ إنه مشترك من جميع العوامل. وأفضل طريقة لتخفيض تأثير GDOP تكون برصد عدة أقمار إذا أمكن ذلك. تتأثر الإشارات من الأقمار ذات الارتفاعات المنخفضة لدرجة أكبر بمعظم مصادر الأخطاء، لهذا عدد إجراء المسح بـ GPS من الأفضل رصد الأقمار الصناعية التي تكون فوق الأفق بـ  $15^{\circ}$ . ستدرس بشكل عام المواقع الدقيقة عندما تكون GDOP قليلة (عادة 8 أو أقل)، كما في الشكل (104).



الشكل رقم (150) ظاهرة تمنع الدقة

قابلية الاختيار (Selective Availability S/A)

ضد التشویش (Anti-Spoofing A-S)

شرح هذان المصادران للأخطاء سلفاً (الفقرة الثانية).

#### 5-12- تقنيات الرصد باستخدام GPS

هناك عدة تقنيات للرصد باستخدام GPS لتحديد موقع النقاط المساحية،

على المساحة اختيار المناسب منها بما يتفق مع طبيعة المشروع والمدفعة

القطلوبية. من هذه التقنيات ذكر :

#### 1-5- الرصد الساكن (Static)

تستخدم هذه الطريقة لقياس القواعد (Baselines) الطويلة (20 km و مسا

حيث يوضع مستقبل فوق نقطة معلومة الإحداثيات على الإهليلج العالمي

WGS، ويطلق عليه اسم المستقبل المرجع (Reference Receiver)، بينما

مستقبل آخر على النهاية الأخرى من القاعدة، ونسميه المستقبل الجوال

(RoR). تسجل البيانات في هذه الحالة عند كلتا الملاحظتين بشكل آني

(Simultaneously) ومن المفيد تسجيلها بعدل (Rate) واحد في المحطتين، يؤخذ كل 15، 30، 60 ثانية.

تجمع المستقبلات البيانات لفترة محددة من الزمن، تتأثر بطول (Length) القاعدة ويعدد الأقمار المرصودة وبمتانة التوزع الهندسي للأقمار (تمبيغ الدقة). كتجربة علمية (As a rule of thumb) يؤخذ زمن الرصد الأدنى ساعة واحدة لخط طوله km 20 برصد خمسة أقمار وبقيمة غالبة لمتبوع الدقة (GDOP) مقدارها 8، بينما تحتاج الخطوط الأطول إلى زمن للرصد أطول من الضروري جداً إجراء أرصاد فائضة للشبكة (Network) المراد رصدها، وهذا يتطلب رصد النقاط مرتين على الأقل وخلق تحقيقات الأمان ضد مشاكل قد لا تكون معروفة، ولإجراء ذلك يمكن استخدام أكثر من مستقبلين، حيث يتم رصد الشبكة ABCDE باستخدام ثلاثة مستقبلات، حيث النقطة A معلومة الإحداثيات على الإهليلج العالمي WGS84 والبيانات سجلة لمدة تتناسب الطول المحدد للقاعدة.

#### 12-5-2- الرصد الساكن السريع (Rapid Static)

نضع في هذه الطريقة المستقبل المرجع عادة فسوق نقطية معلومة الإحداثيات على الإهليلج العالمي WGS84، بينما المستقبل (أو المستقبلات) الجوال يتم التنقل به على نقاط أخرى. تتعلق فترة الرصد بطول خط القاعدة من نقطة المرجع إلى النقاط المرصودة وبقيمة GDOP، وتسجيل البيانات المجمعة ل تعالج فيما بعد في المكتب، يجب إجراء تحقيقات (Checks) للتأكد من عدم وجود أخطاء في القياسات، ويتم ذلك بإعادة رصد النقاط مرة ثانية في لوقت

مختلفة من اليوم، أو بأخذ نقطتي مرجع واستخدام مستقبل جوال واحد لرصاص  
ال نقاط. يبين الجدول (2) كيفية رصد الشبكة 12345 باستخدام ثلاثة مستقبلات،  
حيث النقطة  $R$  معلومة الإحداثيات على الإهليلج العالمي WGS84، حيث يتم  
توسيع أسلوب رصد الشبكة 12345 باستخدام نقطتي مرجع  $R, I$  ومستقبل  
جوال واحد.

### **3-5-12- الرصد المتحرك (Kinematic)**

تستخدم هذه الطريقة لإجراء المسح التفصيلي (Detail Surveying)  
ومسح المسارات (Trajectories) كمسارات الطرق ... الخ. تركز في هذه  
الطريقة المستقبل المرجع عادة فوق نقطة معلومة الإحداثيات على الإهليلج  
العالمي WGS84 بينما تقوم بتحريك المستقبل الجوال بعد عملية الإقلاع  
(Initialization) التي تدوم 5-20 دقيقة (يعتمد عملياً هذا الوقت على طول  
خط القاعدة من المستقبل المرجع إلى الجوال وعدد الأقمار المرصودة) إلى  
ال نقاط المراد مسحها دون التوقف فوق النقطة سوي لحظة واحدة (2-3 ثوان)  
أو المسح بشكل أوتوماتيكي من خلال التعريف المسبق لمعدل الرصد. يجب  
الانتهاء إلى أنه في حال استقبال المستقبل الجوال لأقل من أربعة أقمار يجب  
التوقف عن المسح والانتقال إلى الموقع الذي يمكن منه رصد أربعة أقمار أو  
أكثر وإجراء عملية الإقلاع ثانية قبل المتابعة.

- 6-12- الموصفات الفنية لأجهزة GPS الجيوديزية:

- 1-6-12- نوع المستقبل (Receiver Type):

- ثانوي التردد.

- جيوديزي.

Measuring Modes & Applications  
- 2-6- طرق القياس والتطبيقات

- مساكن

- ساكن سريع

- متحرك

- تفاضلي (DGPS)

- المعالجة اللاحقة

- 3-6-12- قياسات الموجة الحاملة L1 (L1 Measurements):

- يحتوي على 12 قناة على الأقل (الرصد 12 فمرا) بالنسبة للموجة L1.

- رصد كامل لطور الموجة الحاملة L1.

- رصد الشيفرة C/A.

- رصد الشيفرة الدقيقة P.

- 4-6-12- قياسات الموجة الحاملة L2 (L2 Measurements):

- يحتوي على 12 قناة على الأقل (الرصد 12 فمرا) بالنسبة للموجة L2.

- رصد كامل لطور الموجة الحاملة.

- رصد الشيفرة الدقيقة P.

## 12-5- الأبعاد والوزن:

يجب أن تكون أبعاد الجهاز مقبولة ووزنه خفيفاً ليكون التعامل معه في الحقل أسهل.

## 12-6- الهوائي (Antenna):

- محمي ضد ظاهرة تعدد المسار، أي من نوع خاتم الخنق.
- ذو مركزية دقيقة.
- يركب على ركيزة ثلاثة الأرجل مع آلية للتمرکز فوق المحطة.
- إمكانية تركيبه أيضاً على جالون لحمله أثناء الرصد المتحرك.

## 12-7- الدقة في الرصد (Accuracy):

الخطأ المتوسط التربيعي (Root Mean Square RMS) في قياس خط

- قاعدة (Baselines) مع معالجة لاحقة (Post Processing) لا تزيد عن:
- في حالة الرصد الساكن للخطوط الطويلة بمدة رصد طويلة + 3mm + .0.5pp,
  - في حالة الرصد الساكن السريع: 1.5mm + 1 ppm
  - في حالة الرصد المتحرك مع التحرير بعد عملية الإقلاع + 100mm + 1 ppm (initialization).
  - دقة تحديد الموضع (Accuracy in Position) تساوي إلى الحد المتوسط التربيعي لقياس خط الأقاعدة.
  - دقة تعين الارتفاع (Accuracy in Height) تساوي ضعف الدقة في تحديد الموضع.

## **12-6-8- وحدة التغذية (Power Supply Unit)**

- بطارية قابلة للشحن.
- خفيفة الوزن.
- ذات طاقة تخزينية عالية قادرة.
- إمكانية وصل أكثر من بطارية بعضها مع بعض لزيادة قدرة تشغيل الوحدة.

## **12-6-9- وحدة التخزين (Storage Unit):**

- ذاكرة داخلية .... 4 MB, 10 MB
- بطاقات PCMCIA بحجم .... 4MB, 10MB, 85MB
- مواصفات أخرى:

- أن يحتوي الجهاز على مخرج RS-232 أو ما يعادلها لوصوله مع الحاسوب أو تجهيزات ملحقة.

- يتحمل الجهاز الصدمات ومزروع كلها من العوامل الطبيعية.

## **12-6-11- البرمجيات (Software):**

- تعمل تحت بيئه الويندوز.
- معالجة البيانات المرصودة بالطرق السابقة.
- حل شبكات GPS باستخدام المربع الصغرى مع إعطاء تقرير مفصل عن ذلك.
- التهيئة لجسسة الرصد واحتياجاتها.
- إدخال وإظهار البيانات.

- قادرة على حل مشكلة الغموض (Ambiguity).
- تبادل البيانات بين أجهزة GPS المختلفة من خلال الصيغة RINEX.
- تصدير ملفات الرسم لأنظمة GIS/CAD.
- تحويل الإحداثيات من الإهليلج العالمي WGS84 إلى المحلي.
- إعطاء الإحداثيات المستوية التابعة لنظام إسقاط معين.

#### ١٢-٧- Transformation of coordinates :

إن الشكل الطبيعي للأرض غير منتظم ونظراً لصعوبة تسييله رياضياً فقد اتفق العلماء على أن شكل الأرض هو ذلك الشكل الذي يأخذ سطح الماء التصلبة والساكنة دون مد أو جزر وامتداده تحت اليابسة. وأطلقوا على هذا السطح اسم الجيونيد(Geoid). إن سطح الجيونيد غير منتظم، فإذا أردنا حساب الإحداثيات الجيوديزية لنقطات ثابتة على سطح الأرض كان لابد من فرض سطح إسناد رياضي، وأفضل تلك السطوح ملاممة لسطح الأرض هو الإهليلج الأرضي (Spheroid or Ellipsoid) ونتيجة لاختلاف توزع الكثل فإن الفرق بين الجيونيد والإهليلج الأرضي لا يزيد عن  $m \pm 100$  وندعوه بتموجات الجيوديز (Geoidal Undulation) وبناء عليه تصح مقولة أحد الجيوديزيين الألماني (Draheim) التي تقول بأن الجيوديزيين يقومون بالقياس على سطح لا يمكنهم الحساب عليه (سطح الأرض الطبيعية)، وبالحساب على سطح لا يمكنهم القياس عليه (الإهليلج الأرضي)، وذلك بهدف الحصول على سطح لا يمكنهم الحساب ولا القياس عليه (الجيونيدي).

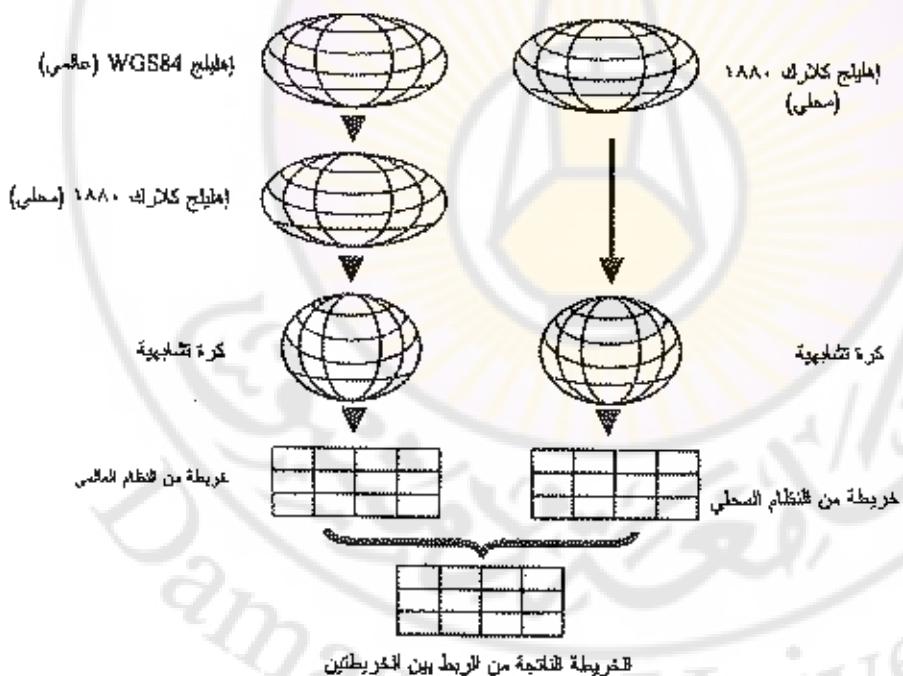
تُعطى الإحداثيات الجيوديزية من الأقمار الصناعية على سطح إسناد عالمي متمركز (Global Geocentric Datum) بينما الإحداثيات الجيوديزية القديمة (الناتجة عن القياسات الأرضية) فإنها معرفة بالنسبة لسطح إسناد محلي غير متمركز (Local Nongeocentric Datum) (الشكل 151) لذا لا بد من إجراء الأعمال التالية لتحويل الإحداثيات العالمية إلى إحداثيات محلية:

- تحويل الإحداثيات الجيوديزية من سطح الإسناد العالمي إلى المحلي.
- تطبيق نظام الإسقاط المعتمد في البلاد للحصول على إحداثيات المستوى من الإحداثيات الجيوديزية.
- الربط (Matching) بين خرائط النظماءين العالمي والمحلبي بهدف الملائمة بينها.



الشكل رقم (151) العلاقة بين الإهليج المحلي والعالمي وسطح الأرض الطبيعية

تُجري المرحلة الأولى باستخدام نموذج تحويل مناسب يعتمد على نقاط مشتركة (Common Station) بين النظمين المعلوم عندها تموجات الجيوبئيد التي يسبب إهمالها اختلافاً في الإحداثيات المحوّلة وخاصة الارتفاعات لأن قياسات الأقمار الصناعية عطي الارتفاعات الإهليلجية بينما الأرضية تحدّد الارتفاعات الجيوبئيدية. تُنفذ المرحلة الثالثة بوساطة التحويل باستخدام كثيّرات الحدود التي ترتكز أيضاً على نقاط مشتركة بين النظمين المستويين. يبيّن الشكل (152) المراحل المذكورة بالنسبة لمنطقة سوريا باستخدام الإسقاط الاستيريويغرافي المضاعف المقترن في المرجع (١).



الشكل رقم (152)

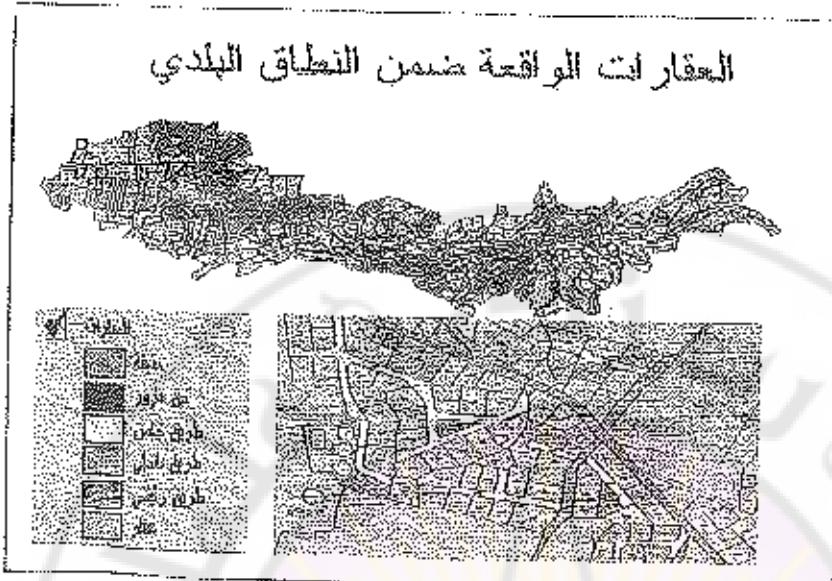
## الفصل الثالث عشر

# تطبيقات نظام المعلومات الجغرافي GIS ونظام التموضع العالمي في البلديات GPS

تحتاج البلديات بصورة استثنائية إلى المعلومات الجغرافية من أجل إدارة الأراضي والأشخاص الواقعين ضمن نطاقها.

في الحالة العامة تملك البلدية مجموعة من المخطوطات والخرائط بمقاييس مختلفة، عادة 1/2000، 1/1000، 1/5000، تتبع لكتافة السكانية. ويتعلق عدد هذه الخرائط بمساحة البلدية. وعند الحاجة إلى إجراء أي عملية من العمليات الروتينية في البلدية مثل إعطاء إخراج قيد عقاري يوضح الاستملاك وضابطة البناء، أو إنشاء طريق أو توسيع طريق أو إعطاء رخصة ... الخ؛ فإن مهندس البلدية يبحث في المخطوطات التي في حوزته عن منطقة العمل، ثم يحاول إجراء عمليات تكبير أو تصغير إذا كانت هذه المنطقة على عدة مخطوطات بمقاييس مختلفة، وهذا عمل طويل ومعرض للعديد من الأخطاء. يضاف إلى ذلك أن هذه المخطوطات مصنوعة بتواترية مختلفة ويجب تحديثها.

## العقارات الواقعة ضمن النطاق البلدي



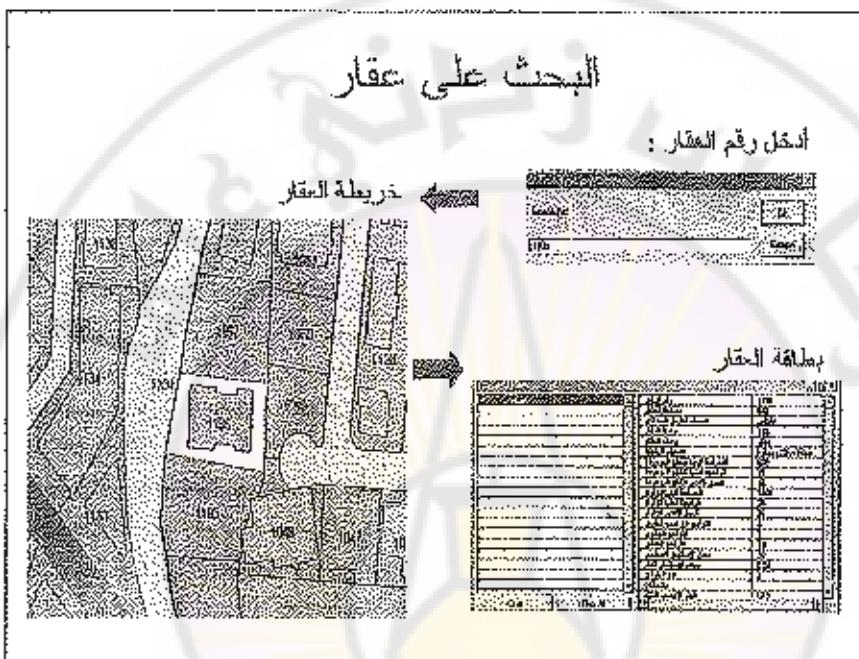
الشكل رقم (153)

١٣-١-كيف يمكن لنظام المعلومات الجغرافي ونظام التموين العالمي خدمة البلديات؟

١٣-١-١-الحصول من مجلل المخططات على مخطط واحد للعقارات الواقعة تحت سلطتها:

بعد دخول المخططات إلى الحاسوب (رقمنة المخططات) فإن النقاط والخطوط والمضلعات الموجودة على هذه المخططات والتي تعبّر عن كائنات جغرافية (أبنية، طرق، عقارات ...) تخزن في الحاسوب بإحداثياتها، لذا يمكن إظهارها بأي مقاييس ذريده، يصبح مفهوم المقاييس محصوراً في أبعاد التقاصيل الظاهرة على الخريطة، وهو ما نسميه دقة التمييز (resolution). فعلى سبيل المثال في خريطة بمقاييس 1/1000 أبعد أصغر عنصر يمكن ملاحظته على

الخريطة هو بالمقاييس  $0.1 \times 0.1$  مسم، وهو عنصر بأبعاد  $100 \times 100 \text{ مم} = 10 \text{ سم}$ . وهذا يعني أننا في هذا المقياس نتعامل مع كائنات جغرافية بأبعاد أكبر من 10 سم.



الشكل رقم (145)

إن هذه المخططات بمقاييس مختلفة إذا ثبتت رقمتها بصورة صحيحة فإنها، نظرياً، تتكامل بعضها مع بعض لتكون مخططاً رقمياً واحداً، ولكن في هذا الواقع لابد من بعض عمليات تقرير عند وصل الخرائط الناتجة عن الأخطاء المختلفة للخرائط.

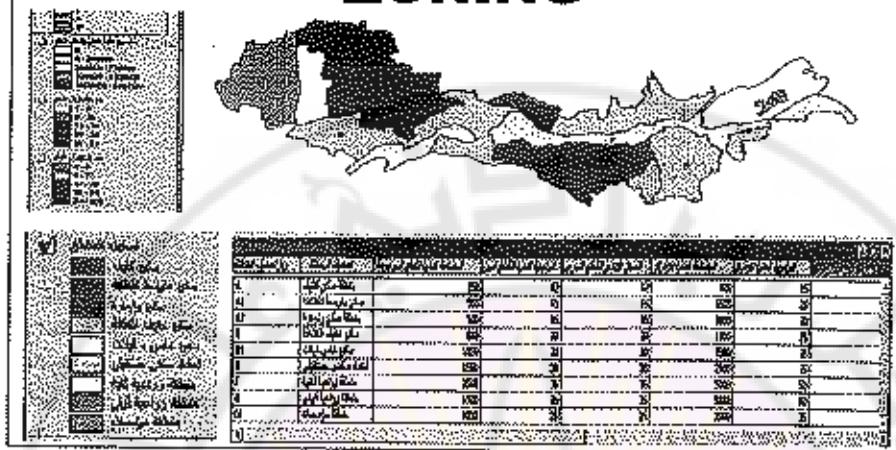
بعد ذلك يتم تحدث هذه المخطوطات برفع العناصر عن الأرض بواسطة GPS، وهي عملية أسرع من العمليات الطبوغرافية التقليدية بنحو عشر مرات.

**13-1-2- إدخال كل المعلومات المتعلقة بالكائنات الجغرافية الواقعة على طبقات الخريطة:**

هنا تكمن قوّة نظام المعلومات الجغرافية، إذ نتمكن من إجراء عمليات بحث أو تحليل على هذه الكائنات.

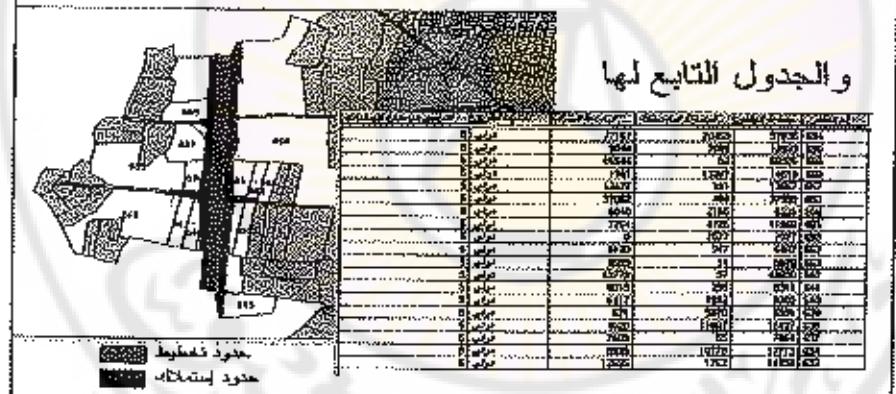
تصنيف المناطق

## ZONING



## العقارات المصابة بـتخطيط طريق

وإيجاد الجدول التالي لها



وتظهر فيه المساحات الأساسية والمستملكة والمتباعدة

الشكل رقم (155)

كم من الوقت يُهدى للبحث على عقار ما في الخرائط الورقية المتعددة؟

وإن وجد، فلن يُعرَف من مو اصفياته إلا شكله.

يتيح البرنامج من خلال إدخال رقم العقار إعطاء خريطة له، إضافة إلى بطاقة المعلومات الخاصة به.

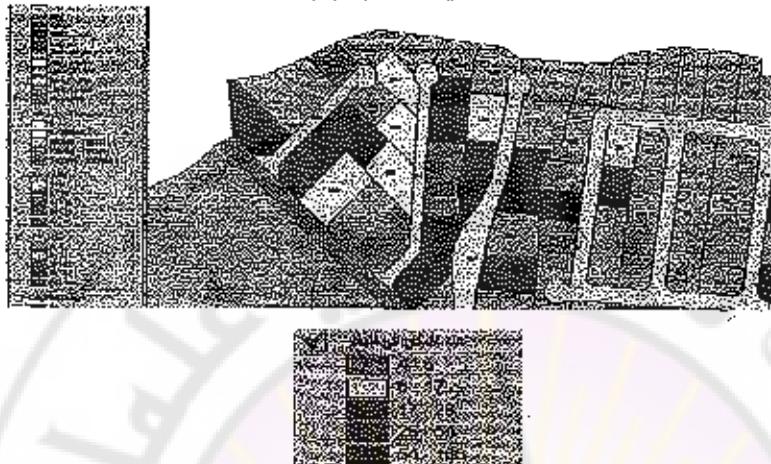
**13-1-3- استخدام نظام المعلومات الجغرافي في التحليل المكاني:**

إذا تم إدخال طبقة استعمالات الأرضي وطبقة خطوط الكونتور وطبقة نظام المياه السطحية (الهيدرولوجيا)، فإن خاصية التحليل المكاني فسي نظام المعلومات الجغرافي تسمح لنا بتجاذب المناطق المناسبة من أجل كل فعالية، مثل الزراعة، التوسيع العمراني، الصناعة .. ومن ثم نستطيع وضع مواصفات كل من هذه المناطق.

**13-1-4- استخدام نظام المعلومات الجغرافي في حساب مساحات الاستصلاح:**  
وهي عملية كلاسيكية في برمجيات GIS لا تحتاج إلى برمجة خاصة.

**13-1-5- نستطيع تصنيف العقارات حسب المعلومات الموجودة ضمنها:**  
وهذه بعض الأمثلة: يمكن للبرنامج إظهار البيانات التابعة لعقارات على الخريطة العقارية؛ مثل عدد السكان، الرسوم المتوجبة، العقارات التي تتضمن أقساماً تجارية، صناعية، سكنية، ....

**العقارات حسب عدد  
السكان المقيمين**



الشكل رقم (156)

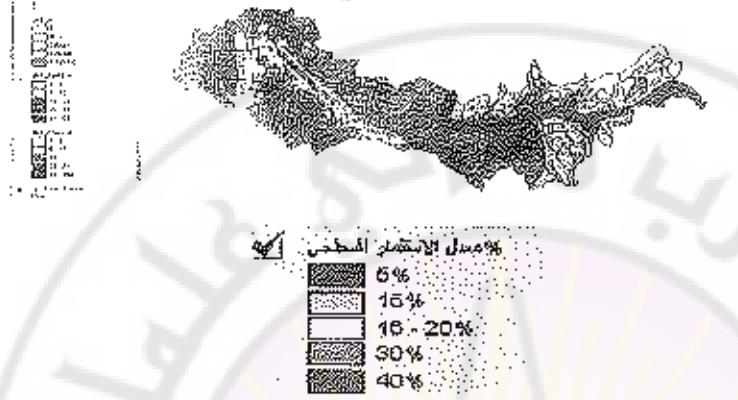
**13-2- مسألة تهم البلدية والمواطنين:**

**الحصول على إفادة تخطيط لعقار ما يتوجب على المواطن القيام**

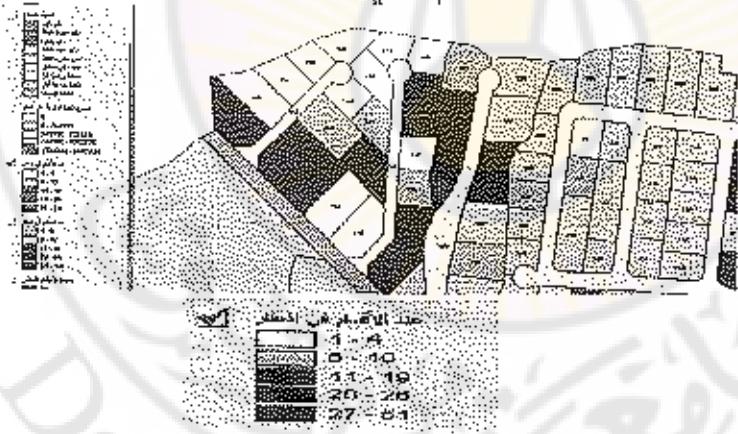
**بالخطوات التالية:**

- الحصول على إفادة حقلية من دائرة العقارية.
- الحصول على خريطة بالعقار من دائرة المساحة.
- الحصول على إيصال تخطيط من البلدية.
- تقديم الطلب إلى دائرة التنظيم المدني ليصار إلى دراسة الطلب وإعطاء الإفادة.

**العقارات حسب معدل الاستهلاك السطحي**



**العقارات حسب عدد الأقسام التي تحويها**



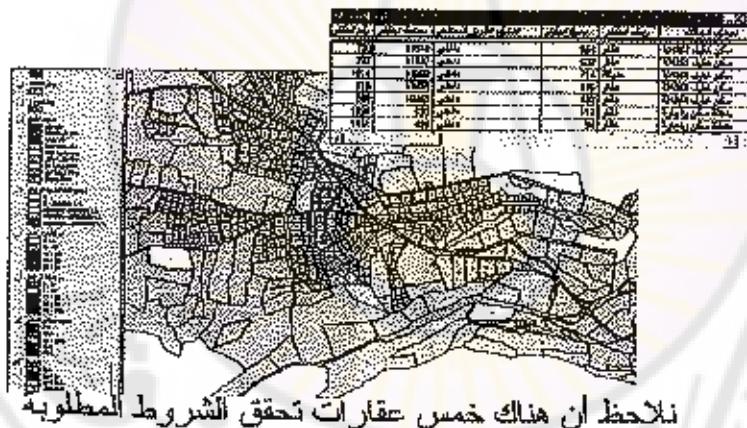
الشكل رقم (157)

العقارات غير المتصلاة بطاريق



نلاحظ أن عدداً كبيراً من العقارات يفتقد إلى  
طريق تؤدي إليه

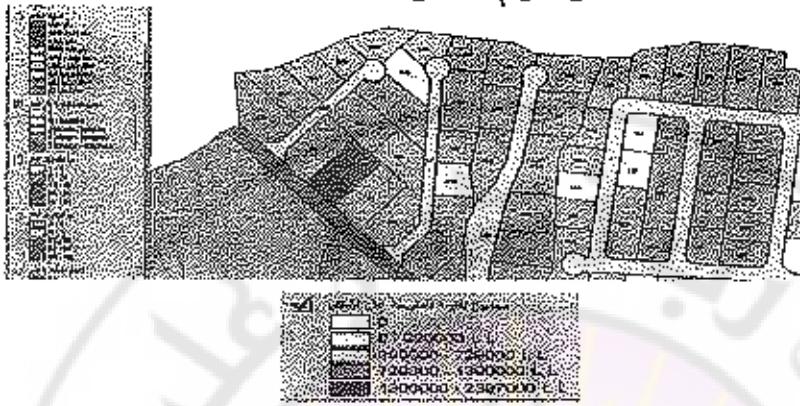
**العقارات المستوفية  
لتشروط بناء المدرسة**



نلاحظ أن هناك خمس عقارات تحقق الشروط المطلوبة

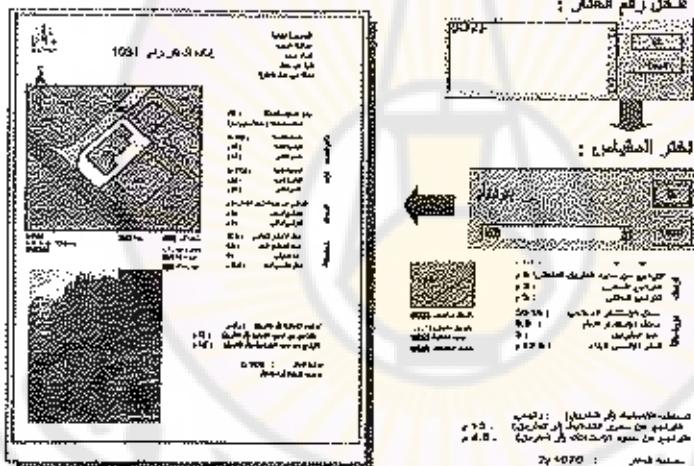
الشكل رقم (158)

**العقارات حسب قيمة  
الرسوم المتوجبة عليها**

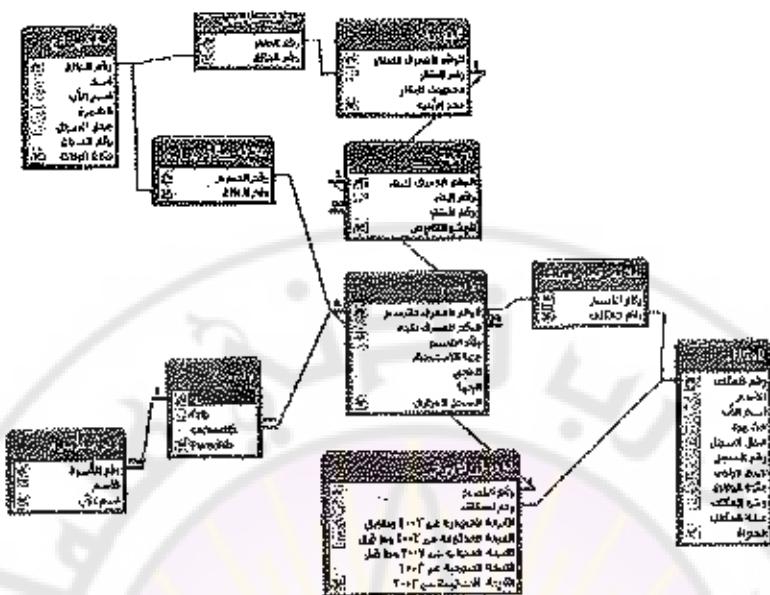


**الحصول على إفادة تخطيط لعقار (من خلال برنامج)**

لدخل رقم العقار :



**(١٥٩) الشكل رقم**



الشكل رقم (160)



الشكل رقم (161)

إن إفادة التخطيط هذه - والتي يهدر المواطن أياماً وجهداً للحصول عليها - يمكن الحصول عليها من خلال هذا البرنامج في بعض لحظات من خلال إدخال رقم العقار المطلوب فقط.

يمكن للبرنامج الإجابة عن نساؤلات غير متناهية عند البحث عن عقار معين له مواصفات وشروط، كما سنرى في الأمثلة الآتية:  
تنوي البلدية تأمين طرقات لجميع العقارات ضمن النطاق البلدي. فما هي العقارات غير المتصلة بطريق؟

تنوي البلدية إنشاء مدرسة على عقار له الميزات التالية:

- مساحته تتراوح بين 10000 و 15000 م<sup>2</sup>.
- يقع ضمن المنطقة المصنفة "سكن خفيف الكثافة".
- متصل بطريق داخلي.

تحتاج البلديات إلى أعمال معلوماتية بحثية، لذا تم إنشاء قاعدة بيانات بسيطة تبدأ من العقار، ثم الأبنية الموجودة عليه، ثم الشقق السكنية الموجودة في هذه الأبنية وعلاقتها مع المالكين والمكلفين والقاطنين.

بذلك يمكن الحصول على تقارير مفصلة لـ:

- كشف بالرسوم المتوجبة على الأقسام الكائنة في عقار ما عن طريق إدخال رقم العقار.
- كشف بالرسوم المتوجبة على أحد الأشخاص المكلفين عن طريق إدخال اسمه الثلاثي.
- كشف ملكية أحد المكلفين عن طريق إدخال اسمه الثلاثي.

- إفاده بمحتويات الأقسام في العقار.



الشكل رقم (162)



## المصطلحات

Absolute location	موقع المطلق
Adjustment	أرصاد التعديل
Adjustment of triangulation network	تعديل شبكة المثلثات
Alignment curve	المنحنى التخطيطي
altitude	ارتفاع
Ancient civilization charts	خرائط الحضارات القديمة
area	مساحة
astronomical latitude	زاوية العرض الفلكية
astronomical longitude	زاوية الطول الفلكية
Atmospheric pressure	ضغط جوي
Average and area	مساحة القاعدين
Braced quadrilateral	رباعي مرصود القطران
bubble	فقاعة
calculation	حساب
Center line	خط المركز
Chain	سلسلة
Check	تحقيق
Circular curve	منحنى دائري
Class	صنف
closed loop traverse	مختلع مغلق
coast	ذكفة

شيفرة	code
المنحنى الدافري المركب	compound circular curve
خط الشرط	condition line
القياسات الشرطية	conditional measurements
بساطات تشابهية	conformal projection
إسقاط مخروطي	conical projection
محيط مربوط	connecting traverse
منحنى التسوية	contour curve
تباعد بين منحنيات التسوية	contour interval
قسم التحكم	control segment
المبدأ الاصلاحي العالمي	conventional international origin
تحويل	conversion
منحنى محدب	convex
طريقة الإحداثيات	coordinate method
تصحيح	correction
قطع نقص	ellipse
الشكل الأهليلجي	elliptical shape
مصادر الأخطاء	error sources
زوجي	even
جفرية	excavation
توقع	expectation
ردم	fill
الاختلافات المركزي الأول	first eccentricity

flattening	التفاطح
focal length	البعد المحرفي
gaussian distribution	توزيع غاوس
geocentric latitude	زاوية العرض المركبة
geodetic coordinates system	نظام الإحداثيات الجيوديزية
geodetic latitude	زاوية العرض الجيوديزية
geodetic line or geodesic	الخط الجيوديزي
geodetic longitude	زاوية الطول الجيوديزية
geodetic or ellipsoidal height	الارتفاع الجيودي
geoidal or orthometric height	الارتفاع الجيودي
geoidal undulation	تموجات الجيوبوند
geometric	هندسية
Global Positioning System GPS	نظام تحديد المواقع العالمي
graphic scale	مقاييس تخطيطي
gratigule	شبكة خطوط الطول والعرض
Grid	شبكة تربيعات
Ground antenna	هوائيات أرضية
Ground surface	سطح الأرض
haul	نقل
height of instrument	ارتفاع الجهاز
height of reflector	ارتفاع العاكس
helmets' projection	بسقاط هلمزت
history of maps	تاريخ الخرائط

horizon	افق
Indirect measurements	القياسات غير المباشرة
Information technology IT	تكنولوجيا المعلومات
Intersection	نقطة انتقاء
Intervisibility	الرؤية
Length	طول
Lens	عدسية
leveling	تصويبية
Linear parameters	العناصر الخطية
Photo grammetry	المساحة التصويرية
Plane surveying	المساحة المستوية
Planet	كوكب
Plumb line or vertical	اتجاه الجاذبية أو خط الشاقول
Polar distance	المسافة القطبية
Polar triangle	المثلث القطبي
Precision	الدقة
Precision code	الشيفرة الدقيقة
Prism tribrach carrier	حامل عاكس
Probable error	خطأ محتمل
Quick measure	قائس السريع
radius	نصف القطر
Random or accidental errors	الأخطاء العرضية أو العشوائية
Rapid static observation	رصد ساكن سريع

Rate	معدل
Ray path	مسار الأشعة
receiver	استقبال
Reference receiver	مستقبل مرجع
Refraction	انكسار
Refractive index of air	معامل الانكسار
Resection	تقويم
Residual error	الخطأ الظاهري أو الرسموي
Reverse circular curve	المتحنى الدافري العكسي
Right angle	زاوية قائمة
Rigorous methods	الطرق الدقيقة
Scale	مقاييس
Scale factor	عامل المقياس
Section	مقطع
Self-reducing Tacheometer	ناكيومتر محول ذاتي
Semi-rigorous methods	الطرق التقريرية
Semi major-axis or equatorial axis	نصف قطرى الاهليلج الكبير
Semi major-axis or polar axis	نصف قطرى الاهليلج الكبير
Single triangles	مثلث بسيط
Spatial distance	المسافة الفراغية
Spherical triangle	المثلث انكروي
Spheroid or ellipsoid	الاهليلج الأرضي
Spirit level	زبقيات



### المراجع الأجنبية:

1. Anderson, J. M., and Edward, M. M. "introduction to surveying", Singapore: McGraw-Hill Book co.1985.
2. Balshakov, V. D., Morkozee U. E. Analysis and adjustment of survey Measurements, Moscow, Nedra, 1984.
3. Bird, R. G., "EDM Traverses: Measurement, Computation and adjustman, 1989.
4. DORNEV. A. E. High geodesy. Moscow, Nedra, 1967.
5. GREGORENKO, A. G., KESELEV, M. E. Engineering Geodesy. Moscow-High school. 1988.
6. Habib, M. "A proposed Conformal Mapping in Syria and development of Software package for transformation problems" PhD thesis, Egypt 2000.
7. Hamoui. H. "Satellite Geodesy", Arab scientific publisher 1998 in Arab.
8. Kennie, T. J. M., and petrie, G., "Engineering surveying Technology" Blackie, London, 1989.
9. Mashemov. M. M. adjustment of Geodesy network Moscow, Nedra, 1979.
10. Mikhail, E. and Anderson, J., "Surveying theory and practice", Mc Graw-Hill, 1988.
11. Paquette, R. J., Norman J. A., and Paul. H. R. "Transportation Engineering-planning and Design, 2 nd, ed, John Wiley and sons, New York, 1982.
12. Sickle, J. "GPS for land surveyors" Ann Arbor Press, Inc. 1996.
13. SELEKANOVECH. V. G. "Geodesy" Moscow, Nedra, 1981.

