

جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية

الصناعي / المساحة

الاول

المؤلفون

أ.م.د. فنار منصور عبد م.د. نزار جابر حبيب

المهندس حميد صكبان جبر م.م. علا هاشم مهدي

المهندسة هديل رعد مهدي

المقدمة

استجابة للتطور العلمي والتكنولوجي السريع والحاصل في جميع مفاصل الحياة وانطلاقاً من مبدأ ضرورة مواكبة هذا التطور عبر عملية تطوير مناهج التعليم المهني باعتباره الركيزة الأساسية لبناء المجتمع التقني والفني، فقد دأبت المديرية العامة للتعليم المهني على تطوير وتحديث المناهج والخطط الدراسية لمختلف الفروع في مدارسها المهنية. وتلبية لحاجة سوق العمل العام والخاص فقد تم استحداث اختصاص المساحة في المدارس المهنية في ظل النهضة العمرانية والمشاريع الاستثمارية المتصاعدة وخصوصاً في مشاريع البنى التحتية والاسكان وحاجة البلد الملحة لتلك المشاريع وما تلعبه الكوادر الفنية في اختصاص المساحة من دور كبير في تسقيط المباني واخذ المناسيب بالتقنيات الحديثة وبالتالي الوصول الى مستوى مشاريع عالية الدقة ومواكبة للتطور العمراني والتكنولوجي وبكلف اقتصادية.

يهدف هذا الكتاب لإغناء طلاب المرحلة الاولى بالمبادئ الأساسية لاختصاص المساحة وفروعه وتطبيقاته. تناولت المحاور الرئيسية لهذا الكتاب المهام الرئيسية للمساح من اخذ القياسات الحقلية وما يتبعه من الاعمال المكتبية بالإضافة الى التعرف على الاجهزة والمعدات المستخدمة في العمل الميداني. تم تقديم مفهوم الخطأ في القياسات وطرق حسابه وتقييم دقة العمل تبعاً بأسلوب مبسط وبلاستعانة بالأمثلة والاشكال التوضيحية التي تساعد على اكتساب المعرفة والمهارات التي يقدمها هذا الكتاب.

تأمل لجنة التأليف ان يسهم هذا الكتاب في دعم العملية التربوية المهنية وترسيخ المهارات اللازمة لأعداد كوادر فنية بصفة مساعد مساح ماهر لغرض زجها في سوق العمل مستقبلاً، ونسأل الله ان نكون قد وفقنا في هذا المجهود العلمي الذي يهدف الى خدمة ابنائنا الطلبة وان يجعل فيه النفع والفائدة. والله ولي التوفيق.

المؤلفون

1443 هـ - 2021 م

الفهرست

رقم الصفحة	العنوان	رقم الفقرة
3	المقدمة	
4	الفهرست	
7	الفصل الأول: مبادئ المساحة Surveying Principals	
8	المساحة	1-1
10	مواقع النقاط	2-1
11	المساحة المستوية	3-1
12	المساحة الجيوديسية	4-1
14	اعمال المساحة	5-1
18	طرق المسح	6-1
19	انواع المساحة	7-1
28	أهمية المساحة في الاعمال الهندسية	8-1
30	الفصل الثاني: تطبيقات المساحة Surveying Applications	
31	تطبيقات المساحة	1-2
41	الفصل الثالث: وحدات القياس Measurement Unites	
42	وحدات القياس وتحولاتها	1-3
46	وحدات المساحة	2-3
49	وحدات الحجم	3-3
50	وحدات النظام العالمي	4-3
51	تحويل الزوايا	5-3
53	تقريب الارقام والقياسات	6-3
58	الفصل الرابع: مقياس الرسم Drawing Scale	
59	مقياس الرسم	1-4
69	حساب المسافة الارضية	2-4
71	مقياس الرسم من خرائط Google	3-4

75	الفصل الخامس: الأجهزة والمعدات المستخدمة في المساحة Surveying Devices & Equipment	
76	مقدمة	1-5
77	شريط القياس	2-5
78	شريط الانفار	3-5
79	الميزان	4-5
84	الثيودولايت	5-5
88	جهاز المسافات الالكتروني	6-5
90	شريط القياس الالكتروني	7-5
91	جهاز المحطة المتكاملة	8-5
93	الكاميرا الرقمية	9-5
97	جهاز المسح الليزري	10-5
102	جهاز نظام التموضع العالمي	11-5
104	جهاز الرادار الارضي	12-5
108	الفصل السادس: القياسات والاختلاف في المساحة Measurements & Errors in Surveying	
109	مقدمة	1-6
110	القياس	2-6
112	الدقة	3-6
113	الاتقان	4-6
115	الاحداثيات	5-6
119	الخريطة	6-6
123	الصورة	7-6
128	التصحيح	8-6
132	الفصل السابع: مصادر الاختلاف Error Sources	
133	مصادر الاختلاف في المساحة	1-7
135	انواع الاختلاف	2-7
137	المعدل	3-7
140	الانحراف	4-7

142	الوزن	5-7
144	الزحف	6-7
144	خط الاقفال	7-7
147	رفض القياسات	8-7
151	الفصل الثامن: العلاقات الهندسية Geometric Relationships	
152	العلاقات الهندسية	1-8
155	القياسات الموزونة	2-8
156	حساب الاخطاء	3-8
159	تثمين القياسات الحقلية	4-8
162	دقة الموقع المحسوب	5-8
165	الفصل التاسع: كفاءة القياسات الحقلية Field Measurements Efficiency	
166	مقدمة	1-9
167	منحني الاخطاء	2-9

مبادئ المساحة

Surveying Principles

الفصل الاول

الاهداف: سيتعرف الطالب بنهاية الفصل على:

- 1 . المفهوم العام للمساحة ونشأتها منذ القدم.
- 2 . انواع المساحة بشكل عام وتفصيلاتها.
- 3 . اعمال المساحة وتدوين الملاحظات الحقلية.
- 4 . تحديد انواع المسح الارضي.
- 5 . انتاج الخرائط (الكارتوگرافي).
- 6 . اهمية المساحة في الاعمال الهندسية.

1-1 المساحة

Surveying

هو علم وفن يبحث في الطرق الرقمية لتمثيل سطح الارض وما يحتويه من معالم طبيعية كالانهار والهضاب والجبال والقارات او معالم صناعية كالمباني والقرى والسكك الحديدية وحدود الدول وغيرها.

ومن خلال علم المساحة يمكن قياس المسافات الافقية والرأسية بين النقاط وقياس الزوايا الافقية والرأسية بين الخطوط والنقاط وتحديد اتجاهها حيث ان الهدف الاساسي لدراسة علم المساحة هو انشاء ورسم الخرائط التي يمكن من خلالها تحديد مواقع الاعمال الهندسية وتخطيطها وتوقيعها ورفعها مثل الجسور والسدود والطرق والمطارات والانشاءات الهامة.

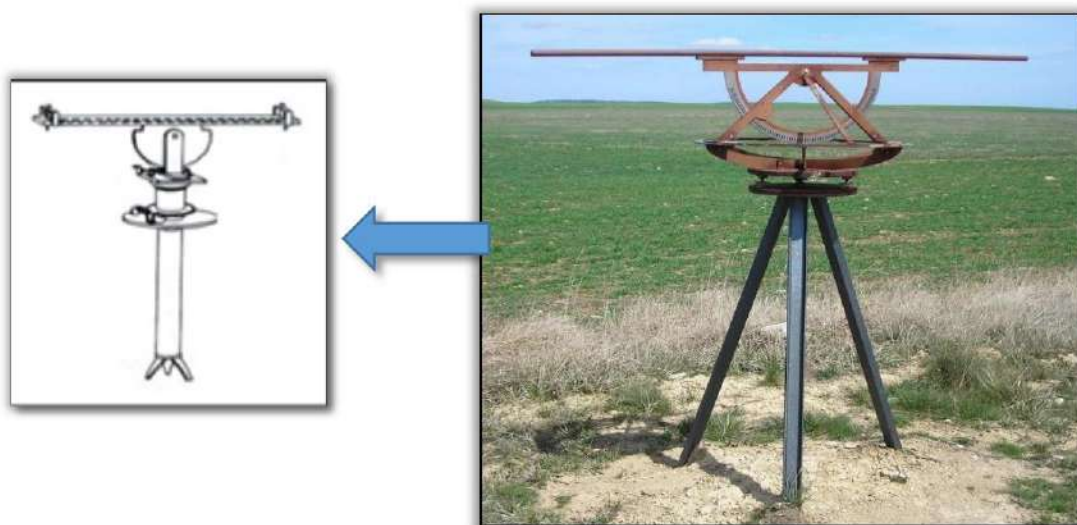
ويمكن ان يكون هذا التمثيل للمعلومات على هيئة خرائط ورقية تقليدية او خرائط رقمية او قواعد بيانات مكانية، لذا يعتبر علم المساحة من اهم العناصر الاساسية في التنمية البشرية منذ القدم، فالتخطيط والتنفيذ لمعظم اشكال البناء يتطلب اجراء عملية مسح للموقع في البداية وذلك يشمل تحديد موقع نقطة او اكثر على سطح الارض وحساب المسافات والزوايا بينها، وعادة ما يكون الغرض من تحديد هذه النقاط على سطح الارض هو وضع حدود للأماكن او اعداد خرائط المباني او المواقع تحت الارض.

لقد استخدمت العلوم المساحية منذ القدم ولكن لم تذكر اي اشارة تاريخية تبين منشأ علم المساحة بصورة واضحة وذلك لأنه كان مندرج ضمن علم الرياضيات تحت اسم الهندسة (Geometry) وهذا المصطلح المتكون من مقطعين الاول (Geo) ويعني الارض والثاني (metry) يعني القياسات باللغة الاغريقية.

تحديدا في سنة 1800 قبل الميلاد سجل المصريون القدماء استخدام المساحة في تقسيم الاراضي الزراعية حيث يتم استخدامها في تقسيم الاراضي بغية زراعتها واستيفاء الضرائب عليها، حيث كانت بعض القطع الزراعية يغمرها مياه نهر النيل اثناء الفيضانات فتختفي حدودها فكان يعيد المسؤولين العمل المساحي وتحديد حدودها مرة اخرى لإعادتها وارجاعها الى اصحابها.

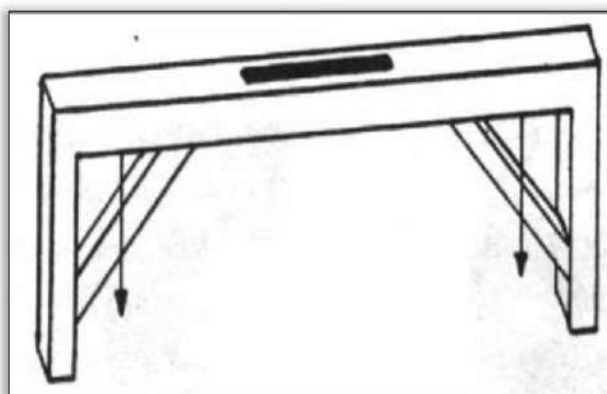
كما ان علماء البابليين قدموا الكثير الى علم المساحة عن طريق الربط بينها وبين الارصاد الفلكية حيث تم تقسيم الدائرة الى 360 درجة تمثل كل درجة مسافة الزاوية التي تقطعها الشمس في اليوم الواحد بين النجوم عندما تسير في مدارها الظاهر حول الارض، كما قسمت الساعة الى 60 دقيقة والدقيقة الى 60 ثانية مما لها الاثر الكبير في تقدم العلوم الطبيعية جميعاً.

وقد أصبح للمساحة في زمن الاغريق تقدماً ملموساً حيث ازدهرت الآلات المختلفة لقياس الزوايا والمناسيب (الارتفاعات) ومنها الالة التي تجمع بين اللوحة المستوية والثيودولايت والميزان والمسمأة دايوبترا (Dioptra) كما الشكل (1-1)، والتي تتكون من لوحة معدنية مستديرة مقسمة الى درجات وتحتوي على مسطرة تدور بصورة مركزية، ويوجد على طرفيها اشبه مايكون بالشعيرة لتثبيت الاتجاه كما ويمكن استخدام مجموعة من العتلات والمسننات لتدوير اللوحة في المستوى الافقي فضلاً عن اي مستوي آخر ضمن حدود المسننات.



شكل (1-1) جهاز الدايبوترا.

ومن الاجهزة الاخرى المهمة التي استخدمت في تعيين تعامد الخطوط وقياس المناسيب هو جهاز كوروبيتس (chorobates) المبين في الشكل (2-1) والذي يتكون من لوحة افقية علق في نهايتها شاقولاً يمر كل منها فوق النقطة (أ) المثبتة في وتر المثلث القائم الزاوية الموجود نهاية اللوحة، وفي هذه الحالة فقط تأخذ اللوحة وضعاً مستوياً واي انحراف عن المستوي بخط الشاقول عن تلك النقطة يكون السطح مائلاً ، ويمكن اعتبار هذا الجهاز (جهاز موازنة (Level) ذاتي) مماثل في تركيبه للأجهزة الحديثة التي تعتمد على الجذب الارضي في تعيين المنسوب .



الشكل (2-1) جهاز الكوروبيتس (chorobates).

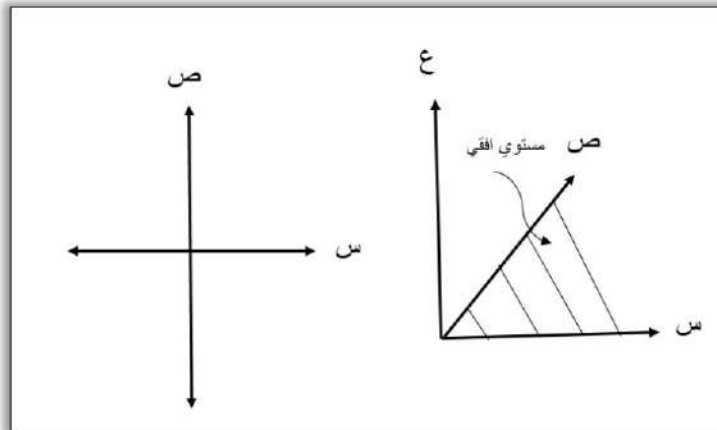
وقد أصبح علم المساحة أكثر تطوراً وتكاملاً مع تطور اجهزة القياس المستعملة والتي تعد من ثورة التكنولوجيا الحديثة، خاصة في القرن العشرين حيث ظهرت المساحة الجوية وتطورت اجهزة المساحة بشكل مذهل وتحولت الى اجهزة الكترونية عن طريق وسائل الحساب الآلي عن طريق الحاسبة الالكترونية، والاستفادة من صور الاقمار الصناعية وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.

2-1 مواقع النقاط

Points' Locations

تعتمد أعمال المسح الأرضي على نقاط الضبط الأرضية والتي يجري تثبيتها في محيط المنطقة المراد مسحها وذلك في هيئة مضلع مغلق ليسهل ضبطه والتحقق من نقاطه، وعادة يتألف المضلع من عدة نقاط لا تقل عن خمس نقاط موزعة بشكل هندسي بشكل يسمح بتبادل الرؤية بين النقاط المتجاورة وان تكون قريبة من التفاصيل المطلوب رفعها، كما يفضل ان تكون اضلاع المضلع متساوية الطول تقريباً او متماثلة وزواياه غير حادة جداً ولا منفرجة بل تكون أقرب الى القائمة وتستخدم في تحديد هذه النقاط اجهزة مساحية متعددة ومتنوعة الدقة.

تنقسم أعمال المساحة أساساً إلى ثلاث قياسات رئيسية هي: قياس المسافات، وقياس الاتجاهات، وقياس الارتفاعات لتحديد موقع اية نقطة على سطح الأرض، وهذا يعتبر من الأعمال المساحية الأساسية، حيث لابد من تحديد الإحداثيات الثلاث (س، ص، ع) لهذه النقاط وكما موضح في الشكل (3-1)، حيث يمثل الموقع الأفقي (س، ص) للنقطة بعد النقطة أفقياً عن نقطة مقارنة معينة، بينما يمثل البعد الرأسي الارتفاع (ع) لتلك النقطة وعادة يتم تمثيل الارتفاع بموقع معين فوق او تحت مستوى سطح البحر. كذلك فإنه لغرض تحديد أي خط على سطح الأرض أو قريباً منه علينا تحديد اتجاه هذا الخط بالنسبة لخط مقارنة معين بالإضافة إلى تحديد موقع النقطة نسبة الى ذلك الخط.



الشكل (3-1) نظام الاحداثيات المستوية واتجاه المحاور الافقية.

لذا فان عملية تحديد مواقع (الاحداثيات الافقية او الرأسية) لنقاط معينة في منشأ او عمل خريطة للمنشأ تسمى عملية مسح المنشأ.

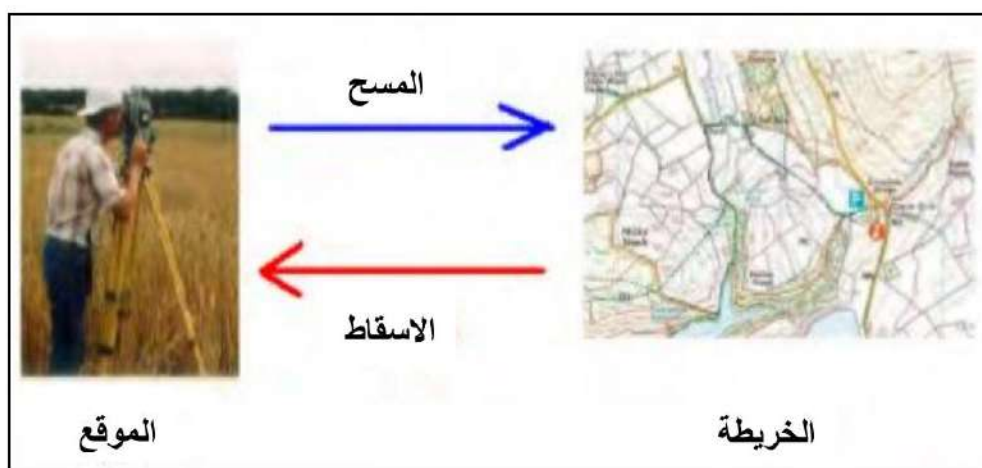
وهذه العملية تتم على مراحل وهي:

- 1 - اخذ القياسات (الرصدات) المطلوبة.
- 2 - اجراء الحسابات اللازمة لتلك القياسات للحصول على المعلومات النهائية.
- 3- تمثيل تلك المعلومات النهائية اما على شكل معلومات رقمية في تقارير فنية او على شكل معلومات ترسيمية (خريطة).

اما عملية تعيين (تثبيت) مواقع نقاط معينة في منشأ على الطبيعة (الارض) او اسقاط (تثبيت) خريطة المنشأ على الطبيعة (الارض) تسمى عملية اسقاط المنشأ، لذا فان مراحل اعمال المساحة لاسقاط منشأ هي عكس مراحل اعمال المساحة لمسح اي منشأ وتكون بالشكل التالي:

1. توفر المعلومات الاساسية الرقمية او الترسيمية.
2. اجراء الحسابات اللازمة لتحويل تلك المعلومات الى القياسات المطلوبة.
3. اخذ القياسات المطلوبة لتثبيت (اسقاط) نقاط معينة في المنشأ او اسقاط خريطة المنشأ على الطبيعة (الارض).

مما ورد في اعلاه نلاحظ ان عملية البدء بأجراء اعمال المسح او الاسقاط لأي منشأ اثناء العمل المساحي وكما موضحة في الشكل (1-4) يجب ان تبدأ اولاً باجراء استطلاع موقعي للتأكد من وجود نقاط السيطرة control points بالقرب من المنشأ المراد مسحه او الموقع المراد اسقاط المنشأ فيه، وبخلاف ذلك يجب اجراء الخطوة الاولى المتمثلة في عمل نظام السيطرة ومن ثم اعتماداً على مواقع هذه النقاط يتم اجراء الخطوة الثانية المتمثلة بعملية مسح المنشأ او اسقاط المنشأ.



الشكل (1-4) اقسام العمل المساحي.

Plane Surveying

3-1 المساحة المستوية

هي المساحة التي تختص باعمال المساحة لسطح الارض باعتباره مستوياً ويهمل تأثير كروية الارض في المساحات الصغيرة وتكون جميع الابعاد المقاسة على الارض افقية، اما اذا كانت الابعاد المراد قياسها على المنحدرات المائلة فيؤخذ بنظر الاعتبار المساقط الافقية لتلك القياسات ويجب توخي الدقة في هذه القياسات وحسب الملاحظات التالية:

1. اتجاه جاذبية الارض يكون عمودياً على المسقط الافقي للسطح المستوي وفي هذه الحالة يكون خط الشاقول في نقطة ما يوازي خط الشاقول في اي نقطة اخرى على السطح المستوي.
2. اقصى خط بين نقطتين على سطح الارض هو الخط المستقيم وليس الخط المنحني وتكون زاوية التقاطع بين خطين مستقيمين هي زاوية مستوية وليست زاوية كروية.
3. تكون خطوط الطول التي تمر خلال اي نقطتين متوازية.

تشمل المساحة المستوية تطبيقات علم المساحة على سطح الارض من خلال اخذ القياسات من السطح مباشرة كما في استعمال شريط القياس او من خلال اجهزة موضوعة على الارض كما في جهاز الميزان ، الثيودولايت (جهاز قياس الزوايا) او Total station (جهاز المحطة المتكاملة) وغيرها ، وتستعمل المساحة المستوية في الاعمال الانشائية والهندسية مثل المنشآت الهندسية والطرق والسكك الحديدية والمنشآت الاخرى كما في الشكل (1-5).



الشكل (1-5) تطبيقات واجهزة المساحة المستوية.

Geodetic Surveying

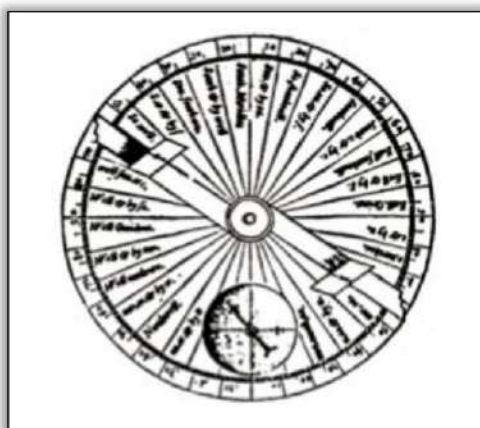
1-4 المساحة الجيوديسية

هي المساحة التي تبحث في رسم وتمثيل سطح الارض على اساس الشكل الحقيقي للارض، اذ تؤخذ كروية الارض بنظر الاعتبار وتعتمد في عمل الخرائط الدقيقة للمساحات الشاسعة، وكلمة الجيوديسيا Geodesy هي كلمة لاتينية مكونة من مقطعين Geo بمعنى الارض و desy بمعنى القياس ورسم الخرائط، وبالتالي فإن الترجمة الحرفية لمصطلح "جيوديسيا" هي علم القياس ورسم الخرائط لسطح الأرض الطبيعية.

وهذا النوع من المساحة يتطلب وقت وجهد كبيرين لذا يتم تطبيقه في العمليات التي تحتاج دقة عالية لتعيين مواقع النقاط على سطح الارض مما يؤدي الى ظهور تأثير كروية الارض في القياسات عند اسقاط الخرائط والقياسات الجيوديسية على المستويات الافقية ويتم استخدام اجهزة هندسية خاصة ودقيقة لهذا الغرض وتكون مواقع هذه النقاط على سطح الارض مرتبطة بخطوط الطول والعرض وهذه النقاط تربط جميع عمليات المساحة المستوية لذا تعتبر المساحة الجيوديسية هي اساس المساحة المستوية.

ومن اشهر التجارب المساحية في المساحة الجيوديسية ما قام به العالم الاغريقي اراتوستينس Eratosthenes في عام 2000 قبل الميلاد تقريباً في مدينة الاسكندرية بمحاولة حساب محيط الكرة الارضية والتي كانت بداية علم المساحة الجيوديسية، تلا ذلك ابتكار علماء اليونان والرومان لعدد من اجهزة المساحة لعمل التوجيه والتسوية ويعتبر العالم اليوناني هيرون Heron في عام 120 قبل الميلاد العالم الرائد الاول في علم المساحة والذي حولها الى علم متخصص يحتاج للدراسة والتدريب .

أضاف علماء المسلمين إضافات علمية قوية لعلم المساحة فقد ابتكروا أجهزة قياس الزوايا والتوجيه مثل جهاز الاسطرلاب والأجهزة الدقيقة للتسوية كما في الشكل (1-6)، كما برعوا في بناء أسس علم الرياضيات التي يقوم عليها علم المساحة، حيث يعتبر العالم الكبير الخوارزمي أول من أنشأ خريطة دقيقة للعالم عرفت باسم خريطة المأمون.



الشكل (1-6) جهاز الاسطرلاب لقياس الزوايا.

مع بداية القرن الثامن عشر الميلادي بدأ إنشاء شبكات الثوابت الأرضية في أوروبا بهدف إقامة العلامات المساحية التي تسمح بالتحديد الدقيق للمواقع لكل دولة، حيث يصنف علم الجيوديسيا في قائمة علوم الأرض إذ يتعلق بعدة أنواع من القياسات، وبما أن سطح الأرض يتكون من الماء و اليابسة فأن الجيوديسيا تهتم بالقياس على سطح الأرض اليابسة و في أعماق البحار و المحيطات، كما يصنف بعض العلماء علم المساحة على أنه التطبيق العملي لعلم الجيوديسيا لتحديد المواقع (الاحداثيات) اللازمة لإنشاء الخرائط، الا ان دور الجيوديسيا لا ينحصر في إنشاء الخرائط فقط، حيث تستخدم الجيوديسيا في العديد من المجالات ومنها:

- 1 . **الملاحة الجوية والبحرية:** تعتمد الطائرات والسفن على الإحداثيات الجيوديسية للوصول إلى الهدف طبقاً لخط السير المحدد، وتحديد معدلات ارتفاع سطح البحر لتجنب غرق المناطق الساحلية.
- 2 . **التخطيط العمراني:** تساعد الجيوديسيا في تعيين الإحداثيات اللازمة لأعمال التخطيط العمراني والبحث عن المصادر والثروات الطبيعية.
- 3 . **تعيين الحدود:** تلعب الجيوديسيا الدور الأساسي في تحديد وتوثيق إحداثيات العلامات الحدودية بين الدول أو الحدود الإدارية بين المحافظات داخل الدولة.
- 4 . **دراسة تحركات القشرة الأرضية:** يستخدم الأرصاد الجيوديسية المتكرر في الحصول على قيم دقيقة لتحركات القشرة الأرضية في المناطق غير المستقرة ديناميكياً (مناطق الفوالق تحت سطح الأرض المسببة للزلازل) وخاصة حول المنشآت الهندسية الضخمة كالسدود والخزانات.
- 5 . **علوم الفضاء:** تحديد إحداثيات محطات إطلاق المركبات الفضائية وكذلك إحداثيات الأقمار الصناعية في الفضاء طبقاً لمدارها المحدد .

1-5 اعمال المساحة

Surveying Works

يقصد باعمال المساحة هي الاعمال المناطة بالفريق المساحي المكلف للعمل في المشروع الهندسي. حيث يمكن تقسيم أبرز الاعمال الأساسية للفريق المساحي الى اعمال الرفع المساحي واعمال التسقيط المساحي. ان عملية البدء من موقع العمل بتجميع القياسات للمسافات والاتجاهات للأهداف المرصودة والتي عادة ما تكون معالم طبيعية او اصطناعية، تمثل الرفع المساحي. ان اجراء القياسات الحقلية في اعمال الرفع المساحي تكون متبوعة بأعمال مكتبية تتضمن تحليل ودراسة هذه القياسات واجراء الحسابات اللازمة لغرض التحقق من دقة وكفاءة القياسات الحقلية. تنتهي اعمال الرفع بترجمة القياسات بشكل بيانات (احداثيات) او رسومات (خرائط). أي ان ما يميز عملية الرفع المساحي هو البدء من العمل الحقلية والانتهاء بالعمل المكتبي أي البدء بأجراء القياسات والانتهاء بالحصول على الاحداثيات او انتاج الخرائط وتقارير جودة القياسات.

على خلاف ذلك، فان اعمال التسقيط المساحي تتضمن نقل المعلومات من الخرائط الى موقع العمل وذلك بأسقاط قياسات المسافات والزوايا المحسوبة بمقياس رسم معين للحصول على التفاصيل المطلوب تنفيذها في الموقع. ان خطة تنفيذ أي مشروع انشائي جديد تتضمن اعمال التسقيط المساحي لتفاصيل المنشآت المطلوب تشييدها وهذا ما يكسب اعمال التسقيط أهمية وشيوعاً أكثر من اعمال الرفع في المشاريع الهندسية عموماً.

مما تقدم يتضح ان اعمال المساحة سواء كانت رفع او تسقيط تتطلب ان تمر بعدة مراحل تتكامل مع بعضها لتحقيق الغرض الأساسي منها. ولذا من المهم التعرف على هذه المراحل وكما موضح في الفقرات التالية :

1-5-1 الاعمال الحقلية

Field Works

يتعين قبل البدء بالاعمال الحقلية تحديد الهدف الرئيسي ودراسة النتيجة من هذه الاعمال ويتوجب جمع البيانات والمعلومات المتاحة وتقارير العمل السابقة وتعيين نقاط الضبط الارضية وكذلك الخرائط والصور الجوية والفضائية عن منطقة العمل والتأكد منها، والقيام باستطلاع ميداني للوقوف على طبيعة الموقع ووضع تصور او خطة عمل لكيفية تنظيم العمل وتحديد المدة اللازمة لذلك، مع مراعاة الاحتياجات الفعلية من العاملين والاجهزة التي تتطلبها عملية المسح وكما موضح في الشكل (1-7).

ان عملية جمع المعلومات ستساعد في الاختيار المناسب لنقاط الربط والمضلعات الرئيسية والفرعية التي يتم الاعتماد عليها في رفع التفاصيل بشكل دقيق، وتمثل جميع اعمال القياس التي تتم على سطح الارض وتؤخذ فيها القياسات من السطح مباشرة باستعمال اجهزة قد تكون بسيطة او متقدمة، وتدون في دفتر الحقل ويجب ان لا تترك اي معلومة في ذاكرة المساح اذ تدون جميع هذه المعلومات بقلم رصاص وترسم المخططات المبسطة في الدفتر الحقلية علماً انه لايجوز استخدام המחاة مطلقاً فان كتب شيء مغلوط يشطب عليه بخط خفيف وتكتب القيمة الجديدة فوقه وذلك لعدة اسباب منها :

أ) في بعض الاحيان يمكن تعيين بعض الاخطاء عند الرجوع الى الارقام والمعلومات المهمة.

(ب) في حالة حدوث مشاكل بسبب حدود الملكية يمكن اللجوء الى دفتر الحقل واعتباره كدليل في المحاكم ولايقبل الدفتر إذا كان فيه اي اثر للمسح او اي معلومات غير مفهومة بسبب تكرار الكتابة فوق بعضها البعض.

(ج) يمكن تجنب بعض الاخطاء المتماثلة عند مراجعة الدفتر والاطلاع على نوع الاخطاء المدرجة فيه والمشطوبة منه.

وهناك عدد من الطرق يتم اعتمادها لغرض تحديد مساحة قطعة الارض المطلوبة من القياسات الحقلية اعتمادا على طبيعة حدود قطعة الارض إذا كانت عبارة عن خطوط مستقيمة او متموجة ومن هذه الطرق:

- 1 - تقسيم قطعة الارض الى اشكال هندسية بسيطة (مثلث، مستطيل، شبه منحرف).
- 2 - اقامة الاعمدة (offset) من الحدود المتموجة على خط مستقيم.
- 3 - استعمال طريقة الاحداثيات coordinates method في حساب بعض المواقع المجهولة.



الشكل (7-1) بعض الاعمال الحقلية في العمل المساحي .

Field Notes

1-1-5-1 الملاحظات الحقلية

من الضروري عندما يكلف المساح او المهندس باعمال المسح أو الرفع لمنطقة معينة وعمل خريطة لها ، زيارة موقع العمل اولاً لتكوين فكرة شاملة عنه، والتعرف على حدوده وموقعه الجغرافي بالنسبة للمنشآت الأخرى. حيث ان هذا يساعد في تحديد مواقع النقاط بصورة صحيحة لتشكل المضلعات والتغلب على الصعوبات التي تواجه العمل الحقلية قبل البدء فيه، مثل توفير وسائل النقل والعمال وامكن السكن وتحديد الفترة الزمنية اللازمة للقيام بالعمل وتحديد الكلفة الكلية.

علاوة على ذلك، يجب مراعاة رسم مخطط عام (مرتسم) للمنطقة المراد مسحها يوضح فيه حدود المنطقة والتفاصيل وتسمية وترقيم المحطات، ويعتمد على صحة تقدير المسافات والزوايا بدرجة كافية من الدقة مع بيان ما يحتاج من اختيار مواقع وابعاد النقاط التي سوف تشكل الهيكل العام للمنشأ الذي ستؤخذ عليه نقاط الحدود والمعالم الداخلية للمنطقة ويكون على شكل مثلثات لان المثلث يسهل تعيينه بمعلومية اطوال اضلاعه الثلاث فقط وعند اختيار النقاط يجب الاخذ بنظر الاعتبار سهولة تبادل الرؤيا وامكانية القياس المباشر بينها ويجب ان تكون بعيدة عن مناطق حركة المرور خوفاً من قلعها وتسهيل عملية العثور عليها عند الرغبة في استعمالها وان تقاس المسافات بين نقاط المضلع مرتين ذهاباً واياباً

ويحسب معدل القراءتين ويفضل ان تكون الخطوط اقل مايمكن وفي اماكن منبسطة يسهل عملية قياس المسافات للحصول على دقة جيدة بجهد بسيط .

كما يفضل ان تكون الخطوط المقاسة أقرب مايمكن الى تفاصيل المنشأ وحدود المنطقة المراد مسحها وذلك لتقليل اطوال الاعمدة على خط السلسلة، وتثبت مواقع النقاط باوتاد من الخشب او الحديد وتعطى النقاط رموز بالحروف والارقام وتكون بارزة فوق الارض قليلاً ليتمكن تمييزها.

Methods of Data Recording

2-1-5-1 طرائق تسجيل المعلومات

إن طرق تدوين الأرصاد المساحية كثيرة ومتعددة، وأولى الخطوات التي يتبناها المساح هي تدوين الكثير من القياسات والملاحظات في دفتر الحقل عند إجراء العمليات المساحية. وفائدة دفتر الحقل تكمن خصوصاً عند رسم المعالم والتفاصيل، أو عند إجراء الحسابات المساحية المطلوبة ويعتبر دفتر الحقل بمثابة وثيقة هامة يعتمد عليها، لذا فان من المتطلبات الأساسية للتدوين الجيد ملاحظة مايلي:

1 - **دقة المعلومات (Data Accuracy):** يعتبر التدوين السليم والدقيق والواضح للأرصاد المساحي من الأمور الضرورية فلا فائدة من القياسات وما يتبناها من حسابات ورسومات إذا لم تكن دقيقة وممثلة لواقع الحال. إن درجة ضبط القياسات تتبع نوع وهدف وطبيعة المشروع وبالتالي يجب أن يكون المساح القائم على العمل الميداني على علم مسبق بمتطلبات الدقة.

2 - **شمولية المعلومات (Data Integrity):** من الضروري التحقق من اكمال المعلومات اللازمة في كل يوم من العمل الميداني قبل مغادرة الموقع، اذ ان ذلك يساعد في تسلسل العمل من يوم الى اخر بدقة وعدم اضاءة للوقت.

3 - **ترتيب المعلومات (Data Arrangement):** ان اعداد الجداول وترتيبها وتسلسل عناوينها من الضروريات في العمل المساحي وينصح ان يتم الاعداد المسبق لكل عمل ميداني من حيث طرق القياس وطريقة تمثيلها وتوزيع مهام العمل على افراد فريق العمل الميداني.

وفي جميع الاحوال يجب مراعاة ان تكون المعلومات سهلة القراءة والفهم لانه غالباً مايكون الفريق المكتبي (القائمون على الحسابات وعمليات الترسيم) غير العاملين في الفريق الميداني، اذ ان هناك عدة طرق للتدوين عامة تساعد في تدوين الأرصاد بشكل واضح وهي:

1 - **الكتابة الوصفية (Description):** وفيها يعتمد المساح على الأسلوب الوصفي لما تم عمله، ويمكن استخدامها عند رفع الأراضي العامة، وهذا الأسلوب في التدوين ربما يكون معقداً وطويلاً مما يجعل الحصول على القياسات صعباً، واللجوء إلى استخدام الرسم والجدولة المناسبة للقياسات يساهم كثيراً في تبسيط الأرصاد وجعل الأعمال الحقلية واضحة.

2 - **تسجيل الأرصادات في جداول (Tables):** وتستخدم هذه الطريقة في أغلب عمليات التسوية عندما تكون الأرصادات المساحية كثيرة وصعبة التدوين على الرسم حيث تدون في جداول مناسبة ويلزم الحرص عند التدوين الحي والالتزام بتنشيت مكان القياسات ومواقعها بين النقاط المرصودة.

3 - **تسجيل الأرصاد باستخدام الرسم والجداول :** تستخدم هذه الطريقة في عمليات المسح الشاملة.

3-1-5-1 تنظيم دفتر الحقل

Field Notebook Organization

دفتر الحقل يعكس طبيعة المهندس او المساح وسيطرته على العمل، لذا يتطلب عند تسجيل الملاحظات ان ينظم الدفتر بصورة دقيقة ووفق المعايير التالية:

- 1 - تترك ثلاث او أربع صفحات في مقدمة الدفتر لتسجيل المحتويات (الفهرس) والتي تملأ بصورة تدريجية، ويكتب العنوان بحبر جيد وواضح على الغلاف الخارجي والصفحة الداخلية الاولى لدفتر الحقل ويدون ايضا اسم رئيس الفرقة او صاحب العمل وعنوانه والأجهزة المستخدمة. أما ذكر اسماء أعضاء الفريق ومهام كل عضو منهم فيساعد عند الحاجة إلى الاستفسار أو المناقشة للأرصادات المدونة اعتماداً على الدقة وجودة الخط وحسن الوصف وجمال المخطط وسلاسة الأسلوب وسلامة اللغة واصالة المعلومات وكما في الشكل (8-1).
- 2 - يجب ترقيم جميع صفحات الدفتر حتى لا يتمكن من تمزيق بعض اوراقه من غير التعرف على هذا النقص، وبذلك لا يمكن الاحتفاظ بهذا الدفتر كوثيقة اوسجل رسمي وتجنب استعمال قصاصات الورق او اوراق مبعثرة لتدوين اي معلومة مساحية، ويكتب تاريخ ووقت ابتداء العمل ووقت الانتهاء وغرض العمل المساحي. ان هذه المعلومات تفيد في ربط الارصادات والحكم على مردود العمل وسرعة ودقة الانجاز.
- 3 - تكتب في اعلى الجهة اليسرى من الصفحة تاريخ العمل والحالة الجوية اثناء العمل اذ يدون الطقس بكافة تفاصيله من حيث سرعة الرياح، درجة الحرارة، المطر، يوم مشمس، يوم ضبابي، معتدل البرودة او غائم فتسجيل تلك المعلومات تفيد كثيراً في الحكم على دقة العمل وتفسير وتصحيح الأخطاء الناتجة من الطقس ومدى الاعتماد عليها.
- 4 - يكتب عنوان العمل بحروف كبيرة وواضحة في اعلى الجهة اليمنى ويترك ما تبقى من الاوراق للجدول والارقام الحسابية المأخوذة من الملاحظات الحقلية، بالاضافة الى تدوين نوع او طبيعة العمل كأن نكتب مثلاً قياس المسافة بالخطوة او شريط القياس واطافة رقم كل عمود من اعمدة الجدول.
- 5 - كتابة نوع الجهاز المستخدم اذ ان ذكر نوع الجهاز يفيد في تشخيص وحذف بعض الاخطاء والحكم على نتائج القياسات، اضافة الى الربط بين دقة الجهاز ومقدار الخطأ النهائي وادخال بعض القوانين المتعلقة بتصحيح الزوايا والاضلاع.



الشكل (8-1) تدوين القياسات اثناء العمل المساحي.

Office Works

1-5-2 الاعمال المكتبية

تشمل هذه الاعمال دراسة الدفاتر الحقلية واستخلاص المعلومات منها واجراء ما يتطلب من حسابات عليها، مثل اجراء التصحيحات وحساب الاتجاهات والاحداثيات للنقاط وارتفاعاتها وتدقيقها وموازنة الملاحظات الحقلية ، ثم انزال هذه المعلومات على الخرائط ان كانت من الاعمال الترسيمية ، وتصحيح الاحداثيات وادخالها في سجلاتها الخاصة ان كانت من الاعمال الحسابية. تتم هذه العملية في المكتب ويجب ملاحظة تناسب دقتها مع القياسات المسجلة في الموقع وهناك عدة اعتبارات مهمة في عمليات المسح سواء في الاعمال الحقلية او المكتبية ومنها:

1 - تنظيم العمل: حيث ان لتنظيم العمل اهمية كبيرة ويعتبر من الواجبات الاساسية والاولية قبل المباشرة بأي عمل او مشروع إذ ان العمل المنظم يؤدي الى الانتاج السريع والاختصار في الوقت وتوفير المبالغ المالية.

2 - الامانة والدقة: ان الامانة والدقة في الرصد واخذ القياسات وتدوين النتائج الحقلية بصورة صحيحة لها الاثر الكبير في تصحيح وتقويم العمل، اذ ان المشاريع الهندسية سواء كانت صغيرة ام كبيرة تعتمد بالدرجة الاولى على الخرائط التي تقدم من قبل المهندس او المساح وهنا يجب ان تعطي الخريطة كل مايراد معرفته وبدقة تامة حيث تمثل صورة مصغرة وطبق الاصل للمنطقة التي تمثلها الخريطة بمقياس رسم معين ويتم الاعتماد على التفاصيل الواردة فيها وتمكن اي شخص من ان يحصل على حاجته من معلومات بأقل جهد وأقصر وقت.

Surveying Methods

6-1 طرق المسح

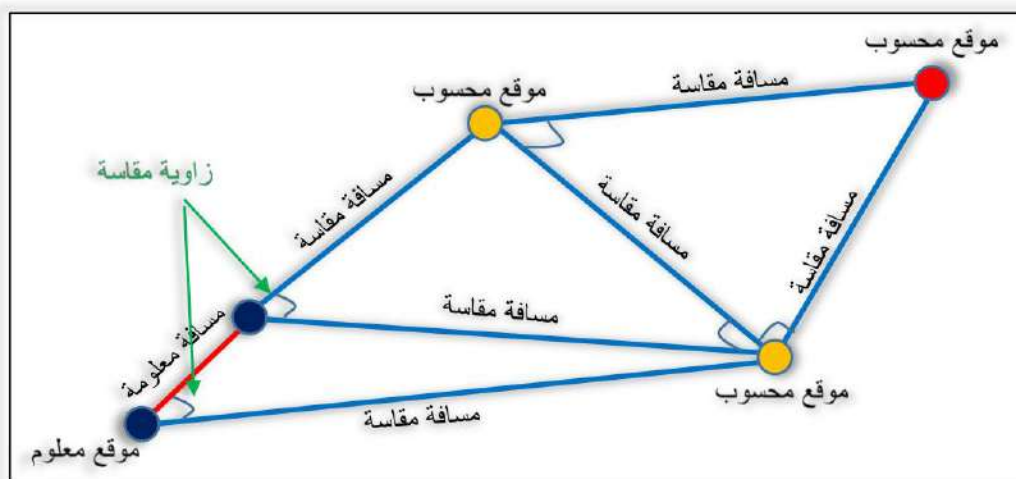
يقصد بطريقة المسح هي الاسلوب والمنهاج المتبع في استخدام وتبني القياسات في الاعمال المساحية ضمن المشروع الهندسي. حيث يوجد عدد من طرق المسح التي يمكن توظيفها باستعمال شبكة من النقاط الموقعية لضبط السيطرة في اعمال المسح للأراضي ذات المساحات الشاسعة لتعيين مواقع نقاط جديدة والتي تستعمل لاحقا كنقاط مرجعية في اسقاط المشاريع الهندسية. حيث تصنف هذه الطرق حسب نوع القياسات المكونة للشبكات إذا كانت قياسات طولية او قياسات زاوية.

في اعمال المسح الارضي ذات المساحات الشاسعة يتم استعمال مواقع سلسلة من النقاط او المحطات في خلق شبكة مترابطة مع بعضها البعض للمساعدة في تعيين مواقع نقاط سيطرة كمرجع جديد لإنشاء شبكة أخرى او لتسقيط موقع مشروع هندسي بدقة، ومن طرق المسح الشائعة:

Triangulation

1-6-1 التثليث

يعتبر المسح بواسطة انشاء شبكة مثلثات مترابطة (تثليث) من الطرق الشائعة في المسح الحقلي والأكثر كفاءة من حيث تقليل عدد القياسات المطلوبة. بهذه الطريقة يتم قياس الزوايا بين اضلاع المثلث المشكل من ثلاث نقاط. تعتمد هذه الطريقة على فرضية: انه لو كانت قياسات طول ضلع، وزاويتين من المثلث معلومة، فان قياس طول الضلعين الاخرين يمكن حسابهما باعتماد الدوال المثلثية. القياسات المحسوبة (طول ضلع مثلث) تستخدم في حساب مسافات المثلث المجاور باعتماد نفس المبدأ، وهكذا، كما في الشكل (1-9) .

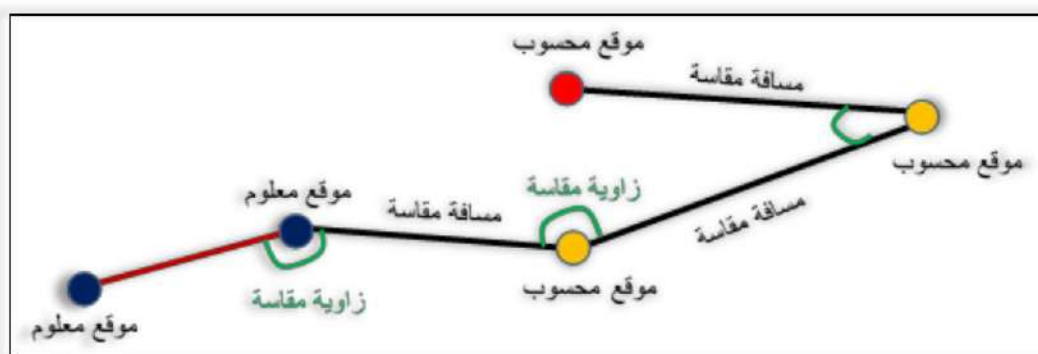


الشكل (9-1) طرق المساحة بشبكات التثليث.

2-6-1 التضليع

Trilateration

في هذه الطريقة يتم التوصيل بين اضلاع مقاس طولها مسبقا عند نقاط او محطات محددة الموقع على طول مسار محدد. في هذه الطريقة يتم قياس الاتجاه والمسافة من نقطة البداية لتحديد موقع نقطة جديدة تستعمل لتعيين موقع نقطة أخرى عبر انشاء المضلعات وهكذا، كما في الشكل (10-1) حيث قد يكون المضلع مفتوح النهاية او مغلق. وتجدر الإشارة الى انه إذا حصل خطأ أثناء القياس او تعيين مواقع النقاط بطريقة المضلعات (التضليع) فانه قد يكون غير واضح ويصعب تحديد مصدره وعليه فانه غالباً ما يتم غلق المضلع بالرجوع لنفس نقطة البداية لتشكيل حلقة، او الانتهاء بنقطة أخرى لكن معلومة الموقع لاغراض التدقيق. حيث ان الفرق بين احداثيات او موقع اخر نقطة وبين موقعها المحسوب يمثل مقدار الخطأ او مقدار دقة المضلع.



الشكل (10-1) طرق المساحة بشبكات التضليع.

7-1 أنواع المساحة

Type of Surveying

تزامناً مع التطور التكنولوجي الحاصل في مختلف العلوم والتخصصات الهندسية والتطبيقية فقد شمل هذا التطور تخصص هندسة المساحة او المساحة التقنية تحديداً لتشهد ثورة تكنولوجية هائلة وخاصة منذ بداية القرن الحادي والعشرين. فبعد تطور تقنيات إطلاق الأقمار الصناعية وابتكار الأجهزة

الرقمية المساحية والروبوتات الذكية أصبحت عملية جمع البيانات كقياس المسافات والزوايا وحساب الاحداثيات اسهل مما كانت عليه بشكل كبير. حيث تعددت تطبيقات علم المساحة لتكون جزء اساسي من هذه العلوم والمشاريع الهندسية. وعليه قد يختلف تصنيف أنواع المساحة حسب الغرض او التطبيق في استعمال البيانات او الخرائط الناتجة من عملية المسح وكالاتي:

(a) أنواع المساحة نسبة الى مرجع القياسات ودقة حساباتها:

1. المساحة المستوية (تقريب سطح الأرض الى شكل مستوي).
2. المساحة الجيوديسية (سطح الأرض الحقيقي).

(b) أنواع المساحة نسبة الى نوع العوارض الارضية المستهدفة من عملية المسح:

1. المسح الأرضي.
2. المسح البحري.
3. المسح الفلكي.

(c) أنواع المساحة نسبة الى الغرض او التطبيق من المسح:

1. المسح الهندسي.
2. المسح العسكري.
3. المسح الجيولوجي.
4. مسح المناجم.

(d) انواع المساحة نسبة الى نوع الأجهزة المستخدمة في عملية القياس:

1. المسح الترسيمي.
2. المسح شبه الترسيمي.
3. المسح الاوتوماتيكي.

وبناء على هذه التصنيفات التي تظهر اختلاف انواع المساحة باختلاف الطرق المتبعة في جمع البيانات والتقنيات الخاصة بكل نوع فقد تم في هذا الفصل تقسيم أنواع المساحة الى اربعة اصناف رئيسية والتي تمثل الاعمدة الرئيسية للتخصصات الدقيقة في هندسة المساحة وكما يلي:

Land Survey

1-7-1 المسح الارضي

يُعنى المسح الارضي بشكل عام بتحديد مواقع وارتفاعات النقاط على سطح الارض وتعيين الاتجاهات وقياس الاطوال والمسافات وتثبيت حدود الاراضي على الطبيعة ونتاج الخرائط التفصيلية بمختلف انواعها، ورفع المعالم الطبيعية وغير الطبيعية كالمباني والطرق والادوية وغيرها لمساحات صغيرة ومحدودة نسبياً كما في الشكل (1-11).

وتختلف هذه التفاصيل المرفوعة بحسب اختلاف الهدف منها فمنها ما هو أساسي في تخطيط الاراضي وتقسيمها ومنها لانشاء المباني ومرافقاتها ومنها ما هو مهم في الاعمال العقارية او غير ذلك من الاعمال المساحية الكثيرة لاغراض التطوير او التسجيل او التقسيم. كما يستند الى هذا النوع من انواع

المسح في تسوية المنازعات حول الاراضي والاعتماد على المساحة الارضية في بناء قواعد البيانات المكانية وتحديثها واعداد الدراسات التخطيطية للمدن ودراسة وتصميم وشق الطرق والشوارع وتحديد مواقعها.

ان المسح الارضي له طرق متعددة ومختلفة في الاسلوب، والمنهج، ولكنها جميعا تدور حول فكرة واحدة، الا وهي ربط المعالم والتفاصيل الموجودة بالطبيعة بمضلعات من نقاط الضبط الارضية وايجاد علاقة بينها تسمح برفع التفاصيل وتمثيلها على الخريطة، وهذه العلاقة اما ان تكون قياس مسافات او زوايا او الاثنين معاً.



الشكل (11-1) مسح قطعة ارض وتعيين نقاط الضبط الارضية.

Cadastral Survey

1-1-7-1 المسح الكادسترائي

هو فرع من فروع المساحة المستوية ويطلق عليه احياناً المساحة التفصيلية و تختص برسم خرائط تفصيلية للمعالم الموجودة في الخرائط الطبوغرافية وبيان ماتحتويه من حدود الاراضي الزراعية والابنية وتحديد وتقسيم ملكيات الاراضي وغيرها ويكون مقياس رسمها كبير ودقتها عالية كما في الشكل (12-1) لذلك تكون على درجة كبيرة من الدقة فانها تستخدم كأساس عند ربط الضرائب على الاراضي والاملاك الزراعية، وتستعمل في المجالات التالية:

- 1 - تحديد مساحات الاراضي والعقارات المختلفة (تحديد الملكيات).
- 2 - تقسيم الاراضي وتعديل الحدود.
- 3 - عمليات نقل او نزع الملكية.
- 4 - عمليات البيع والشراء والمنازعات القضائية.
- 5 - تخطيط وتسقيط المشاريع المختلفة.



الشكل (12-1) خريطة كادسترالية تفصيلية.

Topographic Survey

2-1-7-1 المسح الطبوغرافي

وهو عملية تحديد المواقع الأفقية للمعالم الطبيعية والاصطناعية، وكذلك تحديد شكل (تضاريس) وارتفاعات سطح الأرض ، لذلك فان الغرض الأساسي للمسح الطبوغرافي هو تحديد المواقع الأفقية وارتفاعات العديد من النقاط الضرورية التي من خلالها يمكن تمثيل المواقع نسبة الى الارض الطبيعية وبدقة عالية. وبالتالي فإن تحديد الموقع الأفقي لأي منشأ أو بناية يعني تحديد الموقع الأفقي لعدد من النقاط الرئيسية التي تعطي شكل المنشأ عند التوصيل فيما بينها، اذ يمكن القول ان المسح الطبوغرافي يهتم بقياس البعد الثالث (الارتفاع او الانخفاض) لكل هدف باستخدام الابعاد الثلاثة (الطول والعرض والارتفاع)، وبعد اجراء اعمال المسح اللازمة لعمل نقاط السيطرة يتم اجراء المسح الطبوغرافي والذي يمكن تقسيمه الى جزئين:

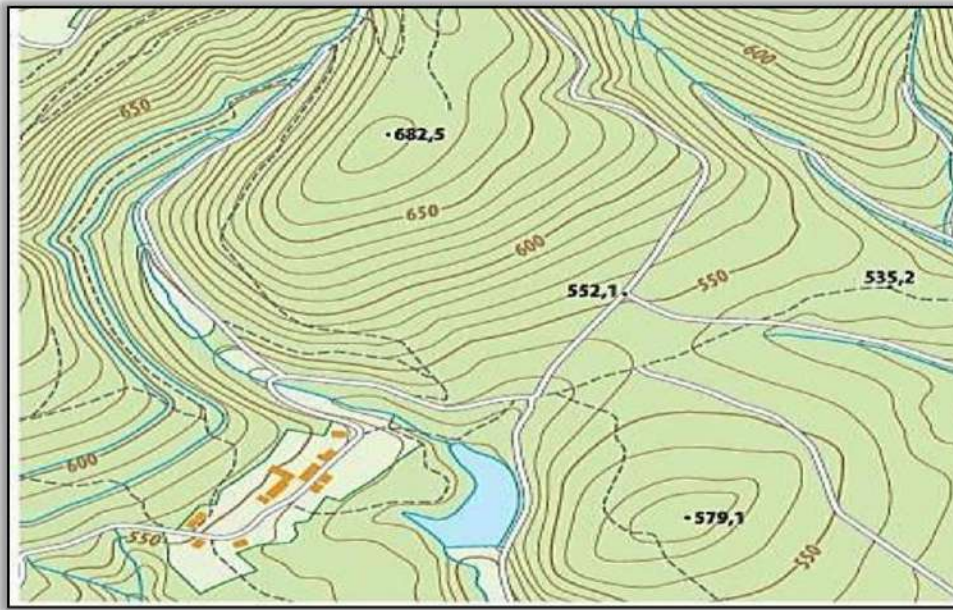
اولاً: اجراء القياسات اللازمة لتحديد المواقع الافقية للمعالم الطبيعية والاصطناعية من انهار وبحيرات ومباني وطرق وجسور وغيرها وهذا ما يسمى بمسح التفاصيل ويتم تمثيلها بخرائط مستوية تسمى الخرائط المستوية (الافقية).

ثانياً: اجراء القياسات اللازمة لتحديد ارتفاعات وشكل (تضاريس) سطح الارض اي تحديد طبوغرافية الارض وتوجد عدد من الطرق لتمثيلها اهمها واكثرها استخداماً هي الخطوط الكنتورية التي هي عبارة عن الخط الذي يمر خلال نقاط لها نفس الارتفاع (اي ان جميع نقاطه لها نفس الارتفاع) لذلك يمكن القول ان الخط الكنتوري هو خط التسوية الناتج من تقاطع سطح تسوية معين مع سطح الارض حيث يتم تمثيل ارتفاعات وشكل سطح الارض بخرائط تسمى الخرائط الكنتورية.

من هنا يمكن القول ان الخرائط الطبوغرافية يتم انتاجها او عملها من خلال دمج الخريطة المستوية والخريطة الكنتورية لنفس الموقع وبنفس مقياس الرسم كما في الشكل (13-1)، والتي تتميز بتمثيل الظواهر المهمة في منطقة معينة على سطح الارض او اعماق البحار والانهار. تشمل الخريطة

الطوبوغرافية شكل ذو بعدين يظهر التضاريس بكل خطوط كنتورية وتستخدم هذه الخرائط في المجالات التالية:

- 1 - عمليات التسوية المختلفة ورسم المقاطع الطولية او العرضية للطرق والانهار وحساب الكميات الترابية للاعمال الانشائية المختلفة.
- 2 - معرفة تضاريس سطح الارض وذلك بقراءة خط الكنتور وتعيين اتجاه المنحدرات.
- 3 - قياس مساحات الارض حول الانهار والوديان.
- 4 - تصميم المشاريع الهندسية المناسبة وتحديد المواقع لها بصورة دقيقة .
- 5 - معرفة شبكة الطرق والسكك الحديدية القائمة واجراء دراسات لانشاء شبكات جديدة.
- 6 - تستخدم في الدراسات العسكرية للاغراض الحربية.



الشكل (13-1) خريطة طوبوغرافية.

Road Survey

3-1-7-1 مسح الطرق

يقصد بمسح الطرق هي اعمال المسح الضرورية عند التخطيط والتسقيط والتنفيذ لاي نوع من انواع طرق النقل، كطرق المركبات الاعتيادية وخطوط السكك الحديدية وقنوات الري والبزل والسدود ومجاري وانابيب المياه والنفط وخطوط نقل الكهرباء والهاتف وغيرها، حيث جميعها تبدأ من نقطة واحدة هي نقطة البداية وتنتهي في نقطة النهاية المحددة لها كما في الشكل (14-1) ، كما تشمل ايضاً الاعمال الحقلية والمكتبية وما يرافقها من رسومات ومخططات وخرائط وحسابات للمحطات والمساحات والحجوم.

يتضمن مسح الطرق تعيين الخط المركزي (خط الوسط) للطريق (centre line) مع اجراء المسح الطوبوغرافي له لتوضيح وبيان الارتفاعات والانخفاضات على جانبي خط الوسط، وعمل مقاطع طولية وعرضية لحساب الكميات الترابية اللازم رفعها او دفنها وهناك بعض الاعتبارات المهمة التي يجب الاخذ بها عند اختيار مسار الطريق منها:

- أ- يجب ان يكون الطريق اقصر مايمكن وباقل انحدار لضمان انسياب المرور في اقل وقت وبأقل جهد للمركبات الثقيلة وبما يحقق الامان لمستخدمي الطريق.

ب- يجب ان تكون كلفة الانشاء اقل مايمكن مع الاخذ بنظر الاعتبار صيانتته مستقبلاً وفي اضيق الحدود، مع مراعاة سهولة الوصول الى موقع الطريق المقترح لنقل مواد ومعدات الانشاء والصيانة.

ج- يجب ان تتساوى كميات الحفر والردم بقدر الامكان في حالة الطرق الجبلية لصعوبة الحفر من جهة وعدم توفر الاتربة الكافية لغرض الردم.



الشكل (14-1) يوضح خريطة طرق النقل والسكك الحديدية.

Cities Survey

1-7-1-4 مسح المدن

هو العمل على فهم ودراسة واقع المدينة ومحاولة تطوير وتنظيم تلك المدينة من اجل الوصول الى افضل صورة وخدمات ، حيث تعد المدينة كيان ثقافي يتكون من المباني والطرق والمرافق العامة، كما أنها تشتمل على المؤسسات الاجتماعية والتعليمية والثقافية والتجارية والصناعية، وبالتالي فان مسح المدن يؤدي إلى قيام المدينة كبيئة حضرية مناسبة من أجل أن يقوم الأفراد بالنشاطات الاقتصادية والاجتماعية والثقافية، فقد كانت عملية التخطيط الحضري أو تخطيط المدن حتى ستينات القرن العشرين، عمل يمارسه المعمارين والمهندسون فقط ، حيث يقومون بوضع الخطط الحضرية ، من خلال إعداد المخططات الرئيسية التي تركز على النواحي الظاهرية من التصميم الحضري ، وتم إعداد هذه التصورات كأفكار معمارية للبنية الأساسية مدعومة بشبكات المرافق العامة، كما هو الحال عند تشييد المباني أو المجمعات العامة .

ان المهندس المكلف بمهمة التخطيط والتصميم لا يستطيع توفير المعلومات المتنوعة التي تعد الأساس الذي يعتمد عليها في إعداد التصاميم الأساسية الملائمة لكافة الجوانب الطبيعية والبشرية، إذ تكون محدودة وعامة وسطحية، لذا يترتب عليها الكثير من الأخطاء التي يتحملها سكان المدينة فيما بعد.

ولم يتم الإدراك حينئذ أن التكوين الهيكلي للمدن ليس له حالة نهائية محددة، فهي أشبه ما تكون بالكائنات الحية التي تمر بحالات متغيرة باستمرار، من أجل ضبط هيكلها ومحتواها حسب المتطلبات والظروف المستجدة، وليست عبارة عن خريطة جاهزة للتطبيق.

وبمرور الزمن تطورت الحياة إلى ما هو أفضل وازداد عدد سكان الأرض فأصبحت الحاجة إلى التنظيم ضرورية جداً ، وكانت المدن المكان المناسب لإقامة معظم السكان وتوفير الخدمات المختلفة لهم، و نقل المجتمع من الأوضاع القائمة إلى أوضاع أكثر تقدماً لتحقيق أهداف محددة تسعى لرفع مستوى معيشة المجتمع ككل من كافة جوانبه عمرانياً واجتماعياً واقتصادياً وجمالياً ، وذلك عن طريق استغلال

كافة الموارد والإمكانات المتاحة ، لتحقيق تلك الأهداف وحل إشكالات استعمالات الأرض في البيئات الحضرية المختلفة من خلال تحضير خرائط طبوغرافية لتثبيت حدود الشوارع الرئيسية والفرعية وتثبيت حدود المناطق السكنية والخدمات العامة وأنابيب المياه وخطوط الكهرباء والاتصالات وغيرها.

Engineering Survey

5-1-7-1 المسح الهندسي

يمثل هذا النوع من المسح تعريفا شاملا لكل ما يتعلق بالمشاريع الانشائية ويتضمن تخطيط وتصميم المشاريع، بالإضافة الى مراقبة المنشآت المنجزة وتقييم أدائها الانشائي. من الضروري إدراك المهندسون حدود الدقة في المشاريع الانشائية وحدود وامكانيات أجهزة المسح لما له من اثر في إكمال المشاريع الهندسية بنجاح وبوقت قصير وبطريقة اقتصادية.

Other Types of Survey

6-1-7-1 انواع اخرى للمسح

1. **مسح المنشآت (construction survey):** ويتضمن عمل خرائط تفصيلية لمواقع المنشآت وله اهمية تطبيقية تتعلق بالاعمال المساحية المستخدمة لاغراض التصميم للمشاريع الهندسية في مراحل المشروع المختلفة بدءاً من الدراسات الاولى وحتى التخطيط والتنفيذ والاستثمار وهذه الاعمال تشمل تثبيت المواقع بصورة جيدة وحساب المناسيب وحركة البنايات افقياً ورأسياً .
2. **المسح المائي (الهيدروولوجي Hydrographic survey):** ويشمل تحضير خرائط طبوغرافية تفصيلية لتحديد اعماق البحار والانهار والبحيرات والشواطئ والبحيرات والسدود لحساب كميات المياه الموجودة فيها ودراسة حالات المد والجزر وقياس كمية المياه المارة في الانهر والسدود وحساب كمية المياه الجوفية داخل الارض وغيرها من المشاريع الخاصة بالري والبحرية.
3. **مسح المناجم (Mine survey):** يتضمن عمل قياسات افقية ورأسية لمحاور المناجم والانفاق تحت الارض وفوقها وحساب كميات الاتربة الواجب رفعها وتعيين اتجاه المناطق الواجب استغلالها وتعيين اتجاه الانفاق وآبار الحفر ورسم خرائط جيولوجية لها .

Geodetic Survey

2-7-1 المسح الجيوديسي

يتعامل هذا النوع من المسح بتحديد وحساب المواقع على سطح الارض وتحديد الخصائص الهندسية لشكل الارض وانشاء وتصميم شبكة نقاط الضبط الارضية، اذ يتعامل مع الارض على انها جسم متغير مع الزمن وليس جسماً ثابتاً في خصائصه الهندسية او الطبيعية، حيث يكون الزمن هو البعد الرابع بالإضافة الى الابعاد الرئيسية (الطول ، العرض ، الارتفاع) ويمكن من دراسة وحساب هبوط المنشآت الضخمة مثل السدود والخزانات.

3-7-1 المسح التصويري

Photogrammetry

تعد الصور الجوية احدى الوسائل الهامة في عملية المسح التصويري وانتاج الخرائط، وهي من أسرع الطرق في حصر الموارد الطبيعية، واصبح التصوير الجوي يتغلب على العقبات التي تواجه المسح الارضي مثل المناطق الوعرة والمستنقعات والكثبان الرملية. وتختلف المساحة التصويرية عن المساحة الأرضية في أن المساحة الأرضية تتعامل مع الطبيعة بشكل مباشر، أما المساحة التصويرية فيتم الحصول على المعلومات والقياس من الصور بدون احتكاك مباشر مع الطبيعة في أغلب مراحل العمل.

ويمكن تصنيف المساحة التصويرية حسب المسافة الفاصلة بين آلة التصوير والشيء المصور، فتكون على ثلاث أنواع هي:

اولاً: المساحة التصويرية الأرضية

تؤخذ الصور فيها من آلة تصوير فوق حامل مثبت على الارض في نقطة معلوم احداثياتها وقت التصوير كما في الشكل (1-15)، فهي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بآلة التصوير حيث تعتبر هذه الآلة هي جهاز الموقع في جمع البيانات كما هو الحال بالنسبة لاستعمال الثيودولايت والشريط ومحطة الرصد المتكاملة وغيرها. ويغلب استخدام هذا النوع من المسح في اعداد المخططات والخرائط للابنية والمنشآت الهندسية والاماكن الاثرية وغالبا ما تكون هذه الصور محدودة الاتساع في مجال تغطية العوارض لذا يصار الى تبني خطة ما تتمثل بأخذ العديد من الصور لتغطية منطقة الدراسة يصار الى معالجتها لاحقاً في المكتب للحصول على البيانات المطلوبة.



الشكل (1-15) احد اجهزة التصوير الارضي.

ثانياً: المساحة التصويرية الجوية

تؤخذ الصور فيها وآلة التصوير معلقة بأسفل طائرة او بالون بواسطة آلات خاصة مجهزة لهذا الغرض. وتظهر اهمية المسح الجوي في توفير الوقت الذي كانت تستغرقه المساحة الارضية وما

تتطلبه من جهد وتكلفة كبيرة خاصة في المناطق التي يصعب الوصول اليها وانشاء خرائط دقيقة لمواقع المشروعات الهندسية الكبيرة، مثل السدود والخزانات والجسور وغيرها فضلاً عن استخدامها للاغراض الحربية مثل تصوير اماكن وجود القوات العسكرية ومعرفة اعدادها وتوزيعها واسلحتها واماكن مخازن الذخيرة وغيرها ، كما في الشكل (16-1)



الشكل (16-1) صورة جوية حقيقية معالجة في مدينة بغداد.

ثالثاً: المساحة التصويرية الفضائية

في هذا النوع من المساحة تستخدم الصور المرسله عن طريق الاقمار الصناعية او المحطات الفضائية وهذه النوعية من الصور تستعمل في الارصاد الجوي ودراسات الفضاء والخرائط المصورة محدودة الدقة.

Cartography (Maps Productions)

4-7-1 الكارتوكرافي (انتاج الخرائط)

يقدم علم الكارتوكرافي قواعد وأسس وطرق تمثيل المعالم الطبيعية والبشرية لسطح الأرض سواء تمثيلاً (ورقياً) خرائط تقليدية (أو رقمية) خرائط رقمية، أي أن الخريطة هي التمثيل الأقرب إلى الحقيقة لما يحتويه سطح الأرض من معالم تبين مقدار الارتفاع والانخفاض عن نقطة معينة وتكون بمقياس رسم معين.

والواقع أن مشاهدته سنوات القرن العشرين من ثورة صناعة الخرائط قد أضفى أهمية فريدة بالنسبة للخرائط سواء من حيث الكم أو الكيف، تمثلت في تطور وسائل طبع الخرائط وتطور وسائل التصوير الجوي (طائرات واقمار صناعية) أدت إلى نشاط أعظم وتقدم أكبر في علم خرائط (الكاتوكرافيا) ، كما أدت إلى خلق دوافع أساسية تهدف إلى تطوير وتحديث هذا العلم، كي تقابل الاحتياجات المتنوعة من الخرائط الدقيقة التي تتطلبها أساليب البحث المتطورة في العلوم المختلفة وترتب على ذلك أن أصبح ميدان الخرائط ميداناً فسيحاً ومتطوراً.

ويعتمد هذا النوع من الخرائط على العمليات المساحية الارضية والجوية التي يجريها المساحون اولاً ثم على عملية الرسم النهائية التي يقوم بها الكارتوگرافيون الرسامون حتى تكتمل الخريطة ويتم طبعها بشكلها النهائي. ونظراً لما تتميز به هذه الخرائط من زيادة في المعلومات وكثرة في البيانات، فانها تمثل قاعدة البيانات Database الاساسية التي يقوم عليها انتاج الخرائط الخاصة Special Map او الخرائط الموضوعية Thematic Maps الصغيرة المقياس والتي اصبحت بؤرة اهتمام علم الخرائط في الوقت الحالي ، وتشمل خرائط متنوعة مثل الخرائط الجيولوجية وخرائط المناخ والتربة والخرائط الاجتماعية، مثل خرائط السكان والعمران والخرائط الاقتصادية وجميعها عبارة عن خرائط توزيع لظواهر مكانية جغرافية تساعد على فهم وتفسير المركب الطبيعي والاجتماعي لسطح كوكب الارض.

وتمثل الخريطة للمستخدم وسيلة بيانية تعرض عليها نتائج الدراسات الميدانية وخلاصة الابحاث الجغرافية التي تتمثل في شكل توزيعات وعلاقات مكانية يستخرج منها الكثير من البيانات الاساسية او يضاف اليها اذا كانت مطبوعة اي بيانات حديثة وجديدة، وبعبارة اخرى فان الخريطة تلعب دوراً مزدوجاً بالنسبة للمستخدم فهي تساعد على عرض مادته العلمية وبيان ما انتهى اليه من نتائج اضافية ومعلومات حديثة وقياسات جديدة ومن الناحية الاخرى على القيام بالدراسات والابحاث إذ تقدم بيانات ومعلومات جاهزة وصحيحة كما تقدم الصورة المرئية التي تساعد في تفسير العلاقة المتبادلة بين الانسان والبيئة كما تصور اكبر قدر من التفاصيل لسطح الارض والظواهر الخاصة به على سطح مستو بمقياس رسم معين.

1- 8 اهمية المساحة في الاعمال الهندسية

The Importance of Surveying in Engineering Works

يعد علم المساحة ذا أهمية كبرى خاصة مع تعدد تطبيقاته الآن في معظم التخصصات، بما في ذلك تطبيق المساحة في المجال الطبي، في الصناعة، في الري والزراعة والمساحة العسكرية ، الخ ... وتطورها والتي أصبح جزء منها متداولاً في حياة الانسان اليومية وسنذكر بعض جوانب الاهمية والتي منها:

- 1 - علم المساحة اساس مهم جدا في معظم المشاريع الهندسية اذ يمكننا من دراسة شكل الارض العام، وكذلك تحديد تفاصيلها الداخلية وحدودها.
- 2 - ينذر ان يستغني عنها من يعمل في مجال تطبيقات الهندسة المدنية في حساب مساحات الاراضي مهما كانت اشكالها سواء بهدف استثمارها او تحديد الملكيات فيها.
- 3 - فوائدها عديدة في مجالات الحياة المختلفة مثل تقسيم الاراضي وتحديد المواقع.
- 4 - المساحة هي الاساس لعمل الخرائط في مختلف الاغراض اذ يمكننا من تمثيل سطح الارض وما عليها من ظواهر طبيعية وبشرية وتنفيذ بعض رسومات المشروعات الموجودة على الخرائط على الطبيعة وفي مجال استعمالات الأرض في المدن واعداد التصاميم الأساسية لها.
- 5 - بالنظر لهذا الانتشار الواسع للاعمال المساحية بكافة تفاصيل الحياة، باعتبار المسح الخطوة الاولى من خطوات تنفيذ العمل وارتباطها بدقة وتكلفة انجاز العمل والفترة الزمنية لذلك.

اسئلة الفصل الاول

- س1. عرف المساحة وما هي اقسامها؟
- س2. عرف عملية مسح المنشأ ، وما هي مراحلها؟
- س3. عرف عملية اسقاط المنشأ ، وماهي مراحلها؟
- س4. ما هي استخدامات المساحة الجيوديسية ؟
- س5. ما هي مراحل اعمال المساحة؟
- س6. ماهي أسباب عدم استخدام الممحة مطلقاً في عملية تدوين المعلومات في الاعمال الحقلية؟
- س7. ما هي المتطلبات الاساسية للتدوين الجيد؟
- س8. عدد انواع المساحة.
- س9. عرف مايلي:
المسح الارضي ، المسح الكادسترائي ، المسح الطبوغرافي ، مسح المدن ، المسح المائي.
- س10. اذكر اهمية المساحة في الاعمال الهندسية.

تطبيقات المساحة

Surveying Applications

الفصل الثاني

الاهداف: سيتعرف الطالب بنهاية الفصل على:

1. تطبيقات المساحة.
2. تعريف التخطيط العمراني والحضري.
3. مراقبة المنشآت باستخدام تقنيات المسح الحديثة.
4. توثيق وترميم المباني.
5. التقنيات المستخدمة في مراقبة وتنظيم الموارد الطبيعية.
6. الانواء الجوية والدراسات البيئية.
7. تحليل ودراسة الكوارث الطبيعية.

1-2 تطبيقات المساحة

Surveying Applications

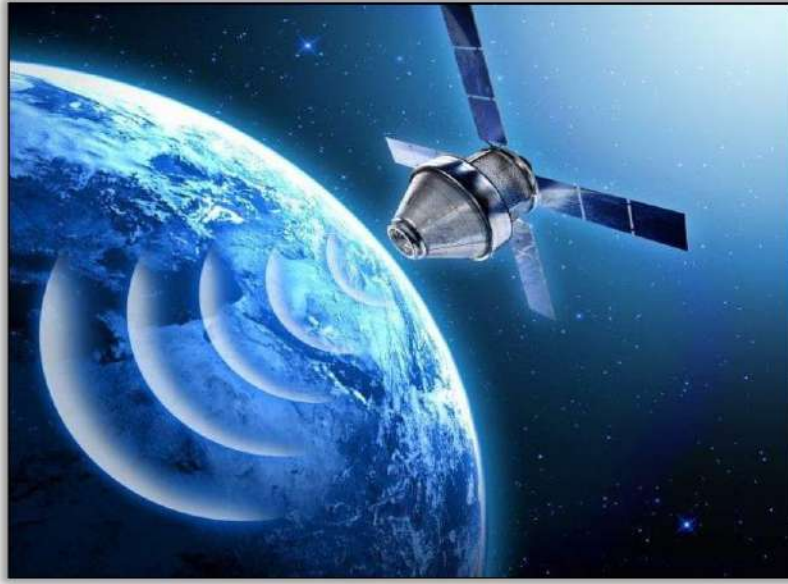
كما تعلمنا سابقاً ان عمل المساح هو القيام بالاعمال الحقلية المساحية و إنشاء خرائط مساحية . حيث تعود مهنة المسح إلى العصور المصرية التي تم خلالها حساب دقة قياس الزوايا والمسافة في بناء الأهرامات. منذ ذلك الوقت، ظل مبدأ مسح الأراضي لقياس الزوايا والمسافات فيما يتعلق ببعضها البعض كما هو. لكن بعدها حدثت تغيرات بظهور تقنيات المسح وتطبيقاته، لهذا السبب يعتبر علم المساحة من اهم العلوم التي ساهمت ولازالت تساهم بالتطور الحاصل بإدارة أراضي دول العالم للنهوض والتطور في جميع مجالات الحياة، لذا ارتبط أصل المسح ارتباطاً وثيقاً بتعيين حدود الأرض، والمسح هو الأساس في كيفية تمثيل الظواهر الطبيعية والبشرية الموجودة على سطح الأرض، حيث يعمل كأداة مهمة لجمع البيانات المكانية و الجغرافية وتقييمها وتحديثها في الزمن المعاصر، حيث يتم استخدام المسح على نطاق واسع في مختلف فروع ومجالات إدارة الحياة والمخططات الأساسية للدول. علاوة على ذلك، زاد عدد التقنيات وطرق الحصول على البيانات بشكل كبير في السنوات الثلاثين الماضية، فأصبحت تقنيات الاستشعار الجديدة متاحة للاستخدام من المحطات الأرضية والمركبات الأرضية المتنقلة والمنصات الجوية منخفضة الارتفاع (مثل طائرات الهليكوبتر، والمركبات الجوية - الطائرات بدون طيار) نظراً للتطور السريع الحاصل في الملاحة العالمية لتحديد المواقع واتخاذ القرار بدقة عالية.

لم يعد مفهوم المسح على الأرض فقط ولكن أصبح هناك مسح من نوع اخر وهو إجراء جميع القياسات الأساسية في الفضاء، لتحديد المواقع النسبية للنقاط ، والتفاصيل المادية والثقافية فوق سطح الأرض أو تحته، وتصويرها في شكل صالح للاستخدام. بما ان المسح نشاط خارجي، يمكن للمساحين العمل على نطاق صغير مثلاً في تحديد موقع أركان المبنى بدقة على قطعة الأرض أو على نطاق كبير جداً كرسم مسار طريق سريع مقترح ولكن عمله يتضمن دائماً قياسات حقلية.

لقد أحدثت تقنيات المسح الجوي التصويري ثورة كبيرة في مهنة المسح في العالم اجمع، من خلال الأقمار الصناعية التي أطلقتها الدول المتقدمة منذ عام 1972، فتحول العالم الرقمي لتكنولوجيا المعلومات الحاسوبية، باستخدام صور الأقمار الصناعية التي قامت بثورة من التطور في الحصول على معلومات أكثر دقة مما كان يتصور في أي وقت مضى كما هو موضح في الشكل (1-2) الذي يمثل صورة احد الأقمار الصناعية.

توفر تقنيات التحسس النائي البيانات المكانية الرقمية التي يتم تحليلها بواسطة أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS)، يليها التوزيع العالمي من خلال البنى التحتية المعقدة، وتصور على شكل مطبوع أو رقمي. تعتمد علوم الأرض بشكل متزايد على هذه المعلومات المكتسبة والمعالجة. وتشكل التقنيات التي تعالج هذه البيانات وتوفر معلومات مهمة للدراسات التحليلية المختلفة جوهر المعلوماتية الجغرافية. ومع ذلك، فإن الاعتماد فقط على المهارات التكنولوجية لن يكون كافياً أو يخدم مصالح المنظمات التي تشارك في معالجة مثل هذه المعلومات الجغرافية.

في حين تم استخدام بعض أدوات المسح الرئيسية لعملية جمع البيانات الكاملة في الماضي، حيث يلعب تكامل البيانات وأجهزة الاستشعار دوراً أساسياً اليوم. لقد أدى توفر البيانات الرقمية على وجه الخصوص إلى تغيير سير العمل التشغيلي للحصول على البيانات، وإنتاجها وتوزيعها وإدارة مخرجات المسح، لذا نستعرض لك عزيزي الطالب البعض من هذه التطبيقات ليتسنى لك الاطلاع عليها واخذ فكرة عامة عنها.



الشكل (1-2) الأقمار الصناعية.

Urban and Regional Planning

1-1-2 التخطيط الحضري والإقليمي

يعد التخطيط الحضري والإقليمي من أهم العلوم الحديثة التي استخدمها الباحثون في العصر الحديث، وظهر التخطيط كحاجة أساسية في المدن من بداية الحياة الإنسانية، حيث ظهر مفهوم التخطيط المنظم بعد حدوث الثورة الصناعية في أوروبا، يُعد التخطيط الحضري جزءاً من التخطيط الكامل للمجتمع، إذ يجمع متغيرات عدة، طبيعية، اجتماعية، اقتصادية، وهندسية، من أجل فهم واقع المدن ومعالجة المشاكل التي يعاني منها السكان، كما ويعتبر من الأساليب أو الطرق أو الإجراءات التي يقوم بها المخططون لتحويل الحالة الموجودة إلى حالة أو شكل أو صورة أفضل مما هي عليه كما أن التخطيط الحضري يتطلب فهم ودراسة الحاضر والتنبؤ بالمستقبل ومحاولة تطوير وتنظيم المدينة من أجل الوصول إلى أفضل صورة للمدينة. أن المدينة ليست كيان ثقافي يتكون من المباني والطرق والمرافق العامة فحسب، بل أنها تشمل أيضاً على المؤسسات الاجتماعية، والتعليمية، والثقافية، والتجارية، والصناعية، وبالتالي يؤدي إلى قيام المدينة كبيئة حضرية مناسبة من أجل أن يقوم الأفراد بالنشاطات الاقتصادية والاجتماعية والثقافية. ومن المعروف عن التخطيط أنه لا يشمل فقط المناطق في داخل المدينة، بل يشمل الأقاليم القريبة والمجاورة لها، ومن هنا يتحول تخطيط المدينة إلى ما يُعرف في الوقت الحالي التخطيط الإقليمي للمدينة.

يُعرف التخطيط الحضري: بأنه الاستراتيجية التي تعتمد عليها الجهات المسؤولة في الدول عن اتخاذ القرارات من أجل تنمية وتوجيه البيئات الحضرية الجديدة والعمل على ضبط نموها وتوسعها أو بمعنى آخر بأنه السعي من أجل إنجاز الأهداف الاجتماعية، والاقتصادية، المرتبطة بالبيئة لتنمية المجتمع، مثل تبليط الطرق وبناء المرافق العامة والمتنزهات العامة المهمة لسكان المدينة. كما وأنه يمثل تطبيق الأساليب العلمية والمدرسة في وضع الخطط السياسية للتنمية للدولة ووضعها موضع التنفيذ، وذلك من خلال نشاطات وإدارات التخطيط في داخل المجتمع. ويعتبر التخطيط أحد مسؤوليات

الدولة من خلال السلطات والحكومات المحلية في الأقاليم المتعددة، كما أنه يعتبر وظيفة حكومية تعمل على التكامل بين الفعاليات التي تطبقها الحكومات والسلطة العليا في المجتمع، ويعتبر التخطيط العمراني من أهم أنواع التخطيط الحضري من أجل التنظيم وتكوين المباني السكنية والجامعات والمدارس والمواصلات والمراكز الخدمية المتعددة في داخل المدينة.

اما **التخطيط العمراني** فمن الممكن تعريفه بأنه عملية تنظيم أفكار واعداد خطط مستقبلية تلبي حاجات الانسان، باعتباره أداة ووسيلة لتحقيق المصلحة العامة، لكافة قطاعات وفئات المجتمع، من خلال وضع تصورات وروى لأوضاع مستقبلية مرغوبة ومفضلة لتوزيع الأنشطة والاستخدامات البشرية في المكان الملائم وفي الوقت المناسب. وبما يحقق التوازن بين احتياجات التنمية في الحاضر والمستقبل القريب من ناحية، وبين احتياجاته بالمستقبل البعيد مع الاخذ بنظر الاعتبار الموارد المتوفرة على ارض الواقع.

2-1-2 مراقبة المنشآت

Structure Monitoring

في الواقع ان ادارة المشاريع الهندسية يعتبر من اهم الانشطة التي يقوم بها المهندس المسؤول عن موقع العمل، اذ تتطلب المراقبة بداية من عملية شراء الارض وانشاء التصاميم المناسبة للمشروع وصولاً الى بداية التنفيذ على ارض الواقع، ومن اهم هذه الخطوات هو مراقبة سير العمل اثناء التنفيذ، لذلك تحتاج ادارة المشاريع الى الحداثة والتطور في اسلوب التطبيق واستخدام التقنيات الاحداث والتي تستدعي من مدير الموقع الالمام بالدراسة العملية للبناء ومواصفاته.

ان احدى افضل التقنيات الحديثة المستخدمة في مراقبة المنشآت هي تقنيات المسح التصويري مثل التصوير على المدى القريب باستخدام صور رقمية ومعالجتها بالبرامج الهندسية وإنتاج موديلات ثلاثية الابعاد تحاكي ارض الواقع ، او استخدام الطائرات بدون طيار (UAV) في حال المنشآت الضخمة التي تحتاج الى وقت وجهد كبير ، اذ سهلت هذه التقنية الكثير من الخطوات واختصرت الكثير من الوقت كما ساهمت بإنتاج معلومات ونتائج دقيقة تسهل على المختصين إيجاد الحلول بأسرع وقت ممكن فيما اذا كان هناك مشاكل اثناء تنفيذ العمل واتخاذ الإجراءات اللازمة، والشكل (2-2) يوضح نوع من أنواع الطائرات المسيرة من دون طيار.



الشكل (2-2) طائرة مسيرة تستخدم في المسح التصويري في مراقبة المنشآت.

2-1-3 توثيق وترميم المباني Documenting and Restoring Buildings

يعتبر التوثيق للمباني التاريخية والتراثية هو أحد الطرق الرئيسية المتاحة لإعطاء معنى وفهم وتعريف وإدراك لقيم التراث الثقافي. أهمية التوثيق يمكن أن تكون بمثابة مساعدة لأنشطة العلاج المختلفة، بما في ذلك حماية وترميم وصيانة وحفظ وتحديد ورصد وتفسير وإدارة المباني والمواقع التاريخية والمناظر الطبيعية الثقافية، بالإضافة إلى إنشاء سجل للأشياء المنقولة أو المسروقة. ومع ذلك، فإن الحفاظ على المواقع التاريخية والبحث عنها والتطبيقات المتعلقة بها يعتمد عليها ويعتمد عليها بشكل متزايد. شهدت أدوات التوثيق تحولاً كبيراً على مدار العشرين عاماً الماضية، ويرجع ذلك أساساً إلى ظهور أجهزة الحاسوب والتقدم التكنولوجي في مجال الإلكترونيات ورؤية الحاسبة والذكاء الصناعي. في الواقع عند التعامل مع التوثيق، من المهم تمثيل المواد والألوان والزخارف والانحلال الفيزيائي والكيميائي والظواهر الأخرى بدقة متناهية والتي تظهر أهميتها في حالة تعويضها عند تلفها أو تدميرها لأسباب تتعلق بعنصر الإنسان أو لأسباب بيئية أو كوارث طبيعية.

في الوقت نفسه، فإن كل طريقة من طرق التوثيق لها محاسنها وعيوبها، حيث يستخدم المتخصصون الذين ينتمون إلى مدرسة التصوير الصارمة عملياً أساليب القياس اليدوي وقياس سرعة الدوران. في حين أن النموذج ثلاثي الأبعاد هو توثيق صحيح وكامل للكائنات، وذلك باستخدام تقنيات المسح التصويري ومن أبرزها الكشف بالليزر (Laser Scan)، التي أحدثت ثورة كبيرة في عملية الاستكشافات الأثرية، إذ تزود الباحث بدقة عالية واختصار الزمن والجهد، عن طريق تصوير الموقع الأثري ومعالجة هذه الصور بأحدث البرامج الحاسوبية التي تخلق سحابة نقطية دقيقة، مكونة موديلات ثلاثية الأبعاد تحاكي الواقع، فتعطي رؤية حقيقية، يمكننا من خلالها التوصل إلى الحقائق وجمع معلومات هائلة، لا تستطيع التقنيات التقليدية توفيرها.

2-1-4 الاستكشافات الأثرية Archaeological Explorations

في الوقت الحاضر، تشكل الاستكشافات الأثرية جزءاً مهماً من النشاط الأثري الشامل بما فيه العمل الميداني المتمثل بأعمال التنقيب. بسبب الطبيعة المدمرة لعلم الآثار، فإن الوثائق الأثرية عالية الجودة لها أهمية قصوى في الحفريات الأثرية. نظراً للضغط الحالي ونقص الموارد وعدم وجود ترجمة في الموقع أثناء الرحلات، يصبح توثيق التنسيق والإخراج أكثر أهمية، باعتباره يمثل عمليات ما بعد الاستخراج. حيث تم استبدال وسائل القياس التقليدية والتسجيل اليدوي بالوثائق الرقمية، بما في ذلك نظام تحديد المواقع العالمي حيث يقف التسجيل ثلاثي الأبعاد في مقدمة الابتكارات التكنولوجية الحديثة في الوثائق الأثرية.

يمكن الحصول على البيانات ثلاثية الأبعاد في هذا النوع من التطبيق كطريقة لتخزين الآثار على الرغم من أن التقنيات الجديدة، مثل المسح الأرضي بالليزر، تتيح الحصول السريع والدقيق والشامل على بيانات التراث الثقافي للتحليلات اللاحقة، فإن الافتقار إلى الوسائل المالية والمعرفة الفنية لعلماء الآثار والعاملين في مجال الترميم قد أعاق حتى الآن دمج البيانات الرقمية ثلاثية الأبعاد والاستفادة منها بشكل متكامل في العمل الوثائقي الذي تم إنشاؤه على مر السنين والذي يعتمد بشكل عام على القياسات المقترنة بالصور الفوتوغرافية والرسومات بالقلم الرصاص.

Natural Resources Monitoring

5-1-2 مراقبة وتنظيم الموارد الطبيعية

من اهم عناصر تقدم الدول هو استراتيجية الخطط الشاملة لمراقبة وتنظيم مواردها الطبيعية وتنظيمها وتوفير الحماية لها حسب احتياجاتها وعلى فترات زمنية معلومة في المستقبل ، وذلك باستخدام تقنيات المسح الحديث عن طريق الكشف عنها، ومن ثم انشاء قاعدة بيانات لكل مواردها لتحليلها، وإيجاد الوسائل المناسبة لتنميتها وكيفية الحفاظ عليها بما يلئم حاجة السكان المستقبلية، ومن اهم الأمثلة على ذلك هو تحليل الموارد المائية في العراق مثلاً، وإيجاد الحلول اللازمة للحد من ازمة نقص منسوب نهري دجلة والفرات وانشاء سدود لخرن المياه بفصل الصيف باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية التي توفر إمكانية اعداد خرائط رقمية لتحديد المواقع المناسبة لإنشاء السدود.

تعد دراسة ومراقبة الموارد البديلة للطاقة كاستخدام الطاقة الشمسية بديلاً عن الطاقة الكهربائية وتنظيم توزيعها بشكل يناسب حاجة السكان لها من اهم تطبيقات التحسس النائي .

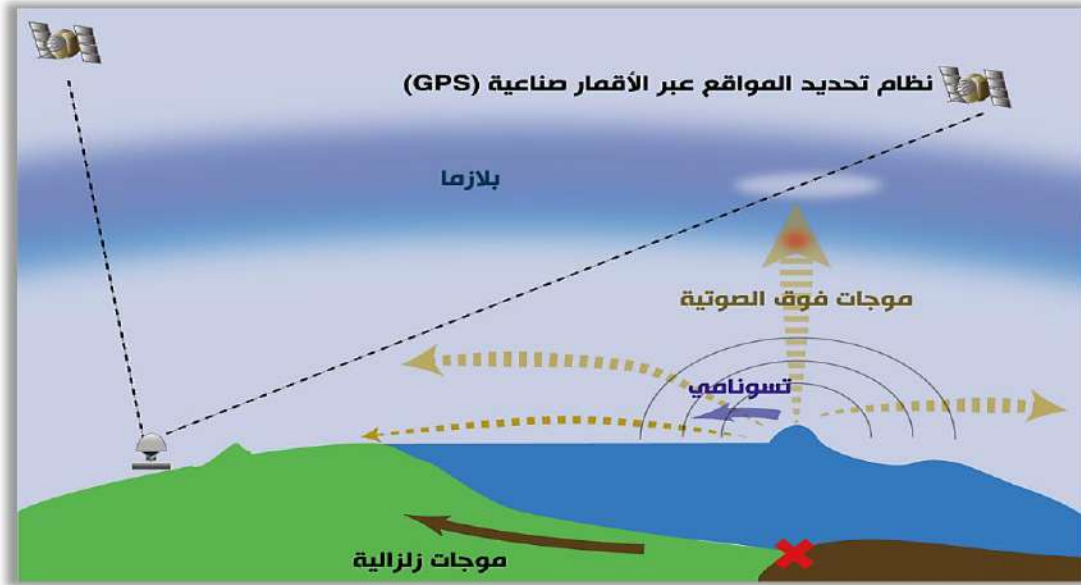
6-1-2 الانواء الجوية والدراسات البيئية Meteorological and Environmental Studies

ساهم انتشار مواقع الصور الفضائية المجانية اليوم بثورة كبيرة لاستخدام تقنيات المسح والتحسس النائي لدراسة الانواء الجوية والتنبؤ بأحوال الطقس بسهولة، وملاحظة التغيرات البيئية التي يتعذر الوصول لها من مواقع الأرصاد الجوي، اذ أثبتت فعاليتها من حيث التكلفة والدقة مقارنة مع طرق الدراسات التقليدية. حيث يستخدم التحسس النائي او(الاستشعار عن بعد) أجهزة استشعار مثبتة على أقمار صناعية أو طائرات يمكنها مراقبة أو تعيين منطقة أوسع من خلال استخدام صور معالم الأرض. توفر العلاقة بين الاستشعار عن بعد والبيانات الجيو- بيولوجية- الفيزيائية - الكيميائية مزيجاً فريداً لترجمة صور الأقمار الصناعية إلى معلومات مفيدة لمخططي السياسات وصانعي القرار. علماً انها تتطلب تدريباً طويلاً وخبرة عملية لتحقيق النتائج المرجوة ومعالجة المشاكل المعقدة التي يواجهها المختصون، ففي مجال الرصد الجوي يمكن قياس كثافة الإشعاع الشمسي للأرض، حيث يتم قياس الطاقة الحرارية الأرضية، وسرعة الرياح بواسطة الأقمار الصناعية، التي جمعت من خلالها معلومات للتنبؤ بأنماط مادية جديدة لتحقيق بيئة أفضل وأكثر اماناً وأحسن للعيش.

7-1-2 تحليل ودراسة الكوارث الطبيعية Analysis of Natural Disasters

من اهم تطبيقات علم المساحة هو توفير البيانات الخاصة بإدارة الكوارث الطبيعية كالزلازل والنشاط البركاني والفيضانات من خلال الصور الفضائية، التي تزودنا بها الأقمار الصناعية ، تمتلك هذه الأقمار خاصية اختراق طبقات الكرة الأرضية الى مسافات بعيدة وإظهار تفاصيل دقيقة بعد معالجة و تحليل هذه الصور في برامج مصممة لدراسة هذا الظواهر واكتشاف ما اذا كانت منطقة دراسة تحتوي على إشارات وعلامات لنشاط كارثي أياً كان نوعه ، فعلى سبيل المثال يستطيع الفريق المختص في إدارة الازمات عن طريق هذه المتحسسات المحمولة على الأقمار الصناعية اكتشاف مناطق التصدعات النشطة وإنتاج خرائط توضح أماكن الصدوع واطوالها وانواعها واتجاهها وأنواع الحركات المصاحبة لها ، وعلى هذا الأساس يتم تحديد المناطق التي يتجنب بها الانسان إقامة أي مشروع ، واتخاذ الاجراءات الوقائية اللازمة بالنسبة للمناطق السكنية.

إضافة الى ذلك ان تقنية التحسس النائي تقوم بتسجيل حركة واتجاه الأمواج الزلزالية في البحار، نتيجة لحركة طبقات القشرة الأرضية لقاع البحر والتي تؤدي الى حدوث أمواج سريعة وقوية مدمرة تصطدم بسواحل المدن الساحلية بأكملها، لذا من خلال هذه التقنية استطاع الباحثون في هذا المجال تحديد المناطق المعرضة لمثل هذه الكوارث، وتنفيذ وسائل الحماية والحد من أثارها، الشكل (2-3) يوضح استخدام منظومة تحديد المواقع العالمي (GPS) في تحديد ظاهرة تسونامي.

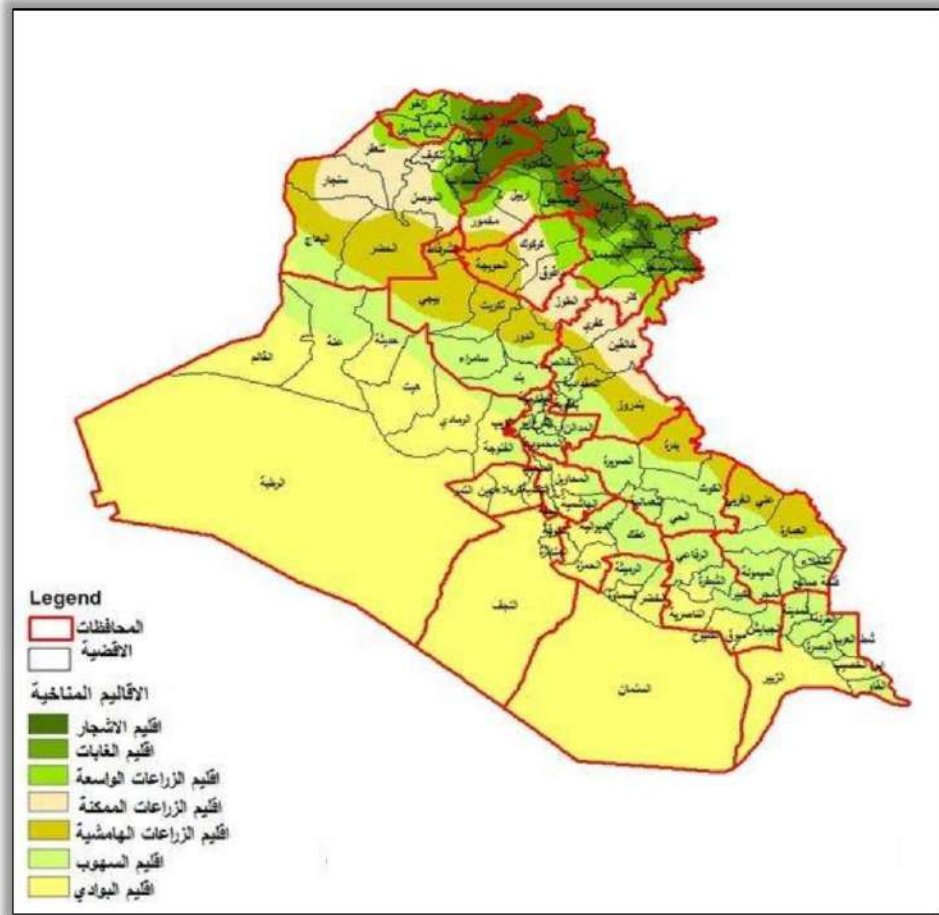


الشكل (2-3) استخدام منظومة تحديد المواقع العالمية في تحديد موجات تسونامي.

8-1-2 التطبيقات الزراعية

Agricultural applications

تلعب المساحة دوراً مهماً في التطبيقات الزراعية المختلفة من خلال التحديد المسبق لمواقع الأراضي الصالحة للزراعة، لذلك يقوم المساح بإظهارها بشكل خرائط ومخططات لتنفيذ المنشآت والمشاريع الزراعية المراد إنشائها، واجراء مختلف العمليات المساحية قبل القيام بتسوية المواقع المراد تنفيذها، أو إقامة مشاريع الري والصرف أو إنشاء المدرجات لمنع انجراف الأراضي المنحدرة. كما وتعطي رؤية مستقبلية لتقسيم مساحات الأراضي الزراعية بهدف استثمارها بالشكل الأمثل. كما يعتبر استخدام التقنيات المساحية الحديثة أداة فعالة في دعم اتخاذ القرار لاقتراح الدراسات لإدارة الموارد الزراعية المثلى التي تساعد على توجيه استخدام الأراضي وحمايتها بما توفره من معلومات دقيقة وواضحة وبما تقدم من اختصار للوقت والجهد. كما يتيح استخدام هذه التقنيات الجمع بين تحصيل البيانات والحصول على معلومات دقيقة عن الموقع، والقدرة على تحريك وتحليل كم كبير من بيانات امتداد الحيز الجغرافي، وتستخدم دقة البيانات في التخطيط للمزارع ورسم خرائط للحقول، وبيان طرق السكك الحديدية، وتحديد مصادر الري من بحيرات وأنهار ومعاينة جودة التربة واستكشاف المحاصيل ورسم خرائط غلة المحصول ومراقبة التصحر وتدهور الأراضي واعداد خرائط الغابات وتحديثها وخاصة باستخدام الصور الفضائية وكذلك تصنيف ومراقبة التغيرات التي تطرأ على إدارة المراعي، ومراقبة مشاريع التشجير الخارجي وغيرها. ومن اهم الأنظمة التي تقوم بهذه الاعمال هي نظام الأقمار الصناعية وتحليل البيانات باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) كما في شكل (2-4)، الذي يوضح خريطة الأقاليم المناخية الزراعية في العراق ونوع المحصول المناسب لكل منطقة من أشجار وغابات والأراضي الصالحة للزراعة التي يمكن استغلالها في اختصار الجهد والوقت معاً.



الشكل (2-4) خريطة العراق المنتجة بنظام المعلومات الجغرافية.

9-1-2 التطبيقات الطبية

Medical Applications

يدخل علم المساحة في الكثير من التقنيات المستخدمة بالمجالات الطبية ومن أهمها جهاز السونار، باستخدام تقنية الكشف بالليزر وإنتاج صور رقمية تساهم في تشخيص العضو المصاب، إضافة الى ذلك إنتاج نماذج سداسية الابعاد ذات دقة عالية، للكشف المبكر عن تشوهات الخلقية بالأجنة واتخاذ الاجراء المناسبة قبل فوات الأوان، كما تستخدم تقنيات المسح التصويري في مجال صناعة الاسنان، باستخدام كاميرات غاية الدقة والصغر تدخل فم الانسان يمكن من خلالها انتاج موديل ثلاثي الابعاد وتصميمه كجسور ثابتة للمرضى، والاهم من هذا جهاز التصوير المقطعي بالحاسوب (PET/ CT Scan)، والذي يساعد بالحصول على المعلومات المكانية فيما يتعلق بالتمثيل الحيوي لأعضاء الجسم او الأورام السرطانية حيث تظهر صور مقطعية بحيث يمكن تمييزها من خلال لونها كما هو موضح في الشكل (2-5).

ومن الجدير بالذكر إن للمسح التصويري دور كبير في انتاج الأطراف الصناعية، بإتقان عال أيضا باستخدام التقنيات الحديثة في هذا التخصص الواسع، وهناك تطبيقات أخرى لا تعد ولا تحصى في هذا المجال.



الشكل (2-5) صورة لجسم الانسان مأخوذة بجهاز التصوير المقطعي.

Security and Military Applications

10-1-2 التطبيقات الأمنية والعسكرية

مما لا شك فيه يعد علم المساحة احد العناصر الأساسية في حالة السلم والحرب، وهدفه الأساسي هو الاستطلاع وجمع المعلومات عن منطقة الدراسة بمنتهى الدقة والاتقان، كما هو الحال في الجانب الأمني داخل وخارج البلاد بالنسبة للعمليات العسكرية التي تقوم بها الدول اثناء الحروب، لذا يتطلب وجود هندسة عسكرية وبالتالي مختصين في علم المساحة، لما له من اثر كبير في جمع المعلومات المطلوبة لأي منطقة سواءً في داخل او خارج الحدود بأسرع وقت ممكن واعداد الخرائط المناسبة للمواقع المطلوبة، ومن الجدير بالذكر هناك وسائل استخباراتية تتطلب أجهزة استطلاع حديثة، كاستخدام الطائرات المسييرة التي تساعد في فهم المنطقة المراد استكشافها وبالتالي تزودهم بمعلومات دقيقة عن المواقع العسكرية والاهداف البعيدة المدى، لا تسطيع باقي الصنوف الحصول عليها، علماً ان الولايات المتحدة الامريكية تعد من أوائل الدول التي اهتمت بهذا الجانب في ستينات القرن الماضي عندما اطلقت منظومة الأقمار الصناعية لأغراض عسكرية، لما لها أهمية في جمع المعلومات الدقيقة عن أي منطقة بحاجة الى الاستطلاع عنها.

Other Applications

11-1-2 تطبيقات أخرى

يوجد الكثير من المجالات التي لم نتطرق لها بالفقرات السابقة، فلعلم المساحة تطبيقات متعددة، اذ يستخدم في علم الفلك ودراسة الفضاء والاجرام السماوية، عن طريق التلسكوبات قديماً، اما الان فصور الأقمار الصناعية استطاعت ان تعطي دراسات ادق وأسرع من ذي قبل عن تكوين الكواكب ومدى تأثير الاشعة القادمة للأرض عن طريق اجراء مسح الاطيفاف الموجية المختلفة باستخدام أجهزة كشف متعددة. هناك أيضاً المسح الجيولوجي (علم الأرض)، وبسط مثال له هو عملية التعدين والتنقيب عن المعادن الثمينة الموجودة في باطن الأرض، كالحديد، اليورانيوم والماس، لذا يعد المسح الجيولوجي ذو أهمية كبيرة في تطور مجال الصناعة الحديثة لجميع الدول.

أسئلة الفصل الثاني

س1. اختر الإجابة الصحيحة للعبارات التالية:

- 1- يعتبر علم المساحة من اهم العلوم التي ساهمت بالتقدم والتطور الحاصل بـ:
 أ- إدارة الاموال ب- إدارة الاراضي ج- إدارة المؤسسات د- ليس مما سبق .
- 2- ان الطائرات المسيرة بدون طيار تستخدم في:
 أ- نقل البضائع ب- نقل المسافرين ج- المسح الجوي د- ليس مما سبق.
- 3- ان مهنة المساح التقليدية هي إنشاء:
 أ- الطرق ب- خرائط مساحية ج- شبكات معلوماتية د- ليس مما سبق.
- 4 - من اهم عناصر تقدم الدول:
 أ- مراقبة مواردها الطبيعية ب- مراقبة المنشآت ج- الاستكشافات الاثرية د- ليس مما سبق.
- 5- ان عملية تنظيم أفكار واعداد خطط مستقبلية تلبي حاجات الانسان تعرف بـ:
 أ- ترميم المباني ب- التخطيط العمراني ج- التحسس النائي د- ليس مما سبق.
- 6- ساهم انتشارها في دراسة الانواء الجوية والتنبؤ بالطقس:
 أ- الصور الفوتوغرافية ب- الصور الفضائية ج- الصور الرقمية د- ليس مما سبق.
- 7- هو أحد الطرق الرئيسية المتاحة لإعطاء معنى وفهم وتعريف وإدراك لقيم التراث الثقافي:
 أ- التوثيق ب- التخطيط الحضري ج- إدارة المشاريع د- ليس مما سبق.
- 8- يعتبر جهاز التصوير المقطعي بالحاسوب من اهم تطبيقات المسح التصويري بالمجالات :
 أ- العسكرية ب - الزراعية ج- الطبية د- ليس مما سبق.

س2. اجب بكلمة صح او خطأ وصحح الخطأ ان وجد.

- 1- الهدف الأساسي من الهندسة العسكرية هو استطلاع المواقع وجمع المعلومات.
- 2- ظهر مفهوم التخطيط المنظم قبل حدوث الثورة الصناعية في أوروبا.
- 3- يعرف التخطيط الحضري بأنه الاستراتيجية التي تعتمد عليها جهات غير مسؤولة في داخل الدولة لاتخاذ قرارات من اجل تنمية البيئة الحضرية.
- 4- تستخدم تقنيات المسح التصويري في مجال صناعة الاسنان باستخدام كاميرات صغيرة الحجم.
- 5- لا توفر نظم الأقمار الصناعية المعلومات الكافية لإدارة الموارد الزراعية.
- 6- من اهم التقنيات المستخدمة في الاستكشافات الاثرية هي المسح التصويري باستخدام الكشف بالليزر.
- 7- تعتبر إدارة المشاريع الهندسية من أسهل الأنشطة التي يقوم بها المهندس المسؤول.

8- يستخدم الاستشعار عن بعد أجهزة مثبتة على الأقمار الصناعية لمراقبة مناطق محدودة من الكرة الأرضية.

س3. ما المقصود بكل من:

- 1- التخطيط العمراني 2- التوثيق 3- التخطيط الحضري 4- تنظيم الموارد الطبيعية.
- س4. تلعب المساحة دورا مهما في التطبيقات الزراعية. وضح ذلك.
- س5. ماهي الاجهزة والتقنيات المستخدمة في المجال الطبي؟
- س6. هل يعتبر علم المساحة عنصر مهم في المجالات الأمنية والعسكرية؟ بين ذلك.
- س7. كيف يمكن لعلم المساحة ان يساهم في دراسة الاستكشافات الاثرية؟
- س8. كيف ساهمت تقنيات علم المساحة في دراسة الانواء الجوية والدراسات البيئية؟

وحدات القياس

Measurement Units

الفصل الثالث

الاهداف: سيتعرف الطالب بنهاية الفصل على ما يلي:

1. انظمة وحدات القياس وكيفية التحويل فيما بينهما .
2. وحدات القياس الطولي والزواي .
3. الوحدات المشتقة ومنها وحدات المساحة ووحدات الحجم من الوحدات الاساسية لوحدات القياس الطولي .
4. وحدات النظام العالمي .
5. تحويل الزوايا بين الأنظمة الثلاث لقياس الزوايا .
6. تقريب الارقام في القياسات بطريقة متفق عليها عالمياً .

المقدمة:

إن عملية أخذ القياسات هي أهم ركائز العمليات المساحية، ووحدات القياس تستخدم في تحديد قيمة الأشياء من الناحية الكمية. وبالتالي هي الوحدات التي تهتم بقياس الكميات القابلة للقياس الكمي والتي تعبر بواسطتها عن مقادير كل من الأطوال والزوايا والمساحات والحجوم وغيرها. وكانت وحدات القياس ذات أهمية في العصور القديمة وذلك لاستخدامها في التعاملات التجارية واعتماد وحدات قياس متطابقة بين الدول لكي تتم الأعمال التجارية بصورة صحيحة، واستخدم قديماً أجزاء جسم الإنسان كوحدات قياس مثل (الذراع والقدم واليد)، وفي العصر الحالي يكثر استخدام وحدات القياس في الهندسة المساحية والفيزياء والرياضيات والكيمياء وفي المجالات التجارية الأخرى.

1-3 وحدات القياس وتحولاتها Measurement Units and Conversions

نظام وحدات القياس هو مجموعة من الوحدات التي يمكن استخدامها في تحديد قيمة الكميات التي يمكن قياسها والتي تكون معروفة على المستوى المحلي في بلد معين أو على مستوى دولي معتمد في أكثر من دولة ويرمز للنظام الدولي للوحدات بالرمز International System (SI) ويستخدم هذا النظام في جميع أنحاء العالم باستثناء بعض الدول ، لذلك لا بد من استذكار أهم وحدات القياس المساحية وهي :

- 1- وحدات القياس الطولي.
- 2- وحدات القياسي الزاوي.
- 3- وحدات قياس المساحة.
- 4- وحدات قياس الحجم.

1-1-3 وحدات القياس الطولي Length Measurement Units

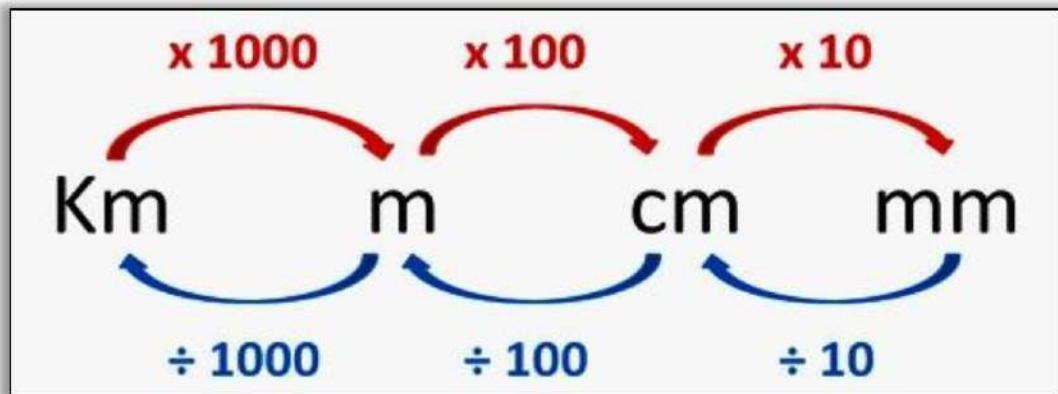
وحدة قياس الطول متعددة ومنها تلك المعتمدة في النظام الدولي ((International System (SI) هي المتر ومضاعفاته أو اجزائه ، والمتر (Meter) هو وحدة قياس الأطوال الأكثر استعمالاً في العالم ويمكن استخدام مضاعفات المتر أو اجزائه لحساب الطول بحسب الاحتياج حيث يتم استخدام مضاعفات المتر (للأطوال الكبيرة) ، كما يتم استخدام اجزاء المتر لحساب المسافات القصيرة، ويسمى بالنظام المتري ويستخدم على نطاق أوسع من النظام الإنجليزي حول العالم ، وبدأ النظام المتري في فرنسا ثم انتشر، في حين أن النظام الإنجليزي بدأ في بريطانيا وهو أقدم وقليل الاستعمال ووحدة القياس فيه هي القدم ومضاعفاته واجزائه. ويعتمد النظام المتري في أساسه على وحدة المتر واشتقاقاتها، ولذلك سمي النظام بهذا الاسم وعند تحويل وحدات الطول بين النظام نفسه أو بين النظامين المتري والانكليزي، يجب استخدام نسب ومعايير محددة كما في الجدول (1-3).

ملاحظة: تعطى قيم تحويل وحدات القياس للطالب.

جدول (1-3) وحدات الطول بالنظام المتري والنظام الانكليزي.

اسم الوحدة	الرمز	ما يعادلها بوحدة المتر
كيلومتر	km	km = 1000 m
ديسيمتر	dm	m = 10 dc
سنتيمتر	cm	m = 100 cm
مليمتر	mm	m = 1000 mm
الأنج	in	m = 39.37 in
	in	in = 2.54cm
القدم	ft	m = 3.281 ft
اليارد	yd	m = 1.1 yd
الميل	mile	mile = 1.6093 km

وان طريقة التحويل بين وحدات الطول الكبيرة الى الصغيرة وبالعكس في النظام المتري، تتم كما في الشكل (3-1).



الشكل (3-1) تحويل الوحدات من الكبيرة الى الصغيرة وبالعكس في النظام المتري

مثال (1-3): قيس المسافة بين منطقتين وكانت 15 km، ما مقدار المسافة بوحدة mile، اذا علمت ان $1 \text{ mile} = 1.6093 \text{ km}$ ؟

الحل: لتحويل من الكيلومتر الى الميل من الوحدة الصغيرة الى الوحدة الكبيرة نقسم على معامل التحويل

$$15 \div 1.6093 = 9.320 \text{ mile}$$

مثال (2-3): حول المسافة المقاسة 120 in الى ما يعادلها بوحدات cm .

الحل: للتحويل من الوحدة الكبيرة in الى الوحدة الصغيرة cm نضرب في معامل التحويل وكالاتي:

$$120 \times 2.54 = 304.8 \text{ cm}$$

Angular Measurement Units

2-1-3 وحدات القياس الزاوي

بما ان الزاوية هي كمية رياضية فلا بد ان يكون لها وحدة قياس تميزها، فيوجد ثلاثة انظمة لقياس الزوايا وهي:

Degree

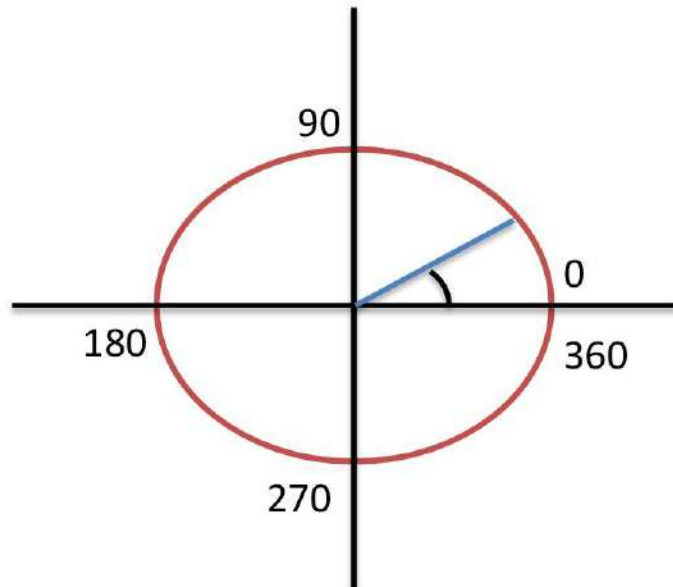
النظام الستيني

الدرجة وهي وحدة القياس المستخدمة في قياس الزوايا في هذا النظام وهنا يتم تقسيم الدائرة الى 360 جزء وتكون هذه الاجزاء متساوية وكل جزء يعبر عنه بالدرجة ويرمز لها (°) كما في (2-3)، ويرمز لهذا النظام في الحاسبات الإلكترونية بالرمز DEG وهو اختصار لكلمة Degree أي درجة ستينية، ومن المهم هنا معرفة ان:

محيط الدائرة = 360 درجة ، وان كل درجة (°) = 60 دقيقة ويرمز لها (60') وان كل دقيقة = 60 ثانية ويرمز لها (60'').

وتكتب الزاوية بالصيغة التالية: (30° 15' 20'') وتقرأ قيمة الزاوية كما يلي :

(ثلاثون درجة وخمسة عشر دقيقة وعشرون ثانية)

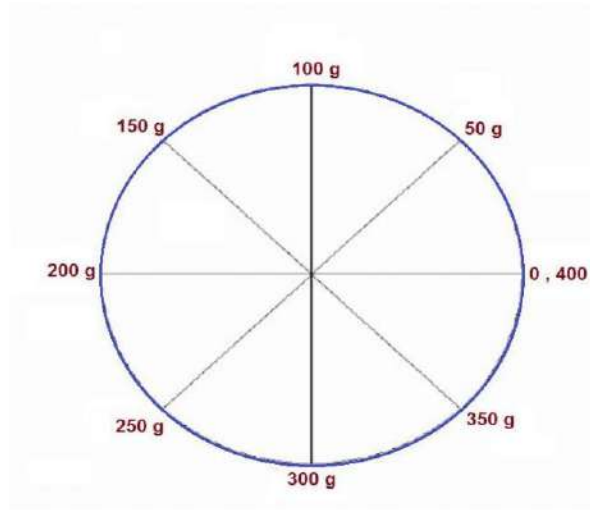


الشكل (2-3) يوضح تقسيمات الدائرة في النظام الستيني.

النظام المئوي

Grad

وهو نظام قياس للزوايا المستوية وتعادل $1/400$ من قياس الدائرة كاملة وفي هذا النظام يتم تقسيم محيط الدائرة الى 400 قسم كما في الشكل (3-3)، ويسمى كل قسم بالدرجة المئوية Grad ويرمز له (g) ويرمز له في الحسابات الإلكترونية بالرمز GRA وهو اختصار لكلمة Gradient التي تعني درجة مئوية، ويقسم كل كراد الى 100 سنتي كراد ويرمز له (c) ، وان كل سنتي كراد يقسم الى 100 سنتي سنتي كراد (cc). وتكتب الزاوية بالصيغة التالية: ($20^c 30^c 4^g$) ، وتقرأ قيمة الزاوية كما يلي : (اربعة كراد وثلاثون سنتي كراد وعشرون سنتي سنتي كراد).

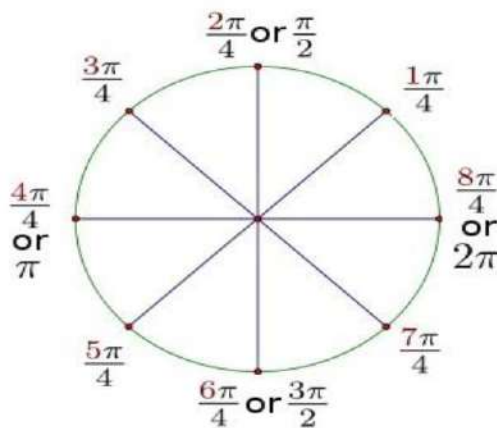


شكل (3-3) يوضح تقسيمات الدائرة في النظام المئوي.

النظام الدائري

Radian

وفيه محيط الدائرة يكون كما في الشكل (4-3)، حيث يقسم الى 2π وان π هو النسبة الثابتة قيمتها $22/7$ او 3.14 والزاوية القائمة فيه تساوي $\pi/2$ ويرمز للزاوية فيه (r) وهو مختصر لكلمة (RAD) او Radian وتكون قيمة الـ Radian الواحد مساوية 57.2958 درجة .



الشكل (4-3) يوضح تقسيمات الدائرة في النظام الدائري

Area Units

2-3 وحدات المساحة

يمكن تعريف المساحة الرياضية لشكل ما بأنها كمية المادة الموجودة داخل الشكل ثنائي الأبعاد، وتقاس بالوحدات المربعة، إن وحدة المتر المربع هي الوحدة الأساسية لقياس المساحة في النظام المتري، وهي تعادل مساحة مربع طول جميع أضلاعه 1 m ، فمساحة هذا المربع $1 \text{ m}^2 = 1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ ، وفيما يأتي توضيح لوحدات القياس الشائعة في النظام المتري:

$$1 - \text{المتر المربع: } \text{m}^2 = \text{m} \times \text{m}$$

وهذه القياسات تستخدم لحساب المساحات الكبيرة نسبياً، مثل مساحة الغرف ، والدور السكنية.

2- المليمتر المربع:

$$\text{mm}^2 = \text{mm} \times \text{mm}$$

وهذه القياسات تستخدم لقياس المساحات الصغيرة جداً.

وهناك بعض التحويلات الواجب معرفتها

$$\text{m}^2 = 1,000,000 \text{ mm}^2$$

$$3 - \text{السنتمتر المربع: يستخدم لقياس المساحات الصغيرة نسبياً} \quad \text{cm}^2 = \text{cm} \times \text{cm}$$

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

$$1 \text{ m}^2 = 10,000 \text{ cm}^2$$

4- الهكتار: وتستخدم هذه الوحدة عادة لقياس مساحة الأراضي الزراعية، ويُعرف الهكتار بأنه مساحة مربع طول كل ضلع من أضلاعه 100 m ، وبالتالي فإن

$$\text{ha} = 100 \text{ m} \times 100 \text{ m} = 10,000 \text{ m}^2$$

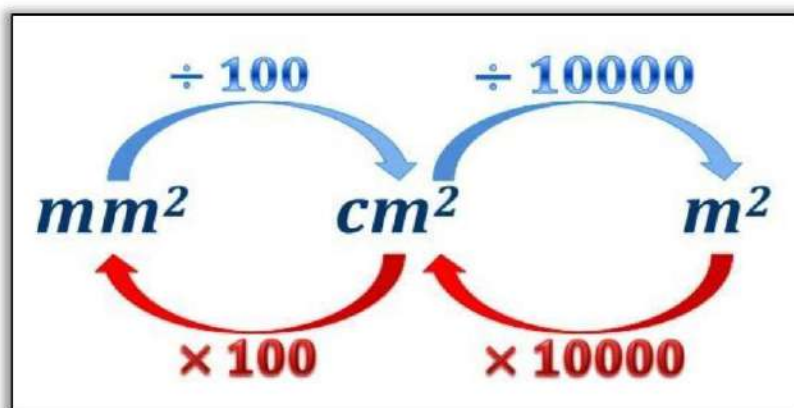
5- الكيلومتر المربع: ويُستخدم الكيلومتر عادة لقياس المساحات الكبيرة مثل مساحة الأراضي أو المدن.

$$1 \text{ km}^2 = \text{km} \times \text{km}$$

$$1 \text{ km} = 1,000 \text{ m}$$

$$1 \text{ km}^2 = 1,000,000 \text{ m}^2$$

وللتحويل بين وحدات المساحة المختلفة من الكبيرة الى الصغيرة وبالعكس في النظام المتري ، كما في الشكل (3 - 5) فإنه يجب مراعاة الأمور الآتية :



الشكل (3-5) تحويل وحدات المساحة من الكبيرة إلى الصغيرة وبالعكس في النظام المتري.

- 1- يتم التحويل من الوحدة الكبيرة إلى وحدة أصغر منها عن طريق الضرب بمعامل التحويل.
- 2- يتم التحويل من الوحدة الصغيرة إلى وحدة أكبر منها عن طريق القسمة على معامل التحويل، والذي هو عبارة عن الكمية من الوحدة الأصغر التي تعادل جزءاً واحداً من الوحدة الأكبر، كما في الجدول (2-3).

تقاس المساحة بالمتري المربع أو الهكتار الذي تكون قيمته 10,000 متر مربع ويوجد النظام الانكليزي الذي يعتبر فيه القدم هو الوحدة الأساسية لقياس الأطوال في هذا النظام ويساوي (12 انج) ويساوي ثلث الياردة التي تساوي ثلاثة اقدام. كذلك فان الميل يساوي 5280 قدم اما المساحات في هذا النظام فتقاس بالقدم المربع او الايكر الذي يساوي 43560 قدم مربع او الهكتار والدونم والذي يستخدم في حساب مساحات الاراضي الزراعية.

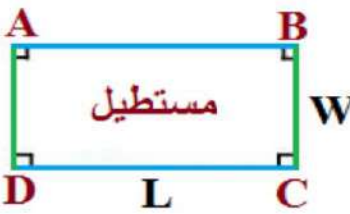
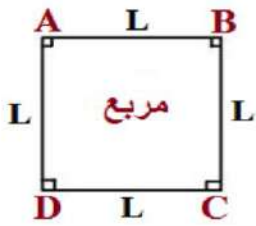
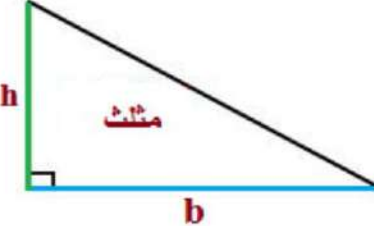
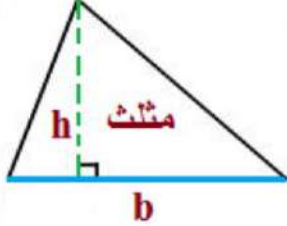
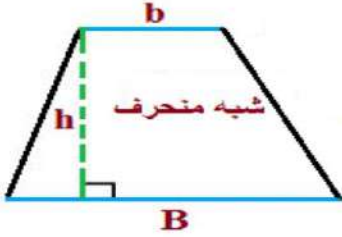
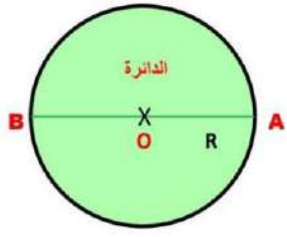
الجدول (2-3) وحدات قياس المساحة بالنظامين المتري والانكليزي.

الوحدة	سنتيمتر مربع	متر مربع	كيلومتر مربع
1 سم ²	1	0.0001	0.0000000001
1 م ²	10,000	1	0.000001
1 هكتار	100,000,000	10,000	0.01
1 كم ²	10,000,000,000	1,000,000	1
1 انج ²	6.5	0.00065	0.00000000065
1 قدم ²	929.03	0.093	0.0000000093
1 يارد ²	8361.2	0.84	0.00000084
1 ميل ²	25.899881103	2,589,988.11	2.59
1 أولك	10,000	100	1,000,000
1 الدونم	25,000,000	2500	0.25

1-2-3 حساب بعض مساحات الاشكال الهندسية المنتظمة

ان قطع الاراضي او الاشكال المطلوب حساب مساحتها في الطبيعة تكون بأشكال هندسية منتظمة او غير منتظمة، ومن الاشكال الهندسية المنتظمة (المستطيل والمربع والمثلث والدائرة وشبه المنحرف) وغيرها، وادناه بعض قوانين مساحات الاشكال الهندسية المنتظمة:

الجدول (3-3) بعض قوانين مساحات الاشكال الهندسية المنتظمة.

مساحة المستطيل $L \times W$ 	مساحة المربع $L \times L$ 
مساحة المثلث القائم $\frac{b \times h}{2}$ 	مساحة المثلث الغير قائم $\frac{b \times h}{2}$ 
مساحة شبه المنحرف $\frac{h \times (B + b)}{2}$ 	مساحة الدائرة πR^2 

مثال (3-3): حديقة المدرسة بشكل مستطيل تم قياس طولها فكانت = 35 m ، وعرضها يساوي 2000 cm احسب مساحتها .

الحل : نوجد وحدات القياس وذلك بتحويل وحدة cm الى m :

عند تحويل الوحدات من الصغير الى الكبير نقسم على معامل التحويل :

ولتحويل عرض الحديقة بوحدة m

$$2000 \div 100 = 20 \text{ m}$$

مساحة الحديقة (A) = الطول (L) × العرض (W)

$$A = L \times W$$

$$35 \times 20 = 700 \text{ m}^2$$

Volume Units

3-3 وحدات الحجم

يمكن حساب حجوم الاشكال من خلال حاصل ضرب ابعاده الثلاثة وهي الطول والعرض والارتفاع، والحجم شأنه شأن المساحة والطول من حيث أن للجميع وحدات قياس تقدر، فالحجم وحدته المتر المكعب، ومضاعفاته واجزائه.

وحدات قياس الحجم هي:

المتر المكعب ويرمز له m^3

الديسيمتر المكعب ويرمز له dm^3

السنتيمتر مكعب ويرمز له cm^3

المليمتر مكعب ويرمز له mm^3

اليارد مكعب ويرمز له yd^3

القدم المكعب ويرمز له ft^3

انج مكعب ويرمز له in^3

في تطبيقات التحويل بين وحدات الحجم فان كل وحدة حجم تساوي الف من الوحدة التي تليها (اصغر منها) مثلاً:

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3$$

$$1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3$$

* في حالة تحويل المتر المكعب إلى السنتيمتر المكعب، قم بضرب قيمة المتر المكعب في 1,000,000

$$\text{القيمة السنتيمتر مكعب} = \text{قيمة المتر المكعب} \times 1,000,000$$

* في حالة تحويل السنتيمتر المكعب إلى المتر المكعب قم بتقسيم قيمة السنتيمتر المكعب على 1,000,000

$$\text{القيمة بالمتر المكعب} = \text{قيمة السنتيمتر المكعب} \div 1,000,000$$

مثال (4-3): احسب حجم الردم (الدفن بالتراب) لأرضية غرفة اذا كانت ابعادها (4m × 5m) وسمك طبقة الردم (0.2 m)، احسب حجم الردم بوحدة ft. علما ان (1 m³ = 35.3198 ft³)

الحل:

$$\text{حجم الردم (V)} = \text{الطول (L)} \times \text{العرض (W)} \times \text{السمك (T)}$$

$$V = L \times W \times T$$

$$V = 5 \times 4 \times 0.2$$

$$V = 4 \text{ m}^3$$

حجم الردم بوحدة ft³

$$V = 4 \times 35.3198 = 141.279 \text{ ft}^3$$

SI Units

4-3 وحدات النظام العالمي

يعد النظام الدولي لوحدات القياس (International System of Units) والذي يرمز له بالرمز (SI) من احدث النظم واكثرها انتشارا في العالم، وهو يستخدم في كل بلدان العالم باستثناء الولايات المتحدة الاميركية، ويعتمد على سبع وحدات اساسية كما مبين في الشكل (3-6).

قد اشتق هذا النظام من نظام المتر بالنسبة لوحدات الطول ويربط بين الوحدات المختلفة وهناك عدد غير محدد من الوحدات المشتقة من الوحدات الاساسية مثال على ذلك وحدات المساحة التي تمثل بالمتر المربع ومضاعفاته وكذلك وحدات الحجم الذي يقاس بالمتر المكعب والنظام المتري وهو اوسع نظام قياس منتشر في العالم، يستخدم كل يوم سواء في المعاملات التجارية او المجال العلمي والتطبيقات الهندسية. حيث ان الوحدات الاساسية في هذا النظام هي :

1- Kg تمثل وحدة الكيلو غرام التي يتم من خلالها حساب كتلة المادة.

2 - M ويمثل المتر الذي هو وحدة قياس الطول .

3 - S ويمثل الثانية وهي وحدة قياس الزمن.

4 - A ويمثل الامبير وهو وحدة قياس التيار الكهربائي .

5 - K ويمثل الكلفن وهو وحدة قياس درجة الحرارة.

6 - mol ويمثل المول وهو يقيس كمية المادة.

7 - Cd ويمثل الشمعة القياسية ويقاس بها شدة الازاءة.



الشكل (3-6) يوضح الوحدات الأساسية في النظام العالمي.

5-3 تحويل الزوايا

Angles Conversions

اهم خطوات التحويل هي حفظ حجم الدائرة في كل نظام، ومعرفة الزاوية في اي نظام عن طريق الرمز او ذكرها الصريح وبالتالي اجراء عملية التحويل. هنالك زوايا معلومة القيمة في التقدير الستيني وما يقابلها بالتقدير الدائري، فعلى سبيل المثال الجدول (3-4) يوضح بعض الامثلة في التحويل بين النظامين وبالتالي:

جدول (3-4) العلاقة بين النظام الستيني والنظام الدائري.

360°	270°	180°	90°	60°	45°	30°	التقدير الستيني
2π	$\frac{3\pi}{2}$	π	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{6}$	التقدير الدائري

وتربط الانظمة الثلاث لقياس الزوايا علاقات رياضية للتحويل فيما بينها، كما في الشكل (3-7) وهي:

* للتحويل من النظام الدائري الى النظام الستيني:

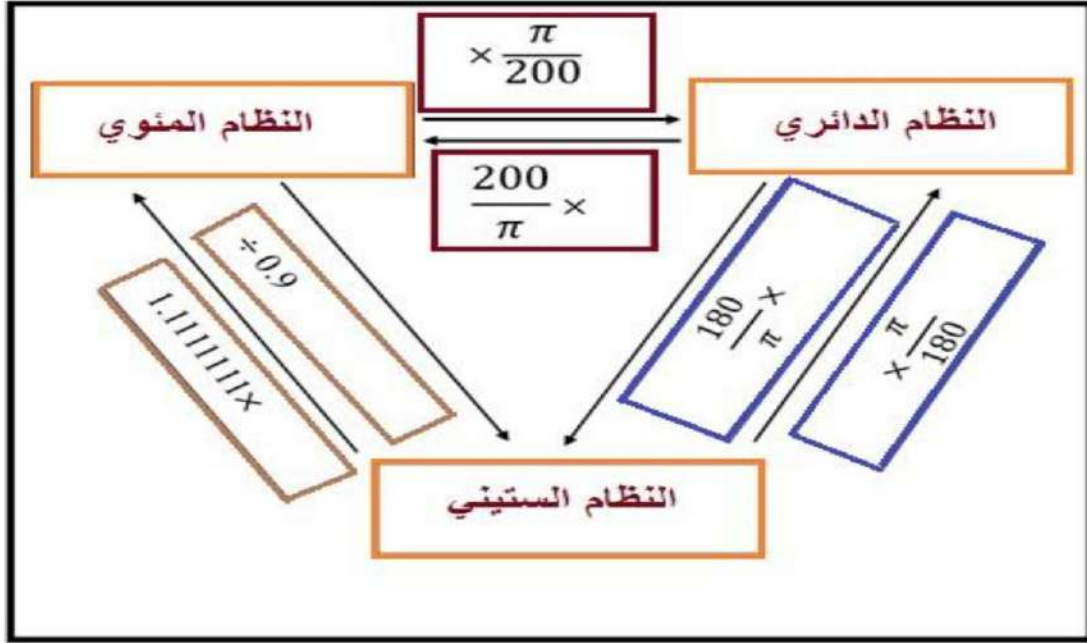
$$\text{قيمة الزاوية في النظام الستيني} = \text{قيمة الزاوية في النظام الدائري} \times \frac{180}{\pi}$$

* للتحويل من النظام المئوي الى النظام الدائري:

$$\text{قيمة الزاوية بالنظام الدائري} = \text{قيمة الزاوية بالنظام المئوي} \times \frac{\pi}{200}$$

* للتحويل من النظام المنوي الى النظام الستيني:

$$\text{قيمة الزاوية بالنظام الستيني} = \text{قيمة الزاوية بالنظام المنوي} \times \frac{180}{200}$$



الشكل (7-3) يوضح العلاقات الرياضية بين الانظمة الثلاث لقياس الزوايا.

مثال (5-3): حول الزاوية 135° الى النظام الدائري والنظام المنوي تبعاً .

الحل: سوف نتبع الخطوات التالية في حل مثل هذه التحويلات:

الخطوة الاولى: معرفة نظام الزاوية المعلومة من خلال الرمز (°) وهو يدل على ان الزاوية من النظام الستيني .

الخطوة الثانية: استذكار حجم الدوائر في الانظمة :

$$\text{النظام الستيني} = 360^\circ$$

$$\text{النظام المنوي} = 400^\circ$$

$$\text{النظام الدائري} = 2\pi$$

الخطوة الثالثة: تطبيق القانون الآتي : علما ان القيمة الثابتة للباي (π) هي 3.14

تحويل الزاوية من النظام الستيني الى النظام الدائري:

$$135^\circ \times \frac{\pi}{180} =$$

$$135^\circ \times \frac{3.14}{180} = 2.356^r$$

ولتحويل الزاوية 135° الى النظام المئوي:

$$135^\circ \times \frac{200}{180} = 150^\circ$$

مثال (3-6): حول الزاوية 49° 23° 375° الى النظام الستيني .

نلاحظ ان الزاوية هي بالنظام المئوي فنحولها الى النظام الستيني بالخطوات الآتية:

$$\frac{180}{200} \times 375.2349$$

$$= 337.71141 =$$

هذا الناتج يمثل استخراج الدرجة والتي تمثل الرقم الذي اسفله خط $D = 337^\circ$

ومن اجل استخراج الدقائق نأخذ الرقم الذي بعد الفارزة ونضيف له صفر وفارزة ونضربه في 60 لتحويله الى دقائق:

$$0.71141 \times 60 = 42.6846$$

$$M = 42'$$

ومن اجل استخراج الثواني نأخذ الرقم بعد الفارزة ونضيف له صفر وفارزة ونضربه في 60 لتحويله الى الثواني:

$$0.6846 \times 60 = 41.076$$

$$S'' = 41''$$

$$337^\circ 42' 41''$$

وهي تمثل الزاوية بالنظام الستيني بعد التحويل.

Rounding off Numbers

3 - 6 تقريب الأرقام في القياسات

في بعض الاحيان هنالك حاجة لتقريب الارقام التي يتم الحصول عليها اثناء العمل بعد اجراء القياسات المطلوبة، فيتم تقريب تلك الأرقام بطريقة متفق عليها عالميا بدون المساس بصحة ودقة تلك الأرقام. جميع الأرقام التي نحصل عليها مباشرة من عملية القياس والتي تستثني الاصفار المتضمنة لتحديد موقع الفاصلة تسمى هذه الارقام بالأرقام المعنوية، ولتحديد هذه الارقام المعنوية نتبع هذه القواعد:

- 1- جميع الارقام غير الصفرية هي ارقام معنوية (1، 2، 3، 4، 5، 6، 7، 8، 9).
- 2- جميع الاصفار الواقعة بين الارقام غير الصفرية تعتبر ارقام معنوية مثلاً العدد (205) هنا الصفر يعتبر رقماً معنوياً فهنا الرقم المذكور يتكون من ارقام معنوية هي (2، 0، 5).

3- جميع الاصفار التي تمثل قياسات فعلية في العدد 0.00035 نلاحظ ان الارقام المعنوية هي (35) نستثني هنا الاصفار الواقعة بين الفاصلة والرقم. وعند تقريب الارقام يتم اضافة رقم واحد إلى الرقم المراد تقريبه، إذا كان الرقم الذي يليه أكبر من (5). فمثلا يقرب القياس 6.28 متر إلى 6.3 متر.

ويبقى الرقم كما هو إذا كان الرقم الذي يليه أقل من (5). فمثلا يقرب القياس 0.0628 متر إلى رقم 0.06 متر.

3-6-1 شروط التعامل مع الارقام المعنوية:

يجب التمييز بين حالات الجمع والطرح من جهة وبين حالات الضرب والقسمة من جهة أخرى:

- الجمع والطرح:

قاعدة: لا يصح ان يزيد عدد المراتب العشرية في حاصل الجمع او الطرح عن عدد المراتب العشرية في العدد الذي يحتوي على اقل عدد من المراتب العشرية.

مثال (3-7) : عند طرح الرقمين : $42.3 - 1.86 = 40.44$

وبما ان العدد الاول يحتوي على اقل مراتب عشرية وهو منزلة واحدة لذلك يكون الجواب $= 40.4$.

- الضرب والقسمة:

قاعدة: لا يجوز ان يكون حاصل الضرب او القسمة أكثر دقة من الاعداد الداخلة في عملية الضرب او القسمة. اي ان عدد الارقام المعنوية في الجواب يجب ان لا يزيد عن عدد الارقام المعنوية في العدد الذي يحتوي على اقل عدد منها.

مثال (3-8) : حاصل ضرب العددين $4.6 \times 13.2 = 60.72$

وهذه النتيجة غير صحيحة لأنها مكونة من اربعة ارقام معنوية ، والاصل ان نكتب النتيجة من رقمين معنويين حسب القاعدة ، ويكون الجواب هو (61) بعد التقريب .

ملاحظة: (أما في حالة الاسس في كتابة الارقام المعنوية نجد ان الاسس لا تدخل في الارقام المعنوية).

3-6-2 قواعد حالات التقريب:

هناك قواعد يتم اتباعها عند تقريب ارقام القياسات او الحسابات في الاعمال المساحية، ويجب ان تتم بدقة فلا فائدة من القياسات اذا لم تكن دقيقة، كما في الجدول (3-5).

الجدول (5-3) قواعد تقريب ارقام القياسات المساحية.

القاعدة	الامثلة
أ - عند تقريب الأرقام ، يجب أن يبقى رقم الاحاد دون تغيير إذا كان رقم العشرات الذي تم حذفه أقل من 5 .	في حالة الاحتفاظ برقم عشري واحد فقط، مثل 6.422 يصبح الرقم = 6.4
ب - عند تقريب الأرقام ، يجب زيادة رقم العشرات المحتفظ به بمقدار 1 إذا كان رقم المئات الذي تم حذفه يساوي أو أكبر من 5 .	إذا تم الاحتفاظ برقمين عشريين فقط ، مثل 6.4872 يصبح = 6.49 وايضا مثل 6.997 يصبح الرقم = 7.00
ج - عند تقريب الأرقام إذا كان رقم العشرات هو أقل من 5 ، وجميع الأرقام التالية للرقم هي صفر يبقى دون تغيير إذا كان هذا هو الرقم الأخير .	إذا تم الاحتفاظ برقم عشري واحد فقط مثل 6.6400 يصبح الرقم = 6.6
د - عند تقريب الأرقام إذا كان رقم المئات الذي تم حذفه هو يساوي أو أكبر من 5، وكانت جميع الأرقام التالية للخمسة صفراً ، أو إذا لم تكن هناك أرقام بعد الرقم 5 فيجب زيادة رقم العشرات بمقدار 1 .	إذا تم الاحتفاظ برقمين عشريين فقط ، مثل 6.755000 يصبح الرقم = 6.76 وايضا مثل 8.995 يصبح الرقم = 9.00
هـ - عند تقريب الأرقام ، إذا كان الرقم الأول الذي تم إسقاطه هو 5 ، وكان هناك أي أرقام بعد الخمسة ليست صفراً ، فيجب زيادة الرقم الأخير المحتفظ به بمقدار 1 .	إذا تم الاحتفاظ برقم عشري واحد فقط مثل 6.6501 يصبح الرقم = 6.7 وفي حالة الاحتفاظ برقمين عشريين فقط ، مثل 7.4852007 يصبح الرقم = 7.49

3-6-3 امثلة مستخدمة في تقريب ارقام القياسات:

الجدول (6-3) يوضح خطوات لكيفية تقريب ارقام القياسات في الاعمال المساحية.

جدول (6-3) خطوات تقريب ارقام القياسات.

عدد	عدد الخانات العشرية المطلوبة	الرقم الأخير للاحتفاظ به	أول رقم يتم إسقاطه	آخر رقم تم الاحتفاظ به و / أو يصبح الرقم
6.422	1	6. 4	6.4 2	6. 4
6.4872	2	6.4 8	6.48 7	6.4 9
6.997	2	6.9 9	6.99 7	7.00
6.6300	1	6. 6	6.6 3	6. 6
7.482	2	7.4 8	7.48 2	7.4 8
6.755000	2	6.7 5	6.75 5	6.7 6
8.995	2	8.9 9	8.99 5	9.00
6.6501	1	6. 6	6.6 5	6. 7
7.4852007	2	7.4 8	7.48 5	7.49

اسئلة الفصل الثالث

- س1. ما هي انظمة قياس الزوايا؟ عددها مع الشرح.
- س2. اذا كانت المسافة بين مدينتين = 8 km ، فكم مقدار المسافة بالأميال ، اذا علمت ان $1 \text{ mile} = 1.6093 \text{ km}$ ؟
- س3. حول وحدة المساحة 4321 dm^2 الى m^2 ، اذا علمت ان $1 \text{ m}^2 = 100 \text{ dm}^2$ ؟
- س4. زاوية مقدارها 0.5° ، فما هو مقدارها في النظام الستيني ؟
- س5. زاوية مقدارها $(12^\circ 15' 26'')$ ، ما مقدارها بالنظام الدائري ؟
- س6. قطعة ارض شكلها شبه منحرف طول قاعدته الكبيرة 30 m ، وطول قاعدته الصغيرة 20 m ، وتم قياس المسافة العمودية (الارتفاع) بين القاعدتين فكانت 500 cm ، جد مساحة قطعة الارض .
- س7. ما مقدار وحدة القياس 4 ft^3 بوحدة القياس m^3 ، اذا علمت ان $1 \text{ m}^3 = 35.3198 \text{ ft}^3$ ؟
- س8. وحدات القياس التالية بالنظام المتري، ما مقدارها بالنظام الانكليزي بوحدة (in)؟
- أ - 2 km ، ب - 15 m ، ج - 25 dm ، د - 3 cm
- س9. ماهي الوحدات الاساسية في النظام الدولي (SI)؟ مع ذكر وحدة كل كمية وفقا للنظام العالمي.
- س10. حول وحدة الحجم 6 m^3 الى dm^3 ، اذا علمت ان $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3$.

مقياس الرسم

Drawing Scale

الفصل الرابع

الاهداف: سيتعرف الطالب بنهاية الفصل على ما يلي:

1. يفهم مقياس الرسم واهميته وانواعه.
2. يتمكن من تصنيف وقراءة كافة انواع مقاييس الرسم.
3. يتعلم كيفية حساب مقياس الرسم.
4. يتمكن من حساب المسافات الارضية الحقيقية من الخريطة.

المقدمة:

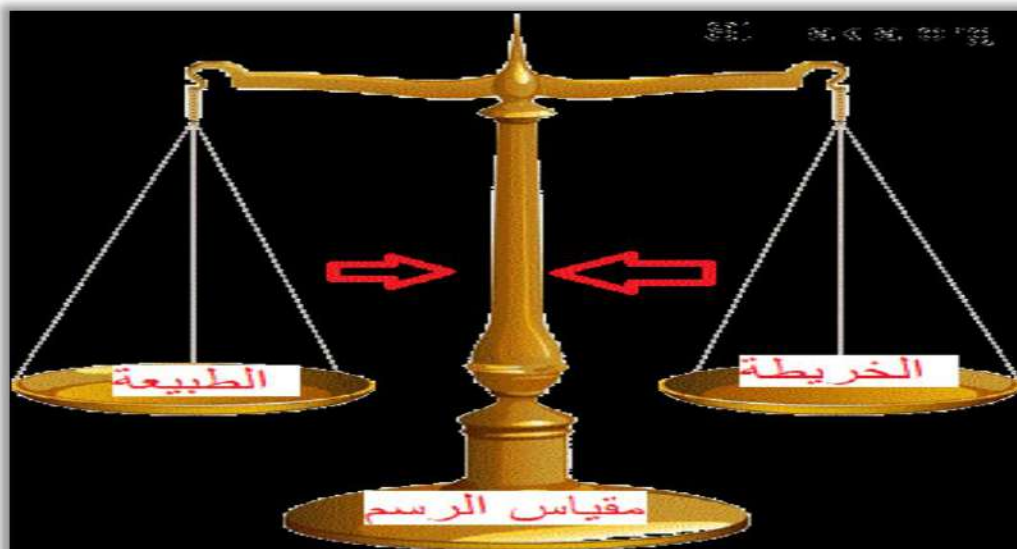
لا يمكن بأي حال من الأحوال رسم الأرض أو جزء منها بنفس الأبعاد الحقيقية على الخريطة التي مهما كبرت لاتزيد عن المتر المربع الواحد، لذلك نحن في حاجة إلى نسبة تصغير محددة لرسم الخريطة ويعتبر مقياس الرسم المعيار الأساسي الذي عن طريقه نستطيع تمثيل تفاصيل معينة من سطح الأرض على ورقة الرسم وتختلف النسبة المستخدمة في التمثيل بين سطح الأرض والخرائط. وهذه النسبة تكون ثابتة في كافة أجزاء الخريطة، وتعتمد تلك النسبة إلى نوعية وأهمية الخريطة والغرض الذي صممت من أجله، بالإضافة إلى مساحة المنطقة التي توضحها الخريطة وحجم ورقة الرسم التي تستوعب خريطة هذه المنطقة، وكلما كان المقياس كبير جداً يؤدي إلى ظهور تفاصيل صغيرة جداً أما إذا كان المقياس صغيراً فإن التفاصيل الصغيرة تهمل أو لا تظهر بشكل دقيق وهنا تكمن أهمية مقياس الرسم الذي بدونهُ ستتحوّل الخريطة إلى رسم أو صورة. ومقياس الرسم هو الذي يمكننا من حساب الطول المناسب على الخريطة واللازم لتسقيط أو رسم طول مقياس فعلاً في الطبيعة.

Drawing Scale

1-4 مقياس الرسم

مقياس الرسم من الركائز الأساسية في الخريطة وبدونه تصبح الخريطة بدون فائدة في العمل التطبيقي إذ لا يمكن استخدامها لأجراء أي قياسات مثل قياس المسافات بين المدن أو الطرق أو المساحات وغيرها، ويتم تحديد نوع مقياس الرسم حسب الدقة المحددة لكل مشروع أو عمل هندسي معين، وفي الأعمال المساحية يتم تحويل القياسات الموقعية إلى خرائط، وأن عملية التحويل هذه تحتاج إلى تصغير للأبعاد الأرضية من أجل نقلها إلى ورق الخريطة، وأن الوسيلة الصحيحة لعملية تحويل الأبعاد هي مقياس الرسم والذي يتألف من حدين البسط والمقام حيث أن رقم البسط يمثل البعد (الطول) على الخريطة ورقم المقام يمثل البعد الحقيقي على الأرض كما في الشكل (1-4).

$$\text{مقياس الرسم} = \frac{\text{البعد على الخريطة}}{\text{البعد الحقيقي على الأرض}}$$



الشكل (1-4) مفهوم مقياس الرسم.

Scale Types

1-1-4 انواع مقياس الرسم:

يمكن تقسيم مقياس الرسم الى نوعين اساسيين وكل نوع من الانواع يتجزأ الى عدة انواع من المقاييس والنوعين الاساسيين هما:

Numerical Scale

اولاً: مقياس الرسم العددي

ويكتب هذا النوع من مقياس الرسم على الخريطة في احد الاشكال الثلاثة التالية وهي:

Proportional Scale

a- المقياس النسبي

يعتبر هذا النوع من مقاييس الرسم الاكثر استخداماً بين مقاييس الرسم التي نراها على الخرائط، يتم التعبير عنه بواسطة ارقام يتم كتابتها بشكل نسبة وتوضع بين الرقمين نقطتان فوق بعض، حيث يمثل الرقم الاول المسافة على الخريطة ويمثل الرقم الثاني المسافة على سطح الارض، فمثلاً كانت الخريطة مرسومة بمقياس رسم 1:1000 هذا يعني ان المسافات على الطبيعة (على الارض) وهي المسافة الحقيقية اكبر بألف مرة من المسافات على الخريطة. ومن الامثلة على ذلك جدول (4 - 1)

جدول (4 - 1) انواع المقياس النسبي.

1:1000	1:100	1:10	مقياس الرسم الكبير
1:1000000	1:100000	1:10000	مقياس الرسم الصغير

Fraction Scale Representatvie

b- مقياس الكسر البياني

ويظهر هذا النوع من مقاييس الرسم على هيئة كسر بياني في الخرائط المختلفة ويستخدم الارقام لبيان نسبة المقياس حيث البسط يعبر عن الوحدة المستخدمة في القياس على الخريطة والمقام يعبر عن تلك الوحدة المناظرة على الطبيعة فمثلاً قياس الكسر التالي:

$$\frac{1}{10000}$$

أي أن كل وحدة على الخريطة = 10000 وحدة (من نفس وحدة القياس) على الطبيعة فيكون كل واحد سنتمتر على الخريطة يساوي 10000 سنتمتر على الطبيعة وهكذا لبقية وحدات القياس على الخريطة، في حين يمثل المقام فيه وحده قياس من النوع نفسه الموجود في البسط ويشير الى القياس الواقعي على سطح الارض. من السهل استخدام النظام المتري في هذا المقياس وذلك لأن البسط سيكون واحداً صحيحاً وسيكون المقام بالعشرات أو المئات أو الألوف أو مئات الألوف أو الملايين، لأن المتر يساوي مائة سنتمتر، والكيلومتر يساوي ألف متر أو مائة ألف سنتمتر والعشرة كيلومترات تساوي مليون سنتمتر.

Direct Statement Scale**c- مقياس الرسم الكتابي أو المباشر**

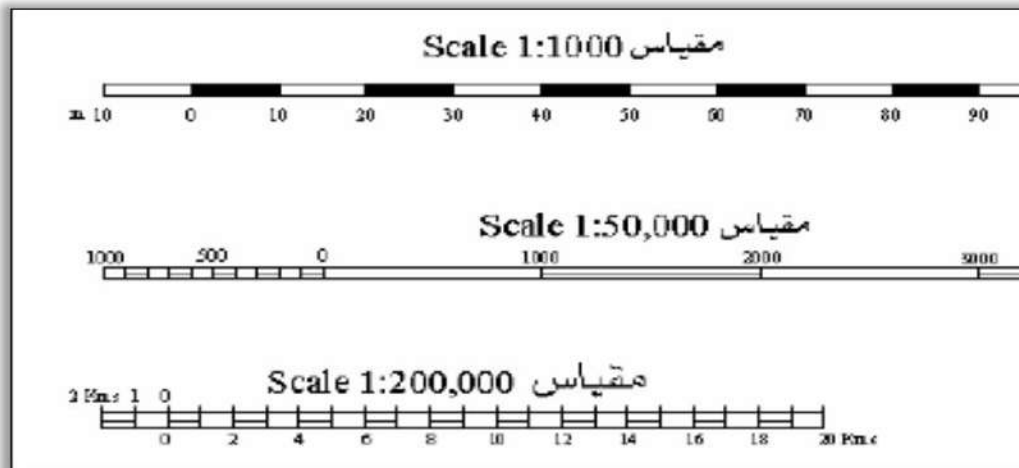
يكتب هذا المقياس مباشرة على الخريطة في جملة بسيطة ليدل على مقياس الرسم، فمثلا يكتب السنتيمتر الواحد يمثل كيلومتر واحد او يكتب واحد سنتيمتر يساوي 500 متر وهكذا، كما أنه عن طريق هذا المقياس يتعرف على نوعية نظام القياس الموجود في الدولة التي رسمت الخريطة أو نشرتها. وهنا ينبغي على قارئ الخريطة أن يكون على علم دقيق بنظام القياس المستخدم في الدولة التي أصدرت الخريطة، كذلك فإنه غالبا ما يستخدم هذا المقياس في الخرائط كبيرة المقياس، ولا سيما الخرائط الطبوغرافية، ومع ذلك يصبح عديم الفائدة والقراءة تكون غير صحيحة اثناء عملية التكبير أو التصغير للخريطة بدون قصد باحد طرق التكبير أو التصغير اثناء التصوير لذلك لم يعد مستخدما في الخرائط الآن.

Graphical Scale**ثانيا: مقياس الرسم الترسيمي**

في هذا النوع من مقاييس الرسم يتم رسم مقياس على الخريطة على شكل مقسم الى عدد من الاقسام، بحيث تكون الوحدة المستخدمة في القياس بنفس الوحدة التي تم رسم الخريطة بها ويتم كتابة كل جزء منها مايمثله من الاطوال الحقيقية على الطبيعة ومن أهم مميزات هذا النوع من المقاييس: يمكن استعمال أية وحدة قياسية عليه مثل القدم، والميل أو الكيلومتر وكذلك يحتفظ بفاعليته في حالة تكبير أو تصغير الخريطة بالتصوير. وتعدد مقاييس الرسم الترسيمي الى:

Line Scale**a- المقياس الخطي البسيط:**

وهو عبارة عن خط مستقيم يتم رسمه على الخريطة الجغرافية بطول مناسب، لا يزيد في الغالب عن عشرة سنتيمترات مهما كبر حجم الخريطة او نوعها واهميتها، ويتم تقسيمه الى عدد من الأجزاء المتساوية بخطوط رأسية الى الاعلى وتمثل بوحدة الكيلومتر، يمثل كل جزء منها مسافة محددة على الطبيعة، ويكتب بجوار كل قسم منها المسافة الحقيقية على سطح الارض، أي أن المقياس الخطي يمثل مسطرة مطبوعة على الخريطة يتم عن طريقها قياس المسافة الارضية الواقعية من الخريطة المسطحة كما في الشكل (4-2) .



الشكل (4-2) يمثل المقياس الخطي.

ومن أهم مميزات هذا النوع من المقاييس هو انه يمكن استعمال أية وحدة قياسية عليه مثل الأقدام، والأميال أو الكيلومترات. لا يلزم لمن يستعمله أية عملية حسابية لإيجاد المسافات، ويحتفظ بفاعليته في حالة تكبير أو تصغير الخريطة بالتصوير كما في الشكل (4-3).

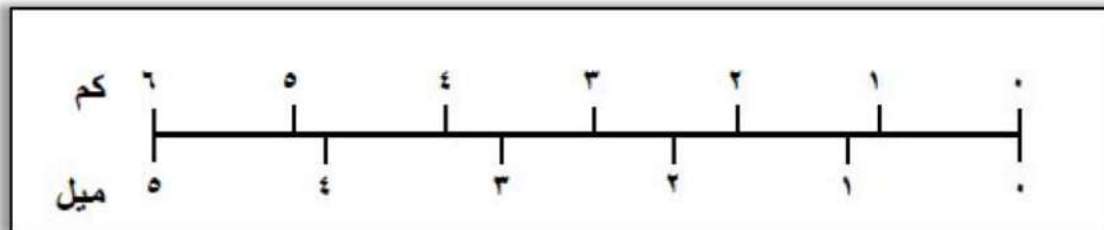


الشكل (3-4) يمثل خريطة العراق موضح عليها المقياس الخطي.

Comparative Scale

b- المقياس المقارن

بالنظر لوجود نظاميين مختلفين وهما النظام المتري العالمي والنظام الميلي الإنجليزي في مجال مقاييس رسم الخرائط، فقد تم رسم مقياس واحد على كل خريطة يشير الى النظامين المتري والإنجليزي في آن واحد، وقد سمي مقياس الرسم هذا بالمقياس المقارن وهو عبارة عن خط مستقيم يرسم على الخريطة بطول مناسب، وهذا الطول يفضل ان لا يزيد عن 10 سنتيمتر مهما كبر حجم الخريطة ، او نوعها واهميتها، ومقسم الى اقسام متساوية بخطوط رأسية الى الاعلى وتمثل بوحدة الكيلو متر واخرى خطوط رأسية الى الاسفل وتمثل بوحدة الميل ، حيث يمثل كل قسم منها مسافة معينة على سطح الارض ولا يمكن رسم هذا المقياس الا اذا عرف مقياس رسم الخريطة العددي (المقياس النسبي او الكسر) حيث نلاحظ من الشكل ان كل واحد سنتيمتر في الاعلى يمثل كيلومتر في الطبيعة وان كل (1.3 سنتيمتر) في اسفل الخط يمثل ميل على الطبيعة كما في الشكل (4 - 4) .

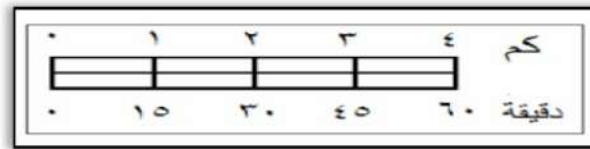


الشكل (4-4) يمثل المقياس المقارن.

c- مقياس الرسم الزمني

Time Scale

وهو نوع من انواع المقياس التي تعمل على المقارنة بين الزمن والمسافة التي تم قطعها على الخريطة ويهدف هذا المقياس الى تقدير المسافات بالزمن لتحقيق أغراض عسكرية أو من اجل الرحلات والسفر وهو يشبه كثيراً المقياس المقارن، ولا يختلف عنه إلا في كون الاول يقارن بين وحدتين من وحدات قياس المسافة في النظامين المتري والانكليزي (الميل والكيلومتر)، في حين يقارن المقياس الزمني بين وحدة من وحدات قياس المسافة كالميل أو الكيلومتر من ناحية ووحدة قياس الزمن كالدقيقة أو الساعة او الثانية ، ويتم في هذه الحالة رسم مقياس خطي عادي يوضع عليه الزمن اللازم لقطع كل وحدة من وحدات المقياس بناء على سرعة الرحالة أو الجندي ، كما في الشكل (4-5) .



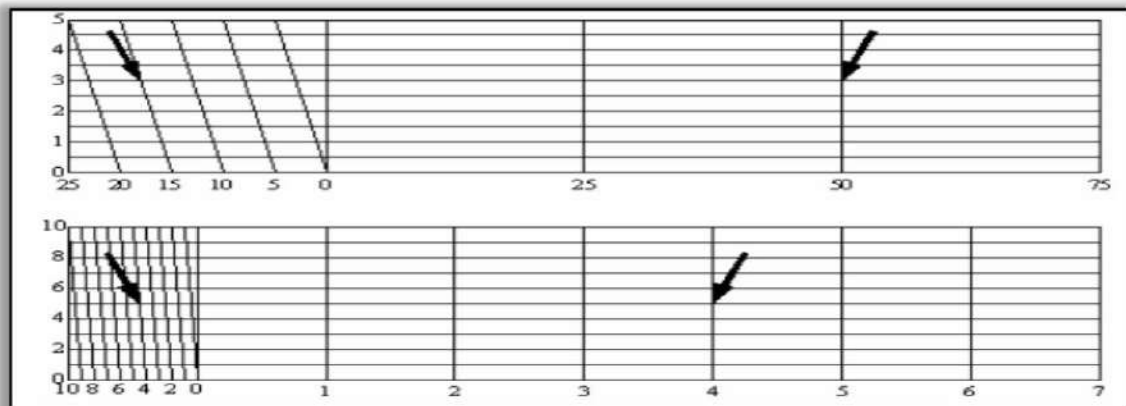
الشكل (5-4) يمثل المقياس الزمني.

d- المقياس الشبكي

Diagonal Scale

يستعمل هذا المقياس لنفس الغرض الذي تستخدم فيه المقاييس البسيطة الا أنه يمكننا بواسطته تعيين الاطوال القصيرة التي لا يمكن تعيينها بواسطة مقياس الرسم البسيط. وتكون على شكل كسور عشرية او مئوية للسنتيمترات ونستطيع القياس من (0.01 الى 0.99) من السنتيمترات.

والمقياس الشبكي هو عبارة عن مجموعة من الخطوط المستقيمة يتم تقسيمها الى وحدات قياسية متساوية بخطوط رأسية الى الاعلى تتناسب مع وحدات المقياس المطلوبة تمثل بوحدة الكيلومتر حيث يمثل كل قسم منها مسافة معينة على سطح الارض ولدقة القياس المطلوب استخدام طريقة أخرى تضمن سهولة قراءة هذه الوحدة الصغيرة، وهي طريقة المقياس الشبكي أو القطري، وتتم عملية رسم المقياس الشبكي بموجب خطوات دقيقة وليست عشوائية، كما في الشكل (4-6).

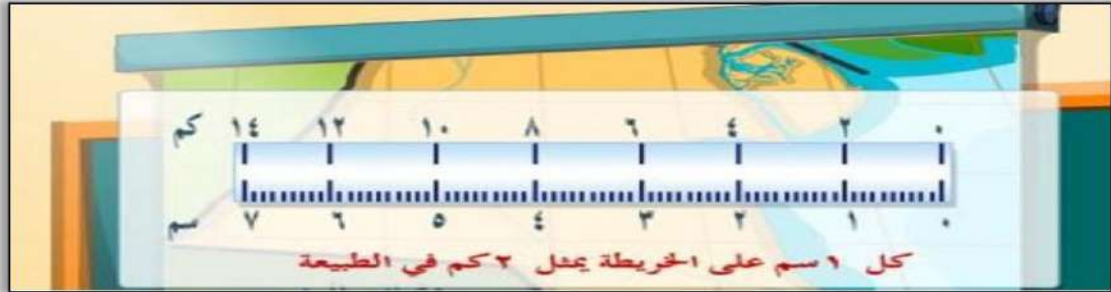


الشكل (6-4) يمثل المقياس الشبكي.

2-1-4 مقياس رسم الخريطة

Map Scale

ان اهمية مقياس الرسم الموجود على الخريطة تتمثل في امكانية قياس اي مسافة او مساحة على الخريطة (باستخدام المسطرة مثلاً)، ومن ثم استخدام مقياس الرسم وبطريقة النسبة والتناسب لمعرفة المسافة الحقيقية على الأرض كما في الشكل (7-4).



الشكل (7-4) استخدام المسطرة لقياس الاطوال على الخريطة.

ومقياس الرسم يساعد على تحليل واستخراج المعلومات من الخريطة بشكل دقيق ، هو عنصر هام من عناصر الخريطة.

ويمكن تقسيم الخرائط حسب مقياس رسم الخريطة الى:

- 1- خرائط هندسية من: 1:50 حتى 1:200 .
- 2- خرائط تفصيلية للمدن من 1:500 حتى 1:5000
- 3- خرائط استعمالات الاراضي (جيوديسي) من 1:500 حتى 1:100000
- 4- خرائط طبوغرافية من 1:250000 حتى 1:500000
- 5- خرائط جدارية من 1:250000 حتى 1:500000
- 6- خرائط اطلس من 1:250000 حتى 1:100000

ويمكن تصنيف الخرائط حسب مقاييسها كما يلي:

- 1- خرائط ذات مقاييس صغيرة وتعرف كذلك بالخرائط المليونية او خرائط العالم او خرائط الاطلس ويكون مقاييسها في حدود 500000 او اصغر.
- 2- خرائط ذات مقاييس متوسطة في حدود 1:25000 حتى 1:1000000
- 3- خرائط ذات مقاييس كبيرة من 1:500 حتى 1:250000

3-1-4 قراءة مقياس الرسم

Scale Reading

Verbal Representative

1- التعبير اللفظي أو الكتابي

ويتميز بوحدة القياس على الخريطة وما يقابلها على الطبيعة كتابة لذلك يعتبر مفيد لغير المتخصصين حيث تتم القراءة دون عناء في عمليات التحويل وغيرها كما يقال ان ملليمتر أو سنتيمتر على الخريطة يساوي متر أو كيلومتر أو ميل على الطبيعة، مثلاً 1 سنتيمتر على الخريطة يساوي 1000 متر على الطبيعة وهذا النوع من المقاييس شائع الاستعمال في الخرائط ولا يستعمل في الرسومات.

Fraction Representative

2- التعبير الكسري

هو عبارة عن كسر اعتيادي بسطه واحد صحيح، ويمثل وحدة القياس على الخريطة ويمثل مقام هذه الوحدة على الطبيعة $\frac{1}{5000}$ ويقرا واحد (وحدة القياس المستخدمة في الخريطة) على 5000 (وحدة القياس في الطبيعة) ويعرف المقام في المقياس الكسري برقم المقياس ويكتب كذلك بالشكل 1:5000 وهنا يسمى بالمقياس النسبي ويقرا واحد الى خمسة الف ويعني أن وحدة القياس الواحدة على الورق يقابلها 5000 من نفس الوحدات على الطبيعة ولا تخلوا خريطة من مقياس رسم نسبي حتى بوجود صور المقياس الاخر.

Schematic Scale

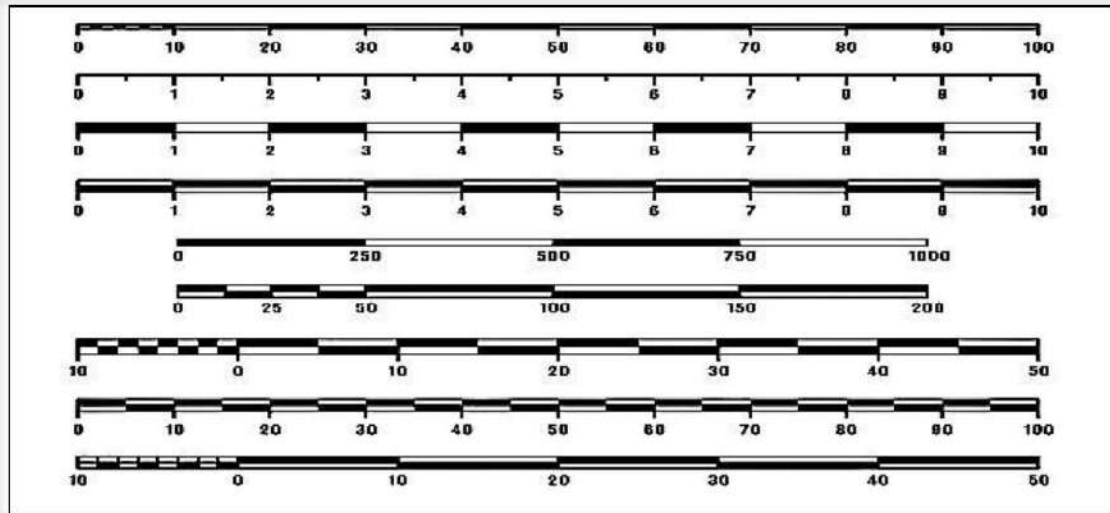
3- المقياس التخطيطي

تستعمل المقاييس التخطيطية للتقليل من الأخطاء التي قد تنشأ عند إجراء الحسابات وتلك أكثر أنواع المقياس التي تتأثر بعوامل التمدد والانكماش، فقد يتغير المقياس الفعلي للخريطة على المقياس الكسري بسبب تمدد وانكماش الورق الناتج عن الرطوبة والعوامل الجوية الأخرى. والمقياس التخطيطي نوعان:

Bar Scale or Graphic Scale

a- المقياس الخطي

هو عبارة عن خط مدرج يرسم على أحد هوامش الخريطة، عادة ما يكون الهامش السفلي بطول معين ويقسم الى وحدات تكتب على الخط ويستعمل في ايجاد الابعاد الحقيقية مباشرة بمقارنة الأبعاد المقروءة من الخريطة مع المقياس كما في الشكل (4-8).



الشكل (4-8) بعض اشكال مقاييس الرسم.

Diagonal Scale

b- المقياس الشبكي

وهو عبارة عن نوع من انواع المقاييس الخطية، ولكن يتميز بان الجزء الاول منه مقسم الى اجزاء بدقة كبيرة مقارنة بأجزاء سابقة سواء المقياس الخطي البسيط او الخطي المقارن ويستخدم في عملية التقسيم، مما يعطي شكل شبكة خطوط وتتم القراءة بدقة عالية وهي المطلوبة وبالتالي يهدف الى اضافة دقة عالية المستوى الى المقياس الخطي ويتم استخدامه إذا زادت الدقة عن 10 متر.

Scale Calculation

4-1-4 حساب المقياس

الخرائط هي نماذج مصغرة للواقع، حيث يتم رسم الخريطة باستخدام قياسات تتناسب مع المساحة الواقعية للأماكن والدول، وهو ما يعرف بمقياس الرسم، ويتغير مقياس رسم الخرائط لكل خريطة على حدة، ويكون مكتوباً بخط صغير أسفل الخريطة من الجهة اليسرى. ويتم استخدام مقياس رسم الخريطة لتحويل المسافة المقاسة على الخريطة إلى المسافة الحقيقية على سطح الأرض والعكس أيضاً، حيث يعبر مقياس الرسم في الخرائط عن وحدات قياس مختلفة، فمثلاً عند رسم خريطة للعالم بمقياس رسم يساوي 1:1000 فهذا يعني أن كل 1000 متر أو كيلومتر على أرض الواقع يساوي في الخريطة 1 سم على الخريطة حسب المقياس الموضح أسفلها، ولحساب مقياس رسم خريطة معينة نستعمل القانون التالي:

$$\text{مقياس الرسم} = \frac{\text{البعد على الخريطة}}{\text{البعد الحقيقي}}$$

خطوات حل تمارين مقياس الرسم:

1- توحيد كميات النسبة بحيث تكون من نفس الوحدة من خلال اجراء التحويلات وتحديد المطلوب والمجهول في السؤال حيث دائماً نحول من الوحدات الكبيرة الى الوحدات الصغيرة.

2- كتابة القانون مقياس الرسم = $\frac{\text{البعد على الخريطة}}{\text{البعد الحقيقي}}$ والتعويض عن القيم المعطاة واجراء الحل.

مثال (1-4): قيس شارع على الخريطة فكان = 5 cm واذا كان طول الشارع الحقيقي 1.6 km ، فما مقياس الرسم الذي رسمت به الخريطة ؟

الحل : 1 km=100,000 cm

البعد الحقيقي لطول الشارع 1.6 km = 100,000 × 1.6 = 160,000 cm

البعد على الخريطة = 5 cm

$$\text{مقياس الرسم} = \frac{\text{البعد على الخريطة}}{\text{البعد الحقيقي}}$$

بعد توحيد الوحدات يتم تقسيم البسط والمقام على 5 ليكون البسط وحدة واحدة ، ولكي يكون المقياس عبارة عن نسبة خالية من الوحدات

$$\frac{5}{160,000} =$$

$$\frac{1}{32,000} = \text{مقياس الرسم}$$

مثال (2-4): اذا كانت المسافة الحقيقية بين مدينتين هي 15 km، اوجد المسافة على الخريطة بالسنتيمتر، علما ان مقياس رسم الخريطة هو 1:100000 .

الحل: -

1- نقوم بتحويل وحدة قياس البعد الحقيقي الى نفس وحدة قياس الخريطة (توحيد الوحدات) .

$$1 \text{ km} = 100,000 \text{ cm}$$

$$15 \times 100,000 = 1,500,000 \text{ cm}$$

2- نكتب القانون مقياس الرسم = $\frac{\text{البعد على الخريطة}}{\text{البعد الحقيقي}}$

$$\frac{1}{100,000} = \frac{X}{1,500,000}$$

* حاصل ضرب الطرفين في الوسطين

$$X \times 100,000 = 1 \times 1,500,000$$

$$X = \frac{1,500,000}{100,000}$$

$$X = 15 \text{ cm} \quad \text{البعد على الخريطة}$$

مثال (3-4): البعد بين مدينتين على الخريطة 10 cm بمقياس رسم 1:1,000,000 احسب البعد الحقيقي؟

الحل: مقياس الرسم = 1:1000000 ، البعد في الرسم = 10 cm ، البعد الحقيقي = ؟

مقياس الرسم = $\frac{\text{البعد على الخريطة}}{\text{البعد الحقيقي}}$

$$\frac{10}{X} = \frac{1}{1,000,000}$$

$$X = 1,000,000 \times 10$$

$$= 10,000,000$$

$$1 \text{ Km} = 100,000 \text{ cm}$$

$$= \frac{10,000,000}{100,000}$$

$$= 100 \text{ km} \quad \text{البعد الحقيقي بالكيلومتر}$$

ملاحظة: اذا كان لدينا خريطة لم يثبت عليها اي نوع من انواع مقاييس الرسم اي ان مقياسها مجهول، وكنا نكون بحاجة لمعرفة مقياس رسمها لأجراء القياس الذي نحتاجه، فأنا في هذه الحالة نبحث عن خريطة معلومة المقياس تحتوي على نفس المنطقة المرسومة على الخريطة المجهولة المقياس ثم نقيس بعداً معلوماً في كلا الخريطين (كبعد بين مدينتين معلومتين) نطبق القانون التالي:

$$\frac{\text{طول البعد على الخريطة المعلومة المقياس} \times \text{مقام كسرها البياني}}{\text{طول البعد على الخريطة المجهولة المقياس}} = \text{المقياس المجهول}$$

مثال (4-4): اذا كان البعد بين مدينتين على الخريطة التي مقياسها $\frac{1}{100,000}$ يساوي 4 cm . والبعد بين نفس المدينتين على الخريطة المجهولة المقياس = 5 cm ، فما هو مقياس رسم الخريطة المجهول؟
الحل:

$$\frac{\text{طول البعد على الخريطة المعلومة المقياس} \times \text{مقام كسرها البياني}}{\text{طول البعد على الخريطة المجهولة المقياس}} = \text{المقياس المجهول}$$

$$\text{المقياس المجهول} = \frac{100,000 \times 4}{5}$$

$$= 80,000$$

$$= \frac{1}{80,000} \text{ فيكون مقياس الخريطة المجهول}$$

اما لإيجاد مقياس رسم مناسب للخريطة فيكون حسب المثال التالي:

مثال (5-4): قطعة ارض ابعادها 850 m طول و 660 m عرض ، يراد رسمها على ورقة ابعادها 80 cm طول و 60 cm عرض ، اوجد مقياس الرسم المناسب لرسم قطعة الارض مع ترك هامش مناسب يساوي 2.5 cm من جميع الجهات .

الحل :

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

$$850 \times 100 = 85,000 \text{ cm}$$

طول قطعة الارض L

$$660 \times 100 = 66,000 \text{ cm}$$

عرض قطعة الارض W

$$80 - 5 = 75 \text{ cm}$$

طول الورقة بعد ترك الهامش

$$60 - 5 = 55 \text{ cm}$$

عرض الورقة بعد ترك الهامش

$$\frac{75}{85000} = \frac{1}{1133}$$

مقياس الرسم بالنسبة للطول

$$\frac{55}{66000} = \frac{1}{1200}$$

مقياس الرسم بالنسبة للعرض

$$\frac{1}{1200}$$

نختار مقياس الرسم الاصغر (المقام الاكبر هو المقياس الاصغر)

$$\frac{1}{1500}$$

وأقرب المقاييس المستعملة هو

Ground Distance Calculation

2-4 حساب المسافة الأرضية

من التطبيقات العملية لمقياس الرسم هي قياس المسافات الأرضية بين النقاط المختلفة على سطح الأرض، وذلك بقياس المسافات على الخريطة بعدة طرق وباستخدام مقياس رسم لإيجاد المسافات الحقيقية ولغرض تحديد المسافات والمواقع على الخريطة سوف يستعان بمقياس الرسم وتكون على ثلاث أنواع:

1 - المسافة المستقيمة:

وتكون هذه المسافة بين نقطتين، تقع على خط مستقيم في الخريطة يتم استخدام المسطرة العادية التي يقاس بها الخطوط المستقيمة، مثل خطوط الطيران والملاحة فبعد قياس المسافة بين مكانين على الخريطة بواسطة المسطرة يمكننا الحصول على الطول الحقيقي لها على الطبيعة بالاستعانة بمقياس الرسم الموجود على الخريطة، كما في الشكل (4-9).



الشكل (4-9) يمثل قياس المسافة المستقيمة من الخريطة باستخدام المسطرة.

مثال (4-6): قيست المسافة بين النقطة (A) و النقطة (B) بالمسطرة على الخريطة فكانت 30 cm، جد المسافة الحقيقية على الارض، اذا علمت ان الخريطة رسمت بمقياس رسم ثابت مقداره 1:50,000

المسافة الحقيقية (D) = المسافة على الخريطة (M) × مقياس الرسم (S)

$$D = M \times S$$

$$= 30 \times 50,000$$

$$= 1,500,000 \text{ cm}$$

$$1 \text{ Km} = 100,000 \text{ cm}$$

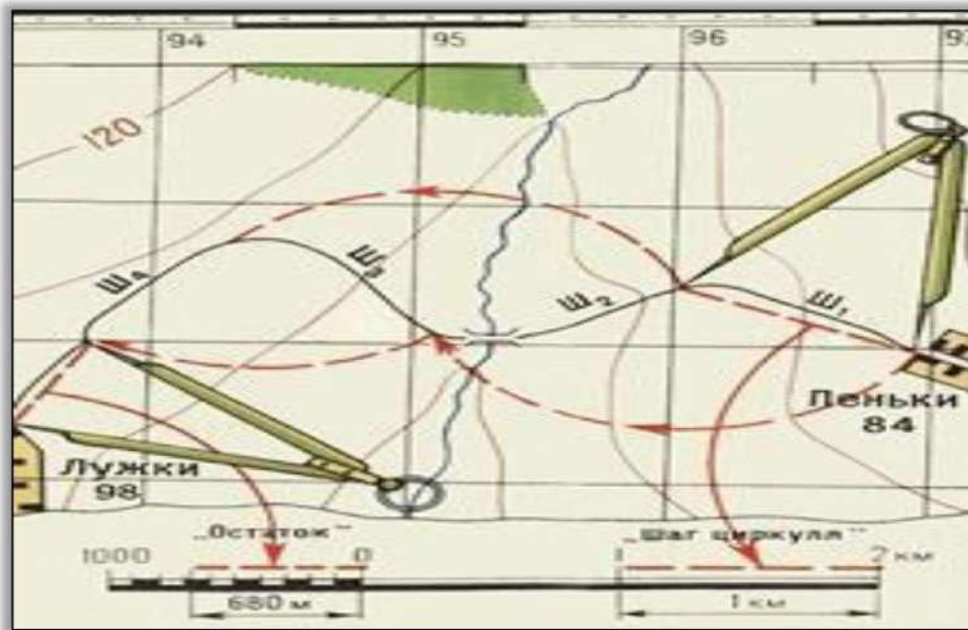
$$\frac{1,500,000}{100,000} = 15 \text{ km}$$

المسافة بالكيلومتر

هذه قاعدة ثابتة لا يتغير بها سوى المسافة المحددة على المسطرة فقط.

2 - الخطوط المنحنية وذات التعرج البسيط:

يتم فتح الفرغال لمسافة محددة ولتكن نصف سنتيمتر، ثم ينقل الفرغال من مكان الى اخر من بداية الخط المراد قياسه حتى نهايته بشرط عدم رفع الفرغال من الخريطة حتى نصل الى نهاية المسافة المطلوبة، وبعد ذلك نحسب عدد نقلات الفرغال ومن ثم نضربها في المسافة المختارة لفتحة الفرغال حتى نحصل على الطول النهائي بالسنتيمترات ثم نستخرج الطول الحقيقي على الارض بالاستعانة بمقياس الرسم كما في الشكل (4-10).



الشكل (4-10) يوضح قياس مسافة منحنية من الخريطة باستخدام الفرغال.

3 - الخطوط المتعرجة المرسومة كالأنهار والودية:

ويتم ذلك باستخدام الخيط السميك او خيط متوسط السمك ليتم به قياس الخطوط المتعرجة المرسومة كالأنهار والودية. حيث يتم وضع الخيط على بداية الخط المطلوب قياسه بالضبط ثم نسير به فوق الخط وبكل دقة، وخاصة عند المنحنيات متتبعين كل جزء من اجزائه حتى نهايته، ثم نشد الخيط بعد ذلك بحيث يصبح الخيط بشكل مستقيم فوق مسطرة عادية لنعرف طوله بالسنتيمترات، وبعد ذلك نستخرج الطول الحقيقي على الارض بالاستعانة بمقياس الرسم كما في الشكل (4-11).



الشكل (4-11) يوضح قياس مسافة منحنية من الخريطة باستخدام الخيط.

Scale from Google Maps

3-4 مقياس الرسم من خرائط الـ Google

يتم من خلال خرائط الكوكل توفير برنامج يتم تطبيقه على اجهزة هاتفك. حيث يعمل على توفير صور من خلال الاقمار الصناعية والتصوير الجوي وتم انتاج تطبيقات مختلفة للخرائط (الخرائط الإلكترونية) ومنها خرائط الكوكل (Google Maps) في اجهزة الحاسوب واجهزة المحمولة (الموبايل)، وانتشرت بشدة في السنوات الأخيرة، وتحتوي خرائط الكوكل على معالم مختلفة للمدن والطرق والأنهار والبحار وغيرها، وتحتوي على مقياس رسم خاص بها.

3-4-1 قياس المسافة بين نقاط متعددة في خرائط الكوكل

تسهل ميزة قياس المسافة في خرائط الكوكل معرفة المسافة الدقيقة بين نقطتين او أكثر مثلاً لطريق او مسافة بين منطقتين وغيرها، وايضا قياس المساحات لمدن او اراضي وغيرها وبالاتماد على مقياس الرسم الموجود على خرائط الكوكل، ويمكن قياس المسافات بين مكانين او عدة اماكن في خرائط الكوكل في تطبيقات اجهزة الحاسوب وفي اجهزة المحمول كما يلي:

a - قياس المسافات في خرائط الكوكل في اجهزة الحاسوب

لمعرفة كيفية قياس المسافات باستخدام خرائط الكوكل نتبع الخطوات التالية:

1- يتم فتح متصفح الويب في جهاز الحاسوب والانتقال إلى خدمة خرائط الكوكل وبعدها الضغط بزر

الفأرة الأيمن على الخريطة ومن ثم تظهر القائمة المنسدلة وفيها يظهر لك خيار قياس المسافة.

- 2 - النقر في أي مكان على الخريطة لرسم خط بين نقطة البداية ونقطة النهاية (المسافة المراد قياسها)، تظهر المسافة على شكل خط مستقيم في مربع أسفل الشاشة ويمكنك النقر فوق النقاط المحددة لإزالتها.
- 3 - ومن أجل رسم مسار أكثر تعقيداً، يتم النقر على الخط والسحب إلى موضع آخر وايضا السحب والنقر عند نقاط مختلفة حسب مسار المسافة المراد قياسها كما في الشكل (4-12).
- 4 - يتم ضبط المسافة الإجمالية المقاسة بين نقطتي البداية والنهاية تلقائياً.
- 5 - بدلاً من اتباع الخطوات في اعلاه يمكن رسم أي مسار بالنقر بشكل متكرر على المسار المطلوب.

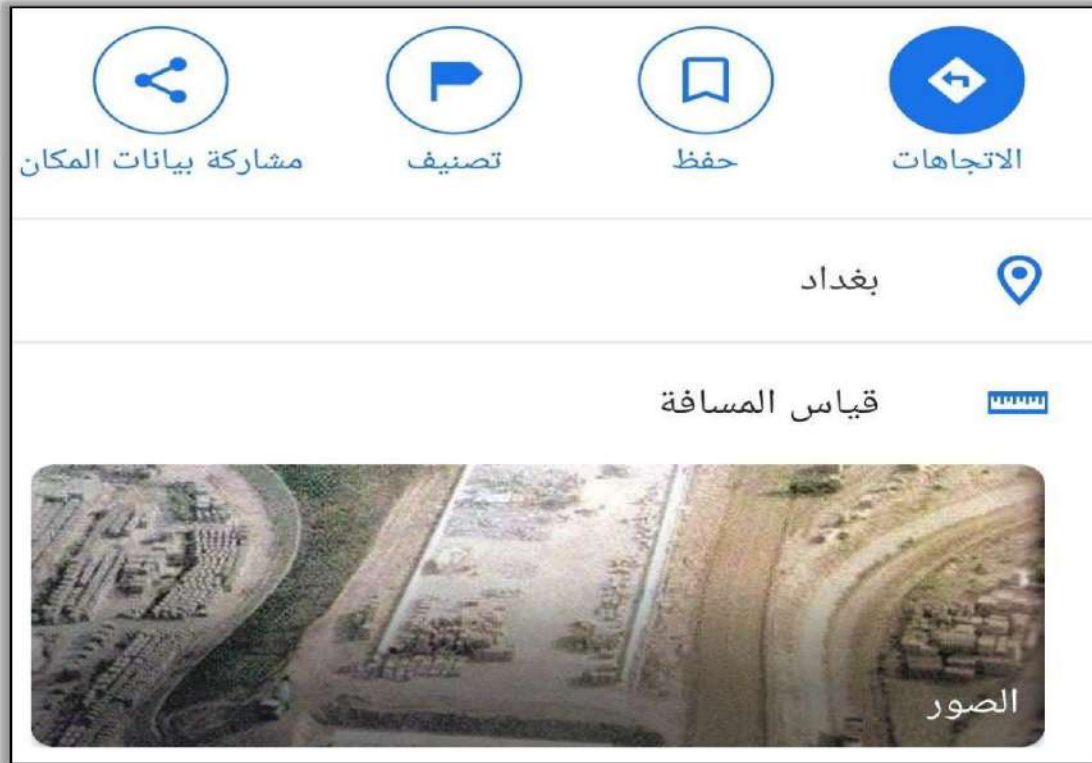


الشكل (4-12) المسافة بين عدة أماكن في بغداد باستخدام خرائط الكوكل في أجهزة الحاسوب

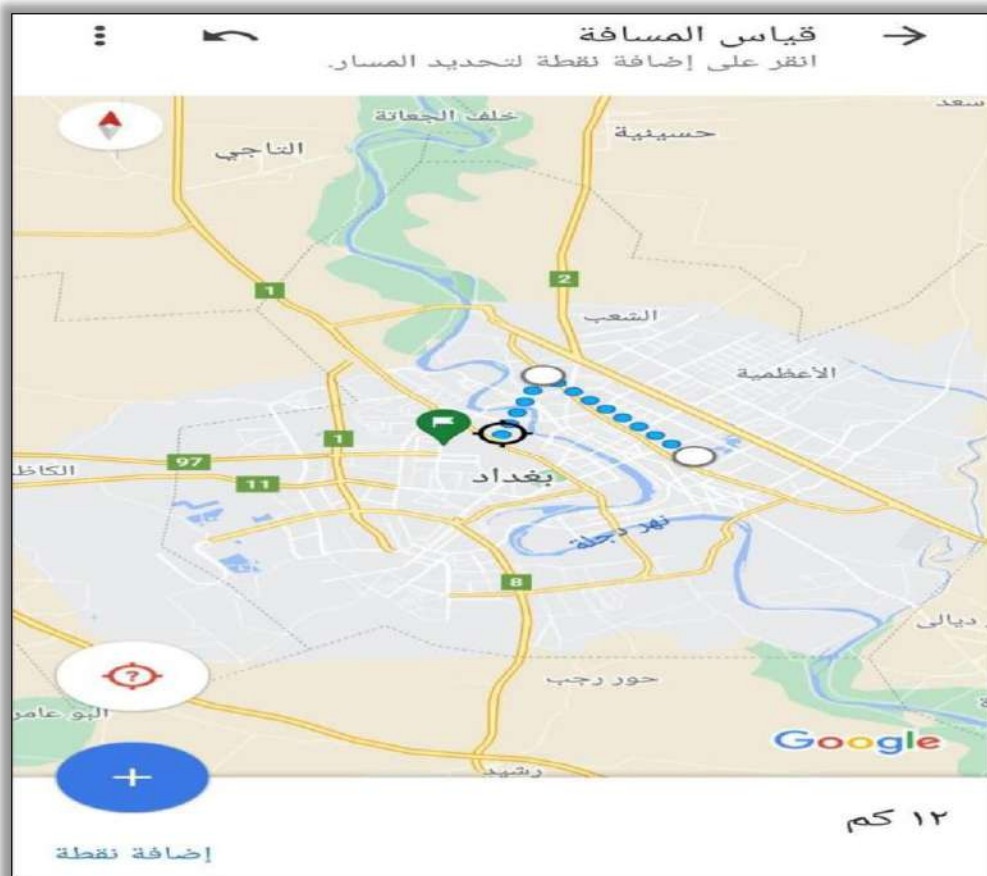
b - قياس المسافات في خرائط الكوكل في أجهزة المحمول:

لمعرفة كيفية قياس المسافات باستخدام خرائط الكوكل نتبع الخطوات التالية:

- 1 - فتح تطبيق خرائط الكوكل في أجهزة المحمول (الموبايل) الاندرويد أو الايفون.
- 2 - الضغط مطولاً على نقطة البداية، حتى تظهر علامة حمراء في الجزء السفلي من الشاشة، وبعدها الضغط على اسم المكان سواء مدينة أو بلدة أو حتى محل تجاري.
- 3 - الضغط على اختيار قياس المسافة كما في الشكل (4-13)، بحيث تعود إلى الخريطة مرة أخرى مع ظهور نقطة بيضاء عبر النقطة التي تم تحديدها.
- 4 - الضغط مع الاستمرار ثم سحب الخريطة بحيث يشير التقاطع إلى النقطة التالية التي تريد إضافتها.
- بمجرد وضع علامة التقاطع في مكانها اضغط على زر + باللون الأزرق.
- 5 - تظهر المسافة بين النقطتين الأولى والأخيرة (المراد قياسها) في الجزء السفلي الأيمن من الشاشة.
- 6 - من أجل قياس مسافة أكثر تعقيداً يتم تعيين نقطة جديدة عند كل منعطف تحتاج إلى القيام به، كما في الشكل (4-14).



الشكل (4-13) اختيار قياس المسافة في تطبيق خرائط الكوكل في اجهزة المحمول.



الشكل (4-14) قياس المسافة بين عدة اماكن في بغداد باستخدام خرائط الكوكل.

اسئلة الفصل الرابع

- س1. عدد انواع المقاييس العددية مع ذكر مثال لكل نوع.
- س2. عدد انواع المقاييس الترسيمية مع رسم لكل نوع.
- س3. عدد انواع طرق حساب المسافات الارضية باستخدام مقياس الرسم.
- س4. إذا كانت المسافة بين مدينتين 256 km، ورسمت على خريطة بمقياس رسم 1:400,000، فكم مقدار هذه المسافة على الخريطة بالسنتيمترات ؟
- س5. اذا كان البعد بين منطقتين على الخريطة 12.5 cm وكانت الخريطة مرسومة بمقياس رسم 1:700000، جد البعد الحقيقي للمنطقتين بالكيلومترات .
- س6. مدينة مساحتها على الخريطة 15 cm^2 ، وكان مقياس الرسم للخريطة $1/10000$ ، فما هي مساحة المدينة على الارض ؟
- س7. طريق طوله 15 km، فما مقدار طوله عند رسمه على خريطة؟ اذا كان مقياس الرسم المستخدم $1/5000$.
- س8. ارض مستطيلة الشكل مرسومة على خريطة بمقياس رسم $1/4000$ ، وكان طولها 8 cm وعرضها 14 cm ، فما هي الاطوال الحقيقية لهذه الارض ؟

الأجهزة والمعدات المستخدمة في المساحة

Surveying Devices & Equipment's

الفصل الخامس

الاهداف: سيتعرف الطالب بنهاية الفصل على أبرز الاجهزة المستخدمة في اختصاص المساحة وهي:

1. شريط القياس .
2. شريط الأنفار .
3. جهاز التسوية (الميزان) .
4. جهاز قياس الزوايا (الثيودولايت) .
5. جهاز المسافات الالكتروني .
6. شريط القياس الالكتروني .
7. جهاز المحطة المتكاملة .
8. الكاميرا الرقمية .
9. الطائرة المسيرة (الدرون) .
10. الكاميرا الحرارية .
11. جهاز المسح الليزري .
12. جهاز اللايدار .
13. جهاز نظام التموضع العالمي .
14. جهاز الرادار الأرضي .

1-5 مقدمة

Introduction

يعتمد علم المساحة بشكل كبير على الأجهزة والمعدات الخاصة بالمساحة، والتي تستخدم في استحصال القياسات والمعلومات المساحية الأخرى لأغراض التحليل واتخاذ القرار من قبل المهندس المسؤول في المشروع الهندسي. تختلف هذه الأجهزة فيما بينها، لاحظ الشكل (1-5)، من حيث:

1. الدقة.
2. الكلفة.
3. الغرض من الاستخدام.
4. الخصائص والمواصفات.

أغلب الأجهزة التي سيتم تناولها في هذا الفصل هي أجهزة تستخدم في الحقل، ولكن يمكن استخدام أغلبها في المشاريع التي تحتاج العمل ضمن بيئة داخلية لمشروع ما (أي داخل جدران غرفة أو منشأ ما)، ولكن عندها يجب مراعاة الطريقة الصحيحة لاستخدامها والتي تختلف عما إذا كانت تستخدم في ظروف خارجية وبيئة مفتوحة في الحقل.

إن أجهزة المساحة تستخدم في أغلب تخصصات وأنواع المساحة وكما تم تناولها ضمن الفصل الأول من هذا الكتاب ولكن هناك بعض الأجهزة التي تمتاز بدقتها وكلفتها العالية التي تستخدم بمشاريع معينة دون غيرها حيث تكون لها أغراض خاصة في القياس وتجمع نوع معين من المعلومات والبيانات. في هذا الفصل سنتناول أبرز أجهزة المساحة ابتداءً بأجهزة المسح الأرضي التقليدي، ثم الأجهزة الرقمية مروراً بأجهزة المسح التصويري والليزري ثم أجهزة المسح الجيوديسي وانتهاءً بأجهزة المسح الراداري.

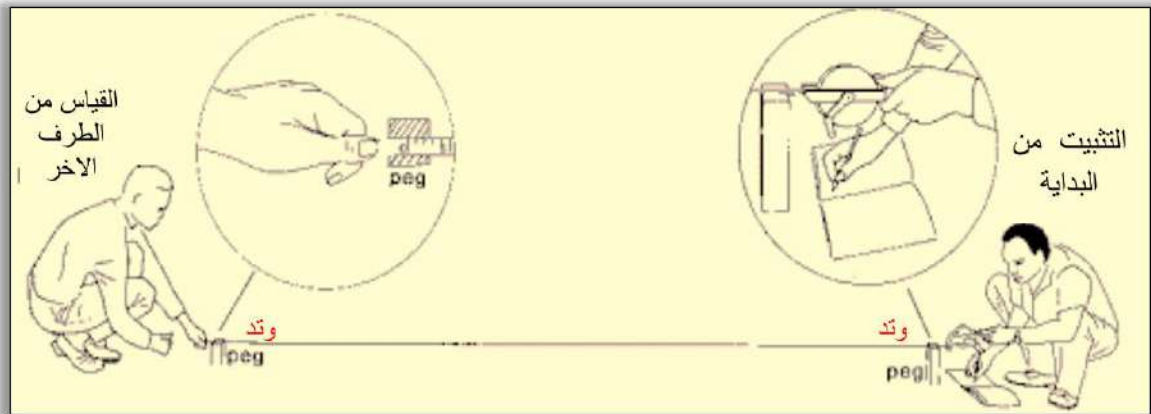


الشكل (1-5) مجموعة من الأجهزة الرقمية الحديثة المستخدمة في المساحة.

2-5 شريط القياس

Tape Measure

يعرف شريط القياس على انه أحد أبسط أجهزة القياس واطئة الدقة في المساحة. يستخدم في إيجاد الأبعاد الأفقية والمائلة والرأسية بين النقاط، عن طريق إمراره بصورة مباشرة فوق الخط الوهمي الواصل بين نقطتين وذلك لتحديد طول جسم ما أو المسافة بين جسمين. ويوجد الشريط على شكل لفة داخل عبوة معدنية أو بلاستيكية سميكة، وعلى الشريط توجد قراءات بوحدات المتر والسنتيمتر والمليمتر، كما يتوافر في أطوال مختلفة لتناسب مختلف الأعمال دون أن تُسبب إعاقة للعمل. ويمتاز بأنه سهل الاستخدام وآمن، وتحتوي نهاية الشريط على مشبك، ليتمكن الشخص الذي يقوم بالقياس من تثبيتها في أحد الأطراف، ثم سحبه وصولاً للطرف الثاني لأخذ القراءات اللازمة، لاحظ الشكل (2-5).



الشكل (2-5) استخدام شريط القياس في قياس المسافات الأفقية بين النقاط.

يصنع هذا الشريط عادة من مادة نسيجية فيها نسبة من القماش، ويعرف بالشريط القماشي أو الكتاني (Cloth Tape)، أو من المعدن ويعرف عندها بالشريط المعدني (Metallic Tape)، لاحظ الشكل (3-5). من مساوئ هذا النوع من الأشرطة انه قابل للتلف نتيجة الشد والجذب عند كثرة الاستخدام كما انه قابل للتمدد والانكماش نتيجة التأثير بدرجات الحرارة.

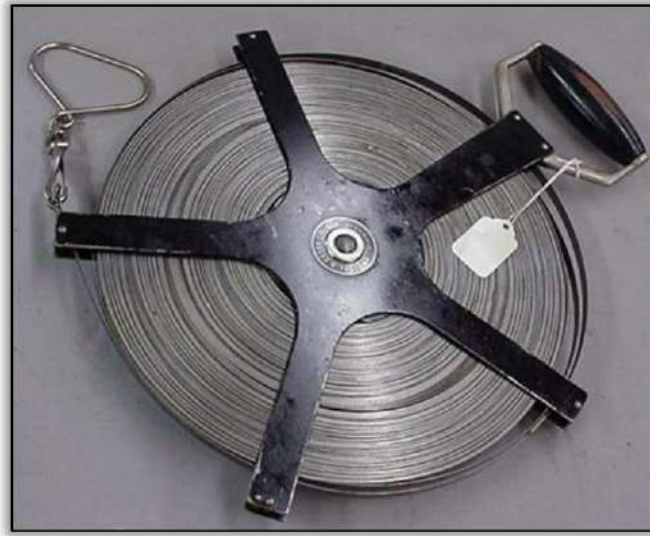


الشكل (3-5) شريط القياس.

3-5 شريط الانفار

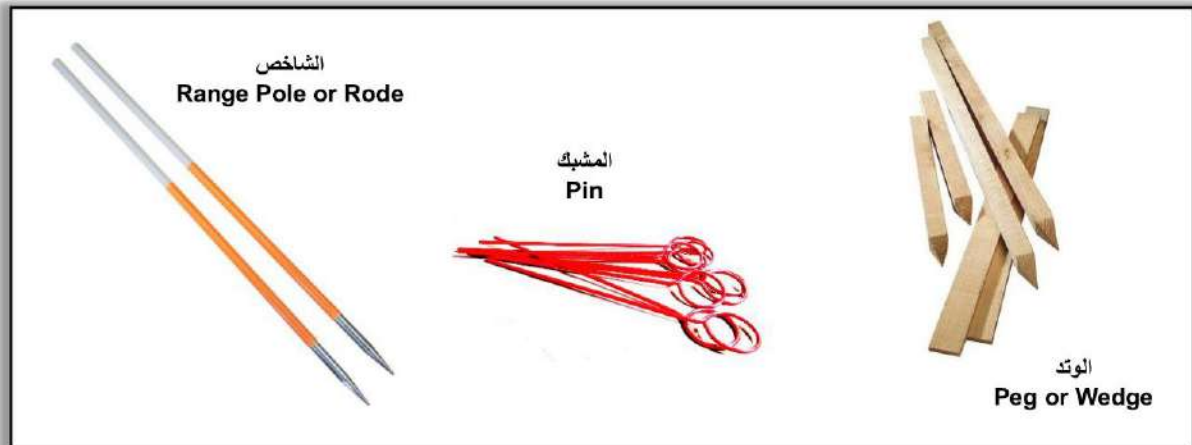
Invar Tape

وهو نوع اخر من شريط القياس ولكنه يستخدم في القياسات الاكثر دقة لأنه مصنوع من عدة مواد من أبرزها الحديد ولكن من مميزاتة انه لا يتأثر (الى حد كبير) بدرجات الحرارة، ولذلك هو غير قابل للتمدد او الانكماش أو حتى الصدأ وبالتالي يوفر قياسات اعلى دقة من شريط القياس الكتاني او المعدني الذي تم الاشارة اليه في الفقرة (2-5) ولكنه عادة ما يكون اعلى سعرا، لاحظ الشكل (4-5).

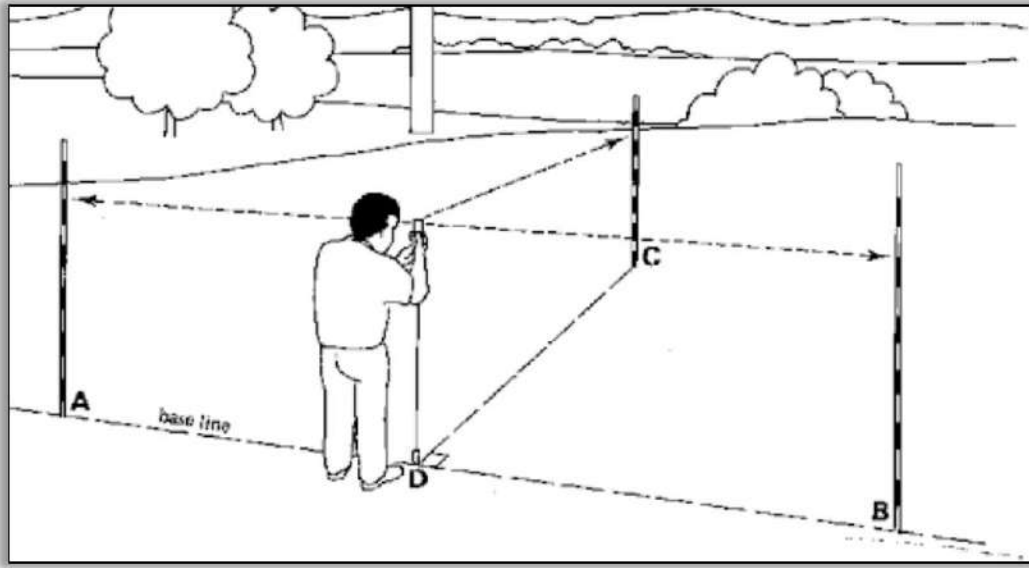


الشكل (4-5) شريط الانفار.

هناك ادوات مساعدة تستخدم مع شريط القياس في قياس المسافات الكبيرة التي تزيد على طول شريط القياس، مثل الشاخص Range Pole or Rode والوتد Peg or Wedge والمشبك Pin ، لاحظ الشكل (5-5). حيث يعرف الشاخص على انه عمود خشبي او معدني بطول 2 متر او أكثر، يكون ذا نهاية مدببة لتسهيل عملية غرزه في الارض ويستخدم في توجيه الخط المطلوب قياسه من خلال غرزه في مواقع النقاط الوسطية الواقعة على طول الخط الوهمي المطلوب قياسه بين النقطتين، سواء كانت النقطتين على ارض مستوية او مائلة او غير منتظمة ليكون دليلا، ويساعد على استقامة هذا الخط، لاحظ الشكل (6-5).



الشكل (5-5) أدوات مساعدة لشريط القياس.



الشكل (5-6) طريقة استخدام الشاخص مع شريط القياس.

Level

4-5 جهاز التسوية (الميزان)

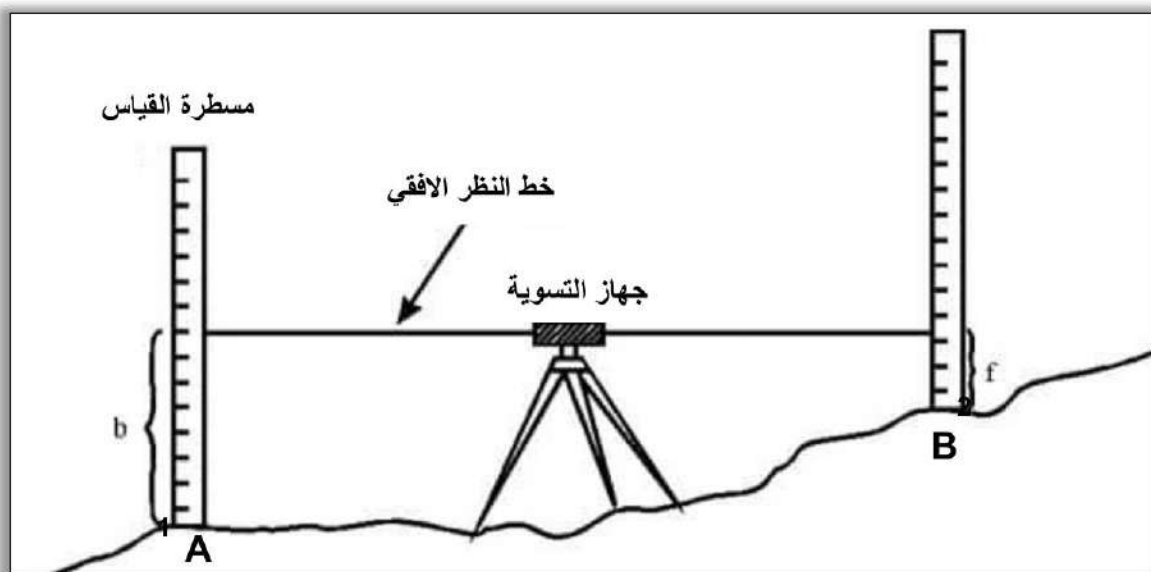
تستخدم أجهزة المساحة مثل شريط القياس في تحديد مواقع النقاط على الأرض في بعدي المستوي (س، ص) لكل نقطة. وبما أن الأرض ليست مستوية بل هي عبارة عن مجسم شبه كروي بثلاثة أبعاد تتخلله معالم الأرض المختلفة من جبال ووديان ومسطحات مائية، لذا نحن بحاجة لجهاز لقياس البعد الثالث (الارتفاع أو البعد الرأسى) لأي نقطة على الأرض، ليكون موقع أي نقطة يعكس الواقع بالأبعاد الثلاثة (س، ص، ع).

يستخدم جهاز التسوية أو ما يعرف بالميزان Level في قياس الارتفاعات للنقاط الأرضية في الكثير من المشاريع الهندسية، لاحظ الشكل (5-7). حيث يحسب الارتفاع عادة نسبة إلى مرجع ثابت أو مستوي مقارنة وعادة ما يكون مستوى متوسط منسوب سطح البحر (Mean Sea Level). تعتمد فكرة عمل جهاز الميزان على افتراض مستوي أفقي بين نقطتين لحساب ارتفاعات النقاط عبر رصد فروق الارتفاعات بين النقطتين، من خلال الاستعانة بمسطرة القياس (القامة) والتي يتم نصبها عند كل نقطة. حيث يتم تسجيل القراءتين عند النقطتين، ويكون فرق الارتفاع بينهما (فرق المنسوب) هو الفرق بين قراءة القامتين. فإذا ما علمنا منسوب نقطة واحدة من هذه النقاط أمكن حساب منسوب النقطة الثانية وهكذا.

إذا أخذنا المثال التالي والموضح في الشكل (5-8) حيث وضعت مسطرة القياس الأولى عند النقطة A معلومة المنسوب ووضعت مسطرة القياس الثانية عند النقطة B والمطلوب حساب منسوب النقطتين. عندها يمكن وضع جهاز الميزان بين النقطتين في نقطة وسطية يمكن اختيارها ونقوم بقراءة مسطرة القياس عند النقطة A وكانت تبلغ ($b = 2 \text{ m}$) ، بينما كانت قراءة مسطرة القياس عند النقطة B تبلغ ($f = 75 \text{ cm}$). إذن فرق القراءتين يساوي ($b - f = 1.25 \text{ m}$) وهو يمثل فرق المنسوب بين النقطتين A و B. فإذا علمنا مقدار منسوب نقطة A (أي ارتفاعها عن متوسط منسوب سطح البحر) فيمكن حساب منسوب النقطة B .



الشكل (5-7) جهاز التسوية (الميزان).



الشكل (5-8) مبدأ القياس بجهاز التسوية (الميزان).

توجد عدة أنواع من جهاز الميزان ،لاحظ الشكل (5 - 9) حيث تصنف الاجهزة بناءً على مبدأ عملها، دقتها، بالإضافة الى طبيعة المنطقة المراد الرصد فيها ومتطلبات المشروع النهائية، من هذه الانواع:

1. جهاز الميزان البصري: وهو جهاز يعتمد على القدرة البصرية للراصد في قراءة قياسات مسطرة القياس، ويتكون من تلسكوب حيث يوجد على أحد طرفيه العدسة العينية وعلى الطرف الآخر العدسة الشيئية لرؤية قراءات مسطرة القياس. و مثبت في اعلاه اداة التوجيه نحو الهدف ومركب على جانبه لولب توضيح الرؤية. اما في الاسفل فيوجد لولب الحركة الافقية البطيئة بالإضافة الى فقاعة التسوية الدائرية ولولب ضبط افقية الجهاز الثلاث. يثبت الجهاز على قاعدته (Tribrach) والتي تثبت بدورها على الحامل الثلاثي الارجل (الركيزة Tripod) عند الرصد.

2. جهاز الميزان الرقمي أو الإلكتروني: وهو جهاز يتميز عن النوع البصري بإمكانية تسجيل القراءات في ذاكرة الجهاز دون الحاجة لتسجيلها يدوياً في دفتر القراءات. كما يحتوي الجهاز على لوحة مفاتيح لتسجيل اية بيانات متعلقة بالمشروع وتخزينها في ملفات رقمية في ذاكرة الجهاز. يمكن استخدام نوع خاص من مساطر التسوية مع هذه الجهاز والمسماة بـ Bar-Coded Staff وهي ليست مسطرة قياس مدرجة بالأرقام الاعتيادية، حيث يمكن للجهاز ان يحدد تقاطع المستوي الافقي مع مسطرة القياس بصورة الكترونية وبالتالي يمكن الحصول على قراءات فروق الارتفاع بين جهاز الميزان ومسطرة القياس بشكل الكتروني أكثر دقة. قد تحتوي بعض انواع اجهزة الميزان الرقمية على جهاز موازنة ذاتي (Compensator) تساعد في الحفاظ على افقية الجهاز قبل الرصد حيث يكون ذو فائدة عظيمة في المواقع الانشائية التي تكثر فيها حركة المعدات الثقيلة واهتزازات الارض والذي يؤثر سلباً على دقة القراءات.

3. جهاز الميزان الليزري: وهو جهاز يعتمد على إطلاق اشعة ليزرية في مستوي افقي نحو الهدف حتى تنعكس عند اصطدامها بمسطرة التسوية العاكسة (على شكل خلايا موشورية) من نوع خاص تستعمل مع هكذا نوع من الاجهزة. وبالتالي يقوم مستقبل الليزر الذي يتحرك على مسطرة القياس بتحديد قراءة تدريج هذه النقطة الكترونياً ويتم تسجيل القراءات اليأ داخل ذاكرة الجهاز. يمتاز هذا النوع من الاجهزة بأنه لا يتطلب اي توجيه بصري من الراصد باتجاه مسطرة القياس وبالتالي فان الراصد يتواجد مع مسطرة القياس وليس مع الجهاز.

4. جهاز الميزان الدقيق: وهو جهاز يمتاز بدقة القراءات التي يمكن استحصالها عبره في قياسات فروق المناسيب بين النقاط.حيث انه يعرف باستخداماته في التسوية الدقيقة Precise Levelling مثل مراقبة السدود والمنشآت الضخمة والتي تحتاج لدقة عالية في العمل. وهو جهاز لا يختلف في شكله او تصميمه عن الميزان البصري العادي **الا انه يختلف عنه في:**

- يكون منظاره ذو قوة تكبير عالية جداً وقطر العدسة الشيئية كبيراً ونو بعد بؤري عالي لغرض زيادة شدة وضوح الاجسام من مسافات بعيدة جداً.
- يقيس لوحداث صغيرة جداً تصل لعشر المليمتر الواحد ودقته تصل لـ 0.2 ملم / كيلومتر.
- لا يكون التلسكوب مثبت في المحور الرأسي بل يكون قابل للحركة بحيث يمكن تحريك التلسكوب لأعلى وأسفل بدرجة بسيطة لضمان افقية الجهاز بدرجة عالية من الدقة.
- مزود بميكرومتر داخلي يسمح بقراءة القياس على مسطرة القياس بدقة تصل الى 1 مليمتر او اقل.

- (e) مزود بشعرات الاستاديا والتي يمكن من خلالها حساب المسافة بين الميزان ومسطرة القياس.
- (f) يحتوي على فقاعة مائية من نوع لا يتغير طولها باختلاف درجات الحرارة وتكون بدرجة حساسية عالية.
- (g) تكون اغلب الاجهزة من نوع ذاتية الضبط Self-Levelling.



الميزان البصري
Optical Level



الميزان الرقمي
Digital Level



الميزان الليزري
Laser Level



الميزان الدقيق
Precise Level

الشكل (5-9) أنواع أجهزة الميزان.

أما عن مسطرة القياس او مسطرة التسوية Staff فتعد من أهم الادوات المستخدمة مع جهاز الميزان لأجراء اعمال التسوية. تعرف مسطرة القياس على انها مسطرة مدرجة لأمتار وسنتمترات يتراوح طولها بين 3 و 5 أمتار. تصنع مسطرة القياس اما من الخشب او من الالمنيوم وتوجد عدة انواع من مساطر القياس، لاحظ الشكل (5-10):

1. **مسطرة القياس المطوية :** التي تتكون من أكثر من قطعتين متصلتين ويمكن طيهم عند النقل والخرن وعند الاستعمال يتم فرد مسطرة القياس في استقامة واحدة.
2. **مسطرة القياس التلسكوبية او المتداخلة :** حيث تتكون من ثلاثة أو اربعة اجزاء متداخلة تنزلق داخل بعضها، وتتميز بصغر طولها عند النقل والخرن وقد صممت بهذا الشكل لضمان عدم وجود ميل في اي جزء من اجزاءها.
3. **مسطرة القياس المنزلقة :** المتكونة من جزأين منفصلين احدهما ينزلق وراء الاخر في مجرى صغير صمم لهذا الغرض.
4. **مسطرة القياس ذات القطعة الواحدة :** والتي غالبا لا يتجاوز طولها المترين حتى يسهل حملها ونقلها.



الشكل (5-10) أنواع مسطرة القياس المستعملة في جهاز الميزان.

Theodolite**5-5 جهاز قياس الزوايا (الثيودولايت)**

يعتبر جهاز الثيودولايت هو أشهر جهاز مساحي في قياس الزوايا حيث يرجع تاريخ ظهوره لأول مرة بشكله الأولي البسيط الى القرن السادس عشر الميلادي. يتكون الجهاز بأبسط صورته من تدريج دائري افقي مركب على عمود رأسي ومثبتة عليه مسطرة دوارة، ويحتوي على ورنية Vernier وهي تدرج اضافي يركب على التدريج الاصلي لزاوية الثيودولايت بحيث يمكن قياس الزوايا بأجزاء من الدرجة. وقد ظهر الثيودولايت المساحي الدقيق بصورته الحالية لأول مرة في بدايات القرن العشرين وبقي يستخدم لعقود طويلة حتى ظهور الاجهزة الالكترونية الحديثة. الشكل (5-11) يوضح جهاز الثيودولايت نوع T2 من انتاج شركة Wild السويسرية.



الشكل (5-11) جهاز ثيودولايت نوع T2 الشهير من شركة Wild السويسرية.

يستخدم الثيودولايت في قياس الزوايا الافقية والرأسية بدقة عالية تصل لثنائي الدرجة وقد استخدم في المشاريع الهندسية (الى جانب جهاز الميزان) لسنين طويلة بشكليه التقليدي البصري Optical Theodolite والرقمي Digital Theodolite ولكن مؤخرا قل استخدامه بدرجة كبيرة نتيجة ظهور جهاز المحطة المتكاملة Total Station والتي عوضت عن استخدام الثيودولايت بسبب سهولة استخدامها واعتمادها على التقنيات الالكترونية.

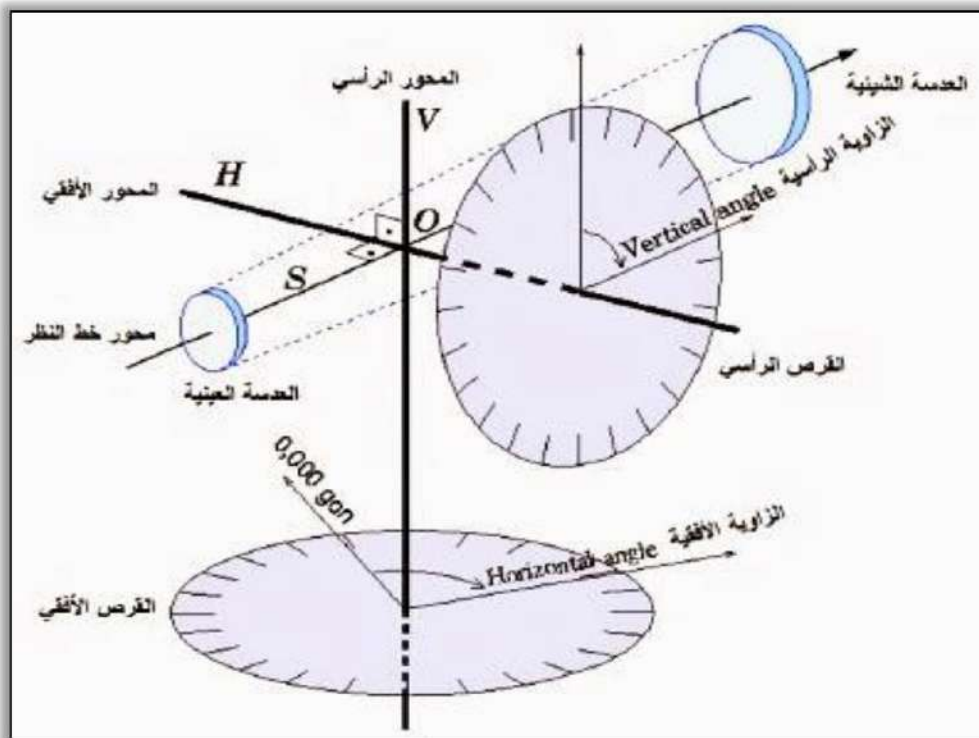
يتكون جهاز الثيودولايت البصري Optical Theodolite من الاجزاء التالية:

1. الدائرة الافقية Horizontal Circle: وهي الدائرة الرئيسية المسؤولة عن قياس الزوايا الأفقية، ولها لولبين للحركة أحدهما للحركة السريعة والآخر للحركة البطيئة.
2. الدائرة الرأسية Vertical Circle: وهي الدائرة الرئيسية المسؤولة عن قياس الزوايا الرأسية وتحتوي على ميزان تسوية (فقاعة) رأسية.
3. المنظار (التلسكوب) Telescope: والذي يحتوي على لولبين للحركة الرأسية أحدهما للحركة السريعة والآخر للحركة البطيئة، بالإضافة الى وجود العدسة العينية قرب عين الراصد والعدسة الشيئية في الجانب الآخر من التلسكوب والمخصصة لرؤية الهدف. كما يحتوي التلسكوب على لولب توضيح الرؤية قرب العدسة العينية والتي عادة ما يتم ضبطها عند الرصد حسب شدة وضوح نظر الراصد.
4. القاعدة Tribrach: وهي تمثل القاسم المشترك لأغلب الاجهزة المساحية، وهي التي يتم استخدامها لتثبيت الجهاز على الحامل الثلاثي Tripod وتحتوي على ثلاثة لولب لضبط افقية الجهاز بالإضافة لمنظار تسامت ضوئي لضمان وقوع الجهاز فوق النقطة الارضية المطلوبة.

يحتوي جهاز الثيودولايت البصري Optical Theodolite على ثلاثة محاور رئيسية للقياس وكما موضحة في الشكل (5-12):

1. المحور الافقي: وهو المحور المار بمركز الدائرة الرأسية ويدور الجهاز حوله في مستوي رأسي.
2. المحور الرأسي: وهو المحور المار بمركز الدائرة الافقية ويدور الجهاز حوله في مستوي افقي.
3. محور خط النظر: وهو يمثل الخط الواصل بين نقطة تقاطع حامل الشعرات للعدسة العينية والمركز البصري للعدسة الشيئية.

أما الثيودولايت الرقمي Digital Theodolite فهو يشبه تماما الثيودولايت البصري في عمله، ولكنه يختلف بشاشته الالكترونية Display Monitor ولوحة المفاتيح Keyboard واللذان تساعدان الراصد في قراءة الزوايا المرصودة وتخزينها على ذاكرة الجهاز بدلا من قرائتها وتسجيلها بشكل يدوي كما في النوع البصري. كما يحتوي الجهاز على بطارية Battery للتشغيل وزر للتشغيل والاطفاء Switch on/off وكما موضح في الشكل (5-13).



الشكل (12-5) محاور جهاز ثيودوليت.



الشكل (13-5) الثيودوليت الرقمي Digital Theodolite

عند قياس الزوايا الأفقية بجهاز الثيودولايت يفضل اللجوء الى أسلوب الرصد الزاوي بوضعين مختلفين للحصول على دقة عالية للزوايا المرصودة. حيث يسمى الوضع الاول **Position I** بالقياس المتزامن **Right Face** ، وذلك عندما تكون الدائرة الرأسية للثيودولايت على يمين الراصد. اما الوضع الثاني **Position II** فيسمى بالقياس المتناسر **Left Face** وهو المتمثل بالرصد عندما تكون الدائرة الرأسية للجهاز على يسار الراصد، لاحظ الشكل (5-14).

يعتبر هذا الأسلوب في الرصد أسلوباً دقيقاً في قياس الزوايا الأفقية وذلك لأنه يعتبر أسلوب تدقيق مباشر للقياس واكتشاف اية اخطاء ممكن ان تحدث نتيجة لأسباب مختلفة. فاذا ما تم قياس الزاوية بالوضع المتزامن سيقوم الراصد بلف الجهاز افقياً 180° ثم لف المنظار رأسياً 90° للحصول على الوضع المتناسر ثم يقوم بإعادة التوجيه وقراءة الزاوية الأفقية مرة أخرى. حيث ان الفرق بين الوضعين المتزامن والمتناسر هو 180° والذي يجب ان يكون حاضراً في قياس الزاويتين عند الوضعين المذكورين. ففي حال وجود فرق بسيط في القراءتين بعد طرح الـ 180° فهذا دليل على وجود مصدر خطأ لهذا القياس، قد يتعلق بالراصد او بالجهاز او بالظروف الخارجية، ولذا وجب حساب هذا الخطأ والتخلص منه وحسب متطلبات عمل المشروع. علماً ان الاجهزة تختلف في دقتها من نوع لآخر وحتى طريقة قراءة الزوايا الأفقية والرأسية والتي يتحدد على اساسها مقدار هذا الخطأ ما اذا كان مقبولاً ام لا ليتم علاجه بالطريقة الرياضية المناسبة لاحقاً.



الشكل (5-14) الرصد الدقيق بجهاز الثيودولايت والذي يوضح أسلوب الوضع المتزامن والوضع المتناسر.

5-6 جهاز قياس المسافات الالكتروني Electronic Distance Measurement (EDM)

منذ خمسينيات القرن العشرين أصبح التفكير في استخدام الاجهزة الالكترونية لقياس المسافات عبر استخدام موجات الضوء والموجات الكهرومغناطيسية والاشعة تحت الحمراء، ومؤخرا تم استخدام اشعة الليزر، لاحظ الشكل (5-15). استخدمت هذه الاجهزة للمسافات الطويلة وفي حال وجود عوائق عند القياس (مثلا قياس المسافة على ضفتي النهر) حيث كانت عندها تستعمل كأجهزة منفصلة وبصفة مستقلة تسمى بالـ EDM اي جهاز قياس المسافات الالكتروني او يمكن تركيبها على ثيودولايت وذلك لقياس المسافات والزوايا معا عبر جهاز واحد.



الشكل (5-15) جهاز قياس المسافات الالكتروني والمستعمل في فترة السبعينيات من القرن العشرين.

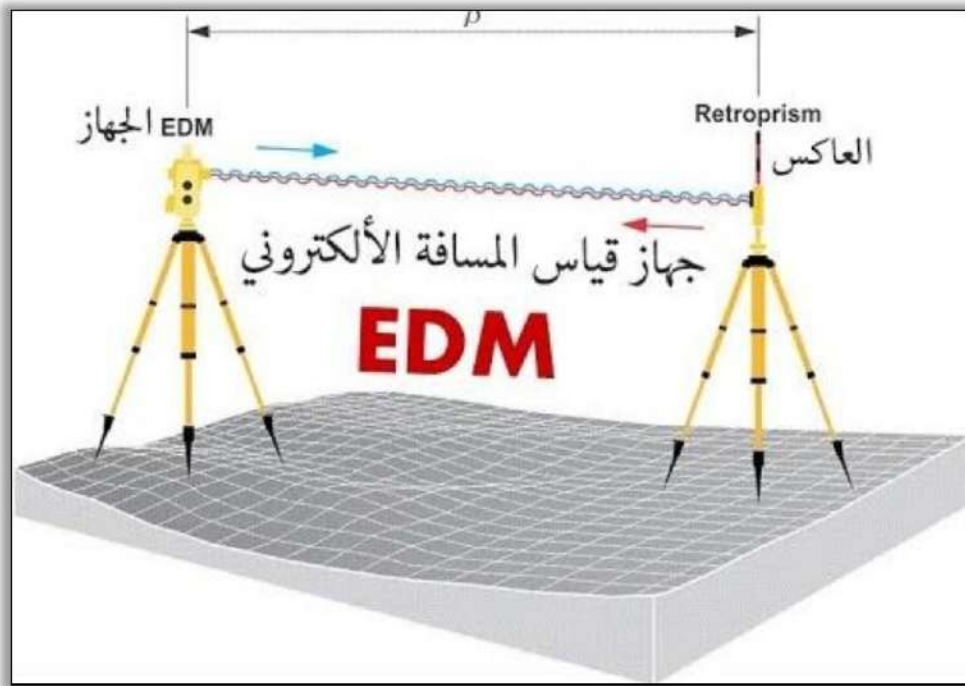
يعتمد مبدأ قياس المسافات الكترونيًا على المعادلة الرياضية التي تبين العلاقة بين المسافة والسرعة للضوء المنتقل في الهواء حيث أن المسافة = السرعة × الزمن. فإذا ما تم قياس سرعة موجة كهرومغناطيسية أثناء انتقالها بين نقطتين وقمنا بقياس الزمن الذي استغرقته هذه الموجة للانتقال بين النقطتين، فيمكننا عندئذ حساب المسافة بينهما. تعتمد النظرية الأساسية لعمل جهاز قياس المسافات

الالكتروني على اطلاق موجة من جهاز يوضع على احد طرفي الخط المراد قياس طوله الى نهاية الطرف الاخر من الخط حيث يوجد جهاز عاكس او ما يسمى بالـ Reflector.

يعرف العاكس على انه موشور زجاجي مصنوع من الزجاج النقي، حتى لا يحدث تشتت في الاشعة الكهرومغناطيسية المنعكسة عنه ويكون مطلي بمادة الفلوريسنت لزيادة قوة انعكاس الاشعة. حيث يوضع هذا العاكس داخل إطار بلاستيكي ملون لتسهيل عملية رؤيته من مسافات طويلة. يقوم العاكس بعكس هذه الموجة في نفس مسارها باتجاه الجهاز المرسل حيث يقوم الجهاز المرسل بقياس الفترة الزمنية التي استغرقتها الموجة من الانطلاق حتى العودة، حيث ان الفترة الزمنية = وقت الاستقبال - وقت الارسل، لاحظ الشكل (5-16). تعتبر الفترة الزمنية المقاسة هي الزمن الفعلي الذي استغرقته الموجة في قطع المسافة بين المرسل والعاكس والعودة الى المرسل والتي تقوم وحدة المستقبل بالجهاز باستقبالها وتسجيلها. بمعنى ان المسافة المحسوبة بين النقطتين والمتمثلتين بالمرسل والعاكس تساوي ضعف المسافة بينهما لذلك يتم تقسيم المسافة على 2 لتصبح المعادلة الرياضية ما يلي:

$$\text{المسافة بين المرسل والعاكس} = (\text{الفترة الزمنية المقاسة} \times \text{سرعة الموجة في الهواء}) / 2.$$

علما ان الموجة تنتقل بسرعة ثابتة تعادل سرعة الضوء في الهواء وهي تساوي 299792.458 كيلومتر في الثانية.



الشكل (5-16) مبدأ عمل القياس في جهاز قياس المسافات الالكترونية EDM .

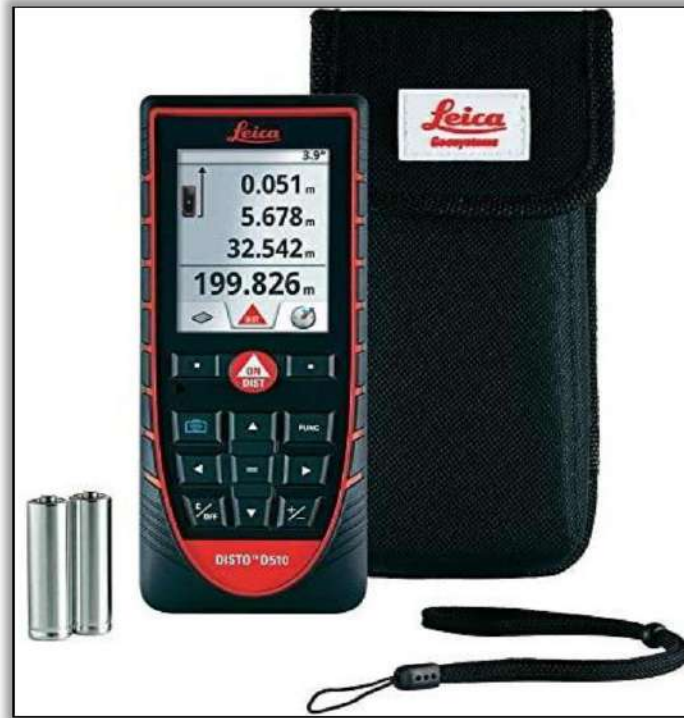
من الجدير بالذكر ان معظم اجهزة المساحة في قياس المسافات الكترونيا تعتمد على وجود عاكس يعكس الاشعة الصادرة من الجهاز المرسل، او يمكن استبداله باستخدام اهداف عاكسة Reflective Targets تثبت على الاجسام المرصودة وتستخدم في المسافات القصيرة والمتوسطة حيث تستخدم اشعة تعمل بموجات لها قابلية الانعكاس عند اصطدامها بالاهداف.

Electronic Tape

7-5 شريط القياس الالكتروني

وهو نوع من انواع شريط القياس الذي يعتمد على موجات الليزر المرئي في قياس المسافات، ويستخدم في الاعمال الهندسية واطئة الدقة (تصل لحوالي السنتيمترات). حيث يرسل الجهاز موجات ليزر عبر الضغط من قبل المستخدم على زر في اعلى الجهاز باتجاه الهدف او النقطة المراد قياس المسافة اليها ويكون الجهاز صغير الحجم ويحمل باليد Hand Held ، لاحظ الشكل (5-17). شاع استخدام هذا النوع من الاجهزة بشكل كبير في قياس المسافات بصورة تقريبية في الاعمال المساحية وغير المساحية، وذلك لسعره المناسب وسهولة استخدامه بالإضافة الى قابليته في استحصال قياسات مقبولة الدقة بدرجة كبيرة سواء كانت هذا المسافات مستقيمة او مائلة. يختلف شكل شريط القياس الالكتروني باختلاف الشركة المصنعة له فهناك اجهزة تتوافر فيها ادوات لا تتوفر في اجهزة الشركات الاخرى مثل وجود الكاميرا ووجود ذاكرة صغيرة لخرن القياسات بالإضافة الى احتواءها على حاسبة الكترونية صغيرة لاستخدامها في اجراء الحسابات الرياضية البسيطة عند اجراء القياسات في الحقل.

تحتوي جميع الاجهزة على شاشة عرض بحجم مناسب تستخدم لعرض القياسات، بالإضافة الى معلومات اخرى عن نوع القياس ودرجة ميلانه عن الشاقول، بالإضافة الى التحكم بشدة وضوح العرض على الشاشة. تعمل اغلب هذه الاجهزة عادة على بطاريات الليثيوم القابلة لإعادة الشحن والتي يجب شحنها قبل الخروج للحقل وتسمى تجاريا بشريط القياس الليزري Laser Distance Meter وتتوفر بمواصفات مختلفة وتصنف حسب أقصى المسافات التي يمكن ان تستخدم في قياسها.



الشكل (5-17) شريط قياس المسافات الليزري من شركة Leica السويسرية .

8-5 جهاز المحطة المتكاملة

Total Station Device

يعتبر جهاز المحطة المتكاملة Total Station أحد أكثر الاجهزة المساحية استخداماً وتكاملاً ودقة في الوقت الراهن، حيث انه حل محل جهاز الثيودولايت التقليدي بنوعيه البصري والرقمي وذلك لأنه يتكون من مجموعة من الوحدات التي تقوم بمهام مختلفة مجتمعة في جهاز واحد ولهذا سمي بالمحطة المتكاملة، لاحظ الشكل (18-5).



الشكل (18-5) جهاز المحطة المتكاملة Total Station من شركة Leica السويسرية .

يتكون جهاز المحطة المتكاملة من عدة مكونات:

1. جهاز ثيودولايت رقمي Digital Theodolite.
2. جهاز قياس المسافات الالكتروني EDM.
3. ذاكرة الكترونية لحفظ القياسات والبيانات الاخرى المتعلقة بالقياس.

4- وحدة حاسوب ومعالجة صغيرة لتشغيل البرامج الحسابية.

5- أجهزة ملحقة مثل البطارية ومجموعة العواكس والحامل الثلاثي وكيبل التوصيل بالكومبيوتر.

تمتاز اجهزة المحطة المتكاملة بدقتها العالية في قياس الزوايا الافقية والرأسية، والتي تصل الى الثانية الواحدة وايضا المسافات والتي تصل الدقة فيها الى المليمترات. تستخدم اجهزة المحطة المتكاملة في قياس المسافات القصيرة والمتوسطة، والتي تصل الى عدة كيلومترات حيث تحتوي على تلسكوب ذي قوة تكبير عالية لرصد النقاط على مسافات طويلة. هناك انواع منها تحتاج لاستخدام عاكس، اما النوع الاكثر انتشاراً وطلباً في اعمال المساحة فهو الذي لا يحتاج الى عاكس.

يتميز الجهاز ايضا باحتوائه على عدة ادوات حسابية تساعد الراصد في اكتشاف الاغلاط في لحظة حدوثها خلال القياس في الحقل، وبالتالي توفر فرصة معالجة الغلط وتصحيح القياس. تساعد وحدة التخزين المركزية الملحقة بالجهاز على سرعة العمل والتنظيم في اجراء القياسات، حيث يمكن سحب هذه البيانات على شكل تقارير قابلة للمعالجة بعد ربط الجهاز بالكومبيوتر عبر الكيبل الخاص بذلك. من مميزات الجهاز الاخرى هو قدرة تحمل العمل لساعات طويلة عبر استبدال البطارية ببطارية اخرى مشحونة، وتحمل الظروف الخارجية القاسية كالارتفاع الشديد في درجات الحرارة او الرطوبة العالية. ان خطوات تشغيل وضبط جهاز المحطة المتكاملة قد لا يختلف كثيراً عن بقية الاجهزة الالكترونية الاخرى ولكن تختلف طريقة عمله واستخدامه بطبيعة الحال من حيث المدخلات والمخرجات وكما يلي:

• المدخلات Input

1. وحدة قياس الزوايا.
2. ثابت العاكس المستخدم (في حال استخدام عاكس).
3. ارتفاع الجهاز والذي يتم ادخاله بعد قياسه في كل محطة .
4. ارتفاع العاكس المستخدم (في حال استخدام عاكس).
5. اسم المشروع.
6. اسم نقطة التسامت (التمركز) واثباتاتها.
7. بعض الاجهزة تسمح بإدخال كود معين لكل نقطة مرصودة (نوع النقطة ان كانت ركن بناية او شجرة او عمود ... الخ).

• المخرجات Output

1. الزوايا الافقية والرأسية.
2. المسافات الافقية والمائلة المقاسة منها والمحسوبة بالإضافة الى فروق الارتفاعات.
3. الانحرافات المستحصلة بين اثباتات النقاط المحسوبة.
4. اثباتات النقاط المرصودة.
5. خطأ الاقفال في القياسات.

6- نتاج التقاطع الامامي او العكسي.

7- كما تشمل المخرجات عمليات تسقيط الاهداف اي Setting Out والتي تكون احداثياتها معلومة مسبقا.

9-5 الكاميرا الرقمية

Digital Camera

تعتبر تقنيات المسح التصويري Photogrammetry من أهم تقنيات المساحة على مر السنين فهي التقنية الأساسية المستخدمة في انتاج الخرائط وكافة المعلومات المساحية الكثيفة والدقيقة المصاحبة لعملية انتاج الخرائط في آن واحد. حيث ان تقنيات المسح التصويري تمكن المستخدم من الحصول على بيانات كثيفة لإحداثيات مواقع النقاط وبكيفية تحاكي الواقع بالاعتماد على الصور الفوتوغرافية عالية الدقة سواء كانت هذه الصور تقليدية ورقية مطبوعة او صور رقمية. يمكن الحصول على هذه الصور من كاميرات رقمية Digital Cameras خاصة اعدت لهذا الغرض، حيث تقسم هذه الصور الى عدة انواع بناء على نوع المنصة التي التقطتها وموقعها المكاني، فهناك صور جوية وارضية واخرى فضائية تلتقط من كاميرات فضائية عملاقة مثبتة على الاقمار الاصطناعية.

هناك انواع مختلفة من الكاميرات الرقمية المستخدمة في المسح التصويري وجميعها تقع ضمن احد الصنفين التاليين:

- **الصنف الاول :** ويشمل الكاميرات الرقمية القياسية والمقصود بها هي الكاميرات المصنوعة أصلاً لتطبيقات المسح التصويري لذلك فهي تحتوي في المستوي البؤري (Focal Plane) الخاص بها على علامات استدلال (Fiducial Marks) والتي عن طريقها يمكن الوصول أو الاستدلال على مركز الصورة (Principal Point). وهذه الكاميرات يتم تعييرها مختبرياً من قبل مصنعي الكاميرا قبل استخدامها لأول مرة حيث يحسب البعد البؤري المعير لها، وكذلك يتم حساب احداثيات مركز الصورة وحساب مقدار التشوه العدسي كما ويمكن أن يتم ذلك حسابياً عن طريق ما يسمى بالتعير الذاتي (Self-Calibration)، لاحظ الشكل (5-19).
- **الصنف الثاني :** ويشمل الكاميرات الرقمية الغير قياسية وهي الكاميرات الاعتيادية (كاميرات الهواة)، والتي لا تحتوي على علامات استدلال وعناصر التوجيه الداخلي لها تكون غير معروفة لذلك فمن البديهي ان تكون أسعار هذه الكاميرات أقل من أسعار الكاميرات القياسية ولكن بالرغم من ذلك يمكن استخدام الكاميرات الغير قياسية في تطبيقات المسح التصويري والتي لا تتطلب دقة عالية لان دقة هذه الكاميرات أقل من دقة الكاميرات القياسية ، لاحظ الشكل (5-20) . ونظرا لتطور علم صناعة الكاميرات في وقتنا الحالي الى مراحل متقدمة للغاية فهناك بعض التطبيقات التي يمكن من خلالها استخدام كاميرات الموبايل Mobile Digital Cameras في الحصول على قياسات دقيقة واتخاذ القرار في العديد من المشاريع الهندسية.



الشكل (5-19) كاميرا رقمية جوية قياسية.



الشكل (5-20) كاميرا رقمية أرضية غير قياسية.

Unmanned Aerial Vehicle (Drone)

1-9-5 الطائرة المسيرة (الدرون)

تعتبر الطائرة المسيرة (الدرون) أحد أهم وسائل المسح التصويري الجوي واطئة الكلفة في الزمن الحالي وهي عبارة عن طائرة بمراوح أو بأجنحة ثابتة ، تستطيع الطيران لمسافات طويلة قد تصل للكيلومترات وضمن مدى التحكم اللاسلكي بها من قبل المستخدم ، لاحظ الشكل (5-21)، الطائرة المسيرة هي طائرة لا تحمل طيار ويتم التحكم بها عن بعد بواسطة لوحة تحكم لاسلكي، لاحظ الشكل (5-22). تحمل هذه الطائرة كاميرا رقمية للتصوير وعادة ما تكون ذات مواصفات خاصة بحيث يمكن حملها بواسطة الدرون ودقة وضوح عالية يمكن من خلالها التقاط صور جوية شديدة الوضوح تصل الى اجزاء السنتيمتر وقد تصل اذا ما حلفت بارتفاع طيران واطئ الى شدة وضوح تمكنها من استشعار اهداف ابعادها تصل الى المليمترات. يمكن استخدام الطائرات المسيرة بالتصوير الجوي، وكذلك التصوير الارضي وذلك لقابلية الكاميرا الرقمية فيها على الدوران 90° بين الافق والشافول. ولهذا يمكنها التقاط صور لواجهات المباني واغلب انواع العوارض الارضية وحسب خطة معدة مسبقا.

هناك انواع مختلفة من الطائرات المسيرة وتصنف عادة نسبة الى حجمها والبعد الذي يمكن ان تقطعه خلال فترة بقاءها في الجو، بالإضافة الى تصنيفات اخرى تتعلق بمواصفاتها وما يتوفر فيها من امكانيات واجهزة اخرى مثل جهاز التموضع العالمي GPS او جهاز المسح الليزري Lidar الى جانب الكاميرا الرقمية. حيث ان جميع هذه الخصائص المتوفرة في الطائرة تجعلها مؤهلة للاستخدام ضمن تطبيقات معينة. فهناك طائرات بمواصفات خاصة تستخدم في التطبيقات العسكرية لأغراض الامنية مثل مراقبة الاهداف او العوارض المتحركة او الثابتة. بينما منها من تستخدم في التطبيقات المدنية سواء ما يتعلق منها بالدراسات البيئية او الزراعية او تلك التي تستخدم في مراقبة الظواهر الطبيعية ودراسة الكوارث قبل وقوعها، بالإضافة الى العديد من التطبيقات الاخرى في التنقيبات الاثرية واعداد الخرائط الطبوغرافية وحتى في اكتشاف الالغام ومعالجتها.



الشكل (5-21) أمثلة على انواع الطائرات المسيرة (الدرون).



الشكل (22-5) الطائرة المسييرة (الدرون) مع لوحة التحكم الخاصة بها.

2-9-5 الكاميرا الحرارية

Thermal Camera

الكاميرا الحرارية هي جهاز يقوم بتصوير العوارض والظواهر باستخدام الأشعة تحت الحمراء، (وهي جزء من الطيف الكهرومغناطيسي والذي يشمل الأشعة السينية، وأشعة غاما، والأشعة فوق البنفسجية)، بدلا من استخدام الضوء المرئي كما هو الحال في الكاميرات العادية. وبالتالي تستطيع الكاميرا الحرارية تصوير واكتشاف الظواهر بطول موجي أطول من الطول الموجي المرئي الذي تعمل به الكاميرات العادية، لاحظ الشكل (23-5). أول كاميرا حرارية تعمل بالأشعة تحت الحمراء صنعت عام 1956 ثم تطورت بمرور الزمن مع تطور استخداماتها.

تُستخدم الكاميرات الحرارية للتصوير الحراري على نطاق واسع في اكتشاف تغيرات درجات الحرارة في الأجسام واكتشاف المناطق الساخنة والعيوب غير المرئية في المباني، أو الماكينات، أو الأنظمة الكهربائية، التي قد تشير إلى وجود مشكلة محتملة. كما تُستخدم في مسح المناطق التي يصعب الوصول إليها باستخدام أدوات القياس التقليدية.



الشكل (5-23) أمثلة على الكاميرات الحرارية.

يتم الحصول على التصوير الحراري باستخدام الكاميرات الحرارية التي يمكنها "رؤية" الطاقة الحرارية المنبعثة من الجسم. وتُعد الطاقة الحرارية المنبعثة أو الأشعة تحت الحمراء هي بمثابة ضوء غير مرئي للعين البشرية. حيث تنتج كاميرات التصوير الحراري صوراً غير مرئية بالأشعة تحت الحمراء، أو بإشعاع الحرارة. فالكاميرات الحرارية تتمتع بأجهزة استشعار ذات موثوقية عالية في المسح التصويري بأنواعه المختلفة وتعتبر تكنولوجيا متقدمة في معالجة الصور حيث تقدم تبايناً ممتازاً بالعوارض بغض النظر عن طبيعة المشهد المصور.

Laser Scanning Device

10-5 جهاز المسح الليزري

مما تتقدم وصفه في أجهزة المساحة نجد ان اغلبها تقوم بتسجيل بعض التفاصيل المميزة للأجسام والعوارض الأرضية، والتي تمكننا من توصيف الواقع بأدق ما يمكن. المسح الليزري يقع ضمن هذا الوصف ولكنه يختلف عن الأجهزة الأخرى في انه يقوم بتسجيل عدد ضخم من البيانات بالنظام الثلاثي الأبعاد وضمن الثانية الواحدة وبالتالي فهو قادر على انجاز المسح للمشروع الهندسي في وقت قياسي جداً ولهذا فهو يشكل وصفاً غنياً للتفاصيل الموجودة في الواقع، لاحظ الشكل (5-24).



الشكل (24-5) مثال يوضح سرعة العمل في انجاز المسح باستخدام المسح الليزري.

في الهندسة الحديثة، يستخدم مصطلح المسح الليزري غالباً ليعبر عن أحد معنيين مختلفين تماماً. **الأول** والأكثر عمومية أشعة الليزر مرئية أو غير مرئية والتي تستخدم مثلاً في بعض الطابعات ثلاثية الأبعاد في النماذج الأولية السريعة ، في آلات معالجة المواد، وآلات النقش بالليزر، وأنظمة الليزر لعلاج طول النظر، والمجهر البؤري، وطابعات الليزر، عروض الليزر، تلفزيون الليزر، والمساحات الضوئية الباركود.. الخ. أما **الثاني** فهو المعنى بالتقنية الهندسية الأكثر تخصصاً ويعني استخدام أشعة الليزر في اجراء القياسات للأجسام بمختلف أنواعها وبالتالي فهو يسهل اتخاذ القرار في الكثير من التطبيقات وأهمها المشاريع الهندسية. تستخدم هذه التقنية لالتقاط أشكال الأشياء والمباني والمناظر الطبيعية بسرعة عبر ارسال شعاع ليزري من مرسل الجهاز نحو الهدف ليرتد عنه ويتم تسجيله في جهاز المستلم. وهي طريقة المسح الذي يقيس المسافة إلى الهدف من خلال الشعاع الليزري وقياس الإشارة المنعكسة بواسطة جهاز استشعار ومتحسس خاص صنع خصيصاً لهذا الغرض. ويمكن بعد ذلك أن تستخدم الاختلافات في أوقات عودة الليزر وأطوال الموجات بهدف توليد نماذج رقمية ثلاثية الأبعاد. ان جهاز المسح الليزري ثلاثي الأبعاد هو أداة تقوم بتحليل عناصر بنائية أو بيئة عمرانية، لأجل تجميع معلومات مكانية تتعلق بشكلها ومظهرها، تليها عملية استخدام المعلومات المجمعة لغرض بناء مجسم رقمي ثلاثي الأبعاد كنسخة للأصل، لاحظ الشكل (5-25) .

من ميزات المسح الليزري:

1. سرعة التقنية في تحصيل المعلومات، ودقتها في النتائج النهائية.
2. الحصول على كمية كبيرة من البيانات للمنطقة المسوحة.
3. الحصول على بيانات الجسم الممسوح دون تماس معه، حال صعوبة الوصول للجسم.



الشكل (5-25) مثال يوضح النموذج الرقمي المستحصل من المسح الليزري.

وبالتالي فان لهذه التقنية القابلية على توفير الجهد والوقت والكلفة مجتمعين بالإضافة الى كفاءتها في تحسين عملية التصميم وتقليل الأخطاء خلال العمل في المشروع الهندسي.

ان جمع البيانات ثلاثية الأبعاد مفيدة لمجموعة واسعة من التطبيقات حيث تستخدم هذه الأجهزة على نطاق واسع في مشاريع الهندسة المدنية والمعمارية بالإضافة الى العديد من التطبيقات الاخرى كالبيئية والجيولوجية فضلاً عن دورها الهام مؤخراً في المجالات الطبية والتي تكون لها مواصفات خاصة تختلف عن تلك المستخدمة في المشاريع الحقلية. وتشمل التطبيقات الشائعة الأخرى لهذه التكنولوجيا التصميم الصناعي وتقويم العظام والأطراف الاصطناعية وصناعة النماذج الأولية ومراقبة الجودة وصحة المباني وتوثيق القطع الأثرية.

تقسم أجهزة المسح الليزري حسب نوع المنصة التي تحمل الجهاز الى، لاحظ الشكل (5-26):

1. المسح الليزري الارضي Terrestrial Laser Scanner.
2. المسح الليزري الجوي Airborne او ما يعرف باللايدار "Light Detection and Ranging".
3. المسح الليزري المحمول Mobile Laser Scanner.
4. المسح الليزري الفضائي Satellite Laser Scanning.

يعتبر الماسح الليزري الارضي (Terrestrial Laser Scanner (TLS هو أكثر انواع المسح الليزري شيوعاً، حيث يمكن نصبه على حامل ارضي ثابت في كل نقطة رصد، ويمكن حمله مع الحامل الى نقاط الرصد الاخرى كما تحمل بقية الاجهزة المساحية. يستطيع جهاز المسح الليزري الارضي من الحركة أفقياً ورأسياً بصورة آلية عبر التحكم به عن بعد من قبل الراصد. حيث ان الراصد يبدأ بتحديد مجال الرؤية للهدف الذي يريد رفع معالمه كما يحدد المسافة المطلوبة للقياس بين الجهاز والهدف في كل محطة قياس. يبدأ الجهاز بالرفع المساحي بالليزر آلياً وبصورة مستمرة حتى يكتمل رفع جميع المعالم

في مجال الرؤية المحددة فيتم عندها تخزين البيانات آلياً في ذاكرة الجهاز ليسهل سحبها من قبل المستخدم لاحقاً في المكتب وبالتالي معالجتها وتحليلها.



الشكل (5-26) انواع منصات المسح الليزري.

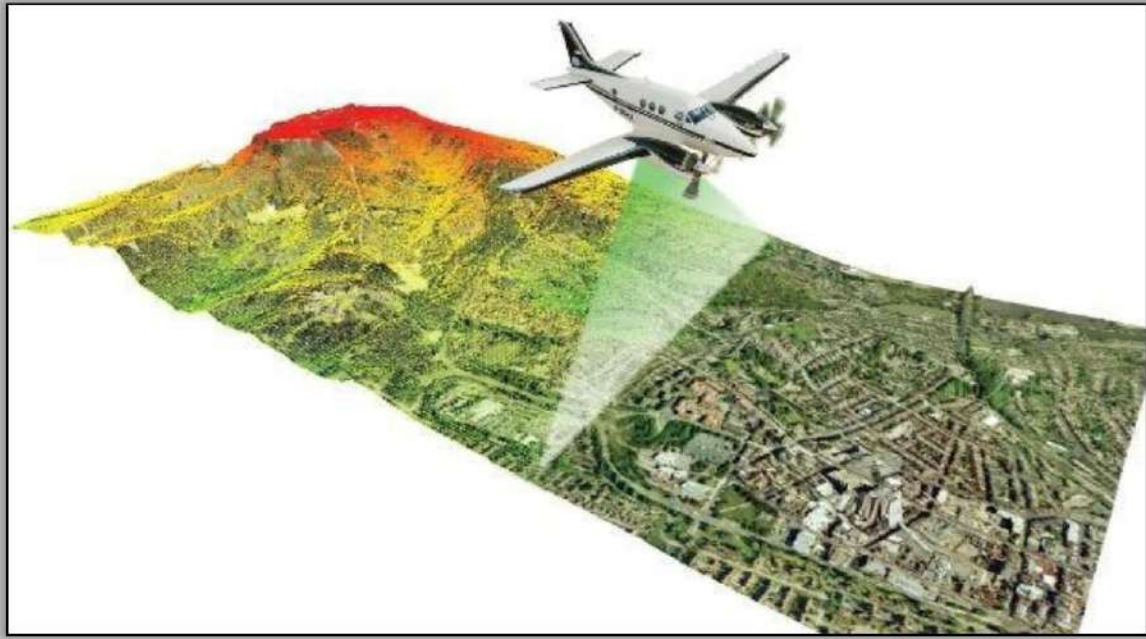
Light Detection and Ranging “Lidar” Device

1-10-5 جهاز اللايدار

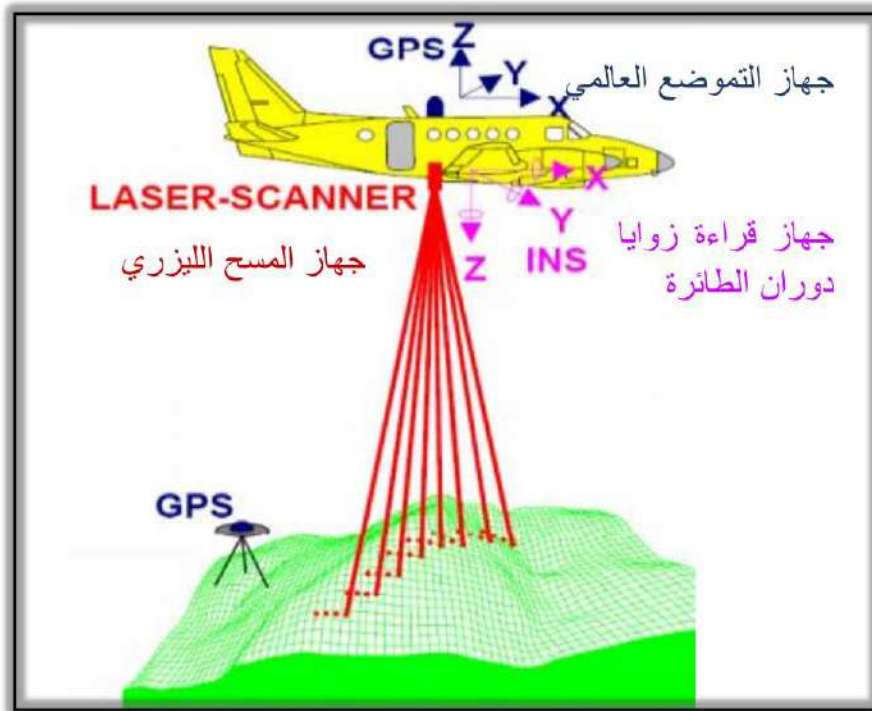
جهاز اللايدار هو جهاز مسح ليزري جوي يعمل بنفس التقنية التي تم ذكرها سابقاً في المسح الليزري الارضي ولكنه يختلف عنه بأنه يكون محمول جواً على طائرات خاصة منها ما تكون ثابتة الجناح وكبيرة ومنها ما تكون مروحية بحجم اقل نسبياً وظهر مؤخراً نوع اخر يكون صغير الحجم نسبياً ومحمول على الطائرات المسييرة (درون). يتميز هذا النوع من الاجهزة بأنه عبارة عن منظومة متكاملة تحتوي على عدة اجهزة ومكونات في جهاز واحد يسمى اللايدار. حيث تتكون المنظومة من جهاز مسح ليزري مع جهاز التوضع العالمي GPS مع جهاز قراءة زوايا دوران المنصة (الطائرة) او ما يعرف بالـ (INS) في المحاور الثلاثية خلال رحلتها في الجو، بالإضافة الى وجود كاميرا رقمية ملحقه لالتقاط الصور بتقنية المسح التصويري (Photogrammetry)، لاحظ الشكل (5-27) والذي يوضح جهاز اللايدار والشكل (5-28) الذي يوضح مكونات واجزاء اللايدار.

يستخدم جهاز اللايدار في تطبيقات محددة وأهمها المسح الطبوغرافي لأغراض انتاج الخرائط، حيث يخلق نموذج سحابة نقاط ثلاثية الأبعاد (Point Clouds) من المناظر الطبيعية. هذه الطريقة هي حالياً الطريقة الأكثر تفصيلاً ودقة لخلق نماذج الارتفاع الرقمية، مقارنة بمنافستها المسح التصويري. إحدى المزايا الرئيسية مقارنة مع المسح التصويري هي القدرة على تصفية الانعكاسات من الغطاء النباتي من نموذج سحابة النقاط لإنشاء نموذج سطح رقمي يمثل الأسطح الأرضية مثل الأنهار والمسارات ومواقع التراث الثقافي (Cultural Heritage) وما إلى ذلك. يمكن التمييز أيضاً بين فئتين ضمن إطار تطبيقات المسح الليزري المحمول جواً: تطبيقات عالية الارتفاع (High-Altitude Applications) وتطبيقات منخفضة الارتفاع (Low-Altitude Applications). ولكن الفرق الرئيسي هو انخفاض في الدقة وكثافة نقاط البيانات المكتسبة على ارتفاعات أعلى.

من أهم منتجات المسح الليزري المحمول جواً نماذج الارتفاع الرقمي (Digital Elevation Model (DEM) ، ونماذج السطح الرقمي (Digital Surface Model (DSM)). وتشمل عملية المسح في معظم الأحيان التقاط الصور الجوية الرقمية أيضاً من أجل إنتاج نماذج ثلاثية الأبعاد ذات مظهر واقعي و تفسير المعالم الأرضية بالاعتماد على بيانات الصور على سبيل المثال الانزلاقات الأرضية ، تحت الغطاء النباتي، شقوق التوتر الأرضية وغيرها.



الشكل (5-27) جهاز المسح الليزري الجوي (اللايدار).



الشكل (5-28) أجزاء جهاز المسح الليزري الجوي (اللايدار).

GPS Device

11-5 جهاز نظام التموضع العالمي

نظام التموضع العالمي او ما يعرف عالميا بالـ (GPS) Global Positioning System : هو نظام رصد المواقع المكانية على سطح الارض عبر الاقمار الاصطناعية. يعتبر جهاز الـ GPS اداة مهمة لتحديد المواقع والملاحة وتحديد الزمن. وقد اصبح ضرورة من ضروريات الحياة حيث نجد ان اغلب الناس تستعمله لمعرفة المواقع عبر جهاز الهاتف او اجهزة الملاحة في السيارات او السفن او الطائرات، لاحظ الشكل (5-29) والذي يوضح اهم استخدامات النظام.



الشكل (5-29) أبرز استخدامات نظام التموضع العالمي GPS.

يتميز نظام التموضع العالمي بعدة مميزات، جعلته التقنية الاساسية حول العالم في تجميع البيانات المكانية ومن هذه المميزات:

1. متاح طوال 24 ساعة وخلال كافة ايام الاسبوع.
2. يغطي جميع انحاء العالم على الكرة الارضية.
3. لا يتأثر بالظروف المناخية عموماً ضمن الغلاف الجوي للأرض كالحرارة والرطوبة وغيرها.
4. يوفر دقة عالية في تحديد المواقع، تصل الى المليمترات في التطبيقات الجيوديسية المتعلقة بدراسة حركة قشرة الارض، وبدقة أمتار في التطبيقات الملاحية.
5. لا يحتاج لخبرة تقنية في استعماله، وخاصة تلك المتعلقة بالتطبيقات الملاحية.

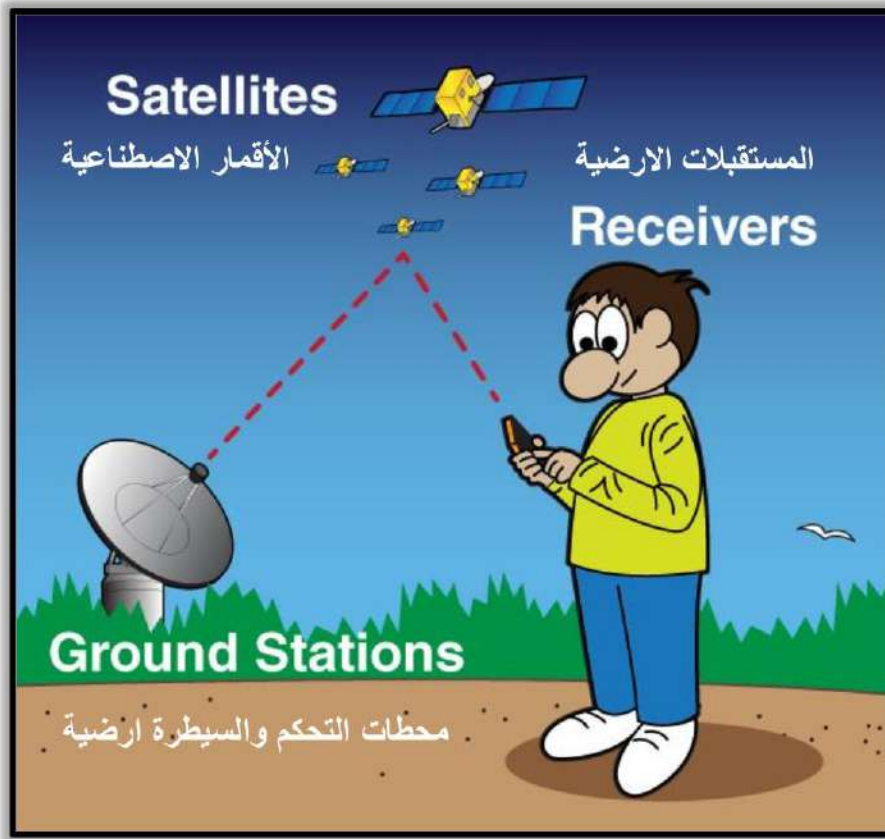
يتكون جهاز التموضع العالمي من ثلاثة اقسام رئيسية، لاحظ الشكل (5-30):

1. قسم الفضاء والذي يتمثل بوحدة الاقمار الاصطناعي (Satellite).
 2. قسم التحكم والسيطرة الارضي (Ground Stations).
 3. قسم المستقبلات الارضية والمتمثلة بالمستخدم (Receiver).
- هناك ثلاثة أنواع لمستقبلات أجهزة التموضع العالمي الـ GPS وقد صنفنا هنا من حيث دقة البيانات المستحصلة منها من الاوطأ الى الاعلى دقة:

1. **أجهزة ملاحية او محمولة يدوياً:** يستخدم هذا النوع من الاجهزة في قياس المسافة بين الجهاز وبين 4 أقمار اصطناعية (على الأقل) في نفس اللحظة، من خلال استقبال اشارات هذه الاقمار واستنباط المعلومات الموجودة بداخل شفرة كل قمر اصطناعي. ومن خلال تسجيل زمن وصول كل اشارة الى الجهاز ذاته ومعرفة زمن ارسال الاشارة من القمر الصناعي، يمكن للجهاز حساب الزمن المستغرق للإشارة للوصول من القمر الى جهاز الاستقبال. وبضرب هذه الفترة الزمنية في سرعة الضوء يمكن حساب المسافة بين القمر الاصطناعي وجهاز الاستقبال في تلك اللحظة. وبمعرفة احداثيات موقع القمر الاصطناعي للأقمار الاربعة يمكن حساب احداثيات جهاز الاستقبال.

2. **مستقبلات أجهزة مخصصة لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية:** تستخدم هذا النوع من الاجهزة في تجميع البيانات المكانية وغير المكانية لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية GIS.

3. **مستقبلات أجهزة هندسية وجيوديسية:** هذا النوع من الاجهزة يستخدم في استحصال المعلومات المكانية من احداثيات النقاط الارضية بدقة عالية تصل الى المليمتر. وتكون عادة هذه الاجهزة مكونة من عدة اجزاء. وتكون أكثر تعقيد من النوعين الاول والثاني وتكون ذات مواصفات تقنية عالية ولهذا تتميز بانها تكون اعلى سعراً من نظيراتها.



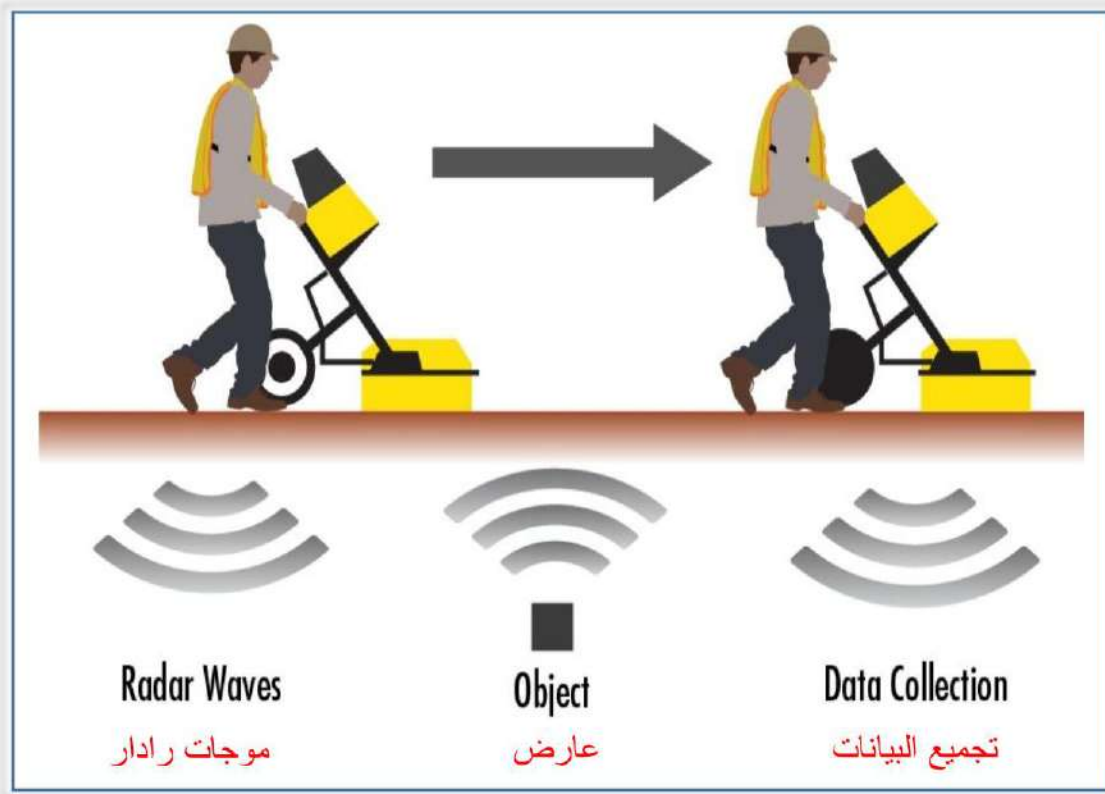
الشكل (5-30) أقسام جهاز نظام التموضع العالمي GPS.

12-5 جهاز الاختراق الراداري الأرضي Ground Penetration Radar Device

جهاز الاختراق الراداري الأرضي (GPR) هو جهاز يعمل على مبدأ إرسال موجات رادارية نحو الأرض، لاختراقها، ومن ثم استلامها من بعد عملية انعكاسها أو انكسارها عند اصطدامها بالأجسام المختلفة في صفاتها الفيزيائية. ولهذا يسمى أحيانا بجهاز التحري الجيوراادي، لاحظ الشكل (5-31). يتكون هذا النوع من الأجهزة من مصدر بث للموجات الرادارية، بالإضافة الى وحدة استقبال الاستشعار عن بعد لقراءة الإشارة المرتدة مع وحدة سيطرة وتسجيل مع شاشة للعرض، لاحظ الشكل (5-32).

ان التقدم السريع في صناعة أجهزة الرادار الأرضي جعل استخدام هذه التقنية سهلا ومتاحا لكثير من التطبيقات المساحية. حيث ان دور هذا النوع من الأجهزة قد ظهر جليا عندما تم استخدامها للكشف عن المقابر الجماعية في يوغسلافيا في تسعينيات القرن العشرين وما حققته من نجاح في هذا النوع من التطبيقات زاد الاهتمام بهذه التقنية واصبحت استخداماتها عديدة للكشف عن ما في باطن الأرض من معادن ومواد أخرى لأغراض هندسية وهيدرولوجية وبيئية واثارية، لكون هذه الأجهزة تستطيع ان تتحسس اغلب المواد تحت الأرض بغض النظر عن مكوناتها. ان كانت معدنية او غير معدنية. وقد تمكنت الشركات المصنعة من تهيئة أجهزة جيوراادية سهلة الاستخدام، بحيث يمكن لأي فني استخدام هذه الأجهزة بعد دورة تدريبية بسيطة حيث لا يوجد تعقيد في استخدامها، ولكنها تحتاج الى

خبرة في تفسير الصور والبيانات الناتجة من عملية المسح خاصة المعقدة منها عندما يكون هناك عدة اجسام متباينة الصفات والقياسات في الموقع وموجودة سوية في نفس المكان قرب بعضها.



الشكل (5-31) مبدأ عمل جهاز الرادار الأرضي (Ground Penetration Radar (GPR).



الشكل (5-32) أمثلة على جهاز الاختراق الراداري الأرضي (Ground Penetration Radar (GPR).

ان تقنية الرادار الارضي لها مدى اختراق في باطن الأرض قد يصل الى 60 متر في الظروف المثالية. حيث يمكن التحري لباطن الارض لأعماق مختلفة عن طريق تغيير تردد الهوائي المستعمل فكلما قل تردد الهوائي كلما زاد عمق الاختراق ان عمق الاختراق للموجات الرادارية يعتمد كثيراً على طبيعة التربة ونسبة الرطوبة والموصلية الكهربائية فيها ولذلك تختلف النتائج المستحصلة لنفس الجهاز باختلاف التربة في الموقع المراد التحري فيه.

لقد استخدم الجيوراڊار على سطح القمر وايضا في القطب الشمالي على الارض، والكثير من الاماكن المغطاة بالثلوج حيث ان قابلية اختراقها للثلوج كبيرة جداً وبالتالي يمكن حساب سماكة الجليد ورؤية الارض الطبيعية من تحته. كما استخدم الجيوراڊار في الدراسات المائية والهيدرولوجية، حيث استخدم في الكشف عن قاع الانهار وتحديد شكل قاع النهر، وذلك لقابلية الرادار على اختراق المياه العذبة واعطاء بيانات حتى ما موجود تحت قاع النهر ولبضعة أمتار.

من تطبيقات الرادار الاخرى هو استخداماته في الكشف عن الاثار في مواقع التنقيب، وفحص الجسور والتبليط بجميع طبقاته بل حتى فحص طبيعة التربة المراد انشاء مبنى عليها، إذ ان الجيوراڊار يعطي صورة مباشرة عن طبقة التربة العليا من حيث السماكة وطبيعتها مكوناتها فيما إذا كانت متجانسة ام لا.

أسئلة الفصل الخامس

- س1. لماذا يتميز شريط الانفار عن شريط القياس الكتاني؟
- س2. عرف الشخص Rode واذكر أهم استخداماته في المسح الحقلي.
- س3. ما هو مستوى منسوب البحر Mean Sea Level ؟ وماهي فائدته في قياس الارتفاعات ؟
- س4. صنف اجهزة الميزان بناء على الدقة المستحصلة من القياس .
- س5. ما هو عمل الورنية Vernier في جهاز الثيودولايت؟
- س6. عرف العاكس ، ما هي الاهداف العاكسة Reflective Targets ؟
- س7. لماذا يختلف شريط القياس الالكتروني عن شريط القياس العادي ؟ وهل توصي باستخدامه؟ لماذا؟
- س8. لماذا سمي جهاز المحطة المتكاملة Total Station بهذا الاسم؟ اذكر اهم مميزات الجهاز.
- س9. ما هو الفرق بين الكاميرا القياسية وغير القياسية؟ وهل الكاميرا المستخدمة بالطائرة المسيرة Drone هي كاميرا قياسية ام لا ؟ لماذا ؟
- س10. لماذا تتميز الكاميرا الحرارية عن الكاميرا الرقمية العادية ؟ اذكر أبرز استخداماتها.
- س11. هل يعتبر جهاز Lidar هو جهاز مسح ليزري؟ إذا كان الجواب نعم اذكر لماذا يختلف عن الاجهزة الليزرية الاخرى . وان كان الجواب كلا اذكر سبب استنتاجك.
- س12. ماهي أجزاء جهاز الثيودولايت البصري ، عددها ؟
- س13. عرف جهاز الاختراق الراداري الارضي. واذكر أبرز استخداماته.
- س14. اذكر انواع مساطر القياس (مساطر التسوية) المستخدمة مع جهاز الميزان .

القياسات والأخطاء في المساحة

Measurements and Errors in Surveying

الفصل السادس

الاهداف: سيتعرف الطالب بنهاية الفصل على:

1. مفهوم القياس في المساحة.
2. الفرق بين الخطأ والغلط في القياسات.
3. التمييز بين دقة القياسات واتقانها.
4. أنظمة الاحداثيات.
5. ماهية الخريطة وطرق تصنيفها.
6. اهمية الصورة في المساحة.
7. تصحيح القياسات المساحية.

1-6 مقدمة

Introduction

ان العمل المساحي عادة ما يجرى لغرض تجميع البيانات من موقع ما، ومن ثم رسمها على مخطط أو خريطة بمقياس رسم معين (اعمال الرفع المساحي)، أو لتسقيط الابعاد المأخوذة من مخطط تصميمي أو خريطة، على منطقة معينة على الارض (اعمال التسقيط المساحي)، وفي الحالتين فان القاسم المشترك هو وجود القياسات. ولان القياسات المساحية غير مضبوطة تماماً ولا يمكن تحديد القيمة الحقيقية لأي قياس، بات من الضروري اخذ الاحتياطات اللازمة، وتحديد الدقة المطلوبة، والتخطيط المسبق لعملية المسح وبالشكل الذي يحد من وجود الأخطاء في القياسات. لذلك فان عملية القياس والخطأ يعتبران اساسيان في علم المساحة. الشكل (1-6) يوضح مثال على عملية قياس الارتفاع (المنسوب) وكيف ان قراءة القياس تتطلب تقريب أو تقدير لأقرب ملليمتر وبالتالي معرفة مقدار الخطأ في قيمة القياس .

من أبرز مهام فريق العمل المساحي هو الكشف عن الاخطاء التي ترافق القياسات من خلال مراجعة القراءات آنياً اثناء القياس، وقبل اجراء الحسابات، ومن ثم تصحيحها. يجب ان تتم عملية التصحيح للقياسات قبل اعتمادها في الحسابات النهائية، حيث يتضمن تصحيح القياسات التخلص من إثر الخطأ اما بحذفه إذا كان خطأ جسياً، او توزيع الخطأ على محطات القياس اذا كان الخطأ صغيراً.

يمكن تقييم دقة العمل المساحي من خلال حساب مقدار الخطأ في القياسات، ومقارنته بدقة العمل المطلوبة (والتي تعتمد على نوع المشروع). ان فهم انظمة الاحداثيات واختيار النظام المناسب لتمثيل القياسات اجراء ضروري لتقليل الاخطاء في تعيين مواقع النقاط، او المعالم المطلوب دراستها في اعمال المساحة المستوية والتي تتضمن اعمال الرفع والتسقيط. ان الاحداثيات الكارتيزية المستوية او ثلاثية الابعاد هي الاكثر شيوعاً.



الشكل (1-6) القياس والخطأ (درجة الدقة) في اعمال المسح.

2-6 القياس

Measurement

يمكن تعريف القياس بأنه: العملية الفعلية التي تتضمن إيجاد القيمة العددية لمتغير أو كمية ما، كما يمكن أن يشير إلى القيمة العددية نفسها التي تستخدم لوصف ذلك المتغير أو الكمية المقاسة. على سبيل المثال، أن عملية تحديد المسافة بين نقطتين تساوي 100 m هي عملية قياس، كما أن القيمة المحددة هنا (100 m)، تُعرف بقياس تلك المسافة أيضاً.

أن القياسات المساحية إما تكون خطية (مسافات أفقية، مائلة، عمودية)، أو زاوية (زوايا أفقية، عمودية)، وعادة ما تكون هذه القياسات (خطية كانت أو زاوية) متتالية. يتم عرض المسافات الأفقية بين النقاط لمنطقة معينة على الخريطة، في حين أن المسافات العمودية بين النقاط يتم تمثيلها بواسطة الخطوط الكنتورية، أو توضيح بواسطة مقاطع طولية ترسم بشكل مفصل.

تتم عملية القياس إما بشكل مباشر على سطح الأرض، أو من الخرائط، أو الصور الفوتوغرافية، بواسطة أجهزة قياس مختلفة، لاحظ الشكل (2-6)، ولذلك فإن كل من وحدات القياس، مقياس رسم الخريطة أو الصورة، ونظام الاحداثيات المعتمد، يجب أن يؤخذوا بنظر الاعتبار. بالإضافة إلى ذلك، فإنه يمكن حساب القياسات باستخدام القوانين الهندسية والدوال المثلثية.

أن وجود العنصر البشري متمثلاً بفريق العمل المساحي، بالإضافة إلى تأثير ظروف العمل والخبرة والمهارة في ضبط واستخدام الأجهزة المساحية، غالباً ما تكون القياسات محل شبهة حتى يتم مراجعتها وتدقيقها. لذلك في أعمال المساحة تُبذل جهوداً كبيرة عادة لأخذ قياسات إضافية بتكرار القياس لنفس المسافة أو الزاوية، الأمر الذي يساعد في عملية ضبط دقة القياس.



الشكل (2-6) يوضح متطلبات القياس من معدات وأجهزة قياس ونظام احداثيات.

1-2-6 القيمة الحقيقية

True Value

وهي القيمة الفعلية التي يمكن الحصول عليها لمتغير، او كمية ما باستخدام اجهزة قياس مثالية، وبدون حصول اي خطأ وان كان صغير جداً. كما يمكن تعريفها بانها القيمة الفعلية الموجودة في الطبيعة، والتي غالباً ما تكون مجهولة في اعمال المساحة، حيث يتم اجراء القياسات تحت ظروف مختلفة ينتج عنها تغيير في القراءات المسجلة لكل قياس او رصدة وبذلك لا يمكن تحديد الكمية المقاسة بشكل دقيق تماماً كما هو في الواقع. ولأنه لا يمكن تحديد الكمية المقاسة بشكل دقيق فان القيمة الحقيقية دائماً ما تكون مجهولة في اعمال المساحة ويتم تمثيلها احصائياً. فعلى سبيل المثال عند قياس طول السياج لبناية باستخدام شريط القياس ومن ثم تكرار عملية القياس عدة مرات كانت القراءات مختلفة: 18.55 m, 18.60 m, 18.58 m, 18.56 m رغم ان الكمية المقاسة هي ذاتها (السياج) لم تتغير. القيمة الحقيقية هي طول السياج الفعلي لو تم قياسه بجهاز او اداة قياس فائقة الدقة. باتباع الطرق الاحصائية يمكن تخمين القيمة الحقيقية (القيمة الأكثر احتمالية).

ان القيمة الحقيقية لأي كمية او متغير ضمن اعمال المساحة موجودة نظرياً، ولكن يصعب تحديدها بدقة بسبب استحالة تجنب الأخطاء ضمن عملية القياس لهذه الكمية او المتغير. ولهذا يتطلب وجود قيمة او مجموعة من القيم القياسية لغرض المقارنة، على سبيل المثال، مقارنة القيمة المقاسة مع قيمة اخرى مقاسة او محسوبة بدرجة اعلى من الدقة وقريبة كفاية من القيمة الحقيقية ليبقى ثابتاً، كما في المنسوب المصحح لنقطة مرجعية دائمية (Bench mark).

2-2-6 الخطأ في القياسات

Error in Measurements

ان الفرق بين القيمة المقاسة او المرصودة لمتغير او كمية ما وقيمتها الحقيقية يسمى بالخطأ. ولان القيمة الحقيقية غير معروفة فان الخطأ الحقيقي معرّفاً بالمعادلة ادناه يبقى مجهول ايضاً.

$$\text{الخطأ الحقيقي} = \text{القيمة المقاسة} - \text{القيمة الحقيقية} \quad (1-6)$$

ولغرض حساب مقدار الخطأ لقياس ما، فان القيمة الحقيقية يتم تحديدها احصائياً بعد تكرار القياس لعدد من المرات. ولأن الأخطاء تمثل جزء من قيمة أي قياس فلا يمكن تجاهلها او ازالتها تماماً، بل يصبح الواجب الأساس للمساح هو السعي لتقليلها قدر الإمكان وبشكل منسجم مع دقة العمل. وبشكل عام يمكن تقسيم الأخطاء الى نوعين سيتم تناولهما في الفصل السابع:

(a) الأخطاء المنتظمة (Systematic Errors).

(b) الأخطاء العشوائية (Random Errors).

3-2-6 الغلط في القياسات

Mistake in Measurements

غالبا ما ينشأ الغلط من دون قصد بسبب الإهمال، السهو، قلة الخبرة، القرارات الخاطئة، الاستعجال، او ارتباك الشخص الذي يقوم بالقياس او الذي يدون. وعلى الرغم من ان الغلط ليس بخطأ، الا انه قد يكون له نفس التأثير على القياسات إذا كان مقداره صغير ولم يكتشف. يجب الحذر من حدوث الغلط اثناء القياس، بسبب تأثيره الجسيم على النتائج النهائية إذا لم يتم الكشف عنه مبكراً. وعليه، يجب

ان يتم الكشف عن الغلط وحذفه من القياسات قبل مرحلة تصحيح الأخطاء وتعديل القياسات. ومن الأمثلة على الاغلاط التي تحدث في القياس:

- تبديل ارقام القياسات عند تدوينها، مثلا تسجيل 46.24 m بدلا من 46.42 m.
- قراءة الأرقام بصورة معكوسة، مثلا قراءة الرقم 9 بدلا من 6 او 98 بدلا من 86.
- قراءة مغلوطه لعلامة المتر على مسطرة القياس، كما في: 49.82 m بدلا من 48.82 m.
- وضع الفارزة العشرية في غير محلها، كما في: 21.67 بدلا من 2.167.
- عدم المراعاة او الانتباه لمسك بداية شريط القياس من بدأ تقسيمات الشريط (zero, 0.0).
- اهمال ضبط استواء او موازنة الأجهزة قبل المباشرة بالقياس.

كما يمكن الكشف عن الغلط في القياسات وإزالة الجزء الأكبر منه على الأقل باتباع الاتي:

- الاجراءات والتعليمات المتبعة لتنفيذ العمل.
- تكرار القياسات.
- تدقيق مستقل للقراءات المسجلة والمحسوبة.
- اقفال كل عملية مسح (انهاء القياسات بنقطة معلومة القياس).
- تنبيه افراد فريق العمل المساحي للتركيز وبذل عناية أكثر.
- تمييز القيم غير المتجانسة مع باقي القراءات لنفس القياس (أكبر او أصغر بفارق ملحوظ عن باقي القراءات لنفس المسافة او الزاوية المقاسة).

3-6 الدقة

Accuracy

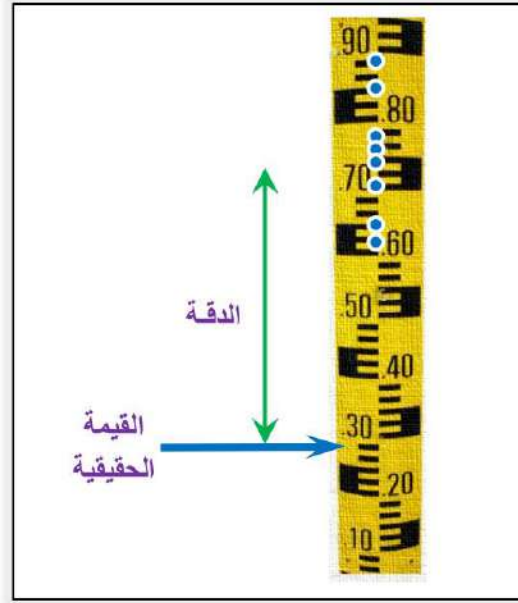
يمكن تعريف الدقة على انها مفهوماً يعبر عن مدى قرب قيمة القياس لمتغير، او كمية ما في الاعمال المساحية من قيمته الحقيقية، لاحظ الشكل (3-6). كما تعكس الدقة حجم الأخطاء، منتظمة كانت ام عشوائية، التي ترافق عملية القياس ذاتها.

تعتمد الدقة على كل من :

- دقة الأجهزة :** ان استعمال أجهزة قياس دقيقة له اثر اقتصادي من حيث تبسيط العمل وتوفير الوقت.
- دقة طريقة القياس :** ان تبني طرق قياس دقيقة تساهم بشكل كبير بتجنب او تقليل الأخطاء بأنواعها.
- التخطيط الجيد :** الذي يشمل الاختيار المناسب للأجهزة وطرق القياس لكل عملية مسح حيث يوفر الوقت ويقلل من الأخطاء المحتملة.

يمكن حساب او تقدير قيمة الدقة للقياسات المساحية، مثل المسافة المكانية، المسافات والزوايا الافقية، فرق المناسيب، والزوايا العمودية (zenith)، باتباع الخطوات الرئيسية الاتية:

- فهم الإجراءات الواجب اتخاذها في الحصول على القياسات.
- تحديد مصادر الأخطاء المتوقعة.
- تصحيح الأخطاء المنتظمة وأزالة تأثيرها على القياسات.
- حساب تأثير الأخطاء المتبقية على القياسات بأجراء التصحيح المناسب عليهم.



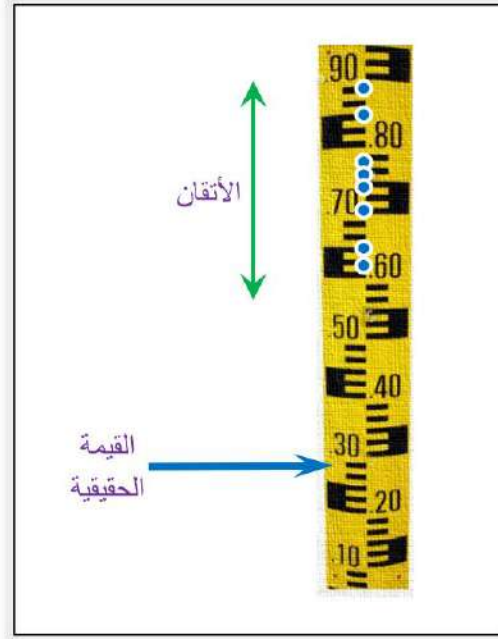
الشكل (3-6) توضيح دقة القياسات.

Precision

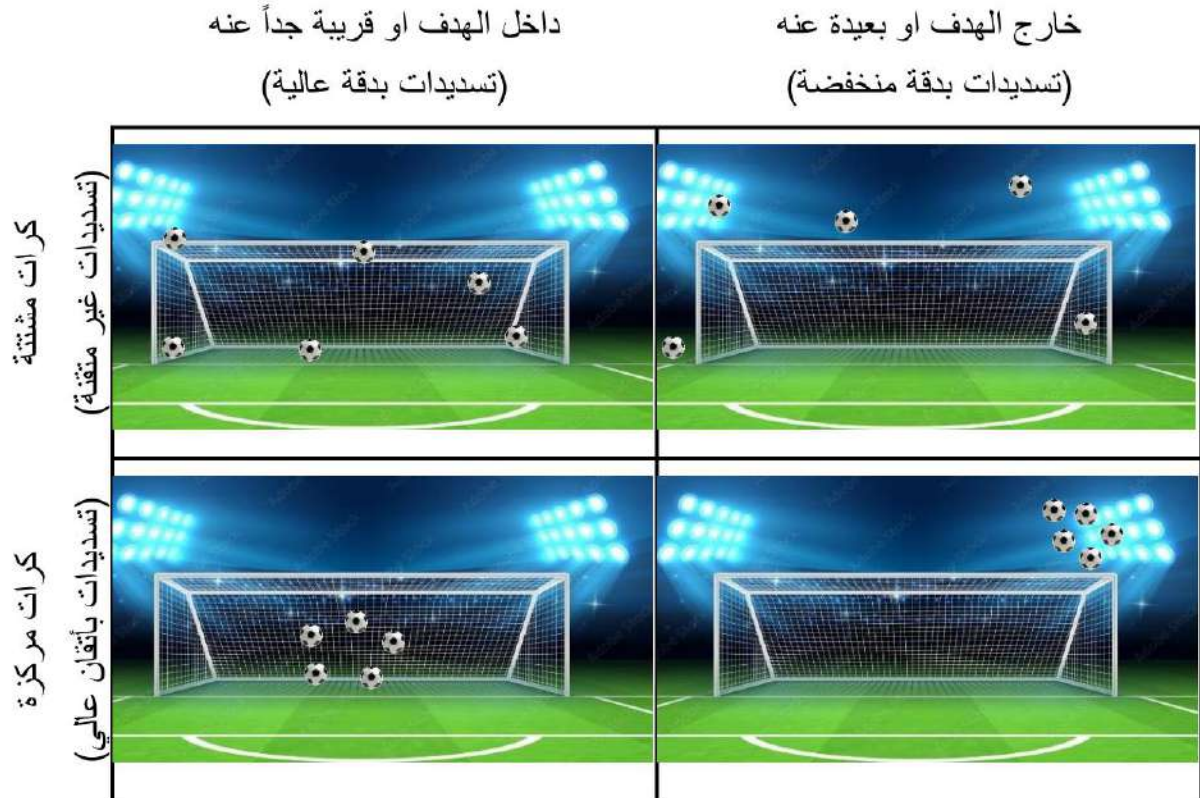
4-6 الإتقان

يعبر الإتقان عن مدى قرب قيمة القياس لكمية أو متغير ما في الاعمال المساحية لقيمة قياس أخرى، أو لعدد من القياسات المتكررة ولنفس الكمية أو المتغير، لاحظ الشكل (4-6). يُعتبر العمل متقناً عندما تكون الأخطاء العشوائية التي ترافقه اقل ما يمكن والعكس صحيح، ولذلك يعكس الإتقان حجم الأخطاء العشوائية الموجودة ضمن القياسات المرصودة، مثل الأخطاء الناتجة عن ضبط مركز الجهاز على النقطة الأرضية، ضبط موازنة الجهاز، توجيه التلسكوب، مهارة المساح، الانكسار الجوي، وغيرها.

للتمييز بين الدقة والإتقان، يمكن التعبير عن الإتقان بدرجة الكمال في استخدام الأجهزة، واختيار طرق القياس، واخذ القياسات، بينما تمثل الدقة درجة الكمال التي تم الحصول عليها. وعليه، يمكن القول ان تحقيق عمل بدقة عالية يتطلب إتقان عالي في العمل، بينما ليس كل عمل متقن، هو عمل دقيق. يوضح الشكل (5-6) الفرق بين تعريف الدقة والإتقان بواسطة النتائج من تسديدات ركلات الترجيح لكرة القدم.



الشكل (4-6) توضيح اتقان القياسات.

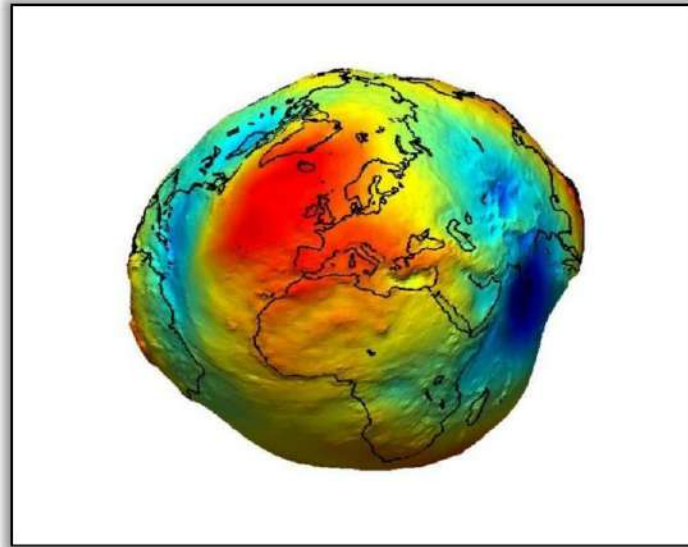


الشكل (5-6) توضيح الفرق بين الدقة والاتقان.

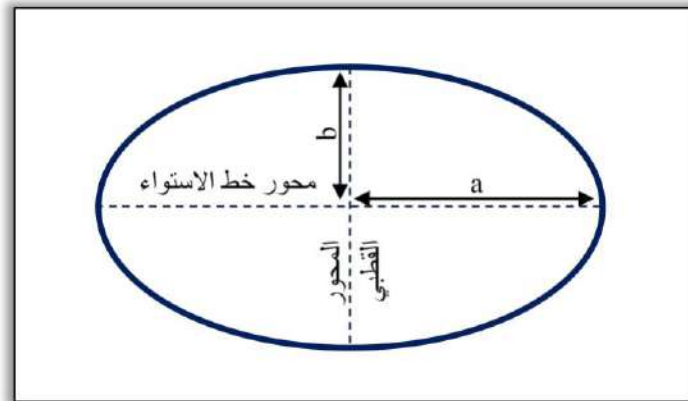
5-6 الاحداثيات

Coordinates

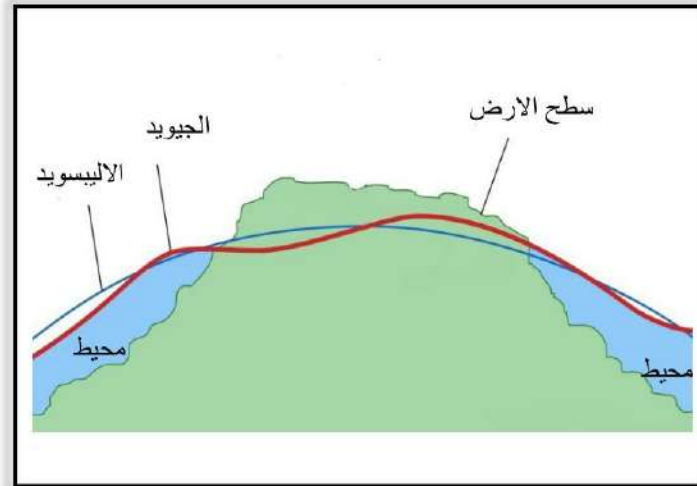
وهي قيم مُعرفة ضمن نظام احداثيات معين وباتجاه نسبة الى نقطة مرجعية محددة (نقط الأصل او المركز)، والتي بواسطتها يمكن ان نعبر عن موقع المعالم الطبيعية والاصطناعية على سطح الأرض او الخريطة. لتعريف سطح الأرض بشكل دقيق من المهم تحديد الشكل الأنسب لتمثيل سطح الأرض رياضياً. التمثيل الحقيقي لشكل الأرض والذي يمكن تحسسه بواسطة الأجهزة هو ما يسمى بالجيويد والذي يمثل الشكل المتوسط لسطح الماء، والمعروف بمستوى سطح البحر (Mean Sea Level, MSL)، لاحظ الشكل (6-6). ولصعوبة تمثيل الجيويد بمعادلات رياضية، فقد اتجه العلماء لتقريب شكل الأرض الى شكل بيضوي بمحورين او ما يسمى الاليسويد (Ellipsoid) والذي يتطلب فقط بُعدين لتمثيله هندسياً: نصف المحور المار بخط الاستواء (الأكبر) ونصف المحور المار بين القطبين (الأصغر)، انظر الى الشكل (7-6). العلاقة بين الجيويد والاليسويد نسبة الى سطح الأرض الطبيعية، موضحة في الشكل (8-6).



الشكل (6-6) الشكل الحقيقي للأرض (الجيويد).



الشكل (7-6) الشكل الهندسي المفترض للأرض (الاليسويد).



الشكل (8-6) العلاقة بين الجويود والالييسويد.

من الشكل (8-6) يُلاحظ ان الفرق بين الجويود والالييسويد يتغير باختلاف الموقع على سطح الأرض ولذلك بالرغم من وجود الييسويد عالمي كمرجع ممثلاً لسطح الأرض وتحديد المواقع إلا أنه سعت العديد من الدول للحصول على مرجعها الوطني من الييسويد أكثر تمثيلاً لشكل الأرض الحقيقي عند أرضها الطبيعية سعياً لدقة أكثر في رسم الخرائط.

Coordinate Systems

1-5-6 أنظمة الاحداثيات

لقد تبين لنا أهمية وجود مرجع (انظر الشكل 8-6) يمثل سطح الأرض في تحديد دقة الاحداثيات متمثلة بالمسافات، الارتفاع، والزوايا المقاسة في الطبيعة. توجد عدة أنظمة احداثيات يمكن الاختيار بينها تبعاً لنوع المشروع، ومن الجدير بالذكر ان أنظمة الاحداثيات تُصنف حسب السطح المرجعي (جويود، الالييسويد) المختار لتمثيل المواقع عليه الى:

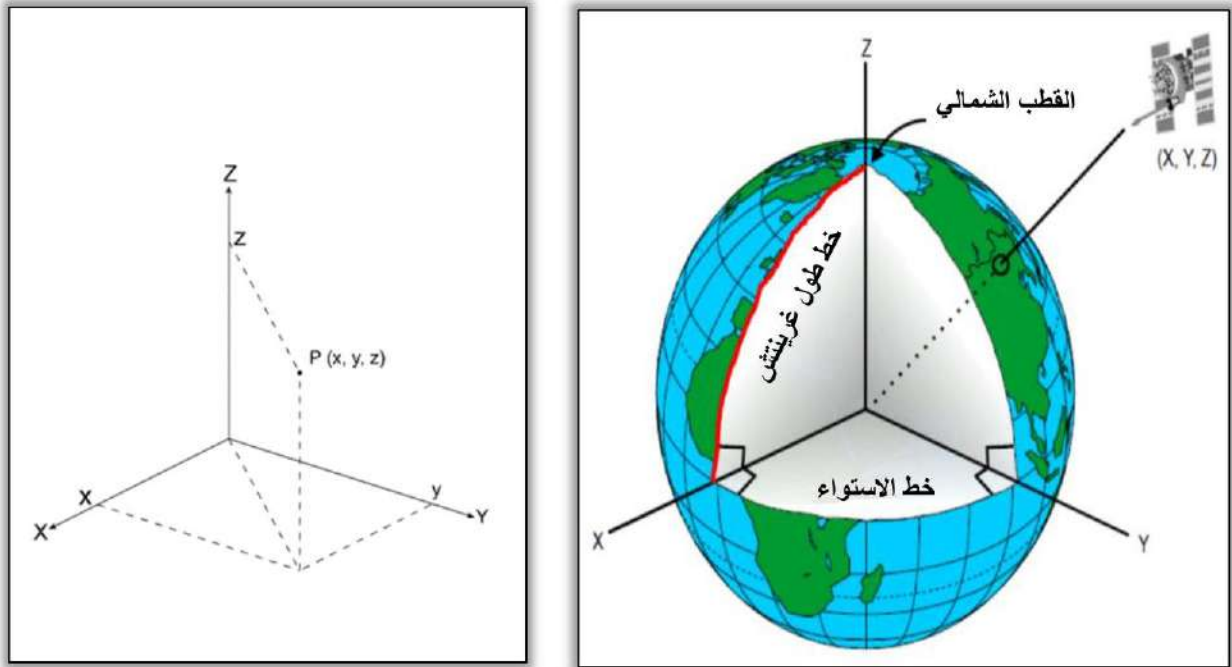
1. احداثيات أحادية البعد (One-dimensional Coordinates, 1D) والتي تمثل الارتفاع عن سطح الشكل المرجعي (الجويود أو الالييسويد).
2. احداثيات ثنائية الأبعاد (Two-dimensional Coordinates, 2D) لتمثيل الاحداثيات أفقياً على الاسطح المستوية مثل الخريطة من خلال القيم على محوري الاحداثيات (x, y) .
3. احداثيات ثلاثية الأبعاد لتمثيل الاحداثيات في الفراغ (Three-dimensional Coordinates, 3D) على سطح الالييسويد مثلاً، بواسطة القيم على ثلاث محاور (x, y, z) .
4. احداثيات رباعية الأبعاد (Four-dimensional Coordinates, 4D) بتضمين عامل الزمن كبعد إضافي (x, y, z, t) في الحالات التي تتطلب دقة متناهية.

Cartesian Geodetic Coordinates

1-1-5-6 الاحداثيات الجيوديسية الكارتيزية

في هذا النوع من الاحداثيات يمكن تحديد موقع أي نقطة بالفراغ بواسطة ثلاثة احداثيات طولية (وحدات مسافة) (x, y, z) ، انظر الشكل (6-9)، ويتميز بالآتي:

- مركز الأرض هي نقطة الأصل.
- المحور الأول بالاتجاه (x) يمثل المحور الناتج من تقاطع خط الطول المار بغرينتش مع خط الاستواء المار بمركز الأرض.
- المحور الثاني بالاتجاه (y) يمثل المحور العمودي على كل من المحور (x) و (z) ، ويتجه شرق المحور (x) .
- المحور الثالث بالاتجاه (z) يمثل محور دوران الأرض والذي يمر بمركز الأرض والقطبين الشمالي والجنوبي.



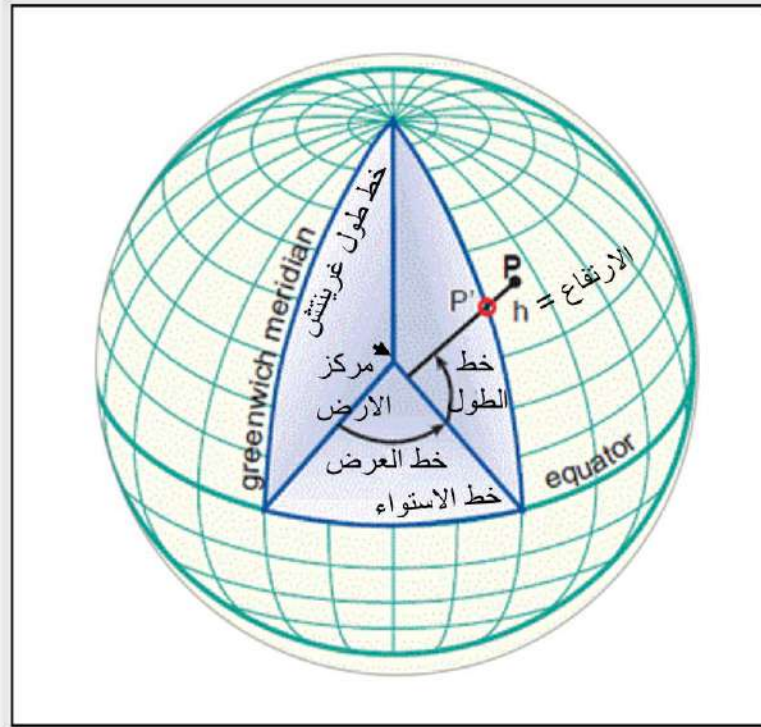
الشكل (6-9) نظام الاحداثيات الجيوديسية الكارتيزية.

Geographic or Geodetic Coordinates

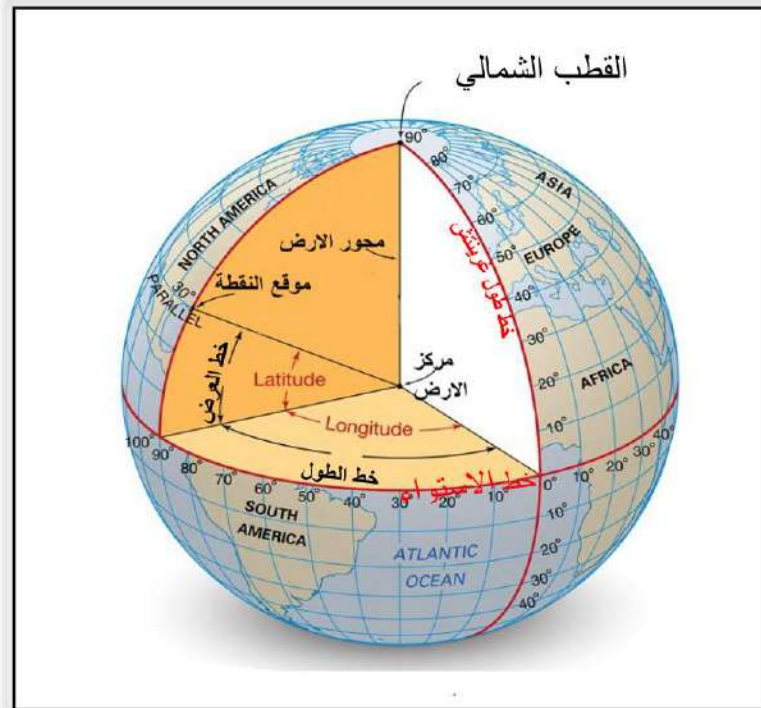
2-1-5-6 الاحداثيات الجغرافية او الجيوديسية

ان الاحداثيات الجغرافية هي أكثر نظم الاحداثيات تطبيقاً، حيث يتم تحديد المواقع بواسطة ثلاث احداثيات (زاويتان وارتفاع)، انظر الشكل (6-10)، وتتميز بالآتي:

- 1- مركز الأرض هو نقطة الأصل، والمحاور تبقى ثابتة اثناء دوران الأرض
- 2- المحور الأول يسمى بخط الطول (Longitude)، ويمثل الزاوية المقاسة في مستوى خط الاستواء المار بمركز الأرض، بين خط طول غرينتش وخط الطول المار بالنقطة المطلوب تحديد موقعها. وتتراوح خطوط الطول بين $(0^\circ - 90^\circ)$.



الشكل (10-6) الاحداثيات الجغرافية في الاليسويد (لا يمر بالمركز).



الشكل (11-6) الاحداثيات الكروية

تتوزع خطوط الطول على جانبي خط طول غرينتش: شرقاً (East) ويرمز لها (E) وغرباً (West) ويرمز لها (W).

3- المحور الثاني يسمى بخط العرض (Latitude)، ويمثل الزاوية المقاسة في المستوى الرأسى بين الخط العمودي المار بالنقطة المطلوبة وخط الاستواء المار بمركز الأرض، وتتراوح خطوط العرض

بين ($0^\circ - 90^\circ$). تتوزع خطوط العرض على جانبي خط الاستواء: شمالاً (North) ويرمز لها (N) ، و جنوباً (South) ويرمز لها (S). من الجدير بالملاحظة ان الخط العمودي على الاليسويد لا يمر بمركز الأرض كما هو الحال في الشكل الكروي، لاحظ الشكلين (6-10) و (6-11).

4- الارتفاع عن سطح الاليسويد ويرمز له بالرمز (h) ويسمى الارتفاع الجيوديسي أو الارتفاع الاليسويدي (Geodetic or Ellipsoidal Height)، والذي يمثل طول العمود المسقط على سطح الجيويد أو الاليسويد (PP').

Spherical Coordinates

3-1-5-6 الاحداثيات الكروية

في نظام الاحداثيات الكروية يتم تحديد مواقع النقاط بواسطة نفس الاحداثيات المستخدمة في الاحداثيات الجغرافية (خط طول، خط عرض، ارتفاع)، الا ان شكل الأرض (السطح المرجعي) يُمثل بكرة وليس اليبسويد، حيث يكون الخط العمودي على سطح الكرة ماراً بمركز الأرض، لاحظ الشكل (6-11). وتجدر الإشارة الى انه يمكن التحويل بين أنظمة الاحداثيات المختلفة بواسطة مجموعة من المعادلات الرياضية.

International Terrestrial Reference Frame

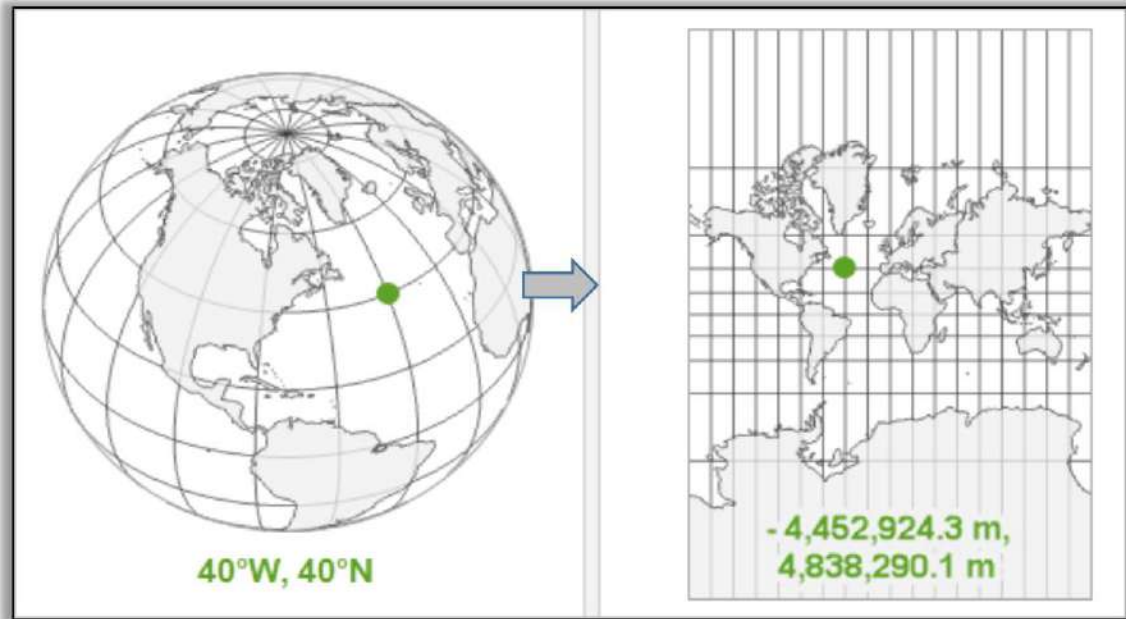
4-1-5-6 الاطار المرجعي العالمي

في أنظمة الاحداثيات السابقة تم تحديد موقع أي نقطة على سطح الأرض، مفترضين ان محور دوران الأرض ثابت، وهذا الافتراض مناسب عندما يتطلب تحديد المواقع بدقة لا تقل عن سنتيمتر. على العكس، عندما يتطلب تحديد المواقع بدقة اعلى، فان حقيقة ان محور دوران الارض غير ثابت يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار. حيث اثبت علماء الجيوديسيا بالرغم من ان محور دوران الارض يتغير سنوياً بمقدار بسيط قد لا يتجاوز بضعة سنتيمترات، الا انه لا يمكن تجاهل تأثيره على دقة الاحداثيات. وعليه، فانه جرت العادة على تحديد محور دوران الارض كل ثلاث سنوات من قبل احدى المنظمات الجيوديسية الدولية، والذي بات يسمى بالإطار المرجعي الارضي العالمي International Terrestrial Reference Frame والذي يختصر ب (ITRF). ولوجود عامل الزمن في تحديد الاحداثيات في هذا النوع من أنظمة الاحداثيات، فهو يعتبر نظام رباعي الابعاد Four-dimensional (coordinates system, 4D)، ومن امثلته: ITRF2000 و ITRF2005.

Map

6-6 الخريطة

بعد تحديد مواقع المعالم المطلوب دراستها على سطح الارض - المُمثل بشكل كرة أو اليبسويد - حسب نظام الاحداثيات المختار، يتم تمثيلها على سطح مستوي ثنائي الابعاد يسمى بالخريطة حيث يتم التعويض عن الاحداثيات الجيوديسية ثلاثية الابعاد بما يكافئها من احداثيات مستوية. وهذه العملية تسمى بالإسقاط، لاحظ الشكل (6-12). وان تاريخ استخدام الخرائط يعود الى الحضارة البابلية حيث ان الخريطة البابلية للعالم المرسومة على لوح طيني والتي تحوي على وصف للعالم المعروف من أقدم محاولات استخدام الخريطة التي تعود للقرن السادس قبل الميلاد، لاحظ الشكل (6-13).



الشكل (6-12) نظام احداثيات جغرافية مقاس بوحدات زاوية مقارنة بنظام احداثيات مسقطية مقاسة بوحدات خطية.



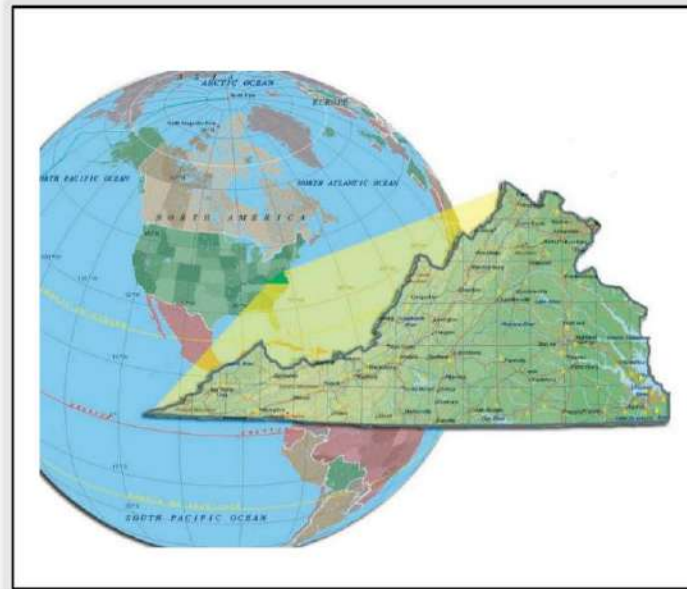
الشكل (6-13) خريطة العالم البابلية.

ويمكن تعريف الخريطة بأنها تمثيل هندسي مبسط لكل أو جزء من سطح الأرض باستخدام الألوان، الرموز، المصطلحات، الأرقام، وبمقياس رسم يُحدد حسب الغرض من الخريطة وطبيعة التضاريس. الشكل (6-14) يوضح مقياس مكبر لجزء من تضاريس سطح الأرض بالتفاصيل والألوان. ولإنشاء الخريطة فإنه يتم جمع المعلومات من مصادر متعددة كالآتي:

- (a) الخرائط القديمة.
- (b) المسح الأرضي.
- (c) التصوير الجوي أو الفضائي.

يمكن القول ان الخريطة مثالية عندما تطابق المسافات، الزوايا، الاتجاهات، المساحات، والأشكال على الخريطة قيمتها الحقيقية في الطبيعة. ولان انشاء الخريطة يعتمد على عمليات رصد وقياس وتحويل الاحداثيات الكروية الى احداثيات مستوية وغيره من العوامل الفنية، فإنه لا يمكن الحصول على خريطة مثالية. حيث عادة ما يرافق تحويل الشكل المجسم على سطح الأرض الى شكل مستوي على الورق فروقات بين القيم المسقطة على الخريطة وقيمها الحقيقية في الطبيعة تسمى بالتشوهات وهي أحد انواع الأخطاء العشوائية. تتعدد العوامل التي تحول دون الحصول على خريطة بدقة تامة ومنها الأجهزة المستخدمة، عملية الإسقاط، مقياس الرسم (حجم التفاصيل الممكن تغطيتها)، إزاحة أو تكبير الرموز والمصطلحات. لذلك يتطلب تدقيق صحة معلومات الخريطة قبل (مرحلة جمع البيانات) وبعد انشائها (تدقيق حقل لبعض النقاط المرجعية).

وللخرائط عناصر وهوامش تساعد على قراءة وفهم تفاصيلها مثل اسم ورقم الخريطة، الرموز والمصطلحات، مفتاح الخريطة، الألوان، اتجاه الشمال، محتويات الخريطة، كما مبين في الأشكال (6-15) و (6-16).



الشكل (6-14) مقياس مكبر لجزء من سطح الأرض.

ويمكن تصنيف الخرائط بطرق مختلفة، فيمكن تصنيفها مثلا حسب الظواهر التي توضحها الى:

1. خرائط طبيعية: وتشمل:

(a) الخرائط الجيولوجية (دراسة الثروات المعدنية والمياه الجوفية).

(b) خرائط المناخ.

(c) خرائط السطح (الكنتورية).

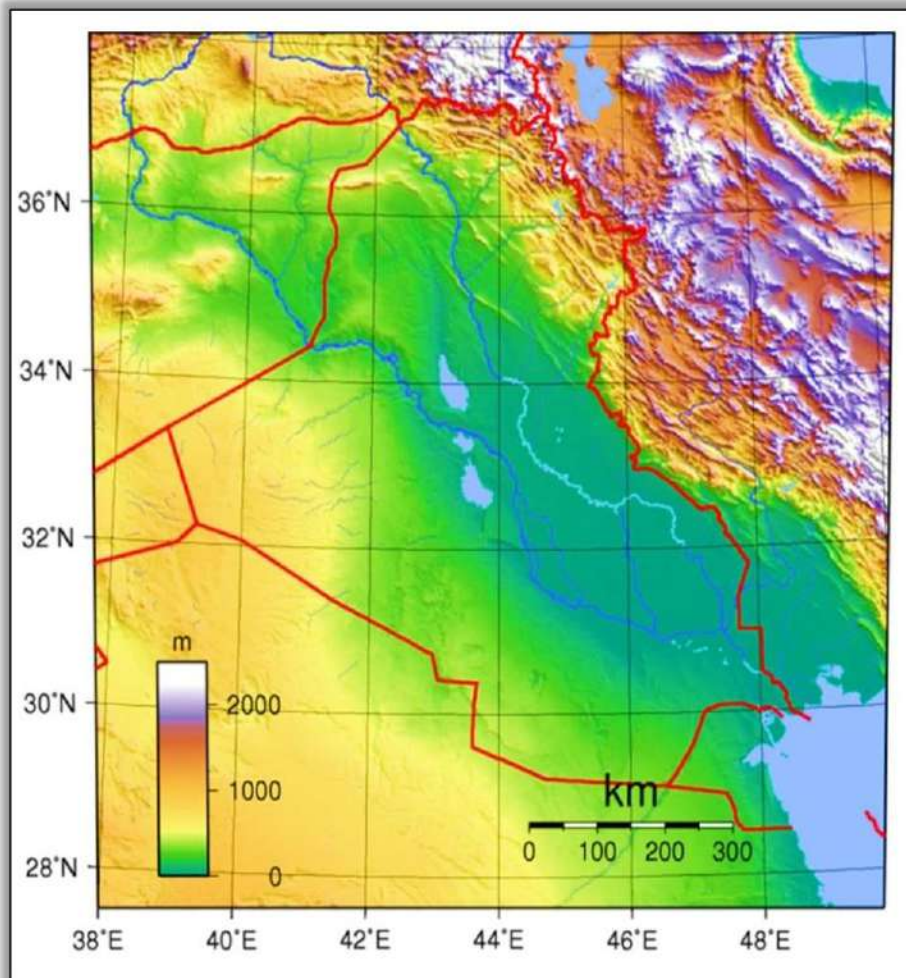
(d) خرائط التربة.

2. خرائط بشرية: مثل الخرائط العمرانية، وخرائط النقل والري والخدمات.

او تصنف حسب مقياس الرسم الى:

1. **الخرائط العامة:** ترسم بمقياس رسم يقل عن 1 : 500,000 مثل خرائط العالم وخرائط القارات وخرائط المحيطات.

2. **الخرائط الطبوغرافية:** ترسم بمقياس رسم لا يقل عن 1:25,000 ولا يزيد عن 1: 500,000 مثل خرائط التقسيم الاداري وخرائط مراكز العمران وخرائط شبكات الطرق ومراكز الخدمات، لاحظ الشكل (6-15).



الشكل (6-15) نموذج خريطة طبوغرافية.

3. **الخرائط التفصيلية:** ترسم بمقياس رسم كبير نسبياً لا يزيد عن 1:10,000، مثل خرائط تحديد أو تقسيم أو تعديل الاراضي الزراعية، وخرائط تحديد الملكية العقارية، لاحظ الشكل (16-6).



الشكل (16-6) نموذج خريطة تفصيلية.

او يمكن ان تصنف الخرائط حسب نوع الاسقاط: حيث تقسم الخرائط حسب الشرط المحقق فيها من تطابق أحد خصائصها مع خصائص الكرة الارضية، كالاتي:

(a) **خرائط متطابقة الابعاد:** مثل المساقط الاتجاهية متساوية الاتجاه، والمسقط المخروطي بعرضين رئيسيين.

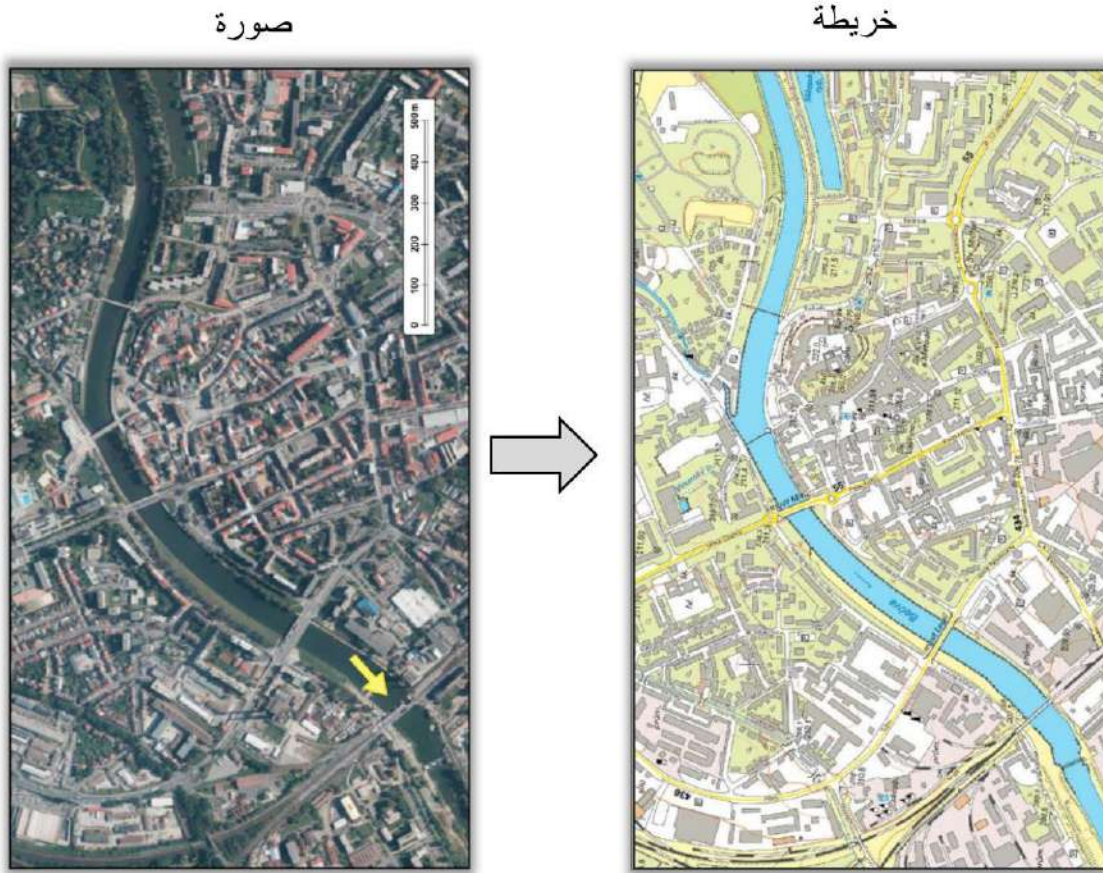
(b) **خرائط متطابقة الاتجاه:** مثل مسقط مركبتور والمسقط المجسم.

(c) **خرائط متطابقة المساحات:** المسقط الاسطواني متساوي المساحات، ومسقط لامبرت.

Image

7-6 الصورة

ان انتاج الخرائط التفصيلية والخرائط الطبوغرافية او دراسة طبيعة منطقة معينة بشكل مباشر بواسطة اجهزة المساحة التقليدية (شريط، ميزان، ثيودوليت)، قد لا يكون خياراً متوفراً او حتى اقتصادي عندما تكون المعالم الطبيعية المطلوب تغطيتها واسعة جداً وتتخللها تضاريس وعرة ومرتفعات. على عكس ذلك، فقط أصبح انتاج خرائط بدقة عالية وخلال وقت قياسي نسبياً ممكناً من خلال تعيين المواقع والاماكن المختلفة والابعاد بينها من صور تلتقط بواسطة كاميرات محمولة، وهو ما يعرف بالمساحة التصويرية، لاحظ الشكل (17-6).

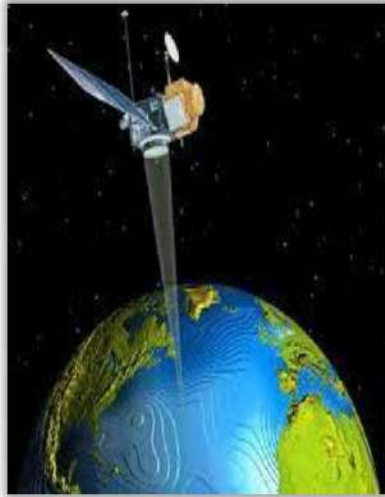


الشكل (6-17) الفرق بين الصورة والخريطة.

توفر الصورة تسجيل دقيق للمنطقة قيد الدراسة وقت التقاطها، وتحتوي الكثير من التفاصيل التي لا يمكن للقياس الموقعي وحده تقديمها، ويمكن دائماً الرجوع إليها في المستقبل. ويشترط في الصور ان تكون واضحة، بدون ضبابية او ظلال، وبمقياس معين، ولذلك تتطلب معرفة مسبقة وخبرة فنية للقيام بالتصوير. قد تكون الصور فوتوغرافية ورقية، رقمية، او حرارية.

تتنوع مصادر الصور في المساحة التصويرية حسب موقع الكاميرا بالنسبة لمنطقة الدراسة، لاحظ الشكل (6-18):

- (a) التصوير الارضي: يتم الحصول على الصور من كاميرا مركبة على ركيزة على سطح الارض، او على او ابراج في نفس موقع العمل، وتتميز هذا النوع من الصور بكونها تغطي مساحة محدودة وتستخدم في المشاريع الهندسية من اعداد المخططات الانشائية، او تحديد شكل وحجم وموقع منشأ او معلّم ما.
- (b) التصوير الفضائي: يتم الحصول على هذا النوع من الصور بواسطة الاقمار الصناعية، وتستخدم في الاستقصاءات الفلكية ورسم الخرائط لكواكب النظام الشمسي.
- (c) التصوير الجوي: تلتقط الصور من الجو بواسطة آلات تصوير مثبتة في طائرة، حيث يتم تحديد ارتفاع الطيران، ونوع الكاميرا المستخدمة، واماكن الطيران مسبقاً. تستخدم الصور الجوية لأغراض المساحة المختلفة من تحديد المواقع، الابعاد، المساحات، واعداد الخرائط التفصيلية والطبوغرافية.



التصوير الفضائي



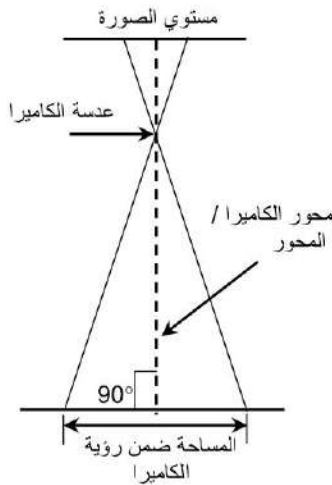
التصوير الجوي



التصوير الأرضي

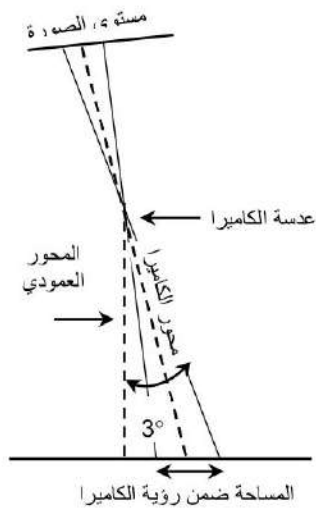
الشكل (6-18) مصادر الصور في المساحة التصويرية.

تختلف الصور الجوية حسب زاوية التصوير التي تؤخذ بها نسبة الى سطح الارض، فقد تكون: صورة رأسية **Vertical**: اي ان محور آلة التصوير عمودي على سطح الارض، وتوفر معلومات بدقة عالية ومتساوية الابعاد وتكون العوارض أقرب ما يكون لشكلها الطبيعي على الارض، وتستخدم في انتاج الخرائط لسهولة القياس منها وتمييز المعالم، لاحظ الشكل (6-19).



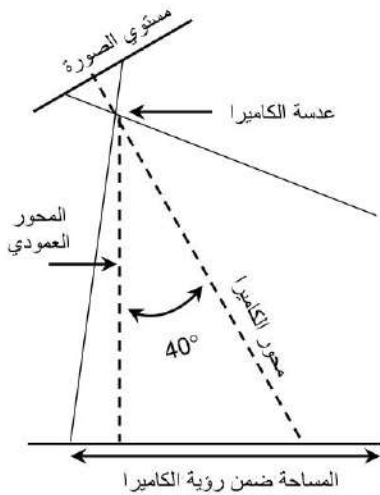
الشكل (6-19) صورة جوية عمودية مع توضيح زاوية التصوير.

صورة قليلة الميل **Tilted** : وهي الصور التي يميل فيها محور آلة التصوير بزاوية لا تزيد عن 3° عن المحور الرأسي بسبب المطبات الهوائية، ونتيجة لذلك يختلف المقياس وهندسة الصورة فيها عن الحال المذكور في الصور العمودية . يمكن تحويلها الى صورة رأسية بواسطة اجهزة خاصة ليتم استخدامها لاحقا في انتاج الخرائط، لاحظ الشكل (6-20).



الشكل (6-20) صورة جوية قليلة الميل مع توضيح زاوية التصوير.

صورة شديدة الميل Oblique : لتغطية مساحات شاسعة من سطح الأرض بحيث يمكن ان يظهر خط الافق، يتم امالة محور آلة التصوير عن المحور الرأسي عند النقاط الصور، ولذلك يتناقص المقياس من مقدمة الصورة باتجاه مؤخرتها. يستخدم هذا النوع من الصور في عمليات الاستطلاع المدني والعسكري، ولا تستخدم عادة في انتاج الخرائط، لاحظ الشكل (6-21).

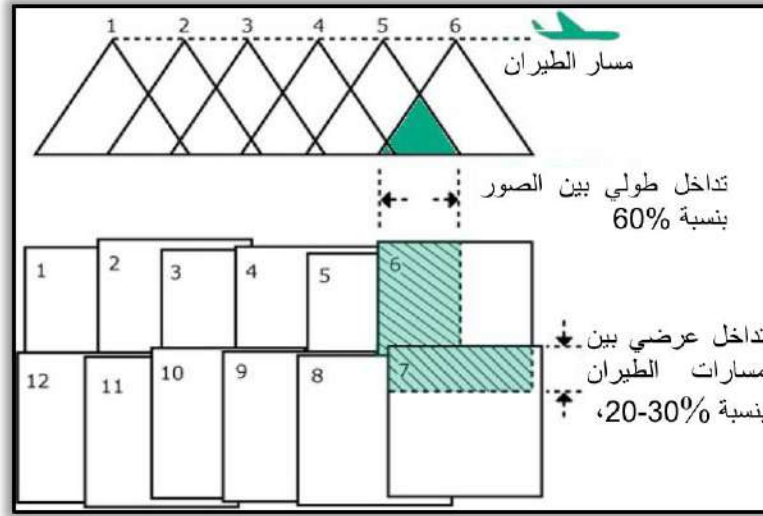


الشكل (6-21) صورة جوية شديدة الميل مع توضيح زاوية التصوير.

لا تخلو الصور من الأخطاء بمواقع المعالم الظاهرة عليها بسبب ميل الصورة، او اختلاف التضاريس، او تقوس الأرض، وعليه تجري عملية التصحيح عليها قبل اعتمادها في انتاج الخريطة.

لضمان انتاج خرائط بتفاصيل أكثر ودقة عالية، يتم التصوير بشكل يضمن التداخل بين المساحات التي تغطيها الصور المتتالية، حيث غالبا ما تتداخل الصور طوليا (باتجاه مسار الطيران) بنسبة 60%، وعرضيا (عمودي على خط الطيران) بنسبة 20 - 30% ، لاحظ الشكل (6-22). ان هذه النسبة تمثل

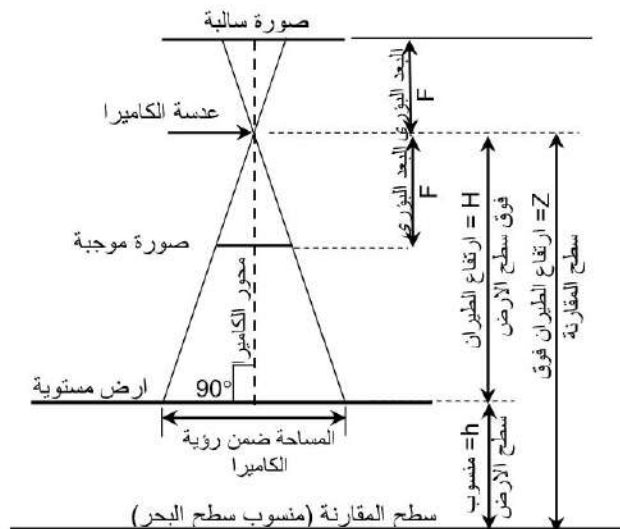
مقدار المساحة الظاهرة في صورتين متتاليتين. حيث يستفاد من هذه الخطوة لتغطية كامل المساحة المطلوبة وفي تشكيل الصور المجسمة.



الشكل (6-22) تداخل الصور الجوية طوليا وعرضيا.

من المهم الإشارة الى وجود نوعان من الأخطاء، اللذين قد يكونا سبباً في فشل تكامل الصور او تغطية المساحة المصورة، الانجراف (drift)، ويحصل نتيجة انحراف الطائرة عن مسارها بسبب الرياح القوية او خطأ الطيار نفسه، وانحراف الطيران (crab)، ويحدث عندما لا تكون الطائرة موجهة مع خط الطيران. يمكن قياس الأبعاد الثلاثية لأي نقطة على الأرض بالاعتماد على الأبعاد الثنائية للصورة بمعلومية مقياس رسم الصورة، الذي يمثل نسبة المسافة على الصورة الى المسافة على الأرض، وكذلك من معرفة البعد البؤري للكاميرا وارتفاع الطائرة عن سطح الأرض باستخدام العلاقات الهندسية مثل تشابه المثلثات. لاحظ الشكل (6-23).

$$\text{مقياس رسم الصورة} = \frac{\text{المسافة على الصورة}}{\text{المسافة على الأرض}} \quad (2-6)$$



الشكل (6-23) مقياس الصورة فوق ارض مستوية.

$$S = \frac{F}{Z - h} \quad (3-6)$$

حيث ان (S) تمثل مقياس رسم الصورة .

(F) تمثل البعد البؤري عن عدسة الكاميرا .

(H = Z - h) تمثل ارتفاع الطيران فوق سطح الارض .

(Z) تمثل ارتفاع الطيران فوق سطح المقارنة (منسوب سطح البحر) .

(h) تمثل منسوب سطح الارض عن سطح المقارنة (ارتفاع الصورة او النقطة) .

مثال (1-6):

التقطت صورة جوية رأسية لنقطة ترتفع 550 m فوق سطح البحر، بكاميرا ذات بعد بؤري 166.8 mm، من ارتفاع طيران 5554 m فوق سطح البحر، احسب مقياس رسم الصورة (S).

$$H = Z - h$$

$$= 5554 - 550$$

$$= 5004 \text{ m} = 5004 \times 1,000 = 5,004,000 \text{ mm}$$

$$S = F / H$$

$$= \frac{166.8}{5,004,000}$$

$$= \frac{1}{30,000}$$

Adjustment

8-6 التصحيح

تتميز القياسات المساحية بصفتين على وجه الخصوص:

- (1) لا تخلو من الأخطاء، سواء كانت الأخطاء جسيمة (اغلاط) ناتجة عن اهمال او سهو المساح، او اخطاء ذات نسق ثابت تتراكم بتكرار القياس (منتظمة)، او عشوائية لا يمكن التنبؤ بها.
- (2) ضرورة ضمان تكرارها لكل متغير حتى وان كان أكثر من المطلوب للحصول على أفضل النتائج.

وعليه من هذه الصفتين، فإن الحصول على قياسات متطابقة تماما لمتغير او كمية ما يعتبر مستحيلا. وفي هذه الحالة، فإن القياس الذي يمكن ان نختاره (من مجموعة القياسات المتكررة) لتمثيل قيمة ذلك المتغير او الكمية، هو القياس ذو القيمة الاقرب الى مجموعة القراءات المسجلة.

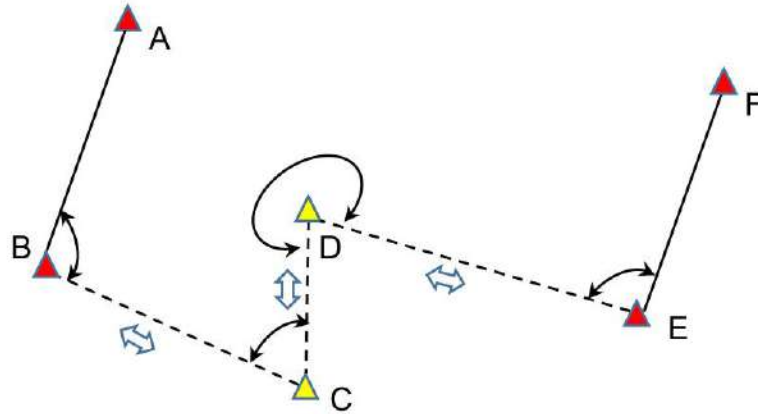
لغرض الحصول على القيمة الاقرب (تسمى ايضا، بالقيمة الاكثر احتمالا)، يمكن التعويض عن اخطاء القياسات زيادة كانت او نقصان، وهذا ما يسمى بـ (التصحيح). وتجدر الاشارة الى انه تسبق عملية

تصحيح القياسات عملية تحديد وحذف القياسات المغلوطة، وتصحيح الأخطاء المنتظمة، كون التصحيح يقتصر على الأخطاء العشوائية.

ان عملية التصحيح لقياسات كثيرة تتضمن عدة محطات بموقع غير معلوم مثلاً، تكون متعبة جداً، ويفضل اجراءها باستخدام النظريات الاحصائية عبر تطبيق بعض برامج الحاسوب لتحديد القيمة الاقرب او الاكثر تطابقاً (Best Fit)، بطريقة تعديل قيم المربعات الصغرى (least-squares adjustment) والتي تعتمد على تقليل مجموع مربعات الانحرافات (بعد او قرب القيمة المقاسة) لكل قياس، وان افضل قيمة قياس هي ذات اصغر مربع انحراف. غالباً ما يمكن الاستغناء عن استخدام الحاسوب بتطبيق طرق ايسط، مثل طريقة بودتش (Bowditch) للتصحيح.

مثال (2-6):

في الشكل (24-6)، موقع (احداثيات) كل من المحطات A, B, E, F معلوم، والمسافات BC, CD, DE، والزوايا المؤشرة متوفرة ايضاً، المطلوب تحديد موقع المحطات C, D.



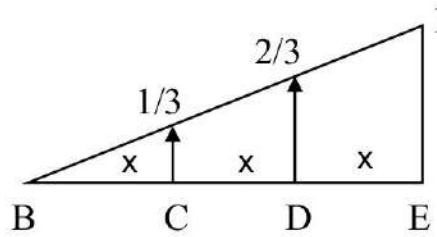
الشكل (24-6) مضلع بأربعة نقاط.

الحل:

ان وجود زيادة في القياسات المتوفرة عن المطلوب (زوايا ومسافات، بالإضافة الى احداثيات النقاط) تسهل من عملية التدقيق وكشف الأخطاء، وبالتالي اجراءات التصحيح، وكما مبين ادناه:

1. من احداثيات النقاط (A, B)، يمكن حساب الاتجاه للضلع BA، باستخدام قوانين المثلثات.
2. نضيف الزاوية المعلومة ABC لاتجاه الضلع BA، ومن ثم نحدد اتجاه الضلع BC.
3. نحدد موقع النقطة C بمعلومية كل من اتجاه وطول الضلع BC.
4. نحدد موقع النقاط المتبقية D, E بشكل مماثل.
5. نقارن موقع النقطة E المعلوم وموقعها المحسوب.
6. إذا كانت جميع القراءات (الزوايا والمسافات) خالية من الأخطاء، فان موقع النقطة E المحسوب يجب ان يطابق الموقع المعلوم. لكن اختلاف موقع النقطة المعلوم والمحسوب في هذه الحالة حتمي، بسبب صفات القياسات المساحية المشار لها اعلاه. ان اختلاف القيم المحسوبة لموقع النقطة E عن قيمتها الحقيقية، انما يدل على ان مواقع النقاط C, D قد يكون غير صحيح ايضاً.

7. عملية التصحيح بطريقة بودتش (Bowditch) تفرض ان خطأ القياسات الذي ادى الى تعيين نقطة E في غير موقعها، يتم توزيعه على طول المضلع بشكل منتظم.
8. فرضا ان اطوال الاضلاع BC, CD, DE متساوية، فان الخطأ عند النقطة E يتم توزيعه على طول المسافة بين النقطتين B, E.
9. بما ان النقطة C تبعد (3/1) المسافة عن بداية المضلع، فأن مقدار التصحيح لإحداثيات النقطة C يكون بمقدار (3/1) الخطأ الكلي المطلوب تصحيحه عند اخر نقطة E.
10. اما نقطة D التي تبعد (3/2) المسافة عن نقطة البداية B، يجب ان تصحح احداثياتها بمقدار (3/2) الخطأ الكلي، وهكذا فان تصحيح نقطة E يتم بالتخلص من كامل الخطأ بحيث تطابق احداثياتها المعلومة. الشكل (6-25) يوضح توزيع الخطأ حسب الطريقة اعلاه، حيث تمثل x المسافة بين النقاط، وان مقدار الخطأ عند نقطة البداية يتزايد تدريجياً حسب البعد عن نقطة بداية القياس (معلومة) ويكون الخطأ الكلي المطلوب تصحيحه عند اخر نقطة في القياس.



الشكل (6-25) توزيع الخطأ في عملية التصحيح

أسئلة الفصل السادس

- س1. ما هو الخطأ في القياسات؟ وبماذا يختلف عن الغلط؟
- س2. كيف يمكنك ضمان قياسات مساحية خالية من الغلط؟
- س3. ما هي القيمة الحقيقية للقياسات المساحية؟
- س4. وضح كيف يمكن لمسافة تم قياسها بإتقان عالي ان تكون غير دقيقة؟
- س5. تعرض شريط حديدي بطول 30 m للكسر، وبعد تصليحه بشكل غير جيد، كان طوله 29.8 m، يمكن وصف القياسات باستخدام هذا الشريط بأنها:
- (a) غير دقيقة.
- (b) غير متقنة.
- (c) غير دقيقة وغير متقنة.
- س6. عرف الخريطة، وما هي طرق تصنيفها حسب الظواهر؟
- س7. كيف يتم ضمان تغطية كامل المساحة المطلوب دراستها في التصوير الجوي وبدقة مناسبة، وما هي الأخطاء التي تؤثر على ذلك؟
- س8. ما الفرق بين الخريطة والصورة الجوية؟
- س9. إذا كان مقياس رسم صورة جوية يساوي 1/50,000، والمسافة المقاسة بين نقطتين على هذه الصورة تساوي 25 mm، احسب البعد بين النقطتين على سطح الأرض؟
- (الجواب: 1.25 km)
- س10. اذكر أمثلة على الاغلاط التي تحدث في القياسات .

مصادر الأخطاء

Errors Sources

الفصل السابع

الاهداف: بنهاية الفصل، سيتعرف الطالب على:

1. مصادر الاخطاء وانواعها.
2. التمييز بين الاخطاء المنتظمة والعشوائية.
3. حساب معدل القياسات وانحرافها عن المعدل.
4. مبدأ وزن القياسات.
5. توظيف خطأ القفل في تقييم دقة العمل.
6. تحديد القياسات المغلوطة ورفضها.

Error Sources in Surveying

1-7 مصادر الأخطاء في المساحة

ان عملية القياس او الرصد للمسافات والاتجاهات والزوايا، تمثل جزء أساسي في اعمال المساحة، وان هذه القياسات دائما ما تكون مقترنة بنسبة من عدم الدقة او الخطأ. حيث ان تكرار القياس لنفس المسافة او الزاوية عدة مرات سيؤول الى قراءات مختلفة القيم، لذلك فان الهدف الحقيقي اثناء اخذ القياسات هو تجنب او تقليل الأخطاء التي تنشأ حتى مع استخدام أجهزة قياس ذات دقة عالية. ولغرض اعتماد القياسات المساحية وتحليلها لاحقا، من المهم التعرف على طبيعة الأخطاء المرافقة لها. لذلك من الضروري البحث في أسباب او مصادر الأخطاء في القياسات المساحية كخطوة أولية لإيجاد طرق لتقليلها.

Personal Errors

1-1-7 الأخطاء الشخصية

ان وجود العنصر البشري ضمن عملية القياسات المساحية يعتبر أحد المصادر الرئيسية للخطأ، بسبب تفاوت مستوى القدرة والخبرة ومدى العناية والتركيز من شخص لآخر. وينتج هذا النوع من الأخطاء من الإهمال او السهو للمساح نفسه، او لفرد من فريق العمل المساحي عند استخدام اجهزة ومعدات القياس او رصد القراءات وتسجيلها. ويمكن تجنب هذا النوع من الأخطاء بالتخطيط المسبق، التحضير لعملية المقايسة، الانتباه اثناء القياس، وتكرار القياسات وتدقيقها قبل اجراء الحسابات. ومن امثلة الأخطاء الشخصية تلك الناتجة عن:

- القراءة المغلوطة للأمتار على مسطرة التسوية (Levelling staff) او الخطأ في نقل القراءات لسجل التدوين، ويمكن الكشف عن هذه الأخطاء او تقليل أثرها بزيادة عدد القراءات المقاسة (الرصدات). على سبيل المثال، بعض الأحيان يتم تسجيل القراءة بشكل معكوس سهواً، كما في تسجيل المسافة المقاسة 68.22 m بدل 86.22 m او تسجيل القراءة الخلفية بدل القراءة الامامية لجهاز التسوية او ادخال قراءة مسطرة التسوية لغير المحطة المقاسة عندها.
- نسيان العد الصحيح لعدد اطوال الشريط الكاملة خلال عملية القياس (مثلا نسيان عدد مرات تكرار قياس مسافة غير مباشرة بطول شريط 30 m بين نقطتي البداية والنهاية).
- عدم تثبيت مسطرة القياس بالمكان الصحيح، او تثبيتها بشكل مائل نسبياً.
- الاستناد على ركيزة الجهاز اثناء قراء مسطرة التسوية، مما يسبب عدم افقية جهاز التسوية.
- عدم ضبط وزن جهاز التسوية او وزن ومركزية (تسامت مركز الجهاز ومركز النقطة الأرضية) لجهازى الثيودولايت والمحطة الكاملة.

Instrumental Errors

2-1-7 الأخطاء الآلية

يمكن ان تنشأ هذه الأخطاء بسبب عيب مصنعي في أجهزة القياس او ضبط مغلوط للجهاز المستخدم في رصد القراءات. فبغض النظر عن دقة الأجهزة المستخدمة في اعمال المسح الميداني، على المساح قراءة وتدقيق مواصفات كل جهاز والتعرف على مقدار الخطأ المسموح (الدقة). بالإضافة الى الالتزام بتعيير (Calibrate) هذه الأجهزة بشكل دوري او متى ما أشتبه بدقة الجهاز. ومن امثلة الأخطاء الآلية تلك الناتجة عن:

- اختلاف طول الشريط الفعلي عن طوله القياسي. فاذا تم قياس مسافة بطول 185 m بشريط ذو طول (29.25 m) اقل من طوله القياسي (30 m)، يمكن حساب المسافة الفعلية (تصحيح القياس) كالآتي:

المسافة المقاسة = 185 m الشريط المستخدم ذو طول فعلي = 29.25 m

ملاحظة: تم حساب المسافة المقاسة على أساس ان الشريط بقياس طبيعي 30 m، لذا عند التصحيح نحسب المسافة المكافئة لطول الشريط الفعلي.

المسافة المصححة = ؟ لشريط ذو طول قياسي = 30 m تحسب من المعادلة الاتية:

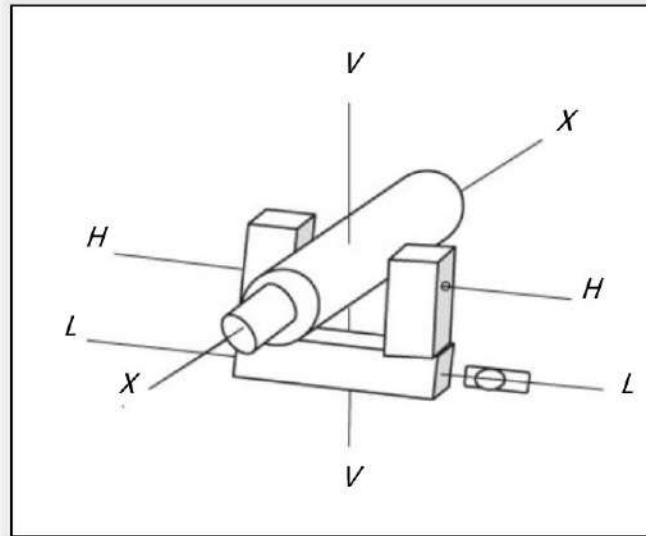
$$\frac{29.25 m}{30 m} = \frac{\text{المسافة المصححة}}{185 m}$$

$$185 \times 29.25 = 30 \times \text{المسافة المصححة}$$

$$\frac{5,411.25}{30} = \text{المسافة المصححة}$$

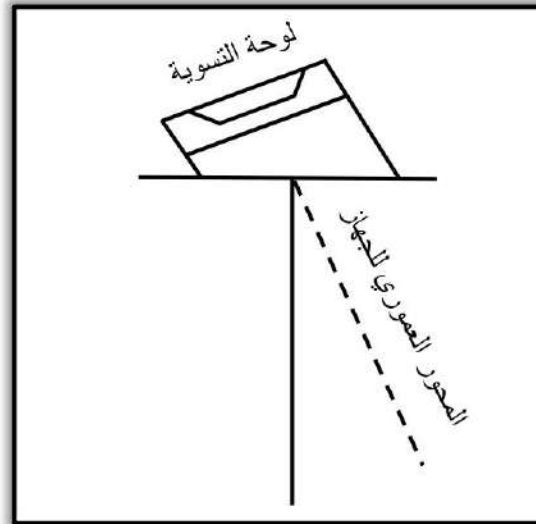
المسافة المصححة = 180.38 m (تقل المسافة المصححة في حال قصر الشريط والعكس صحيح)

(b) انحراف المحاور الرئيسية لجهاز القياس عن بعضها بزاوية معينة، الامر الذي يسبب خطأ في الرصدات (القراءات) المقاسة. يمكن تجنب هذا الخطأ بقياس مسافات افقية لموقعين على يمين ويسار الجهاز ومعايرة الجهاز بمقدار الخطأ المحسوب. الشكل (1-7) يوضح المحاور الرئيسية في جهاز الثيودولايت متعامدة بوضعها الطبيعي.



الشكل (1-7) تعامد المحاور الرئيسية في جهاز الثيودولايت.

(c) تركيب او ضبط مغلوطة للوحة ضبط الوزن (Plate levels) في جهاز الثيودولايت، على سبيل المثال. حيث ان المحور العمودي للجهاز لا يكون حقيقة عمودياً، إذا كانت لوحات التسوية العليا والسفلى للجهاز غير افقية اثناء ضبط مركزية فقاعات الوزن. في هذه الحالة، الزوايا الافقية المقاسة ستكون بمستوي مائل، وليس افقي والزوايا العمودية المقاسة بهذا الوضع تكون غير صحيحة أيضاً، انظر الشكل (2-7). يمكن التخلص من هذا الخطأ بإعادة موازنة او ضبط الجهاز نسبة الى فقاعة الموازنة (ضبط الافقية للجهاز) (Tubular bubble) الموزونة مسبقاً.



الشكل (2-7) تمثيل الخطأ الآلي الناتج من ضبط لوحة التسوية في جهاز الثيودولايت بشكل مغلوط.

3-1-7 الأخطاء الطبيعية

Natural Errors

ان تغير الظروف الطبيعية اثناء القياسات المساحية من تفاوت شدة الرياح، درجات الحرارة، الرطوبة وانكسار الضوء لا يؤثر على كفاءة فريق العمل فحسب، بل على دقة عمل أجهزة القياس أيضاً. ولذلك من الضروري ان يكون فريق العمل المساحي مطلع على دليل عمل، ظروف التشغيل، والمعايرة المطلوبة للمعدات، والأجهزة التي يستخدمها، بالإضافة الى التخطيط المسبق لعملية القياس. ومن مصادر الأخطاء الطبيعية:

- حصول تمدد غير متساوي في أجزاء المنظار (Telescope) والدوائر الأفقية والعمودية في جهاز الثيودولايت.
- تغير الانكسار الجوي نتيجة لارتفاع درجات الحرارة.
- اهتزاز الأجهزة بفعل الرياح.
- نزول نسبي لأرجل الركيزة الثلاثية الحاملة لجهاز الميزان، الثيودولايت، والمحطة الكاملة.

2-7 انواع الأخطاء

Errors Types

عند اخذ القياسات في أي عمل مساحي، فإن السعي دائماً هو الحصول على قراءات قريبة جداً من القيمة الحقيقية. الامر الذي يمكن تحقيقه بالحصول على قياسات بأقل نسبة خطأ وأعلى دقة، ولكن مهما كانت الاحتياطات المتخذة كبيرة فانه سيرافق القياسات وجود خطأ مهما كان صغيراً. يمكن تقسيم هذه الأخطاء الى الأنواع الآتية:

1-2-7 الأخطاء المنتظمة

Systematic Errors

وتُعرف أيضاً بالأخطاء التراكمية (Cumulative errors)، وتتبع نسق معين وثابت في القياسات المتكررة، بالزيادة (+) او النقصان (-)، وبمقدار ثابت. يتميز هذا النوع من الأخطاء بالثبات،

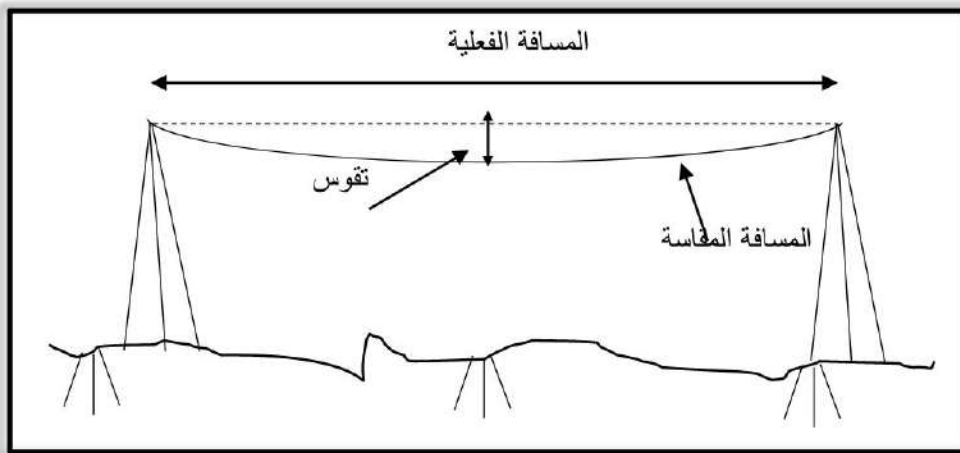
وتعتبر إيجابية أو سلبية لأنها تجعل النتائج كبيرة جداً أو صغيرة جداً. لذلك، فإن تأثيرها تراكمي. فعلى سبيل المثال، إذا كان النقصان بطول شريط القياس بمقدار (M)، وتم فرد طول الشريط كاملاً لعدد من المرات (N) فإن مقدار الخطأ التراكمي بالطول المُقاس سيكون $(M * N)$. يمكن السيطرة على الأخطاء المنتظمة وتقليل تأثيرها ببذل جهود في الكشف عنها وتحليلها، وكلما قلت هذه الأخطاء، كلما كانت القياسات أكثر دقة. يتميز هذا النوع من الأخطاء بأنه يمكن التنبؤ بها وتمثيلها بمعادلة رياضية لكن لا يمكن تحليلها احصائياً، كما لا يمكن اقصائها بزيادة عدد القراءات واعتماد معدلها. من أسباب حدوث الأخطاء المنتظمة: أخطاء معايرة أجهزة القياس، الظروف المحيطة بالعمل (درجة الحرارة، رطوبة... الخ)، وأخطاء أخرى يمكن تجنبها مثل أخطاء قراءة القياسات.

2-2-7 الأخطاء العشوائية

Random Errors

وتُعرف أيضاً بالأخطاء العرضية (Accidental errors)، وتكون بمقدار واتجاه (زيادة ونقصان) لا يمكن التنبؤ به ويكون حدوثها بمحض الصدفة. وتحدث الأخطاء العشوائية لعدة أسباب خارج سيطرة المساح، حيث لا مفر من وجودها في القياسات المساحية بسبب العيوب في أنظمة القياس (الناس، الأجهزة، والطبيعة). ولكونها ذات طابع عشوائي (غير منتظم) لا تُمثل بمعادلة رياضية كما في الأخطاء المنتظمة، بل تتبع قوانين الاحتمالات في علم الاحصاء، لذا قد يمكن السيطرة عليها وتقليلها ولكن بدون إمكانية حذفها كلياً من القياسات. حيث يمكن تقليل تأثير هذه الأخطاء بحساب المعدل لعدد من القياسات المتكررة.

خلال اجراء القياسات المتكررة فإن الأخطاء العشوائية قد تسبب زيادة (+) مرة ونقصان (-) مرة أخرى وبسبب طبيعتها العرضية فإنها تميل الى الموازنة (التعويض) بين الزيادة والنقصان في قيمة القراءات (الرصدات) بإلغاء بعضها البعض في النتائج النهائية. فعلى سبيل المثال، في حال وجود خطأ في طول شريط القياس بمقدار 0.1 m فإن هذا الخطأ قد يتناوب على أيّ من الاحتمالين (زيادة أو نقصان) بسبب تغيير قوة سحب الشريط من الجانبين اثناء القياس (بزيادة قوة السحب يشد الشريط قريباً من طوله الفعلي ويقل الخطأ الناتج من تقوس الشريط)، انظر الشكل (3-7).



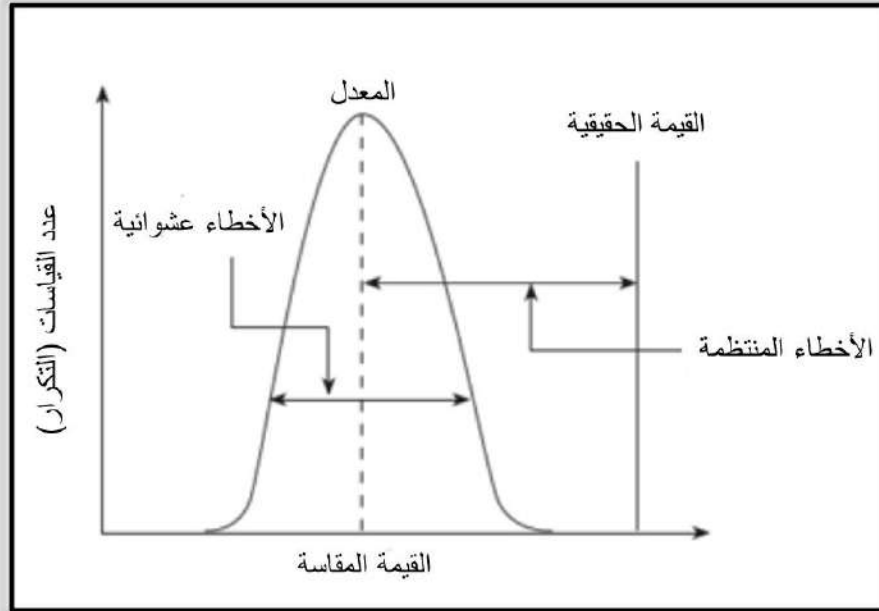
الشكل (3-7) تمثيل التغيير في المسافة المقاسة بالشريط بسبب التقوس.

للتوضيح أكثر، لنفرض انه يراد تعيين النقطة B والتي تبعد مسافة 39.55 m عن نقطة البداية A. فاذا كان طول الشريط المستخدم في عملية القياس 30 m، سنحتاج لتعيين نقطة وسطية أولاً عند 30 m،

ومن ثم نقيس منها مسافة 9.55 m. في هذه الحالة، فإن خطأ عشوائي قد يحدث حال قيام المساح بتعيين النقطة الوسطية عند 30 m، لسبب ان النقطة الوسطية التي تم تعيينها تبعد قليلا عن موقعها المطلوب كأن تكون عند مسافة 29.98 m او 29.99 m، وهكذا.

عند قياس المسافة المتبقية 9.55 m من النقطة الوسطية المثبتة الى النقطة المطلوب تعيينها B سنجد انه توجد فرصتان لحدوث اخطاء عشوائية اضافية: فرصة حدوث نفس الخطأ (عند النقطة الوسطية 30 m) للمساح الذي يحمل مقدمة الشريط عند تعيين النقطة الأخيرة. بالإضافة الى فرصة حدوث خطأ عشوائي اخر نتيجة قيام المساح الذي يحمل مؤخرة الشريط عن النقطة الوسطية بمسك بداية الشريط من 0.01 m بدلا من 0.0 m.

الشكل (4-7) يصور الفرق بين الأخطاء المنتظمة والعشوائية بالنسبة للقيمة المقاسة. من الواضح ان الدقة تتأثر بكل من الأخطاء العشوائية والمنتظمة، حيث كلما قلت الأخطاء العشوائية تقاربت القياسات المتكررة (زيادة الاتقان)، وكلما قلت الأخطاء المنتظمة، اقتربت القياسات من قيمتها الحقيقية.



الشكل (4-7) العلاقة بين الأخطاء المنتظمة والعشوائية مع القيمة المقاسة.

Mean

3-7 المعدل

من المبادئ الأساسية في علم المساحة انه لا يوجد قياس مثالي او مضبوط بدون خطأ وعليه فان القيمة الحقيقية للقياسات مجهولة ولكن عادة ما يتم تمثيلها بالمعدل الحسابي للقياسات. فاذا تم تكرار القياس للمتغير x عدد من المرات (n) في ظروف مماثلة، فان معدل القياسات $\bar{x}$ يمثل أفضل تخمين للقيمة الحقيقية ولذلك يسمى ايضا بالقيمة الأكثر احتمالية. ويحسب المعدل او القيمة الأكثر احتمالية من المعادلة الآتية:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad , \quad \frac{\text{مجموع القياسات}}{\text{عدد القياسات}} = \text{المعدل} \quad (1-7)$$

يلاحظ من المعادلة أعلاه ان عدد مرات تكرار القياس يؤثر على قيمة معدل القياسات ومن ثم بالقيمة الأكثر احتمالية، حيث كلما زاد عدد القياسات كلما كان المعدل أكثر تمثيلاً للقياسات وأقرب الى القيمة الحقيقية.

مثال (1-7):

احسب قيمة الزاوية الافقية بين خط المنتصف لمسار طريقين عموميين عند نقطة تقاطعهما، اذا علمت ان القياسات الحقلية بواسطة جهاز الثيودولايت كانت: $89^\circ 59' 48''$ ، $89^\circ 59' 44''$ ، $89^\circ 59' 50''$ ، $89^\circ 48' 20''$ ، $89^\circ 59' 42''$ ، على التوالي.

الحل:

نلاحظ اولاً ان القراءة الاخيرة تبتعد كثير عن مجمل القراءات الأخرى، الامر يثير الشك في مدى صحة هذه القراءة، والتي قد تكون ناتجة عن غلط اثناء القياس وعادة ما يتم استبعادها، ولكن سندرس تأثيرها على تمثيل الزاوية المقاسة.

بما انه لا يمكن ايجاد الزاوية الحقيقية بين مسار الطريقين، يمكن اعتماد المعدل الحسابي كقياس للزاوية المطلوبة في هذا المثال، والذي سيتم حسابه بطريقتين:

(a) اعتماد جميع القراءات الخمسة للزاوية المقاسة

$$\text{مجموع القياسات} = 449^\circ 47' 24''$$

$$\text{عدد القياسات} = 5$$

$$\text{المعدل} = 89^\circ 57' 29''$$

(b) استبعاد القراءة الاخيرة

$$\text{مجموع القياسات} = 359^\circ 59' 4''$$

$$\text{عدد القياسات} = 4$$

$$\text{المعدل} = 89^\circ 59' 46''$$

نلاحظ ان مقدار الفرق نتيجة استبعاد القراءة الاخيرة كان $2' 17''$.

مثال (7-2):

تم قياس طول سياج مدرسة عدد من المرات (في أيام عمل مختلفة او بواسطة أكثر من فريق عمل) وتم تكرار عملية القياس في كل مرة وتسجيل القراءات كما في اول ثلاث أعمدة من الجدول (7-1).

الحل:

من المعادلة (7-1) يتم حساب المعدل لكل عملية قياس بشكل مستقل، كما في الجدول ادناه، حيث ان المعدل المحسوب في هذه الحالة يمثل كل عملية قياس بشكل مستقل. لتحديد القيمة الأقرب للقيمة الحقيقية لطول السياج او القيمة الأكثر احتمالية يجب ان يتم حساب المعدل ولكن لجميع القراءات (جميع اطوال السياج المقاسة في المجاميع الثلاثة) مقسومة على عدد مرات القياس لجميع القراءات:

$$\bar{x} = \frac{200.447}{10} = 20.045 \text{ m}$$

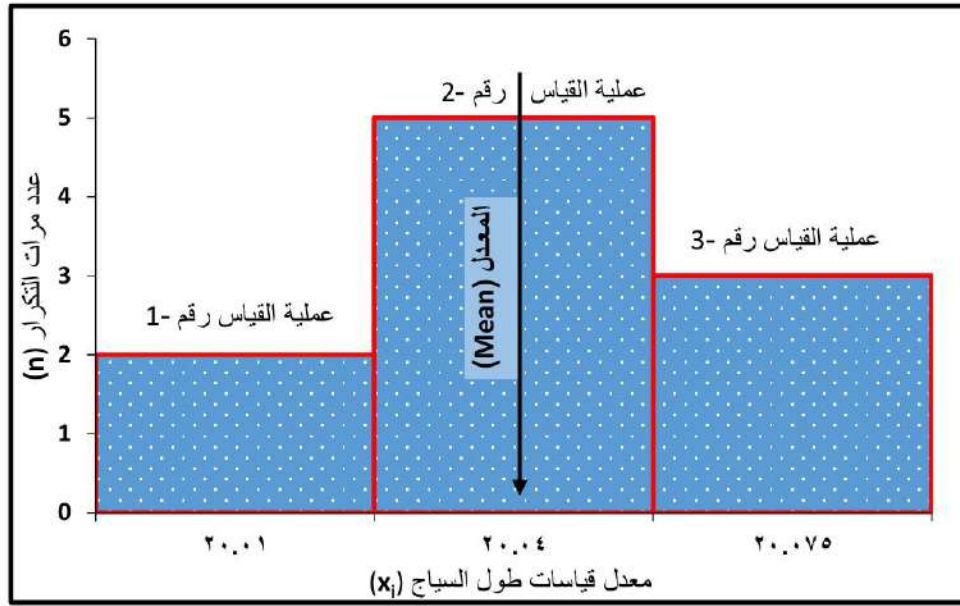
جدول (7-1) نتائج عملية القياس لطول سياج مدرسة.

رقم عملية القياس	عدد مرات القياس (n)	طول السياج (x) المُقاس	المعدل لطول السياج ($\bar{x}$)
1	2	20.0 , 20.02 m	20.01 m
2	5	20.025, 20.03, 20.04, 20.05, 20.057 m	20.04 m
3	3	20.06, 20.075, 20.09 m	20.075 m

من الجدول أعلاه نلاحظ ان تكرار القياسات كان الاكثر خلال عملية القياس رقم 2، كما ان المعدل الحسابي لجميع القياسات وهو القيمة الأكثر احتمالية لطول السياج (20.045 m) كانت الأقرب الى المعدل المحسوب من عملية القياس الثانية (20.04 m). حيث إذا تم الاكتفاء بقياس طول السياج مرتين او ثلاث مرات فقط كما في عمليات القياس الاولى والاخيرة، فان مقدار الخطأ يكون أكبر مقارنة بتجربة القياس مع عدد أكبر من القراءات. وعليه فان عدد مرات تكرار القياس (n) يزيد بشكل واضح من دقة النتائج او تقليل الفرق بين القيمة المقاسة والقيمة الحقيقية، لاحظ الشكل (7-5).

ملاحظة:

كمثال على بعض الاخطاء التي تنتج من العمليات الحسابية، انظر الى القيمة الفعلية المحسوبة للمعدل في المثال اعلاه كانت 20.0447 m والتي تم تقريبها الى ثلاث مراتب 20.045 m. الفرق بين القيمتين يساوي 0.3 mm فقط ، ولكن خلال العمليات الحسابية هذه الفروقات قد تتضاعف او تتراكم بشكل محسوس وتكون ذات تأثير أكبر على دقة العمل.



الشكل (5-7) العلاقة بين تكرار القياسات والمعدل (القيمة الأكثر احتمالية).

Deviation

7-4 الانحراف

ان مقدار الفرق المتبقي (residual) بين القيمة المقاسة او المرصودة (لمتغير او كمية ما) والمعدل الحسابي (لعدد من القياسات المتكررة لنفس المتغير او الكمية) يمثل مقدار الانحراف. ويعبر الانحراف عن تباين القياسات او الرصدات ومدى قربها او بعدها عن المعدل. وتزداد الموثوقية بالقياسات المساحية كلما قلت الانحرافات. ومن المهم تمييز الانحرافات في القياس عن الأخطاء، حيث ان الأخطاء تعتمد في حسابها على القيمة الحقيقية للقياس او الرصدة بدلا عن القيمة المتوقعة او الأكثر احتمالية، ويُحسب الانحراف من المعادلة الاتية:

$$d = x - \bar{x} \quad (2-7)$$

حيث ان d تمثل قيمة الانحراف بين كل قياس او رصدة و بين المعدل.

مثال (3-7):

اعد حل المثال رقم (2-7) مع حساب الانحراف لكل عملية قياس بصورة مستقلة اولاً، ومن ثم احسب انحراف القياسات لطول السياج عن المعدل العام، وقارن النتائج.

الحل:

بتطبيق المعادلة (2-7)، تم حساب قيم الانحراف في الجدول (2-7)، المبين ادناه .

جدول (2-7) حساب قيمة الانحراف لعمليات قياس متعددة.

الانحراف (d)	المعدل لطول السياج ($\bar{x}$)	طول السياج (x) المقاس	عدد مرات القياس (n)	رقم عملية القياس
-0.01, +0.01 m	20.01 m	20.0, 20.02 m	2	1
-0.015, -0.01, 0, +0.01, +0.017 m	20.04 m	20.025, 20.03, 20.04, 20.05, 20.057 m	5	2
-0.015, 0, +0.015 m	20.075 m	20.06, 20.075, 20.09 m	3	3

ان الحسابات أعلاه صحيحة فقط ، في حال اعتبرنا ان عمليات القياس الثلاث مستقلة عن بعضها تماماً، حيث استعرضت النتائج بهذا الشكل لتطبيق المعادلة (2-7) في حساب مقدار الانحراف لعمليات قياس متعددة او مختلفة بإيجاد قيمة الانحراف لكل عينة (قياسات خلال أيام مختلفة لنفس الفريق)، او (قياسات بواسطة فرق عمل مختلفة). من الضروري تضمين اتجاه الانحراف (الإشارة الرياضية: (+ موجبة أو - سالبة) (الابتعاد أو القرب من معدل القياسات) خلال اجراء الحسابات.

تم حساب قيمة الانحراف لكل عملية قياس بشكل منفصل بطرح قياسات طول السياج المسجلة في عملية القياس الأولى (20.0, 20.02 m) من المعدل الحسابي لعملية القياس الأولى (20.01 m). حيث كان مقدار الانحراف موجباً (+ 0.01 m) مرة وسالباً (- 0.01 m) مرة أخرى بنفس المقدار خلال عملية قياس تحت نفس الظروف، حيث تمثل هذه الانحرافات أخطاء عشوائية تلغي بعضها البعض، كما أشرنا في الفقرة 2-2-7 أعلاه.

لأبد من التنويه ان عينات القياس الثلاث، تم اخذها لنفس المتغير (السياج)، وإذا كانت الظروف مماثلة فان حساب الانحراف بعد الانتهاء من القياس والرصد يجب ان يكون ممثلاً لجميع القراءات. في هذه الحالة، يتم اعتماد المعدل $\bar{x}$ المحسوب لجميع عمليات القياس الثلاث في المعادلة 2-7. ومنه تكون النتائج كما في الجدول (3-7) المبين ادناه.

جدول (3-7) انحراف القياسات عن معدلها.

x	20.09	20.075	20.06	20.057	20.05	20.04	20.03	20.025	20.02	20.00
$\bar{x}$	20.045 m									
d	+0.045	+0.03	+0.015	+0.012	+0.005	-0.005	-0.015	-0.02	-0.025	-0.045

مقارنة نتائج الجداول (2-7) و(3-7) ، نلاحظ ان الانحرافات كانت متوازنة وقيمها العددية متقاربة عند اعتماد المعدل لكل عملية قياس بذاتها. في حين ان هذه الانحرافات كانت أكثر تشتتاً وقيمها العددية متفاوتة حتى ضمن المجموعة نفسها عند اعتماد المعدل العام للمجاميع.

وهنا تجدر الإشارة الى ان انحراف القياسات المساحية عادة ما يتم تمثيلها احصائياً بتوزيعها توزيعاً طبيعياً، اي اعتماد منحني التوزيع الطبيعي في تحليلها.

5-7 الوزن

Weight

لقد تم حساب المعدل في المعادلة (7-1) وتطبيقها في المثال السابق من مجموع القياسات بدون التمييز بين هذه القياسات مفترضين ان عملية القياس او الرصد للمسافات او الزوايا تتم بنفس الأداة او الجهاز وب نفس الدقة وبظروف عمل مماثلة وعليه فان جميع القياسات كانت بنفس الأهمية او الوزن.

في اعمال المسح الحقلية غالباً ما تكون الظروف خلاف ذلك، حيث يتعذر أحياناً استخدام نفس الجهاز لأخذ جميع القياسات او اكمال العمل بوجود نفس المساح او الراصد خلف الجهاز حيث يكون تأثير عامل الخبرة والعناية والتركيز ثابت للقياسات المسجلة. في الشكل (7-6) تم تمثيل مفهوم الوزن لعدد من القياسات حيث يمكن ان نلاحظ ان الاوزان (w) مستقلة بذاتها او لا تعكس قيمة القياس، فالقياسات الاكبر ليس بالضرورة ان تكون ذات وزن أكبر والعكس صحيح. بالإضافة لذلك، فان قيمة القياس لمتغير او كمية ما قد تتكرر ذاتها ولكن ليس بالضرورة ان تكون بنفس الاهمية او الوزن (انظر القياسات x_1, x_3 في الشكل ادناه).



الشكل (7-6) تمثيل اوزان القياسات.

على سبيل المثال، في عملية القياس للمسافات في موقع ما، قد يكون البدء باستخدام الشريط عملياً لأجراء عدد من القياسات على طول الخط او المسار المطلوب، حتى يتعذر ذلك بوجود حاجز او عائق، مثل الأنهار والجداول واسيجة حماية الأراضي والملكيّات. لذلك يتطلب التغيير لاستخدام جهاز الثيودوليت او المحطة الكاملة للقياس ولعدد من المحطات. ولوجود فرق في دقة القياس بالشريط عن القياس بأجهزة الثيودوليت او المحطة الكاملة على سبيل المثال، فالموثوقية بمُخرجات القياس من أجهزة الثيودوليت او المحطة الكاملة سيكون أكبر من موثوقية القياس بالشريط. وعليه، في هذا المثال يتم إعطاء وزن لقياسات الأجهزة البصرية والالكترونية أكبر من قياسات الشريط.

ومما تقدم أعلاه، يتضح ان القياس الموزون يعكس درجة الدقة او الموثوقية للقياسات، ويتم إعطاء الوزن لقياسات فردية ذات درجة متباينة من الدقة او الموثوقية كنوع من التعديل (Adjustment) لها ضمن معيار واحد قبل اعتمادها في الحسابات.

تضميناً لمبدأ وزن القياسات، فانه يتطلب تعديل المعادلة (1-7) لحساب المعدل للقياسات الموزونة والتي يسمى عندها بالمعدل الموزون كما في المعادلة الآتية:

$$\bar{x} = \frac{x_1w_1 + x_2w_2 + \dots + x_nw_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_n} \quad , \quad \frac{\text{مجموع القياسات الموزونة}}{\text{مجموع الاوزان}} = \text{المعدل الموزون} \quad (3-7)$$

حيث ان المتغير (w) يمثل قيمة الوزن.

بمقارنة المعادلتين (1-7) و (3-7)، فان قيمة الوزن تساوي وحدة واحدة في المعادلة الأولى عندما كانت القياسات بنفس درجة الدقة والموثوقية.

مثال (4-7):

في المثال رقم (3-7) ضمن الفقرة السابقة، إذا كانت الاوزان مساوية الى وحدة واحدة في عمليتي القياس الأولى والثانية ومساوية الى (2، 4، 3) وحدة وبالتوالي للقياسات في عملية القياس الثالثة، احسب المعدل الموزون، وفسر الفرق بينه وبين المعدل غير الموزون .

الحل:

أولاً: رغم ان قيم الوزن كانت متساوية لكل القياسات التي جرت ضمن عمليات القياس بذاتها (قياسات طول السياج في عمليتي القياس الأولى والثانية كانت متساوية، فيما بينها وبوزن وحدة واحدة) الا انها كانت متباينة عن دقة القياسات التي جرت في عملية القياس الثالثة (قيمة وزن مختلفة لكل قياس).

كون الوزن لأول عمليتي قياس يساوي وحدة واحدة فان المعدل الموزون لها هو نفس المعدل غير الموزون المحسوب في المثال رقم (2-7).

$$\bar{x} = \frac{20.06 * 3 + 20.075 * 4 + 20.09 * 2}{3+4+2} = 20.073 \text{ m} = \text{المعدل الموزون لعملية القياس الثالثة}$$

الجدول (4-7) يوضح قيم الانحرافات للقياسات عن المعدل لكل عملية قياس، ومن المعادلة (3-7)، المعدل الموزون لجميع القياسات = 20.055 m

ان القياسات في المجموعة الثالثة بشكل عام أكبر نسبياً من المجموعتين الأولى والثانية، وبإعطاء هذه المجموعة وزن أكبر فان المعدل الموزون اقترب أكثر من قياسات هذه المجموعة مبتعداً عن قراءات المجاميع الأخرى، علماً ان هذا الاقتراب او الابتعاد يمثل مقدار الانحراف، لاحظ المعادلة (2-7).

جدول (4-7) انحراف القياسات عن معدلها الموزون.

رقم عملية القياس	وزن القياس (w)	طول السياج (x)	المعدل لطول السياج ($\bar{x}$)	الانحراف (d)
1	1	20.0, 20.02 m	20.01 m	-0.01, +0.01 m
2	1	20.025, 20.03, 20.04, 20.05, 20.057 m	20.04 m	-0.015, -0.01, 0, + 0.01, +0.017 m
3	3, 1, 2	20.06, 20.075, 20.09 m	20.073 m	+0.013, +0.002, +0.017 m

6-7 الزحف

Discrepancy

عند تكرار القياس لكمية او متغير ما، فإن القيم الناتجة لا تكون متطابقة بشكل عام، وان مقدار الزحف يمثل الفرق بين هذين القيمتين. مثال ذلك، الفرق بين القيم المقاسة لنفس الكمية او المتغير، لكن بواسطة مساحيين اثنين. ومن الجدير بالذكر ان الزحف لا يمكن ان يُعبر عن حجم الأخطاء المنتظمة، على سبيل المثال، كونه يختلف عن الخطأ. عند مقارنة القراءتين المأخوذة بواسطة مساحيين لنفس المسافة مثلاً، فإن مقدار الزحف قد يكون صغيراً، في حين ان الخطأ يمكن ان يكون كبيراً في حال وجود خطأ كبير في كلا القياسين.

7-7 خطأ الأقفال

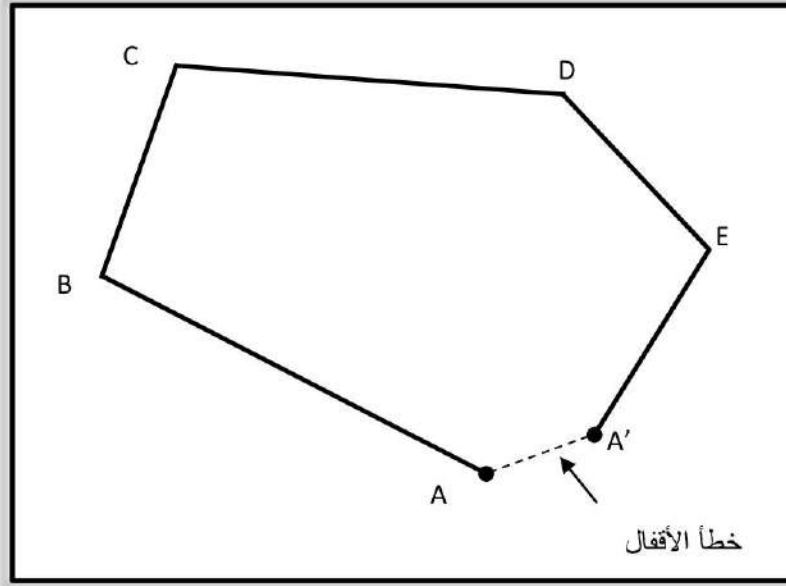
Closure Error

للتأكد من دقة ومقبولية العمل المساحي فإنه لابد من ضبط او قفل اعمال المسح مع نقطة معلومة القياس. عند رصد القياسات للنقاط او المحطات المطلوبة فإن المساح عادة ما يستمر وصولاً الى نقطة مرجعية (Bench mark) معلومة القياس او يعيد القياسات إيجاباً (بشكل حلقة) الى نقطة البداية. وعليه فإن نقطة القفل قد تكون نفس نقطة البداية او نقطة مرجعية اخرى معلومة القياس.

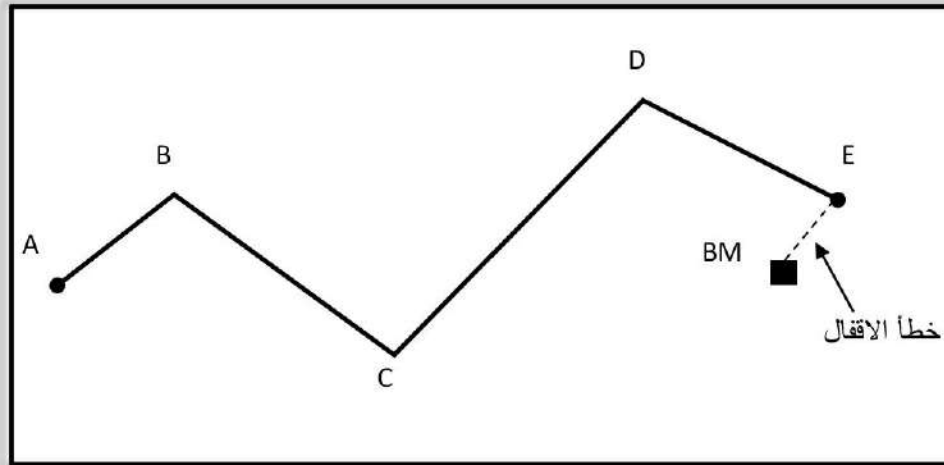
يُحسب خطأ الاقفال من الفرق بين القيمة المقاسة لأول نقطة او محطة عند بدء اعمال المسح ونقطة القفل بعد اكمال اعمال المسح في مضلع مغلق (closed traverse) او في اعمال الميزانية المغلقة (closed-loop levelling)، لاحظ الشكل (7-7)، او من الفرق بين القيمة المقاسة لنقطة او محطة معينة ونقطة مرجعية، لاحظ الشكل (7-8). يُوظف هذا النوع من الأخطاء في تقييم مدى دقة ومقبولية العمل، حيث إذا تجاوز خطأ الاقفال قيمة الخطأ المسموحة فإن إعادة العمل المساحي تصبح ضرورية.

قد يبدو إعادة العمل امراً محبطاً، ولكن اهمال الأخطاء في هذه المرحلة يكون مكلف جداً لاحقاً، فقد تضطر، على سبيل المثال، الى إزالة دعامة خرسانية لجسر بعد يوم واحد من صبها، او إعادة تصميم المقطع الطولي لطريق بسبب وجود خطأ في أحد قياسات المناسيب لم يصحح على الرغم من عدم قفل القياسات حينها.

من الممكن تحديد خطأ الاقفال أيضاً عند التأكد من صحة القياسات حسابياً من خلال الاعتماد على بعض المفاهيم الهندسية، حيث ان الفرق بين مجموع زوايا المثلث المقاسة حقيلاً عن 180° ، او الفرق بين الزوايا المقاسة حول نقطة معينة عادةً (داخل مضلع) عن 360° يمثل خطأ الاقفال.



الشكل (7-7). خطأ الإقفال في مضلع مغلق.



الشكل (7-8). خطأ الإقفال عن نقطة مرجعية في ميزانية متسلسلة.

في أي عمل مساحي فإن دقة العمل المطلوبة تكون معرفة مسبقاً لفريق العمل والتي يتم تحديدها غالباً حسب نوع وأهمية المشروع المنفذ. ولما كان خطأ الإقفال مقياساً لدقة القياسات المرصودة، فإن أهمية هذا النوع من الأخطاء تتضح جلياً وخاصة في البت بقبول العمل من عدمه.

إن القيمة العليا لخطأ الإقفال في قياس المسافات الأفقية والعمودية موضحة في الجداول (5-7) و(6-7)، على التوالي. علماً أن درجة الدقة تكون محددة مسبقاً عند بدء المشروع، وأن أكبر قيمة لخطأ الإقفال تحسب للمسافة الأفقية المقاسة بين نقطتين. فعلى سبيل المثال، إذا كانت المسافة المقاسة بين نقطتين تساوي 15,000 m، فلمشروع بدقة من الدرجة الأولى، يجب أن لا يتجاوز خطأ الإقفال:

$$15,000 \text{ m} / 100,000 = 0.15 \text{ m}$$

حيث أن وحدات خطأ الإقفال هي ذاتها وحدات المسافة، في حين تكون قيمة الخطأ المحسوبة من الجدول (6-7) بالمليمتر والمسافة الأفقية (L) بالكيلومتر.

جدول (5-7) القيمة العليا لخطأ الاقفال للمسافات الافقية.

درجة الدقة	القيمة العظمى لخطأ الاقفال
الأولى	1:100,000
الثانية، الفئة الأولى	1:50,000
الثانية، الفئة الثانية	1:20,000
الثالثة، الفئة الأولى	1:10,000
الثالثة، الفئة الثانية	1:5,000

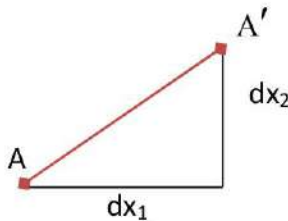
جدول (6-7) القيمة العليا لخطأ الاقفال للمسافات العمودية (فرق المناسيب).

درجة الدقة	القيمة العليا لخطأ الاقفال (mm)
الأولى، الفئة الأولى	$\pm 3\text{mm}\sqrt{L}$
الأولى، الفئة الثانية	$\pm 4\text{mm}\sqrt{L}$
الثانية، الفئة الأولى	$\pm 6\text{mm}\sqrt{L}$
الثانية، الفئة الثانية	$\pm 8\text{mm}\sqrt{L}$
الثالثة	$\pm 24\text{mm}\sqrt{L}$
الرابعة	$\pm 120\text{mm}\sqrt{L}$

مثال (5-7):

إذا كانت الاحداثيات المعلومة لنقطة الاقفال A ($E = 555,131.89$, $N = 33,839,365.04$)، بينما كانت الاحداثيات المحسوبة لنفس النقطة A' ($E = 555,131.34$, $N = 33,839,365.75$)، حيث الحروف E و N تمثل الاتجاه للإحداثيات للشرق والشمال على التوالي، انظر الشكل (9-7)،
(a) احسب مقدار الخطأ، و (b) إذا كان العمل يتطلب دقة من الدرجة الأولى، و كان محيط المضلع 27,500 m هل الدقة المقاسة مقبولة؟

الحل:



الشكل (9-7) محصلة خطأ الاقفال.

(a) نحسب فرق الاحداثيات بالاتجاهين (dx_1) و (dx_2)

$$dx_1 = 555,131.89 - 555,131.34$$

$$dx_1 = + 0.55 \text{ m}$$

$$dx_2 = 33,839,365.04 - 33,839,365.75$$

$$dx_2 = - 0.71 \text{ m}$$

يتم حساب خطأ الاقفال AA' من قانون فيثاغورس للمثلث القائم كما في الشكل (7-7):

$$AA' = \sqrt{(0.55)^2 + (0.71)^2} = \sqrt{0.81} = 0.9 \text{ m}$$

(b) من الجدول (5-7) نحسب القيمة العليا لخطأ الاقفال AA' :

$$AA' = 27,500 \text{ m} / 100,000$$

$$AA' = 0.275 \text{ m}$$

بما ان قيمة خطأ الاقفال (0.9) تجاوزت الحد الأعلى (0.275) فإن دقة القياسات لا تتوافق مع الدقة المطلوبة ضمن الدرجة الأولى. يمكن قبول العمل الحالي بدقة من الفئة الثانية من الدرجة الثانية كما موضح ادناه.

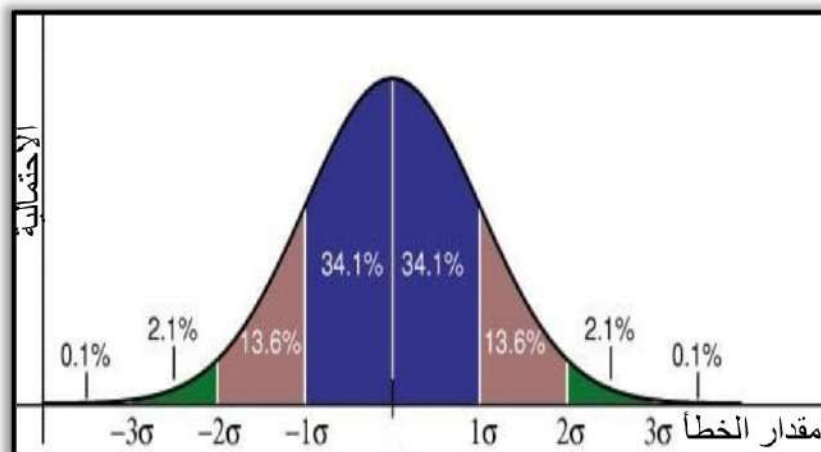
$$AA' = 27,500 \text{ m} / 20,000$$

$$AA' = 1.375 \text{ m} > 0.9 \text{ m}$$

Rejection of Measurements

8-7 رفض القياسات

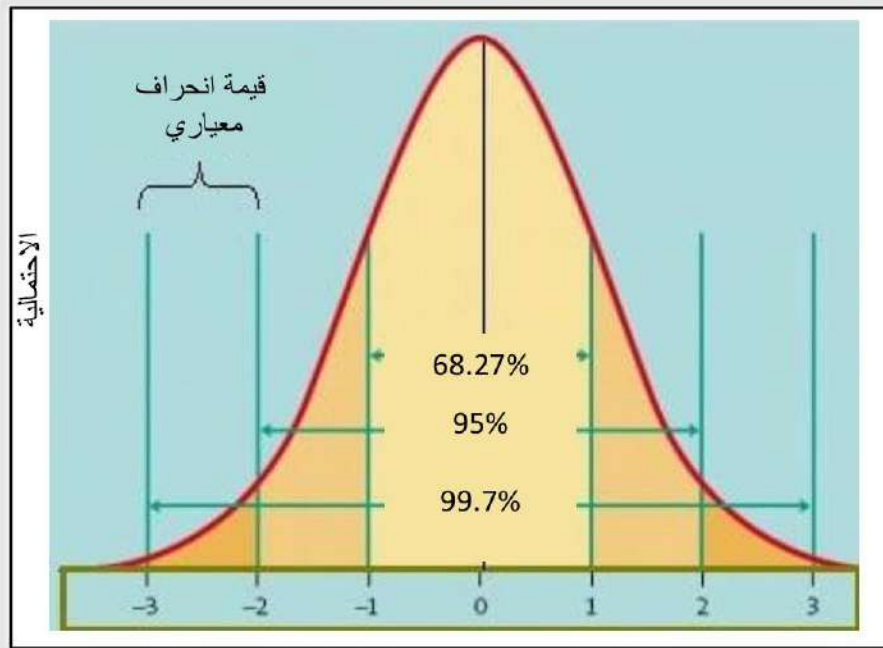
بعد الانتهاء من تجميع البيانات والحصول على القياسات المساحية، تبدأ مرحلة المراجعة والتدقيق لتقييم مدى صحة القياسات الحقلية والتحقق من قبولها او رفضها قبل اجراء الحسابات النهائية. في هذه المرحلة، نكون قد حددنا القياسات المغلوطة (Mistakes) وتم حذفها، والكشف عن الاخطاء المنتظمة وتصحيح القياسات من تأثيرها. بما ان الاخطاء العشوائية بطبيعتها لا يمكن التنبؤ بها فأنها تكون موجودة ضمن القياسات. من خصائص الاخطاء العشوائية انها تتبع قانون الاحتمالية وعادة يتم تمثيلها بمنحني التوزيع الطبيعي، والذي يتم تعريفه عادة بقيمتين: المعدل ($\bar{x}$) والانحراف المعياري (σ) للقياسات، انظر الشكل (7-10).



الشكل (7-10) منحني التوزيع الطبيعي للأخطاء العشوائية.

ان المساحة تحت منحنى التوزيع الطبيعي تمثل الاحتمالية الكلية وتكون مساوية لـ 100% او واحد. يتم تقسيم المساحة تحت المنحنى لفترات تتراوح بين القيمة الموجبة والسالبة لمقدار الخطأ او الانحراف المعياري المحسوب (لمجموعة من القياسات المكررة لمتغير او كمية ما). تسمى هذه الفترة بحدود الثقة، لاحظ الشكل (11-7). ان القياسات التي تقع خارج فترة الثقة تمثل القياسات المرفوضة.

ان المساحة تحت المنحنى والمحصورة ضمن فترة الثقة ($-\sigma$ و $+\sigma$) مثلاً، تمثل الاحتمالية لكون القيمة الحقيقية للقياس تقع ضمن هذه الفترة والتي تساوي 68.27%. وبشكل مماثل، فان هناك احتمال 68.27% بوقوع القياسات بين حدود الانحراف المعياري.



الشكل (11-7) تمثيل حدود ثقة مختلفة على منحنى التوزيع الطبيعي.

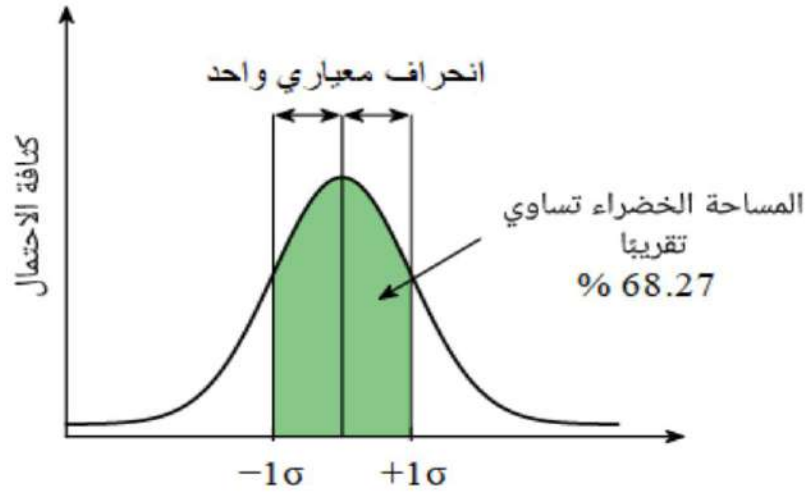
من الشكل (11-7) واعتماداً على فترة الثقة المعتمدة في تحليل الأخطاء فان:

68.27% من القياسات يقع ضمن انحراف معياري واحد عن المعدل، أي ضمن الفترة $\bar{x} \pm \sigma$ ، كما في الشكل (12-7) .

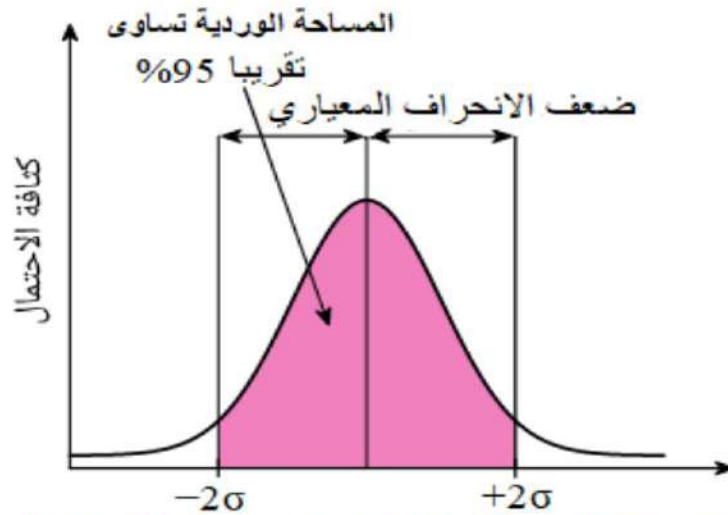
95% من القياسات يقع ضمن الفترة $\bar{x} \pm 2\sigma$ ، كما في الشكل (13-7) .

99.7% من القياسات يقع ضمن الفترة $\bar{x} \pm 3\sigma$ ، كما في الشكل (14-7) .

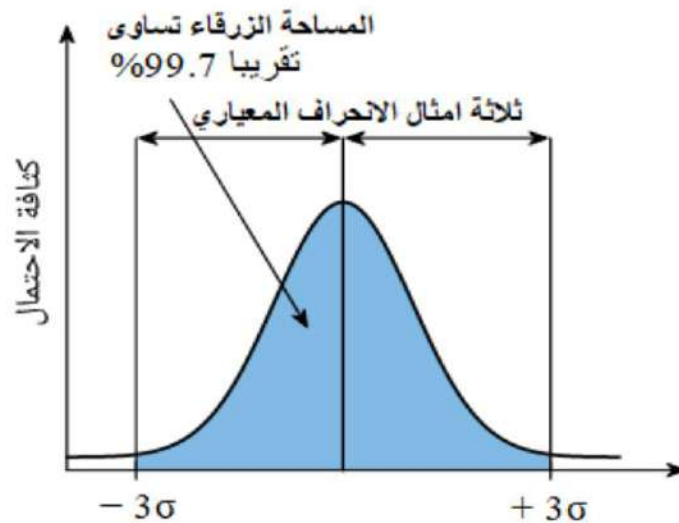
من الشائع في الأعمال المساحية يتم رفض القياسات المساحية التي انحرافها (d) يتجاوز 3σ باعتبارها أخطاء جسيمة (غلط).



الشكل (7 - 12) المساحة تحت المنحني ضمن انحراف معياري واحد.



الشكل (7 - 13) المساحة تحت المنحني ضمن ضعف الانحراف المعياري



الشكل (7 - 14) المساحة تحت المنحني ضمن ثلاث امثال الانحراف المعياري .

اسئلة الفصل السابع

- س1. اشرح باختصار مصادر الاخطاء في المساحة.
- س2. وضح الفرق بين الخطأ والانحراف .
- س3. ما هو الزحف في القياسات؟ وكيف تميزه عن الغلط؟
- س4. وضح الاختلاف بين الاخطاء التراكمية والاختفاء العرضية.
- س5. ما هي الغاية من استخدام المعدل للقياسات المساحية؟
- س6. وضح مبدأ الوزن في القياسات المساحية.
- س7. ان نوع الاخطاء التي يتم تمثيلها بقوانين الاحتمالية هي:
 - (a) اخطاء منتظمة .
 - (b) اخطاء جسيمة (اغلاط) .
 - (c) اخطاء عشوائية .
 - (d) اخطاء حقيقية .
- س8. وضح باختصار رفض القياسات المساحية .

العلاقات الهندسية

Geometric Relationships

الفصل الثامن

الاهداف: بنهاية الفصل، سيتعرف الطالب على:

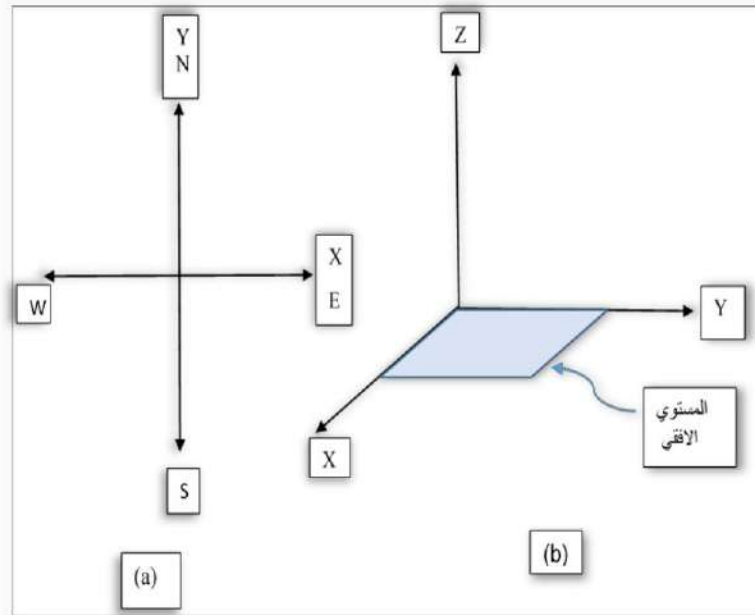
1. العلاقات الهندسية وبعض الأمثلة المهمة عنها .
2. القياسات الموزونة وأهميتها .
3. حساب الأخطاء وبعض الأمثلة عنها .
4. تقييم القياسات الحقلية .
5. دقة الموقع المحسوب .

1-8 العلاقات الهندسية

Geometric Relationships

في المساحة المستوية " Plane surveying " يتم تحديد مواقع النقاط باستخدام نظام الاحداثيات المستوية (system coordinate Plane) في الشكل (1-8) المحاور (X-Y) عبارة عن محاور أفقية (Horizontal axes) تشكلان المستوى الأفقي (Horizontal plane) الذي يستخدم في تعيين الاحداثيات الأفقية " Horizontal coordinate " لتحديد موقع اي نقطة.

اما في الشكل (1-8a)، يمثل المحور X اتجاه الشرق E والمحور Y يمثل اتجاه الشمال N اما المحور Z في الشكل (1-8b) فيمثل الاحداثي الشاقولي (الارتفاع) (Elevation) لموقع اي نقطة فوق او تحت سطح المرجع (Datum) الذي تنسب اليه ارتفاعات النقاط والذي عادة ما يتم تمثيله بمعدل مستوى سطح البحر "Mean sea level". الشكل (1-8): المحاور (X,Y,Z) مع الاتجاهات



الشكل (8-1) المحاور (X, Y, Z) مع الاتجاهات.

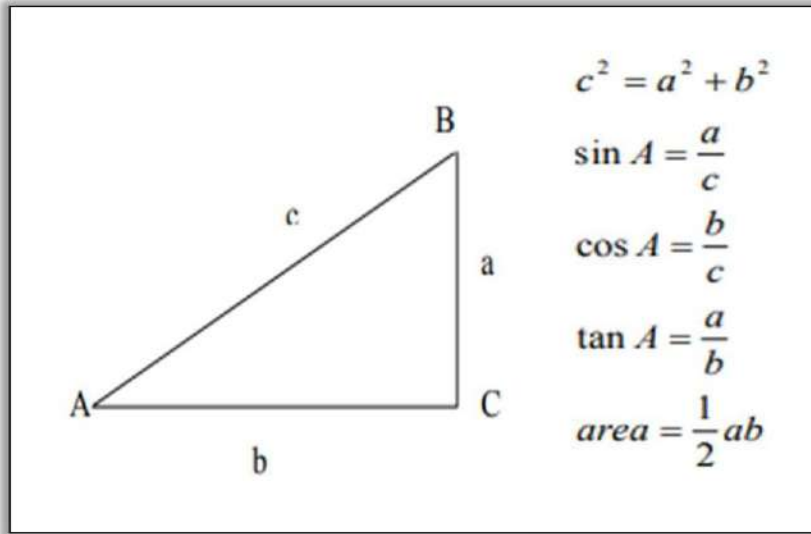
من اهم الاعمال التي يقوم بها المساح هو تحويل المنطقة المراد مسحها الى اشكال هندسية تخضع لقوانين ثابتة تسهل عملية ضبط القياس والحسابات المكتتية وتقلل من مقدار الأخطاء المنتظمة اثناء عملية القياس. أن عملية مسح او اسقاط أي منشأ يجب ان تتم اعتماداً على العلاقات الرياضية التي تربط ما بين نقاط المنشأ ونقاط نظام السيطرة (control system) المعلومة المواقع، لذلك فان اعمال مسح او اسقاط أي منشأ يمكن تجزئتها الى خطوتين:

1. توفير او عمل نظام السيطرة الأفقية Horizontal control system او نظام السيطرة الشاقولي Vertical control system وذلك من خلال تحديد مواقع شبكة من النقاط موزعة بشكل جيد بالقرب من مواقع المنشأ المراد مسحه او بالقرب من المواقع المراد اسقاط المنشأ فيه.
2. مسح او اسقاط المنشأ من خلال ما تم ذكره في اعلاه يتبين لنا، انه قبل البدء بإجراء اعمال المسح او الاسقاط لأي موقع او منشأ يجب اولاً اجراء استطلاع موقعي للتأكد من وجود نقاط سيطرة Control points (تعرف نقاط السيطرة على انها نقاط معلومة الاحداثيات مثبتة

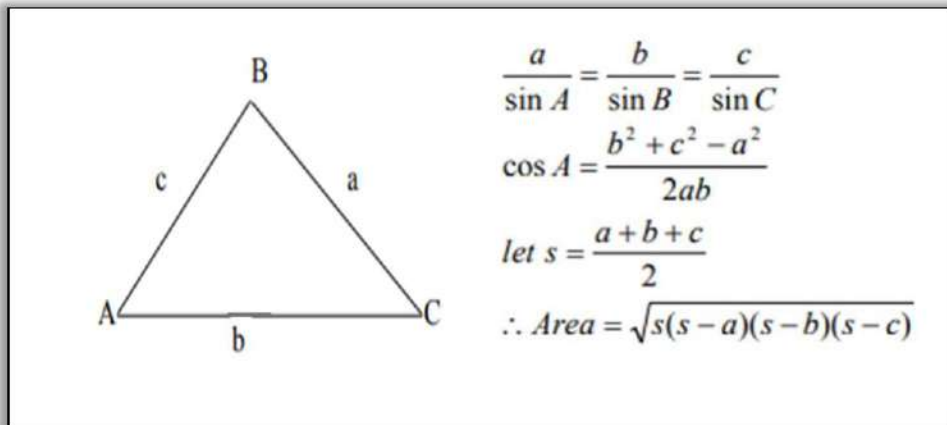
بعلامة أرضية تنسب إليها النقاط المطلوب قياسها (بالقرب من المنشأ المراد مسحه، او بالقرب من الموقع المراد اسقاط المنشأ فيه، وبخلاف ذلك يجب أولاً اجراء الخطوة الاولى اعلاه، والمتمثلة في عمل نظام السيطرة ومن ثم واعتماداً على مواقع نقاط نظام السيطرة يتم اجراء الخطوة الثانية المتمثلة بعملية مسح المنشأ او اسقاط المنشأ.

من اهم العلاقات الهندسية في المساحة:

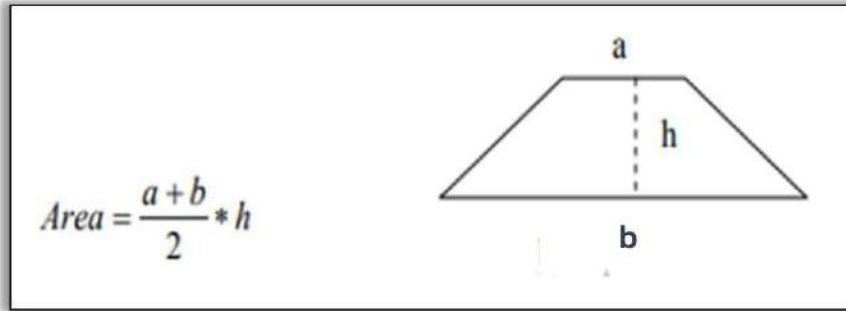
1. المثلث القائم الزوايا (Right angle triangle ABC)



2. مثلث غير قائم الزاوية (Oblique triangle)



3. شبه المنحرف (Trapezoid)



مثال (1-8): في مثلث قائم الزاوية ، إذا علمت ان ارتفاع المثلث 30 m وطول القاعدة 40 m احسب مساحته .

الحل:

a = 40 m (قاعدة المثلث)

b = 30 m (ارتفاع المثلث)

$$area = \frac{1}{2} ab$$

$$area = \frac{1}{2} \times 40 \times 30$$

$$area = 600 m^2 \text{ (مساحة المثلث)}$$

مثال (2-8): احسب مساحة المثلث الحاد الزوايا، إذا علمت ان أطوال اضلاعه 6 m ، 8 m ، 10 m .

الحل:

$$a = 6 m$$

$$b = 8 m$$

$$c = 10 m$$

$$s = \frac{a + b + c}{2}$$

$$s = \frac{6 + 8 + 10}{2}$$

$$s = 12 m$$

$$Area = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

$$= \sqrt{12(12-6)(12-8)(12-10)} = \sqrt{576}$$

$$\therefore Area = 24 m^2$$

مثال (3-8): نافذة على شكل شبه منحرف، طول قاعدتيها على التوالي (20، 40) cm وارتفاعها 30 cm، احسب مساحة النافذة.

الحل:

$$a = 20 \text{ cm}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$h = 30 \text{ cm}$$

$$\text{Area} = \frac{a + b}{2} \times h$$

$$A = \frac{20 + 40}{2} \times 3$$

$$\therefore A = 90 \text{ cm}^2$$

2-8 القياسات الموزونة

Weighted Measurements

كما تعرفنا في الفصول السابقة، أن بعض القياسات تتم بإتقان أفضل من قياسات أخرى بسبب استخدام أجهزة دقيقة وبظروف جوية أحسن واعطاء اهتمام وعناية بدرجة أفضل، لذلك لابد من اجراء تصحيح القياسات لأجل الحصول على أفضل قيمة للمتغير المقاس، من الضروري اعطاء اوزان نسبية (Relative weight) لكل مجموعة من القياسات.

وكما تعرفنا سابقاً، يعرف الوزن (weight) في علم المساحة على انه مقياس او مقدار موثوقية القياس لقيمة واحدة او بمعنى ابسط عدد المرات التي قيست لنفس المقدار، وكلما زاد الوزن زادت دقة القياس لذلك يعتبر الوزن من اهم عوامل عملية تصحيح القياسات، وهو مفهوم احصائي وليس فيزيائي.

لذا يجب معرفة ان القياس الذي له اتقان عالي يكون الخطأ القياسي (Standard error) له صغير، وبالتالي يجب اعطائه وزن أكبر (أثقل). بمعنى اخر الحفاظ على قيمته بحيث تكون أقرب ما يمكن الى قيمته المقاسة من القياس الذي له اتقان واطئ

ولهذه الاسباب فان وزن أي مجموعة من القياسات يجب ان توجد له علاقة بإتقان (Precision) المجموعة، لذلك فان الوزن يتناسب عكسياً مع مربع الخطأ المعياري (Variance) (δ^2) أي ان:

$$W_a \propto \frac{1}{\delta_a^2} \quad (1-8)$$

حيث أن:

$$W_a = \text{وزن المتغير (variable) المقاس (a)}$$

$$\delta_a^2 = \text{variance المتغير المقاس (a) (الخطأ القياسي standard error للمتغير المقاس "a")}$$

خلاصة لذلك، عند اجراء عملية تعديل القياسات لعدد من المتغيرات فيها متغيرات مقاسة ذات اوزان مختلفة، يجب اعطاء هذه المتغيرات اوزان تتناسب عكسياً مع (δ_a^2) لكل من هذه المتغيرات [عادة، يؤخذ $W_a = \frac{1}{\delta_a^2}$].

Errors Calculation

3-8 حساب الأخطاء

كما تعلمنا سابقا ان الخطأ يمثل الفرق ما بين القيمة المقاسة "Measured value" والقيمة الحقيقية "True value" لأي متغير "variable" في اعمال المساحة. اي ان الخطأ = القيمة المقاسة - القيمة الحقيقية

$$\text{Error} = \text{Measured Value} - \text{True Value}$$

$$e = x_m - x_t \quad (2-8)$$

حيث ان:

e = الخطأ

x_m = القيمة المقاسة

x_t = القيمة الحقيقية

وبهذا إذا كانت القيمة المقاسة أكبر من القيمة الحقيقية تكون قيمة الخطأ موجبة، اي انه توجد زيادة في القياس مقدارها قيمة الخطأ (e)، والعكس صحيح .

لابد من الاشارة الى ان القيمة الحقيقية لأي متغير في اعمال المساحة غير معلوم ولا يمكن الحصول عليه بأي شكل من الاشكال، وعليه فإن القيمة الحقيقية للأخطاء تكون غير معلومة ايضا .

هذه القياسات معرضة لبعض الاخطاء وقد يكون الخطأ ناتجاً او ناجماً عن إهمال المساح، أو قلة الخبرة، أو عن الظروف الجوية، أو يكون الخطأ موجوداً في الآلة المستعملة ومن هذه الأخطاء:

Standardization length error

a- خطأ طول الشريط (المعايرة)

يتم التأكد من طول الشريط المستعمل وذلك بمقارنته أو معايرته بالأطوال القياسية، وغالبا ما يكون الشريط معرض لهذا الخطأ نتيجة التمدد الذي يحدث في الشريط حيث أنه إذا كان طول الشريط المستعمل قصير فان المسافة المقاسة سوف تكون أطول من المسافة الحقيقية أي أن الخطأ موجب أما إذا كان الشريط طويلاً فان المسافة المقاسة تكون أقصر من المسافة الحقيقية أي أن الخطأ سالب. ويتم تصحيح هذا الخطأ من العلاقة الآتية:

$$\frac{M.L}{T.L} = \frac{S.L}{N.L} \quad (3-8)$$

إن قياس المسافات بواسطة الشريط والسلسلة من الأمور المهمة والاساسية في أعمال المساحة فيجب الاهتمام الكلي بإجراء أدق القياسات للحصول على الدقة المطلوبة.

مثال (4-8): بلغ طول الخط المقاس بشريط (20 m) وهو (100.4 m). بعد القياس وجد زيادة في طول الشريط مقدارها (0.05m)، احسب الطول الحقيقي للخط.

الحل:

$$\frac{\text{طول الخط المقاس } M.L}{\text{طول الخط الحقيقي } T.L} = \frac{\text{طول الشريط القياسي } S.L}{\text{طول الشريط المستعمل } N.L}$$

$$\frac{100.4}{TL} = \frac{20}{(20 + 0.05)}$$

$$TL = \frac{100.4 \times (20 + 0.05)}{20} = 100.651 \text{ m}$$

ملاحظة: حتى إذا تم استخدام الشريط أو السلسلة في حساب المساحات فيمكن حساب المساحة الحقيقية من العلاقة التالية:

$$\frac{\text{المساحة المقاسة } AM}{\text{المساحة الحقيقية } AR} = \frac{S.L (\text{طول الشريط القياسي})^2}{N.L (\text{طول الشريط الحقيقي})^2} \quad (4-8)$$

Temperature Changes

b- التغيرات في درجات الحرارة

إن الأشرطة والسلاسل تصنع بدرجة حرارة قياسية معينة لذلك فهي تتأثر في حالة تغير درجات الحرارة، مما يؤدي إلى تمددها عند ارتفاع درجات الحرارة أو تقلصها في حالة انخفاض درجات الحرارة لذلك يتم تصحيح الأطوال نتيجة لهذا التغير وذلك باستخدام العلاقة التالية:

$$Ct = L * Ce (Tm - Ts) \quad (5-8)$$

حيث أن:

Ct: مقدار التصحيح (m) Correction due to Temperature

L: المسافة المقاسة (m) Measured distance

Ce: معامل التمدد الحراري Coefficient of thermal expansion

Tm : درجة الحرارة أثناء القياس Temperature during the measurement

Ts: درجة الحرارة القياسية للشريط Standard temperature of the tape

مثال (5-8): تم قياس مسافة بين نقطتين والتي وجدت بطول (100 m) باستخدام شريط مصنوع في درجة حرارة (20 °C) وكانت درجة الحرارة (30 °C) أثناء القياس ، احسب الطول الحقيقي للخط إذا كان معامل التمدد الحراري للشريط (12×10^{-6}) .

الحل:

$$C_t = L * C_e(T_m - T_s)$$

$$C_t = 100 * 12 * 10^{-6} (30 - 20) = 0.012 \text{ m}$$

$$\text{True length (TL)} = 100 + 0.012 = 100.012 \text{ m}$$

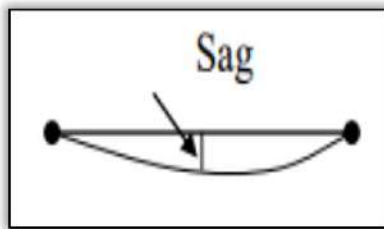
Sagging Error

c- الخطأ الناتج عن الهطول

يحدث هذا الخطأ نتيجة هطول أو تدلي الشريط بشكل منحنى أثناء القياس، مما يؤدي إلى أن المسافة المقاسة تكون أكبر من المسافة الحقيقية لذلك يتم التصحيح لكل طول شريط أو لكل مسافة قياس. وهذا المقدار دائماً يطرح من المسافة المقاسة وحسب العلاقة الآتية:

$$C_g = \frac{n * w^2 * L^3}{24P^2} \quad (6-8)$$

حيث أن:



C_g : مقدار التصحيح (m) The correction for sag

n : عدد المسافات المقاسة No. of Spans

W : وزن الشريط (kg / m) Tape weight

L : المسافة بين المسندين (m) The distance between supports

P : مقدار الشد (kg) Applied pull

مثال (6-8): شريط طوله (20 m) ووزنه (1 kg). احسب خطأ الهطول الصحيح إذا كان الشريط عند توتر (الشد) (6 kg) وتم تثبيته من المنتصف.

الحل:

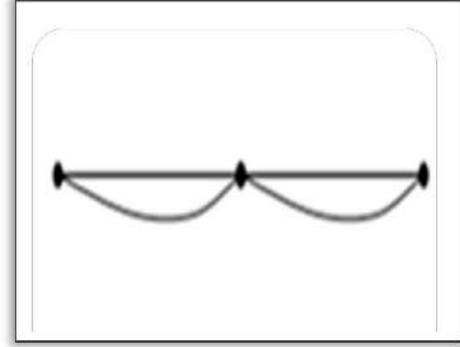
بما انه تم تثبيت الشريط من المنتصف اذن:

$$L = 20 / 2 = 10 \text{ m}$$

$$W = 1 \text{ kg}$$

$$n = 2$$

$$p = 6 \text{ kg}$$



$$C_g = \frac{n * W^2 * L^3}{24P^2}$$

$$C_g = \frac{2 * (1/20)^2 * (10)^3}{24 * (6)^2}$$

$$C_g = \frac{5}{864} = 0.005$$

$$\therefore TL = 20 - 0.005$$

$$TL = 19.995 \text{ m} \text{ طول الشريط الحقيقي}$$

Evaluation of Field Measurements

4-8 تجميع القياسات الحقلية

في المساحة عامة نحن نسعى للحصول على أفضل قيمة للقياس والتي من الناحية الاحصائية تمثل القيمة الأكثر احتمالية (Most probable value) التي يمكن حسابها بتطبيق علاقات احصائية معينة، اذ تعتبر طريقة المربعات الصغرى (Least squares method) التي تعتمد (تفترض) ان جميع القياسات تنتمي الى منحنى التوزيع الطبيعي "Normal distribution curve" اهم وأفضل الطرق لحساب القيمة الأكثر احتمالاً واقتراباً للقيمة الحقيقية.

لحساب أفضل قيمة للقياس والخطأ القياسي لها يجب اتباع الخطوات الاتية:

1. إزالة (حذف) القياس او القياسات الغلط (Mistake) إن وجدت وعليه يجب تكرار اي قياس مرتين واكثر. وفي حالة وجود غلط (قيمة الخطأ في النتائج كبيرة) وتعذر معرفة او اكتشاف القياس الغلط يجب اعادة العمل الحقلي والرصد بالكامل .
2. تصحيح القياسات للأخطاء المنتظمة ان وجدت وذلك من خلال تطبيق العلاقات الرياضية التي تربط تلك الاخطاء بالقياسات.

3. في هذه المرحلة وبعد اتباع المرحلتين السابقتين سيتوفر لدينا قياس او قياسات تمتلك اخطاء عشوائية فقط . والمطلوب هو حساب أفضل قيمة لهذه القياسات والخطأ القياسي لها وذلك من خلال تطبيق طريقة المربعات الصغرى.

لتقييم دقة العمل نقوم بالحسابات التالية:

1. المعدل الحسابي: Arithmetic mean يعرف المعدل بأنه القيمة لمقدار ما تم قياسه عدد من المرات (n) تحت ظروف ثابتة فأن المعدل يحسب:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (n \rightarrow \infty) \quad (7-8)$$

حيث n تمثل عدد الكلي للأرصادات اما x فتمثل الإرصادات و $\bar{X}$ تمثل المعدل

2. التباين (σ^2) Variance

ويمثل المعدل النظري لمربعات الأخطاء ويحسب وفق المعادلة التالية:

$$\sigma^2 = \frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{\sum V^2}{n-1} \quad (8-8)$$

إن مقدار المقام في معادلة حساب التباين $n-1$ يسمى الفائض في القياس (Redundancy) أو درجة الحرية (degree of freedom) ويرمز للفائض بالرمز r ، وهو يمثل الفرق بين عدد الأرصاد الكلي n واقل عدد ممكن من الأرصادات يلزم لحل المسألة n.

اما الانحراف المعياري (Standard deviation) فهو الجذر التربيعي للتباين وكما في المعادلة التالية (المعادلة للاطلاع):

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \quad (9-8)$$

من الجدير بالذكر أن الانحراف المعياري يسمى أحيانا بجذر مربع الخطأ (Root Mean Square Error)، أو اختصارا RMSE في حالة إن القيم الحقيقية معلومة أو تم افتراض وجودها بناء على قياسات مرجعية أكثر دقة ويحتسب عندها بالمعادلة التالية (المعادلة للاطلاع):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum V^2}{n-1}} \quad (10-8)$$

حيث تمثل $\bar{X}$ القيمة الحقيقية أو القيمة الموثوق فيها.

3. الخطأ المعياري $\sigma_{\bar{x}}$ (Standard Error)

وهو يمثل الانحراف المعياري للمعدل ويحسب بالمعادلة التالية (المعادلة للاطلاع):

$$\sigma_{\bar{x}} = \sigma / \sqrt{n} \quad (11-8)$$

مثال (7-8): قيست واجهة منزل (5) خمس مرات فكانت نتائج القياس كما في الجدول أدناه. احسب المعدل الحسابي والتباين (σ^2).

5	4	3	2	1	التسلسل
6.1	6.2	6.5	6.4	6.3	المسافة (m)

الحل:

$\sum = 31.5$	6.1	6.2	6.5	6.4	6.3	x_i المسافة
$\sum = 0.00$	- 0.2	- 0.1	0.2	0.1	0	$V=x_i - \bar{x}$
$\sum 0.1$	0.04	0.01	0.04	0.01	0	$V^2=(x_i - \bar{x})^2$

أولاً: يحسب المعدل ($\bar{x}$):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{31.5}{5} = 6.3 \text{ m}$$

ثانياً: يحسب التباين (σ^2):

$$\sigma^2 = \frac{\sum V^2}{n-1} = \frac{0.1}{5-1} = \frac{0.1}{4} = 0.025$$

5-8 دقة الموقع المحسوب

Position Accuracy

توجد حدود معينة لاعتبار قياسات الموقع صحيحة وذات دقة مقبولة، وذلك لوجود الأخطاء التي لا يمكن التخلص منها بصورة تامة. إذ تعتمد درجة دقة القياس بصورة أساسية على الجهاز المستخدم وكذلك الظروف الجوية المحيطة بموقع العمل، ويطمح الجميع في هذا المجال الحصول على أعلى درجات من الدقة في العمل، مع العلم أنه بزيادة دقة القياس يزداد معها الكلفة والوقت، فلا بد من أن يتناسب الغرض من القياس مع دقة العمل، وكما تعرفنا في الفصول السابقة أن المساحة تقسم من حيث الدقة إلى نوعين هما المساحة المستوية والمساحة الجيوديسية، وحسب نوع العمل قد تكون الأعمال ذات مساحة صغيرة أي من الممكن اعتبار الأرض مستوية، ولا نأخذ بنظر الاعتبار تكرور الأرض، لذا في هذه الحالة لا نحتاج إلى دقة عالية.

أما إذا كان العمل يشمل مساحات واسعة لا بد من الأخذ بالاعتبار كروية الأرض وربط العمل بالإحداثيات الجغرافية العالمية، إذ يتطلب العمل حينها دقة أكبر، واستخدام أجهزة دقيقة للحصول على نتائج صحيحة ومقبولة، مثال على ذلك المشاريع الهندسية العملاقة كبناء الجسور، أو إنشاء الطرق الخارجية. حيث أنه كلما كانت الدقة أعلى كلما كانت كلفة العمل أكبر، لذا يجب إجراء العمل المساحي بالدقة المطلوبة حسب مواصفات المشروع الهندسي. ولا بد من معرفة كلما تقترب القيمة المقاسة من القيمة الحقيقية يكون القياس دقيقاً فمثلاً يقال بأن الخط (AB) مقاس بدقة ± 0.005 متر أما الاتقان فيطلق على آلة معينة أو طريقة عمل معين.

أسئلة الفصل الثامن

س1. اختر الإجابة الصحيحة للعبارات التالية:

- 1- يعتبر علم المساحة أحد فروع علم:
 - أ- الهندسة
 - ب- الاحياء
 - ج- الفيزياء
 - د- الكيمياء
- 2- قبل البدء باجراء أي من اعمال المسح لاي موقع يجب اولاً :
 - أ- استطلاع الموقع
 - ب- رفع قياسات الموقع
 - ج- اجراء الحسابات
 - د- ليس مما سبق
- 3- يحدث الخطأ الناتج عن الهطول في شريط القياس بسبب:
 - أ- القراءة الخاطئة
 - ب- تدلي شريط القياس
 - ج- نوع الشريط
 - د- ليس مما سبق
- 4- في المساحة المستوية يتم تحديد مواقع نقاط باستخدام نظام:
 - أ- القطبي
 - ب- الاحداثيات المستوية
 - ج- الاحداثيات الجغرافية
 - د- ليس مما سبق
- 5- يسمى الانحراف المعياري احياناً بـ :
 - أ- الفائض
 - ب- المعدل الحسابي
 - ج- جذر متوسط مربع الخطأ
 - د- ليس مما سبق
- 6- يعرف على انه الفرق بين القيمة المقاسة والقيمة الحقيقية بـ :
 - أ- درجة الحرية
 - ب- الخطأ
 - ج- التباين
 - د- ليس مما سبق
- 7- القيمة الأكثر احتمالية هي :
 - أ- القيمة الأقرب للحقيقة
 - ب- القيمة المقاسة
 - ج- القيمة الخيالية
 - د- ليس مما سبق
- 8- يعرف بانه عدد مرات التي قيست لنفس المقدار او مقدار موثقيه القياس لقيمة معينة بـ :
 - أ- معامل التمدد الحراري
 - ب- الخطأ القياسي
 - ج- الوزن
 - د- ليس مما سبق

س2. ما المقصود بكل من ؟

- 1- درجة الحرية
- 2- المعدل الحسابي
- 3- نقاط السيطرة.

س3. اذكر قانون تصحيح المساحات باستخدام شريط القياس.

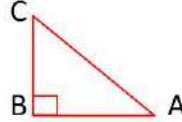
س4. لماذا تزداد دقة القياس كلما زاد وزنها؟

س5. اجب بكلمة صح او خطأ على العبارات التالية:

- 1- يتناسب الوزن عكسياً مع مربع الخطأ المعياري.
- 2- تفترض طريقة المربعات الصغرى ان بعض القياسات تنتمي الى منحنى التوزيع الطبيعي.
- 3- من اهم الخطوات عملية المسح هي تصحيح القياسات الحقلية.
- 4- يتم اعتبار سطح الكرة الأرضية، في المسح الجيوديسي على انها سطح مستوي.

- 5- يتأثر شريط القياس في حالة تغيير درجات الحرارة، حيث تمدد بارتفاع درجات الحرارة وتنقلص بانخفاضها.
- 6- يمثل التباين بأنه العدد الكلي للارصادات.
- 7- ان القيمة الحقيقة لأي قياس غير معلوم، لا يمكن حسابها في حال من الأحوال.
- 8- لا تسهل العلاقات الهندسية من حجم الأخطاء اثناء عمليات تصحيح القياسات.

س6. مثلث قائم الزاوية في B، احسب مساحته إذا علمت ان طول $AB = 60\text{cm}$ ، $BC = 80\text{cm}$ ، $AC = 100\text{cm}$.



(الجواب: $A = 240\text{ cm}^2$)

س7. احسب مساحة شبه المنحرف، إذا علمت ان طول قاعدته العليا 40 cm وطول السفلى 60 cm وارتفاعه 20 cm .

(الجواب: $A = 100\text{ cm}^2$)

س8. نافذة على شكل مثلث حاد الزوايا، طول اضلاعها $(30, 40, 50)\text{ cm}$ ، احسب مساحة النافذة.

(الجواب: $A = 600\text{ cm}^2$)

س9. تم قياس طريق طوله 400 m ، إذا علمت ان مقدار الخطأ في قياسه 0.02 m ، احسب القيمة الحقيقة لهذا الطريق.

(الجواب : $T. L = 300.98\text{ m}$)

س10. تم قياس طريق باستخدام شريط مصنوع في درجة حرارة (30°C) والتي وجدت بطول 120m ، وكانت درجة حرارة (40°C) اثناء القياس، احسب الطول الحقيقي للخط إذا كان معامل التمدد الحراري للشريط (12×10^{-6}) .

(الجواب: $T. L = 120.014\text{ m}$)

كفاءة القياسات الحقلية

Field Measurements Efficiency

الفصل التاسع

الاهداف: سيتعرف الطالب بنهاية الفصل على معايير تقييم الدقة في القياسات المستحصلة في اختصاص المساحة عبر تقييم كفاءة هذه القياسات. وذلك من خلال التعرف على:

1. مقدمة في كفاءة القياسات الحقلية لمشروع ما.
2. المنحني الطبيعي للأخطاء.
3. الخطأ المعياري.
4. الخطأ الاحتمالي.
5. حساب الخطأ المعياري.
6. حساب الخطأ الاحتمالي.
7. الخطأ النسبي.

1-9 مقدمة

Introduction

ليست العبرة في المساحة هو الحصول على معلومات دقيقة ولكن العبرة تكمن في الحصول على الدقة التي تتماشى مع طبيعة ومتطلبات العمل. فلو طلب من فرقة مسح تثبيت المسافات المطلوبة لزرع الأشجار على حافة طريق معين، فطريقة القياس بالخطوات من باب أول وتعيين المستقامات بالعين المجردة، من باب ثان لهما من الدقة ما يتماشى مع طبيعة العمل. وإذا طلب من فرقة ثانية تحضير خريطة طوبوغرافية ذات مقياس 1:20000 مثلاً فإن دقة العمل التي تتماشى مع تلك الخريطة تقع ضمن الخمسة أمتار على اعتبار أن ربع المليمتر فيها يقابل خمسة أمتار على الأرض في أحسن الحالات. الأمر الذي تقبل بموجبه القياسات الحقلية أن وقعت ضمن ± 5 متر. فلو كان البعد إلى أحد العوارض الطبيعية يساوي خمسين متراً مثلاً وجاءت نتيجة القياس مساوية إلى 45 متر فأنها تقبل تماماً كما لو جاءت النتيجة 55 متراً.

لذلك ينبغي على التقني الذي يقوم بعملية المسح باستعمال الأجهزة التي تعطي تلك الدقة من القياسات. فالدقة المطلوبة لتثبيت نقاط الضبط الأرضي ينبغي أن تكون عالية، لاسيما وأن تلك النقاط تشكل الأساس لجميع أعمال المساحة. بيد أن النقطة التي يجدر الإشارة إليها هي أنه مهما بالغ التقني المساح بالدقة فنتائجها تأتي محتوية على أخطاء متعددة، منها ما يمكن التخلص منه كالأخطاء المتراكمة، ومنها ما تبقى ملازمة لنتائج القياسات وهي الأخطاء العارضة كما تم التحدث عنها في الفصل السابع من هذا الكتاب. وقد تكون تلك الأخطاء العارضة مقبولة حيناً ومرفوضة حيناً آخر أن دخلت في القياسات. كما أن الرفض والقبول يعتمد على دقة العمل أيضاً.

فلو طلب من فريقين إجراء القياسات لطول خط معين مثلاً عدداً من المرات في نفس الظروف وجاءت النتائج لكل فريق تختلف عنها في الأخرى عدا المعدل للفريقين والذي جاء متساوياً كما في المثال الآتي:

المعدل	$\bar{X} = 22.53$	22.55	22.50	22.60	22.45	22.55	طول الخط	الفرقة الأولى
معدل الانحراف	$\frac{0.22}{5} = 0.45$	+0.02	-0.03	+0.07	-0.08	+0.02	الانحراف	
المعدل	$\bar{X} = 22.53$	22.15	22.10	22.85	23.05	22.50	طول الخط	الفرقة الثانية
معدل الانحراف	$\frac{1.68}{5} = 0.33$	-0.38	-0.43	+0.32	+0.52	-0.03	الانحراف	

أن تثمين عمل كل فريق على أفراد وانتخاب الفريق الذي يقع عليه الاعتماد الكبير يتطلب تحليل نتائج القياسات الحقلية كلا على أفراد واستخلاص الخطأ الاحتمالي Probable Error. ومن ثم وعلى ضوء حدود الخطأ يمكن تعيين درجة الاعتماد لكل فريق من الفرق، وكما سيأتي ذكره. ويلاحظ من المثال السابق أن معدل القياسات للفريقين جاء متساوياً غير أن الانحرافات في قياسات الفرقة الثانية كان أكبر من انحرافات القياسات في الفرقة الأولى وهذا يعطي دلالة قاطعة بأن الاعتماد على الفرقة الأولى أكبر.

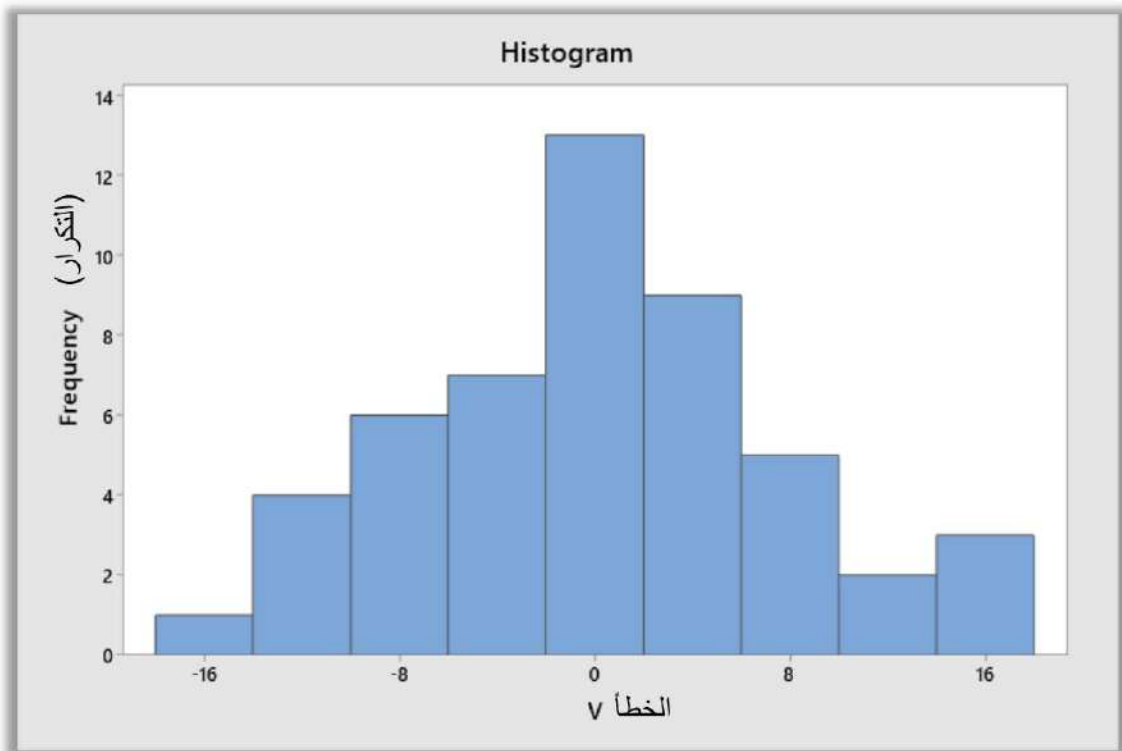
لغرض تحليل نتائج قياسات متعددة قامت بها فرق مختلفة على كمية معينة، ينبغي دراسة تلك النتائج واستخلاص الانحرافات منها، ومن ثم تعيين الخطأ الاحتمالي أو الخطأ المعياري Standard Deviation لكل منهم، وعلى ضوء ذلك فقط يمكن تثمين كفاءة قياسات كل فرقة على انفراد.

Errors Curve

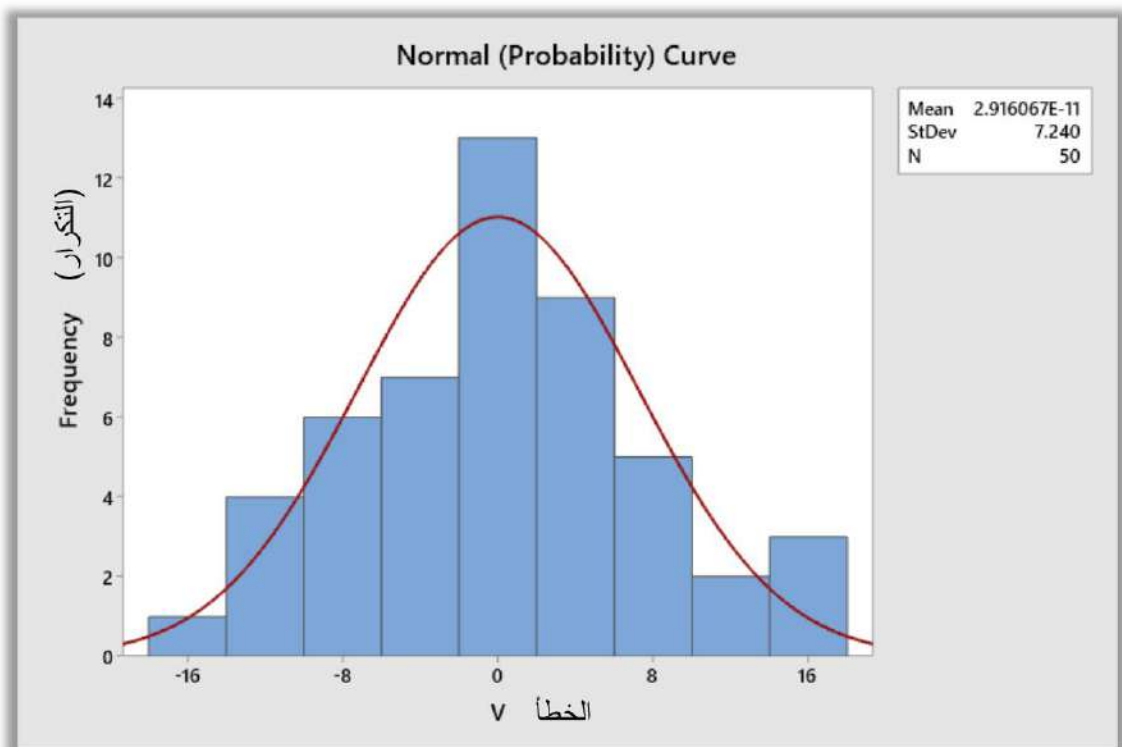
2-9 منحنى الأخطاء

من الواضح ان المعدل هو أحسن قيمة يمكن الحصول عليها من مجموعة متماثلة من القياسات في ظروف متشابهة مأخوذة لكمية واحدة. فلو رسمت جميع القيم المقيسة بيانيا ورسم معها المعدل ستظهر بوضوح بان تلك القيم تزدحم بصورة متناظرة على جهتي المعدل وبالقرب منه، ويخف الازدحام كلما ابتعدت النتائج عن المعدل. فلو أخذنا الأخطاء في زوايا التثليث مثلا لـ 50 زاوية فهي ستكون متقاربة مع بعضها حيناً وقد تكون بعيدة عن بعضها حيناً آخر. وإذا أخذنا المعدل واستخرجنا الانحراف لكل قياس وقمنا برسمه بيانياً بطريقة تجميع النتائج وحصرها في فترات مناسبة تسمى الفئات Intervals على محور السينات بحيث ينتج لنا المدرج التكراري Histogram كما في الشكل (9-1)، فمعه يتضح ان الانحرافات الصغيرة المحصورة بين (+8 , -8) مثلا تزدحم بتكرار Frequency عالي على طرفي الصفر، بينما نلاحظ انها تكون اقل ازدحاما كلما ابتعدت عن القيمة الوسطى أو المعدل. هذا وكلما كثر الازدحام على طرفي المعدل كلما كانت الأرصادات متوافقة مع بعضها مما يدل على حسن القياسات وزيادة الاعتماد على الفريق الذي انجز العمل. اما إذا كانت الانحرافات مبعثرة ولا تتبع الخصائص المذكورة فان الاعتماد على القياسات الحقلية يكون قليلا. هذا وإذا زاد عدد القياسات الى ما لانهاية من جهة وإذا صغرت الفئات الى ما لانهاية من الصغر من جهة أخرى، عندها سوف تقترب التدرجات في المدرج التكراري الى المنحنى مكونة شكلا منتظما يشبه الجرس (Bell Shape) يسمى منحنى الاحتمالات (Probability Curve) أو المنحنى الطبيعي للأخطاء Normal Distribution Curve ، وكما موضح باللون الاحمر في الشكل (9-2).

يلاحظ من المنحنى الطبيعي للأخطاء بان غالبية القيم تتجمع في الوسط وبالقرب من أكثر القيم احتمالا ثم يقل توزيعها كلما ابتعدت الانحرافات عن جهتي الصفر، وهذا بطبيعة الحال يفسر معنى اقتراب المنحنى عن الاحداثي السيني. كما ويفسر ايضا قلة حدوث الانحرافات الكبيرة وندرة وجود الأخطاء الكبيرة جدا، ويظهر بوضوح ايضا بأن الأخطاء الصغيرة كثيرة الحدوث، مما يتسبب في ارتفاع المنحنى قرب الصفر. وكلما زاد ارتفاع المنحنى بالقرب من تلك النقطة كلما كانت الأخطاء الكبيرة قليلة الحدوث، وذلك يعني بان الاعتماد على الأرصادات جيد وان النتائج متوافقة مع بعضها. هناك ايضا ملاحظة هامة تثير الاهتمام وهي تماثل المنحنى على جهتي الصفر مما يدل دلالة قاطعة بان الأخطاء قد تكون موجبة وقد تكون سالبة وبنفس المقدار. وبعبارة أخرى يمكن القول بان الأرصادات الحقلية الكثيرة جداً تكون اما اكبر او اصغر من احسن القيم وبنفس العدد.



الشكل (1-9) المدرج التكراري Histogram.



الشكل (2-9) منحنى التوزيع الطبيعي Normal Distribution Curve او منحنى الاحتمالية Probability Curve.

1-2-9 الخطأ الاحتمالي

Probable Error

لما كان منحنى الاحتمالية يضم بينه وبين محور السينات جميع القيم المأخوذة على كمية معينة فهو ان يتضمن القيم الجيدة والقيم الرديئة على حد سواء، فلو كان طول الخط AB مثلاً يساوي عشرون متر وجاءت نتيجة قياسه 20.50 متر فان القيمة المخطوءة تقع الى اليمين من المعدل $\bar{X}$ داخل المنحنى. واذا اعيد قياس الخط وجاءت نتيجته 18.00 متراً فأنها تقع الى اليسار من المعدل داخل المنحنى ايضاً. ولو فرض ان اعيد قياس الخط مرة اخرى وجاءت النتيجة 50 متر على سبيل المثال فان ذلك يعتبر بطبيعة الحال غلطاً كبيراً، ولكنه لايزال يخضع لنفس الخصائص اذ يقع الى اليمين من المعدل بمسافة بعيدة جداً عنه داخل المنحنى. ولما كانت اغلاط مثل تلك نادرة الحدوث صار المنحنى يقترب من محور السينات بصورة مستمرة دون ان يقطعه. ومن هذا نستنتج بان المساحة التي يحتويها ذلك المنحنى تمثل 100 % من الاخطاء او انها تساوي وحدة واحدة. فعليه يمكن القول بان المساحة A المحصورة بين المنحنى ومحور السينات من الما لانهاية السالبة $(-\infty)$ الى الما لانهاية الموجبة $(+\infty)$ تساوي واحد، وعليه ستكون معادلة المنحنى كالتالي:

$$y = \phi(x) \quad (1-9)$$

على اعتبار ان:

y: تمثل تكرار الخطأ بعدد كبير من القياسات.

ϕ : تمثل مقدار الخطأ

وعليه فان المساحة تحت المنحنى ستكون (المعادلة للاطلاع):

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \phi(X) = 1 \quad (2-9)$$

ولما كان تثمين القياسات الحقلية يعتمد عادة على بعد تلك القياسات ومقدار تجمعها حول المعدل، فالمساحة الكلية التي يحتويها المنحنى لا تكون ذات معنى ما لم تحذف نهاياتها النادرة الحدوث والموغة بالخطأ. فلو حذف 5 % من مساحة المنحنى الواقعة على جهتي المعدل والمحتوية على الاغلاط الكبيرة فالمنحنى عندئذ يمثل 90 % من الاخطاء ويسمى ذلك الخطأ بخطأ التسعين بالمائة Error 90 % وتصبح المعادلة الخاصة بمساحة المنحنى كما يلي (المعادلة للاطلاع):

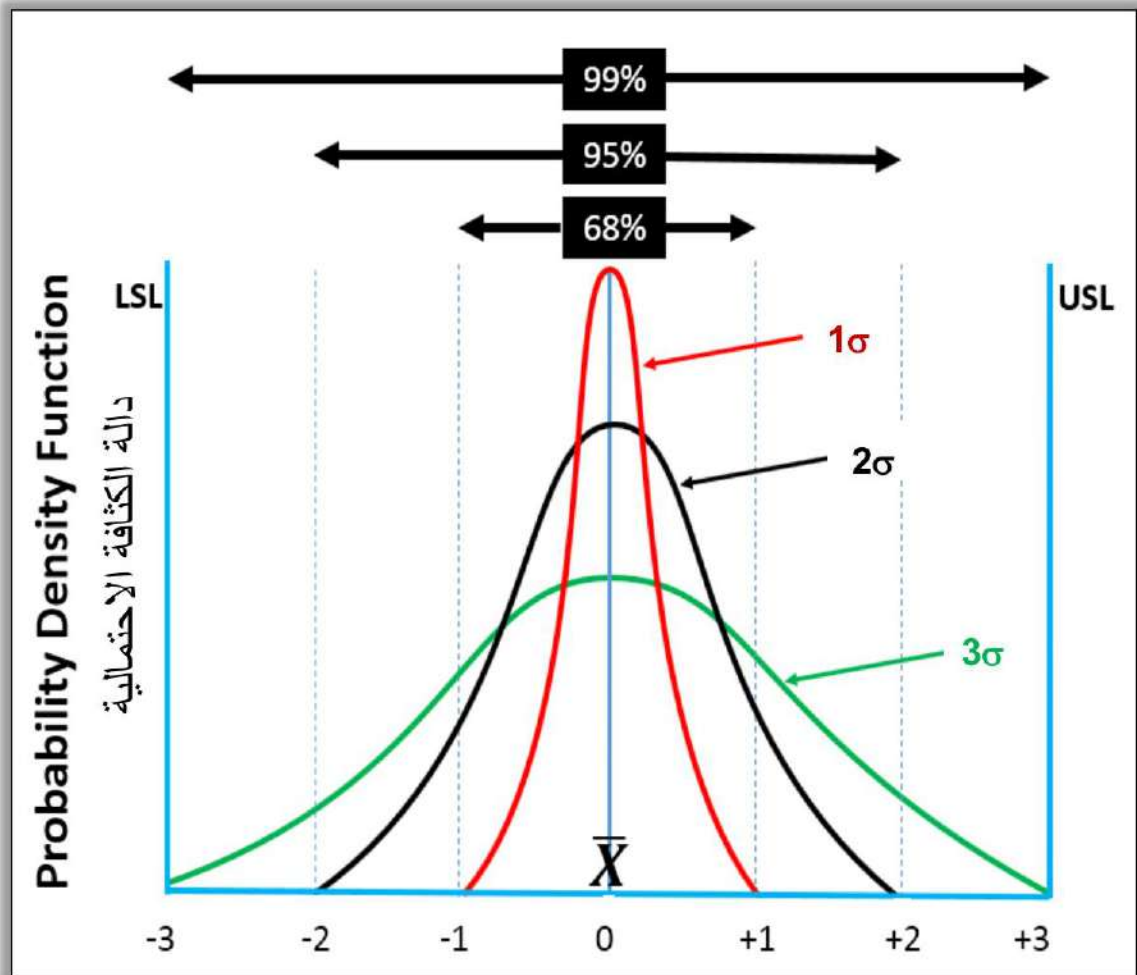
$$\int_{-e}^{+e} \phi(X) = 0.90 \quad (3-9)$$

على اعتبار ان $\pm e$ تمثل المسافة التي تحجز 90 % من الاخطاء وان المساحة المحصورة بين المنحنى ومحور السينات من جهة وبين الاحداثيين الرأسيين المارين بالنقطتين $+e$ و $-e$ من جهة اخرى تساوي 90 % من المساحة الكلية المحتواة بالمنحنى. ولكن عندما يتطلب الامر الزيادة في الدقة يترتب على ذلك تقليل مساحة الاخطاء المقبولة وهذا بدوره يقرب الاحداثي الراسي الى المعدل حتى يصل الى النقطة التي يتحول فيها اتجاه المنحنى فيسمى الخطأ عندئذ بالخطأ المعياري Standard Error والذي عادة ما تكون له معايير خاصة في التحليل الاحصائي لقبول الخطأ او رفضه تتمثل بخطأ 99 % أو ما يسمى بخطأ 3σ ، وخطأ 95 % أو ما يسمى بخطأ 2σ ، وخطأ 68 % أو ما يسمى بخطأ 1σ ، لاحظ الشكل (3-9).

فالخطأ المعياري يحجز مساحة من المنحني محصورة بينه وبين محور السينات من جهة، وبين الاحداثيين الرأسيين المارين بنقطتي الانقلاب على جهتي المعدل من جهة أخرى.

وفيما لو اريد الزيادة في الدقة اكثر مثلاً 50 % يستوجب الامر حجز مساحة مساوية الى 50 % من المساحة الكلية تقع على جانبي المعدل بالتساوي ويسمى الخطأ عندئذ بالخطأ الاحتمالي (P.E.) Probable Error ويمكن تمثيله بالمعادلة التالية (المعادلة للاطلاع):

$$\int_{-p.e.}^{+p.e.} \phi(X) = 0.50 \quad (4-9)$$



الشكل (3-9) الخطأ المعياري Standard Error.

يستفاد من الخطأ الاحتمالي فائدة كبيرة في مقارنة القياسات الحقلية وتبيان كفاءتها. فلو ارسلت فرقتان لقياس طريق ما AB مثلاً عدداً كبيراً من المرات وبنفس الظروف وظهر الخطأ الاحتمالي في الفرقة الاولى مساوياً الى ± 0.25 متراً بينما كان الخطأ الاحتمالي للفرقة الثانية مساوياً الى ± 0.30 متراً فهذا يدل على ان الاعتماد على الفرقة الاولى أكثر منه على الثانية. ولو رسم منحني الخطأ لكل من الفرقتين لكان مرتفعاً وشديداً الانحدار لنتائج الفرقة الاولى أكثر منه للثانية.

من ذلك نستنتج بان الخطأ الاحتمالي Probable Error (P.E.) هو مقياس لمقارنة الأرصادات الحقلية وتبيان كفاءة الفرقة التي تقوم بالمسح. وهو قيمة موجبة وسالبة في نفس الوقت تحجز مساحة من منحني الاخطاء تبلغ النصف % 50 واقعة بالتساوي على جهتي المعدل ويكون احتمال وقوع الخطأ بين حدود تلك المساحة مساوياً لاحتمال وقوعه خارجها. فلو فرض ان الخطأ الاحتمالي يساوي ± 0.24 ، فذلك يعني وجود اعداد متساوية من الاخطاء نصفها أكبر والنصف الآخر اصغر من ± 0.24 ، في مجموع تلك القياسات. وعلى هذا يمكن القول بأن الخطأ الاحتمالي للأرصادات المتشابهة له تلك القيمة التي يكون فيها عدد الاخطاء الأكبر من الخطأ الاحتمالي مساوياً الى عددها الاصغر من الخطأ الاحتمالي في نفس الوقت. فلو فرض بأن طريقاً معيناً طوله 215.75 متر بخطأ احتمالي مقداره ± 0.05 فان طول الطريق الصحيح يقع بين 215.70 متر وبين 215.80 متر بثقة مقدارها 50% شريطة ان تعني تلك العبارة في الوقت نفسه بأن الطول الصحيح للطريق يقع خارج تلك الحدود بثقة قدرها 50% ايضاً. اما إذا قاست الطريق فرقة اخرى وجاءت بالطول مساوياً الى 215.75 متر وبخطأ احتمالي قدره ± 0.10 متر فان احتمال معرفة الطول الصحيح للطريق يقع بين 215.65 متر وبين 215.85 متر، او انه في الوقت نفسه يقع خارج هذين الحدين وبنفس النسبة من التأكيد. لذلك فالاعتماد على نتائج الفرقة الاولى أكثر منه على نتائج الفرقة الثانية وتكون عندئذ ذات كفاءة اعلى من الفرقة الثانية. واستناداً الى هذا يمكن حصر فوائد الخطأ الاحتمالي بما يلي:

1. مقارنة نتائج القياسات وتبيان كفاءة الفرق القائمة بالعمل.

2. اعطاء الثقة للقياسات عن طريق وضع الاوزان لها.

لغرض حساب الخطأ الاحتمالي P.E. ينبغي اولا ايجاد الخطأ المعياري σ ومن ثم تطبيق القانون التالي (القانون للاطلاع) :

$$P.E. = 0.6745 \cdot \sigma \quad (5-9)$$

علماً ان الخطأ المعياري σ يساوي (المعادلة للاطلاع):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}} \quad (6-9)$$

على اعتبار ان:

$\sum v_i^2$: يمثل مجموع مربع الانحرافات.

n : يمثل عدد القياسات.

2-2-9 الخطأ النسبي

Relative Error

يمثل الخطأ المطلق Absolute Error قيمة الخطأ الحقيقي لقياس ما. اما الخطأ النسبي Error Relative فيعبر عن مقارنة الخطأ المطلق بالمقدار الفعلي او الحقيقي True Value للقياس. لحساب الخطأ النسبي، من الضروري حساب الخطأ المطلق. فإذا قمنا بقياس جسم طوله 12 سنتيمتر وكان الخطأ في القياس بمقدار 6 سنتيمتر، فسيكون الخطأ النسبي كبيراً جداً. ومع ذلك، عند محاولة قياس خط ما بطول 120 متراً والحصول على خطأ في هذا القياس بمقدار 6 سنتيمتر فقط ، سيكون الخطأ النسبي أصغر بكثير.

يمكن الحصول على الخطأ المطلق Absolute Error من طرح القيمة المقاسة Measured Value من القيمة الحقيقية True Value للقياس أو القيمة الاقرب للقيمة الحقيقية (المعدل مثلاً).

$$(7-9) \quad (M.V.) \text{ القيمة المقاسة } - (T.V.) \text{ القيمة الحقيقية } = (A.E.) \text{ الخطأ المطلق}$$

عادة ما يتم توفير القيمة الحقيقية من خلال الحسابات الاحصائية وهو الإجراء الأكثر دقة والأكثر شيوعاً حيث يمكننا مقارنة النتائج الخاصة بنا للحصول على الخطأ المطلق الذي يقيس خطأ القيمة المقاسة مقارنة بالقيمة الحقيقية. للقيام بذلك ببساطة يمكننا طرح قيمة القياس من القيمة الحقيقية، وحتى لو كانت النتيجة سلبية، يمكن ان نجعلها ايجابية. هذا هو الخطأ المطلق. فمثلا تحتاج إلى معرفة مدى دقة قياس المسافة عن طريق قياسها بالخطوات. حيث تقيس المسافة بخطوات من شجرة إلى أخرى وتقدر ب 18 متر. هذه هي القيمة المقاسة. ثم تأخذ القياس عدة مرات للحصول على المعدل والذي يمثل القيمة الحقيقية أو القيمة الأكثر دقة. فنجد ان معدل القياسات كان 20 متراً وعليه فإن الخطأ المطلق لقياس 18 متر هو $20 - 18 = 2$ متر.

اما الخطأ النسبي فيمكن الحصول عليه ما ان يتم الحصول على الخطأ المطلق. بمعنى عند تقسيم الخطأ المطلق على القيمة الحقيقية للقياس يمكن الحصول على الخطأ النسبي و يضرب في 100 لتحويل القيمة إلى نسبة مئوية وكما يلي:

$$(8-9) \quad (R.E.) \text{ الخطأ النسبي } = \frac{(A.E.) \text{ الخطأ المطلق}}{(T.V.) \text{ القيمة الحقيقية}} \cdot 100\%$$

وعليه سيكون الخطأ النسبي لمثالنا في اعلاه يساوي $10\% = 100 \cdot \frac{2}{20}$ ، بمعنى ان الخطأ النسبي في هذا القياس يمثل 10% من طوله الحقيقي، اي بمقدار عشر طوله وهنا يمكن اتخاذ القرار بقبول او رفض هذا القياس بناءً على مقدار الخطأ النسبي المطلوب في العمل. علماً ان الخطأ النسبي يحسب عادة لنتائج العمل والتي تكون قيم محسوبة لتشمل كل الأرصادات المقاسة في المشروع، وليس على القياسات بشكل مفرد لان هذه القياسات تشارك في الحسابات الرياضية وتجمعها يؤدي الى تراكم قيمة الخطأ في القيمة الناتجة عنها. ولهذا يستخدم الخطأ النسبي كمقياس أولي لقبول او رفض القياسات في المشروع الهندسي.

أسئلة الفصل التاسع

- س1. كيف يتم تحديد كفاءة القياسات الحقلية في مشروع هندسي؟ اذكر مثالا تطبيقيا.
- س2. هل يجوز برأيك تحديد كفاءة عمل فريق فني مساحي عبر قياس مقدار الميل في هيكل بناية حديدية قيد الانشاء عدة مرات باستخدام شريط القياس؟ لماذا؟
- س3. ما هو منحني الاخطاء؟ وكيف يستخدم في تقييم كفاءة القياسات؟
- س4. ما هو الفرق بين المدرج التكراري Histogram والمنحني التكراري Probability Curve؟
- س5. ما هو تعريف المعدل وكيف يمكن حسابه؟
- س6. كيف تثبت ان الاخطاء الصغيرة كثيرة الحدوث، بالقياسات مقارنة بالأخطاء الكبيرة؟
- س7. ما هو الخطأ المعياري؟ وماذا يمثل؟ وهل توصي باستخدامه كمعيار لكفاءة القياسات؟ لماذا؟
- س8. ما هو الفرق بين الخطأ المعياري والخطأ الاحتمالي؟ برأيك ايهما أكثر دقة في تحديد كفاءة القياسات؟
- س9. بماذا يستفاد من الخطأ الاحتمالي في مشروع هندسي تعمل فيه فرق فنية مساحية متعددة؟
- س10. هل يجوز استخدام الخطأ الاحتمالي في تصحيح القياسات الحقلية؟

