جمهورية العراق

وزارة التربية

المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية

الصناعي / المساحة

الثالث

المؤلفون

أ. د امزاحم عبد الكريم علوان

أ. م. د فنار منصور عبد

المهندس حميد صكبان جبر

المهندسة شيماء عبد علوان

عصام علي سعيد

الطبعة الاولى

1446 هـ - 2024 م

المقدمة :

المساحة هو العلم القديم والحديث في ذات الوقت وذلك لأنه يعود بتاريخ نشأته الى الاف السنين ابان حكم السومريين والاكديين لبلاد ما بين النهرين ومن بعدهم المصريين القدماء ابان حكم الفراعنة في مصر ثم تطور بفضل التكنلوجيا اليوم الى ما يعرف بعلم الجيوماتكس. حيث يكاد يكون علماً شاملاً لمختلف العلوم و التطبيقات و الاختصاصات الهندسية والعلمية التي تعنى بالحسابات المتعلقة بالأرض التي نعيش عليها . إن كتاب العلوم هو أحد الكتب الأساسية التي سيعتمد في التدريب و التدريس ككتاب منهجي ضمن مناهج التعليم المهني في تخصص المساحة للصف الثالث من أجل تهيئة كوادر تقنية و فنية كفوءة ساندة للكوادر الفنية التي تتخرج بدرجة دبلوم فني من هيأة المعاهد الفنية في العراق في تخصص المساحة لتكون قادرة على سد حاجة السوق في هذا الاختصاص ، وتكون هذه الكوادر قادرة على التعامل بمهارة و حرفية مع الاجهزة المساحية و البيانات المساحية بكافة أنواعها.

يحتوي الكتاب على ستة فصول هي :

الفصل الاول : يتضمن تقنيات القياس الالكتروني للمسافات و الزوايا .

الفصل الثاني : يبحث في مبادئ المسح الطوبوغرافي و الخرائط الكنتورية.

الفصل الثالث : يبحث في طرق تسوية الاراضي بأنواعها.

الفصل الرابع : يبحث في تقنيات المسح التصويري و الليزري .

الفصل الخامس : يبحث في علم الخرائط و نظم المعلومات الجغرافية .

الفصل السادس : يتضمن مقدمة في المسح بالأقمار الاصطناعية و تقنيات التحسس النائي .

سيلبي هذا الكتاب حاجة الطالب في المدارس المهنية ضمن تخصص المساحة حيث يوفر مصدر معلومات ثمين وذلك لشمولية الكتاب وتنوع معلوماته في هذا الاختصاص الشيق و المتطور باستمرار ليسد حاجة طلبتنا ومهتمينا في الجانب التقني في هذا العلم المتنوع الاختصاصات ، ولمعالجة العديد من المشاكل في التطبيقات المختلفة المرتبطة بعلم المساحة مثل الانشاءات والطرق والزراعة وإدارة مصادر المياه والتخطيط الاقليمي وتخطيط المدن وعلم الآثار والتقييم البيئي و غيرها من التطبيقات المختلفة .

والله ولي التوفيق

المؤلفون

الفهرست

الفصل	المحتويات	رقم الصفحة
الاول	**القياس الإلكتروني للمسافات والزوايا**	**5**
	القياس الإلكتروني للمسافات	6
	القياس الإلكتروني للزوايا	12
	جهاز المحطة المتكاملة	18
	مصادر الأخطاء في الأجهزة الإلكترونية	41
الثاني	**المسح الطبوغرافي والخرائط الكنتورية**	**44**
	المسح الطبوغرافي	45
	تمثيل العوارض الطبيعية	51
	الخطوط الكنتورية	54
	دقة الاعمال الطبوغرافية	78
الثالث	**تسوية الأراضي**	**82**
	تعديل الخطوط الكنتورية	88
	تعديل الخطوط الكنتورية باستخدام شبكة المربعات	89
	تعديل الخطوط الكنتورية باستخدام المساحة الكنتورية	92
الرابع	**المسح التصويري والليزري**	**95**
	تطبيقات المسح التصويري	97
	المسح التصويري الجوي	112
	المسح التصويري الارضي	122
	المسح الليزري وتطبيقاته	126
الخامس	**الكارتوغرافي ونظم المعلومات الجغرافية**	**135**
	انواع الخرائط	136
	مساقط الخرائط	145
	نظم المعلومات الجغرافية (GIS)	149
	تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية	160
السادس	**المسح بالأقمار الاصطناعية و التحسس النائي**	**165**
	منظومة المواقع العالمية	166
	جهاز المواقع العالمي (GPS)	169
	التحسس النائي	182
	المرئيات الفضائية وانواعها	185

الفصل الأول

القياس الإلكتروني للمسافات والزوايا

Electronic Measurements of Distance and Angles

الأهداف:

سيتعرف الطالب في نهاية الفصل على :

1. القياس الإلكتروني للمسافات والزوايا .
2. انواع أجهزة الأشعة تحت الحمراء وأجهزة الليزر .
3. جهاز المحطة المتكاملة ومكوناته وادواته وكيفية قياس الاحداثيات .
4. التصحيحات اللازمة للقياسات الإلكترونية .
5. مصادر الأخطاء في الأجهزة الإلكترونية .

1 - 1 القياس الإلكتروني للمسافات Electronic Distance Measurement

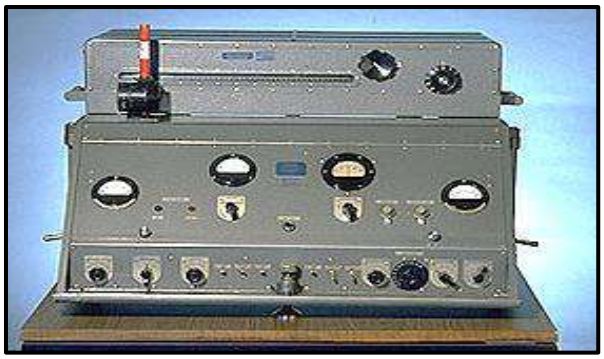
المقدمة :

يُعد قياس المسافات من العمليات الاساسية في المساحة ومن أهم انواع القياسات المساحية ، فقبل ظهور أجهزة القياس الإلكترونية إستخدم المسّاحون قديماً طرق بدائية متعددة ومنها مقياس العربة والعجل لقياس المسافات الطويلة كما استعملت السلاسل الحديدية المعلومة الطول ، وبعدها إستخدمت أدوات القياس اليدوية ومنها أشرطة القياس وغيرها من الوسائل التي توجب تطويرها مع مرور الزمن وابتكار أدوات قياس أكثر دقة وكفاءة . وحتى منتصف القرن الماضي كان المسح الدقيق للقياسات الخطية مكلفة للغاية ومعقدة في التنفيذ ، ففي بعض الاماكن يكون القياس غير متاح بإستخدام أدوات القياس اليدوية بسبب وجود العوارض الطبيعية مثل (الوديان والأنهار وما إلى ذلك) ، إذ لا يمكن قياس هذه المسافات وكانت تسبب مشكلة في أخذ القياسات بالطرق والادوات المستخدمة آنذاك.

ونظراً لأهمية قياس المسافات والحاجة إلى أجهزة سريعة ودقيقة تستخدم لقياسها فقد تطورت الأجهزة المساحية بشكل كبير في منتصف القرن العشرين تطوراً تكنولوجياً سريعاً ، فتم إبتكار وإنتاج أجهزة قياس المسافات بشكل الكتروني والتي اختصرت الى الاحرف الثلاثة EDM ، والذي يعد من أجهزة القياس المباشر للمسافات واتجاهاتها و في ممارسة عمليات المسح فأصبحت ثورة تقنية حقيقية ، لتكون بديلاً اكثر دقة وسرعة من قياس المسافات باستخدام الشريط او الادوات والطرق الاخرى .

القياس الإلكتروني للمسافات (EDM) :

تطورت الأجهزة الإلكترونية لقياس المسافات بشكل كبير وبعدة انواع مختلفة ، حيث أبتكر في نهاية سنة (1950 م) جهاز يدعى بالجيوديمتر (Geodimeter) وهي أجهزة تستخدم الاشعة لقياس المسافات الطويلة وكانت ذات أحجام كبيرة ومكلفة والتي تعتمد على ارسال وإنعكاس وإستقبال الموجات المنعكسة بين نقطتين ، كما في الشكل (1 - 1) .



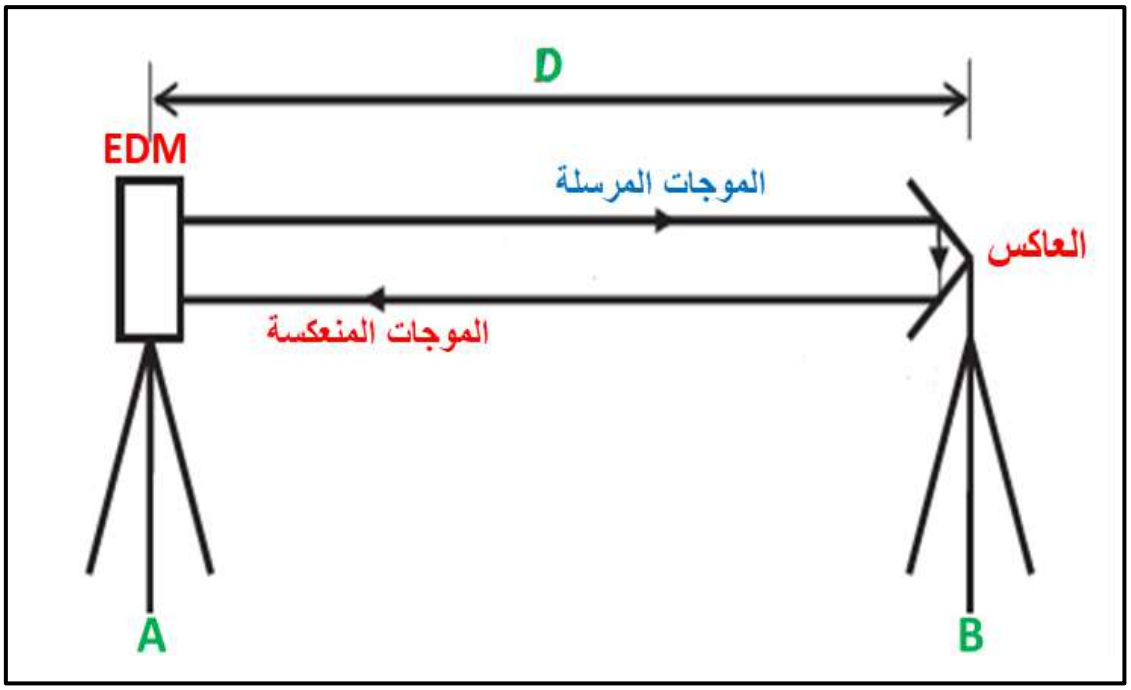
الشكل (1 - 1) جهاز لقياس المسافات الإكتروني (Geodimeter)

إن أجهزة القياس الإلكتروني كانت عبارة عن أجهزة منفصلة يتم وضعها على قاعدة أو حامل ثلاثي أو يتم تركيبها فوق أجهزة قياس الزوايا (الثيودولايت)، كما في الشكل (1 - 2) . وإن معظم أجهزة المساحة لقياس المسافات الكترونياً تعتمد على وجود هدف عاكس مثل العاكس (Reflector) او لوح عاكس (Reflector-sheet) يقوم بعكس الموجة الى جهاز الإستقبال مرة اخرى ، كما توجد أجهزة مساحية يمكنها قياس المسافات الكترونياً بدون إستخدام عاكس تدعى (Reflector Less) للمسافات القصيرة (مئات الامتار) وذلك بإستخدام موجات تتميز بخاصية الانعكاس عند إصطدامها بأي هدف . وبذلك فإن هذه النوعية من الأجهزة المساحية تمكننا من قياس المسافات دون الحاجة لوجود عاكس في نهاية المسافة المراد قياسها او يمكنها قياس المسافة الى أعلى قمة برج او الى خط تيار كهربائي .

الشكل (1 - 2) احد انواع أجهزة EDM مثبت على قاعدة أو فوق جهاز الثيودولايت

آلية عمل أجهزة قياس المسافات الإلكتروني : تقوم بارسال الموجات الضوئية أو الكهرومغناطيسية من الجهاز (المرسل) الى الهدف (العاكس) وتنعكس عنه الموجات وتعود الى الجهاز ، حيث يمكن حساب المسافة من فرق الطور بين حزمة إشعاع مُرسلة وحزمة إشعاع منعكسة ، أو يتم حساب الزمن والسرعة الذي تستغرقه الموجات في الذهاب من الجهاز (المرسل) الى الهدف (العاكس) والرجوع الى الجهاز ، كما في المخطط (1 - 3) ومنها يتم حساب المسافة عن طريق القانون الآتي :

المسافة = السرعة × الزمن Distance (D) = velocity (v) × time (t)



الشكل (1 - 3) مخطط لكيفية قياس المسافات الإلكتروني بين نقطتين

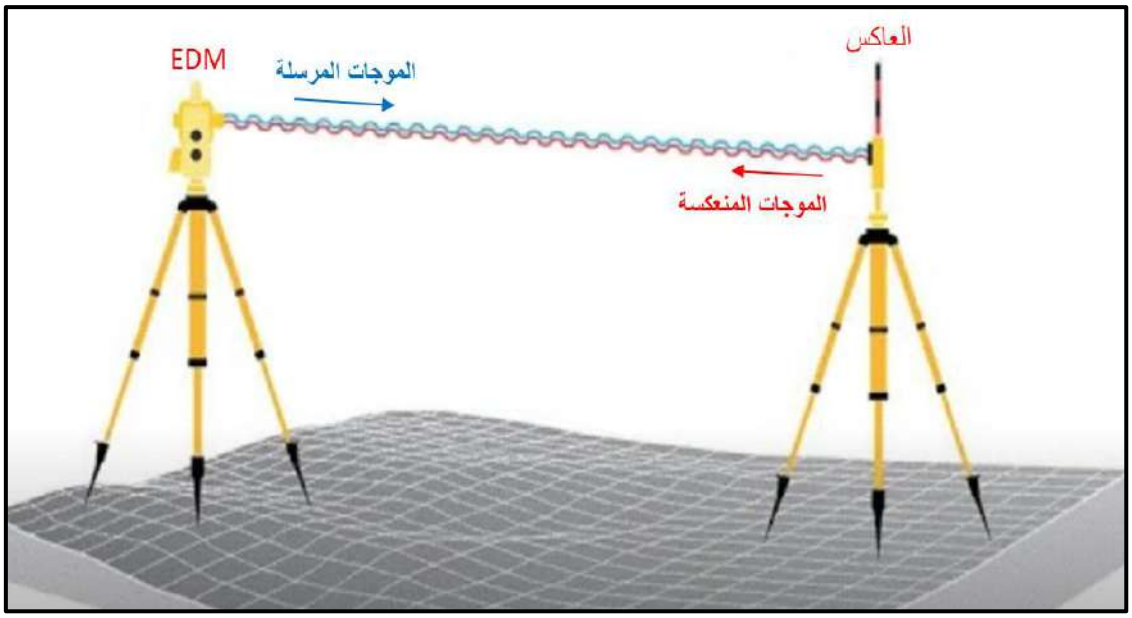
إن قياس المسافات الإلكترونية يعتمد على قياس سرعة الموجة والزمن المستغرق للانتقال بين النقطتين المراد قياس المسافة بينهما الذي يمكننا من حساب المسافة ، فعند إنطلاق الموجة من الجهاز الموضوع على النقطة الاولى من المسافة المطلوب قياسها الى النقطة الثانية نهاية المسافة المطلوب قياسها حيث يوضع عاكس (Reflector) يقوم بعكس الموجة بنفس الاتجاه الى الجهاز الموضوع في النقطة الاولى ، كما في الشكل (1 - 4) . حيث يقوم الجهاز المرسل بحساب الفترة الزمنية التي استغرقتها هذه الموجة منذ انطلاقها كما في القانون ادناه :

الفترة الزمنية = وقت الاستقبال + وقت الارسال

لكن هذه الفترة الزمنية المقاسة هي الزمن الذي استغرقته الموجة منذ انطلاقها من الجهاز المرسل حتى وصولها للعاكس ثم عودتها مرة اخرى للجهاز المرسل ، أي إنها ضعف الفترة الزمنية بين المرسل والعاكس ، و إن الموجة تنتقل بسرعة ثابتة تعادل سرعة الضوء في الهواء . لذا تُحسب المسافة كالآتي :

$$\text{المسافة بين المرسل والعاكس (بين النقطتين)} = \frac{(\text{سرعة الموجة} \times \text{الفترة الزمنية})}{2}$$

$$D = \frac{v \times t}{2}$$



الشكل (1 - 4) طريقة قياس المسافة باستخدام جهاز (EDM)

لقد مرت أجهزة قياس المسافات الالكترونية بمراحل تطور حتى وصلت إلى ما هي عليه الآن ، وهي كالآتي :

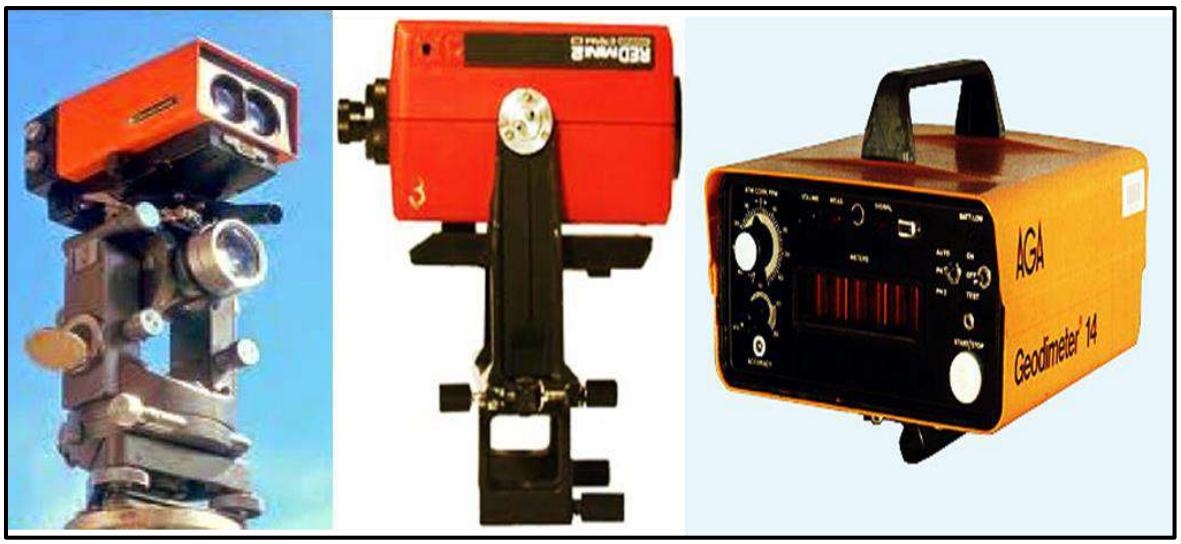
1- **الجيل الأول :** ظهرت هذه الأجهزة في بداية عام (1950 م) وتستخدم هذه الأجهزة الاشعة الضوئية وسميت بالجيوديمتر (Geodimeter) ، كما في الشكل (1 - 5) .

الشكل (1 - 5) جهاز الجيوديمتر (Geodimeter)

2- **الجيل الثاني :** ظهرت هذه الأجهزة في نهاية عام (1950 م) وتستخدم هذه الأجهزة أشعة المايكروويف microwaves وسميت التيلوروميتر (Tellurometer)،كما في الشكل (1 - 6).

الشكل (1 - 6) جهاز التيلوروميتر (Tellurometer)

3- **الجيل الثالث :** ظهرت هذه الأجهزة بعد إكتشاف الدايود الضوئي Light - emitting diodes وأصبحت أصغر حجماً وأقل طاقة للتشغيل ، كما في الشكل (1 - 7) . واحدث ثورة في تطور الأجهزة الإلكترونية ، لكن هذه الأجهزة لا تصل المدى في القياس كما في الأجهزة التي سبقتها.



الشكل (1 - 7) أجهزة قياس المسافات المستخدم فيها الاشعة الضوئية

4- الجيل الرابع : ظهرت هذه الأجهزة في السنوات الأخيرة وتستخدم أشعة الليزر والأشعة تحت الحمراء وأصبحت مدياتها كبيرة وذات دقة عالية في قياس المسافة ، إذ تطورت الأجهزة في طرق إخراج النتائج ، وادخل فيها برامج للحسابات الخاصة بالمسافة وحساب الإحداثيات ... الخ . وتسمى هذه الأجهزة بالمحطة المتكاملة (Total Station) ، كما في الشكل (1 - 8).

الشكل (1 - 8) أجهزة قياس المسافات بأشعة الليزر (المحطة المتكاملة)

مميزات الأجهزة الإلكترونية لقياس المسافات :

1. تستخدم في الاماكن التي يصعب فيها القياس او إستخدام شريط القياس .
2. دقتها العالية ولا تحتاج الى جهد ووقت كبير .
3. إستخدامها ليلاً أو نهاراً وفي الظروف الجوية الصعبة مثل الامطار .
4. قدرتها على قياس المسافات الطويلة جداً تتجاوز (50) كيلومتر وبدقة عالية .

تصنيف أجهزة قياس المسافات إلكترونياً تبعاً لمدى القياس ، وكما يأتي :

1. أجهزة قياس المسافات الإلكترونية قصيرة المدى : تمتاز هذه الأجهزة بسهولة الاستعمال والقراءة وخفيفة الوزن ، ويكون مدى قياس الاطوال بحدود 3 كم ، ويمكن تركيبها فوق جهاز قياس الزوايا (الثيودولايت) ، إن معظم أجهزة المدى القصير تعمل على الاشعة تحت الحمراء (Infrared light) ، وتستعمل لقياس المسافات الافقية .
2. أجهزة قياس المسافات الإلكترونية متوسطة المدى : يكون مدى القياس في هذه الأجهزة عشرات الاميال ، وتعمل على أنواع مختلفة من الطاقة ومنها (الموجات الدقيقة) ، وتستعمل في أعمال المساحة الجيوديسية وبعض المشاريع الهندسية .

3. أجهزة قياس المسافات الإلكترونية بعيدة المدى : يبلغ مدى هذه الأجهزة مئات الكيلومترات ، وتعمل على أشعة الليزر والموجات الدقيقة والبعض منها تعمل على الموجات اللاسلكية الطويلة ، وتستعمل في اعمال الملاحة والبحرية والاعمال التي تتطلب قياس المسافات البعيدة.

إن دقة المسافة المقاسة بأجهزة EDM تكون بصورة نسبية ، اي إنها تتناسب مع طول المسافة المقاسة. حيث تختلف دقة القياس من نوع لآخر ولكنها عادة ما تكون بحدود من ± (1.0 ppm + 1.0 mm) إلى ± (5 ppm + 10.0 mm) ، (ppm = جزء في المليون). وتتكون دقة جهاز EDM من جزأين هما :

$$\text{دقة جهاز EDM} = \pm (e_1\ \text{mm}) + (e_2\ \text{ppm})$$

1- خطأ ثابت القيمة e_1.

2- خطأ نسبي يعتمد على طول المسافة المراد قياسها e_2.

مثال (1 - 1) : ما هي دقة جهاز قياس المسافة الإلكتروني المستخدم لقياس مسافة طريق ، اذا كانت المسافة المراد قياسها تبلغ 2 كيلو متر ؟

اذا علمت ان دقة الجهاز EDM المستخدم = ± (5 mm) + (3 ppm) ملم لكل كيلو متر .

الحل : دقة الجهاز EDM المستخدم لقياس مسافة الطريق $= \pm (e_1\ \text{mm}) + (D \times e_2)$

$$\text{دقة الجهاز EDM المستخدم} = \pm (5\ \text{mm}) + (2\ \text{km} \times 3\ \frac{mm}{km})$$

$$\text{دقة الجهاز EDM المستخدم} = \pm (5\ \text{mm}) + (6\ \text{mm}) = \pm (11\ \text{mm})$$

1 – 2 القياس الإلكتروني للزوايا Electronic Angle Measurement

إن أساس القياسات المساحية هي القياسات الزاوية والقياسات الطولية ومن خلال معرفة قياس الزاوية والمسافة يمكن جمع البيانات الهندسية التي يمكن من خلالها اجراء كافة الاعمال المساحية والهندسية، وتعد البوصلة من أقدم الأجهزة التي إستعملت في القياسات الزاوية وهى تقيس الانحرافات للخطوط ، ومع التطور التكنولوجي والحاجة لقياس الزوايا بشكل اسرع وأدق تم إختراع جهاز يعرف بالثيودولايت ويعتبر العالم ليونارد ديجز هو أول من اشار إلى الثيودولايت كجهاز مساحي لقياس الزوايا ، كما في الشكل (1 - 9) ، ولكن بعد التطور الكبير في علم الهندسة بصورة عامة وعلم المساحة بصورة خاصة تطورت صناعة أجهزة قياس الزوايا سريعاً بعد ذلك لتواكب إحتياجات سوق العمل فاستخدمت الادوات والأجهزة القائمة على الالكترونيات بشكل واسع ، إذ مكنت الأجهزة الحديثة الإلكترونية لقياس الزوايا المساحين من جمع البيانات في موقع العمل ومعالجتها بسهولة وسرعة اكبر وبدقة أعلى من قبل.

الشكل (1 - 9) أجهزة قياس الزوايا قديماً

من اهم استعمالات جهاز الثيودولايت هي :

1. قياس الزوايا الافقية والرأسية
2. عمل الميزانيات المثلثية (الجيوديسية) .
3. الارصاد الفلكية وانجاز الخرائط الطبوغرافية .
4. قياس زوايا حدود المباني الكبيرة وتخطيط المنشآت الهندسية وأعمال البناء .
5. شق الطرق والجسور والسكك الحديدية وقنوات المياه ومشاريع ادارة المياه .

إن أجهزة قياس الزوايا الإلكترونية هي الأكثر انتشاراً في التطبيقات المساحية ومنها جهاز الثيودولايت الإلكتروني (الرقمي) وهو من أفضل وأدق انواع الأجهزة لقياس الزوايا ومكوناته نفس مكونات جهاز الثيودولايت البصري ولكن تم إضافة شاشة إلكترونية له لتظهر عليها الزوايا الافقية والرأسية المرصودة بدل من قراءتها وتسجيلها يدوياً، كما في الشكل (1 - 10) . ويحتوي على بطارية لتشغيله وكارت ذاكرة لتخزين البيانات فيه ومن ثم يتم نقلها للحاسوب ، إذ تم شرح هذا الموضوع بصورة تفصيلية في كتاب العلوم الصناعية في المرحلة الثانية .

وفي الوقت الحالي قل الاعتماد على جهاز الثيودولايت لقياس الزوايا في الاعمال المساحية ، وذلك لإنتاج جهاز شامل لأغلب القياسات المساحية وهو جهاز المحطة المتكاملة وهو الأكثر انتشاراً واستخداماً في الاعمال المساحية .

الشكل (1 - 10) جهاز الثيودولايت الإلكتروني

1 – 3 أجهزة الأشعة تحت الحمراء Near Infrared Devices

الأشعة تحت الحمراء (Infrared Radiation) هو الإشعاع الكهرومغناطيسي بالطول الموجي بين 0.7 إلى 300 ميكرومتر ، وهو ما يعادل تقريبا نطاق الترددات بين 1 إلى 400 تيراهيرتز . طول موجته أطول (وتردده أدنى) من الضوء المرئي ، وهي أشعة غير مرئية للعين البشرية ، ولكن يمكن أن نشعر بها على شكل حرارة عدا رؤية الضوء المرئي .

تستخدم أجهزة الأشعة تحت الحمراء المعدلة لقياس المسافات باستخدام الموجات ، وهي الاكثر استخداماً الآن وخاصة في أجهزة المحطة المتكاملة ، حيث يتم وضع الجهاز في بداية المسافة ويستخدم في نهاية المسافة العاكس المثبتة على الهدف ليعكس الموجات ، وهذه الأجهزة خفيفة واقتصادية وسريعة وذات دقة عالية ، ويمكن تركيبها على أجهزة قياس الزوايا للقياسات الزاوية ، حيث يبلغ مدى هذه الأجهزة 10 إلى 30 كيلومترات وتكون الدقة ± 10 ملم .

مثل جهاز الديستومات دي (Distomat D) 1000 : هو جهاز (EDM) صغير جداً ومضغوط ومفيد بشكل خاص في أنشاء المباني وأعمال الهندسة المساحية الأخرى ، ولقياس المسافة به يعمل المساح على توجيه الجهاز إلى العاكس وقراءة قياس المسافة الذي يظهر على شاشة الجهاز .

1 – 3 – 1 أجهزة الليزر Laser Devices

الليزر : هو أشعة ضوئية عالية الطاقة لها أطوال موجية متشابهة وممكن أن تكون مرئية او غير مرئية للعين البشرية ، جاءت تسمية الليزر (Laser) اختصاراً Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (تضخيم الضوء عن طريق تحفيز إنبعاث الاشعاع) .

استخدمت تقنية أشعة الليزر لقياس المسافات والارتفاعات والزوايا الافقية والرأسية (العمودية) ، إذ تم استخدامها في العديد من المجالات الهندسية مثل (المسح الطبوغرافي ورصد المدن كالمباني والطرق وغيرها) ، وفيما يأتي أهم أجهزة الليزر المستخدمة في مجال قياس المسافات إلكترونياً :

1- **شريط القياس الإلكتروني الليزري :** وهو من الاشرطة المتكونة من شريط قياس معدني ومزودة ايضاً بجهاز ليزر لقياس المسافات الطويلة والتي تصل مدياتها ما بين (30 الى 100) متر ، إذ يعمل تلقائياً بمجرد سحب الشريط ويغلق أوتوماتيكياً عند ادخال الشريط الى العلبة الحافظة بالكامل .

وهو من افضل انواع الاشرطة الإلكترونية وسهل الاستخدام وخفيف الوزن ، ويستخدم لقياس الابعاد الداخلية للأبنية واسطح الابنية ، كما في الشكل (1 - 11) .

الشكل (1 - 11) الشريط الإلكتروني الليزري

2- **جهاز القياس الليزري :** وهو من الأجهزة التي تستخدم موجات الليزر في قياس المسافات الصغيرة مثلاً (قياس المسافات داخل المبنى وفي اعمال البناء) ، يستخدم شريط القياس الليزري في الاعمال المساحية عالية الدقة بحدود (المليمترات) وغير مزود بشريط قياس معدني ، حيث يرسل الجهاز موجات ليزر عن طريق الضغط من قبل المستخدم على زر في الجهاز باتجاه النقطة المراد قياس المسافة اليها فيتم عرض القياسات على شاشة العرض ، ولكن يشترط عدم وجود عوائق مثل الاشجار والجدران بين النقاط المراد قياس المسافة بينهما ، لان الجهاز سوف يعطي قراءات خاطئة نتيجة إنعكاس اشعة الليزر بعد إصطدامه بهذه العوائق ، كما في الشكل (1 - 12) . يكون هذا الجهاز محمول باليد وصغير الحجم ويعد من الأجهزة السريعة في التنفيذ بالإضافة الى سهولة العمل به.

الشكل (1 - 12) جهاز قياس المسافات الليزري اليدوي

3- **جهاز الميزان الليزري :** وهو جهاز دقيق وحساس لقياس المسافات عن طريق تحديد ارتفاع أي نقطة عن متوسط منسوب مستوى سطح البحر يتميز بأنه سهل الاستخدام ويحتاج الى راصد واحد فقط ، يعتمد هذا الجهاز على مبدأ إطلاق اشعة الليزر في مستوى افقي نحو الهدف وانعكاس هذه الاشعة عند اصطدامها بمسطرة القياس الخاصة التي تحتوي على جهاز يتحرك عليها ويقوم بقراءة هذا القياس إلكترونياً ، ويخزن البيانات الخاصة بالمناسيب والنقاط في وحدة تخزين الجهاز آليا ثم بالإمكان نقلها الى الحاسوب ، كما في الشكل (1 - 13) .

الشكل (1 - 13) جهاز الميزان الليزري

4- **جهاز المحطة المتكاملة بالمسح الليزري :** وهو جهاز للرصد المساحي الذي يجمع بين جهاز قياس الزوايا (الثيودولايت) مع جهاز قياس المسافة الالكتروني EDM وبإضافة اشعة الليزر جعلته يتمتع بإمكانيات ضخمة وسرعة فائقة وجودة عالية في العمل عن طريق المسح للمنطقة والحركة أفقياً ورأسياً بصورة آلية ، وهو مناسب للرفع المساحي للمعالم التي لا يمكن الوصول اليها . إذ يتم توليد أشعة الليزر داخلياً في الجهاز وإرسالها الى الهدف المطلوب قياسه فتنعكس الاشعة ثم ترتد بنفس المسار الى الجهاز ليتم تسجيل القراءة ، كما في الشكل (1 - 14) .

الشكل (1 - 14) جهاز المحطة المتكاملة بالمسح الليزري

5- **أجهزة الخرائط الليزرية :** وهي من التقنيات المساحية الحديثة الخاصة بالرصد المساحي للمدن والمسح الهيدروغرافي وعمل الخرائط المجسمة الثلاثية ومعرفة ارتفاعات وابعاد المباني وحدود الاراضي ، إذ تحتوي هذه الأجهزة على قياس المسح بالليزر الذي يقوم بالرفع المساحي للأهداف المطلوب قياسها ، ثم يتم تحديد احداثيات النقاط بوساطة نظام تحديد المواقع GPS ، حيث يتم التقاط الصور والنقاط المقاسة عن طريق كاميرا او مجموعة من الكاميرات الرقمية ليتم تجميعها بما يسمح بعمل مجسمات ثلاثية الابعاد لكل منطقة يتم مسحها حيث يعتبر من أهم الادوات في بناء وتوسيع المدن بالتقنيات الحديثة ، كما في الشكل (1 - 15) .

الشكل (1 - 15) جهاز الخرائط الليزري

1– 4 جهاز المحطة المتكاملة Total Station Device

في السابق كانت تستخدم اداة البوصلة لقياس الزوايا والسلسلة الحديدية لقياس المسافات وبعدها تطورت الادوات المستخدمة للقياسات آنذاك فتم ابتكار جهاز الثيودولايت وشريط القياس وغيرها من الادوات والأجهزة المساحية التي تستخدم لقياس الزوايا والمسافات ، لكن في منتصف القرن الماضي وبسبب التطور التقني الإلكتروني في جميع المجالات وخاصة المساحة ، تم انتاج جهاز لقياس المسافات الإلكتروني EDM بشكل منفصل او يركب فوق جهاز الثيودولايت وهي أجهزة تستخدم الموجات لقياس المسافات .

نظراً للتطور التقني في مجال البصريات والفيزياء وخاصة في تقنيات أجهزة القياسات المساحية تم في عام 1980 م تجميع ودمج جهاز قياس المسافات الإلكتروني EDM وجهاز الثيودولايت الإلكتروني في جهاز واحد يدعى جهاز المحطة المتكاملة (Total Station) لقياس المسافات والزوايا معاً بنفس الوقت بشكل إلكتروني (اوتوماتيكي) ، كما في الشكل (1 - 16) .

الشكل (1 - 16) مراحل تطور جهاز المحطة المتكاملة

جهاز المحطة المتكاملة (Total Station) : هو جهاز مساحي إلكتروني متطور عالي الدقة وذات نظام الكتروني متكامل والأكثر استخداماً ، حيث يستخدم لقياس المسافات (الأفقية والرأسية والمائلة) وقياس الزوايا (الأفقية والرأسية) بالإضافة للكثير من البيانات المساحية الأخرى المشتقة من هذه القياسات الأساسية في عملية رصد واحدة ، كما أنها مدمجة مع معالج دقيق وجامع بيانات إلكتروني ونظام تخزين.

وإن اسم المحطة المتكاملة يدل على ان الجهاز يشمل عدة أجهزة أو وظائف في آن واحد . تتضمن جهاز EDM وجهاز ثيودولايت رقمي ، و هذا يعني إن المحطة المتكاملة تقوم بأداء وظائف الجهازين في آن واحد ، إذ يقيس المسافات و الزوايا بشكل اوتوماتيكي، بحيث يصبح من السهل معرفة الاحداثيات والمنسوب لنقطة معينة بضغطة زر بدلاً من القياس التقليدي للزوايا من خلال الثيودولايت والذي يأخذ وقتا طويلا والكثير من الاخطاء ، و كذلك معرفة المسافة بين نقطة و نقطة بدلاً من استخدام شريط القياس والادوات الاخرى التقليدية .

وفرت أجهزة المحطة المتكاملة على العاملين في مجال المساحة الكثير من العمليات الحسابية التي كانت تحتاج الى الكثير من الوقت والجهد والكلفة .

استخدم المساحون هذه الأجهزة بكل ثقة وذلك لسرعتها الكبيرة في إيجاد القياسات للمسافات والزوايا والاماكن التي لا يمكن قياسها بالطرق التقليدية وسهولة العمل والدقة العالية في النتائج ، اذا تصل الدقة في أجهزة المحطة المتكاملة لقياس الزوايا الى ("1) ولقياس المسافة تكون (1) ملم فلهذا تعتبر من أكثر الأجهزة دقة في المسح الأرضي .

تسميات لجهاز المحطة المتكاملة وهي :

1. جهاز التوتل ستيشن .
2. جهاز محطة الرصد المتكاملة .
3. جهاز التاكيومتر الإلكتروني .
4. جهاز المحطة الشاملة .
5. جهاز الرفع المساحي .

يُستعمل جهاز المحطة المتكاملة في الكثير من الاعمال المساحية ومنها :

1. رفع وتوقيع أعمال المساحة التفصيلية .
2. يستخدم في شبكات التضليع لإيجاد احداثيات النقاط والمسافات والزوايا بين النقاط .
3. اعمال الميزانية الشبكية لحساب الكميات وتسوية الأراضي .
4. اعمال المساحة الثنائية والثلاثية الخاصة بأعمال شبكات الطرق والمجاري وخطوط نقل الطاقة والجسور وشق قنوات المياه .
5. تشييد المباني واعمال رفع واجهات المباني .
6. انشاء نقاط الشبكة الجيوديسية المثلثية .
7. اجراء مختلف أنواع القياسات والحسابات المتعلقة بـ(الزوايا والمسافات وفرق الارتفاع والمساحات والكميات .....الخ).
8. تحديد مواقع وارتفاعات واحداثيات النقاط التي يصعب الوصول اليها على سطح الارض .
9. تمثيل تضاريس سطح الارض وتوقيع ورفع النقاط والمعالم على سطح الارض .
10. اعمال المسح الطوبوغرافية وانشاء الخرائط الطوبوغرافية .

ويمكن لجهاز المحطة المتكاملة القيام بجميع أنواع أعمال المسح في ساعات بدلاً من أيام وفي دقائق بدلاً من ساعات ، بالإضافة إلى امكانية حفظ البيانات ونقلها الى الحاسوب وإنتاج خريطة مساحية للمنطقة .

مميزات أجهزة المحطة المتكاملة وهي :

1. الدقة في قياس الزوايا قد تصل الى (ثانية واحدة) .
2. الرصد لمسافات كبيرة (تتعدى الكيلومترات) .
3. والدقة في قياس المسافات (مليمتر واحد) .
4. السرعة في قياس المسافات إلكترونياً ، والحصول على الإحداثيات مباشرة .
5. ذاكرة تخزين القياسات في الجهاز كبيرة (ذاكرة داخلية أو كارت تخزين) .

6. البطارية تمد الجهاز بالطاقة اللازمة لعدة ساعات .
7. القدرة على تحمل الظروف الجوية المختلفة في موقع العمل حتى في درجات الحرارة العالية .
8. سهولة نقل البيانات إلى الحاسوب من خلال (كابل أو البلوتوث) .
9. صغر الحجم وخفة الوزن يسهل التنقل بالجهاز بين المواقع المختلفة .
10. امكانية قياس المسافات بدون عاكس (بالليزر) لعدة مئات من الأمتار.

مساوئ استعمال جهاز المحطة المتكاملة هي :

1. يحتاج تشغيلها إلى مهندس مساحي له خبرة كافية للتعامل مع البرامج المساحية الموجودة به .
2. لا يمكن التحقق من النتائج في موقع العمل لذا يجب التأكد منها في المكتب ومعالجتها .
3. يجب مراجعة البيانات مكتبياً قبل اعداد الخرائط المساحية .

توجد عدة موديلات لأجهزة المحطة المتكاملة ويتم إنتاجها من شركات مختلفة ومنها (سوكيا Sokkia ، توبكون Topcon ، لايكا Leica) وغيرها ، **وهنالك انواع متعددة من أجهزة المحطة المتكاملة وهي :**

أ. جهاز المحطة المتكاملة المزودة بكاميرا رقمية (Imaging Total Station) :

هو جهاز المحطة المتكاملة بنفس المكونات الأساسية لكنه مزود بـ(كاميرا رقمية) ، تعمل على التقاط الصور للنقاط او المعالم المرصودة ومن خلال شاشة الجهاز يمكن تحديد كل نقطة على حدة ، كما في الشكل (1 - 17) .

ويمكن تسجيل الصور الرقمية مع الاحداثيات على الطبيعة ، وهذا يساعد المساح اثناء قيامه بالأعمال المكتبية من تذكر مواقع النقاط في الطبيعة ، وهذا النوع مفيد في الرفع المعماري .

الشكل (1 - 17) جهاز المحطة المتكاملة مزود بكاميرا رقمية

ب. جهاز المحطة المتكاملة الآلية (ذاتية الحركة والتوجيه) (Robotic Total Station) :

وهو جهاز المحطة المتكاملة بنفس المكونات الأساسية لكنه مزود بـروبوت إلكتروني آلي الحركة حيث يُمكنه من الرصد ومتابعة المحطة عن بُعد بإستعمال أجهزة التحكم عن بُعد كما في الشكل (1 - 18) . ويكون هذا الجهاز بديلاً عن مساعد المسّاح (الراصد) لحمل العاكس والتنقل على النقاط المساحية ، إذ يمكن انجاز العمل بمساح (راصد) واحد فقط .

كما ويمكن برمجة الجهاز لتتبع العاكس وأجراء القياسات للمسافات والزوايا ، وبعدها عمل الحسابات على وحدة المعالج الموجود بالجهاز وارسالها للراصد الموجود عند نقطة العاكس ، وهذا النوع مفيد في التوقيع الإنشائي ومسح الاراضي .

الشكل (1 - 18) جهاز المحطة المتكاملة ذاتي الحركة والتوجيه

ج. جهاز المحطة المتكاملة المزودة بوحدة رصد على الأقمار الصناعية GPS :

هو جهاز المحطة المتكاملة بنفس المكونات الاساسية مع وحدة الرصد للاتصال بالأقمار الصناعية وذلك للاستفادة من مزايا النظامين ، كما في الشكل (1 - 19) .

إن الرصد بنظام الـ(GPS) لا يتطلب الرؤية المتبادلة بين النقاط ويعطي نتائج أعلى دقة في المسافات الكبيرة . وايضاً الرصد بالـ(GPS) لا يتطلب معرفة بيانات (احداثيات) نقطة الضبط الأرضي (النقطة المحتلة) بينما في حالة الرصد بالمحطة المتكاملة لا بد من وضعها على نقطة معلومة الاحداثيات .

الشكل (1 - 19) جهاز المحطة المتكاملة مع GPS

عندما يراد إستخدام الجهاز في موقع العمل لأخذ القياسات المساحية يجب نصب وضبط الجهاز بصورة صحيحة لتكون محاور الجهاز متعامدة بعضها على بعض وعملية اخذ القياسات صحيحة خالية من الاخطاء ، وذلك باتخاذ الخطوات الآتية :

1. اعداد الركيزة (حامل الجهاز) فوق النقطة الارضية (نقطة الرصد) وتثبيت الركيزة بالأرض .
2. وضع الجهاز فوق قاعدة الركيزة .
3. تسامت الجهاز (التمركز) فوق النقطة الأرضية .
4. ضبط الافقية وموازنة الجهاز .
5. التحقق من موازنة الجهاز (التسوية الأفقية) إلكترونياً .
6. ازالة البرالكس وضبط الصورة والتطابق مع الشعيرات المتقاطعة .
7. اخذ القياسات الحقلية .

عند استخدام جهاز المحطة المتكاملة في موقع العمل يجب اتخاذ احتياطات معينة لضمان نتائج دقيقة ولحماية الجهاز من التلف ، وبإتباع هذه الاحتياطات يمكن التأكد من استخدام الجهاز بشكل صحيح والحصول على قياسات دقيقة . و تشمل بعض هذه الاحتياطات النقاط الآتية :

1. يجب وضع حامل الجهاز (الركيزة) على ارض مستقرة والتأكد من تثبيتها بالضغط عليها بشكل جيد حتى تستقر وخاصة في المناطق الرملية .
2. التعامل مع الجهاز بعناية وحرص خاصة عند اخراجه من الحقيبة الخاصة به او وضعه فيها ، وامساك الجهاز بكلتا اليدين لمنع اي تلف في الجهاز .

3. تجنب كثرة الحركة حول الجهاز ولا يترك الجهاز على الركيزة في الشارع او في موقع البناء ، وخاصة في الاماكن المعرضة لهبوب الرياح ، لحماية الجهاز من الاهتزاز او السقوط .
4. عند حدوث أي عطل لأي جزء من أجزاء الجهاز يجب إنهاء العمل وارسال الجهاز للصيانة .
5. يجب فحص الجهاز بصورة عامة على فترات منتظمة بواسطة الشركة المختصة بصيانة الجهاز .

يُعد جهاز المحطة المتكاملة جهازاً متطوراً إذ أحدث ثورة في أعمال المسح والقياس ، لأنه يستخدم لقياس المسافات وقياس الزوايا بشكل تكاملي مع القدرة على معالجة البيانات . يوفر الجهاز الدقة والكفاءة والإنتاجية في مختلف المجالات بالإضافة إلى ذلك فإن الميزات المتقدمة للجهاز زادت من تعدد استخداماته من مشاريع البناء والهندسة إلى تطبيقات مسح الأراضي ورسم الخرائط ، وأصبح الجهاز لا غنى عنه للمحترفين في جميع أنحاء العالم ، إذ يُمكن المساحين والمهندسين في الحصول على قياسات دقيقة وموثوقة.

1 – 4 – 1 مكونات جهاز المحطة المتكاملة Total Station Device Components

يتكون جهاز المحطة المتكاملة من مجموعة أجهزة تم جمعها في جهاز واحد وهي :

1. جهاز قياس المسافات الإلكتروني EDM .
2. جهاز الثيودولايت الرقمي .
3. وحدة معالجة البيانات (المعالج الصغير) Micro – Processor .
4. وحدة تجميع البيانات وتخزينها (ذاكرة إلكترونية لتسجيل القياسات).
5. أجهزة وادوات ملحقة اخرى مثل العواكس والحامل الثلاثي (الركيزة) والبطاريات وكابل التوصيل بالكمبيوتر والذاكرة الخارجية مثل (كارت التخزين) وغيرها .

في ما يلي سيتم شرح مكونات جهاز المحطة المتكاملة والتعرف عليها :

1. جهاز قياس المسافات الإلكتروني EDM : يستخدم لقياس المسافات (تم شرحه بالتفصيل) .
2. جهاز الثيودولايت الرقمي (الإلكتروني) : يستخدم لقياس الزوايا (تم شرحه بالتفصيل) .
3. وحدة معالجة البيانات (المعالج الصغير) : وهي وحدة ذات امكانيات كبيرة لتشغيل عدة برامج حسابية حقلية واعطاء النتائج على شاشة الجهاز ، أي انها مزودة بالقوانين الهندسية لمعالجة العمليات الحسابية داخل الجهاز واظهار النتائج على شاشة الجهاز اثناء الرصد العملي (مثل حساب المسافة الافقية وحساب فرق الارتفاع وحساب إحداثيات النقطة المرصودة بمعلومية احداثيات النقطة المعلومة .... الخ) .

4. وحدة تجميع البيانات وتخزينها : وتمثل جزء حيوي لجهاز المحطة المتكاملة حيث يعمل كوسيلة أساسية لجمع البيانات وتخزينها ، وهذا يشمل القياسات والملاحظات التي تم إجراؤها بواسطة الجهاز ، إذ يقوم جامع البيانات بإدارة عملية إدخال البيانات واسترجاعها مما يجعلها وحدة حاسمة في تشغيل الجهاز .

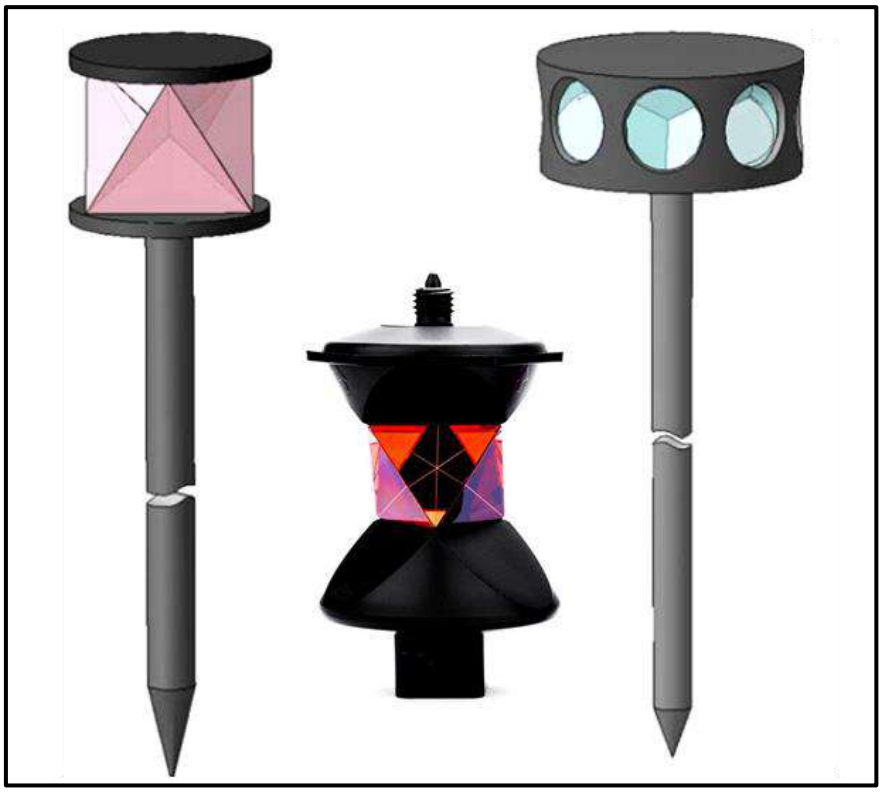
5. أجهزة وادوات ملحقة اخرى ومنها :

أ- العواكس Prisms : وهو عبارة عن موشور زجاجي يقوم بعكس الاشعة المرسلة من جهاز المحطة المتكاملة لتحديد قياس المسافات والزوايا عن طريق قياس موقع العاكس وبالتالي تحديد وقت وسرعة الموجة ، إذ يمكّن الجهاز من أخذ القياسات من خلال إستخدام موجات (الاشعة) المنعكسة وهي جزء لا يتجزأ من جهاز المحطة المتكاملة. يتكون العاكس عادةً من بلورة عاكسة مصممة خصيصاً لهذا العمل ، والتي يمكن أن تكون على شكل موشور أو زجاج عاكس ، ويزداد عدد العواكس المستخدمة كلما زادت المسافة ، وبدون العاكس لن يتمكن الجهاز من أداء وظيفته الأساسية لأخذ القياسات الدقيقة ، إلا في حالة بعض الأجهزة الليزرية التي لا تحتاج إلى عاكس .

وتوجد انواع من العواكس الموشورية الزجاجية ، كما في الشكل (1 - 20) وهي :

1. عاكس ذو موشور فردي .
2. عاكس ذو موشور ثلاثي .
3. عاكس ذو تسعة مواشير .
4. عاكس بشكل دائري مكون من عدة مواشير ، كما في الشكل (1 - 21) .

الشكل (1 - 20) انواع العواكس الموشورية الزجاجية



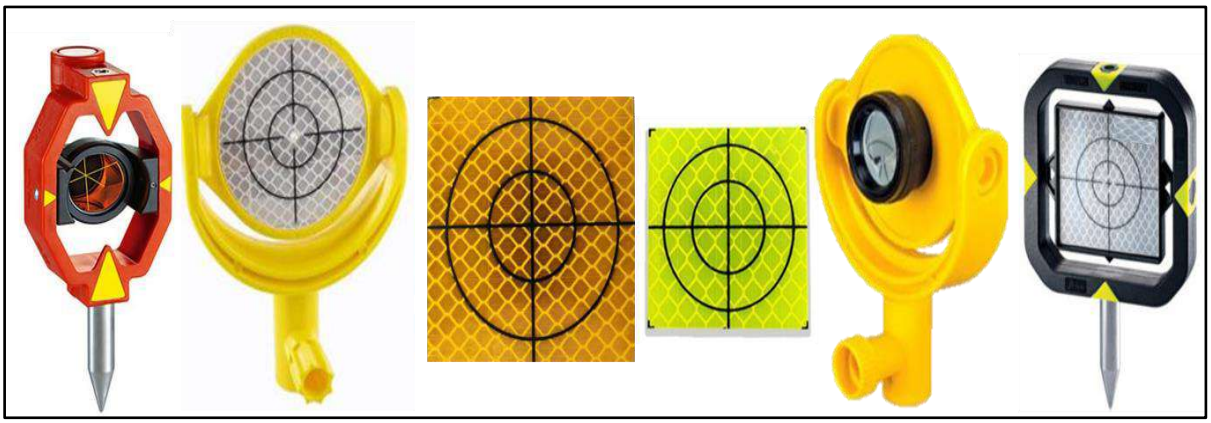
الشكل (1 - 21) انواع من العواكس الدائرية الشكل

يتم تركيب العاكس على عصا مدرجة ومنها يتم تحديد ارتفاع العاكس وتوضع على النقطة المراد رصدها ، إذا يتم تركيب العاكس على عمود وتسمى (عصا التسامت) ، أو على حامل ثلاثي الأرجل (الركيزة) أو على قاعدة ، كما في الشكل (1 - 22) .

الشكل (1 - 22) انواع مختلفة من الادوات لتركيب العاكس عليها

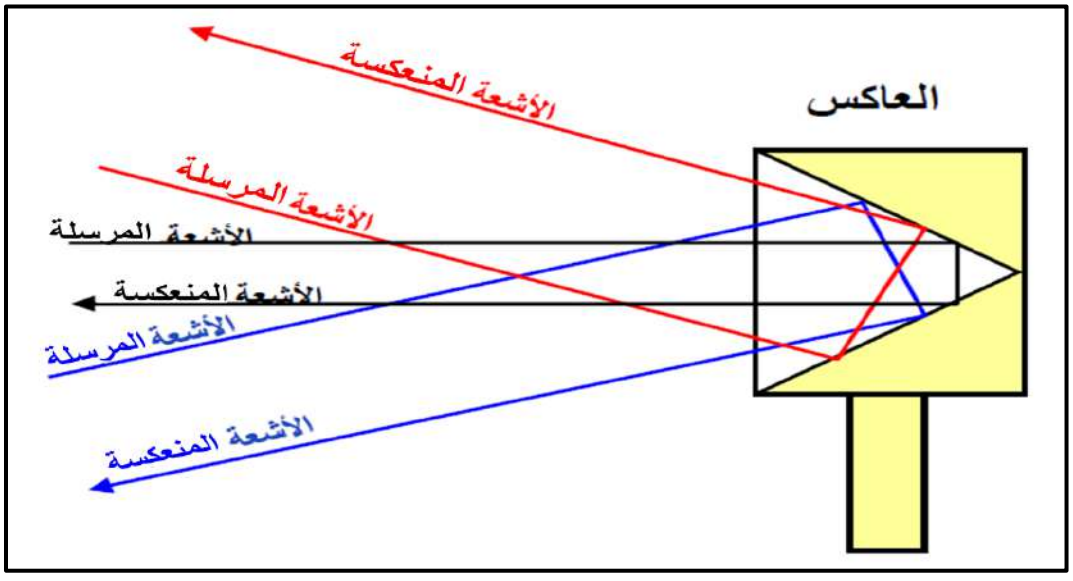
ويوجد نوعين آخرين من العواكس ، كما في الشكل (1- 23) وهما :

- العاكس الورقي (Sheet prism) : يستخدم في الاعمال المساحية مثل (الرصد داخل المباني او داخل المنشآت المعدنية) والتي يصل فيها مدى القياس بين (250 – 300) متر .
- عاكس صغير (Mini Prism) : يستخدم في اعمال البناء مثل (الجدران والاعمدة) وفي اماكن يصعب قياسها ، ويصل مدى الرصد إلى 1000 متر .



الشكل (1 - 23) انواع من العواكس الورقية والصغيرة الحجم

عند تصميم العاكس تم العمل على أن تنعكس الاشعة الصادرة منه في اتجاه موازي للأشعة القادمة إليه من جهاز المحطة المتكاملة مهما كانت زاوية سقوط الاشعة عليه ، كما في الشكل (1 - 24) .



الشكل (1 - 24) إنعكاس الاشعة من العاكس بشكل موازي للأشعة المرسلة من الجهاز

توجد في بعض انواع أجهزة المحطة المتكاملة تنبيه صوتي يوضح قوة الاشارة المنعكسة من العاكس لتنبيه الراصد ، وهذا التنبيه مفيد في حالة الرصد في ظروف جوية يصعب فيها التوجيه على العاكس مثل (الضباب او الرياح الشديدة) .

وتستخدم العواكس في اماكن مختلفة في اعمال البناء والمسح الارضي ومشاريع الطرق والجسور والاماكن التي يصعب الوصول اليها او قياسها وغيرها ، كما في الشكل (1 - 25) .

الشكل (1 - 25) استخدام العواكس في اماكن مختلفة

ب. حامل ثلاثي الأرجل (الركيزة) : وهو عبارة عن ركيزة يتم تركيب جهاز المحطة المتكاملة فوقها وتكون مصنوعة اما من المعدن او الخشب ويمكن تغيير اطوال الأرجل ليناسب طول الراصد ، كما في الشكل (1 - 26) .

الشكل (1 - 26) الركيزة تناسب طول الراصد

ج. البطاريات : وهي التي تمد الجهاز بالطاقة ، ويجب المحافظة على البطارية من الرطوبة وشحنها بصورة صحيحة والتأكد من شحنها قبل إستخدام الجهاز ، ويجب ان تكون هنالك بطارية اخرى عند العمل الحقلي ، كما في الشكل (1 - 27 a).

د. كابل التوصيل بالكمبيوتر : وهو عبارة عن كابل لتوصيل البيانات من وإلى الجهاز واشهرها USB ، كما في الشكل (1 - 27 b).

هـ. كارت التخزين : هو عبارة عن ذاكرة تنقل بواسطتها البيانات من الجهاز إلى جهاز آخر او إلى الكمبيوتر عن طريق (card reader)، كما في الشكل (1 - 27c) .

الشكل (1 - 27) البطارية وكابل التوصيل وكارت التخزين

الاجزاء الرئيسة لجهاز المحطة المتكاملة ، كما في الشكل (1 - 28) وهي :

1. التوجيه السريع .
2. مقبض لحمل الجهاز .
3. العدسة العينية .
4. العدسة الشيئية .
5. لولب الحركة العمودية .
6. لولب الحركة الأفقية .
7. شاشة العرض .
8. مفاتيح التشغيل .
9. غطاء الكارت .
10. البطارية .
11. لوالب التسوية .
12. قاعدة الجهاز .

الشكل (1 - 28) اجزاء جهاز المحطة المتكاملة

1 – 4 – 3 الأدوات المتوفرة في جهاز المحطة المتكاملة

Tools in Total Station Device

بعد أن تعرفنا على جهاز المحطة المتكاملة وإستخداماته ومكوناته ، نتعرف في هذا الموضوع على البرامج الموجودة في الجهاز والوظائف والادوات المختلفة لكل برنامج ، حيث توجد عدة انواع لأجهزة المحطة المتكاملة وتتميز بسهولة الاستخدام والتقنية العالية والسعر المناسب .

تتميز أجهزة المحطة المتكاملة بسهولة استخدام برامجها حيث تعمل في نظام الويندوز ، واهم برامجها الاساسية هي :

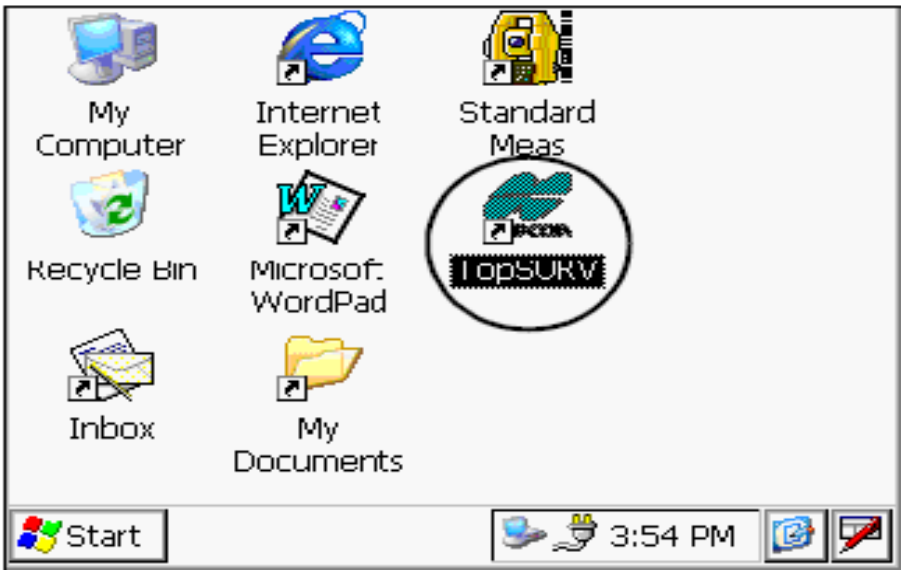
أ. برنامج الرفع المساحي .

ب. برنامج التوقيع المساحي .

ج. برامج مساحية اخرى .

أ. برنامج الرفع المساحي : في عملية الرفع المساحي توجد عدة خطوات يتم اتباعها وهي :

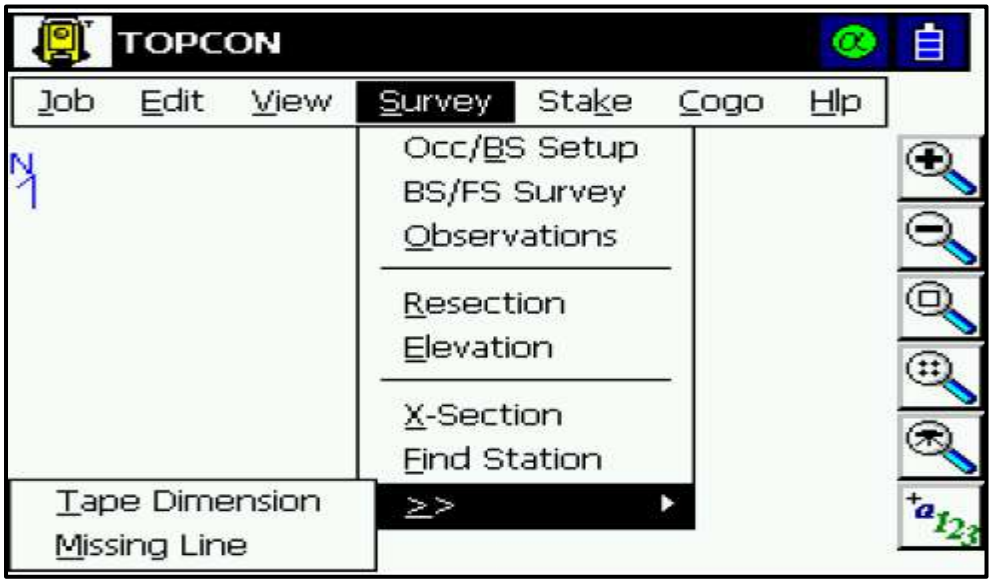
1. ضبط التسامت والأفقية (الموازنة) للجهاز .
2. عمل ملف جديد او (فتح ملف سابق لاستكمال العمل) ، كما في الشكل (1 - 29) .



الشكل (1 - 29) فتح برنامج Top survey لفتح ملف جديد

3. ادخال النقطة المحتلة والخلفية .
4. عملية الرفع المساحي .
5. اوامر مساعدة في عملية الرفع المساحي : من قائمة Survey نختار الاوامر المساعدة ، كما في الشكل (1 - 30) ، ومنها :

- Resection (التقاطع العكسي): لحساب احداثيات نقطة مجهولة بمعلومية نقطتين معلومتين.
- Elevation (حساب المناسيب): لحساب منسوب نقطة مجهولة بمعلومية نقطتين معلومتين.
- Tape Dimension (رسم المسافة وتسمية النقاط الجديدة) : عمل تحشية على خط.
- Missing Line (حساب مسافة (ضلع) مجهولة) : يعطي المسافة بين نقطتين تم رصدهما.



الشكل (1 - 30) الاوامر المساعدة في برنامج الرفع المساحي

ب ـ برنامج التوقيع المساحي : للقيام بعملية التوقيع المساحي نتبع الخطوات الاتية :

1. فتح الملف المطلوب توقيع نقاطه .
2. اجراء مراحل عملية التوقيع المساحي .

ج. برامج مساحية اخرى :

1- برنامج القياسات المعيارية (Standard Measurement) : ويحتوي على :

- قياس الزوايا Angle measurement .
- قياس المسافات Distance measurement .
- قياس الاحداثيات Coordinate measurement .

2- برنامج تحويل الاحداثيات : يعمل على تحويل الإحداثيات الجغرافية (λ , ø) الى الإحداثيات الارضية (x , y) وبالعكس .

3- برنامج Top Survey : وهو البرنامج الرئيسي لجهاز المحطة المتكاملة حيث يظهر النقاط والخطوط والمنحنيات مرسومة على الشاشة بشكل يعطى تصور حقيقي للموقع المرصود ، ويحتوي على العديد من القوائم والاوامر ومنها :

- قائمة Job (العمل) : تحتوي على : فتح Open , جديد New , حذف Delete , استيراد Import , تصدير Export .
- قائمة Edit (تحرير) : تحتوى على : النقطة Point (ايجاد Find / اضافة Add / تحرير Edit / حذف Delete) , قوائم النقاط Point Lists , الطبقات Layers , الكودات Codes . يمكن عمل مجموعة كودات خاصة بالمستخدم يتم تحديد شكل و لون النقاط والخطوط بها ويمكن تغيير الالوان التي تظهر لكل شكل على حدا ، كما يمكنه العمل على طبقات (Layers) مثل برنامج (AutoCAD) لرؤية ما يتم التعامل معه وبشكل يعطى تصور حقيقي للموقع .
- قائمة Survey (المسح) : تحتوي على : (حساب المسافة المجهولة) Missing Line , (الرصد) Observation , (حساب المناسيب) Elevation , (التقاطع العكسي) Resection , (ادخال احداثيات النقطة المحتلة والنقطة الخلفية) Occ / BS .
- قائمة Setout (التوقيع) : تحتوي على :
  1. Setout Points (توقيع النقاط) .
  2. Setout Point in Direction (توقيع نقطة في اتجاه نقطة اخرى أو انحراف معلوم وبمسافة محددة) .
  3. Setout Point list (وضع مجموعة من النقاط في قائمة واحدة وتوقيعها) .
  4. Setout Lines (توقيع الخطوط) .
  5. Setout Road (توقيع الطرق) .
- قائمة CoGo : وهي من أهم الادوات أو (الاوامر) المتوفرة في جميع أجهزة المحطة المتكاملة ، وتعد من أهم التطبيقات المساحية المتاحة لإنجاز العديد من العمليات الحسابية ومنها (حساب احداثيات النقط وحساب المسافات (الافقية والرأسية والمائلة) وحساب انحرافات الخطوط وغيرها) .

وكلمة CoGo هو اختصار لـ (COordinate GeOmetry) ويمكن تنفيذ التطبيق (الأمر) في الكثير من البرامج ومنها (AutoCAD و برامج نظم المعلومات الجغرافية GIS) ، ومن هذه الاوامر :

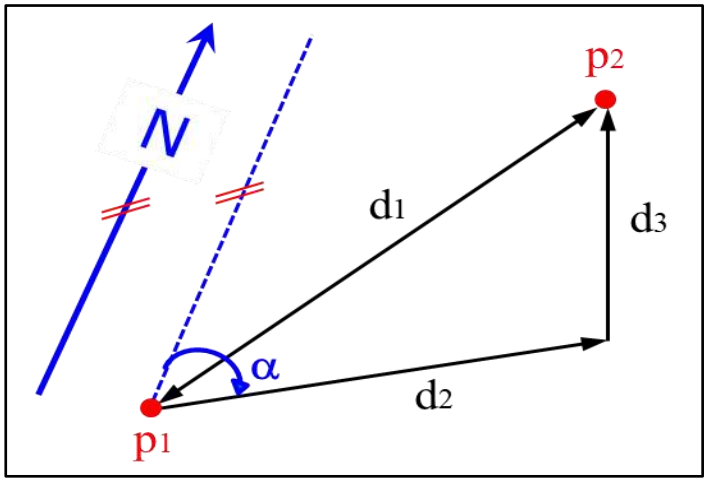
1. Inverse (المعكوس) : يعمل على حساب الزاوية و المسافة و فرق الارتفاع و فرق الاحداثيات وانحراف الخط .
2. Area (المساحة) : ايجاد نقطة أو خط لتحديد مساحة معينة .
3. Rotate (التدوير) : يعمل على تدوير للنقاط والاشكال بزوايا معينة حول نقطة ثابتة .

4. Calculator (الحاسبة) : البرنامج مزود بآلة حاسبة كاملة SCI .

5. Intersection (التقاطع الامامي) : لحساب نقاط التقاطع (Azimuth , point , Azimuth to point , Distance) .

يتم حساب مجموعة من القياسات المساحية بتنفيذ الاوامر التالية :

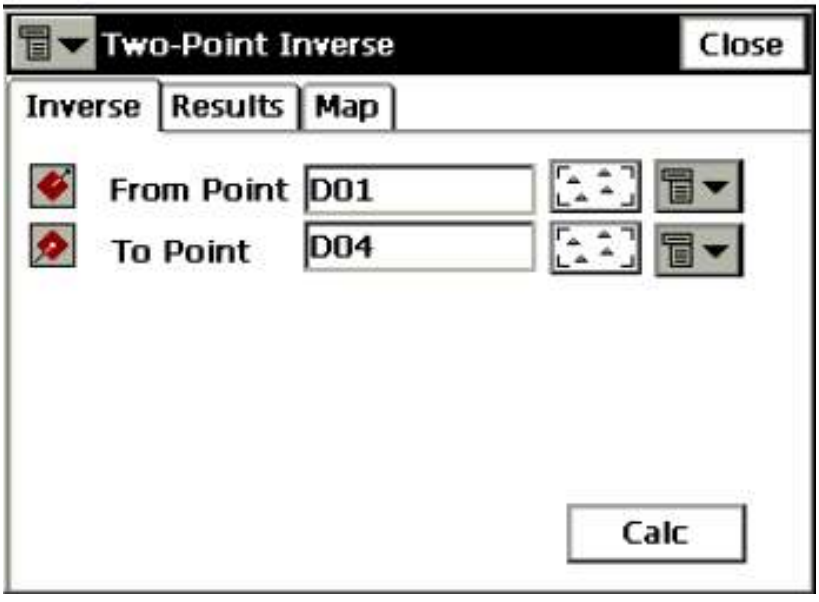
اولاً / Inverse : يستخدم لقياس او حساب العلاقة بين المعالم المساحية (النقاط والخطوط والمنحنيات) . إذ يتم تنسيب نقطة لنقطة اخرى (ايجاد الفرق في الاحداثيات والمنسوب وكذلك الانحراف والميل والمسافة بين النقطتين p1 و p2) لاحظ الشكل (1 - 31) .



الشكل (1 - 31) حساب العلاقة بين النقطتين

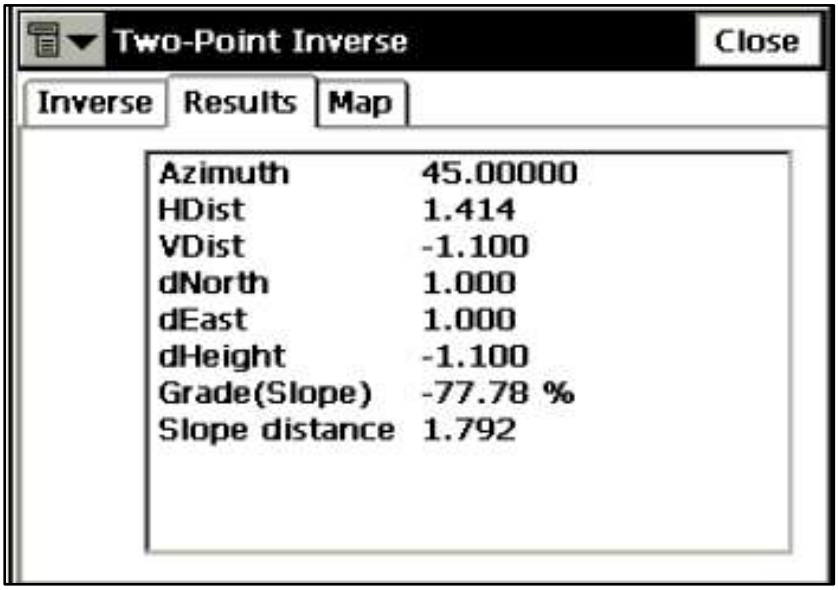
ويتم تنفيذها بالخطوات الآتية :

1. من قائمة COGO نختار امر Inverse ، كما في الشكل (1 - 32) .



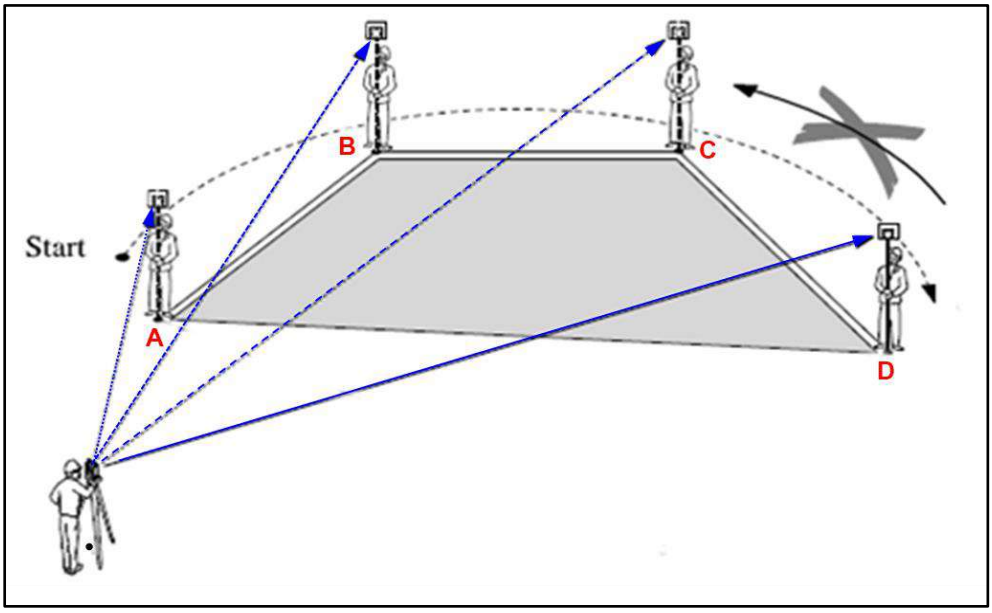
الشكل (1 - 32) شاشة الامر Inverse في قائمة الـ(COGO)

2. نكتب رقمي النقطة الاولى والثانية ثم نضغط Calc الموجودة اسفل الشاشة فتظهر النتيجة بين النقطتين .
3. لإظهار النقاط على الخريطة نضغط Map .
4. لإظهار النتائج مرة اخرى نضغط Results ، كما في الشكل (1 - 33) .
5. لإدخال نقطتين مرة ثانية نضغط Inverse ، وبعدها نضغط Close للخروج من الصفحة .



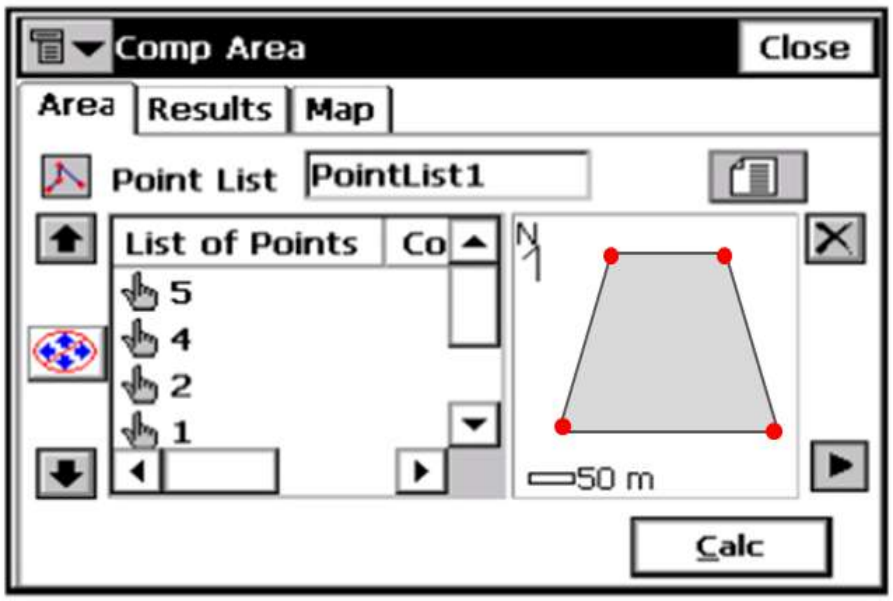
الشكل (1 - 33) شاشة الامر Results

ثانياً / Area : يستخدم لحساب المساحات ، كما في الشكل (1 - 34) ، وذلك بأتباع خطوات التنفيذ الآتية :



الشكل (1 - 34) حساب المساحة باستخدام جهاز المحطة المتكاملة

1. من قائمة COGO نختار الأمر Area ، ويجب ان تكون النقاط التي نريد حساب المساحة بينها موجودة في point list وان تكون غير متقاطعة ، كما في الشكل (1 - 35) .
2. نختار point list التي نريد حساب المساحة لها ثم نضغط Calc الموجودة اسفل الشاشة .
3. تظهر شاشة عليها المساحة والمحيط بوحدة المتر ، وتظهر كذلك النقاط التي تم حساب المسافة بينها وكذلك رسم للشكل المطلوب حساب المساحة له .
4. لإظهار النقاط التي تم حساب المساحة لها على الخريطة نضغط Map .
5. لإعادة اظهار النتائج مرة اخرى نضغط Results . وبعدها نضغط Close للخروج من الصفحة .



الشكل (1 - 35) شاشة الامر Area

1 – 4 – 2 قياس الإحداثيات Coordinates Measurements

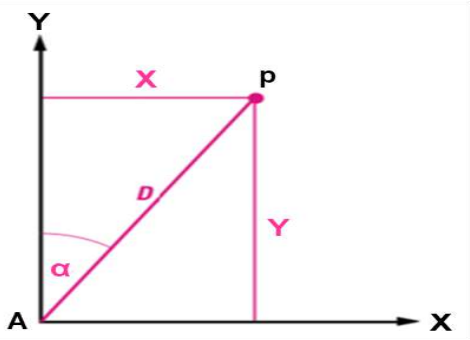
يُعد قياس الإحداثيات من أهم استخدامات جهاز المحطة المتكاملة (Total Station) لما لها أهمية في الكثير من الاعمال المساحية ، ومن أجل وصف او تحديد موقع نقطة ما يلزم ذلك تحديد ومعرفة احداثياتها ، ولتحديد وقياس الاحداثيات لنقطة ما (مجهولة الاحداثيات P) ، يتم تثبيت ونصب جهاز المحطة المتكاملة في نقطة معلومة الاحداثيات مثلاً (نقطة ضبط ارضي A) وتسمى النقطة المرجعية أو يتم فرض احداثياتها ، ثم توجيه منظار (تلسكوب) الجهاز على الهدف (العاكس) المثبت في النقطة المراد قياس احداثياتها ويتم حساب المسافة عن طريق (قياس السرعة والزمن الذي استغرقه الشعاع بالذهاب والاياب من الجهاز (المرسل) الى العاكس (الهدف) ورجوعه الى المرسل) وايضا قياس الزاوية المحصورة بين النقطة السابقة (الخلفية) والنقطة اللاحقة (المطلوب حساب احداثياتها) ، نكرر نفس العمل

عند جميع النقاط المطلوب إيجاد احداثياتها المجهولة في موقع العمل ، ويتم حساب الإحداثيات اما داخل الجهاز باستخدام برامجه في موقع العمل او لاحقاً في المكتب .

ويجب تنشيط برنامج قياس الإحداثيات في جهاز المحطة المتكاملة قبل القياس ، حيث يحسب برنامج الجهاز إحداثيات النقطة الجديدة ويعرضها على شاشة العرض الخاص بالجهاز . ويتم حسابها حسب القوانين الرياضية بالاعتماد على النقطة المعلومة الاحداثيات (النقطة المرجعية) ومقدار المسافة المعلوم ومقدار الزاوية المعلوم ويتم حساب الاحداثيات المجهولة للنقطة وكالتالي :

$$X_P = X_A + (D \times \sin\alpha)$$

$$Y_P = Y_A + (D \times \cos\alpha)$$



مثال (1 – 2) : جد احداثيات نقطة B ، اذا كانت احداثيات النقطة المرجعية A (100 , 100) والمسافة D = 250 m والزاوية المرصودة (α) = 80° 00' ، اذا علمت ان sin α ≈ 0.984 و cos α ≈ 0.173 ؟

الحل :

$$X_B = X_A + (D \times \sin 80°)$$

$$X_B = 100 + (250 \times 0.984)$$

$$X_B = 100 + (250 \times \frac{984}{1000})$$

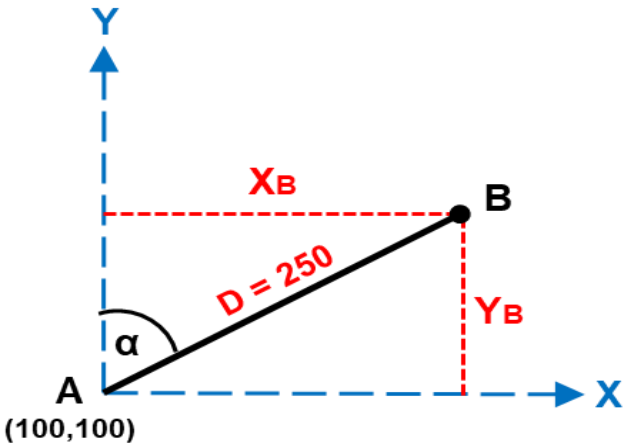
$$X_B = 100 + (246) = 346$$

$$Y_B = Y_A + (D \times \cos 80°)$$

$$Y_B = 100 + (250 \times 0.173)$$

$$Y_B = 100 + (250 \times \frac{173}{1000})$$

$$Y_B = 100 + (43.25) = 143.25$$



اذن احداثيات النقطة B (346 , 143.25)

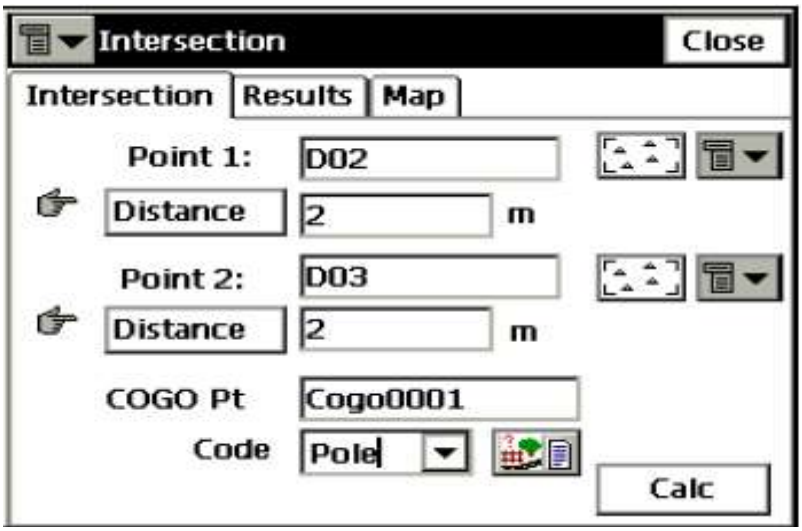
يتم حساب احداثيات ثلاثية الأبعاد لهدف ما عن طريق قياس الإحداثيات باستخدام برامج جهاز المحطة المتكاملة وذلك بإدخال البيانات وهي (احداثيات النقطة المرجعية (النقطة المحتلة) المعلومة ، وارتفاع الجهاز ، وارتفاع الهدف ، واحداثيات النقطة الخلفية ، وزاوية السمت وبعدها قياس الإحداثيات النقطة المجهولة وتكون بالصيغة الآتية :

إحداثيات النقطة المحتلة : (Z_0 , E_0 , N_0)

الإحداثيات المركزية للهدف المطابق لمركز الجهاز : (Z , E , N) وارتفاع الجهاز : HT

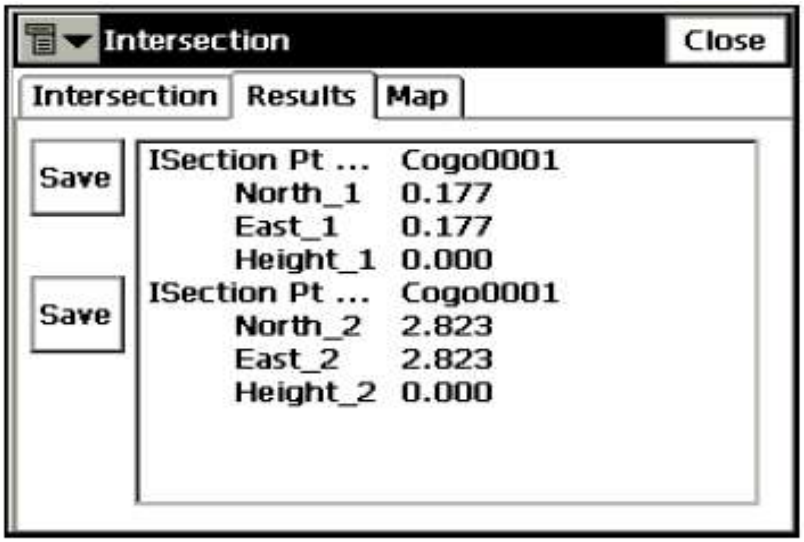
ولإيجاد وقياس احداثيات نقطة عن طريق التقاطع (Intersection) باستخدام برنامج COGO الموجود في جهاز المحطة المتكاملة ، نتبع الخطوات التالية :

1. من قائمة COGO نختار الامر Intersection .
2. نقوم بإدخال النقطة الاولى والانحراف (او النقطة الاولى ونقطة اخرى او نقطة ومسافة) وكذلك ادخال النقطة الثانية والانحراف (او النقطة الثانية ونقطة اخرى او نقطة ومسافة) ورقم النقطة الناتجة عن التقاطع ثم نضغط Calc الموجودة اسفل الشاشة فتظهر النتيجة ، وفي حالة وجود اكثر من نقطة للتقاطع تظهر كما في الشكل السابق لتسجيل هذه النقطة نضغط Save ، كما في الشكل (1 - 36) .



الشكل (1 - 36) شاشة الامر Intersection

3. لإظهار النقاط على الخريطة نضغط Map .
4. لإظهار النتائج مرة اخرى نضغط Results ، كما في الشكل (1 - 37) .
5. لإدخال نقطتين مرة ثانية نضغط Inverse ، وبعدها نضغط Close للخروج من الصفحة .



الشكل (1 - 37) شاشة الامر Results

يستخدم قياس الاحداثيات على نطاق واسع في مجموعة متنوعة من التطبيقات مثل البناء ومسح الأراضي ورسم الخرائط ، إذ تتيح للمساحين تحديد موقع النقاط في موقع العمل بسرعة وبدقة عالية ، وهو أمر ضروري لإنشاء الخرائط والمخططات الدقيقة.

1 – 5 التصحيحات اللازمة للقياسات الإلكترونية

Required Corrections for Electronic Measurements

بالرغم من التنوع الكبير في استخدام الأجهزة الإلكترونية في اجراء القياسات وخاصة (قياس المسافات) إلا ان اساس عملها واحد وهو ارسال الاشعة من الجهاز (المرسل) الى الهدف (العاكس) ورجوعها الى المرسل فتمر هذه الاشعة بالبيئة (الوسط الناقل) والتي تكون مختلفة ، وايضا اختلاف خصائص الهدف (العاكس) وطبيعته ، والجهاز الالكتروني المستخدم والظروف الجوية وغيرها .

فعند اجراء القياسات باستخدام الأجهزة الالكترونية تكون عرضة للخطأ وبالتالي تؤثر في دقة القياسات فيجب تصحيح هذه الاخطاء واخذها بنظر الاعتبار ومنها :

1. الاخطاء العشوائية : وهي احد انواع الأخطاء الملازمة لعملية قياس المسافات وتعطى كمحصلة من قبل الشركة المصنعة للأجهزة وتعبر ايضاً عن مواصفات الجهاز .
2. تصحيح المسافات : إن المسافات التي يتم قياسها هي مسافات مائلة وخاصة المسافات الطويلة ، فيجب تحويل المسافات المائلة الى افقية بأخذ تصحيح (الوتر / القوس) بالاعتبار بسبب الانكسار وتضرس الأرض وكروية الأرض .

3. التصحيح الاول للسرعة : وهو إن الاشعة التي ترسل من الجهاز الى الهدف والعكس لا تتحرك في الفراغ بل في بيئة (وسط ناقل) تحتوي على الأتربة والغازات وبخار الماء وغيرها ، وهذا الوسط له تأثير في تقليل سرعة الاشعة ، وبالتالي فان المقدار الذي تقل به السرعة عن مقدارها المطلق (سرعة الاشعة في الفراغ) يصحح بأخذ معامل الانكسار بالاعتبار .

اغلب شركات تصنيع الأجهزة الإلكترونية وخاصة (أجهزة المحطة المتكاملة) تزود مستخدمي هذه الأجهزة برسم بياني وجداول يوضح عليها مقدار هذا التصحيح للسرعة بالنسبة لمقدار معامل الانكسار المرجعي ، لكن في بعض الأجهزة يتم ادخال معامل الانكسار قبل القياس لإزالة الأخطاء .

4. التصحيح الثاني للسرعة : إن طبقات المسار الجوي تؤثر في مسار الأشعة وبالتالي فأن نصف قطر مسار الموجة (الاشعة المرسلة من الجهاز) لا يطابق (لا يساوي) نصف قطر السطح الكروي للأرض .
5. تصحيح ثابت الجهاز والعاكس : إن اغلب أجهزة القياس الإلكتروني تقطع فيها الاشعة مسافة ما داخل الجهاز في حالة الارسال او الاستلام ، وذلك بسبب عدم تطابق المركز الإلكتروني لإرسال الأشعة والمركز الهندسي للجهاز ، فلهذا يجب اضافة مقدار ثابت ما لكل المسافات التي يتم قياسها ، حيث تحدد الشركات المنتجة لهذه الأجهزة مقدار ثابت الجهاز أو يتم ازالته من داخل الجهاز ذاتياً . ويفضل أن يكون الجهاز والعاكس المستخدم لأخذ القياسات من نفس الشركة لتلافي الاخطاء في كل منها .
6. تصحيح تأثير الظروف الجوية على سرعة الموجات (الاشعة) : يختلف الوسط الناقل للموجات من فترة الى اخرى ومن مكان الى آخر بسبب عوامل الظروف الجوية المختلفة التي تؤثر على سرعة الموجات الكهرومغناطيسية . ومنها :
   - درجة الحرارة .
   - الضغط الجوي .
   - الرطوبة النسبية .

ويجب اخذ هذه التصحيحات بنظر الاعتبار لأنها تؤثر على سرعة الموجات (الاشعة) وبالتالي على صحة قياس المسافة مما يستوجب تصحيح المسافة المقاسة عن طريق الجهاز بعد قياس الضغط الجوي ودرجة الحرارة .

ويمكن التعبير عن درجة الحرارة والرطوبة النسبية بضغط بخار الماء وتأثيرها محدود وذلك لقلة تأثير الرطوبة النسبية على سرعة الموجات (الاشعة) .

ويكون التصحيح لعوامل الظروف الجوية بالطرق ألاتية :

أ. حساب معامل الانكسار في الظروف الجوية القياسية وفي الظروف الجوية أثناء القياس .
ب. إستخدام المعادلة العامة لأغراض التصحيح والتي تعتمد على الطول الموجي والتردد المستخدم للجهاز والذي يعطى ضمن مواصفات الجهاز لغرض تصحيح القياسات .
ج. إستعمال الاشكال البيانية الخاصة بالتصحيح وذلك عند صناعة الأجهزة يتم تزويد تعليمات التشغيل بأشكال بيانية للتصحيح تبعاً لتغير درجات الحرارة والضغط الجوي لكل جهاز .
د. وضع معلومات عوامل الظروف الجوية (درجة الحرارة والضغط الجوي) بشكل مباشر في الجهاز وهو يقوم حسابياً بعملية التصحيح للقياسات .

7. التصحيحات الهندسية : هنالك تصحيحات هندسية مهمة في اخذ القياسات ومنها :
   - تصحيحات المعايرة : وتشمل (تصحيح المقياس ، تصحيح القوس ، التصحيح الطوري) .
   - تصحيحات التمركز لنقطة الرصد والهدف .
   - تصحيح عدم تطابق ارتفاع الجهاز والهدف (العاكس) .
8. تصحيح الميل : يوجد في جهاز المحطة المتكاملة تصحيح لميل الزاوية الافقية والرأسية ، يصل مدى تصحيحه الى (3 ±) دقائق .

ملاحظة : توجد معادلات و جداول و رسومات بيانية لإجراء التصحيحات للقياسات الإلكترونية ولم يتم التطرق لها بسبب صعوبتها وكونها مخصصة لمراحل دراسية متقدمة في تخصص المساحة .

1 – 6 مصادر الأخطاء في الأجهزة الإلكترونية

Sources of Errors in Electronic Device

تنقسم مصادر الأخطاء في الأجهزة الإلكترونية (جهاز المحطة المتكاملة) إلى عدة انواع وهي :

أ. الاخطاء الشخصية : وهي أخطاء الراصد ومنها :

1. اخطاء ناتجة عن عدم الدقة في تثبيت الجهاز والعاكس وخطأ في عملية التمركز (التسامت) لهما .
2. خطأ في تسجيل قيم التصحيحات الظروف المناخية وهي لا تتوافق مع ظروف فترة الرصد ، ولتلافي هذا الخطأ يجب استخدام التصحيحات المرفقة مع كتيب التشغيل للجهاز .
3. أخطاء ناتجة عن عدم الدقة في ادخال البيانات في حقلها المخصص لها وعدم الدقة في تدوين القراءات الظاهرة على الشاشة ، وعدم اجراء القياسات بصورة صحيحة .

4. أخطاء التوجيه على العاكس والناتج من عدم تطابق تقاطع شعيرات الجهاز مع مركز العاكس .
5. الخطأ بسبب عدم اختيار الموقع الصحيح لتثبيت الجهاز ، أي اختيار اماكن تؤثر على الرصد بسبب قربها من المطارات او سكك الحديد او خطوط الضغط العالي لشبكة الكهرباء والتي ينتج عنها موجات كهرومغناطيسية قد تؤثر على سرعة وزاوية الاشعة من وإلى الجهاز .

ب. أخطاء آلية :

1. عدم التحقق من قيمة ثابت الجهاز والعاكس .
2. خطأ نتيجة عدم تطابق المحور الضوئي للجهاز مع المحور الرأسي .
3. عدم دقة الموازنة (الميزان الدائري) المتصل بالعاكس .
4. عدم انطباق الدائرة الأفقية مع المحور الرأسي لدوران الجهاز .
5. خطأ بسبب عدم دقة التسامت الضوئي والليزري للجهاز .

ج. اخطاء الوسط الناقل : وهي البيئة الناقلة للأشعة من الجهاز الى المرسل والعكس وهي كما يلي :

1. اخطاء ناتجة بسبب درجات الحرارة المرتفعة او المنخفضة .
2. الضغط الجوي والرطوبة التي تؤثر على عملية الرصد .
3. تأثير الانكسار وتضرس الأرض وكروية الارض وخاصة في المسافات الطويلة جداً .
4. الرياح والاتربة والامطار الغزيرة .

د. اخطاء الهدف (العاكس) : هذه الأخطاء تؤثر على دقة القياس في أجهزة المحطة المتكاملة ولعل أهم مصادر الخطأ في هذا النوع ما يلي :

1. أخطاء ناتجة عن انعكاس أو ارتداد الإشارة نتيجة اصطدامها بعوائق مثل الاشجار أو البنايات أو الصخور ... إلخ .
2. أخطاء ناتجة عن بطء استلام الإشارة من الجهاز (المرسل) ، وذلك لأن الإشارة تقل سرعتها عندما تجتاز البيئة غير الجيدة بسبب الاتربة او الرياح السريعة او اشعة الشمس العالية وبالتالي تصل للعاكس وترجع للجهاز ، فينتج عنها عدم الدقة في السرعة والوقت المستغرق للأشعة في ذهابها وايابها وبالتالي عدم الدقة في القياس .
3. خصائص العاكس (طبيعته ونوع المادة المصنوع منه ولونه) تؤثر على القياسات .

اسئلة الفصل الاول

س 1 / عرف ما يأتي :

1 - جهاز الجيوديمتر 2 - قياس المسافات الالكتروني 3 - العواكس

4 - الاشعة تحت الحمراء 5 - جهاز المحطة المتكاملة 6 - الليزر

س 2 / عدد اهم أجهزة الليزر المستخدمة في قياس المسافات الإلكتروني .

س 3 / ما هي مراحل تطور أجهزة قياس المسافات الإلكتروني ؟

س 4 / عدد فقط مكونات جهاز المحطة المتكاملة .

س 5 / اذكر مميزات أجهزة المحطة الشاملة .

س 6 / عدد الخطوات الواجب اتباعها لإجراء عملية الرفع المساحي باستخدام برنامج الرفع المساحي.

س 7 / ما الاحتياطات الواجب اتخاذها عند استخدام جهاز المحطة المتكاملة ؟

س 8 / ارسم مخططاً لكيفية قياس المسافات الالكتروني بين نقطتين .

س 9 / عدد خطوات نصب وضبط جهاز المحطة المتكاملة .

س 10 / ما هي الاوامر المتوفرة في برنامج COGO ؟

س 11 / اذكر انواع قياس المسافات الالكترونية تبعاً لمدى القياس .

س 12 / عدد مصادر الاخطاء الناتجة عن الراصد باستخدام جهاز المحطة الشاملة .

س 13 / ما هي استعمالات اجهزه المحطة المتكاملة .

س 14 / عدد فقط التصحيحات اللازمة للقياسات الإلكترونية .

س 15 / ما هي خطوات تنفيذ قياس الاحداثيات في برنامج COGO

س 16 / اذكر الاجزاء الرئيسة لجهاز المحطة المتكاملة .

الفصل الثاني

المسح الطبوغرافي والخرائط الكنتورية

Topographic Surveying & Contour Maps

الأهداف:

سيتعرف الطالب في نهاية الفصل على :

1. المسح الطبوغرافي وتمثيل العوارض الطبيعية .
2. الموديل الرقمي الأرضي و الموديل الرقمي للسطح .
3. خصائص الخطوط الكنتورية ورسم وانتاج الخرائط الكنتورية .
4. استعمالات الخرائط الطبوغرافية .
5. دقة الاعمال الطبوغرافية .

2 - 1 المسح الطبوغرافي Topographic Surveying

المقدمة :

في عصر التطور التقني التي تشهده العلوم المساحية يعد المسح الطبوغرافي أمر ضروري وحيوي قبل البدء في اي مشروع تكون فيه البنى التحتية ناجحة إذ يتم حساب ارتفاع الأرض ومعرفة تضاريسها اي تحديد طبوغرافية الارض وتحديد المواقع للمعالم (العوارض) الطبيعية والاصطناعية ، فلا يمكن الاستغناء عن هذه المسوحات لأن التفاصيل والبيانات التي تقدمها يمكن أن تغير تصاميم البناء أو المشاريع تماماً . إذ تُعد عنصراً رئيساً في عملية تصميم الطرق والمباني والمشاريع الهندسية الاخرى والتي يجب إكمالها قبل أعمال التصميم التفصيلية ، حيث يتم اتخاذ القرارات الصحيحة بشأن التصميم وإدارة المشاريع من قبل المهندسين المعماريين والمهندسين المدنيين باستعمال هذه المسوحات .

يوثق المسح الطبوغرافي حالة سطح الارض بالإضافة الى التفاصيل المساحية ثم ترسم تفاصيل سطح الارض بعد ذلك في الخرائط الطبوغرافية بمختلف المقاييس والصيغ وفقاً للغرض الذي تستخدم فيه الخرائط .

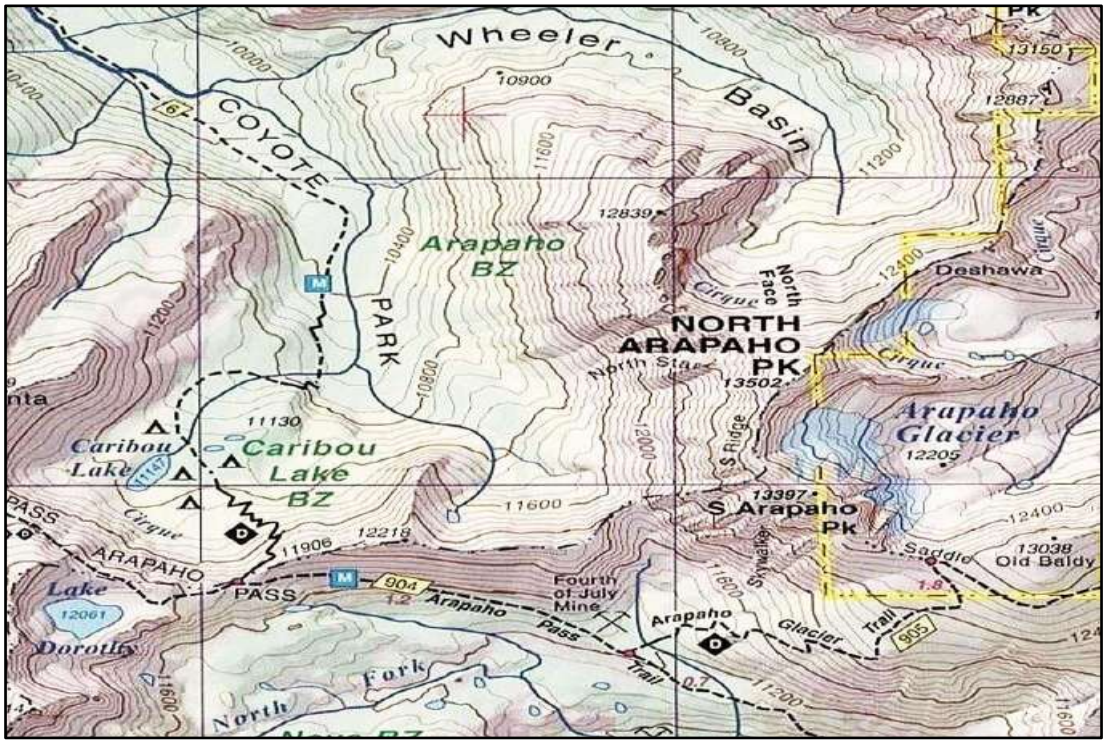
المسح الطبوغرافي :

وهو العلم او التخصص المساحي المعني بمسح التضاريس الأرضية والمعالم الطبيعية والاصطناعية عن طريق عملية قياس وتسجيل المعلومات المتعلقة بالأرض والتضاريس ويتم في هذه العملية قياس وتحديد ارتفاعات سطح الارض والاعماق وتعيين المواقع وقياس المساحات والمسافات والمنحدرات ، باستعمال طرق المساحة المختلفة إما عن طريق المسح التصويري أو المسح الأرضي الذي يتضمن اجراء عمليات مساحية حقلية بأجهزة وأدوات متنوعة لاستخراج البيانات واجراء بعض الحسابات التي يستفاد منها في تعيين مواقع النقاط الافقية والرأسية ، ويسمى ايضاً بمسح التضاريس او مسح التفاصيل .

يحدد المسح الطبوغرافي بدقة قطعة معينة من الأرض في ثلاثة أبعاد إذ يظهر ارتفاع وعمق وحجم ومواقع أي عوارض (معالم) طبيعية أو اصطناعية من صنع الإنسان والتغيرات في جميع أنحاء قطعة الأرض ، أما حديثاً فتتضمن المسوحات بيانات الارتفاع في شكل رقمي (DEM) وهي مختصر (Digital Elevation Model) الموديل الرقمي للارتفاعات .

تشمل عملية المسح التقاط الصور الجوية الرقمية أيضا من أجل إنتاج خرائط ثلاثية الأبعاد ذات مظهر واقعي يفسر العوارض الطبيعية والاصطناعية لسطح الارض بالاعتماد على بيانات الصور . ويستخدم المسح الطبوغرافي في الكثير من الاعمال المساحية ومنها :

1. تحديد ارتفاعات ومواقع النقاط على سطح الارض .
2. تثبيت حدود الاراضي على الطبيعة مثل (تحديد حدود الدول والممتلكات).
3. انتاج الخرائط الطبوغرافية بكل انواعها وتحديثها ، كما في الشكل (2 - 1).
4. رفع تفاصيل العوارض (المعالم) الطبيعية والاصطناعية .
5. إعداد الدراسات التخطيطية .
6. المشاريع الإنشائية والمعمارية .
7. تأثير التعرية على سطح الارض من قص الغابات وتقطيع الجبال .
8. تحديد انواع المزروعات وحصر المحاصيل .
9. دراسة انواع التربة .
10. استكشاف الخامات والمياه الجوفية .



الشكل (2 - 1) نموذج للخريطة الطبوغرافية

من اصناف المسوحات الطبوغرافية (مسح المباني ، ومسح الحدود ، ومسح الرهن العقاري ، والمسح الهيدروغرافي ، ومسح قياس الأعماق وغيرها) .

إن عملية المسح الطبوغرافي عملية معقدة وليست سهلة ولا يمكن ان يقوم بها إلا مساح متخصص ذو خبرة وكفاءة لأنه حتى إذ كانت متوفر الأدوات والأجهزة فهي تحتاج الى تعديل في العمل الحقلي وقياسات صحيحة وبالتالي الحصول على نتائج دقيقة لعملية المسح .

ويتم اجراء المسوحات الطبوغرافية لأي منطقة عن طريق العمليات المساحية الحقلية وذلك باستعمال أدوات واجهزة متنوعة وهي :

1. شريط القياس .
2. البوصلة المغناطيسية .
3. الثيودولايت .
4. العواكس .
5. اجهزة القياس الالكترونية ومنها :

أ. اجهزة القياس الالكتروني للمسافات (EDM) .

ب. اجهزة التاكيومترات الالكترونية .

ج. اجهزة المحطة الشاملة (Total Station) .

د. اجهزة التموضع العالمي مثل جهاز الـ (GPS) .

6. اجهزة المسح التصويري مثل (الطائرات بدون طيار) ، كما في الشكل (2 - 2).
7. اجهزة المسح الليزري مثل (جهاز الليدار) .

الشكل (2 – 2) اجهزة المسح التصويري (الطائرة بدون طيار)

إذ تستعمل هذه التقنيات (الادوات والاجهزة) إما بشكل مشترك أو بالتبادل اعتماداً على مواصفات المشروع ونوع التضاريس .

مراحل اجراء عملية المسح الطبوغرافي وهي كالآتي :

أ. مرحلة التحضير : يجب على المهندسين المتخصصين بالمسح الطبوغرافي جمع كافة المعلومات و أي مخططات مساحية أو خرائط طبوغرافية (التي سبق ان نفذها مختصون أخرون) والوثائق الخاصة بالمنطقة أو الموقع المراد اجراء المسح له ، والاتفاق على خطة العمل مع الجهة المستفيدة والكلفة والوقت والحصول على التصاريح الأمنية قبل البدء بالعمل .

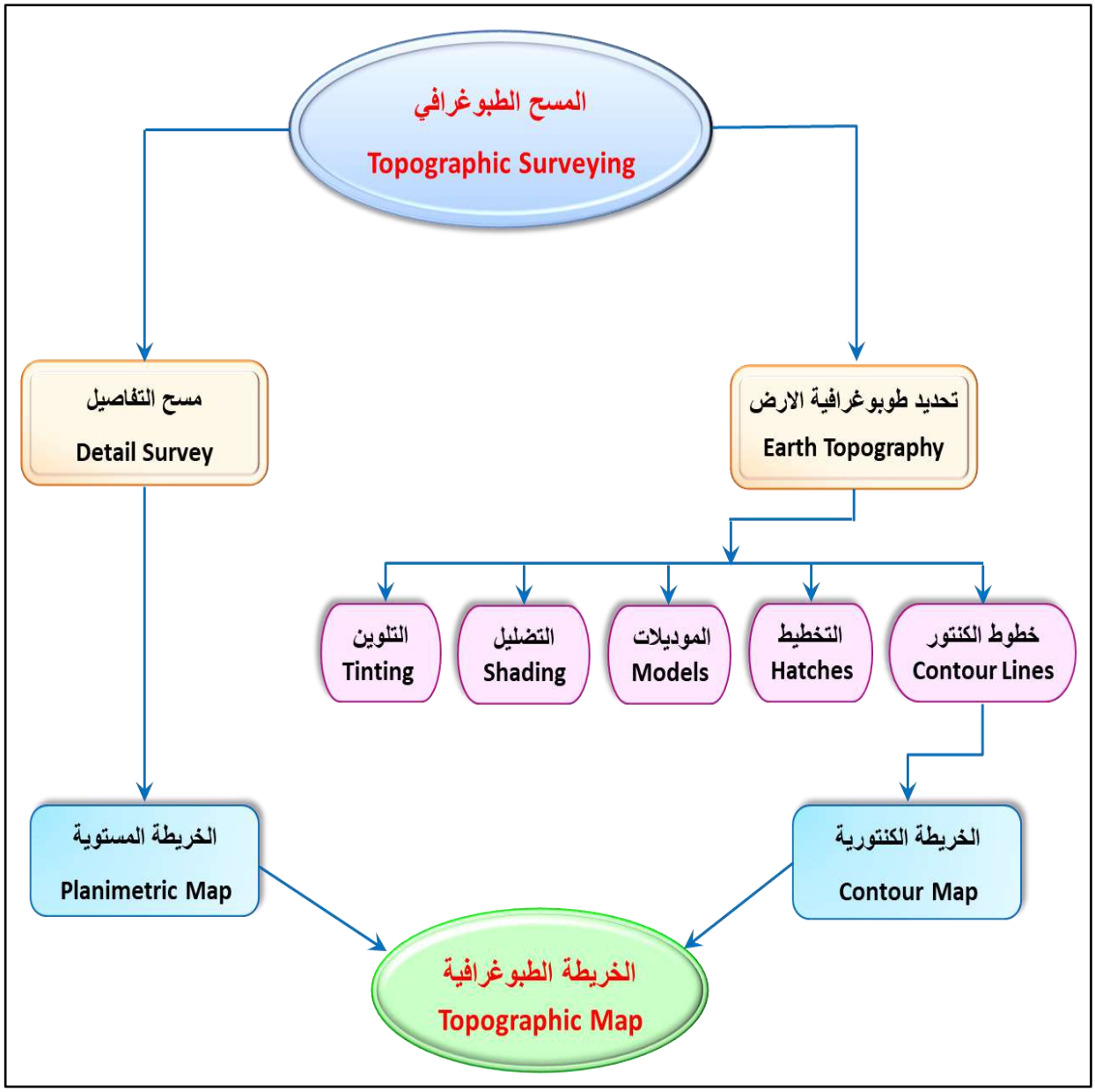
ب. مرحلة العمل الميداني (العمل الحقلي) في الموقع : يجب على المهندسين الذهاب الى موقع العمل وتفقد المنطقة ومعرفة التضاريس وتحديد الإحداثيات واجراء كافة القياسات لعملية المسح وجمع البيانات التي تم الحصول عليها أثناء المسح .

ج. المرحلة النهائية : يتم تحليل البيانات واجراء الحسابات وتنظيم المعلومات ومعالجتها وتنسيقها ورسم الخريطة الطبوغرافية الخاصة بالمنطقة (الموقع) ، واعداد تقرير فني نهائي عن عملية المسح للمنطقة يقدم للجهة المستفيدة .

وإن اجراء المسح الطبوغرافي لأي منطقة يستغرق مدة زمنية محددة قد تكون يوماً واحداً أو أسبوع لإنجازه وذلك يعتمد على مساحة المشروع وتعقيد التضاريس للمنطقة وباختلاف التقنية المستخدمة ، إذ يستغرق المسح الطبوغرافي أيام إذا تم استخدام جهاز المحطة الكاملة في المسح بينما باستخدام الطائرات بدون طيار تكون عملية المسح أسرع بكثير .

إن تكلفة أجراء عملية المسح الطبوغرافي تعتمد على مساحة المشروع وتعقيد التضاريس للمنطقة وإلى حد كبير على الوقت الذي نحتاجه في عملية المسح للمشروع والمنطقة ، وكلما زاد الوقت المطلوب لإكمال المسح زادت التكلفة ويعتمد وقت المسح على (المساحة الاجمالية المغطاة بالمشروع ، تضاريس الأرض ، مستوى التفصيل والدقة المطلوبة ، وموقع المشروع بالنسبة لحالة التضاريس ، التقنية المستخدمة لعملية المسح) . وعادةً ما تتطلب المسوحات الطبوغرافية الحديثة التي تقوم بها الطائرات بدون طيار الى (شخص) واحد فقط ويمكن إكمالها في وقت قصير وبالتالي كلفة أقل .

بعد اكمال عملية المسح الحقلي وجمع كافة البيانات والمعلومات المطلوبة يتمكن المساحون من تمثيل البيانات الطبوغرافية بأشكال متعددة ومنها بشكل رسومات دقيقة تسمى الخرائط الطبوغرافية ، كما في المخطط (2 – 3) .



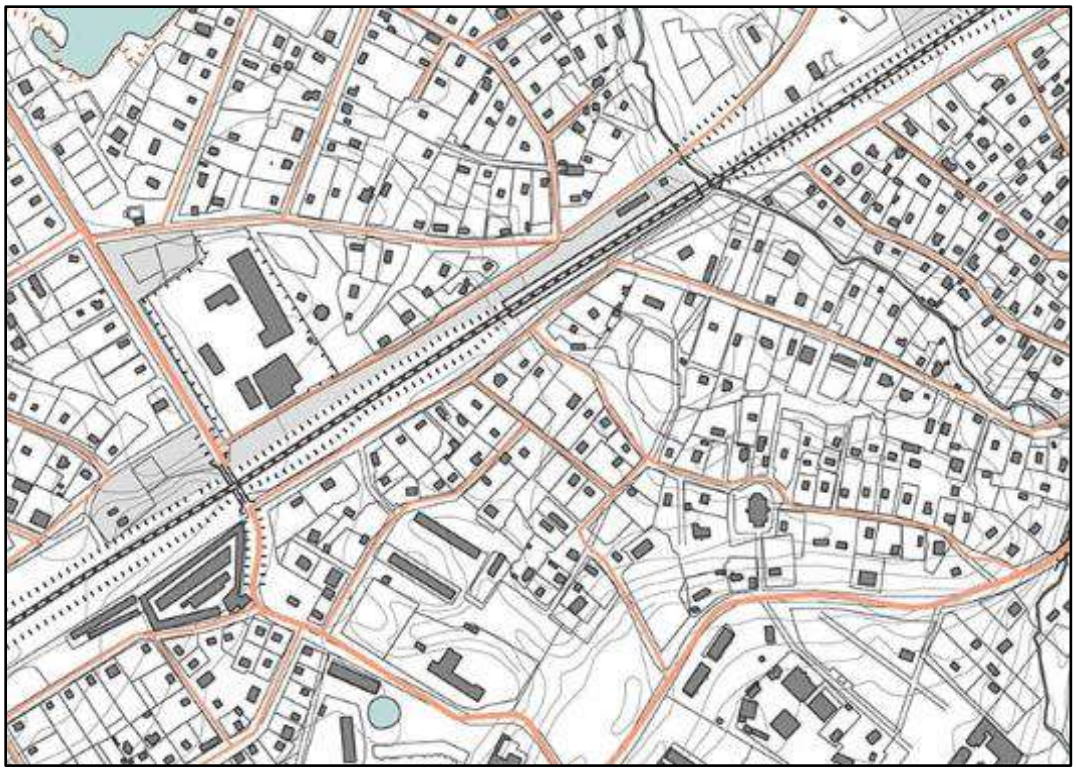
الشكل (2 – 3) مخطط مراحل إنتاج الخريطة الطبوغرافية

فالخريطة الطبوغرافية عبارة عن رسم أو تمثيل توضيحي مفصل ودقيق للغاية يوضح جميع ميزات التضاريس والعوارض الطبيعية والاصطناعية لسطح الأرض ثنائية أو ثلاثية الأبعاد وتمثيل المواقع النسبية للنقاط أفقياً ورأسياً وهو الغرض الأساس من الخريطة الطبوغرافية التي يتم رسمها على ورق ثنائي الابعاد . إذ يتم تمثيل البعد الثالث (الارتفاع) شكل تضاريس سطح الارض باستعمال عدة طرق . إذ تُبين الخريطة الطبوغرافية وتفسر جميع النقاط التي يتم تحديدها لمنطقة ما لسطح الأرض من حيث التغيرات التي تحدث في التضاريس والغطاء النباتي والمسطحات المائية والمدن والطرق وغيرها ، وتُعد الخريطة الطبوغرافية من أهم انواع الخرائط المستعملة في العلوم الجيولوجية والجيوفيزيائية والبيئية والهندسية والعمرانية ، حيث تم التطرق لهذا الموضوع في كتاب الرسم الصناعي للمرحلة الثانية .

اهمية الخرائط الطبوغرافية :

إن الخرائط الطبوغرافية ضرورية للغاية وذلك للأسباب التالية :

1. لتخطيط وتصميم معظم المشاريع الهندسية مثل مواقع السكك الحديدية والطرق السريعة ، كما في الشكل (2 - 4).
2. تصميم أنظمة الري والصرف .
3. تخطيط المنشآت الاصطناعية .
4. تخطيط المدن .
5. مفيدة جداً في توجيه العمليات العسكرية أثناء الحرب.



الشكل (2 – 4) نموذج لخريطة طبوغرافية تشتمل على تمثيل للسكك الحديدية والطرق السريعة

عند رسم الخرائط يجب أن تراعى النقاط الآتية :

1. أن تكون الخريطة واضحة ومفهومة لقارئها لتحقق الهدف الذي انتجت من أجله .
2. الدقة في تمثيل العناصر اللازمة لأعداد الخرائط ومنها (الرموز الطبوغرافية ومقياس الرسم والإحداثيات وغيرها).
3. تحديث الخرائط لأن سطح الارض معرض الى تغيير فتحتاج الخريطة الى تحديث مستمر .

الالوان في الخرائط الطبوغرافية : أن الغرض من إستخدام الالوان في الخرائط الطبوغرافية هي :

1. تستخدم الالوان في تمثيل الارتفاعات على الخريطة الطبوغرافية .
2. تستخدم في تمثيل الرموز الموقعية والخطية والمساحية والرسومية الطبيعية منها والاصطناعية .
3. تستخدم لتمثيل النواحي الكمية والنوعية عند تصميم الخرائط الطبوغرافية ،
4. يمكن استخدامها لتمثيل النواحي الكمية في الخرائط كتمثيل التضاريس واعماق المياه وكثافة النبات وغيرها .
5. يمكن الكتابة في اماكن محددة على الخريطة من دون حدوث مشاكل في وضوح الخريطة .

الألوان المستعملة في الخرائط الطبوغرافية والمتعارف عليها دولياً هي :

1- **اللون الأسود** : يستخدم لتمثيل المباني وحدود الدول والممتلكات والسكك الحديدية وغيرها.

2- **اللون البني** : يستخدم لتمثيل الظواهر التضاريسية كالجبال وخطوط الكنتور .

3- **اللون الأزرق** : يستخدم لتمثيل المسطحات المائية مثل الأنهار والبحيرات والمحيطات.

4- **اللون الأخضر** : يستخدم لتمثيل الغطاء النباتي مثل الغابات والأشجار والحقول.

5- **اللون الأحمر** : يستخدم لتمثيل الطرق والجسور .

6- **اللون الرمادي** : يستخدم لتمثيل المجمعات السكنية والمدن .

7- **اللون البنفسجي** : يستخدم لتمثيل المعالم الجديد (المستحدثة) على سطح الأرض.

ويستعمل في الخرائط الطبوغرافية لتمثيل (العوارض الطبيعية والاصطناعية) رموز متعددة وملونة ، والخطوط الكنتورية لتمثيل (تضاريس سطح الارض) كالارتفاعات مثل الجبال والهضاب او المنخفضات مثل الوديان .

2 – 2 تمثيل العوارض الطبيعية Representation of Natural Objects

هي رسومات توضيحية للعوارض الطبيعية وتضاريس سطح الأرض توضع في الخريطة الطبوغرافية لتمثيلها بصورة اقرب للواقع وبشكل يفهم ويفسر قارئ الخريطة هذا التمثيل وذلك باستعمال اشكال تدعى (الرموز الطبوغرافية) وهي لغة الخريطة وتكون بأشكال والوان وابعاد مختلفة لتمثيل العوارض ، وتختلف ابعاد الرموز باختلاف مقياس الخريطة وتكون العلاقة طردية بينهما ، ان اغلب الرموز المستخدمة في الخرائط الطبوغرافية على مستوى العالم متفق عليها دولياً .

إن الغرض من استعمال الرموز في الخرائط الطبوغرافية هو :

1. تمثيل العوارض الطبيعية كالأنهار والغابات والجبال وغيرها على الخرائط بأشكال اقرب (للواقع) فيتم تمثيلها برموز طبوغرافية تدل عليها بشكل واضح ودقيق .
2. ايصال البيانات والمعلومات من مصمم الخريطة الى مستخدم الخريطة .

توضع الرموز المستعملة في الخرائط الطبوغرافية في جدول يدعى (مفتاح الخريطة) حيث يوضع في مكان محدد في هامش الخريطة وذلك لتوضيح تفاصيل الرموز المستعملة في تلك الخريطة .

ولا يتوقف نجاح الرموز فقط في تمثيل العوارض في الخرائط الطبوغرافية وإنما يتوقف أيضاً على نجاح قارئ الخريطة نفسه في فهم هذه الرموز وترجمتها للعوارض .

ان تصميم الرموز الطبوغرافية مهم جداً لتمثيل العوارض إذ إن الرموز الواضحة والدقيقة يمكن تفسيرها ومعرفة العوارض التي تمثلها بسهولة وبدون الرجوع الى مفتاح الخريطة اي انها تفسر نفسها بنفسها . حيث ترسم هذه الرموز قسماً منها باليد والقسم الآخر بإستخدام الادوات الهندسية في حالة الخرائط التقليدية .

انواع الرموز الطبوغرافية : تكون بهيأة اربعة انواع (حسب ترتيبها في جدول مفتاح الخريطة) وهي :

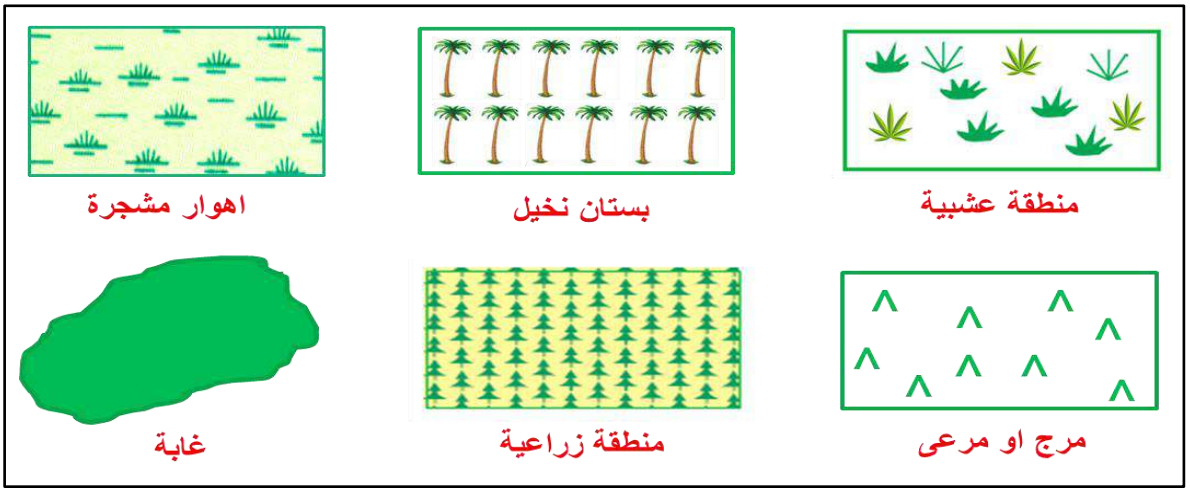
1. الرموز الموقعية (Location Symbols) : مثل موقع مستشفى او متحف او جامعة .
2. الرموز الخطية (Linear Symbols) : مثل الطرق و شبكة الصرف الصحي وسكك الحديد .
3. الرموز المساحية (Area Symbols) : مثل بحيرة او مزرعة أو غابة .
4. الرموز الرسومية (Pictorial Symbols) : مثل الموانئ او حقول النفط .

و يشمل تمثيل العوارض الطبيعية الآتي :

1. الغطاء النباتي مثل (الأشجار والشجيرات والحشائش والغابات) .
2. المسطحات المائية مثل (الأنهار والبحيرات والجداول والمستنقعات) .
3. التضاريس مثل (الجبال والوديان والتلال) .

1. تمثيل (الغطاء النباتي) :

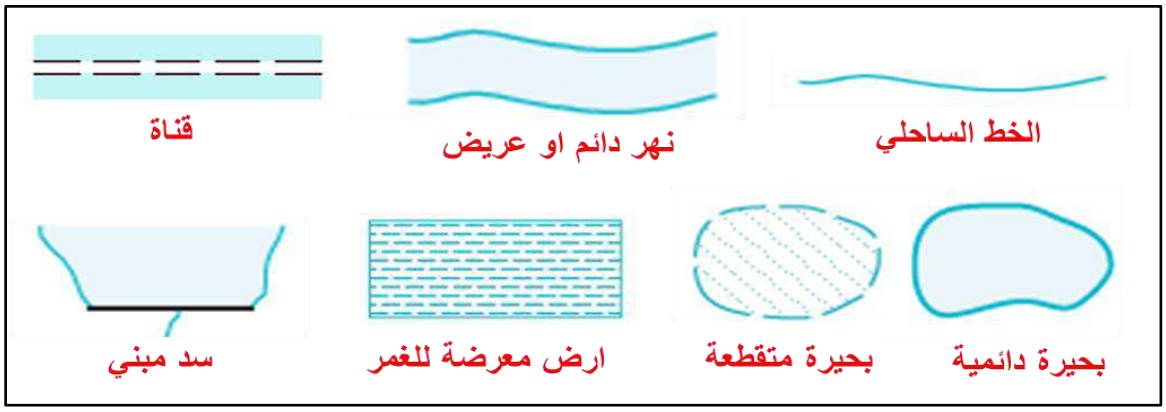
تستعمل الرموز لتمثيل الغطاء النباتي في الخرائط الطبوغرافية حيث يتم تمييز المحاصيل المختلفة في الاراضي الزراعية والبساتين ومساحة الغابات وموقعها وطرق الوصول اليها والتمييز بين الاشجار والمروج وغيرها، ويستعمل اللون الاخضر لتمثيل الغطاء النباتي، كما في الشكل (2 -5).



الشكل (2 – 5) تمثيل (رموز) الغطاء النباتي

2. تمثيل (المسطحات المائية) :

ان الرموز المستعملة لتمثيل عوارض المسطحات المائية تكون واضحة الاشكال والامتدادات ، حيث تمثل (الانهار والبحيرات والمستنقعات) بكل سهولة ووضوح ، ويستعمل اللون الازرق لتمثيل المسطحات المائية ، كما في الشكل (2 – 6).



الشكل (2 – 6) تمثيل (رموز) المسطحات المائية

3. تمثيل (التضاريس) :

وهي تمثيل لتضاريس سطح الارض المختلفة بشكل اقرب للواقع اي تحديد طبوغرافية الارض في الخرائط الطبوغرافية وذلك باستعمال عدة طرق وأهمها (الخطوط الكنتورية) والتظليل باستعمال الالوان لتظهر التغيرات في الارتفاع على سطح الأرض ، وتجسم التضاريس (تبرزها) وتجعل تخيل شكلها سهلاً وواضحاً ، كما إنها تتيح أماكن لكتابة البيانات المختلفة على الخريطة ، فتمكن قارئ (مستخدم) الخريطة من التعرف على شكل ونوع التضاريس لأي منطقة من مناطق الخريطة بدون الحاجة إلى رسم المقاطع لها ، ويؤخذ الارتفاع من منسوب متوسط مستوى سطح البحر ، والخطوط الكنتورية هي افضل وادق طريقة لتمثيل تضاريس سطح الارض ويُعتمد في تمثيل التضاريس لسطح الارض على العمليات

المساحية الدقيقة . وقد تم شرح تمثيل التضاريس الأرضية بشكل تفصيلي في كتاب الرسم الصناعي في المرحلة الثانية.

إن تمثيل التضاريس الطبيعية أكثر صعوبة من تمثيل المساحات المسطحة ، لأن التضاريس الطبيعية المتمثل بالارتفاعات والانخفاضات والانحدارات يظهر فيها البعد الثالث (الارتفاع) اما المساحات المسطحة ذات بعدين فقط (طول وعرض) فيمكن رسمها بسهولة. **ويمكن تمثيل التضاريس الطبيعية بعدة طرق وهي :**

1. التلوين (Tinting) .
2. التضليل (Shading) .
3. الموديلات أو المجسمات (النماذج ثلاثية الأبعاد 3D Models) .
4. خطوط الهاشور (Hashour lines) أو التخطيط (Hatches) .
5. الخطوط الكنتورية (Contour Lines) : وتسمى الخريطة المرسومة باستخدام الخطوط الكنتورية بالخريطة الكنتورية ، وهي الاكثر شيوعاً وسنتناولها بشيء من التفصيل .

ويجب أن تُحقق الطريقة المستعمل لإظهار التضاريس على خريطة طبوغرافية غرضين هما :

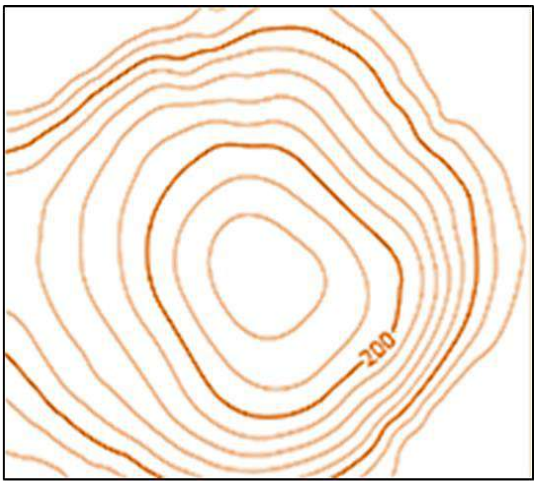
1. أن يكون مستخدم الخريطة قادراً على تفسير الخريطة كنموذج لتضاريس الأرض .
2. أن تقدم أيضاً بيانات محددة بشأن مواقع وارتفاعات النقاط الموضحة على الخريطة.

2 – 2 – 1 الخطوط الكنتورية (Contour line) :

خط الكنتور : هو عبارة عن خط وهمي متعرج يربط بين نقاط متساوية المنسوب (ارتفاع او انخفاض) عن مستوى سطح البحر . أو هو خط التسوية (Level Line) الناتج من تقاطع سطح تسوية أفقي معين مع سطح الارض .

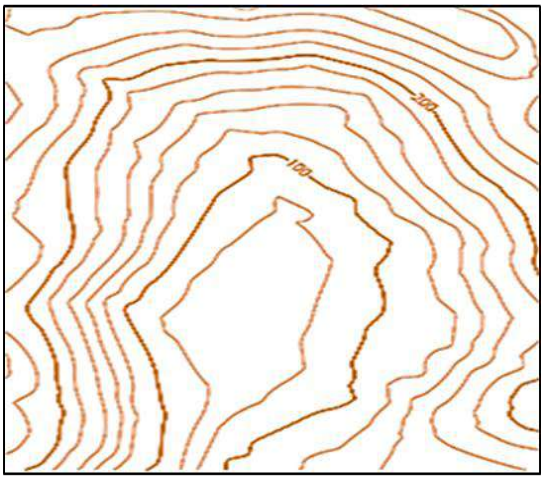
تستخدم لتمثيل العوارض الطبيعية (تضاريس سطح الارض الطبيعية) وبأشكال عديدة إذ يختلف شكل الخطوط الكنتورية المستعملة لتمثيل التلال أو الجبال عن الخطوط الكنتورية المستعملة لتمثيل الجرف أو الوادي ، ويمثل الشكل (2 – 7) مجموعة من انواع التضاريس الطبيعية وهي كما يلي :

1. المناطق المرتفعة : تمثل الجبال والهضاب والتلال والسرج والقمة الكاذبة وغيرها.
2. المناطق المنخفضة : تمثل السهول والوديان والحوض .
3. انحدارات سطح الارض : تمثل النتوء و الجرف وغيرها .
4. تضاريس مختلفة : تمثل الخانق ، المضيق ، الراسم ، خط تقسيم المياه ، الانهار .



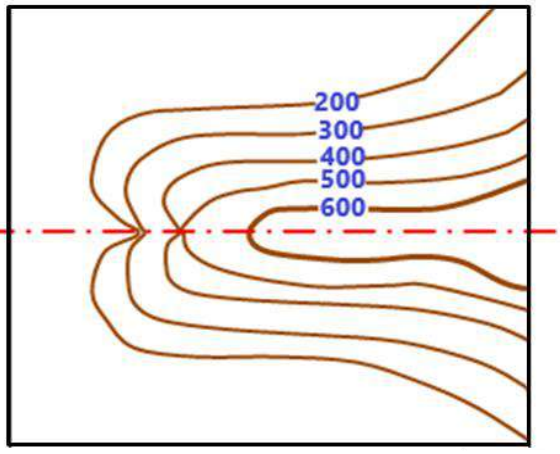
الخطوط الكنتورية لتمثيل الهضبة

الشكل الحقيقي للهضبة

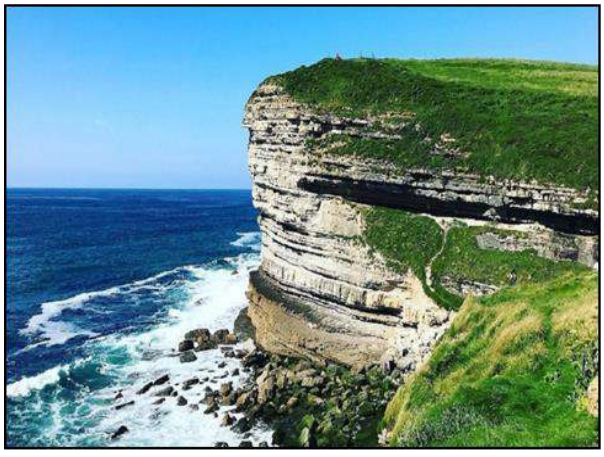


الخطوط الكنتورية لتمثيل الوادي

الشكل الحقيقي للوادي



الخطوط الكنتورية لتمثيل الجرف

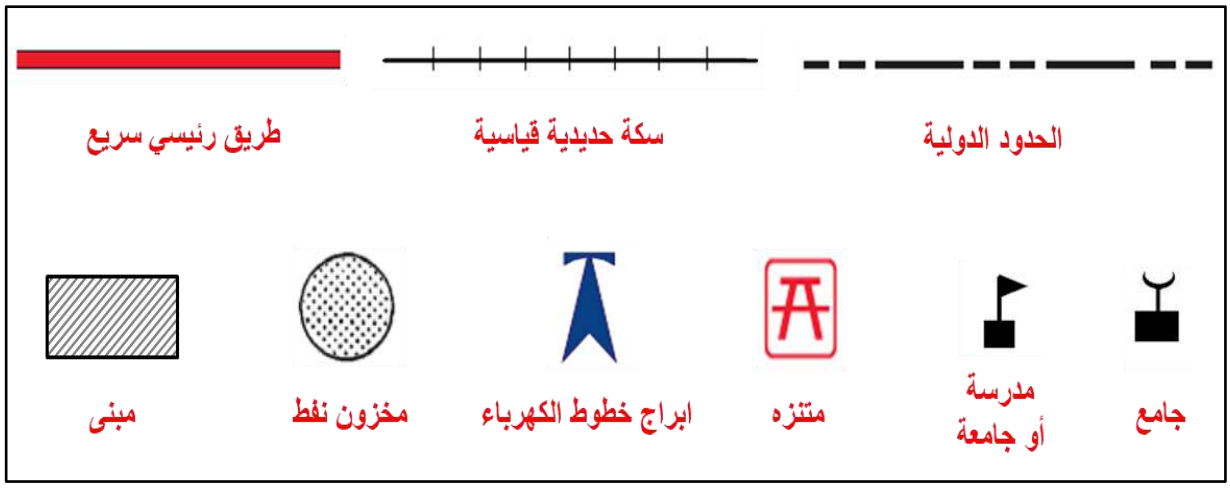


الشكل الحقيقي للجرف

(2 – 7) تمثيل لبعض انواع التضاريس الارضية

بالإضافة إلى العوارض الطبيعية توجد العوارض الاصطناعية في الخرائط الطبوغرافية والتي هي من صنع الانسان ، ويمثل الشكل (2 - 8) مجموعة من العوارض الاصطناعية وهي كالآتي :

1. الطرق وسكك الحديد وحدود الدول وحدود الملكيات .
2. اعمدة وشبكات الكهرباء والاتصالات و شبكات الصرف الصحي وغيرها .
3. أثاث الشوارع مثل (المقاعد وصناديق الهاتف ومصابيح الشوارع واشارات المرور واللافتات ومحطات النقل العام والمتنزهات والآثار والمنحوتات العامة وغيرها) .
4. المباني مثل (الجامعات والمدارس والجوامع والكنائس والمتاحف وغيرها) .
5. المدن والمناطق الاصطناعية والمجمعات السكنية وغيرها .



الشكل (2 - 8) تمثيل (رموز) العوارض الاصطناعية

2 – 3 الموديل الرقمي الأرضي Digital Terrain Model

وهو نموذج التضاريس الرقمي ومختصره (DTM) ويمثل تضاريس سطح الارض بيانياً بشكل ثلاثي الابعاد يتكون من (الطول (x) والعرض (y) والارتفاع (Z)) ، وتكون المعلومات بشكل رقمي وتشمل الارتفاعات والعوارض الطبيعية كخطوط الجبال والانهار وغيرها . حيث كانت قديماً نماذج التضاريس عبارة عن نماذج مادية مصنوعة من (المطاط والبلاستيك والطين والرمل ، إلخ) .

لكن منذ منتصف القرن العشرين تم تطوير العديد من تقنيات تمثيل التضاريس الرقمية مع تطور تكنولوجيا الحوسبة والرياضيات الحديثة ورسومات الكمبيوتر . في الوقت الحاضر أصبح استخدام أجهزة الكمبيوتر علامة بارزة في عصر المعلومات ، وبالتالي وسيلة مهمة لتمثيل سطح التضاريس الرقمية فمنذ ذلك الحين تم تنفيذ نماذج سطح التضاريس رقمياً .

ويتم انشاء الموديل الرقمي بإستعمال تقنيات متعددة ومنها (الصور الجوية والرادار مثل الليدار والاقمار الاصطناعية). وإن DTM يسمح بوضع معلومات رقمية على سطح الارض مثل (درجة حرارة ، عمق المياه الجوفية ، الضغط ، نوع التربة وغيرها) .

يستخدم الموديل الرقمي الأرضي في العديد من التطبيقات ومنها :

1. تصميم الطرق والجسور والمباني .
2. تخطيط المدن والمناطق الحضرية والبنى التحتية .
3. تحليل الانهار والمياه الجوفية والتغيرات المناخية .
4. انشاء الخرائط الطبوغرافية والمساحية والجيولوجية والبيئية .
5. تحليل المخاطر الطبيعية مثل (الفيضانات و الانهيارات الصخرية و الزلازل) وغيرها .
6. إدارة الموارد الطبيعية والتعدين وتحديد المناطق المحتملة للزراعة والتنمية الحضرية والريفية .

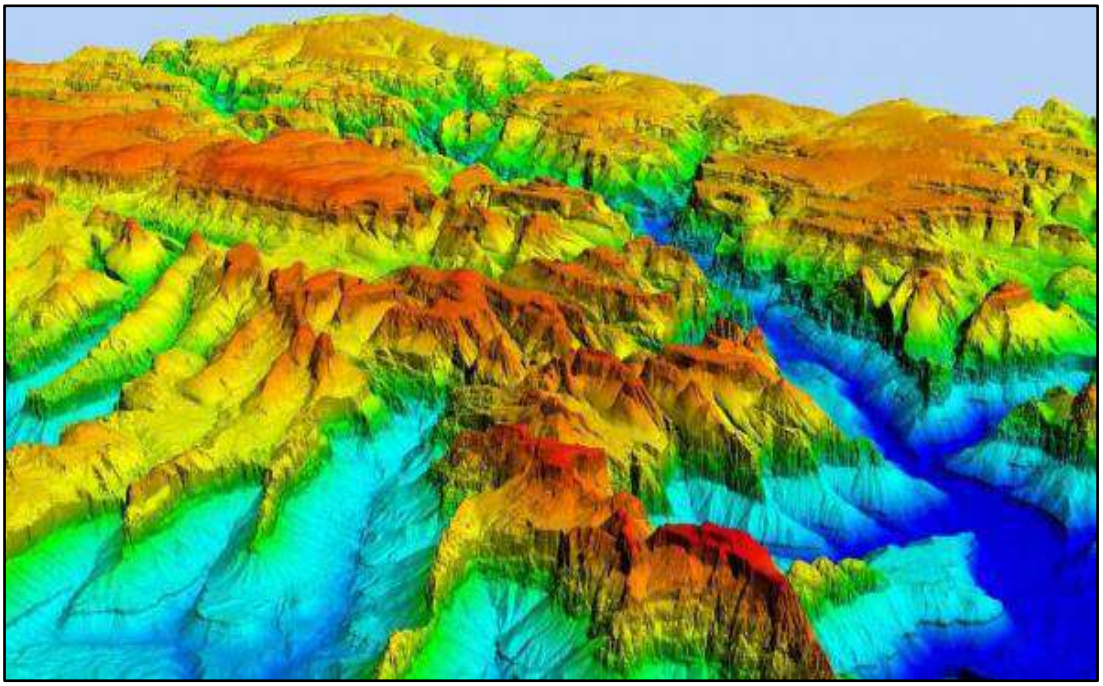
أهم مميزات DTM النقاط التالية :

1. مجموعة متنوعة من أشكال التمثيل بشكل رقمي : حيث يمكن إنتاج أشكال مختلفة من التمثيلات بسهولة مثل الخرائط الطبوغرافية ، والمقاطع الرأسية والعرضية ، والرسوم المتحركة ثلاثية الأبعاد.
2. عدم فقدان دقة البيانات بمرور الوقت : قد تتشوه الخرائط الورقية ، لكن DTM يمكن أن تحافظ على دقتها بسبب استخدام البيانات الرقمية.
3. جدوى أكبر للبيانات والمعالجة في الوقت الفعلي بشكل رقمي : يكون تكامل البيانات وتحديثها أكثر مرونة من الشكل التقليدي (الخرائط) .
4. تمثيل أسهل متعدد المقاييس : يمكن ترتيب DTM في قياسات مختلفة تتوافق مع التمثيلات على مستويات مختلفة .

ويوجد مصطلح اخر وهو الموديل الرقمي للارتفاعات (Digital Elevation Model أو DEM) وهو نوع خاص من نماذج سطح الارض الذي يظهر ارتفاعات سطح الارض فقط ولكن بصورة دقيقة ، أي يستخدم لإظهار التباين في الارتفاعات ، كما في الشكل (2 - 9) حيث نلاحظ إن جميع المناطق مرتفعة او منخفضة عن منسوب مستوى سطح البحر .

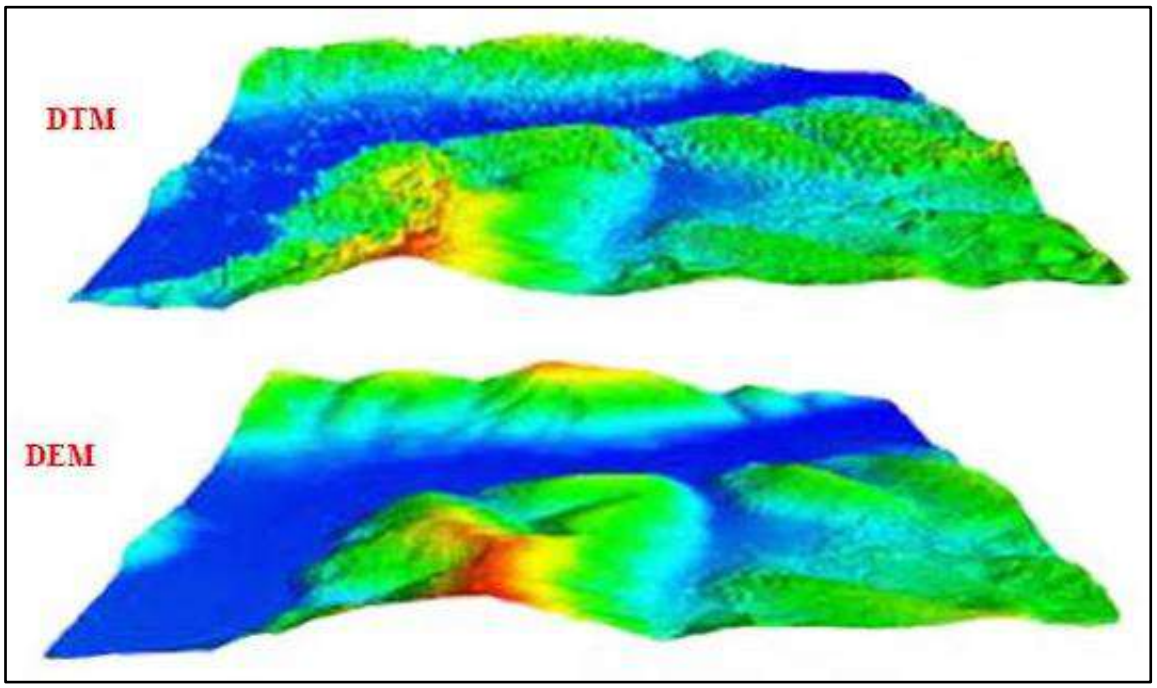
ان طرق تمثيل نماذج الارتفاعات الرقمية هي :

1. الطرق الرياضية (Mathematical Methods) .
2. الطرق التصويرية (Image Methods) .



الشكل (2 - 9) النموذج الرقمي للارتفاعات (DEM)

ومن الجدير بالذكر إن النموذج الرقمي للارتفاعات (DEM) والنموذج الرقمي للتضاريس (DTM) كما في الشكل (2 – 10) ، يعتبران تقنية ذات مستوى عالي في إنتاج الخرائط من خلال إعادة هندسة بيانات الاستشعار عن بعد وإنتاج الخرائط الموضوعية من الصور الجوية ومن خلال البرامج الخاصة المستعملة .

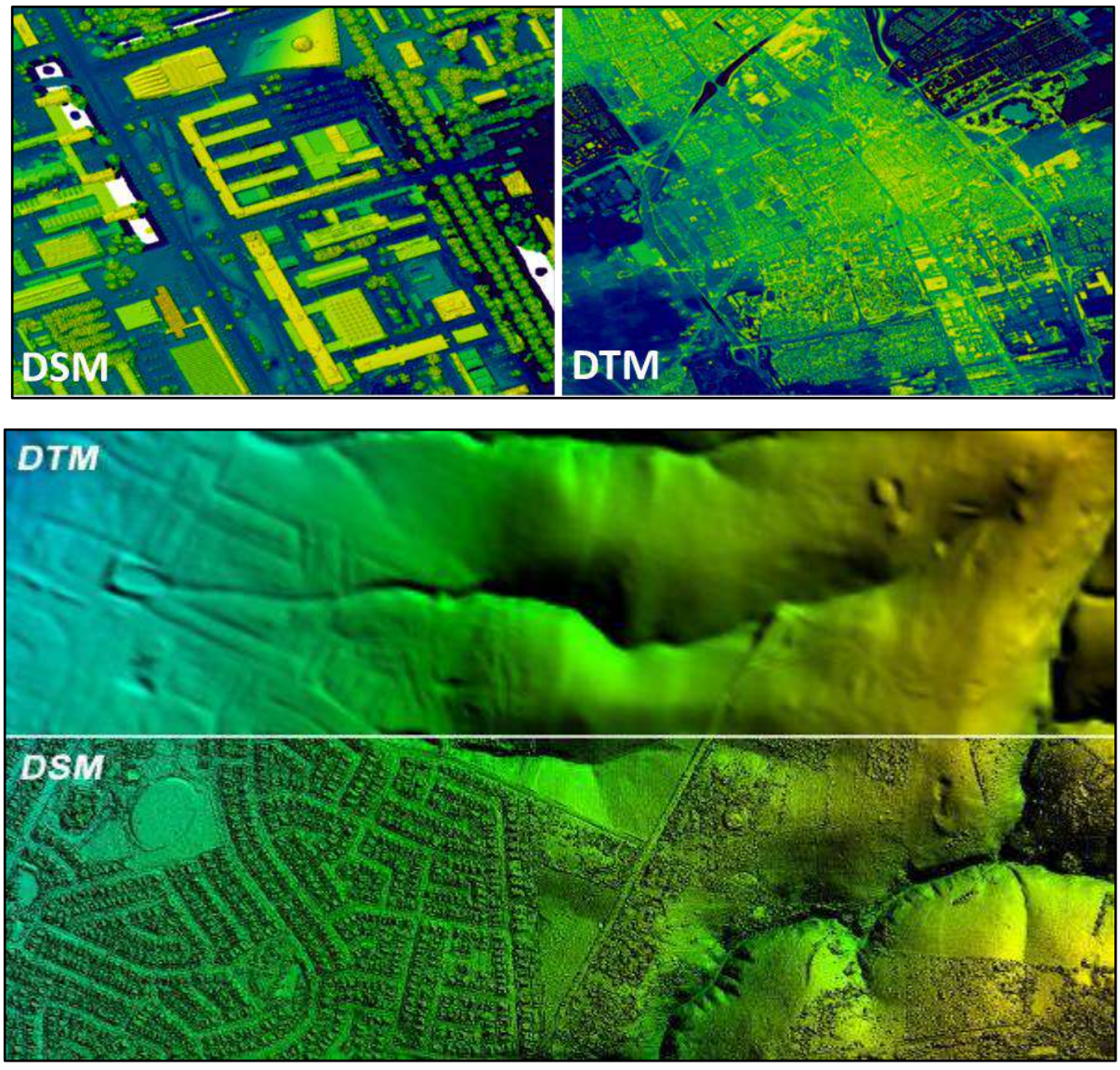


الشكل (2 – 10) الفرق (DTM) و (DEM)

2 – 4 الموديل الرقمي للسطح Digital Surface Model

هو نموذج السطح الرقمي ومختصره (DSM) ويمثل الارتفاعات كالأشجار والابنية واي ارتفاعات اخرى على سطح الارض حيث يصف السطح الظاهري للأرض بشكل معلومات رقمية ، كما في الشكل (2 - 11) ، ويتم انشائها ايضا من (الصور الجوية والفضائية والمسح الارضي مثلا باستعمال جهاز المحطة المتكاملة (Total Station)) ، وتتوافر الموديلات بمقاييس دقة مختلفة تتراوح بين (عدة امتار إلى عدة سنتمترات) حسب الغرض المخصص للاستخدام .

وجدت هذه النماذج تطبيقات واسعة منذ نشأتها في أواخر الخمسينيات من القرن الماضي في مختلف التخصصات مثل رسم الخرائط ، والاستشعار عن بعد ، والهندسة المدنية ، وهندسة التعدين والجيولوجيا والهندسة العسكرية ، وتخطيط الأراضي والاتصالات ، وادارة الموارد .

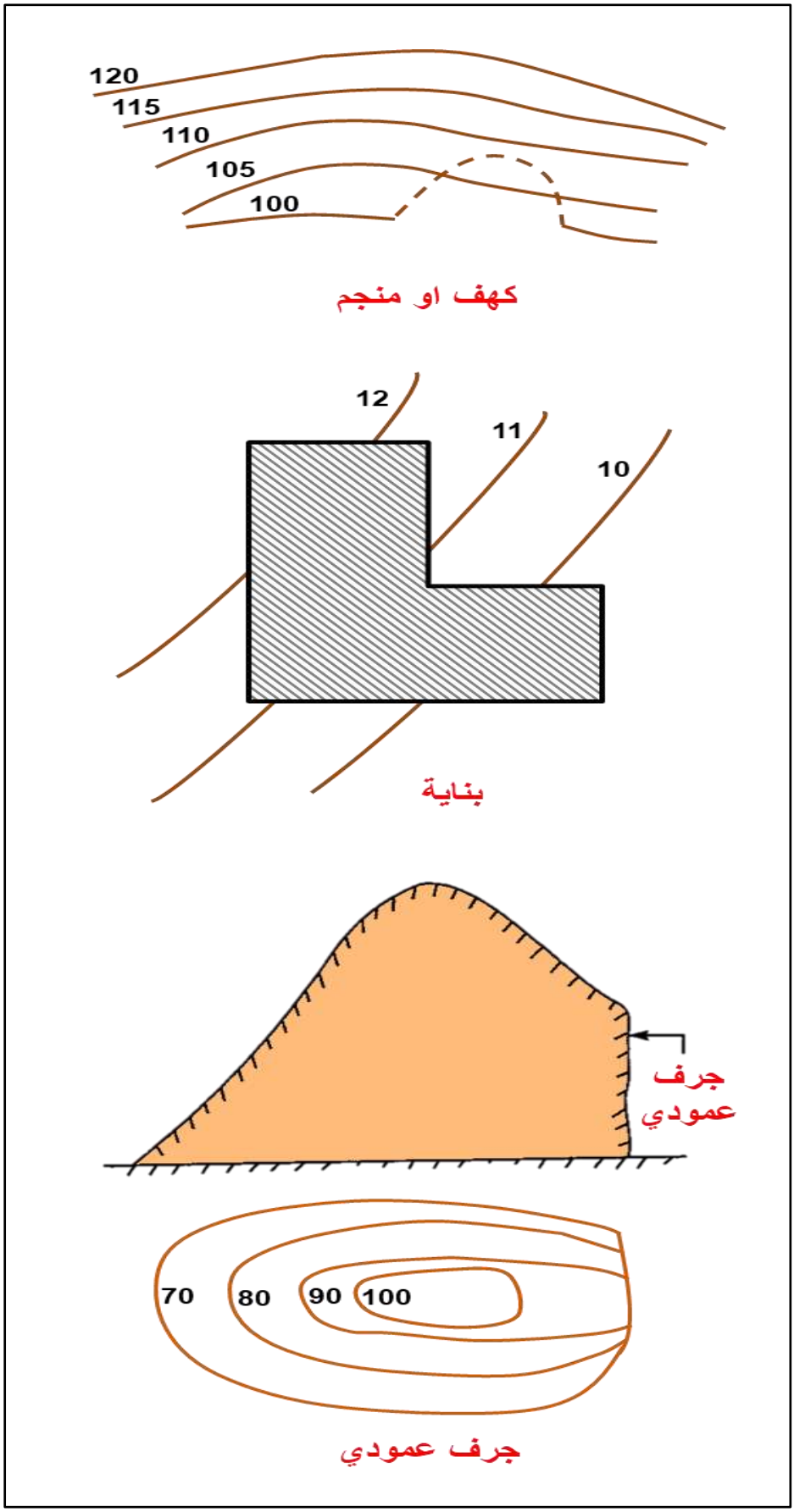


الشكل (2 - 11) الفرق بين (DSM) و (DTM)

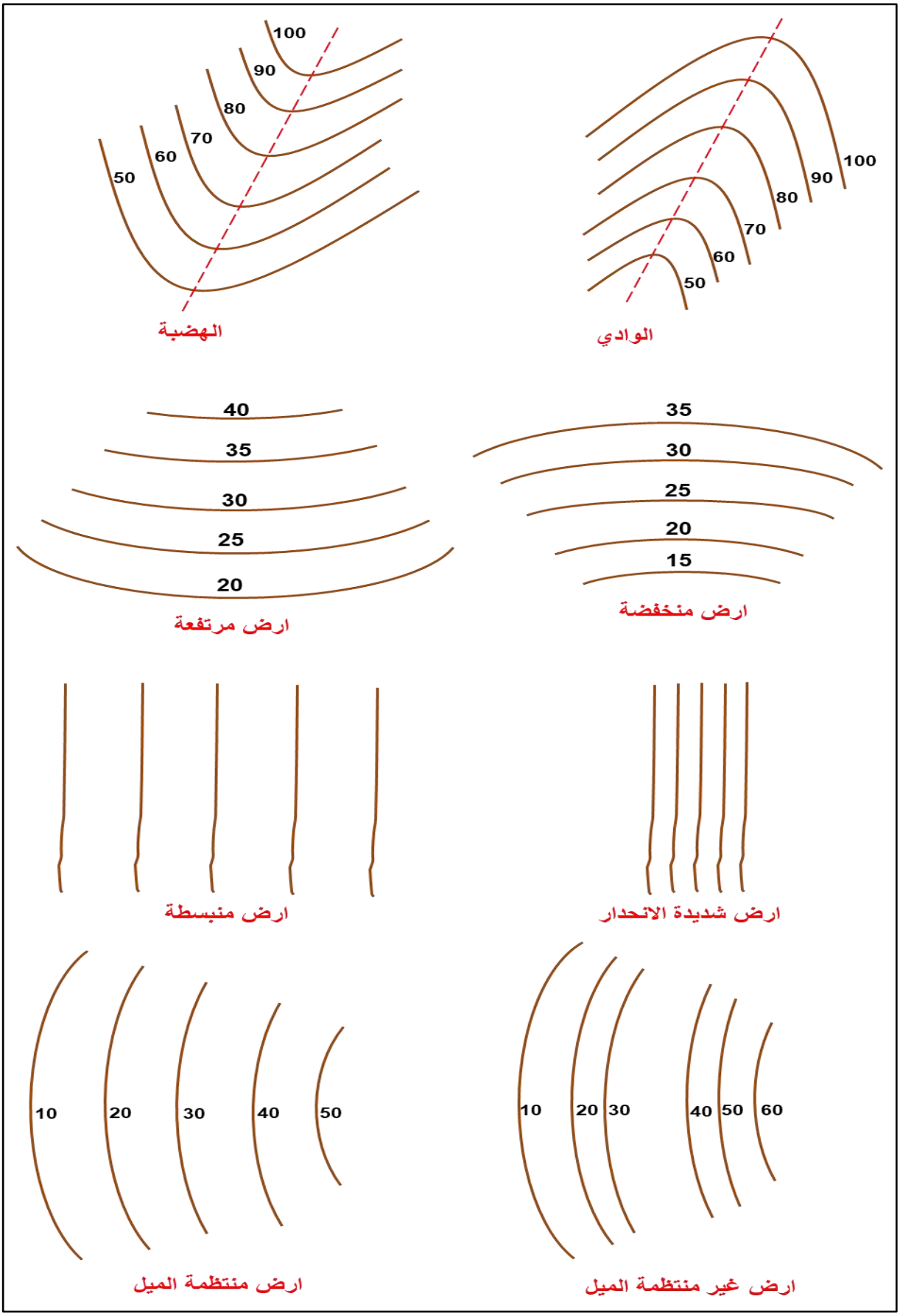
2 – 5 خصائص الخطوط الكنتورية Contour Lines Characteristics

تساعد معرفة خصائص خطوط الكنتور في تفسير وفهم التضاريس في الخريطة بكل سهولة ووضوح ومنها ، كما في الشكلين (2 – 12، أ) و (2 – 12، ب):

1. الخطوط الكنتورية لا تنتهي اما يغلق الخط على نفسه او ينتهي عند حافة (حدود) الخريطة أي لا يوجد منطقة مقطوعة (خطوط مقطوعة) داخل الخريطة الكنتورية .
2. جميع النقاط الواقعة على خط الكنتور الواحد لها نفس المنسوب (الارتفاع) وهو منسوب خط الكنتور .
3. الخط الكنتوري الواحد لا يتفرع ولكن هناك حالات قد تبدو فيها متفرعة كما هو الحال في بداية ونهاية الجرف العمودي .
4. لا تتقاطع الخطوط الكنتورية ذات الارتفاعات المختلفة مع بعضها ولكن ممكن أن تظهر كأنه متقاطعة إذ يكون هنالك أكثر من مستوى للخطوط في حالات مثل الكهف او المنجم ، إذ في تلك الحالة يكون الخط الكنتوري بشكل خط منقط (خط مخفي Hidden Line) عند وقوعه داخل المنجم او الكهف ، ولا تلتقي ولا تقطع حدود المباني .
5. لا يمكن لخطين كنتوريين يتحدان ويستمران كخط واحد لكن في بعض الاحيان الخطوط الكنتورية تكاد تتجمع أو تتماس في نقطة واحدة وتبدو كما لو كانت مدمجة مثل الشلالات والجرف العمودي.
6. في حالة الاودية تكون الخطوط الكنتورية بشكل حرف V ويكون التقعر للأسفل ، اما في حالة الهضاب فتكون على شكل حرف U ويكون التقعر للأعلى .
7. تدل الخطوط الكنتورية المغلقة التي تتزايد (ارقام) مناسيبها من الداخل الى الخارج على منخفض، اما التي تتزايد من الخارج الى الداخل على مرتفع .
8. اذا كانت خطوط الكنتور شديدة التعرج دل ذلك على وعورة الارض .
9. انحدار الارض يتناسب عكسياً والمسافة الأفقية ما بين الخطوط الكنتورية أي أن :
   أ. كلما كانت الخطوط الكنتورية متقاربة تعني ان سطح الارض ذات ميل شديد الانحدار .
   ب. وكلما كانت الخطوط متباعدة فهذا يعني ان ميل سطح الارض قليل الانحدار .
   ج. اذا كانت الخطوط الكنتورية مستقيمة ومتوازية والمسافة الأفقية بينها متساوية هذا يعني ان الارض مستوية نسبياً ومنحدرة انحدار منتظم .
10. ترسم الخطوط الكنتورية باليد وبدون الحاجة الى استخدام المنحنيات او الفرجال ، ويرسم كل خط كنتوري خامس أسمك (أغمق) من بقية الخطوط ، وترسم الخطوط ايضاً باستخدام برامج الرسم على الحاسوب .



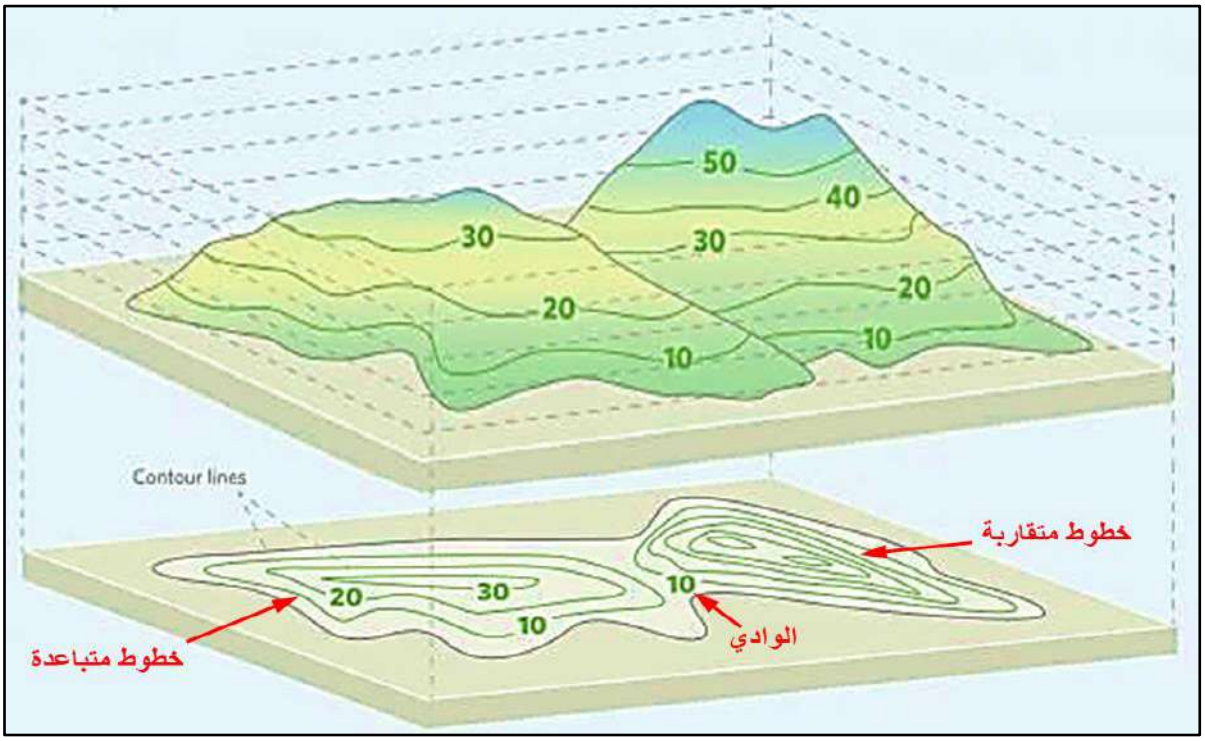
الشكل (2 – 12، أ) بعض خصائص الخطوط الكنتورية



الشكل (2 – 12، ب) بعض خصائص الخطوط الكنتورية

2 – 6 رسم الخرائط الكنتورية Contour Maps Drawing

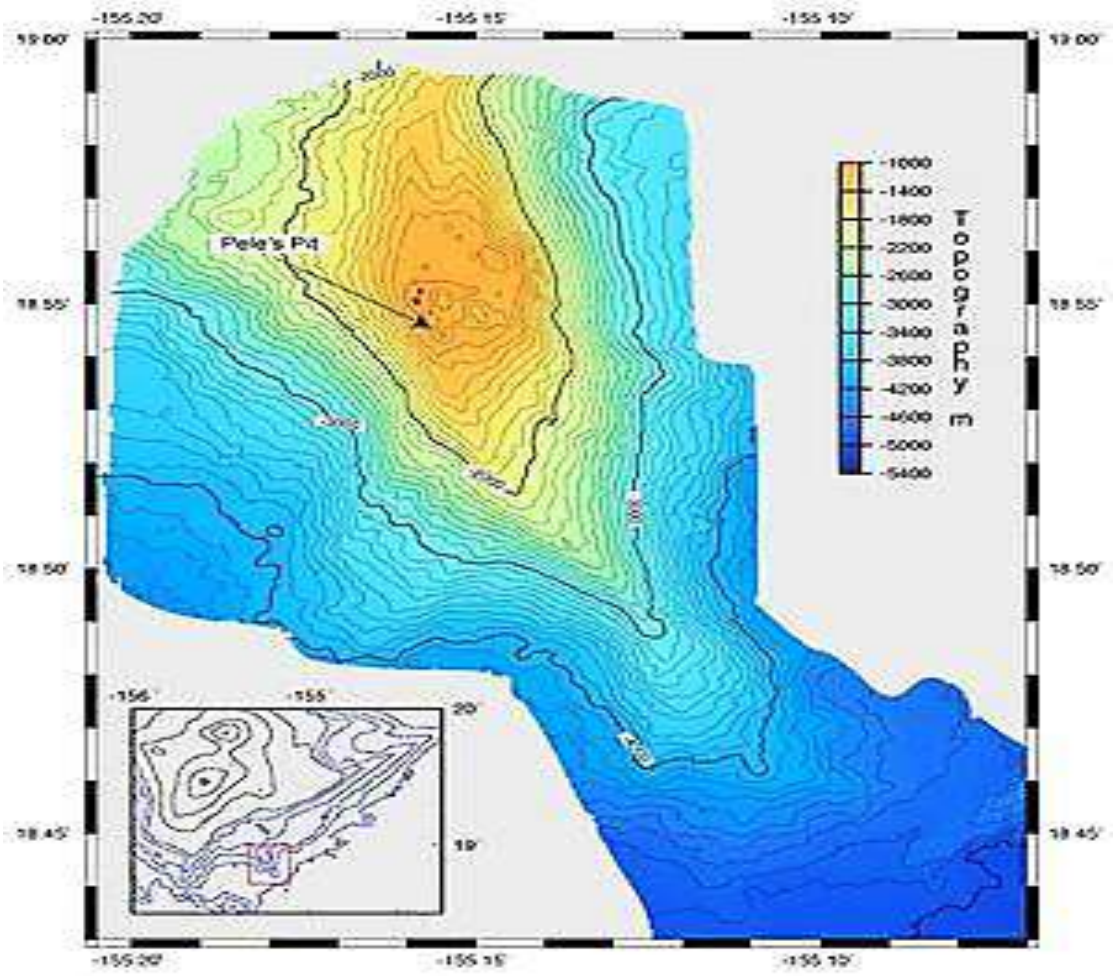
هو رسم ارتفاعات وانخفاضات تضاريس سطح الارض (العوارض الطبيعية) بشكل يبرز التضاريس لتكون اقرب للحقيقة عن طريق رسم وتمرير خطوط متعرجة (منحنية) بنقاط ذات ارتفاعات (مناسيب) متساوية ، وترسم الخطوط باليد (بدون استعمال الادوات الهندسية) أو باستعمال برامج الحاسوب المختلفة ومنها (AutoCAD , Surfer , ArcGIS) ، وهذه الخطوط مرتبة بحيث يمكن تصور شكل سطح الأرض بدقة أكبر ويمكن تفسيرها بسهولة ، إذ تدل الخطوط الكنتورية المتقاربة ان سطح الارض ذات ميل شديد الانحدار ، وإما الخطوط الكنتورية المتباعدة فهذا يعني ان ميل سطح الارض قليل الانحدار ، كما في الشكل (2 - 13).



الشكل (2 - 13) الخطوط الكنتورية تمثل الارتفاعات (التضاريس الارضية)

1- الفسحة الكنتورية (Horizontal Interval) : هي المسافة الافقية بين كل خطين كنتوريين متتاليين وتختلف المسافة بين الخطوط حسب شدة انحدار الأرض وكلما انحدرت الأرض كلما قلت المسافة الأفقية ، ويرمز لها (S) .

مستوى سطح البحر : هو المرجع الاساسي لحساب ارتفاعات وانخفاضات المناسيب ، إذ ترسم الخطوط بالون البني لتدل على الارتفاعات فوق مستوى سطح البحر ، وأما إذا كانت تحت مستوى سطح البحر تسمى خطوط الكنتور (منحنيات الأعماق) وتكون الخطوط باللون الازرق ، كما في الشكل (2 - 14) .



الشكل (2 - 14) يوضح الخطوط الكنتورية باللون الازرق لمنحنيات الاعماق .

2- الفترة الكنتورية (Vertical Interval): عبارة عن المسافة الرأسية (العمودية) بين كل خطين كنتوريين متتاليين ، أي هي الفرق في الارتفاع بين خطوط الكنتور وتسمى أحياناً بالفاصل الكنتوري، ويرمز لها (I) . فإذا كانت مناسيب الخطوط الكنتورية (10 , 20 , 30 , ...) فأن الفترة الكنتورية هي 10 م لأنها الفرق بين اي منسوبين لخطين متتاليين .

ولا تتغير الفترة الكنتورية في الخريطة الواحدة . ويتم تجنب الفترة الكنتورية المتغيرة في الخريطة لأنه يعطي انطباعاً خاطئاً عن الانحدار النسبي للأرض في أجزاء مختلفة من الخريطة.

إن الفترة الكنتورية تؤثر على درجة وضوح تفاصيل تضاريس سطح الارض على الخريطة ، حيث كلما كانت الفترة الكنتورية أصغر كلما تم تحديد التضاريس بدقة على الخريطة ، أن الخطأ القياسي للخطوط الكنتورية من ثلث إلى ربع الفترة الكنتورية. وتعتمد الفترة الكنتورية على مقياس الرسم فمثلاً الفترة الكنتورية 2 متر لخريطة بمقياس رسم 1: 24000 وهكذا .

يتم اختيار الفترة الكنتورية قبل البدء بعمليات المسح الطبوغرافي ورسم الخطوط الكنتورية ، ويعتمد اختيار الفترة الكنتورية على العوامل التالية :

1. مقياس رسم الخريطة (Scale of the map) : تتناسب الفترة الكنتورية عكسياً مع مقياس رسم الخريطة ، أي كلما كبر مقياس الرسم قلت الفترة الكنتورية والعكس صحيح ، كما في الجدول (2 – 1) .
2. الدقة والغرض من الخريطة (Accuracy & Purpose of the map) : تكون الفترة الكنتورية صغيرة في المشاريع الهندسية الدقيقة وفي تسوية الاراضي الزراعية ، أي تصغر الفترة الكنتورية كلما كثرت المعلومات والتفاصيل المطلوبة ، ويتأثر مقدار الفترة الكنتورية بمقدار دقة الخريطة فكلما زادت الدقة قلت الفترة الكنتورية والعكس صحيح .
1. طبيعة سطح الارض (Nature of the earth) : تختلف الفترة الكنتورية بإختلاف تضاريس المنطقة حيث تكون كبيرة للأراضي شديدة الإنحدار مثل المناطق الجبلية ، وصغيرة للأراضي المسطحة مثل المناطق المستوية او المنبسطة ، كما في الجدول (2 – 1) .
2. الوقت والكلفة (The time and expense) : تكون الفترة الكنتورية كبيرة عندما يكون الوقت قصير ، وعندما تكون الكلفة قليلة ومحدودة.
3. مساحة الخريطة (Area of the map): توثر مساحة المنطقة على اختيار الفترة الكنتورية ، فعندما تكون مساحة الخريطة كبيرة فإن الفترة الكنتورية تكون كبيرة نسبياً .

جدول (2 – 1) مقدار الفترات الكنتورية بالاعتماد على مقياس رسم الخريطة وطبيعة سطح الارض (للاطلاع)

المقياس	انحدار الأرض	الفترة الكنتورية
1:1000	الأرض المنبسطة	0.25 m
	الأرض المتموجة	0.50 m
	كثيرة التموج	1.00 m
1:5000 1:10000	الأرض المنبسطة	1.00 m
	الأرض المتموجة	1.25 m
	كثيرة التموج	2.50 m
1:15000	الأرض المنبسطة	3.50 m
	الأرض المتموجة	5 – 10 m
	كثيرة التموج	10 – 20 m
	الجبلية	25 – 50 m

انواع الخطوط الكنتورية :

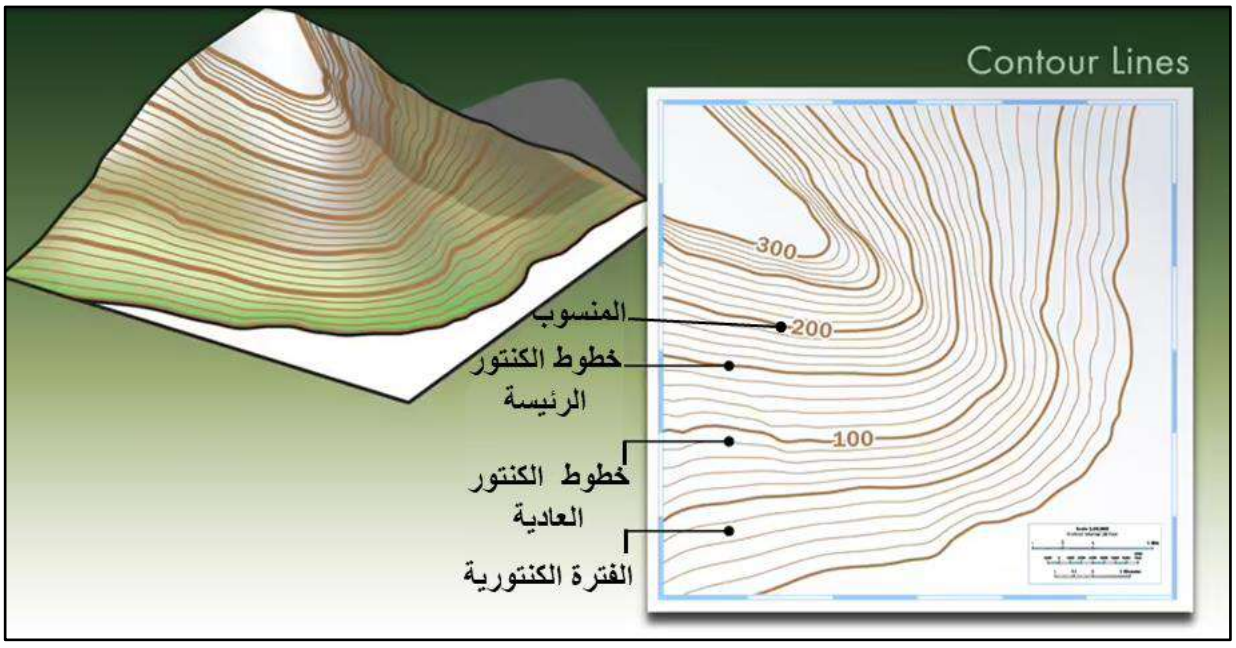
ان انواع الخطوط الكنتورية متعددة ، وهي ، كما في الشكل رقم (2 – 15)

1- خطوط الكنتور الرئيسة (Index Contours): عبارة عن خطوط منحنية سميكة مقارنة بالخطوط الاخرى وتكون دائماً مرقمة برقم منسوبها ، ويسمى احياناً خط الكنتور الدليل .

2- خطوط الكنتور العادية المتوسطة (Intermediate Contours): وهي خطوط رفيعة تتخلل خطوط الكنتور الرئيسة بحيث تكون بين خط كنتور رئيسي وآخر (4) خطوط كنتور متوسطة.

3- خطوط الكنتور الإضافية (Supplementary Contours): تستعمل في خرائط المناطق الصحراوية عندما تكون المسافات بين خطوط الكنتور الرئيسة والفرعية كبيرة جداً فيتم إضافة هذا النوع الثالث من خطوط الكنتور لإظهار ما أهملته خطوط الكنتور الرئيسة والعادية.

يتم كتابة المناسيب على خطوط الكنتور بشكل منظم أما فوق خط الكنتور أو على الخط نفسه وذلك بقطع فاصل صغيرة في الخط وتوضع ارقام المناسيب في مكان تقل فيه تعرجات الخطوط .



الشكل (2 – 15) انواع الخطوط الكنتورية ، وطريقة كتابة المناسيب

طرائق تعيين الخطوط الكنتورية :

إن تحديد ورسم الخطوط الكنتورية يكون بحساب مناسيب النقاط وتحديد احداثياتها (موقعها الافقي) ، ويتم ذلك بطريقتين :

1- **الطريقة المباشرة :** في هذه الطريقة تثبت الخطوط الكنتورية حقلياً أي تعيين النقاط التي لها نفس المنسوب في الحقل مباشرة عن طريق المسوحات الارضية باستعمال الاجهزة المساحية مثل (جهاز

التسوية ، جهاز الثيودولايت ، جهاز المحطة المتكاملة ، ... الخ) او عن طريق المسح الجوي وغيرها من المسوحات الطبوغرافية الاخرى ، وهي طريقة دقيقة للغاية ولكنها مملة وتستغرق وقتاً طويلاً .

تُعد الطرق المباشرة مفيدة للخرائط ذات الفترات الكنتورية الصغيرة ، وعندما تكون درجة الدقة المطلوبة عالية في تحديد تضاريس سطح الارض . عادةً ما يتم إستخدام هذه الطريقة لعمل خرائط للمناطق الصغيرة ذات التفاصيل الدقيقة . ويمكن إستخدام هذه الطريقة في المسوحات الكبيرة إذا كانت الأرض مسطحة نسبياً ويكون هناك عدد قليل من الخطوط .

2- **الطريقة غير المباشرة :** يتم في هذه الطريقة تحديد إرتفاعات (مناسيب) عدد من النقاط الارضية على امتداد شبكة من الخطوط المستقيمة يتم اختيارها بحيث تمثل جميع تضاريس المنطقة المطلوب عمل خريطة لها بما فيها من إرتفاع او إنخفاض او تغير في الانحدار وتعيين مواقعها ، وهذه الطريقة مفضلة لأنها ليست مملة وتستغرق وقت أقل بالرغم من دقتها تكون اقل من الطريقة المباشرة ، وتستعمل في معظم الاعمال المساحية لسهولتها عن الطرق المباشرة .

ومن هذه الطرائق :

أ ـ طريقة التسوية الشبكية (طريقة المربعات) Grid Method : وهي شائعة الاستعمال في رسم الخرائط الكنتورية للمناطق الشبه مستوية (مسطحة) وذلك بتقسيم المنطقة بشكل مربعات او مستطيلات ، وإن طول الضلع للمربع او ابعاد المستطيل يتحدد حسب طبيعة الارض والدقة المطلوبة ، إذ يتم قياس ارتفاعات (مناسيب) اركان الشبكة باستخدام الاجهزة المساحية الدقيقة .

ب ـ طريقة النقاط المتفرقة (غير المنتظمة) Irregular Methods : ويتم فيها إختيار النقاط على اساس انها تمثل شكل (طبوغرافية) الارض ، ويكون توزيع هذه النقاط بشكل غير منتظم ، وبعدها يتم تثبيت مواقع النقاط (الاحداثيات) وقياس وارتفاع كل نقطة من هذه النقاط ، إي (X , Y , Z).

ج ـ طريقة المقاطع الطولية والعرضية Profile and cross section method : تستعمل في مسح المسارات (الطرق والسكك الحديدية والقنوات) وذلك لان المساحات صغيرة على جانبي الخط المركزي للمسار لحساب أعمال الحفر والردم .

د ـ طريقة الاشعاع Radial Method : تمثل الطريقة الشعاعية الطرق غير المنتظمة في تحديد نقاط معينة يتم اختيار موقعها وقياس البعد (الارتفاع) الثالث (X,Y,Z) ، إذ تؤخذ مجموعة من الاشعة وعلى كل شعاع مجموعة من النقاط بحيث تعطي أفضل تمثيل لطبوغرافية الأرض باستعمال الاجهزة المساحية المختلفة .

ان الخطوات الواجب اتباعها لرسم الخطوط الكنتورية لتكوين خريطة كنتورية لموقع ما ، هي :

أ. تنفيذ الميزانية الشبكية للمنطقة المطلوب انشاء خريطة لها .

ب. توقيع مناسيب النقاط على الخريطة .

ج. رسم الخطوط الكنتورية : ان رسم الخطوط الكنتورية يكون وفق مقياس الرسم المطلوب ، ويكون الرسم بطرق متعددة ، ومنها :

1. الطريقة الحسابية .
2. الطريقة البيانية (النسبة والتناسب) .
3. طريقة التخمين (التقدير) .
4. طريقة رسم خطوط الكنتور باستخدام برامج الحاسوب ومنها (Surfer , AutoCAD) .

الطريقة الحسابية :

تعتمد هذه الطريقة لرسم الخطوط الكنتورية على نقاط معلومة المنسوب مسبقاً ، وهي مناسبة للشبكات الصغيرة وعدد المربعات أو المستطيلات محدود ، وتستعمل مع المناطق التي يكون فيها سطح الارض ذات انحدار منتظم وثابت ، وهذه الطريقة دقيقة لكنها تستغرق وقت طويل لتحديد مواقع نقاط الخطوط الكنتورية ورسمها ايضاً . سنتناول شرح هذه الطريقة بالتفصيل .

ويتم اتباع الخطوات التالية لرسم الخطوط الكنتورية بهذه الطريقة :

1. تحديد وكتابة رقم منسوب كل نقطة على اركان (زوايا) الشبكة في ورقة الرسم (الورق البياني) ، وذلك بكتابة الاحرف (A , B , C , ...) على نقاط الشبكة عمودياً والارقام (1 , 2 , 3 , ...) افقياً ، إذ يكون لكل ركن تسمية خاص به بالحرف والرقم.
2. تحديد اوطأ منسوب نقطة وأعلى منسوب نقطة في الشبكة وذلك لمعرفة عدد الخطوط الكنتورية ، وتحديد الخط الكنتوري الذي سوف يبدأ به الرسم وايضا الخط الذي سينتهي به الرسم ، بالاعتماد على الفترة الكنتورية .
3. يُحسب فرق الارتفاع (المنسوب) بين كل نقطتين افقياً وعمودياً والمسافة بينهما (طول ضلع المربع او المستطيل) .
4. تعيين الخطوط الكنتورية عن طريق ايجاد وتحديد مواقع نقاط خط الكنتور بين النقاط المعلومة المنسوب مسبقاً بواسطة القانون الآتي :

$$(X) = \frac{\Delta h}{\Delta H} \times d$$

(X) = موقع خط الكنتور بين النقطتين .

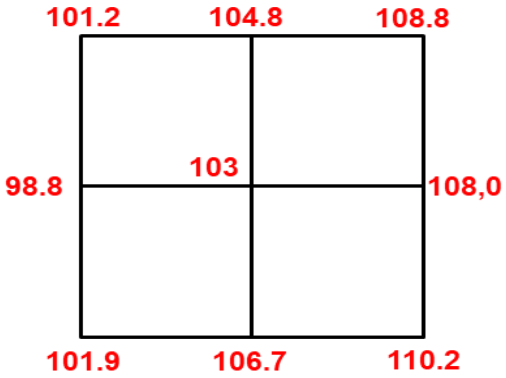
(d) = المسافة بين النقطتين (طول ضلع المربع) .

(Δh) الفرق بين منسوب خط الكنتور المطلوب وأوطأ منسوب بين النقطتين . (Δh) = (C – L)

(ΔH) = فرق المنسوب بين النقطتين (اعلى منسوب – اوطأ منسوب). (ΔH) = (U – L)

5. بعد الانتهاء من أيجاد مناسيب نقاط جميع الخطوط الكنتورية المطلوب رسمها ، يتم التوصيل بين النقاط (ذات المناسيب المتساوية) لنحصل على خط الكنتور الذي يمثلها ، ثم يتم حذف خطوط الشبكة وارقام المناسيب الاخرى ، مع مراعاة خصائص خطوط الكنتور عند التوصيل بين النقاط .

مثال (2 – 1) : اجريت تسوية شبكية لمشروع ، فكانت مناسيب النقاط كما مبين في الشكل ادناه ، **المطلوب :** ايجاد عدد الخطوط الكنتورية ومناسيبها ، بفترة كنتورية مقدارها 2 متر ؟



الحل : عدد الخطوط الكنتورية (بدون التكرار) = $\frac{\text{أعلى منسوب – أوطأ منسوب}}{\text{الفترة الكنتورية}}$

عدد الخطوط الكنتورية = $\frac{98.8 - 110.2}{2}$ = $\frac{11.4}{2}$ = 5.7 ≈ 6 خطوط

لو فرضنا ان النتيجة كانت مثلا 4.2 فلا يوجد جزء من خط وإنما خط كامل لذا تُقرب للأكبر إلى 5 ، يكون التقريب دائما لأعلى قيمة .

مقدار منسوب خط الكنتور الأول = تقريب أوطأ منسوب في الشبكة إلى أقرب مقدار للخط الكنتوري

مقدار منسوب الخط الاول = 98.8 ≈ 100 م

(نظراً لكون أوطأ منسوب عدد عشري تم تقريبه للأكبر ويفضل الأعداد الصحيحة)

مقدار منسوب الخط الثاني = مقدار منسوب الخط الأول + الفترة الكنتورية = 100 + 2 = 102 م

مقدار منسوب الخط الثالث = مقدار منسوب الخط الثاني + الفترة الكنتورية = 102 + 2 = 104 م

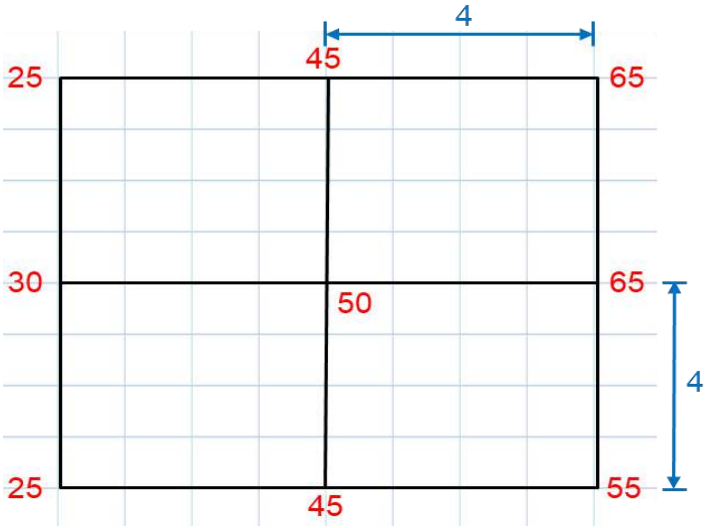
مقدار منسوب الخط الرابع = مقدار منسوب الخط الثالث + الفترة الكنتورية = 104 + 2 = 106 م

مقدار منسوب الخط الخامس = مقدار منسوب الخط الرابع + الفترة الكنتورية = 106 + 2 = 108 م

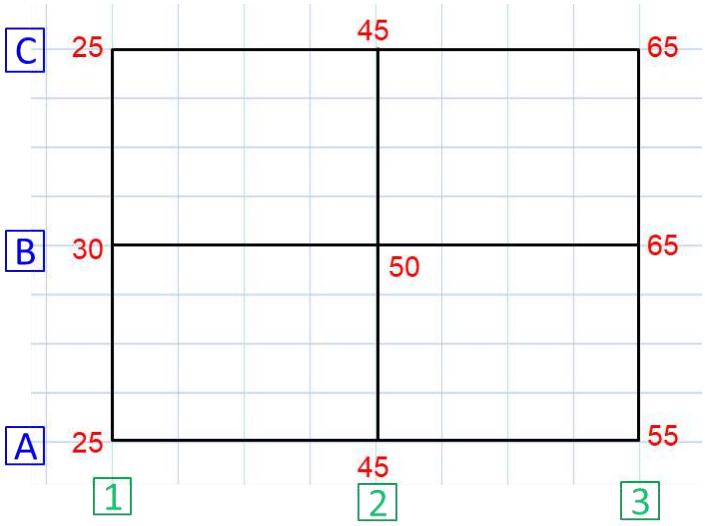
مقدار منسوب الخط السادس = مقدار منسوب الخط الخامس + الفترة الكنتورية = 108 + 2 = 110 م

ملاحظة : إن أقل مقدار للخطوط الكنتورية يجب أن يكون أكبر من أوطأ منسوب ، وأعلى مقدار للخطوط الكنتورية يجب أن يكون أقل من أعلى منسوب.

مثال (2 – 2) : أجريت تسوية شبكية لقطعة أرض ، وكانت مناسيب النقاط كما مبين في الشكل ادناه ، **المطلوب :** رسم خطوط الكنتور بفترة كنتورية مقدارها 10 متر وبمقياس رسم (1 : 100) باستخدام الطريقة الحسابية ؟



الحل : 1. اعادة رسم الشبكة مع كتابة المناسيب والاحرف والارقام عليها :



2. ايجاد عدد الخطوط الكنتورية ومناسيبها :

$$\text{عدد الخطوط الكنتورية (بدون التكرار)} = \frac{\text{أعلى منسوب – أوطأ منسوب}}{\text{الفترة الكنتورية}}$$

$$\text{عدد الخطوط الكنتورية} = \frac{25-65}{10} = \frac{40}{10} = 4 \text{ خطوط}$$

مقدار منسوب خط الكنتور الأول = تقريب أوطأ منسوب في الشبكة إلى أقرب مقدار للخط الكنتوري

مقدار منسوب الخط الاول = 25 ≈ 30 م

مقدار منسوب الخط الثاني = مقدار منسوب الخط الأول + الفترة الكنتورية = 30 + 10 = 40 م

مقدار منسوب الخط الثالث = مقدار منسوب الخط الثاني + الفترة الكنتورية = 40 + 10 = 50 م

مقدار منسوب الخط الرابع = مقدار منسوب الخط الثالث + الفترة الكنتورية = 50 + 10 = 60 م

3. المسافة بين كل نقطتين (طول الضلع للمربع) d = 4 م

4. ايجاد وتحديد مواقع نقاط خط الكنتور (X) بين النقاط المعلومة المنسوب بواسطة القانون الآتي :

$$(X) = \frac{\Delta h}{\Delta H} \times d$$

$$(X) = \frac{(C - L)}{(U - L)} \times d$$

خط الكنتور الاول (X 30) $\qquad (X30) \longrightarrow (A1A2) = \frac{(30-25)}{(45-25)} \times 4$

* بما أن مقياس الرسم (1 : 100) اذن كل 1 cm = 1 m لان 100 cm = 1 m

1 $(X30) = \frac{5}{20} \times 4 = 0.25 \times 4 = 1\text{m} = \frac{100}{100} = 1 \text{ cm}$

$$(X30) \longrightarrow (A1B1) = \frac{(30-25)}{(30-25)} \times 4$$

2 $(X30) = \frac{5}{5} \times 4 = 1 \times 4 = 4 \text{ m} = 4 \text{ cm}$

$$(X30) \longrightarrow (C1C2) = \frac{(30-25)}{(45-25)} \times 4$$

3 $$(X30) = \frac{5}{20} \times 4 = 0.25 \times 4 = 1m = 1\ cm$$

$$(X40) \longrightarrow (A1A2) = \frac{(40-25)}{(45-25)} \times 4$$ (X40) خط الكنتور الثاني

4 $$(X40) = \frac{15}{20} \times 4 = 0.75 \times 4 = 3\ m = 3\ cm$$

$$(X40) \longrightarrow (B1B2) = \frac{(40-30)}{(50-30)} \times 4$$

5 $$(X40) = \frac{10}{20} \times 4 = 0.5 \times 4 = 2\ m = 2\ cm$$

$$(X40) \longrightarrow (C1C2) = \frac{(40-25)}{(45-25)} \times 4$$

6 $$(X40) = \frac{15}{20} \times 4 = 0.75 \times 4 = 3\ m = 3\ cm$$

$$(X50) \longrightarrow (A2A3) = \frac{(50-45)}{(55-45)} \times 4$$ (X50) خط الكنتور الثالث

7 $$(X50) = \frac{5}{10} \times 4 = 0.5 \times 4 = 2\ m = 2\ cm$$

$$(50X) \longrightarrow (A2B2) = \frac{(50-45)}{(50-45)} \times 4$$

8 $$(X50) = \frac{5}{5} \times 4 = 1 \times 4 = 4\ m = 4\ cm$$

$$(X50) \longrightarrow (C2C3) = \frac{(50-45)}{(65-45)} \times 4$$

$$9\ (X50) = \frac{5}{20} \times 4 = 0.25 \times 4 = 1\ m = 1\ cm$$

خط الكنتور الرابع (X60) $\longrightarrow$ $(X60) \longrightarrow (A3B3) = \frac{(60-55)}{(65-55)} \times 4$

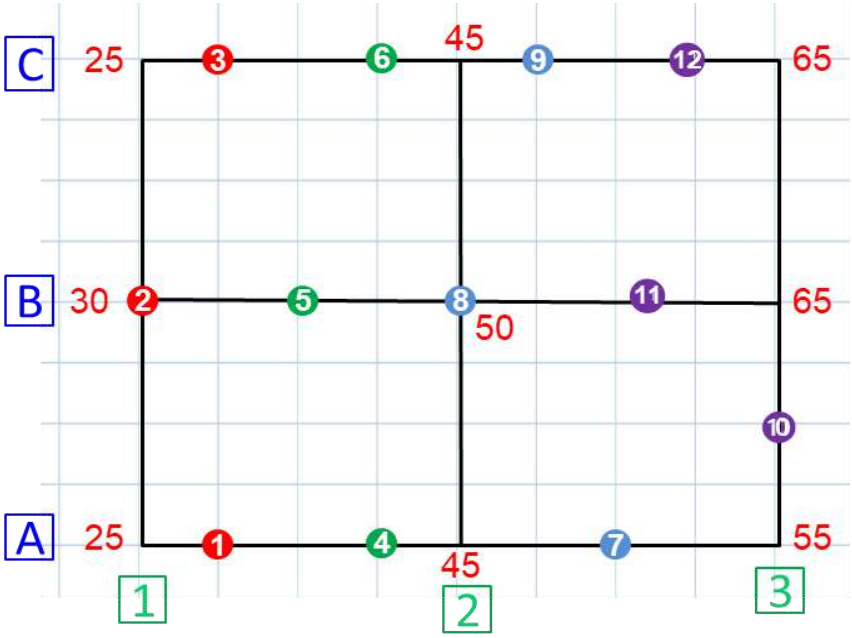
$$10\ (X60) = \frac{5}{10} \times 4 = 0.5 \times 4 = 2\ m = 2\ cm$$

$$(X60) \longrightarrow (B2B3) = \frac{(60-50)}{(65-50)} \times 4$$

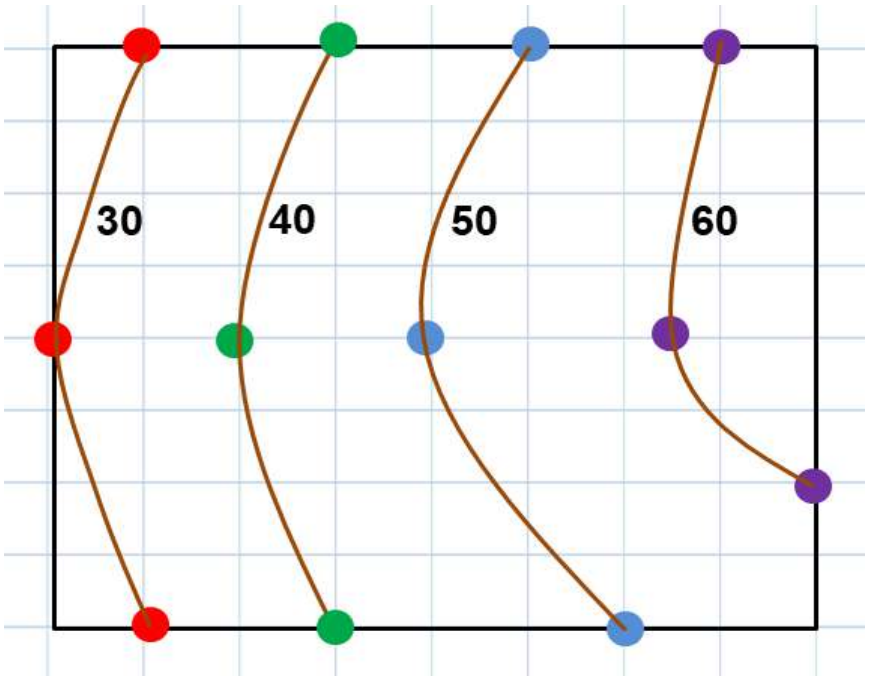
$$11\ (X60) = \frac{10}{15} \times 4 = 0.6 \times 4 = 2.4\ m = 2.4\ cm$$

$$(X60) \longrightarrow (C2C3) = \frac{(60-45)}{(65-45)} \times 4$$

$$12\ (X60) = \frac{15}{20} \times 4 = 0.75 \times 4 = 3\ m = 3\ cm$$



5. توصيل النقاط ذات المناسيب المتساوية لنحصل على الخطوط الكنتورية لتكوين الخريطة الكنتورية ، مع حذف ارقام مناسيب وخطوط الشبكة ، وكتابة مناسيب الخطوط الكنتورية :



ملاحظة : يفضل قبل البدء بخطوات ايجاد وتحديد مواقع النقاط للخطوط الكنتورية (خطوة رقم 4) ان يتم رسم الخطوط بالطريقة التقريبية كما تم شرحه في المرحلة الثانية في كتاب التدريب العملي والرسم الصناعي وذلك لسهولة وسرعة تخمين مواقع النقاط ومعرفة الاضلاع التي تمر منها الخطوط الكنتورية.

لابد من الإشارة هنا إلى انه مع التطور الحاصل في استخدام برامج الحاسوب ، يتم في الوقت الحاضر الرسم للخريطة الكنتورية باستخدام برامج الحاسوب المختلفة (AutoCAD , Surfer , ArcGIS) ، إلا ان اكثر البرامج استخداماً هو (Surfer) حيث يتم ادخال البيانات بشكل رقمي للنقاط التي تمثل الارتفاعات (Z) والإحداثيات الأفقية (X , Y) ، ويسمى بالتمثيل الرقمي لطبوغرافية الأرض ، ويعد الرسم باستعمال الحاسوب من اسهل الطرق وادقها لرسم الخطوط الكنتورية.

بعد الانتهاء من رسم الخطوط الكنتورية ووضع ارقام المناسيب عليها تتكون لدينا الخريطة الكنتورية والتي هي حالة خاصة من الخريطة الطبوغرافية ، إذ يتم إنشاء الخريطة الكنتورية لتمثيل تضاريس سطح الأرض بأبعاد ثلاثية على اساس نقط المناسيب ولكن شرط ان تكون هذه النقط كافية لتمثيل التضاريس الحقيقية لأشكال سطح الارض خاصة اذا كانت المنطقة كثيرة التضاريس فتكون تضاريس هذه الخرائط قابلة للقياس لأنها تبين مناسيب النقاط الأرضية بشكل مباشرة .

من المهم الاهتمام بتفاصيل الرسم والتحقق من الدقة والاتساق في الخطوط المرسومة ، حيث ان الاخطاء الصغيرة بالرسم تؤدي الى تشويش الخريطة الكلية وبالتالي تقليل دقتها .

استعمالات الخرائط الكنتورية :

تستعمل الخرائط الكنتورية بصورة واسعة في الكثير من القطاعات الهندسية والزراعية والعسكرية ، واهم هذه الاستعمالات هي :

1- استخدامها في تخطيط وتنفيذ المشاريع الهندسية المختلفة ، وتخطيط المدن .
2- الحصول على القطاعات الطولية والعرضية من الخطوط الكنتورية مباشرة ، وتعيين سطح الارض وتحديد محاور الطرق .
3- تعيين كميات الاعمال الترابية وتخطيط وتصميم سعة الخزانات واماكن السدود ومواقع الخزانات وقنوات المياه وخطوط النقل وما إلى ذلك .
4- تسوية الاراضي الزراعية للري وغيرها .
5- تخطيط العمليات الحربية .

2 – 7 إنتاج الخرائط الكنتورية Contour Maps Production

هي عملية إنتاج خرائط تمثل الارتفاعات والانخفاضات (التضاريس) المختلفة للأرض الطبيعية باستعمال الخطوط الكنتورية ، ويُعد إنتاج هذه الخرائط قاعدة بيانات اساسية للكثير من الاعمال المساحية المختلفة ، وبالتالي كثرة وتنوع البيانات التي تحتويها ليتم استخدامها في العديد من التطبيقات والمجالات المتنوعة ، فالخريطة الكنتورية هي الخريطة التي توضح ارتفاع الارض على سطح ورقي مسطح وهي الطريقة الملائمة لتصور التضاريس المسطحة والمنحدرة . ويمكن انتاج الخرائط الكنتورية بإستخدام احد الطرق الآتية :

1. استخدام الصور الجوية والاقمار الاصطناعية : حيث يتم تحليل الصور وتحديد الارتفاعات بشكل آلي و رقمي للمعلومات وبعدها ترسم الخريطة وتنتج بناءً على هذه الصور والمعلومات.
2. استخدام اجهزة الاستشعار الليزرية الليدار (Lidar) : ترسل هذه الاجهزة إشارات ليزرية نحو الارض لترتد عن الارض ويتم تسجيل البيانات ، و معالجتها وتحليلها بواسطة الحاسوب لرسم و إنتاج الخريطة .
3. استخدام اجهزة (GPS) : يتم تحديد الاحداثيات الدقيقة لنقاط مختلفة على الارض ، ومن ثم ترسم الخريطة باستخدام برامج الحاسوب بناءً على هذه البيانات (المعلومات) ، ثم يتم إنتاج الخريطة .
4. باستخدام الادوات والاجهزة المساحية (المستخدم في العمل الحقلي) : تستخدم أجهزة المسح الطبوغرافي المباشر وادواته (Field Surveying) ومنها اجهزة التسوية (Level) واجهزة

المحطة المتكاملة (Total Station) ، إذ يتم الحصول على احداثيات النقاط المختارة والقياسات الاخرى المطلوبة في موقع العمل وبعدها رسم الخطوط الكنتورية ، ثم إنتاج الخريطة .

ومن الجدير بالذكر أن التقنيات الحديثة مثل الاستشعار عن بعد Remote Sensing ونظم المعلومات الجغرافية GIS وبرامجها الحاسوبية جعلت من إنتاج هذه الخرائط أكثر دقة وسهولة من ذي قبل.

وتُنتج الخرائط الكنتورية بمقاييس رسم متعددة حسب طبيعة العمل ودقته ومساحته وشكل الارض والمنحدرات (التضاريس) والمناسيب المختارة أو المطلوبة لإنجاز العمل .

يجب ان تُنتج الخرائط النهائية مباشرة من البيانات الرقمية أو الحقلية بأعلى مواصفات رسم الخرائط ووفقاً للمعايير الصحيحة والدقيقة ، إذ ان عملية إنتاج الخريطة الكنتورية ناتجة من تحويل البيانات والقياسات التي تم الحصول عليها من عمليات المسح الى قياسات بشكل خريطة كنتورية تمثل تضاريس الارض الحقيقية .

مراحل انتاج الخرائط الكنتورية :

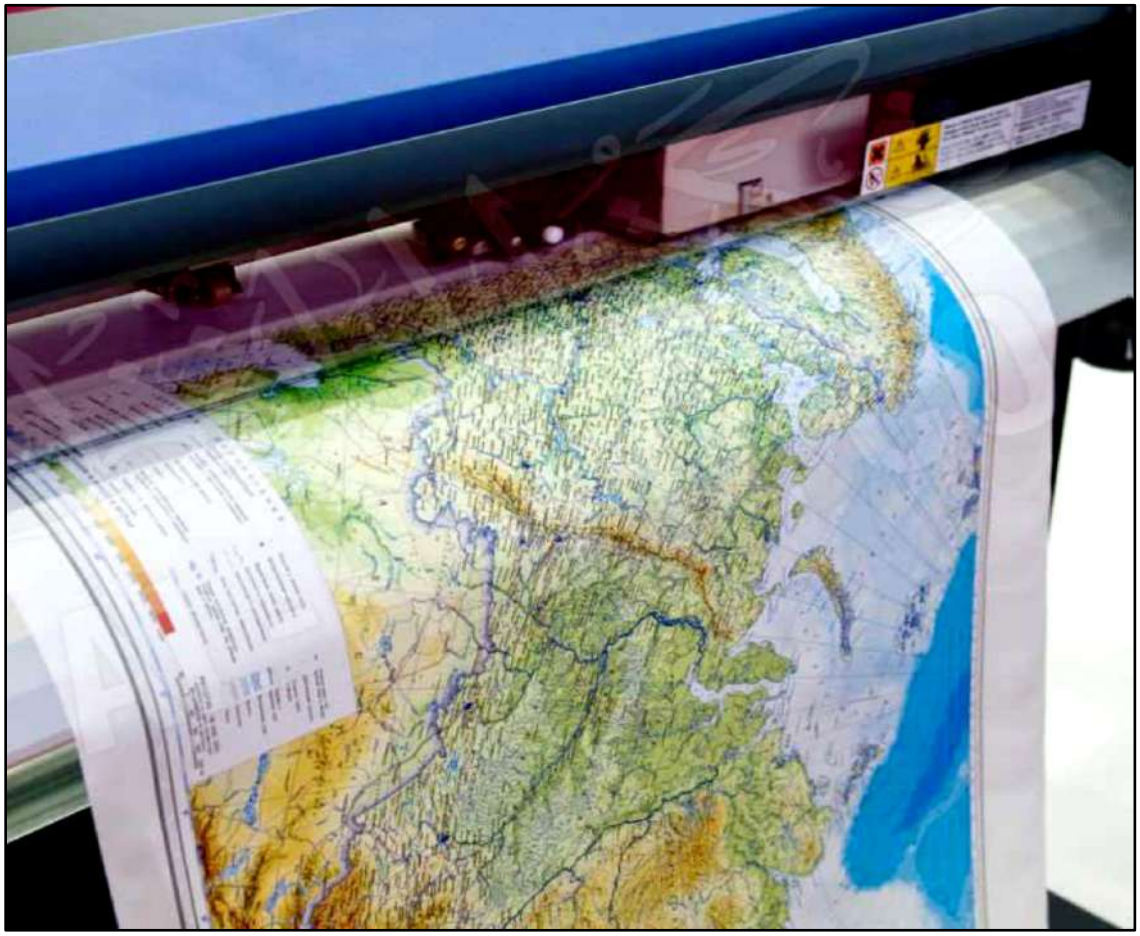
ويتلخص إنتاج الخرائط الكنتورية بعدة مراحل رئيسة وهي :

1. مرحلة جمع المصادر (البيانات والخرائط السابقة) .
2. مرحلة الرفع المساحي .
3. مرحلة المسح من خلال التصوير الجوي او الفضائي (او احد الطرق التي تم ذكرها سابقاً) .
4. مرحلة إنتاج الخريطة النهائية .
5. مرحلة الطباعة والنشر .
6. مرحلة الحفظ والتخزين .

ان إنتاج الخريطة الكنتورية يكون على نوعين هما :

1. الخريطة الورقية : هي الخريطة التي ترسم بالأدوات الهندسية لتنتج وتطبع في النهاية على لوحات ورقية وهى الأكثر شيوعاً واستخداماً ، كما في الشكل (2 – 16) .

2. الخريطة الرقمية : هي الخريطة التي يتم فيها إدخال بيانات (التضاريس والمعالم الطبيعية والاصطناعية) على هيأة طبقات أو شرائح وتحفظ بصورة رقمية إما في أجهزة الحاسب الآلي أو خارجية بإحدى وسائل حفظ البيانات مثل اقراص الحفظ (CD) أو الهارد وغيرها ، وقد يتم إنتاجها وطبعها على لوحة ورقية .



الشكل (2 – 16) طباعة الخرائط على لوحات ورقية

2 – 8 استعمالات الخرائط الطبوغرافية Uses of Topographic Maps

تستعمل الخرائط الطبوغرافية في العديد من المجالات ومنها :

1. التخطيط والتصميم الهندسي : تستعمل الخرائط الطبوغرافية في تحديد المساحات المناسبة للبناء وتخطيط الطرق وشبكات الكهرباء والصرف الصحي والمنشآت الهندسية الاخرى .
2. التنمية العمرانية : تساعد في تحديد المناطق المناسبة للتنمية العمرانية والتخطيط الحضري والتطوير السياحي .
3. حماية البيئة : تستعمل في حماية البيئة والتنبؤ بالكوارث الطبيعية وتحديد المناطق الحساسة للتلوث والتخطيط للحماية البيئية .
4. البحث العلمي : تستعمل في العديد من المجالات كالجيولوجيا والجيوفيزياء والبيئة وغيرها.

5. الاغراض العسكرية : تستعمل لتحديد المناطق الاستراتيجية وتخطيط العمليات العسكرية وتحديد المواقع العسكرية وغيرها .
6. الانشطة الرياضية والترفيهية : تستعمل في رياضة التخييم والرحلات الجبلية والصيد والرياضة المائية والمشي والتسلق وغيرها ، إذ تساعد هذه الخرائط في تحديد المناطق المناسبة لممارسة هذه الانشطة وتأمين سلامة الرياضيين والهواة .
7. علم الأرض : يستعمل لمساعدة الباحثين والطلاب والمهندسين والجيولوجيين لتعريفهم بالتضاريس الارضية والمعالم (العوارض) المختلفة ، والتخطيط الجغرافي ، ومواقع المصادر الطبيعية والمناجم وغيرها.
8. المساحة المائية : يستعمل في تعيين مواقع وسواحل البحيرات والمستنقعات والانهار وحجوم الخزانات المائية ومواقع الموانئ .

2 – 9 دقة الاعمال الطبوغرافية Accuracy of Topographic Works

تختلف دقة الاعمال الطبوغرافية حسب نوع العمل المطلوب والادوات والاجهزة المستعملة في عمليات القياس وتسجيل البيانات ، ومن الضروري أن يتم تحديد دقة العمل الطبوغرافي قبل البدء بالعمل المساحي وتحديد المعايير المطلوبة .

تتأثر دقة الاعمال الطبوغرافية في اثناء العمل المساحي بعدة عوامل وهي :

1. الأدوات والأجهزة المستعملة : تتأثر دقة الأعمال الطبوغرافية بنوع ودقة الادوات والأجهزة المستخدمة للعمل .
2. الخبرة والكفاءة الفنية للمساح : إذ يؤثر مستوى الخبرة الفنية للمساحين على دقة الاعمال .
3. كثافة الخطوط والنقاط المسجلة : تكون العلاقة طردية بين كثافة الخطوط والنقاط المختارة (المسجلة) ودقة الاعمال الطبوغرافية حيث تزداد الدقة كلما زادت كثافة الخطوط والنقاط المسجلة للعمل .
4. الظروف الجوية : يؤثر الطقس والظروف الجوية المختلفة على دقة الاعمال وذلك بتأثيرها على الاجهزة والادوات المستعملة في العمل والمساح ايضاً .
5. الوقت والكلفة : تزداد دقة الاعمال بزيادة الوقت والكلفة المخصصة لإنجاز العمل .

تختلف دقة الاعمال الطبوغرافية من منطقة الى اخرى وتعتمد على المعايير المحلية والقوانين المتبعة في كل منطقة ، وكما تختلف الدقة ايضاً حسب الغرض من العمل الطبوغرافي وبالتالي على الخريطة

الناتجة لهذا العمل ، حيث يمكن إن تحتوي خريطة طبوغرافية ذات دقة عالية على تفاصيل كثيرة ومتنوعة مثل العوارض الطبيعية والتضاريس والطرق والحدود الادارية والمنشآت الهندسية ، بينما تكون خريطة طبوغرافية ذات دقة منخفضة أقل تفصيلاً .

تتراوح دقة الاعمال الطبوغرافية بين عدة مستويات ويمكن تقسيمها الى ثلاث مستويات وهي :

أ. الدقة العالية : تتضمن الاعمال الطبوغرافية التي تعطي خرائط طبوغرافية ذات دقة عالية ، وتستعمل في التطبيقات الهندسية والبنائية ، والتي تتراوح مقاييسها بين (1:1000 – 1:5000) .

ب. الدقة المتوسطة : تتضمن الاعمال الطبوغرافية التي تعطي خرائط طبوغرافية ذات دقة متوسطة، وتستعمل في التطبيقات العامة والبحث العلمي ، والتي تتراوح مقاييسها بين (1:5000 – 1:25000) .

ج. الدقة المنخفضة : تتضمن الاعمال الطبوغرافية التي تعطي خرائط طبوغرافية ذات دقة منخفضة ، وتستعمل في التطبيقات العامة والاحصائية والإدارية ، والتي تتراوح مقاييسها بين (1:25000 – 1:100000) .

توجد مواصفات عالمية للدقة في اعمال المسح الطبوغرافي وهي كالآتي :

1. الموقع الافقي للنقاط : يجب إن لا يتجاوز الخطأ في تحديد الموقع الأفقي (X ,Y) للنقاط عن (0.5mm) في مقياس رسم الخريطة ، إي انه في خريطة مرسومة بمقياس 1 : 200 فأن الخطأ المسموح به في الموقع الأفقي للنقطة (Ep) هو :

$Ep = 200 \times 0.5 = 100mm = \pm 10\ cm$ على الارض

2. ارتفاع النقاط : أن الخطأ المسموح به في تحديد ارتفاعات (Elevation) النقاط يساوي نصف (2/1) الفترة الكنتورية (Contour Interval) .

من الضروري الانتباه الى إن الدقة ليست العامل الوحيد المهم في الاعمال الطبوغرافية ، فدقة الادوات والاجهزة المستخدمة في القياس والتسجيل يجب أن تكون دقيقة ايضاً اضافة الى إن المساحين المشرفين على العمل يجب أن يكونوا مؤهلين وخبراء في العمل للحصول على نتائج دقيقة وموثوقة .

اسئلة الفصل الثاني

س1/ املأ الفراغات التالية بما يناسبها :

1- تُعد الخريطة الطبوغرافية من اهم انواع الخرائط المستعملة في العلوم ..... و .....

2- يشمل تمثيل المسطحات المائية ..... و ..... و .....

3- يتم انشاء الموديل الرقمي باستعمال تقنيات متعددة ومنها ..... و .....

4- ترسم الخطوط الكنتورية بـ ..... بدون استعمال الادوات الهندسية .

5- يتمكن المساحون من تمثيل البيانات الطبوغرافية برسومات دقيقة تسمى .....

6- يمكن تمثيل التضاريس الطبيعية بعدة طرق وهي ..... و .....

7- يستعمل في الخرائط الطبوغرافية لتمثيل العوارض الطبيعية والاصطناعية .....متعددة وملونة.

8- جميع النقاط الواقعة على خط الكنتور الواحد لها .....

س2/ عرف ما يأتي :

1 - المسح الطبوغرافي 2 - خط الكنتور 3- الخريطة الرقمية

4 - DSM 5- الفترة الكنتورية 6- انتاج الخرائط الكنتورية

7- تمثيل التضاريس 8- نموذج التضاريس الرقمي

س3/ ما هي استخدامات المسح الطبوغرافي في الاعمال المساحية ؟

س4/ ما العوامل المؤثرة على دقة الاعمال الطبوغرافية في اثناء العمل المساحي ؟

س5/ ارسم مخططاً يبين مراحل إنتاج الخريطة الطبوغرافية .

س6/ عدد خمساً من خصائص الخطوط الكنتورية .

س7/ يستخدم الموديل الرقم الارضي في العديد من التطبيقات ، اذكرها .

س8/ ما الطرق غير المباشرة في تعيين الخطوط الكنتورية ؟

س9/ ارسم الرموز الآتية :

1- مرج	2- بستان نخيل	3- بحيرة متقطعة
4- قناة	5- مخزون نفط	6- سكة حديدية قياسية

س10/ يتم اجراء عملية المسح الطبوغرافي بشكل مراحل ، عددها مع الشرح .

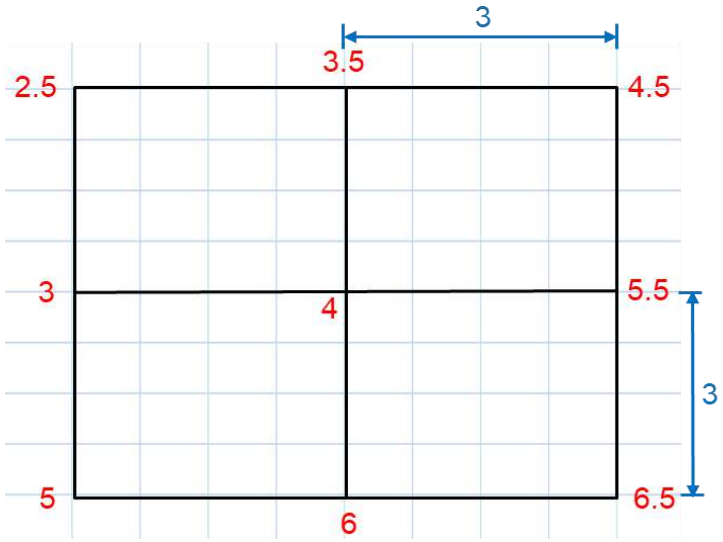
س11/ ما العوامل التي يعتمد عليها اختيار الفترة الكنتورية ؟

س12/ تستعمل الخرائط الطبوغرافية في العديد من المجالات ، عدد خمساً فقط .

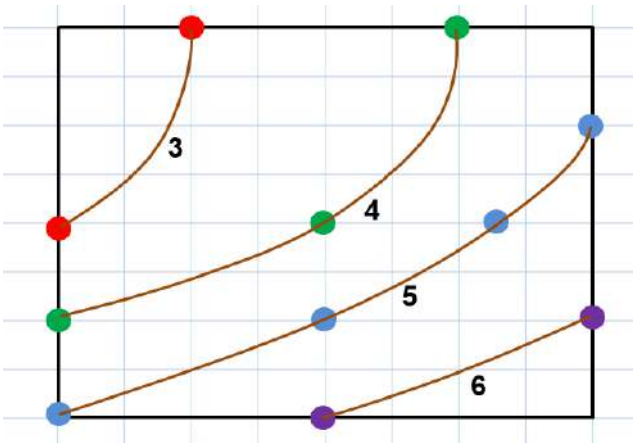
س13/ ما الغرض من استخدام الالوان في الخرائط الطبوغرافية ؟

س14/ عدد الادوات والأجهزة المستخدمة في المسح الطبوغرافي .

س15/ أجريت تسوية شبكية لقطعة أرض ، وكانت مناسيب النقاط كما مبين في الشكل ادناه ، وعدد الخطوط الكنتورية (4) ، المطلوب رسم خطوط الكنتور التي مناسيبها (3 , 4 , 5 , 6) بفترة كنتورية مقدارها 1 متر وبمقياس رسم (1 : 100) باستخدام الطريقة الحسابية ؟



الجواب :



الفصل الثالث

تسوية الأراضي

Land Leveling

الأهداف:

سيتعرف الطالب في نهاية الفصل على :

1. تسوية الأراضي .
2. تعديل الخطوط الكنتورية باستخدام شبكة المربعات .
3. تعديل الخطوط الكنتورية باستخدام المساحة الكنتورية .

3 - 1 تسوية لأراضي Land Leveling

المقدمة :

تعد تسوية الاراضي عنصراً اساسياً في تطور البيئة البشرية منذ القدم إذ يتطلب تخطيط وتنفيذ معظم اشكال البناء وطرق النقل وتسوية الاراضي الزراعي ذلك ، وقد عرفها واستخدمها البابليون في العراق وفي مصر قديماً للأراضي وذلك باستخدامها للزراعة والسكن والطرق . ويتم استخدام التسوية في الاراضي الزراعية لاختيار طرق الري السطحي المناسبة للأراضي وتوزيع المياه بشكل منتظم فينتج عن التسوية طرق ري أكثر كفاءة .

تشكل تسوية الأراضي جزءاً هاما في الهندسة المساحية وخاصة في مساعدة المهندسين والمخططين الحضريين في التخطيط الحضري والتنمية العمرانية . ومن الامور المهمة التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند تسوية الأراضي هي الحفاظ على البيئة والمحافظة على الموارد الطبيعية ولذلك يجب تنفيذها بطريقة صحيحة ودقيقة وعادلة بمشاركة جميع المعنيين لتوثيق حقوق الملكية وتحديد حدودها ومخططاتها ولضمان حقوق المستحقين للأرض لتجنب اي مشاكل في المستقبل .

تسوية الأراضي :

هي عملية إيجاد مستوى جديد لسطح الأرض له انحدار منتظم ومستمر لمسافات طويلة لأي قطاع من قطاعات الأرض ، حيث يعاد تعديل او تدريج المنسوب الطبيعي للأرض إلى مناسيب جديدة وفقا لتصميم المشروع ويسمى المنسوب الجديد الذي يرفع أو يخفض إليه سطح الأرض عند كل نقطة في المشروع بمنسوب التسوية أو المنسوب التصميمي (Design Level) . وتوجد عدة طرائق لحساب مناسيب التسوية يمكن بأي منها الحصول على ارض جديدة من حيث مناسيب سطحها .

وتعد تسوية وتعديل وتدريج الأراضي من اهم اعمال المساحة لإقامة المشاريع الهندسية وتسوية الأراضي الزراعية ، وتعتمد تسوية وتعديل الاراضي على طبوغرافية (ارتفاعات وانخفاضات) ارض المشروع وطبيعة المشروع والبيانات المتوفرة للمشروع والادوات والاجهزة المستخدمة .

ان إجراء عمليات التسوية والتعديل بشكل دقيق يؤدي إلى تقليل الكلفة للمشاريع فضلاً عن اختزال التكاليف المستقبلية لمعالجة عدم إجراء عمليات التعديل حيث تؤثر على كلفة المشاريع ووقت انجازها .

تستخدم عمليات تسوية الاراضي في العديد من اعمال الهندسة ، ومنها :

1. الهندسة المدنية : مثل (المشاريع الإنشائية وشق الطرق والجسور ومشاريع مد شبكات الصرف الصحي ومياه الشرب وتصميم وبناء ملاعب كرة القدم وغيرها) ، كما في الشكل (3 – 1) .

2. التخطيط الحضري : مثل (التنمية العمرانية وتخطيط المدن والبنية التحتية وتحسين استغلال الأراضي وتسهيل الوصول إلى الخدمات العامة) .
3. الهندسة الزراعية : مثل (تعديل الاراضي الزراعية وتقليل تعرية التربة و شق قنوات الري والبزل وهندسة الحدائق وغيرها) ، كما في الشكل (3 – 2) .
4. الهندسة العسكرية : مثل (تعديل وانشاء الطرق لسير الاليات والجنود وعمل الخنادق وغيرها).
5. الهندسة الصناعية : مثل (المدن الصناعية والمشاريع الصناعية) .

الشكل (3 – 1) مد شبكات الصرف الصحي

الشكل (3 – 2) تسوية الاراضي الزراعية بواسطة الجهاز الليزري

هنالك العديد من المشاريع الهندسية يتطلب تنفيذها الى تسوية ارض المشروع ويمكن تقسيم هذه المشاريع الى نوعين :

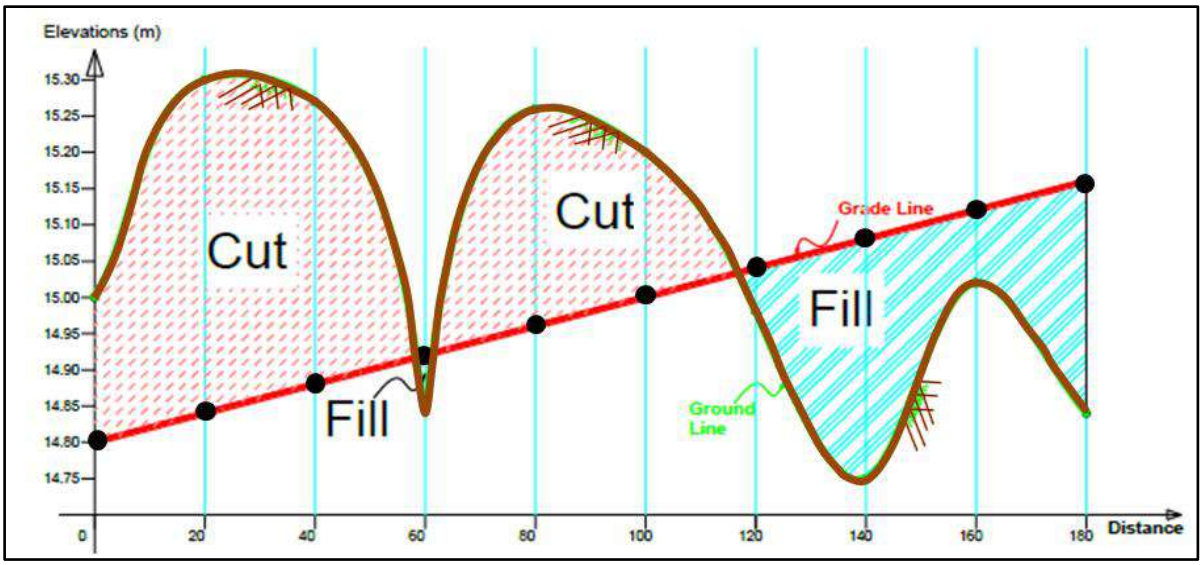
1. مشاريع هندسية يتطلب فيها تسوية الأرض إلى سطح مستوي ارتفاعه (منسوبه) معلوم حسب التصاميم الانشائية للمشروع مثل (تسوية سطح الارض لإنشاء السرداب في الابنية) .
2. مشاريع هندسية يتطلب فيها تسوية الأرض إلى سطح مستوي يتساوى عنده حجم الحفر (القطع) وحجم الردم (الدفن) (Volume of Cut = Volume of Fill) .

إن تسوية وتعديل الاراضي تتم بإيجاد حجوم وكميات الاتربة بالاعتماد على طبيعة الارض (طبوغرافيتها) بحيث تكون عملية التسوية تحقق كميات حفر مساوية تقريباً لكميات الردم والتي تحقق أقل تكلفة لازمة لتسوية الأراضي . فعند إجراء عمليات التسوية والتعديل للأرض يعمل مهندسو المساحة على تقليل أعماق الحفر والردم قدر الإمكان وذلك :

1. لتقليل الكلفة الاقتصادية للمشروع نتيجة لتقليل أحجام التربة المنقولة.
2. وكذلك تقل كلفة العمل نتيجة لاختزال مدة الإنجاز .

توجد عدة طرق لإيجاد الكميات والحجوم ، وتقسم هذه الطرق الى ما يأتي :

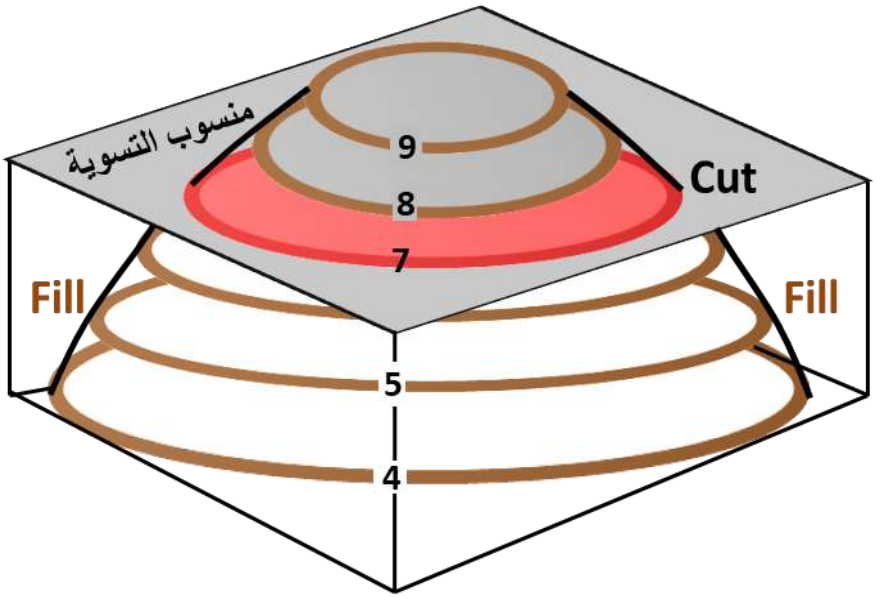
1. الاشكال المنتظمة وغير المنتظمة .
2. القطاعات الطولية والعرضية ، كما في الشكل (3 – 3) .
3. مناسيب النقاط (الميزانية الشبكية) .
4. خطوط الكنتور .



الشكل (3 – 3) حساب كميات الحفر والردم في المقاطع الطولية

ايجاد كميات الحفر (Cut) والردم (Fill) من الخريطة الكنتورية :

يمكن حساب الكميات والحجوم لتسوية الارض مباشرة من الخريطة الكنتورية للمنطقة المطلوب تسوية ارضها ، لاحظ الشكل (3 - 4) يوضح قطعة ارض مرسوم خطوط الكنتور لها ويراد تسويتها على منسوب (7.00) فيكون خط الكنتور (7.00) هو الخط الفاصل بين الحفر (Cut) و الردم (Fill) وتكون المساحة التي بمنسوب أعلى من (7.00) حفر والمساحة ذات المنسوب أقل من (7.00) هي ردم .



الشكل (3 - 4) مناسيب الخطوط الكنتورية لقطعة الأرض المراد تسويتها

ولإيجاد كميات الحفر (Cut) والردم (Fill) من الخريطة الكنتورية نتبع الخطوات التالية :

1. نحسب المساحة المحصورة داخل الخط الكنتوري (9.00) وداخل الخط الكنتوري (8.00) وداخل الخط لكنتوري (7.00) باستخدام جهاز البلانيمتر .
2. لحساب حجم (كمية) الحفر يتم جمع كل مساحتين مع بعضها فوق منسوب التسوية (7.00) ، وباستخدام القانون الآتي :

$$\text{ح (9 - 8)} = \frac{\text{مساحة الكنتور (9.00)} + \text{مساحة الكنتور (8.00)}}{2} \times \text{الفترة الكنتورية}$$

والناتج هو المقدار الذي يجب حفره حتى نصل الى خط الكنتور (8.00) ، وتحسب ايضا بنفس القانون حجم الحفر بين (8.00 - 7.00) ، لنصل بالحفر الى الخط الكنتوري (7.00) وهو منسوب التسوية .

3. مجموع الحفر = ح (9 - 8) + ح (8 - 7)

4. لحساب كميات (حجم) الردم تحسب المساحة داخل الخط الكنتوري (6.00) وداخل الخط الكنتوري (5.00) وداخل الخط الكنتوري (4.00) باستخدام جهاز البلانيمتر .

5. نحسب حجم الردم بطرح كل مساحتين مع بعضها تحت منسوب التسوية (7.00) من القانون الآتي:

$$\text{ح } (6-7) = \frac{\text{مساحة الكنتور } (\mathbf{6.00}) - \text{مساحة الكنتور } (\mathbf{7.00})}{2} \times \textbf{الارتفاع بين الخط الكنتوري ومنسوب التسوية}$$

وايضا تُحسب كمية (حجم) الردم بين (5.00 – 6.00) و (4.00 – 5.00) بنفس القانون اعلاه .

6. مجموع الردم = ح (6 – 7) + ح (5 – 6) + ح (4 – 5) .

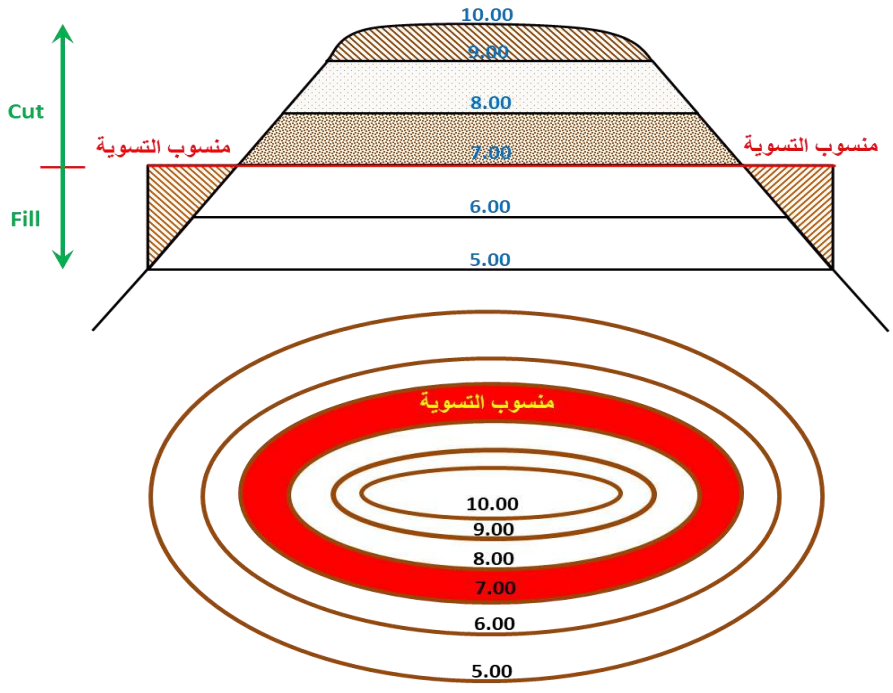
عند حساب كميات الحفر والردم بهذه الطريقة نحصل على أرض مستوية منسوبها (7.00) ، أي الخط الكنتوري (7.00) وجوانب الارض رأسية . أما أذا كان المطلوب أرض مستوية منسوبها (7.00) وبميلها (جوانبها) الطبيعي فلا داعي للردم وانما نحصل على أرض مستوية ذات خط كنتوري (7.00) بعد اتمام الحفر فقط .

مثال 3 – 1 : قيست المساحة داخل كل خط كنتور في هضبة باستخدام جهاز البلانيمتر فكانت كما يلي :

كنتور 10 = 100 m² ، كنتور 9 = 200 m² ، كنتور 8 = 400 m²

كنتور 7 = 480 m² ، كنتور 6 = 620 m² ، كنتور 5 = 700 m²

المطلوب : تسوية الارض حتى منسوب (7.00) ، بإيجاد كمية الحفر والردم اللازم لإتمام التسوية ، اذا علمت ان الفترة الكنتورية مقدارها 1 متر؟



الحل : 1. حجم الحفر (10 – 9) = $\frac{\text{مساحة الكنتور (10.00)} + \text{مساحة الكنتور (9.00)}}{2}$ × الفترة الكنتورية

$$\text{Volume (10 - 9)} = \frac{\text{Area (10.00)} + \text{Area (9.00)}}{2} \times I$$

$$V\ (10 - 9) = \frac{100 + 200}{2} \times 1$$

$$V\ (10 - 9) = \frac{300}{2} \times 1$$

$V = 150\ m^3$ وهكذا لبقية المساحات

2. كمية الحفر = ح (10 – 9) + ح (9 – 8) + ح (8 – 7)

$$\text{Total Cut} = (\frac{100 + 200}{2} \times 1) + (\frac{200 + 400}{2} \times 1) + (\frac{400 + 480}{2} \times 1)$$

$T\ \text{Cut} = 150 + 300 + 440 = 890\ m^3$

3. كمية الردم = ح (6 – 5) + ح (7 – 6)

$$\text{Total Fill} = [\frac{620 - 480}{2} \times (0 + 1)] + [\frac{700 - 620}{2} \times (1 + 2)]$$

$T\ \text{Fill} = 70 + 120 = 190\ m^3$

ان التغير الطردي بين مقدار منسوب خط الكنتور ومقدار المساحة هو (منخفض) ، إما التغير العكسي بين مقدار منسوب خط الكنتور ومقدار المساحة هو (مرتفع) . ويلاحظ في حساب كميات وحجوم الأتربة ان حجم التراب يزيد عند الحفر نظراً لتفككه (بسبب انتفاخ التربة) وان كمية التراب المستعملة في الردم تقل بعد عملية الردم (بسبب رص التربة) .

3 – 2 تعديل الخطوط الكنتورية Contour Lines Modification

يشير تعديل الخطوط الكنتورية إلى تغيير أو ايجاد مواقع الخطوط الكنتورية المنحنية (المتعرجة) الدقيقة والصحيحة التي تصف الارتفاع النسبي للأرض في الخريطة أي (طبوغرافية الارض) والتي تمثل شكل تضاريس الارض الطبيعية ، ومن الممكن تعديل الخطوط الكنتورية لتصحيح البيانات المفقودة أو غير الدقيقة في الخريطة الأصلية . ويتم ذلك عن طريق تحديث البيانات المستخدمة في إنشاء الخريطة

الكنتورية ، ويمكن أن يتم ذلك باستخدام تقنيات مثل (اجهزة التسوية والاستشعار عن بعد والطائرات بدون طيار وغيرها) .

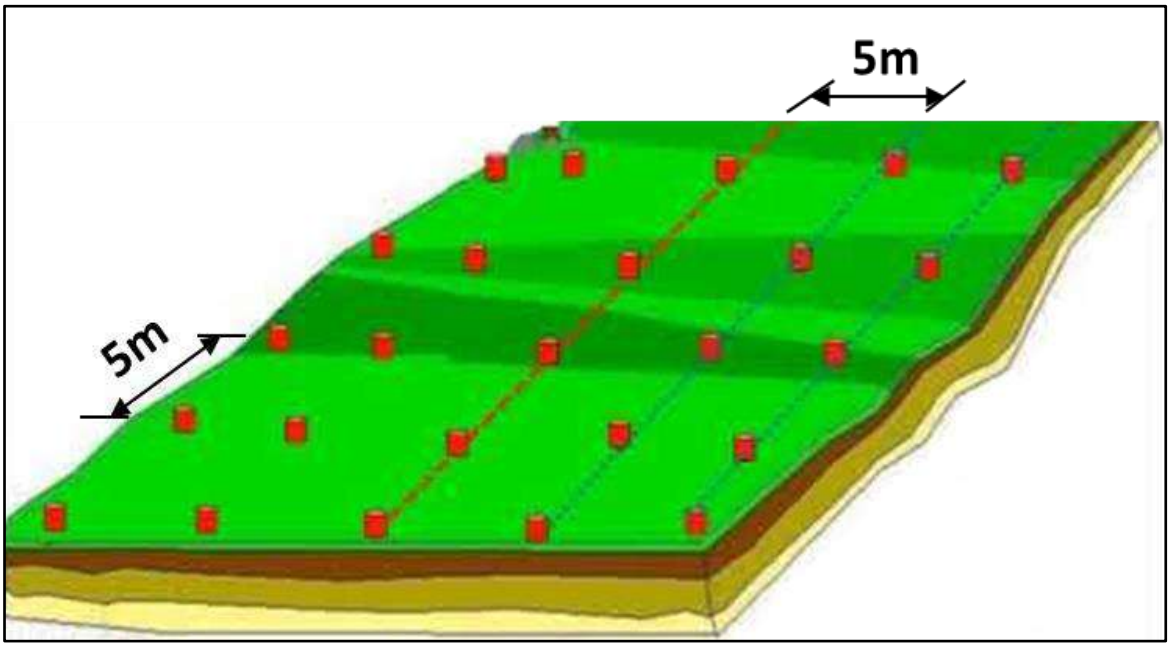
ان تعديل الخطوط الكنتورية يمكن أن يكون ضرورياً عندما يتم تغيير تضاريس المنطقة بسبب الانشطة البشرية أو الكوارث الطبيعية مثل تعرية الارض والفيضانات وغيرها .

تتضمن عملية تعديل الخطوط الكنتورية جمع البيانات المحدثة أو المعدلة ، وتحليلها ومعالجتها باستخدام البرامج الخاصة بعلم المساحة واجراء الاختبارات والمقارنات للتأكد من الدقة والموثوقية ، ومن ثم تحديث الخريطة بما يتوافق مع البيانات الجديدة .

3 – 3 تعديل الخطوط الكنتورية باستخدام شبكة المربعات

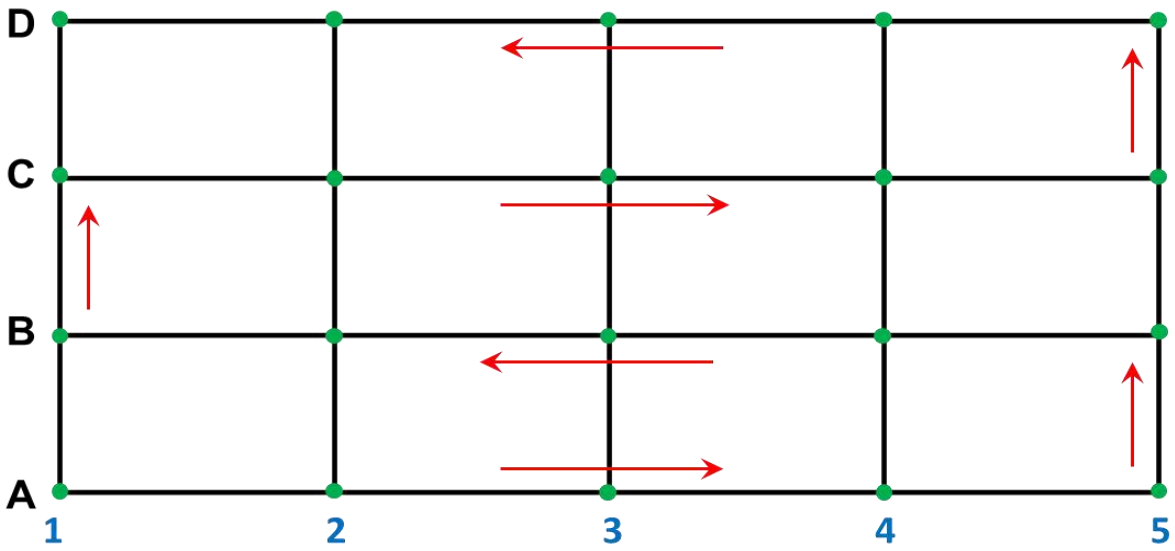
Modification of Contour Lines Using Grid Network

إن طريقة التسوية الشبكية (شبكة المربعات Grid Network) هي احدى الطرائق غير المباشرة في تعيين (تحديد) الخطوط الكنتورية ، وتعد من افضل الطرائق التي تستخدم في المساحات الصغيرة ذات الانحدارات القليلة والمنتظمة والتي لا تختلف فيها قيم المناسيب كثيراً ، حيث تعتمد على قياس عدد من مناسيب النقاط الارضية على امتداد شبكة من الخطوط المستقيمة . إذ يتم تقسيم المنطقة (الارض) إلى شبكة من المربعات او المستطيلات التي تتراوح اطوال اضلاعها (من 5 m الى 20 m) حسب طبيعة الارض ومساحتها والفترة الكنتورية والدقة المطلوبة ، كما في الشكل (3 – 5) .



الشكل (3 – 5) تقسيم الأرض الى شبكة من المربعات أو المستطيلات

حيث يتم تقسيم احد اضلاع المضلع إلى مسافات متساوية ثم إقامة اعمدة منه وترقيمها بالأرقام ومن ثم رسم خطوط مستقيمة افقية من الضلع الآخر الذي يتم ترقيمه بالأحرف عندئذ تتقاطع الخطوط العمودية مع الخطوط الافقية بنقطة والتي تمثل أركان المربعات الصغيرة فيكون لكل ركن من المربعات الصغيرة تسمية خاصة به بالحرف والرقم ، وتثبت اوتاد في هذه الاركان لقياس مناسيبها بواسطة اجهزة المساحة المختلفة ومنها اجهزة التسوية ، كما في الشكل (3 - 6) .



الشكل (3 - 6) طريقة اجراء التسوية الشبكية لقياس مناسيب اركان المربعات او المستطيلات

ويفضل أن تتم عملية تثبيت النقاط الارضية للشبكة وقياس مناسيبها ونقلها الى ورقة الرسم (الخريطة) مباشرة ورسمها بمقياس رسم مناسب وتحديد ورسم الخطوط الكنتورية حسب الفترة الكنتورية المطلوبة قدر الامكان لتلافي الخطأ الذي قد ينتج عن فقدان او تغيير مواقع بعض النقاط . اما اذا كان رسم خريطة كنتورية رقمية بالحاسوب فيتم تحديد احداثيات اركان المربعات في الشبكة لان الحاسوب يتعامل مع البيانات الرقمية فقط .

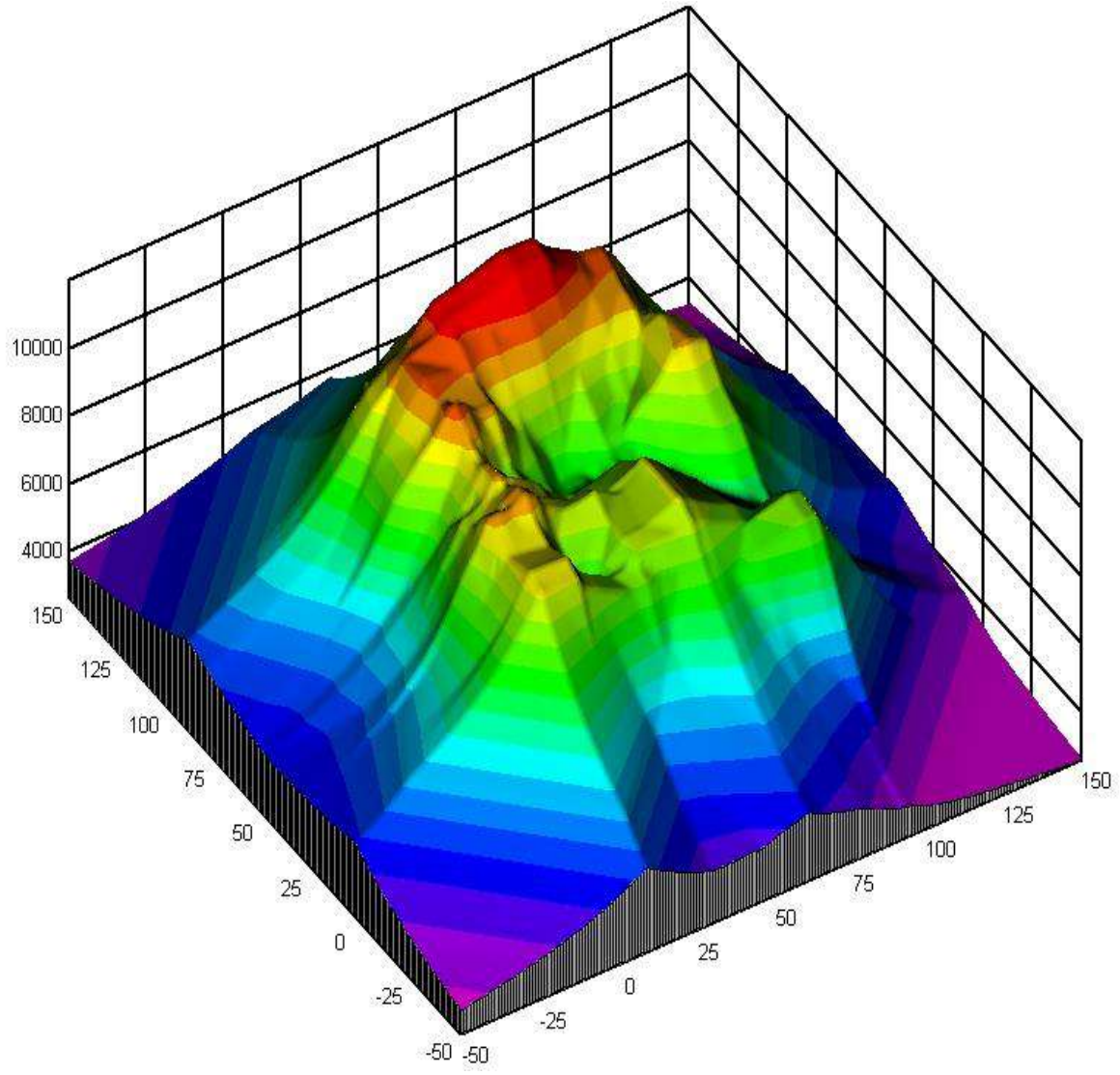
وفي بعض الحالات يكون هنالك تغيير في مواقع النقاط او الخطوط الكنتورية او فقدان جزء منها في الخريطة الكنتورية ، فتستخدم شبكة المربعات في تعديلها .

إن استخدام شبكة المربعات في تعديل الخطوط الكنتورية يتطلب الدقة العالية والمهارة في تحليل البيانات المساحية والجيولوجية ويتم ذلك عن طريق مهندسي المساحة والفنيين الخبراء في هندسة المساحة والخرائط (علم الجيوماتيك) .

وعند تغيير الخطوط الكنتورية في الخريطة يجب تحديث شبكة المربعات أيضاً لتتوافق مع البيانات الجديدة ، ويمكن استخدام شبكة المربعات في تقدير الارتفاعات النسبية بين الخطوط الكنتورية وبالتالي

توليد خطوط كنتورية اضافية بناءً على هذه الاحداثيات ، أي تحديد إرتفاع المنحنيات (التعرجات) الطبيعية للأرض لتمثيل تضاريس الارض الطبيعية بصورة اقرب للواقع وبدقة .

ويمكن ايضاً إستخدام شبكة المربعات لتعديل الخطوط الكنتورية في الخرائط الرقمية ، حيث يتم إنشاء شبكة المربعات على الخريطة الرقمية وتعديل الخطوط الكنتورية بالاعتماد على البيانات الجديدة ومن ثم تحديث الخريطة الرقمية بناءً على التغييرات التي تم اجراؤها ، كما في الشكل (3 – 7).



الشكل (3 – 7) تعديل الخطوط الكنتورية في الخرائط الرقمية

يتم تعديل مواقع الخطوط الكنتورية او إيجاد جزء مفقود منها في الخريطة الكنتورية باستخدام طريقة الاستيفاء (Interpolation) وذلك عن طريق استنتاج مواقع النقاط واتجاهها من مناسيب النقاط أو من خطوط كنتورية أخرى ذات فترات كنتورية أوسع .

مثال (3 – 2) : إستخرج منسوب خط الكنتور B اذا كان منسوب خط الكنتور A يساوي 50 متر والمسافة الافقية بين خط الكنتور A وخط الكنتور B تساوي 20 متر ، ومنسوب خط الكنتور C يساوي 30 متر والمسافة الافقية بين خط الكنتور A وخط الكنتور C تساوي 40 متر.

الحل : بإستخدام قانون الطريقة الحسابية لإيجاد مواقع وتحديد خطوط الكنتور نستخرج منسوب خط الكنتور المجهول (B) وكالآتي :

$$(X) = \frac{(C - L)}{(U - L)} \times d$$

$$20 = \frac{(C - 30)}{(50 - 30)} \times 40$$

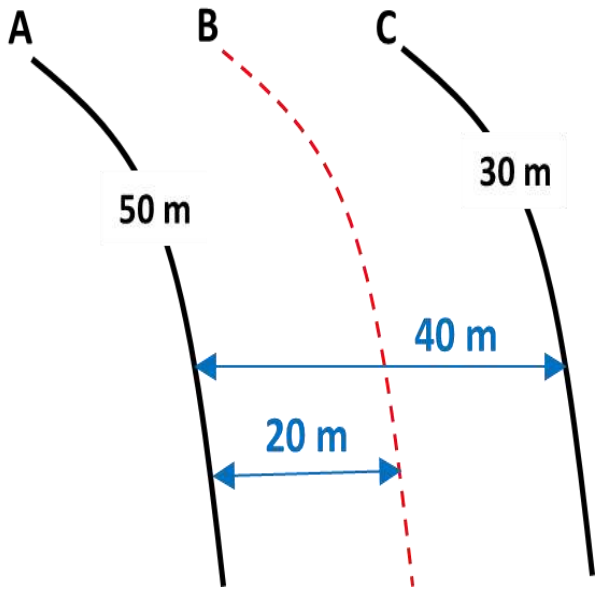
$$20 = \frac{(40C - 1200)}{20}$$

$$40C - 1200 = 20 \times 20$$

$$40\ C = 400 + 1200$$

$$C = \frac{1600}{40}$$

$C = 40$ m منسوب الخط الكنتوري (B)



3– 4 تعديل الخطوط الكنتورية باستخدام المساحة الكنتورية

Modification of Contour Lines Using Contour Area

لا توجد اي قياسات في تطبيقات هندسة المساحة خالية من الاخطاء ومنها قياس مناسيب النقاط وتعيين مواقعها وتحديد ورسم الخطوط الكنتورية في الخريطة الكنتورية لذا يتم تعديل القياسات بطرق متعددة اهمها إستخدام المساحة الكنتورية والتي يمكن إيجادها بإستخدام جهاز البلانيمتر من الخريطة الكنتورية او باستخدام القوانين الرياضية وغيرها مما تم شرحه سابقاً بشكل مفصل في كتاب العلوم الصناعية وكتاب التدريب العملي في المرحلة الثانية .

يؤدي إستخدام المساحة الكنتورية في تعديل الخطوط الكنتورية الى تحسين دقة الخريطة الكنتورية بشكل كبير ، حيث يمكن إستخدام البيانات الكنتورية الجديدة لتحديث الخريطة وتوفير معلومات اكثر دقة عن شكل سطح الارض الحقيقي (تضاريس الأرض الطبيعية) وبالتالي زيادة الدقة في الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية والجيوفيزيائية ، ويتم ذلك عن طريق تحليل المساحة الكنتورية وتحليل البيانات المساحية الاخرى ومعالجتها لتحديد الخطوط الكنتورية المناسبة وتحديد مواقع التصحيح اللازمة ويتطلب ذلك الحصول على بيانات دقيقة وموثوقة حول تضاريس الأرض الطبيعية وذلك باستخدام التقنيات المختلفة مثل (التصوير الجوي والأقمار الصناعية والمسح الطبوغرافي والجيولوجي) وبعد ذلك استخدام (التصحيح الزاوي والتصحيح الافقي) لتحديد الزوايا والمسافات اللازمة لتعديل الخطوط الكنتورية بشكل دقيق .

يجب الاشارة إلى إن تعديل الخطوط الكنتورية باستخدام المساحة يتطلب دراسة دقيقة وتحليل دقيق للبيانات المتاحة ويكون ذلك بوساطة مهندسي المساحة الخبراء في هذا المجال ، كما يمكن أن يتطلب تعديل الخطوط الكنتورية الجديدة تحديث الخرائط والبيانات والمعلومات المتعلقة بالمنطقة المحدثة ، والتأكد من تحديث قواعد البيانات المتاحة والمستخدمة بهذا الصدد .

يمكن أن يساعد تعديل الخطوط الكنتورية على تحسين تمثيل التضاريس الطبيعية للأرض وبالتالي تحسين العمليات المرتبطة بها بصورة افضل ، ويساعد في تحسين التخطيط العمراني والبيئي وتخطيط النقل والزراعة والصناعة والعديد من العمليات الهندسية والحيوية والاقتصادية وغيرها من المجالات التي تستخدم الخرائط في عملياتها .

مع ذلك فإن تعديل الخطوط الكنتورية بإستخدام المساحة الكنتورية يمكن أن تكون عملية مكلفة وتستغرق وقتاً طويلاً ، ويمكن أن تواجه بعض الصعوبات في تحديد الخطوط الكنتورية وتحديد مواقع التصحيح اللازمة بشكل دقيق ، بالإضافة الى ذلك يجب الاشارة الى إن تعديل الخطوط الكنتورية باستخدام المساحة الكنتورية لا يمكن ان يحل كل المشاكل المتعلقة بتحديد شكل التضاريس الارض الطبيعية الحقيقي ، ويجب النظر إلى هذه التقنية كجزء من مجموعة من التقنيات والاساليب المستخدمة لتحسين شكل التضاريس الارضية وما يتعلق بها لتحقيق افضل النتائج .

اسئلة الفصل الثالث

س1/ ضع كلمة صح أو خطأ امام العبارات التالية مع تصحيح الخطأ إن وجد :

1. يمكن ايجاد المساحة الكنتورية بإستخدام جهاز الثيودولايت من الخريطة الكنتورية .
2. إن تسوية وتعديل الاراضي تتم بإيجاد حجوم وكميات الأتربة بالاعتماد على طبيعة الارض .
3. إن التغير الطردي بين مقدار منسوب خط الكنتور ومقدار المساحة هو مرتفع .
4. يزداد حجم التراب عند الحفر بسبب انتفاخ التربة .
5. إن استخدام المساحة الكنتورية في تعديل الخطوط الكنتورية يؤدي الى تحسين دقة الخرائط الكنتورية بشكل كبير .

س2/ عرف ما يأتي :

1- تسوية الاراضي 2- شبكة المربعات 3- تعديل الخطوط الكنتورية

س3/ ما هي طرق حساب الكميات والحجوم للحفر والردم لتسوية الاراضي ؟

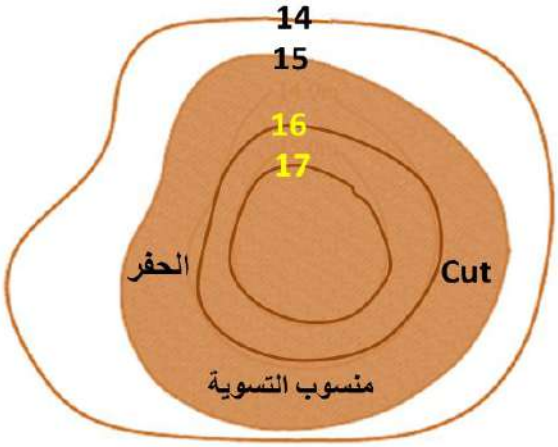
س4/ اشرح طريقة التسوية الشبكية (شبكة المربعات) .

س5/ عدد استخدامات تسوية الاراضي في الاعمال الهندسية .

س6/ ارسم مخطط اجراء التسوية الشبكية لقياس مناسيب اركان المربعات او المستطيلات .

س7/ لماذا يعمل مهندسو المساحة على تقليل اعماق الحفر والرد قدر الامكان ؟

س8/ الشكل ادناه عبارة عن خريطة كنتورية لقطعة أرض يراد تسويتها على منسوب (15.00) متر ، احسب كميات الحفر والردم إذا كانت المساحة الكنتورية داخل خطوط الكنتور كما يلي :



المساحة داخل خط الكنتور 17 = 220 m^2

المساحة داخل خط الكنتور 16 = 280 m^2

المساحة داخل خط الكنتور 15 = 400 m^2

المساحة داخل خط الكنتور 14 = 550 m^2

الجواب : الحفر = 590 m^3 ، الردم = 75 m^3

الفصل الرابع

المسح التصويري والليزري

Photogrammetry & Laser Scanning

الاهـداف:

سيتعلم الطالب خلال هذا الفصل على :

1. تطبيقات المسح التصويري .
2. أنواع الصور في المسح التصويري .
3. اهم انواع الكاميرات واساسيات الصورة .
4. قياسات الصورة وتصحيحاتها .
5. مبدأ الرؤية المجسمة واختلاف النظر في المسح التصويري .
6. المسح التصويري الارضي واهم مبادئ التخطيط في التقاط الصور ومعالجتها .
7. مبادئ المسح الليزري وتطبيقاته .
8. انواع المسح الليزري تبعا لاختلاف منصات جمع البيانات فيه.

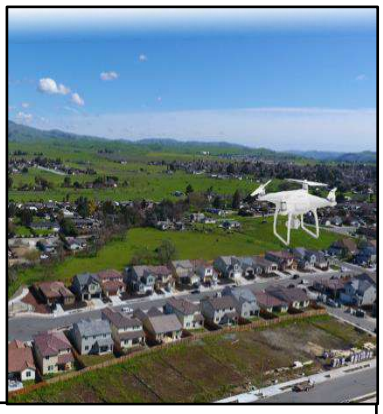
4 – 1 مقدمة عن المسح التصويري Introduction of Photogrammetry

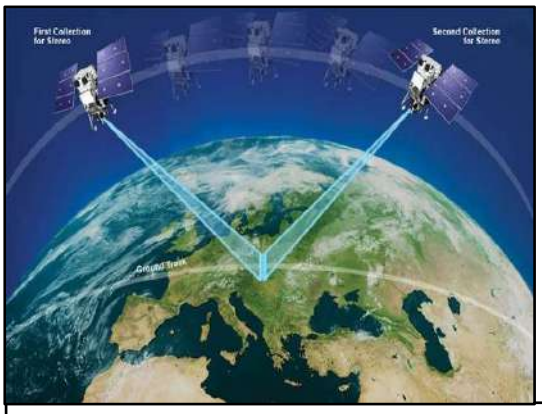
يعرف المسح التصويري عالمياً وتبعاً للمنظمات العالمية المختصة بأنه علم وفن وتكنولوجيا الحصول على المعلومات الدقيقة للأجسام على الارض او البيئة المحيطة بها من خلال عمليات التقاط وقياس وتفسير الصور البصرية والمرئيات الناتجة من إنعكاس الطيف المرئي عن الاجسام والظواهر الطبيعية. وكما هو واضح من التعريف يمكننا إدراك إن المسح التصويري هو أحد تقنيات التحسس النائي للحصول على المعلومة عن بعد وليس باتصال مباشر مع الاجسام، فهو معني بالتقاط البيانات ومعالجتها وتفسيرها واستنباط القياسات والمعلومات منها لمساعدة المستخدم في إتخاذ القرار ضمن التطبيق المستخدم لغرض الوصول الى المعلومة الاكثر موثوقية ودقة للواقع المصور.

يعتبر المسح التصويري اليوم من أهم التقنيات المساحية ومن دعائم التخصص الرئيسة والتي توسعت مؤخرا لتشمل العديد من التطبيقات ومن أهمها انتاج الخرائط الطوبوغرافية من الصور الملتقطة والتي كانت من اوائل استخدامات المسح التصويري في بداية ظهوره في بدايات القرن العشرين عند اختراع الطائرة لأول مرة وإستخدمت لاحقاً بشكل واسع في الجانب العسكري خلال الحربين العالميتين الاولى والثانية الى ان تطورت التقنية بشكل هائل مع دخول الحاسوب في حياتنا وأصبح علم المسح التصويري علماً رقمياً تماماً واليوم اصبح يشكل دعامة تكنولوجية اساسية للحصول على البيانات الرقمية ثلاثية الابعاد مع التطور التكنولوجية الذي شهده العالم في معالجة البيانات الرقمية اوتوماتيكياً ودور رؤية الحاسبة ودخول الطائرة المسيرة وسهولة إستخدامها في أغلب التطبيقات المدنية والعسكرية ، ويقسم المسح التصويري الى عدة انواع بناءً على البعد او المسافة بين الكاميرا والجسم المصور فهناك المسح التصويري القريب وايضا المسح التصويري البعيد، كما ويصنف ايضا اعتمادا على نوع المنصة الحاملة للكاميرا وموقعها وكما يلي ، لاحظ الشكل (4 - 1):

1. المسح التصويري الارضي.
2. المسح التصويري الجوي.
3. المسح التصويري الفضائي.

حيث يشتمل المسح التصويري الارضي على تصوير العوارض الأرضية من الارض كواجهات المباني والمنشآت الضخمة بكاميرات أرضية يمكن للمستخدم حملها باليد او نصبها على حوامل أرضية ، بينما يشتمل المسح التصويري الجوي على عملية تصوير المعالم الأرضية من الجو بإستخدام الطائرات ، اما المسح التصويري الفضائي فيشتمل على تصوير المعالم الأرضية او مراقبة الظواهر البيئية البعيدة من منصات الاقمار الاصطناعية.





المسح التصويري الجوي المسح التصويري الارضي المسح التصويري الفضائي

الشكل (4-1) انواع المسح التصويري حسب نوع المنصة الحاملة للكاميرا.

4 – 2 تطبيقات المسح التصويري Photogrammetry Applications

نظرا لأهمية المسح التصويري ودوره الفاعل في تخصص المساحة فهو يستخدم بشكل واسع وكبير في الكثير من التطبيقات الهندسية والعلمية في مختلف المجالات الحياتية. ولذلك لابد من التعرف على هذه التطبيقات وذلك لاستيعاب دور المسح التصويري في حياتنا اليوم ومدى اهميته. وفيما يلي بعض اهم هذه التطبيقات:

1. انتاج الخرائط Topographic mapping: يعتبر الاستخدام الاهم والتطبيق التقليدي للمسح التصويري في انتاج الخرائط بأنواعها كالخرائط الطوبوغرافية والكادسترائية والوصفية وغيرها.
2. ادارة وتخطيط المباني والاملاك Land and property managements : يستخدم المسح التصويري في التخطيط العام للمدن والاملاك العامة ومراقبة التجاوزات في الاملاك والاراضي السكنية والزراعية واتخاذ القرار في فض النزاعات بين الاطراف بالاحتكام للمحاكم الشرعية.
3. تمثيل العوارض في الكوارث الطبيعية Digital Surface Modeling: يستخدم المسح التصويري في تمثيل العوارض الأرضية وانتاج النماذج ثلاثية الابعاد للطرق والانفاق والبنية التحتية للمدن لغرض دراسة تأثير الاضرار الناتجة عن حدوث الكوارث الطبيعية كالفيضانات او اثار الحروب وغيرها قبل وبعد حدوثها.
4. مراقبة التصدعات والتشوهات في المنشآت الهندسية الضخمة Structure monitoring: يعد المسح التصويري القريب هو من أهم التقنيات المساحية المستخدمة في مراقبة

التصدعات والتشققات في الجسور والطرق السريعة والسدود والبنايات الشاهقة لغرض متابعتها على فترات زمنية محددة واستنباط المعلومات المطلوبة حول مدى خطورة الموقف والتوصية بمعالجته في الوقت المناسب.

5. توثيق المباني المعمارية والأثرية Architecture and cultural heritage documentation: يعتبر المسح التصويري هو من اهم التقنيات المساحية الى جانب المسح الليزري في توثيق المباني والعوارض ذات الاهمية الثقافية وتوثيقها لغرض حمايتها من العبث او آثار الزمن باستخدام طرق التوثيق والترميم الرقمية.

6. اكتشاف الآثار Archeological detection: يستخدم المسح التصويري الجوي والارضي القريب ايضا في اكتشاف الآثار في المناطق الأثرية غير المنقبة حيث يعتبر أهم تقنيات التحسس النائي غير المدمرة في مجال الآثار والتراث حيث يتم الإستعانة به عبر تحديد وتفسير العوارض قبل بدأ عمليات التنقيب الحقلية لتجنب إتلاف المنطقة او العبث بآثارها من دون قصد او دراية مسبقة.

7. الطب الشرعي والقضائي Forensic: يعتبر المسح التصويري هو احد اهم التقنيات الرقمية المستخدمة اليوم في توثيق الحوادث الجنائية او المرورية وإستخدامها كإثباتات لإعادة تشكيل مسرح الجريمة او الحادثة واستنتاج المعلومات كإثباتات في الطب الشرعي في القضاء والمحاكم المختصة.

8. الطب التجميلي والاطراف الاصطناعية Prosthesis: يستخدم المسح التصويري اليوم في الطب التجميلي لجسم الانسان او الحيوان بما فيها طب الاسنان جنبا الى جنب مع الطابعة الثلاثية الابعاد في انتاج التعويضات الاصطناعية او الاطراف الاصطناعية والتجميلية.

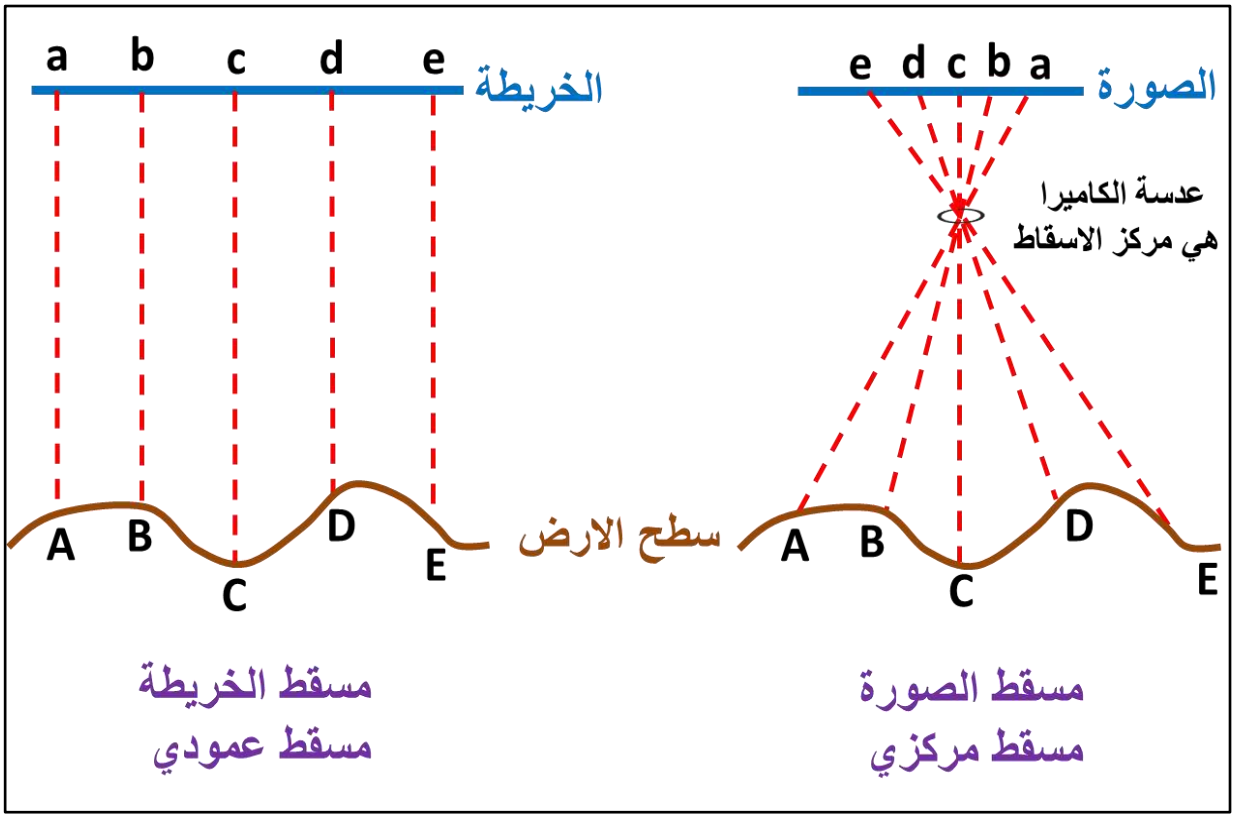
9. التطبيقات الزراعية Agriculture applications: يستخدم المسح التصويري وخاصة مع التطور الهائل الذي شهده التخصص بعد انتشار استخدام الطائرات المسيرة في مراقبة الاراضي الزراعية وانواع المحاصيل وحمايتها من الامراض عبر المتابعة المستمرة لمراحل نمو المحصول ورشه بالمبيدات والسقي المستمر.

10. التطبيقات العسكرية Military applications: يعتبر الجانب العسكري من أهم تطبيقات المسح التصويري منذ نشأته لغاية اليوم سواء باستعمال الطائرات ثابتة الجناح او الهيليكوبترات او الطائرات المسيرة في تنفيذ الطلعات الجوية سواء بمراقبة العدو او تنفيذ المهام او حتى اكتشاف الالغام والمتفجرات غير المنفلقة ومعالجتها.

4 – 3 انواع الصور Types of Photographs

تعتبر الصورة هي الوحدة الاساسية في المسح التصويري وهي المدخل الاساسي لجودة انتاج الخرائط. تعتمد جودة الصورة ومواصفاتها بالدرجة الاساس على نوع الكاميرا المستخدمة ومواصفاتها التقنية كما ان نوع التطبيق للمشروع والهدف منه هو من يحدد نوع المنصة الحاملة الواجب إستخدامها للكاميرا فيما اذا كانت كاميرا أرضية او جوية او فضائية وكذلك مواصفاتها التقنية والتي تؤثر بدورها على جودة الصورة ووضوحها وبالتالي جودة المنتج فيما اذا كان قياس معين يتعلق باتخاذ قرار ما او انتاج نوع من انواع الخرائط او موديل ثلاثي او غيرها.

لابد من الاشارة الى نوع الاسقاط المستخدم لتمثيل العوارض الأرضية في الصور والذي يسمى الاسقاط المركزي Perspective Projection وهو يختلف تماماً عن الاسقاط العمودي Orthogonal Projection والمستخدم في تمثيل العوارض الأرضية في الخرائط، لاحظ الشكل (4 - 2). ففي الاسقاط العمودي يتم تسقيط العوارض الأرضية على المسقط المنتج بشكل عمودي بينما تسقط العوارض الأرضية في الاسقاط المركزي في حالة الصور بحيث تمر جميع خطوط الاسقاط بمركز الاسقاط وهي نقطة تمثل مسقط فتحة العدسة في الكاميرا.



الشكل (4 - 2) الفرق بين المسقط المركزي Perspective في الصورة والمسقط العمودي Orthogonal في الخارطة.

هناك عدة تصنيفات للصور في المسح التصويري فمنها تصنيفات تعتمد على زوايا التصوير للكاميرا واتجاهها نسبة الى اتجاه النظير (Nadir) او الشاقول، ومنها تصنيفات تعتمد على نوع الكاميرا ومواصفاتها ما اذا كانت قياسية او غير قياسية، ومنها تصنيفات تعتمد على نوع المنصة الحاملة للكاميرا، حيث تصنف الاخيرة الى نوعين رئيسين هما:

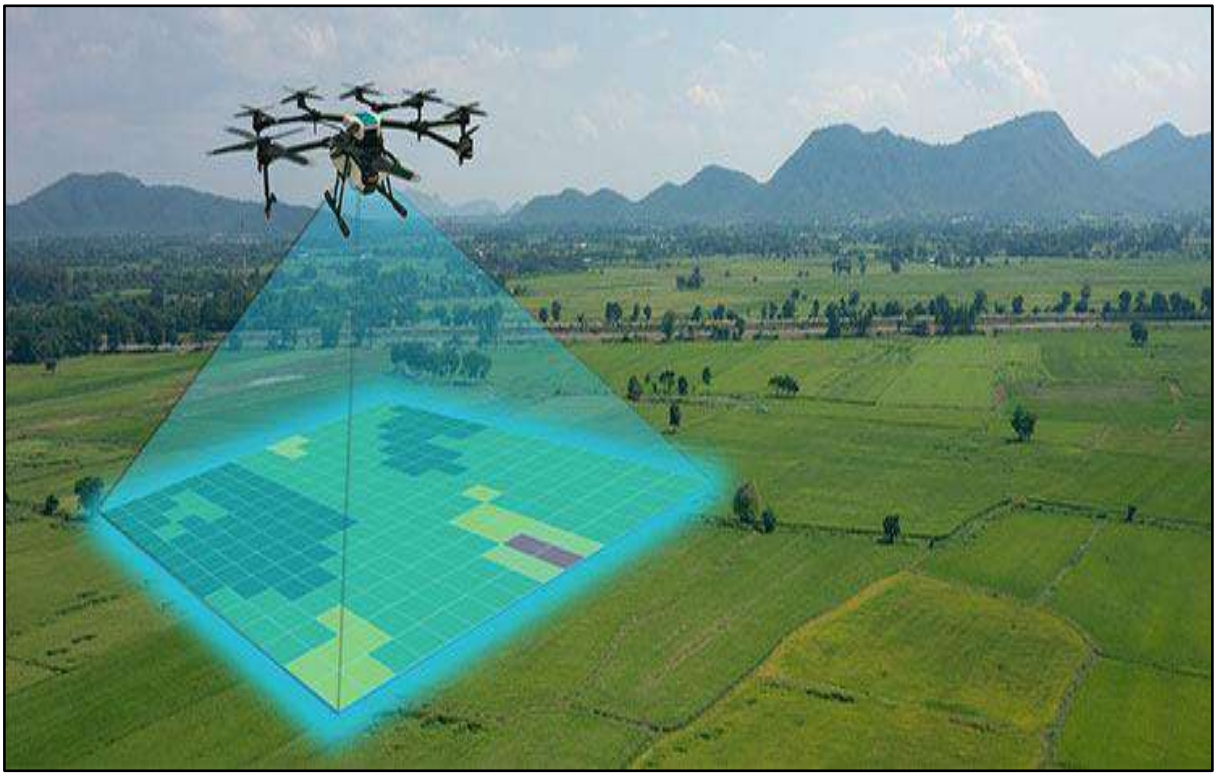
1. الصور الأرضية : وهي نوع من انواع الصور الملتقطة من كاميرات أرضية قد تكون محمولة بيد المستخدم او تنصب على قواعد أرضية ثابتة او يمكن أن تكون محمولة بالطائرة المسيرة (الدرون Drone) حيث يتم تصوير واجهات الجسم المصور وذلك عند تدوير الكاميرا فيه بزاوية 90° عن الاتجاه العمودي، لاحظ الشكل (4 - 3).

تصوير ارضي بكاميرا محمولة باليد تصوير ارضي بكاميرا منصوبة على حامل ارضي تصوير ارضي بكاميرا درون

الشكل (4-3) اتجاه محور الكاميرا في التصوير الارضي.

في هذا النوع من الصور يكون موقع وإتجاه محطة الإلتقاط معروف عادة في لحظة الإلتقاط لكل صورة وذلك لان موقع الكاميرا يمكن الوصول اليه واتجاه الكاميرا يمكن التحكم به من قبل المستخدم عكس ما هو عليه الحال في حالة التصوير الجوي حيث إن موقع وإتجاه الصور لحظة الالتقاط لا يمكن الوصول اليه او معرفته الا بتوافر اجهزة اخرى ملحقة بمنصة الطائرة كجهاز الـ GPS.

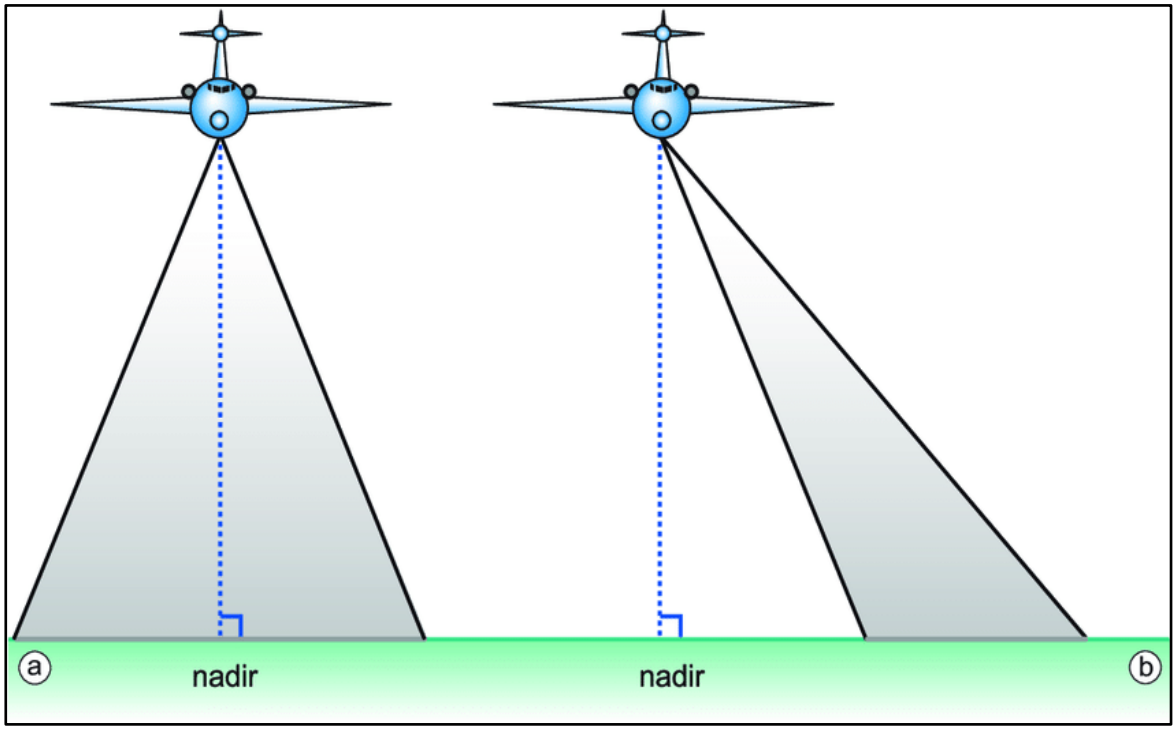
2. الصور الجوية : تعرف الصورة الجوية بانها الصورة الملتقطة من محطة جوية ثابتة او متحركة كأن تكون طائرة ثابتة الجناح او مروحية او طائرة مسيرة بحيث يكون محور الكاميرا مقابل للمشهد الارضي المصور في لحظة الالتقاط، لاحظ الشكل (4 - 4). وتعتبر الصور الجوية هي المصدر الاساس لإنتاج الخرائط العمودية بأنواعها حيث يمكن بواسطتها تغطية المشهد العلوي من المعالم والتضاريس الأرضية ويتطلب انتاجها كاميرات جوية خاصة مخصصة لهذا الغرض.



الشكل (4 - 4) اتجاه محور الكاميرا في التصوير الجوي.

كما تصنف الصور الجوية اعتمادا على إتجاه محور الكاميرا وابتعاده عن النظير (Nadir) للأرض المصورة الى نوعين رئيسين هما: الصور العمودية Vertical Photographs والصور المائلة Oblique Photographs، لاحظ الشكل (4 - 5) والشكل (4 - 6).

الشكل (4-5) انواع التصوير الجوي العمودي والمائل.

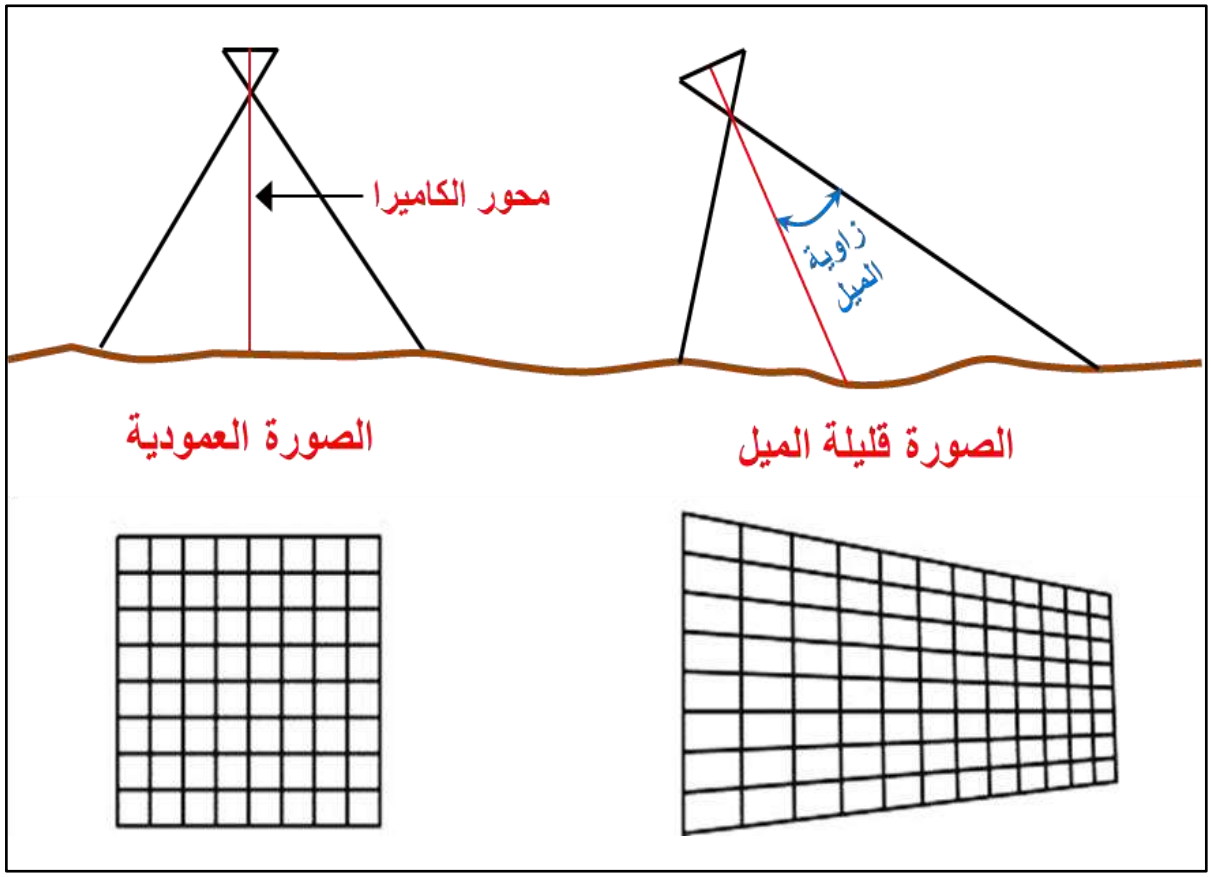


الشكل (4 - 6) اتجاه محور الكاميرا في التصوير الجوي العمودي والمائل

1-3-4 الصورة العمودية Vertical Photograph

تعرف الصورة العمودية بإنها الصورة الملتقطة عندما يكون محور الكاميرا عمودي او شبه عمودي على المنطقة المصورة من الارض. اذا كان محور الكاميرا عمودي تماماً في لحظة الإلتقاط عندها سيكون مستوى الصورة موازي لمستوى الارض الطبيعية او المرجعية وحينها ستسمى الصورة بالصورة "العمودية" Truly Vertical photograph وهي حالة نادرا ما تحدث عمليا لصعوبة السيطرة على محور الكاميرا ان يكون عموديا تماما مع الارض بزاوية 90° بسبب ميلان الطائرة غير المقصود والناتج عن حركة الرياح او تأثيرات الضغط الجوي. فعندما يكون محور الكاميرا مائلاً قليلاً عن العمود بغير تقصد او تكون الصورة شبه عمودية بسبب حركة الرياح فتسمى الصورة الملتقطة حينها بـــ "الصورة العمودية قليلة الميل" Tilted Photograph حيث يكون الميلان عادة بين 1° و 3° وهو ميلان غير مقصود لان الغاية الاساسية هي التقاط صورة عمودية.

الشكل (4 - 7) يوضح الفرق في محور الكاميرا بين الصورة العمودية Vertical والصورة قليلة الميل Tilted وتأثيره على المشهد الارضي المصور.



الشكل (4-7) ميلان محور الكاميرا عن العمود في حالة الصورة العمودية قليلة الميل Tilted مقارنة بالصورة العمودية Vertical.

عادة ما يكون تأثير ميلان محور الكاميرا عن العمود في حالة الصور العمودية قليلة الميل غير محسوس عند النظر للصورة ذات المعالم الأرضية قليلة الارتفاع عن الارض، لاحظ الشكل (4-8) ولكنه يظهر بوضوح عند وجود معالم أرضية بارتفاعات عالية فوق مستوى الارض الطبيعية، لاحظ الشكل (4-9) حيث يظهر التأثير مليا على البعد الثالث في المشهد المصور والذي يمثل الارتفاع فتكون أعالي البنايات المصورة أقرب للكاميرا بينما تكون قاعدة البنايات بعيدة عنها مما يسبب تشوه في قياسات ارتفاعات الاجسام.

ولمعالجة ذلك يجب أخذ هذا الميلان في محور الكاميرا عن العمود بنظر الاعتبار عند معالجة الصور وذلك لتحويل الصور العمودية قليلة الميل الى صور عمودية تماما لتكون القياسات والحسابات على العوارض الأرضية الظاهرة في الصورة صحيحا تماما كما هو الحال عند اجراء القياسات على الخرائط.

الشكل (4-8) صورة جوية عمودية قليلة الميل Tilted فوق عوارض أرضية قليلة الارتفاع.

الشكل (4-9) صورة جوية عمودية قليلة الميل Tilted فوق عوارض أرضية شديدة الارتفاع.

2-3-4 الصورة المائلة Oblique Photograph

تعرف الصورة المائلة Oblique Photograph بأنها الصورة الملتقطة بحيث يكون محور الكاميرا مائلا بتعمد عن المحور العمودي وبزاوية محددة مسبقا وقبل عملية التصوير وذلك لكي تغطي مساحة اكبر من الارض المصورة مقارنة بالمساحة التي تغطيها الصورة العمودية. تقسم الصورة المائلة Oblique Photograph الى نوعين هما:

1. الصورة المائلة قليلة الميل Low Oblique Photograph: وهي الصورة المائلة بتعمد عن المحور العمودي للكاميرا بزاوية صغيرة لغرض تغطية مساحة واسعة من الارض المصورة، لاحظ الشكل (4-10). يستخدم هذا النوع من الصور في انتاج الخرائط لمساحات واسعة من الارض المصورة.
2. الصورة المائلة شديدة الميل High Oblique Photograph: وهي الصورة المائلة بتعمد عن المحور العمودي للكاميرا بزاوية كبيرة بحيث يظهر فيها خط الافق لغرض تغطية مساحة أرضية اكبر من الحالة الاولى، لاحظ الشكل (4-10). يستخدم هذا النوع من الصور لأغراض الاستطلاع في التطبيقات المدنية والعسكرية.

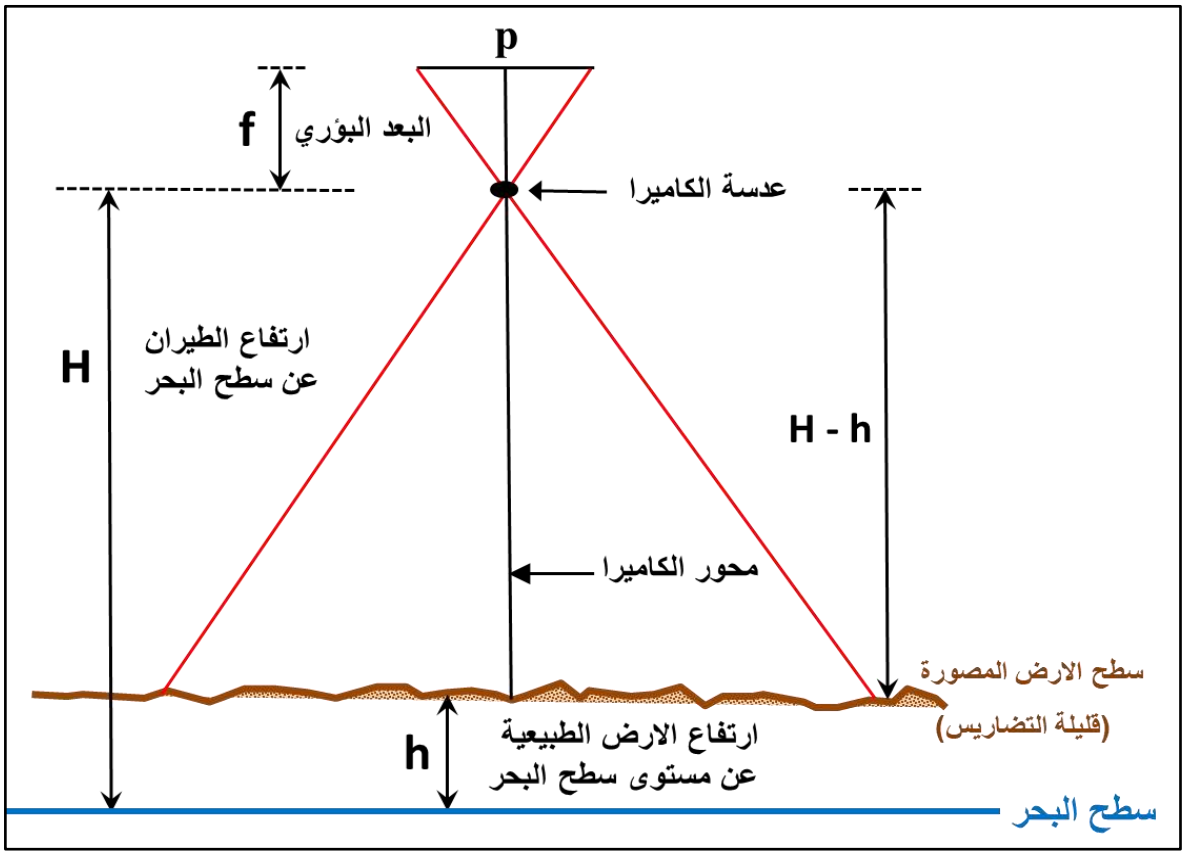
لابد من الاشارة إن الصور المائلة Oblique Photographs بنوعيها هي صور يختلف فيها المقياس للعوارض التي تظهر فيها بشكل كبير، حيث ان القياسات ستختلف تماماً للعوارض الموجودة في مركز الصورة عن تلك الظاهرة بعيدا عنها ويزداد الاختلاف كلما ابتعدنا بشكل شعاعي من مركز الصورة باتجاه اطرافها. وبناءً عليه فإن القياسات من الصورة المائلة لا تعبر عن حقيقتها على الارض ما لم يتم معالجة هذه الصور وتعويض تأثير الميلان فيها وتحويلها الى صور عمودية تظهر العوارض الأرضية عليها بشكل يكافأ ما هو عليه في الخرائط الأرضية .

صورة مائلة بتعمد – قليلة الميل Low Oblique | صورة مائلة بتعمد – شديدة الميل High

الشكل (4-10) انواع الصور المائلة بتعمد Oblique Photographs.

4-4 الكاميرا واساسيات الصورة Camera & Image Basics

تعد الكاميرا هي الاداة الاساسية في المسح التصويري حيث يمكن من خلالها التقاط الصور بأنواعها وتعتبر اليوم الكاميرا الرقمية هي النوع المعتمد بالحصول على الصورة بهيئتها الرقمية ومعالجتها لاحقا بإستخدام الحاسوب. وتكون الصورة الرقمية اما صورة قياسية او غير قياسية وذلك حسب نوع الكاميرا المستخدمة في التقاط الصور وسيتم مناقشة انواع الكاميرات لاحقا. حيث ان كل صورة تكون لها ابعاد ثابتة Camera Frame Dimensions يحسب على اساسها مركز الصورة بناءً على عمليات المعايرة للكاميرا المستخدمة حيث تسمى مركز الصورة بنقطة الاساس Principal Point ويرمز لها بالرمز P او O كما وتسمى المسافة بين عدسة الكاميرا ومحور الصورة بالبعد البؤري Focal Length ويرمز لها بالرمز f اما البعد بين عدسة الكاميرا والمشهد المصور يسمى ارتفاع الطيران Flying Height والذي يحسب عادة نسبة الى المرجع الارضي ويرمز له بالرمز H وذلك للتمييز بينه وبين ارتفاع الطيران فوق الارض الطبيعية والذي يرمز لها بالرمز H-h، لاحظ الشكل (4-11).

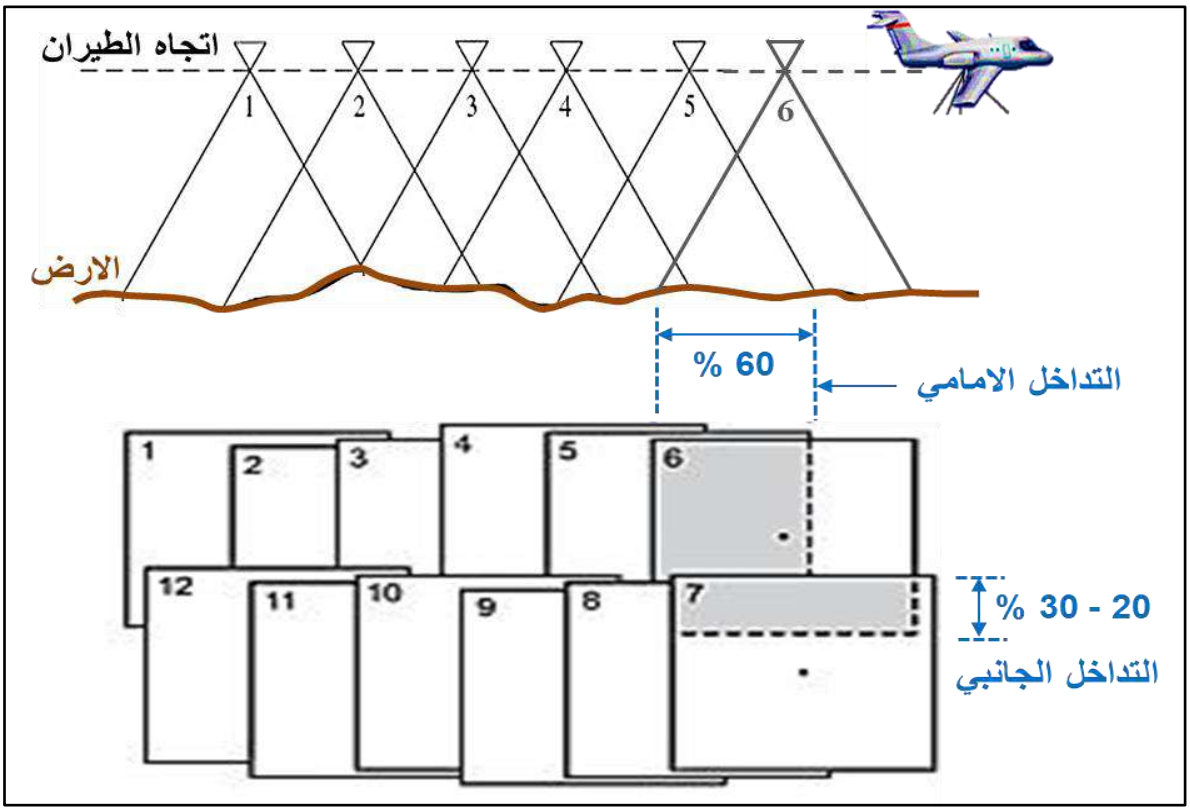


الشكل (4-11) اساسيات الصورة الجوية.

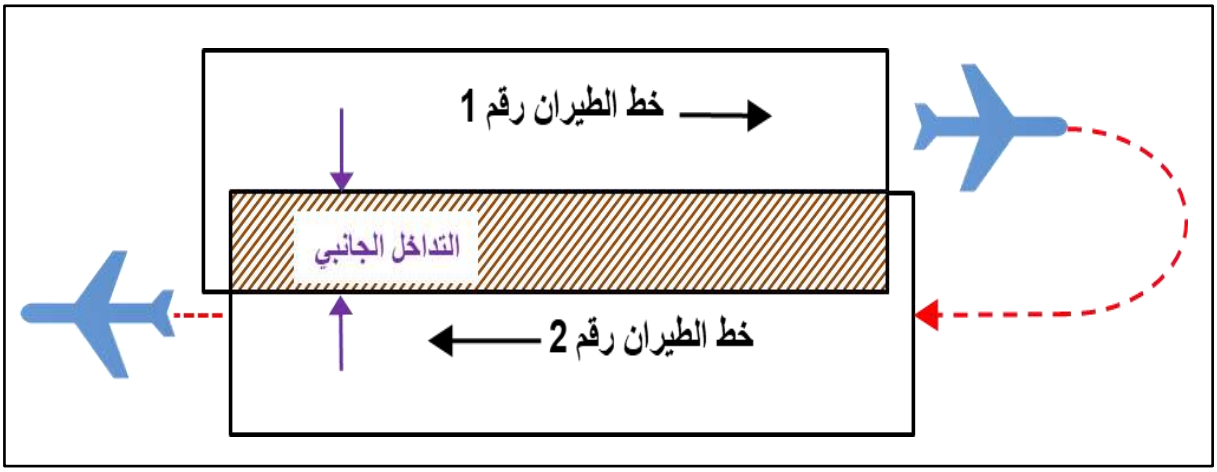
فعندما يتم التقاط الصور الجوية لتغطي مساحة معينة من الارض الطبيعية يتم التقاطها بحيث تشكل مجموعة من الخطوط المتوازية وتسمى بخطوط الطيران Flight Lines or Flight Strips حيث إن

كل خط طيران يتشكل من مجموعة من الصور المتداخلة في التغطية الأرضية على طول خط الطيران. وتسمى مناطق التداخل بين الصور المتلاحقة ضمن خط الطيران الواحد بالـ End Overlap اي التداخل الامامي والذي يجب ان لا يقل عن 60 % من تغطية الصورة الكلية على الارض ، لاحظ الشكل (12-4).

تسمى كل صورتين متلاحقتين بمنطقة تداخل واحدة بزوج الصور المتداخلة او المتلاحقة Stereo-pair. ونظرا لكون المنطقة الأرضية المصورة لا يمكن تغطيتها عادة بخط طيران واحد يتم اللجوء الى تغطيتها بعدة خطوط طيران وتسمى مجموع خطوط الطيران بألـ Block of Images والتي يجب ان تكون متداخلة فيما بينها ايضا للحصول على النظرة المجسمة وقياسات البعد الثالث (اي الارتفاع) للمنطقة المصورة .وتسمى منطقة التداخل بين خطوط الطيران بالـ Side Overlap اي التداخل الجانبي والذي يجب ان تكون بين 20 – 30 % من تغطية الصورة الكلية على الارض، لاحظ الشكل (13-4). ولابد من الاشارة الى إن محطة الالتقاط في كل صورة تسمى بالـ exposure Station حيث إن احد اهداف معالجة الصور لاحقا لإنتاج النموذج المجسم هو حساب وتصحيح مواقع التقاط جميع الصور عند لحظة الالتقاط وذلك من اجل اعادة تكوين المشهد المصور وهندسية عناصره عبر حساب العلاقة الرياضية بين الصور الملتقطة والارض الحقيقية المصورة لحظة الالتقاط.



الشكل (12-4) محطات الالتقاط والتداخل الامامي End Lap والتداخل الجانبي في التصوير الجوي.



الشكل (4-13) التداخل الجانبي side Lap في التصوير الجوي.

4-4-1 انواع الكاميرات Camera Types

تقسم الكاميرات المستخدمة في المسح التصويري الى عدة انواع تبعاً لنوع المتحسس المستخدم وعدد العدسات فيها ولكن بسبب تطور تكنولوجيا التصوير وإنحسار إستخدام الكاميرات التقليدية الفلمية سيتم هنا مناقشة انواع الكاميرات الرقمية Digital Cameras والتي تعتبر اليوم هي اهم نوع من انواع الكاميرات المستخدمة في المسح التصويري بأنواعه الجوي والارضي والفضائي.

تقسم الكاميرات الرقمية في المسح التصويري الى نوعين:

1. الكاميرات القياسية Metric Cameras: هي الكاميرات الأهم والأكثر إستخداما في المسح التصويري الجوي وتستخدم عادة لأغراض انتاج الخرائط الدقيقة، لاحظ الشكل (4-14). سميت بالكاميرات القياسية لان إطار الكاميرا له قياسات دقيقة وثابتة حيث إن أبعاد الصورة الملتقطة فيها Image Dimensions تكون دقيقة في قياساتها وفي غاية الدقة وبالتالي يمكن الاعتماد عليها في حساب موقع مركز اي صورة ملتقطة بها Principal Point إعتمادا على وجود علامات استدلال fiducial Marks مثبتة على اطار الكاميرا حيث تصل قياسات مواقع النقاط على هذه الصور الى دقة المايكرومتر (1 ملمتر = 1000 مايكرومتر). كما تتوفر انواع اخرى من هذه الكاميرات للتصوير الارضي وتكون دقيقة في انتاج الصور الرقمية وذلك لإمكانية معالجة التشوه الناتج منها عبر عمليات تعيير الكاميرا Camera Calibration بالاعتماد على تقارير مختبرية خاصة Camera Calibration Reports. يتوفر هذا النوع من الكاميرا بصنفين هما: 1) الكاميرا المفردة Single Cameras والتي تستخدم في التقاط صورة واحدة

للمشهد المصور و 2) الكاميرا المجسمة Stereo Camera والتي تستخدم في التقاط صورتين متداخلة في آن واحد للمشهد المصور، لاحظ الشكل (4-15).

الشكل (4-14) كاميرا رقمية جوية قياسية من شركة Teledyne.

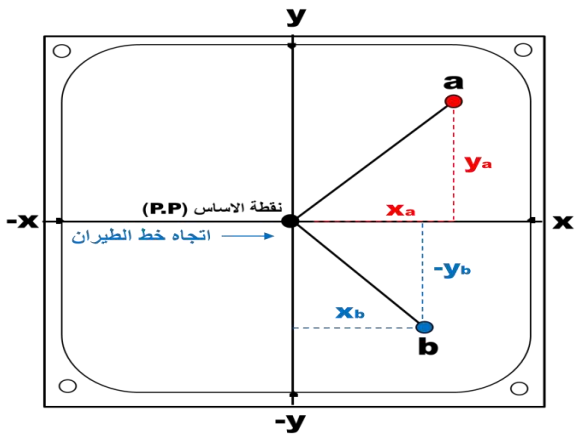
الشكل (4-15) كاميرا رقمية قياسية مفردة Single وكاميرا مجسمة Stereo.

2. الكاميرات غير القياسية Non-Metric Cameras: وهي نوع اقل دقة من الكاميرات القياسية وذلك لعدم توفر علامات الاستدلال Fiducial Marks على اطار الكاميرا وبالتالي يصعب حساب مركز الصورة فيها Principal Point وتكون عمليات تعييرها او تعويض التشوهات

الحاصلة في قياسات الصور فيها غير دقيقة فيما لو قورنت بالكاميرات القياسية كون المعايير القياسية للتصحيح واطئة الدقة ، ويوجد العديد من الشركات المنتجة لهذا النوع من الكاميرات لأنها تعتبر كاميرات غير متخصصة للمسح التصويري ولكن بسبب تقدم تكنولوجيا الكاميرات الرقمية في وقتنا الحالي وتقدم طرق معالجة الصور وقياساتها باستخدام نظريات رؤية الحاسبة Computer Vision أصبحت هذه الكاميرات هي البديل الامثل للكاميرات القياسية بسبب سعرها واطئ الكلفة وسهولة إستخدامها حتى من قبل غير المتخصصين بالإضافة الى جودتها في انتاج صور قليلة التشوه وخرائط ومنتجات ثلاثية الابعاد تصل دقتها الى الملمتر وهذا يلبي متطلبات الدقة في العديد من المشاريع الهندسية او غير الهندسية في المسح التصويري. تعتبر شركات نيكون Nikon و سوني Sony وكانون Canon هي من أبرز الشركات العالمية الرائدة في انتاج هذا النوع من الكاميرات وبإمكانيات تصنيع وجودة عالية.

4 - 5 قياسات الصورة وتصحيحاتها Photo Measurements & Refinements

لكي نستطيع حل مسائل المسح التصويري لابد من اعتماد قياسات تقاس بدقة بين مواقع العوارض الظاهرة على الصورة بمعنى لابد من إعتماد القياسات الصورية Photo Measurements والتي قد تكون مسافات او مساحات مبنية على قياس احداثيات نقاط معينة بنظام الصورة Photo Coordinate System. في حالة الصور المتأتية من الكاميرات القياسية يعتبر مركز نظام الاحداثيات الصوري في الصورة القياسية هو نقطة الاساس Principal point والمتأتي من تقاطع علامات الاستدلال Fiducial Marks الموجودة على إطار الصورة حيث يكون المحور السيني x معرف بالاتجاه الافقي الى اليمين من نقطة الاساس x+ والى اليسار من نقطة الاساس x- . اما المحور الصادي y فيعرف بالاتجاه العمودي الى الاعلى من نقطة الاساس y+ والى الاسفل من نقطة الاساس y- ، لاحظ الشكل (4-16).



الشكل (4-16) نظام الاحداثيات الصوري Photo Coordinate System في الصورة القياسية.

حيث يمكن حساب المسافة بين النقطتين a و b على الصورة بالاعتماد على قياس احداثيات النقطتين والتي تقاس نسبة الى احداثيات نقطة الاساس والتي يرمز لها بالرمز O كما يلي:

$$x_a = x_a - x_O$$

$$y_a = y_a - y_O$$

$$ab = \sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2}$$

حيث إن احداثيات نقطة الاساس في (x_O , y_O) تساوي صفر في الظروف المثالية عندما يتطابق مركز اطار الكاميرا مع مركز الصورة ولكنه عند التطبيق العملي سيكون هناك فرق بسيط بينهما وستكون هناك احداثيات دقيقة لمركز الصورة تؤخذ من تقرير تعيير الكاميرا Camera Calibration Report لغرض حساب احداثيات النقطتين والمسافة الصورية بينهما بدقة عالية.

مثال (4 - 1) : احسب المسافة الصورية بين النقطتين a (+1 , -2) mm و b (-3, +1) mm ، علما إن احداثيات نقطة الاساس هي O (0,0).

الحل:

$$\text{ab} = \sqrt{(1+3)^2 + (-2-1)^2}$$

$$\text{ab} = \sqrt{(4)^2 + (-3)^2} = \sqrt{16+9} = \sqrt{25} = 5\ mm$$

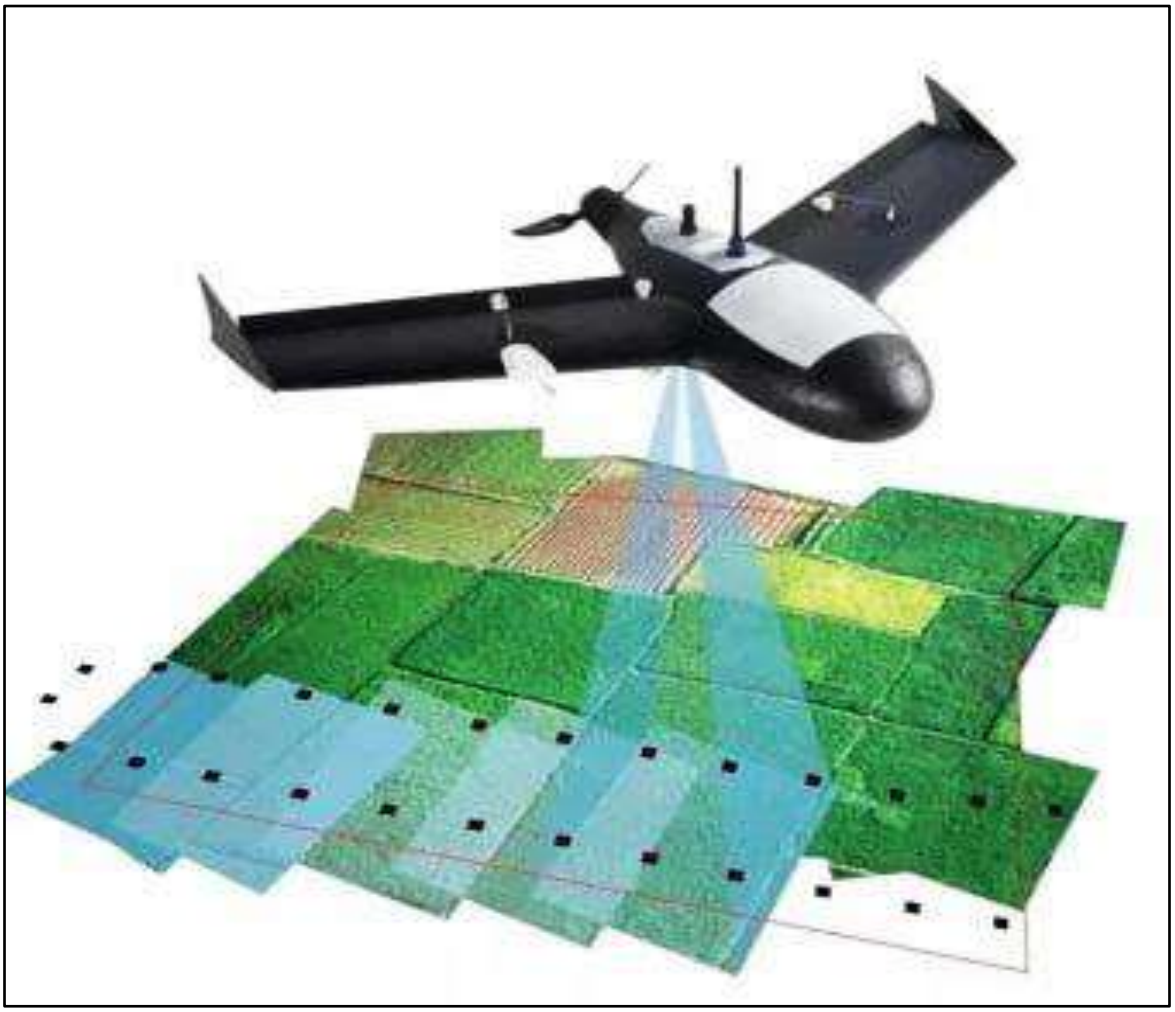
إن القياسات الصورية شأنها شأن اي قياسات اخرى تكون عرضة للأخطاء بنظام الاحداثيات الصوري ولذلك لابد من عملية تصحيحها لغرض الحصول على نتائج فائقة الدقة في التطبيقات الهندسية التي تحتاج الى دقة عالية. حيث يمكن ادراج اهم الاخطاء التي تتعرض لها القياسات الصورية الى:

1. الاخطاء الناتجة عن عدم تطابق محاور الصورة مع محاور الكاميرا في نفس نقطة الاساس ولذا لابد من تصحيح هذه الاحداثيات من خلال اعادتها الى الموقع الصحيح لنقطة الاساس والتي تؤخذ من تقرير تعيير الكاميرا Camera Calibration Report.
2. الاخطاء الناتجة عن تشوه عدسة الكاميرا Lens Distortion بالاتجاه الشعاعي والمماسي.
3. الاخطاء الناتجة عن تأثير انكسار الشعاع الضوئي بسبب طبقات الغلاف الجوي وهذا التأثير يؤخذ بالاعتبار فقط في حالة التصوير الفضائي او الجوي بأرتفاعات شاهقة جدا.

4. الاخطاء الناتجة عن تكور سطح الارض وايضا يؤخذ بنظر الاعتبار فقط في حالة التصوير الفضائي او الجوي بارتفاعات شاهقة جدا.

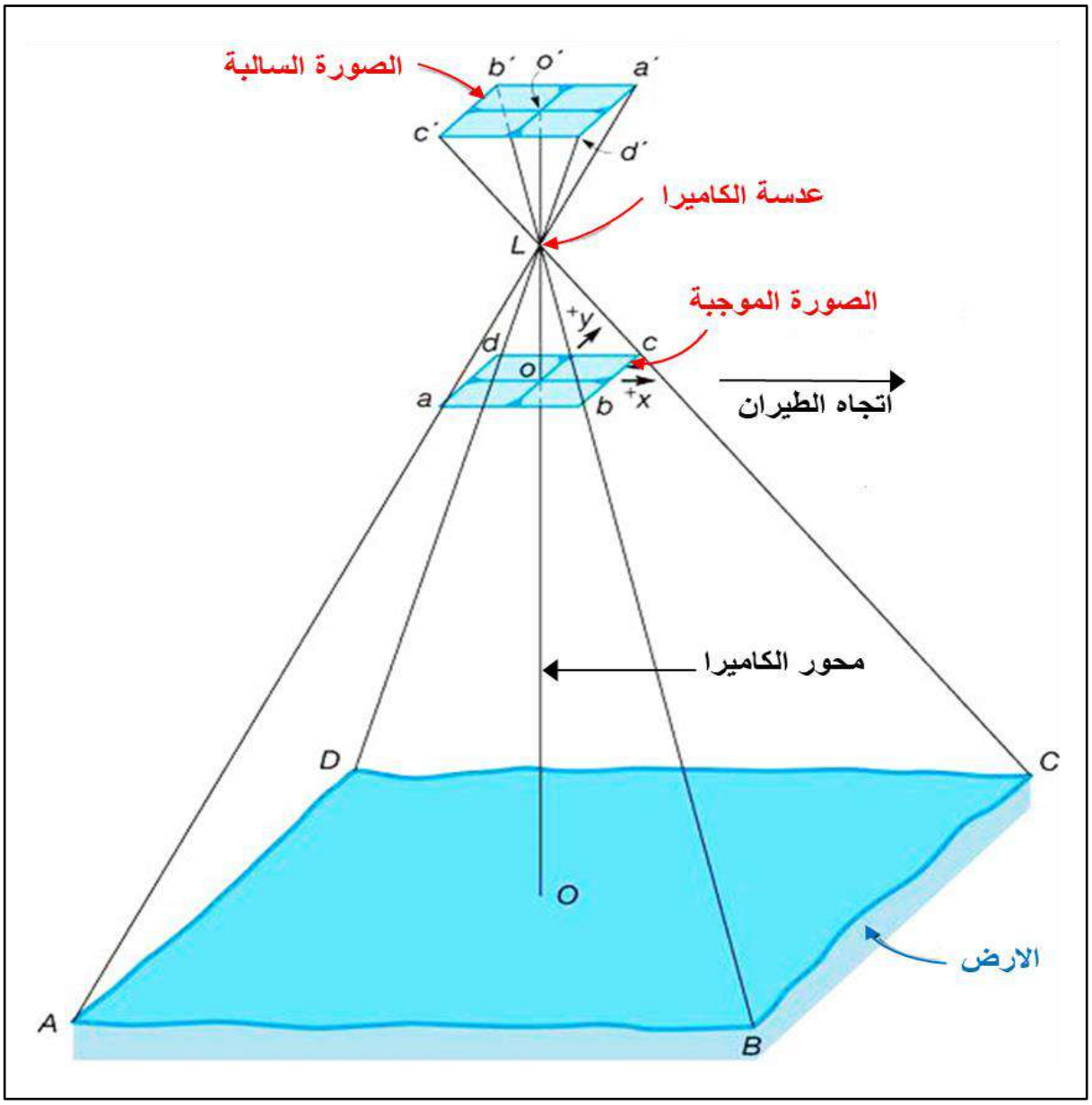
6-4 المسح التصويري الجوي Aerial Photogrammetry

الصورة الجوية Aerial Photograph هي الصورة الملتقطة بكاميرا محمولة على منصة جوية كأن تكون طائرة ثابتة الجناح او هيليكوبتر او طائرة مسيرة (درون) ، لاحظ الشكل (4-17). في هذا الجزء من الكتاب سيتم التطرق تحديداً الى الصورة الجوية العمودية تماما Truly Vertical او شبه العمودية (المائلة بغير تعمد) Tilted لدراسة هندسة الصورة وكيفية التعامل مع حساباتها رياضيا وما علاقة القياسات الصورية بالنظام الارضي للمنطقة المصورة وابرز الحسابات المتعلقة فيها بالنظام الصوري والارضي.



الشكل (4-17) الصور الجوية الملتقطة بالطائرة المسيرة.

الشكل (4-18) يمثل هندسة الصورة الجوية العمودية والمصورة من محطة الالتقاط L حيث تظهر الصورة السالبة Negative والمتكونة على متحسس الكاميرا الى الاعلى من محطة الالتقاط بينما تظهر الصورة الموجبة Positive والتي يتم التعامل معها ومعالجتها لاحقا الى الاسفل من محطة الالتقاط. حيث يمثل البعد بين محطة الالتقاط L ومركز الصورة الموجبة O البعد البؤري Focal Length للكاميرا المستخدمة والذي يجب أن يكون ثابتا عند التقاط الصورة. نلاحظ من خلال الشكل (4-18) إن مستوى الصورة Image Plane معرف باركان الصورة abcd والذي يقابل المستوى الارضي والمعرف بـ ABCD حيث سيتم اعتماد الرموز بالأحرف الصغيرة لتمثيل نظام الصورة بينما الرموز بالأحرف الكبيرة سيمثل ما يقابله بالنظام الارضي.



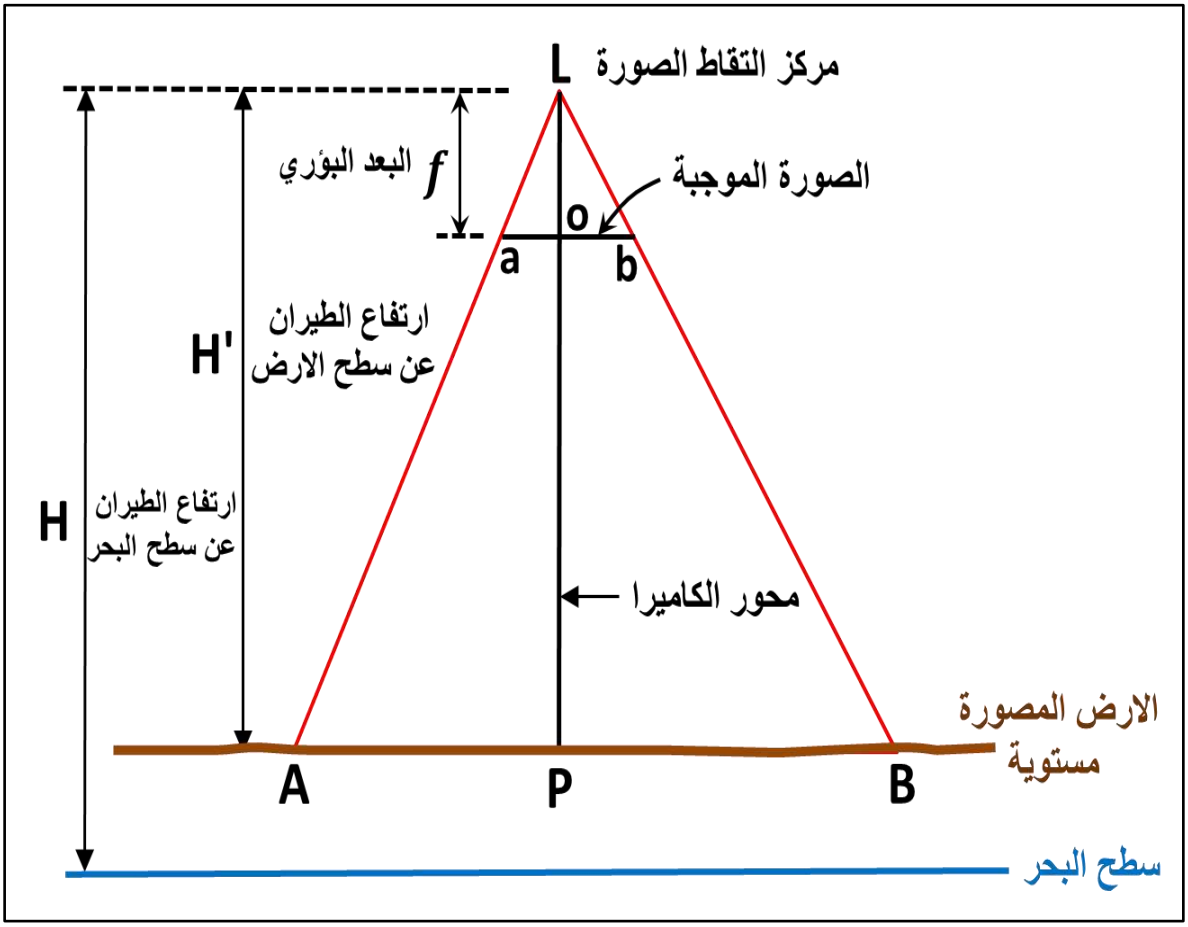
الشكل (4-18) هندسة الصورة الجوية العمودية (للاطلاع) .

1-6-4 الحسابات الاساسية في المسح التصويري الجوي

Basic Calculations in Aerial Photogrammetry

هناك مجموعة من الحسابات الاساسية التي يجب على الطالب معرفتها وتطبيقها لغرض اعتماد المسح التصويري الجوي في المشاريع الهندسية المختلفة كأحد تخصصات المساحة والتي سيتم التطرق اليها على شكل نقاط منفصلة.

1. حساب مقياس الصورة Photo Scale: وهو يمثل النسبة بين مقدار المسافة على الصورة الى ما يقابلها من مسافة على الارض. يمكن حساب مقياس الصورة اعتمادا على المسافة ab الظاهرة على الصورة العمودية في الشكل (4-19) والتي تقابلها المسافة AB على الارض المستوية Flat Terrain وكما يلي:



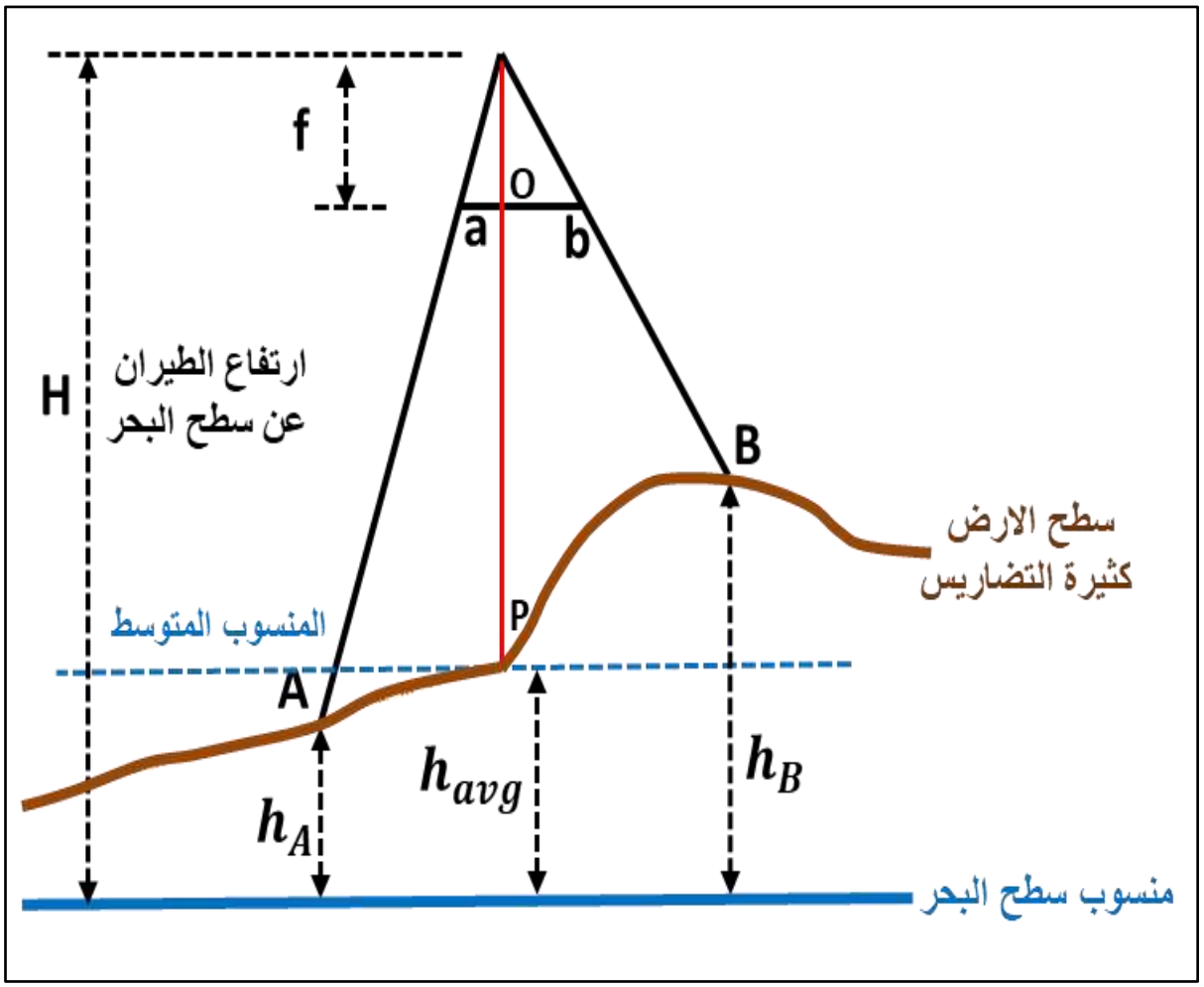
الشكل (4-19) هندسة الصورة الجوية العمودية فوق الارض المستوية Flat Terrain.

$$S = \frac{ab}{AB} = \frac{f}{H'}$$

حيث تمثل الـ f البعد البؤري للكاميرا و H' هو ارتفاع الطيران فوق الارض الطبيعية.

كما ويمكن حساب مقياس الصورة اذا توفر البعد البؤري f للكاميرا التي التقطت الصورة وكذلك ارتفاع الطيران H للصورة. او يمكن حساب المقياس بطريقة بديلة فيما اذا توفرت المسافة المقيسة على الصورة ab والمسافة المقيسة على الارض AB.

اما في حالة الارض شديدة التضاريس او التي تحتوي على معالم أرضية مختلفة الارتفاعات كالبنايات والاشجار فيمكن حساب مقياس الصورة اعتمادا على المسافة ab الظاهرة في الشكل (4-20) والتي تقابلها المسافة AB الظاهرة عل الارض شديدة التضاريس (الوعرة) كما يلي:



الشكل (4-20) هندسة الصورة الجوية العمودية فوق الارض الوعرة Variable Terrain.

$$S = \frac{ab}{AB} = \frac{f}{H - h}$$

حيث يمثل الـ H ارتفاع الطيران فوق المرجع Datum علماً ان المرجع هنا يقصد به مرجع الارتفاعات المعتمد عالميا او محليا وغالبا ما يكون مقاسا نسبة الى منسوب سطح البحر فيسمى المرجع بمنسوب خط البحر Mean Sea Level.

اما الـ h فيمثل ارتفاع النقطة الأرضية نسبة الى المرجع Datum. بمعنى إن في حالة الارض شديدة التضاريس سيكون هناك مقياس يحسب للصورة فوق كل نقطة أرضية ويختلف مقداره فوق اية نقطة اخرى عكس الحالة فوق الارض المستوية. فلو اردنا حساب المقياس فوق النقطة A يجب ان نعوض بالقانون بارتفاع النقطة عن المرجع اي h_A حيث سيكون مقدار المقياس مختلف فوق النقطة الأرضية B لان التعويض بالقانون سيكون بإستخدام أرتفاع النقطة عن المرجع h_B وهكذا.

اما اذا اردنا حساب مقياس الصورة المعدل S_{avg} فوق الارض شديدة الوعورة فسيصبح القانون كالتالي:

$$S_{avg} = \frac{f}{H - h_{avg}}$$

حيث يمكن حساب الارتفاع الارضي المعدل h_{avg} باخذ المعدل لارتفاعات النقاط المتوفرة في المنطقة المصورة وحساب الارتفاع المعدل وكالتالي:

$$h_{avg} = \frac{h_A + h_B + \cdots \ldots . h_n}{n}$$

حيث يمثل الـ h_A و h_B والى h_n ارتفاعات النقاط في الارض المصورة نسبة الى منسوب خط البحر اما n فيمثل عدد هذه النقاط.

مثال (4 -2): احسب مقياس الصورة فوق الارض المستوية والمأخوذة بكاميرا ذات بعد بؤري يساوي 152.4 mm وارتفاع طيران يساوي 1830 m فوق الارض الطبيعية.

الحل: يجب تحويل المتر في ارتفاع الطيران الى ملمتر وذلك لغرض توحيد الوحدات

$$S = \frac{f}{H'} = \frac{152.4\ mm}{1830\ m} = \frac{152.4\ mm}{1830 \times 1000\ mm} = \frac{152.4\ mm}{1830000\ mm} =$$

$$= \frac{152.4\ mm\ /152.4\ mm}{1830000\ mm/152.4\ mm} = \frac{1}{12000} = 1:12000$$

مثال (4 – 3): احسب مقياس الصورة فوق النقطة A اذا علمت ان البعد البؤري للكاميرا يساوي 152.4 mm وارتفاع الطيران يساوي 1830 m فوق منسوب خط البحر علما إن ارتفاع النقطة A يساوي 70.23 m مقاساً الى منسوب خط البحر.

الحل: يجب تحويل المتر في ارتفاع الطيران الى ملمتر وذلك لغرض توحيد الوحدات .

$$S_A = \frac{f}{H - h_A} = \frac{152.4\ mm}{1830 - 70.23\ m} = \frac{152.4\ mm}{1759.77 \times 1000\ mm}$$

$$= \frac{152.4\ mm}{1759770\ mm} = \frac{152.4\ mm\ /152.4\ mm}{1759770\ mm\ /152.4\ mm} = \frac{1}{11547} = 1:11547$$

مثال (4 – 4): في صورة جوية عمودية ملتقطة فوق ارض تضاريسية كان كل من اعلى ارتفاع عن منسوب خط البحر يساوي 610 m واوطأ ارتفاع يساوي 460 m ومعدل الارتفاعات يساوي 310 m ، احسب مقياس الصورة عند اعلى واوطأ ارتفاع وكذلك احسب المقياس عند الارتفاع المعدل علما ان ارتفاع الطيران يساوي 3000 m والبعد البؤري للكاميرا يساوي 152.4 mm.

الحل: يجب تحويل المتر في ارتفاع الطيران الى ملمتر وذلك لغرض توحيد الوحدات .

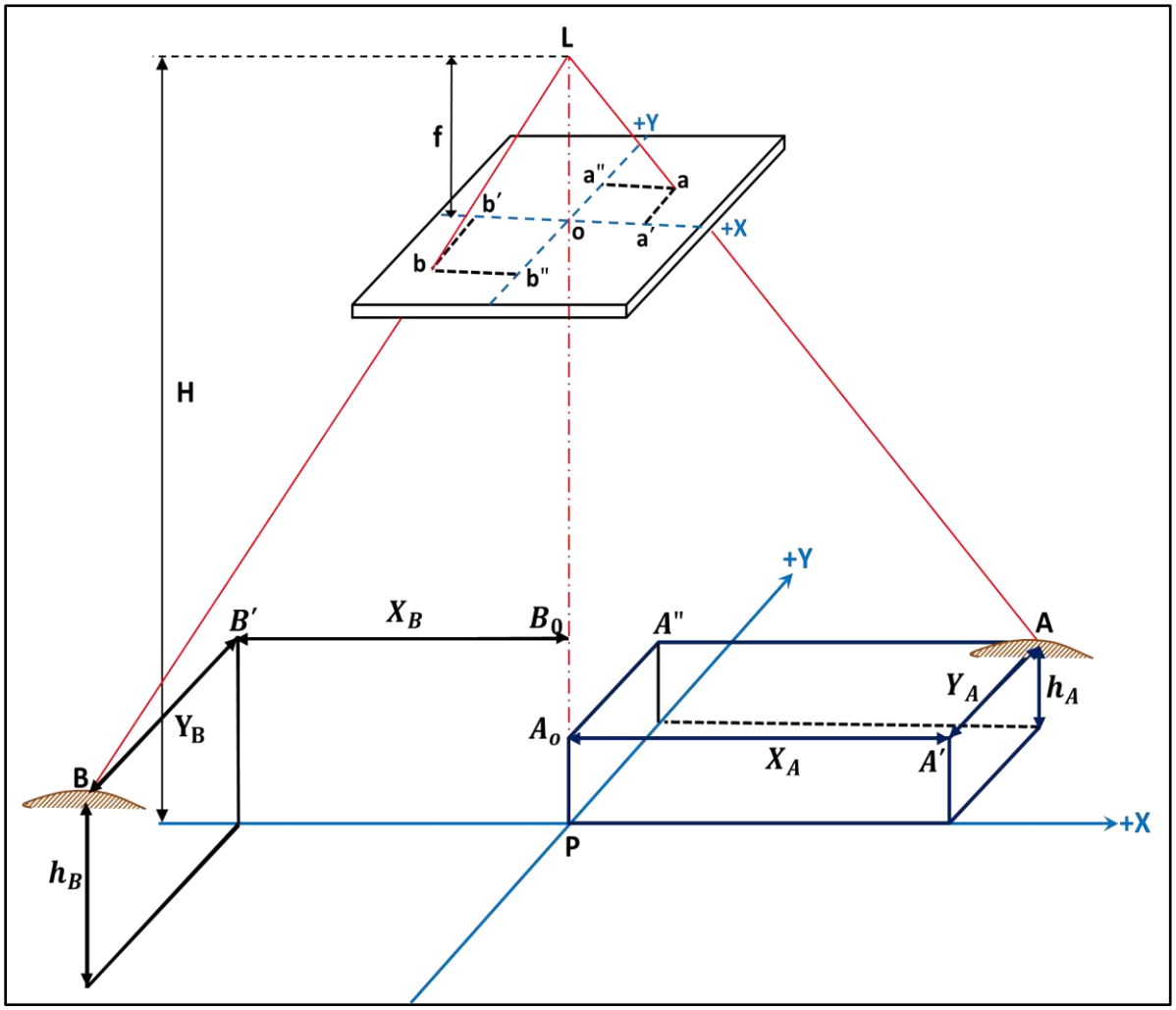
$$S_{max} = \frac{f}{H - h_{max}} = \frac{152.4\ mm}{3000 - 610\ m} = \frac{152.4\ mm}{2390 \times 1000\ mm} = \frac{152.4\ mm}{2390000\ mm}$$

$$= \frac{152.4\ mm\ /152.4\ mm}{2390000\ mm\ /152.4\ mm} = \frac{1}{15682} = 1:15682$$

$$S_{min} = \frac{f}{H - h_{min}} = \frac{152.4\ mm}{3000 - 460\ m} = \frac{152.4\ mm}{2540 \times 1000\ mm} = 1:16666$$

$$S_{avg} = \frac{f}{H - h_{avg}} = \frac{152.4\ mm}{3000 - 310\ m} = \frac{152.4\ mm}{2690 \times 1000\ mm} = 1:17650$$

2. حساب الاحداثيات الأرضية Ground Coordinates: يمكن حساب الاحداثيات الأرضية لأية نقطة ظاهرة في الصورة الجوية العمودية بالاعتماد على هندسة الصورة الجوية والموضحة في الشكل (4-21) حيث يمكن حساب الاحداثيات الأرضية لكل من النقطتين A و B والمسافة الأرضية بينهما AB وكما يلي:



الشكل (4-21) نظام الاحداثيات الأرضية في الصورة الجوية العمودية (للاطلاع) .

$$X_A = x_a\left(\frac{H - h_A}{f}\right)$$

$$Y_A = y_a\left(\frac{H - h_A}{f}\right)$$

$$X_B = x_b\left(\frac{H - h_B}{f}\right)$$

$$Y_B = y_b\left(\frac{H - h_B}{f}\right)$$

$$AB = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}$$

مثال (4 – 5): في صورة جوية عمودية مأخوذة بكاميرا ذات بعد بؤري يساوي 152 mm وارتفاع طيران يساوي 1385 m فوق مستوى سطح البحر تظهر النقاط a و b على الصورة للنقاط الأرضية A و B حيث كانت احداثياتهم الصورية المقيسة على الصورة كما يلي:

$$x_a = -52\ mm\ ,\ y_a = -48\ mm\ ,x_b = 40\ mm\ ,\ y_b = 43\ mm$$

المطلوب حساب الاحداثيات الأرضية للنقطتين A و B وحساب المسافة الأرضية AB بينهما اذا علمت ان $h_A = 204\ m$ و $h_B = 148\ m$.

الحل:

$$X_A = x_a\left(\frac{H - h_A}{f}\right) = -52\left(\frac{1385 - 204}{152}\right) = -404\ m$$

$$Y_A = y_a\left(\frac{H - h_A}{f}\right) = -48\left(\frac{1385 - 204}{152}\right) = -372\ m$$

$$X_B = x_b\left(\frac{H - h_B}{f}\right) = 40\left(\frac{1385 - 148}{152}\right) = 325\ m$$

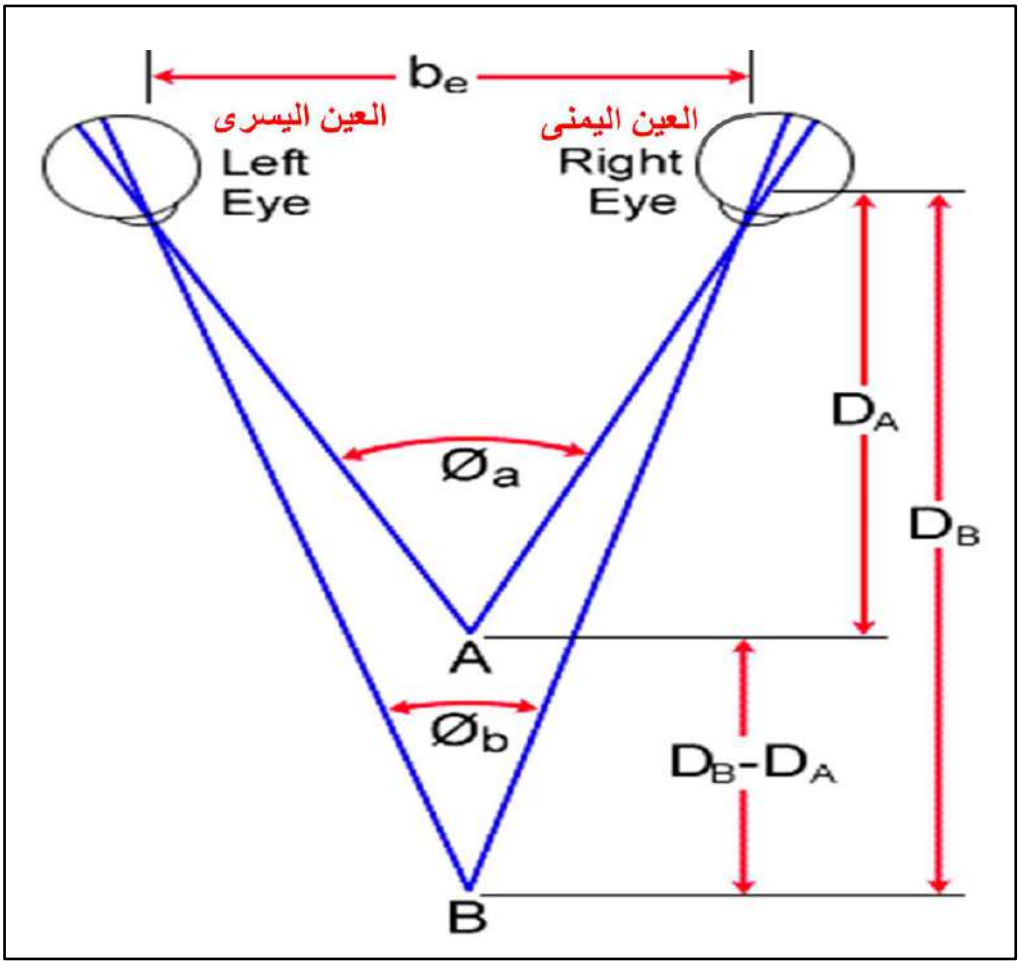
$$Y_B = y_b\left(\frac{H - h_B}{f}\right) = 43\left(\frac{1385 - 148}{152}\right) = 349\ m$$

$$AB = \sqrt{(325 + 404)^2 + (349 + 372)^2} = 1025\ m$$

4-6-2 الرؤية المجسمة Stereoscopic Vision

تعرف الرؤية المجسمة للإنسان بانها القدرة على رؤية الاجسام بأبعادها الثلاثة اي الطول والعرض والعمق (الارتفاع). ويمتلك الانسان هذه القدرة وذلك لإمتلاكه عينين اثنين بدلاً عن عين واحدة تمكنه من رؤية الاجسام بأبعادها الثلاثة وإستيعاب عمقها وقربها وبعدها عنه او عن بعضها البعض وتفسير الظواهر في الطبيعة بناءً على هذه الرؤية المجسمة. حيث يمكن أن نحكم على هذه الظواهر بالاعتماد على نظرة مفردة Monoscopic او نظرة مجسمة Stereoscopic وعادة ما ترتبط النظرة المفردة للأجسام بالأشخاص الذين يمتلكون عيناً واحدة بينما ينظر غالبية الناس التي تمتلك عينين اثنين بنظرة مجسمة الى الاجسام ويستطيعون التمييز بين ابعادها في المستوي الافقي والعمودي XY وبعدها الثالث Z. حيث يمكن تفسير مفهوم عمق الاجسام او رؤية البعد الثالث فيها من خلال الشكل (4-22) فالرؤية المجسمة تحدث عندما يتمكن الناظر من تمييز عمق الاجسام من خلال قربها وبعدها عنه. حيث نلاحظ

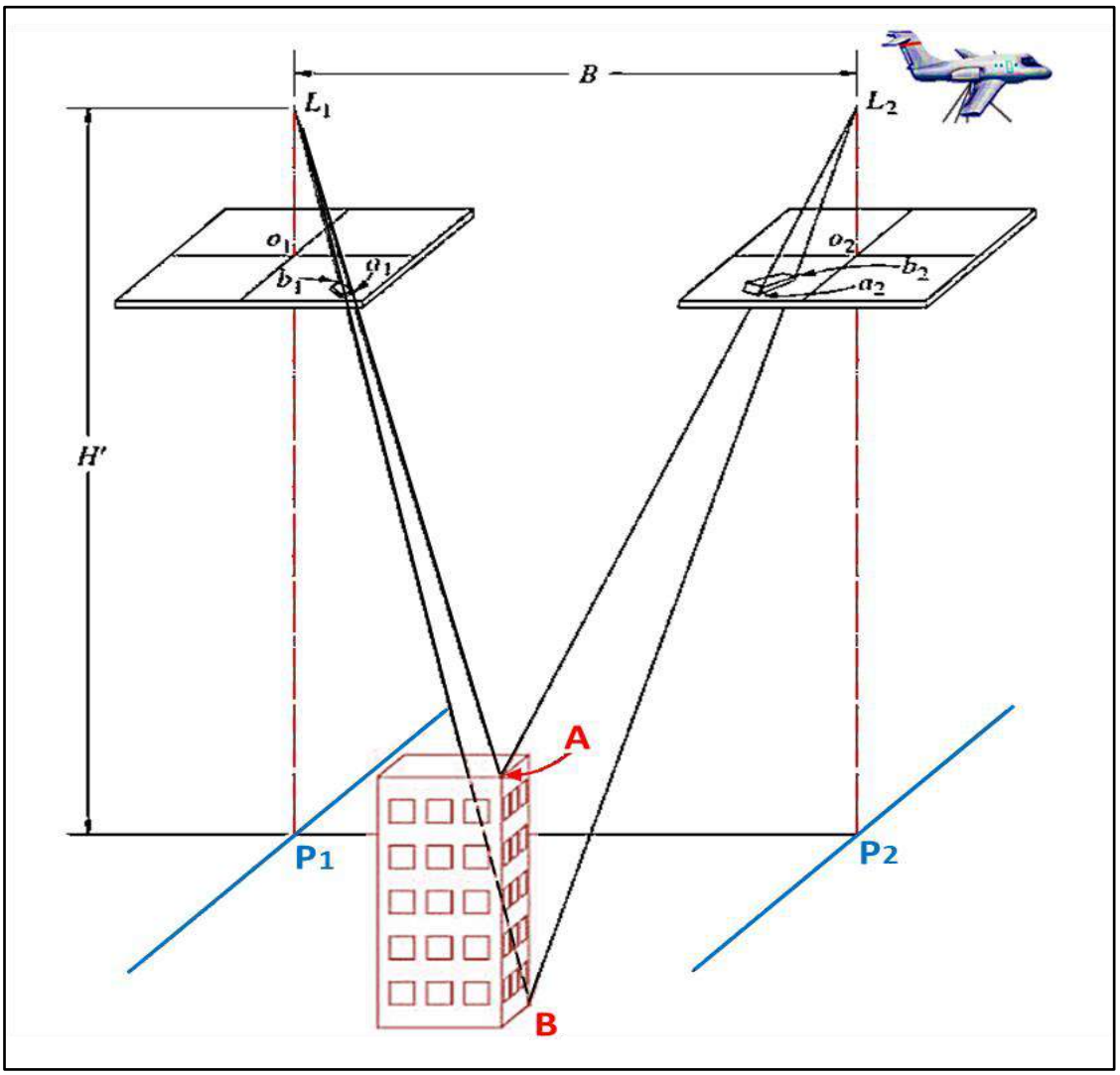
من خلال الشكل (4-22) إن الرؤية المجسمة مرتبطة بمقدار زاوية النظر Parallactic Angle والمعرفة بالشكل بالزاوية ø حيث نجد انه كلما اقترب الجسم من الناظر كلما زادت زاوية النظر وكلما ابتعد الجسم عن الناظر كلما قلت زاوية النظر. وبناءً عليه يمكن تمييز عمق الجسم AB والمعرف بالمسافة $D_B - D_A$ في الشكل (4-22) من خلال طرح بعد الناظر عن النقطة B والمعرفة بالمسافة D_B وهو البعد الاكبر من بعد الناظر عن النقطة A والمعرفة بالمسافة D_A والتي تمثل البعد الاصغر.



الشكل (4-22) النظرة المجسمة وحدوثها اعتمادا على زاوية النظر.

في المسح التصويري الجوي يمكن اعتماد نفس المبدأ بتفسير العوارض واجراء القياسات على الصور في حالة توفر صورتين ملتقطتين لنفس المنطقة المصورة من نقطتين مختلفتين بينهما منطقة تداخل End Overlap للحصول على زاوية النظر Parallactic Angle الموضحة بالشكل (4-22). حيث لا يمكن الحصول على نظرة مجسمة للعوارض الأرضية (بمعنى رؤية وتفسير أعماق الاجسام وبعدها عن الصورة) من صورة واحدة ملتقطة من مكان واحد (الحالة مماثلة لمن ينظر الى الاجسام بعين واحدة فقط). ولهذا لا يمكن استيعاب وقياس البعد الثالث للأجسام الأرضية (اي ارتفاعاتها عن الارض بالمحور

الرأسي Z) الا من خلال توفر صورتين مصورين بموقعين مختلفين Two exposure stations للمشهد المصور بشرط ان يتوافر بينهما تداخل End Overlap، لاحظ الشكل (4-23). وتوظف الرؤية المجسمة في حساب إرتفاعات الاجسام والظواهر الطبيعية والبشرية وكذلك في عمليات تفسير الصور الجوية.



الشكل (4-23) التصوير الجوي المجسم عند توفر صورتين ملتقطتين من محطتين مختلفتين بينهما تداخل في المشهد المصور (للاطلاع) .

3-6-4 اختلاف النظر Parallax

يحدث إختلاف النظر Parallax في المسح التصويري في الاتجاه الافقي (المحور X) بسبب محاولة النظر الى العوارض وتفسيرها من موقعين مختلفين وعبر صورتين جويتين مختلفتين. حيث يصعب الحصول على الرؤية المجسمة بالتصوير الجوي مباشرة ومقارنة عما هو عليه عند النظر بالعينين

للأجسام وذلك بسبب بعد المسافة بين محطتي الالتقاط مقارنة بالمسافة بين العينين عند الانسان بالإضافة الى الارتفاع الشاهق بين محطات الالتقاط والمشهد المصور في حالة الصور الجوية مقارنة بالحالة عند النظر لجسم قريب بالعينين البشريتين. نتيجة لهذا الاسباب يحدث اختلاف بالنظر في مواقع الاجسام حيث نشاهد العارض من الصورة اليمنى بموقع يختلف عن موقعه من الصورة اليسرى وبالتالي يصعب تكون زاوية النظر Parallactic Angle وتصعب الرؤية المجسمة.

لغرض معالجة هذه المشكلة وتسهيل عملية تكوين زاوية النظر وقياس مقدار اختلاف النظر Parallax يمكن الاستعانة بأجهزة بصرية خاصة لتسهيل عملية الحصول على الرؤية المجسمة واستثمار ظاهرة اختلاف النظر في قياس البعد الثالث (الارتفاع) للأجسام الأرضية المصورة بدقة عالية يتم اعتماد اجهزة خاصة تسمى بالـStereo scope وهناك انواع متعددة من هذه الاجهزة منها اليدوية والتحليلية والرقمية ويتم اختيار المناسب منها حسب نوع التطبيق والدقة المطلوبة في القياسات.

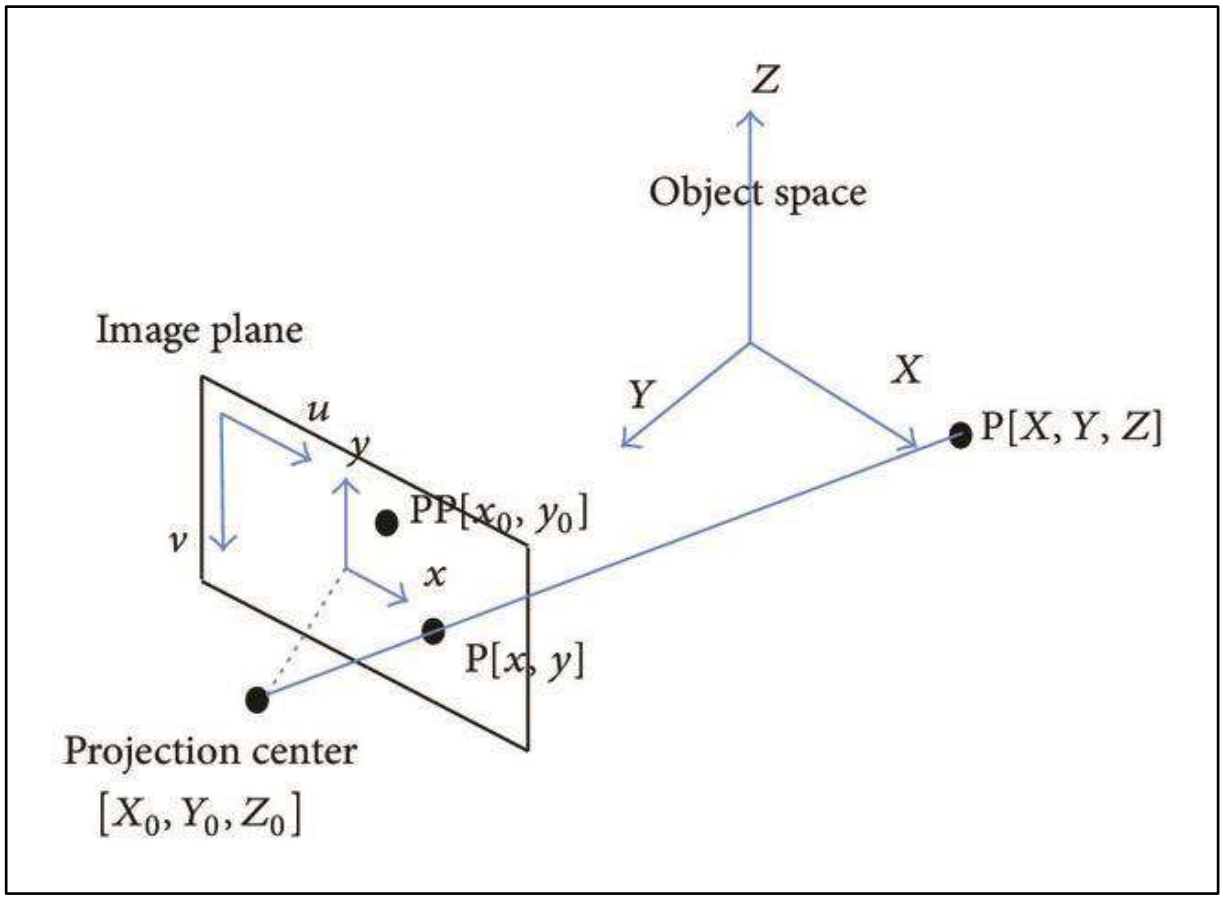
اما عن اسباب حدوث ظاهرة اختلاف النظر الـParallax في الاتجاه العمودي Yعلى المحور الافقي للصورة فهي متعددة يمكن ادراجها بما يلي:

1. اختلاف في تدوير الصور المتداخلة عند النظر اليها باستخدام جهاز الـ Stereo scope.
2. اختلاف في ارتفاع الطيران في لحظة الالتقاط بين الصورة اليمين و اليسار.
3. اختلاف في ميلان الصور في لحظة الالتقاط.

7-4 المسح التصويري الارضي Terrestrial Photogrammetry

يمكن تعريف المسح التصويري الارضي بأنه المسح التصويري الناتج عن تصوير الاجسام الأرضية من محطات أرضية باستعمال كاميرات أرضية ويكون الناتج صوراً أرضية تتبع نفس مفهوم التصوير الجوي مع إختلاف واضح وهام ويتمثل في تعريف المحاور الثلاثة. ففي التصوير الجوي يكون المحورين الافقي والعمودي XY للأجسام الأرضية موازي للمحورين xy للصورة الجوية اما المحور الرأسي والذي يمثل إرتفاعات الاجسام على الارض فهو يقابل البعد البؤري للكاميرا الجوية. اما في التصوير الارضي فإن محاور الكاميرا ستكون مقابلة للعوارض المصورة وليست فوقها وبالتالي ستدور المحاور عما هو معروف عليه في حالة التصوير الجوي فيصبح المحور Y في التصوير الجوي مقابل للمحور Z في التصوير الارضي والعكس صحيح حيث يمثل المحور Y في التصوير الارضي عمق الاجسام ومدى ابتعادها عن محور الكاميرا الأرضية وعليه سيكون تعريف المحاور في التصوير الارضي مقارنة بالتصوير الجوي كما يلي، لاحظ الشكل (4-24):

	المحور الافقي	المحور العمودي	المحور الرأسي
التصوير الجوي	X	Y	Z
التصوير الارضي	X	Z	Y



الشكل (4-24) تعريف المحاور الأرضية في التصوير الارضي.

يمكن تقسم المسح التصويري الارضي الى نوعين اساسيين اعتمادا على بعد الجسم المصور عن محور الكاميرا:

1. المسح التصويري الارضي ذو المدى القريب Close Range Terrestrial Photogrammetry: ويشمل كل حالات المسح الارضي عندما تكون المسافة بين المشهد المصور والكاميرا لا يزيد عن 400 متر حيث يتم اعتماد كاميرات تصوير لها بعد بؤري صغير مقارنة بكاميرات التصوير الجوي.

2. المسح التصويري الارضي ذو المدى البعيد Long Range Terrestrial Photogrammetry: وبشمل كل حالات المسح الارضي التي تزيد فيه المسافة بين المشهد المصور والكاميرا على 400 متر حيث تستعمل كاميرات ببعد بؤري اكبر من النوع الاول.

يتم إعتماد المسح الارضي في الحالات التي تتطلب تصوير العارض الارضي من الامام كواجهات البنايات وتمثيل العوارض الصغيرة ذات التفاصيل الدقيقة والتي لا يمكن اعتماد المسح الجوي فيها وعادة ما تكون كلفة مشاريع التصوير الارضي اقل بكثير من كلفة مشاريع التصوير الجوي للأسباب التالية:

1. صغر حجم ومساحة المنطقة المصورة في حالة التصوير الارضي.
2. سهولة الوصول الى الاجسام المصورة ومواقع التقاط الصور الأرضية بخلاف ما هو عليه في حالة التصوير الجوي.
3. الكلفة الواطئة لكاميرات ومعدات التصوير الارضي مقارنة بالتصوير الجوي.
4. سهولة عملية جمع البيانات والتقاط الصور حتى من قبل غير المتخصصين في التصوير الارضي.

يمكن الحصول على بيانات بدقة عالية جدا من التصوير الارضي تصل الى اجزاء المليمترات واحيانا تصل للمايكرومتر عند استخدام كاميرات متخصصة من نوع مايكرو تستخدم لتمثيل العوارض الدقيقة جدا.

لغرض الحصول على صور أرضية عالية يتم إستخدام الكاميرات الأرضية الرقمية والتي قد تكون قياسية Metric Cameras أعدت خصيصاً لأغراض المسح التصويري القياسي الذي يتطلب قياسات بدقة عالية كمشاريع مراقبة المنشآت الضخمة او التشوهات الحادثة في المباني. كما إن هناك نوع آخر من الكاميرات غير القياسية Non Metric Cameras والتي تكون غير تخصصية وواطئة الكلفة ولكن يمكن اعتمادها في تنفيذ مشاريع التصوير الارضي وذلك لتطور تقنية التصوير الرقمي في الوقت الحاضر مقارنة بالعصر الماضي. وندرج في ادناه ابرز اهم تطبيقات المسح التصويري الارضي:

1. تطبيقات المسح التصويري المعماري Architecture Photogrammetry: وهو احد تطبيقات حفظ ودراسة وتحليل الهوية المعمارية للجسم المصور.
2. تطبيقات حفظ وترميم التراث الثقافي Cultural and Heritage Conservation: وهو احد التطبيقات المستخدمة في حفظ وترميم التراث الثقافي والتاريخي .

3. تطبيقات مراقبة المنشآت الهندسية الضخمة Monitoring of Heavy Structures .
4. تطبيقات الطب الشرعي والقضائي Forensic Photogrammetry .
5. تطبيقات الاثار Archeological Photogrammetry .
6. تطبيقات انتاج نموذج البناء المتكامل Building Information Model.

8-4 التخطيط لمشروع مسح تصويري

Planning for a Photogrammetric Project

من اهم علامات نجاح مشاريع المسح التصويري سواء كان تصوير جوي او ارضي هو التخطيط الجيد والصحيح للمشروع بكل مراحله وفقراته من خلال اتباع مجموعة من الخطوات والتي من اهدافها ضمان جودة المنتج النهائي لتحقيق متطلبات المشروع وهي كالتالي:

1. وضع الهدف الاساسي من المشروع نصب العين في كل خطوة من خطوات المشروع والذي تم على اساسه اختيار تقنية المسح التصويري للوصول للنتيجة النهائية وتثبيت خطوات الانجاز بشكل تفصيلي وصولا للنتائج المرجو تحقيقها.
2. استطلاع الموقع الحقلي للمشروع وإتخاذ كافة الإستعدادات اللازمة للمباشرة بالعمل بدءا باستحصال الموافقات الامنية واللوجستية للعمل في الموقع، إختيار نوع الكاميرا المناسبة لالتقاط الصور بالإضافة الى توفر كافة الملحقات والاجهزة للازمة للعمل، اختيار فريق العمل وتحديد واجباته، التأكد من الظروف الجوية وملاءمتها للعمل ، ودراسة ظروف العمل من طبيعة المنطقة المصورة ومدى صعوبة او سهولة الاجسام المصورة فيها من حيث مادة السطح وطبيعتها ومدى تأثرها بالضوء والانعكاس وغيرها ، اجراء تخطيط اولي لمحطات الالتقاط ومدى قربها من الجسم المصور مع الأخذ بالإعتبار موضوع الكلفة داخل الموقع الحقلي والمعالجة في المكتب.
3. تصميم نقاط الضبط الأرضية من حيث الشكل والحجم والعدد وتوزيعها في موقع المشروع وعلى سطح المنطقة المستهدفة وإجراء عملية جمع البيانات لنقاط الضبط باستخدام التقنيات الأرضية التقليدية والتقاط الصور بالمشهد المصور بناءً على خطة التصوير المعدة سابقا بهذا الصدد بعد التأكد من إختيار الاعدادات الامثل لعناصر التصوير بالكاميرا لغرض الحصول على اجور الصور.

4. معالجة البيانات في المكتب بإستخدام الحاسوب المناسب وبمواصفات تناسب جودة الصور وعددها وعمليات المعالجة التي تجري عليها بالاضافة الى متطلبات المنتج من المشروع وذلك بعد عمل أرشفة للصور الملتقطة وحفظ نسخة اضافية منها لغرض حماية البيانات وتجنب العودة للحقل لالتقاط بيانات مرة اخرى وبالتالي زياد الكلفة.
5. إنتاج المنتج النهائي من الصور المعالجة وتحويلها الى برنامج ثالث للمعالجة لإظهار المنتج بهيأته النهائية كإنتاج الخرائط الكادسترائية بمقياس محدد مثلا.

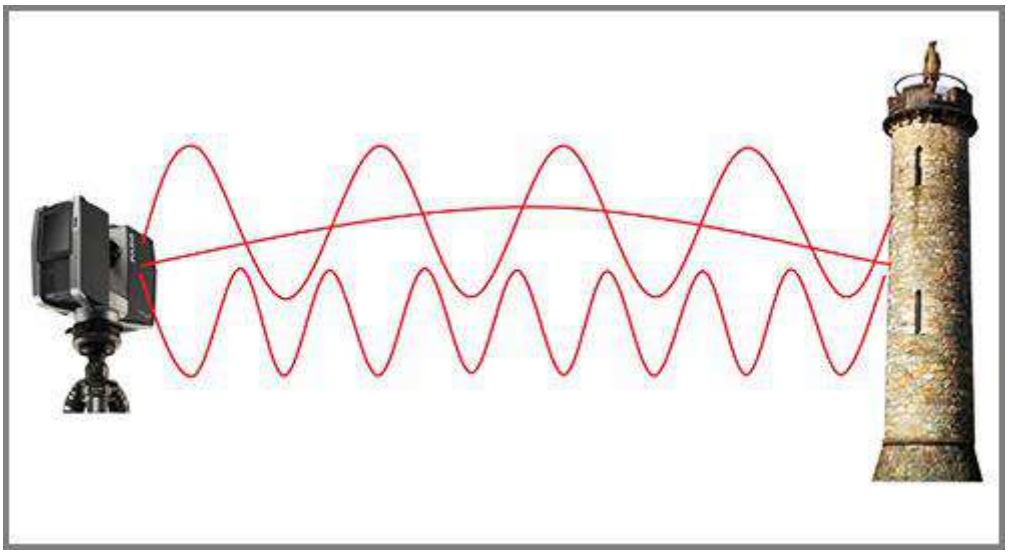
9-4 المسح الليزري وتطبيقاته Laser Scanning and Applications

يُعَرَّف المسح الليزري بانه التكنولوجيا الرقمية التي تُعنى بالحصول على معلومات رقمية دقيقة للأجسام الأرضية بالاعتماد على الضوء الليزري. ففي الهندسة الحديثة عادة ما يستخدم الليزر للحصول على المعلومات بدقة وسرعة متناهية نتيجة لكفاءة الشعاع الليزري في مسح البيانات الأرضية مقارنة بغيره من التقنيات التقليدية.

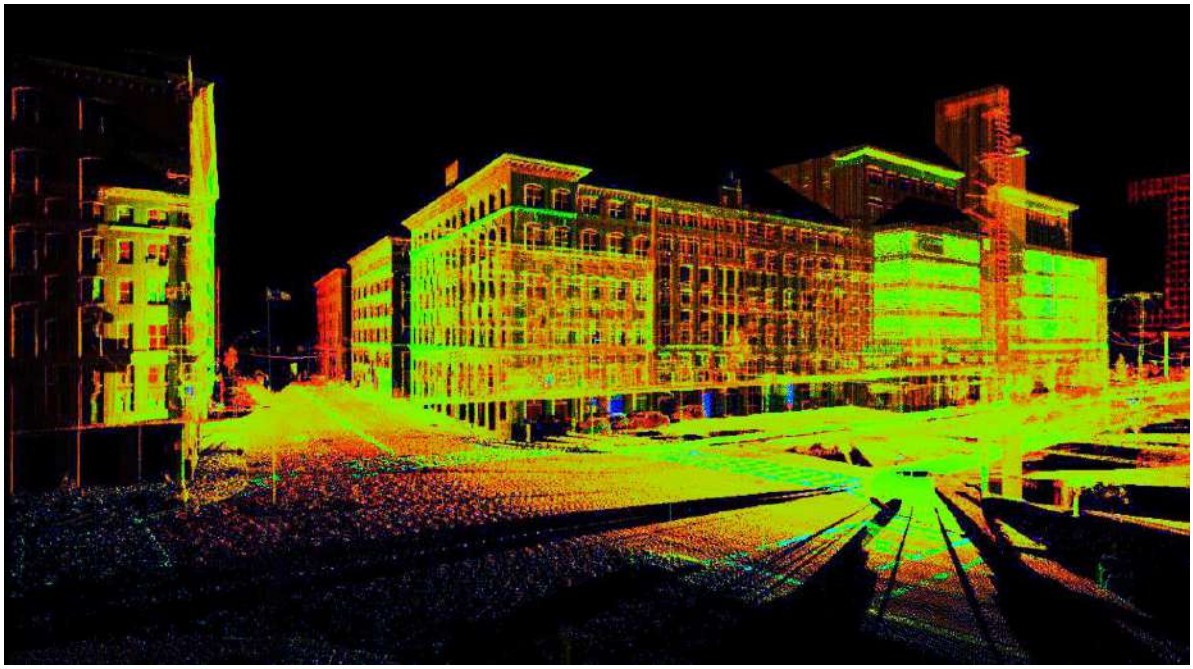
فهناك انواع مختلفة من شعاع الليزر فمنها من يعمل ضمن الطيف المرئي ومنها من يعمل خارج نطاق الطيف المرئي وذلك تبعا للطول الموجي المستخدم للشعاع الليزري.

يستخدم الشعاع الليزري اليوم في العديد من الاجهزة منها الطابعات الليزرية واجهزة الليزر المستخدمة في طب العيون وطب التجميل وهناك اجهزة مختبرية مجهرية تعمل بالليزر في مجال التحليلات المرضية والاحيائية بالإضافة الى إستخدام الليزر في مجال الفن والترفيه في العروض الجوية في المناسبات والعرض المرئي والتلفزيوني وغيرها ناهيك عن استخدامات الليزر في الجانب العسكري في الاسلحة والمعدات الدفاعية الحديثة.

اما في مجال المساحة فالمسح الليزري يعنى بمسح الاجسام الأرضية والحصول على البيانات الثلاثية الابعاد للأجسام الأرضية وبدقة عالية وذلك من خلال اجهزة خاصة تسمى بأجهزة المسح الليزري Laser Scanners. حيث ترسل هذه الاجهزة شعاعا ليزريا على شكل حزمات مستمرة باتجاه الجسم او المشهد المصور لتصطدم الاشعة بالهدف وترتد عنه، لاحظ الشكل (4-25) ليقوم مستلم الجهاز Scanner receiver باستلام الاشارة وتحليلها للحصول على المسافة والاتجاه بين الجهاز ونقاط الهدف المصور وتحويل هذه القياسات الطولية والزاوية الى احداثيات ثلاثيات الابعاد لمواقع النقاط المرصودة 3D point clouds، لاحظ الشكل (4-26).



الشكل (4-25) مبدأ عمل اجهزة المسح الليزري والمتمثل بارسال حزمات من الاشعة الليزرية للجسم المصور.



الشكل (4-26) البيانات الثلاثية الابعاد المستحصلة من تقنية المسح الليزري 3D Point Clouds.

تعمل هذه الاجهزة عادة من خلال ماطورات خاصة ملحقة بها ولهذا تصنف ضمن الاجهزة الروبوتية Robotic Devices فهي لا تحتاج الى توجيه بإتجاه نقاط محددة كما هو الحال في جهاز المحطة المتكاملة Total Station وإنما يقوم الجهاز بتغطية مساحة معينة وواسعة من الهدف ويتحرك الجهاز بحركة منتظمة في الاتجاهين الافقي والعمودي بالاعتماد على الماطورات الملحقة به ويقوم بأرسال حزم

الشعاع الليزري لمسح المنطقة او الهدف او المنشأ بفترة زمنية قصيرة جدا وبدقة عالية وينتج عنه كمية هائلة من الاحداثيات الحقيقية للمنشأ بالأبعاد الثلاثة والتي يمكن تحليلها لاحقا لاتخاذ القرار.

يختلف المسح الليزري عن المسح التصويري إن الاول يعمل في الليل والنهار ولا يحتاج الى مصدر اضاءة خارجي كما هو الحال في المسح التصويري وهذه تعتبر من اهم فوائد المسح الليزري التي يتفوق بها على المسح التصويري لأنه يمكننا من خلاله الحصول على المعلومات للأجسام وان كانت في مناطق مظلمة او مظللة لا يصلها مصدر للضوء. كما إن المسح الليزري يتفوق على المسح التصويري بسرعة الحصول على المعلومات الثلاثية الابعاد للمواقع وإستحصالها مباشرة من دون معالجة كما هو الحال في المسح التصويري. ولكن يتفوق المسح التصويري على المسح الليزري في جانب تفسير العوارض لان الصورة عادة تعكس المشهد المصور كما هو في الواقع بينما يفتقر المسح الليزي الى توفير معلومات مرئية للبيانات الملتقطة والتي تكون ضعيفة نوعا ما بتفسير العوارض مقارنة بالصور الفوتوغرافية التي يوفرها المسح التصويري. ولهذا عادة ما توضع الكاميرات كملحق في أغلب اجهزة المسح الليزري للحصول على بيانات مرئية اضافية تساهم في سهولة تفسير بيانات المسح الليزري والتي تعتبر بيانات عمياء Blind Data اذا ما استخدمت بمفردها من دون الصور التي توفرها الكاميرا. اما من ناحية الدقة المستحصلة للبيانات المرصودة فلا يمكن تمييز احد التقنيتين (المسح الليزري والمسح التصويري) احدهما على الآخر حيث تعتمد النتيجة على الكثير من العوامل المؤثرة في كلا التقنيتين بالإضافة الى طبيعة الهدف والتطبيق المستخدم. فاحياناً تتفوق دقة بيانات المسح الليزري على بيانات المسح التصويري واحيانا اخرى تتفوق دقة المسح التصويري على الليزري لنفس الهدف وتحت نفس الظروف لذا لا يمكن القول ان احدهما اعلى دقة من الآخر.

اما اهم تطبيقات المسح الليزري في هندسة المساحة فيمكن ادراجه وكما يلي:

1. مسح الطرق والسكك الحديد والطرق السريعة.
2. مسح خطوط الطاقة الكهربائية وتحديد مجال خطوط النقل في مناطق الاشجار والغطاء النباتي.
3. انتاج النموذج التضاريسي الارضي في المناطق التضاريسية لأنشاء المدن الحضرية وحساب حجوم الاتربة.
4. تمثيل النماذج والموديلات الخاصة بالتنبأ بالكوارث الطبيعية كالفيضانات وموديلات تصريف المياه والصرف الصحي.
5. دراسة حجم الخسائر في البنى التحتية الناتجة عن الكوارث الطبيعية والبيئية.

6. دراسة حركة المياه تبعا للمد والجزر وتحليل تأثيرها على المناطق الساحلية وكذلك تأثير ظاهرة التعرية النهرية.
7. مراقبة المنشآت الضخمة كالجسور والسدود والبنى التحتية عموما وعمليات تأهيلها وترميمها.
8. قياسات المساحات والحجوم للمسطحات المائية وعملية مسحها ومراقبتها لبيان تاثير التغييرات المناخية والجفاف.
9. تمثيل العوارض الطبيعية بأنواعها على اليابسة وتحت سطح الماء وقياس الاعماق باستخدام المسح الـ Bathymetric.
10. مسح الآثار وترميم المواقع الاثرية وإكتشاف اللقى الاثرية في المواقع الاثرية غير المنقبة.

10-4 انواع منصات المسح الليزري Types of Laser Scanning Platforms

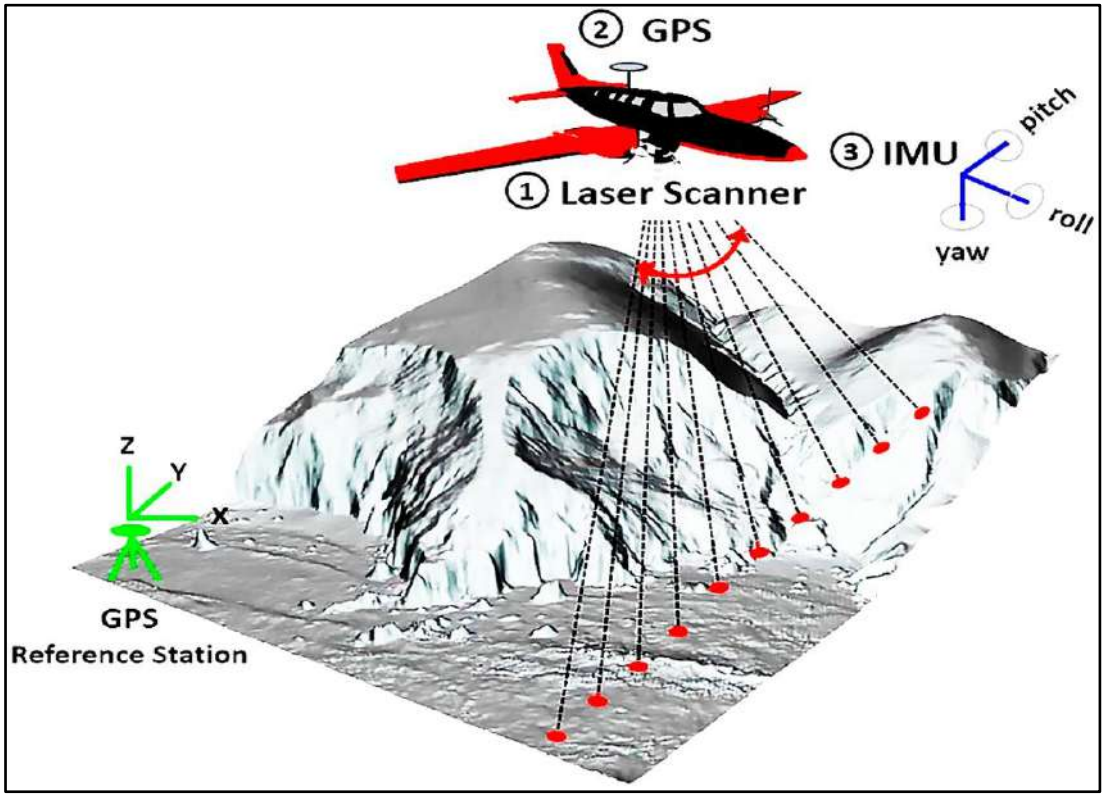
يقسم المسح الليزري الى عدة انواع حسب نوع المنصة المستخدمة والتي يربط اليها فهناك اربعة انواع لمنصات المسح الليزري وهي كما يلي:

1. المسح الليزري الجوي Aerial Laser Scanning: ويعرف عادة باللايدار Lidar ويتمثل بنظام مسح ليزري متكامل يربط على منصة جوية كان تكون طائرة ثابتة الجناح او مروحية او درون، لاحظ الشكل (4-27). حيث يتكون النظام الليزري في المسح الليزري الجوي من جهاز مسح ليزري Laser Scanner + نظام ملاحة جوية GPS + نظام ملاحة زاوية IMU ، لاحظ الشكل (4-28) حيث يقوم الماسح الليزري بأرسال الاشارة الليزرية من الطائرة باتجاه العوارض الأرضية خلال رحلة مسير الطائرة والتي تكون ضمن خطة معدة سابقا واتجاه وحركة محسوبة لتغطية الارض المستهدفة.

يعد هذا النظام هو احد انواع المسح الليزري المتحرك لكون المنصة الحاملة هي منصة متحركة ولذا يتطلب وجود الـ GPS لتسجيل محطات الالتقاط في الجو واستخدامها لأغراض المعالجة لاحقا في حساب المواقع الأرضية للأجسام 3D point clouds وبدقة عالية. يعتبر نظام المسح الليزري الجوي او اللايدار مكلف اقتصاديا وذلك لغلاء المنصة والمحددات الامنية لاستخدامها ولذا تختص به شركات خاصة يمكن تأجير النظام عبرها لإنجاز المشروع. اما اليوم فيتوفر النظام بكلفة واطئة بفضل توفر الدرون والذي يتوفر منه انواع خاصة تتصف بالحجم والثبات

والقوة المناسبة لحمل النظام الليزري عبرها وبالتالي يمكن شراءه بأسعار متوسطة من قبل الشركات المحلية المتخصصة او الافراد المرخصين والحاصلين على رخصة استخدامه.

الشكل (4-27) نظام المسح الليزري الجوي او ما يعرف باللايدار Lidar.

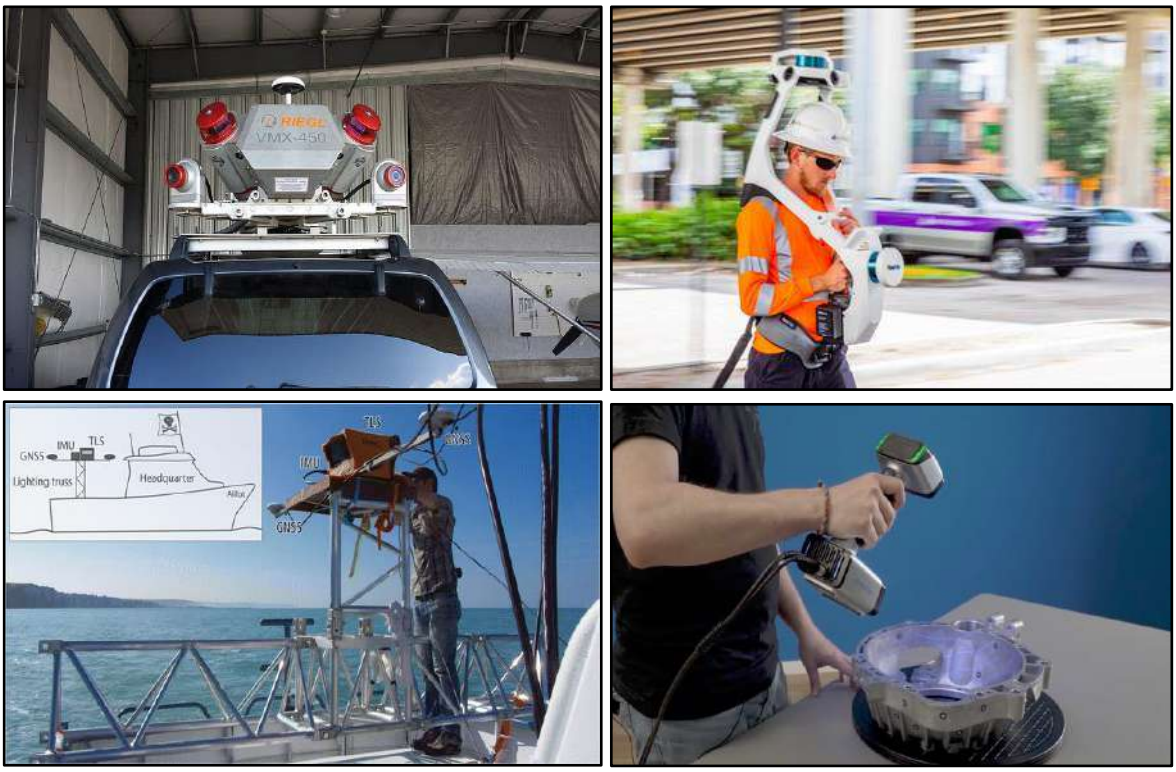


الشكل (4-28) مكونات نظام المسح الليزري الجوي او ما يعرف باللايدار Lidar.

2. المسح الليزري الارضي Terrestrial Laser Scanning: ويتألف عادة من جهاز ارضي ينصب على منصة او قاعدة أرضية Tripod ليقوم بمسح العوارض الأرضية كواجهات المباني او العوارض الاثرية او المواقع الهندسية وغيرها، لاحظ الشكل (4-29). حيث يعتبر احد انظمة المسح الليزري الثابتة وذلك لكون الشعاع الليزري سيرسل من محطات ثابتة ينصب عليها الجهاز خلال عملية المسح خلافاً لنظام اللايدار والذي تكون فيه المنصة متحركة خلال عملية جمع البيانات. لذلك يعتبر اقل كلفة من اللايدار واستخداماته اعم واشمل ولكن نظرا لصغر مساحة المنطقة المغطاة يصار الى نقل الجهاز الى عدة محطات ودمج البيانات في المكتب لاحقا لغرض الحصول على تغطية كاملة للمشهد المصور.

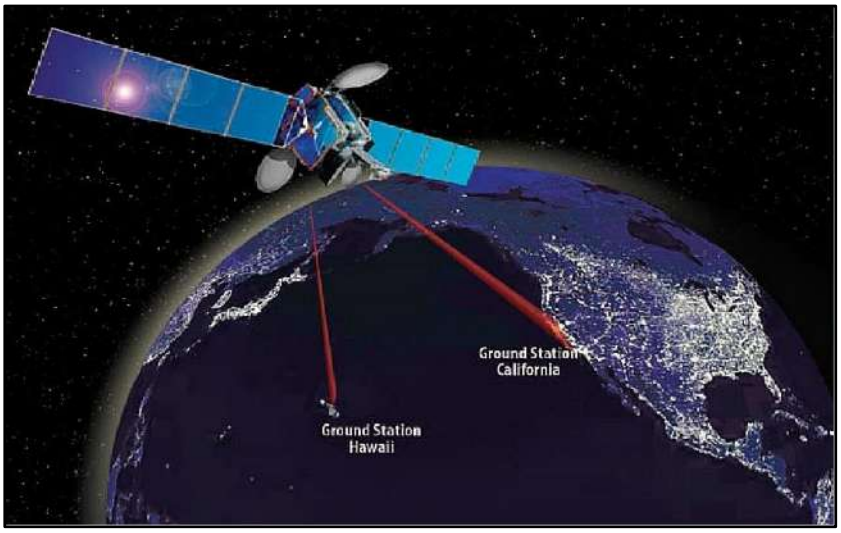
الشكل (4-29) جهاز المسح الليزري الارضي Terrestrial Laser Scanner.

3. المسح الليزري المحمول Mobile Laser Scanning: وهو المسح الليزري المتمثل بجهاز مسح ليزري مثبت على منصة متنقلة على سطح الارض كأن تكون سيارة او سفينة او دراجة او منصة محمولة باليد او على الظهر من قبل المستخدم، لاحظ الشكل (4-30). تختلف استخدامات هذا النوع من أنظمة المسح الليزري باستخدام التطبيقات فهناك انواع تناسب المسح الليزري القريب واخرى تناسب المسح الليزري البعيد حيث تتناسب جودة المنتج مع نوع الجهاز المستخدم ومواصفاته والتي تكون اعدت خصيصا لتطبيقات معينة دون غيرها ولذلك يجب اختيار النوع المناسب منها حسب التطبيق ونوع المشروع.



الشكل (4-30) انواع متعددة من جهاز المسح الليزري المحمول Mobile Laser Scanner.

4. المسح الليزري الفضائي Satellite Laser Scanning: وهو يمثل المسح المحمول على منصات الاقمار الاصطناعية في المحطات الفضائية والذي يختلف كثيراً عن الانواع الاخرى وذلك لكونه يعمل خارج نطاق الكرة الأرضية في الفضاء حيث يختلف هناك الوسط الناقل لعدم وجود الهواء، لاحظ الشكل (4-31). إذ يستخدم عادة لأغراض المراقبة في التطبيقات المدنية والعسكرية حيث يغطي مساحات شاسعة من الارض او الكواكب السيارة للأغراض العلمية.



الشكل (4-31) المسح الليزري الفضائي Satellite Laser Scanning.

أسئلة الفصل الرابع

س1 / عرف ما يأتي :

1- المسح التصويري 2 ـ الصورة العمودية 3 ـ البعد البؤري في الصورة

4 ـ الكاميرا الرقمية 5 ـ الصورة المائلة 6 ـ نقطة الاساس في الصورة

7 ـ علامات الاستدلال 8- مقياس الصورة 9 - الرؤية المجسمة

10- الصور الجوية 11- الكاميرات القياسية 12- المسح الليزري

13- المسح التصويري الارضي 14- المسح الليزري المحمول 15- اللايدار (Lidar)

س2 / عدد فقط اهم تطبيقات المسح التصويري.

س3 / ما الفرق بين الاسقاط المركزي والاسقاط العمودي مع الرسم ؟

س4 / ما الفرق بين الصورة الجوية العمودية والصورة المائلة ؟

س5 / ما هي انواع الصور المائلة ؟ وما الفائدة منها ؟

س6 / ما هي الفائدة من التداخل او التلاحق في الصور الجوية ؟ وما انواعه ؟

س7 / ارسم شكل يوضح هندسة الصور الجوية العمودية فوق الارض المستوية (Flat Terrain) .

س8 / ما هي تطبيقات المسح التصويري الارضي ؟

س9 / ما هي انواع المنصات في المسح الليزري مع الشرح المختصر؟

س10 / ما هي اهم الفروقات بين المسح الليزري والمسح التصويري ؟

س11 / ما هي اخطاء القياسات في الصورة الجوية ؟

س12 / ارسم مخطط يبين التداخل الجانبي (Side Lap) في التصوير الجوي .

س13 / احسب المسافة الصورية على الصورة الجوية بين النقطتين a (+3, -1) mm و b(+2, +2) mm علما ان احداثيات نقطة الاساس هي O (0,0).

الجواب : 3.16 mm

س14 / احسب مقياس الصورة الجوية الملتقطة بكاميرا ذات بعد بؤري يساوي 152 mm وارتفاع طيران محسوب نسبة الى مستوى سطح البحر يساوي 1825 m.

الجواب : 1: 12000

س15 / اذا علمت ان الصورة الجوية ملتقطة بكاميرا ذات بعد بؤري يساوي 152 mm وارتفاع الطيران فوق ارض وعرة يساوي 5072 m وارتفاع الارض فوق مستوى سطح البحر يساوي 500 m احسب مقياس الصورة.

الجواب : 1: 30000

الفصل الخامس

الكارتوغرافي ونظم المعلومات الجغرافية

Cartography & GIS

الاهـداف:

سيتعلم الطالب خلال هذا الفصل على :

1. مفهوم علم الكارتوغرافي.
2. انواع الخرائط واستخداماتها وطرق انتاجها.
3. مساقط الخرائط ومنها مسقط مركيتر المستعرض UTM وهو الاكثر انتشارا.
4. قراءة الخرائط وكيفية تفسيرها.
5. مقدمة عن نظم المعلومات الجغرافية وعلاقته بالخرائط.
6. مصادر البيانات في نظم المعلومات الجغرافية وطرق تحويلها وتحليلها.
7. نظم المعلومات الجغرافية بالنظام الحقيقي الثلاثي الابعاد وعملية تداول البيانات فيه عبر الانترنيت.
8. اهم تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية.

5 - 1 مقدمة عن علم الكارتوغرافي Introduction of Cartography

يعتبر علم الكارتوغرافي Cartography احد أهم علوم المساحة لأنه يعنى بتمثيل القياسات المساحية المأخوذة على سطح الارض ورسمها بهيأة خرائط لتمثل إنعكاساً حقيقياً لواقع الحال وما يراه ويعيشه الانسان على الارض نسبة الى موقعه المكاني او الجغرافي. فالكارتوغرافي هو علم إنتاج الخرائط وهو يشتمل على كل ما يتعلق بالخريطة ابتداءً بقياساتها ومصادر هذه القياسات وانتهاءً بتطبيقاتها واستخداماتها مرورا بعمليات تمثيل هذه القياسات وإنتاجها على الخرائط لكي يستطيع المساح او المهندس لاحقا من قراءتها وإستخدامها في إستنباط المعلومات المكانية للأرض الطبيعية.

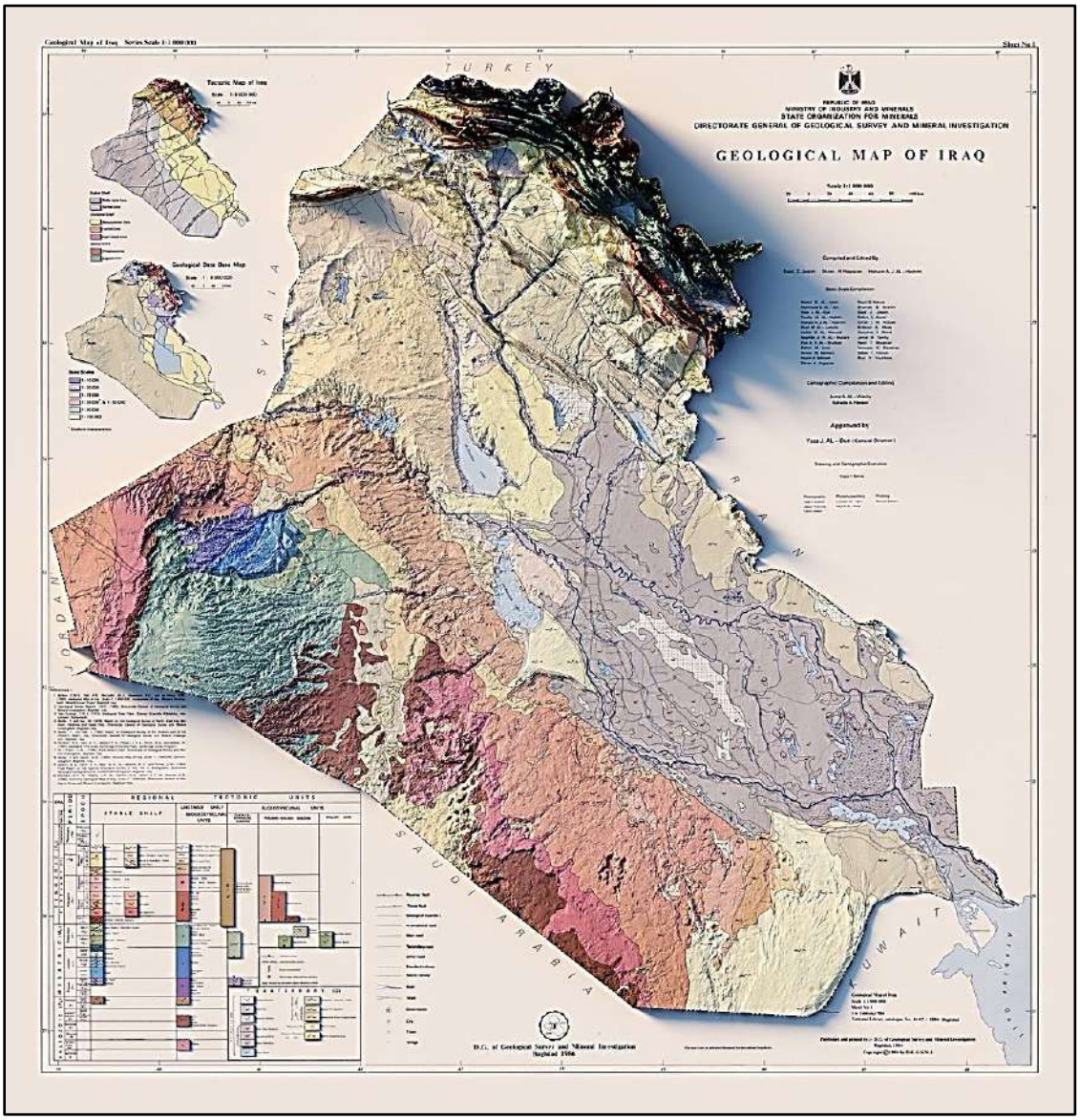
يرتبط علم الكارتوغرافي إرتباطاً كبيراً بعلوم المساحة لانه يختص بتحويل القياسات المساحية الى قياسات على الخريطة لتتناسب دقة هذه القياسات مع دقة الخريطة المطلوب إنتاجها عبر عمليات انتاج الخرائط. ونظرا لكون الخرائط تكون مستوية بينما تكون القياسات المأخوذة من على سطح الارض قياسات كروية فيجب الاعتماد على الرياضيات في عمليات إنتاج الخرائط وذلك بإستخدام عمليات التحويل الرياضية لتحويل هذه القياسات الكروية الحقيقية الى قياسات مستوية على الخريطة. فعندما تقرأ هذه القياسات من الخريطة يجب أن تكون معبرة عن دقة القياسات الارضية الحقيقية لأنها تعتبر تمثيلاً مستويا مصغرا لواقع الارض الكروية. ونظراً لتطور التكنولوجيا فإن مصادر الحصول على القياسات المساحية وطرق انتاج الخرائط قد تطورت تطوراً سريعاً واصبحت عمليات التحويل اوتوماتيكية وذات دقة عالية وبناءً عليه تتوفر اكثر الخرائط في الوقت الحاضر بصيغتها الرقمية لأنها انتجت بطرق اوتوماتيكية رقمية مما يسهل عملية تبادلها بين المعنيين وسهولة استخدامها وتفسيرها. ولكن وعلى الرغم من ذلك لازالت تشكل الخرائط الورقية مصدر هاما للمعلومات في علم الكارتوغرافي سواء كانت خرائط قديمة منتجة بطرق تقليدية يدوية او خرائط حديثة دقيقة منتجة بطرق اوتوماتيكية رقمية يتم تحويلها من صيغتها الرقمية وطباعتها على الورق لغرض حفظها بهيأتها الرقمية وتحديثها باستمرار لاغراض اعادة الانتاج مرة اخرى.

5 - 2 انواع الخرائط Maps Types

على الرغم من وجود العديد من التصنيفات لأنواع الخرائط ولكن في المساحة يمكن تقسيم الخرائط بناءً على عاملين اساسيين هما: 1) الهدف او الغاية من انتاج الخريطة 2) مقياس رسم الخريطة.

الهدف او الغاية من انتاج الخريطة: بالنسبة للغاية من انتاج الخريطة فيقصد به الاسباب الموجبة لاستخدام الخريطة والتي من اجلها تم انتاج الخريطة فعادة ما يكون الهدف يتعلق بتمثيل نوع معين من

العوارض الارضية والتي يحدد على اساسه نوع الاستخدام وطبيعته. وعليه تصنف الخرائط اعتمادا على الهدف من استخدامها الى نوعين اساسيين هما : خرائط الظواهر الطبيعية، لاحظ الشكل (5-1) و خرائط الظواهر البشرية، لاحظ الشكل (5-2). حيث تعتبر الخرائط الجيولوجية والمناخية والتغطية النباتية والتربة وكذلك الخرائط التضاريسية (الكنتورية) هي مثال للخرائط الطبيعية. بينما تعتبر الخرائط السياسية والادارية وخرائط الخدمات كالنقل والمواصلات والخرائط السكانية كالنمو السكاني والخرائط الاقتصادية والصناعية والتعدينية والزراعية وغيرها هي مثال للخرائط البشرية.



الشكل (5-1) خريطة تمثل الظواهر الطبيعية والجيولوجية للأرض الطوبوغرافية في العراق.

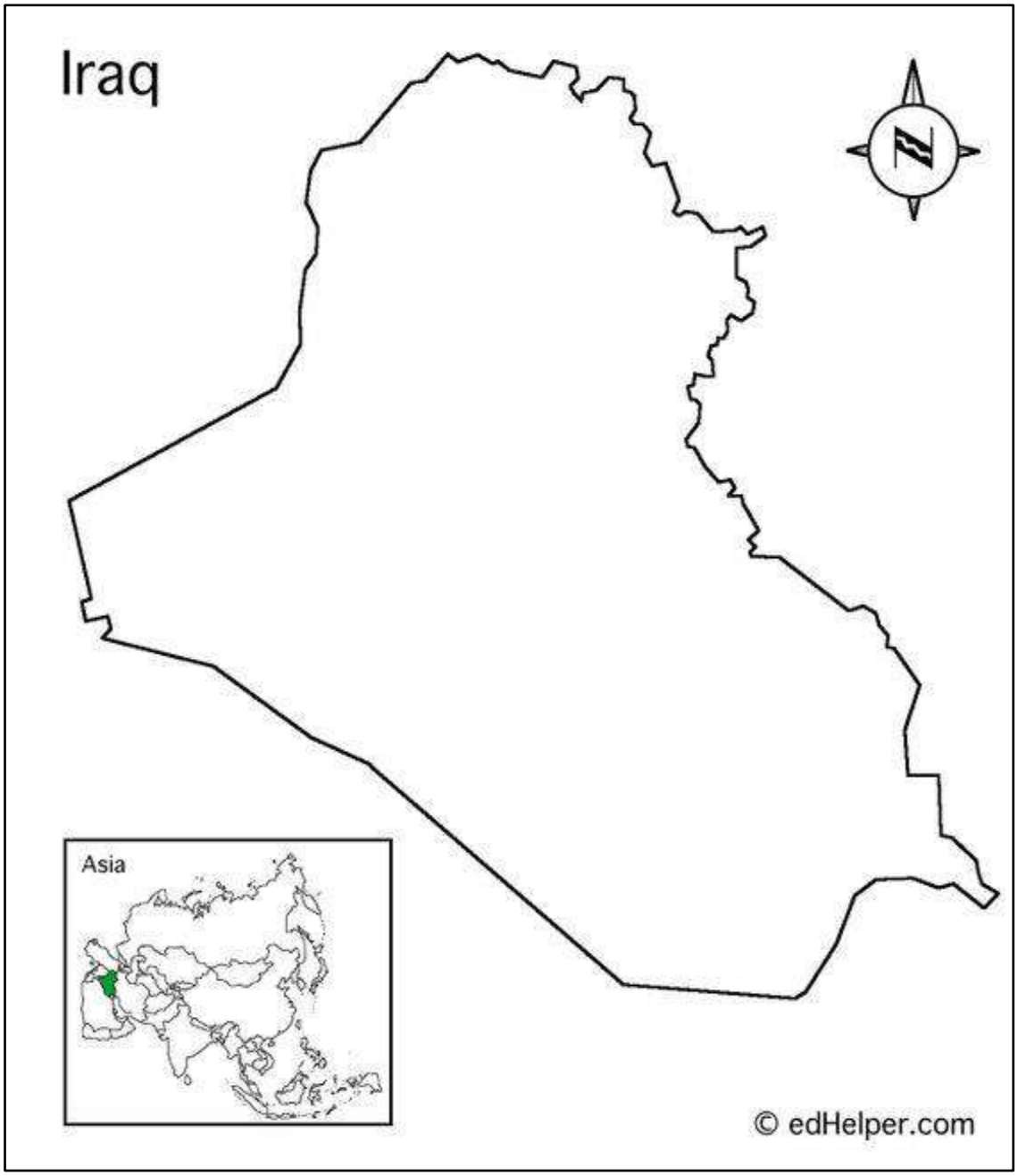
الشكل (5-2) خريطة تمثل بعض الظواهر البشرية في العراق (خريطة العراق الأثرية).

مقياس رسم الخريطة : ويقصد به تصنيف الخرائط بناءً على مقدار مقياس الرسم الذي رسمت به والذي يعبر عن النسبة بين الابعاد الظاهرة على الخريطة للعوارض وأبعادها الحقيقية. فمثلا لو كان لدينا طريق بين منطقتين سكنيتين يبلغ بالحقيقة 1 كيلومتر وان كل كيلومتر على الارض يقابل 1 سنتيمتر على الخريطة فعندها سيكون مقياس رسم الخريطة هو 1:100,000 حيث يمكن انتاج الخرائط بمقاييس رسم مختلفة تبعا للهدف من انتاجها. ولهذا يمكن تصنيف الخرائط نسبة الى مقياس الرسم فيها الى عدة تصنيفات وهي:

1. الخرائط ذات المقياس الصغير مثل الخرائط الجغرافية Geographic Maps والخرائط الطوبوغرافية Topographic Maps .
2. الخرائط ذات المقياس المتوسط مثل الخرائط التفصيلية Detailed Maps .
3. الخرائط ذات المقياس الكبير مثل الخرائط التخطيطية Schematic Maps .

لاحظ الشكل (5-3) والذي يوضح مثال لخريطة تفصيلية Detailed Map والشكل (5-4) والذي يوضح مثال لخريطة تخطيطية Schematic Map.

الشكل (5-3) خريطة تفصيلية Detailed Map للعراق.



الشكل (5-4) خريطة تخطيطية Schematic Map للعراق.

5 - 3 استخدامات الخرائط Maps Usages

تعد الخرائط مصدراً غنياً بالمعلومات عن العوارض والظواهر الارضية لجميع انواع المستخدمين فهي تعتبر اداة مهمة في مساعدتنا لفهم العالم المحيط بنا وكيفية التعامل معه ولهذا لا يمكن ان ننكر دور الخرائط واهميتها في حياتنا بما لها من اهمية في الكثير من الاستخدامات. وندرج في ادناه اهم استخدامات الخرائط في حياتنا في القرن الحادي والعشرين:

1. الملاحة Navigation: تستخدم الخرائط اليوم في الملاحة الجوية في الطائرات والملاحة البحرية على السفن بالإضافة الى اهميتها في الملاحة الارضية من خلال استخداماتنا اليومية في السعي للحصول على مواقع المدن والاماكن عبر تقنية الـ GPS في هواتفنا الذكية والسيارات وغيرها.
2. تمثيل العوارض الجغرافية Geographic Representation: تستخدم الخرائط في الحصول على المعلومات الجغرافية للاماكن والمدن في العالم ودراسة الظواهر الطبيعية والبشرية لهذه الاماكن بأنواعها المختلفة وتحليل علاقتها مع بعضها وتأثيرها على حياة الانسان.
3. الاستطلاع Reconnaissance : تلعب الخرائط اليوم دوراً مهماً في عمليات الاستطلاع التي نقوم بها بشكل مستمر للاماكن كالتخطيط للرحلات والسياحة والسفر.
4. التعليم Education: لا يخفى على الجميع دور الخرائط في مجال التعلم حيث تستخدم الخرائط لإيصال المعلومة للدارسين سواء كانت هذه المعلومة جغرافية او تأريخية او غيرها.
5. الاعمال Business: تلعب الخرائط دوراً مهماً بكافة انواع الاعمال الحكومية منها والحرة حيث تستخدم في تسهيل تحليل المعلومات المكانية وحركة السوق والسلع واحتياجات الزبائن والتي تعتبر عوامل متغيرة بتغير المكان والزمان معا.
6. التخطيط واتخاذ القرار Planning & Decision Making: في مجال الاعمال تلعب الخرائط دوراً مهماً في التخطيط للمستقبل واتخاذ القرارات من حيث نوع السلع وكميتها وتوزيعها المكاني واحتياج السوق والمستهلك.
7. ادارة الظروف والتغيرات البيئية والازمات Environmental Managements: تستخدم الخرائط في مراقبة التغيرات الحاصلة في الظروف العامة نتيجة عوامل متعددة كالتغيرات المناخية والاضرار الناتجة عن الكوارث الطبيعية وغيرها من العوامل المؤثرة في حياة الانسان والتي يسهل من خلالها تحليل المعلومات وادارة هذه الظروف والازمات.
8. العقارات Real Estate: تعتبر الخرائط عامل مهم ايضا في مجال العقارات من خلال مساعدة الناس كأداة مهمة في اختيار السكن المناسب حسب الموقع الجغرافي والذي يؤثر تأثيراً مباشرا على قيمة العقار ويحدد اسعار البيع والشراء.
9. السياسة Politics: تلعب الخرائط دوراً مهماً في الشؤون السياسية والصراعات الدولية حيث يلعب الموقع الجغرافي لأي مكان على الاقتصاد العام للبلد ودوره العالمي في اتخاذ القرار.

10. العلوم Science: تعتبر العلوم هي أحد أهم إستخدامات الخرائط فمن خلاله نستطيع أن نحصل على المعلومة العلمية وإمكانية تحليلها ودراستها وإتخاذ القرار لصالح البشرية فمثلاً يمكن إستعمال الخرائط من اجل التعرف على جيولوجية الارض وانواع المعادن فيها وتوزيعها بالإضافة الى مراقبة إنتشار الامراض والاوبئة سعيا لمحاصرتها ومنع تفشيها وانتشارها.

11. العمليات العسكرية Military Operations: تعتبر الخرائط المصدر الاساس المهم في العمليات العسكرية عبر التاريخ وذلك في دراسة تحركات العدو وتحليل نتائج الحرب ونقاط قوة وضعف العدو.

12. الفن Art: تلعب الخرائط دوما مهما في الجانب الفني في الهام الفنانين والرسامين بالأبداع والتخيل ورسم صورة مشرقة عن التاريخ البشري وعلاقته بالمكان.

13. علم الارصاد الجوية Meteorology: تلعب الخرائط دورا اساسيا في دراسة الانواء الجوية وتغيرات الطقس والمناخ وتحليل اسبابها وظروفها ونتائجها.

14. علوم الارض Geology: تعتبر الخرائط مصدراً اساسياً للحصول على المعلومات الجيولوجية على سطح الارض ودراستها وتحليلها لما لها من دور على البشرية وحياة الانسان ونشاطاته على كوكب الارض.

15. علم الجرائم Criminology: تستخدم الخرائط في دراسة الجرائم والحوادث وتحليل اسباب حدوثها ومؤثراتها حسب الموقع الجغرافي للحادث.

16. المحتوى التاريخي Historical Context: الخرائط مصدر مهم من مصادر المعرفة التاريخية للاماكن والاحداث التاريخية الحاصلة من الحضارات القديمة والى يومنا هذا والتي نستطيع من خلالها دراسة التاريخ والتعمق بالشخصية الانسانية وتأثير الحوادث التاريخية على طباع الافراد والمجتمعات.

5 - 4 انتاج الخرائط Maps Production

تعرف عملية إنتاج الخرائط بانها الطرق المستخدمة لتحويل المعلومات والقياسات الارضية الحقيقية الى قياسات مستوية بهيأة خريطة يسهل فهمها وتحليلها والتعامل معها وذلك بالاعتماد على مجموعة من العمليات الرياضية والتقنية للحصول على تمثيل مكاني مناسب لهذه المعلومات. ولكن قبل الخوض في

طرق انتاج الخرائط لابد للطالب ان يتعرف على أهم عناصر الخريطة وما الامور الواجب توفرها عند انتاج اي خريطة مكانية.

عادة ما تتكون الخريطة من عنصرين رئيسين هما:

1) المحتوى الاساسي .

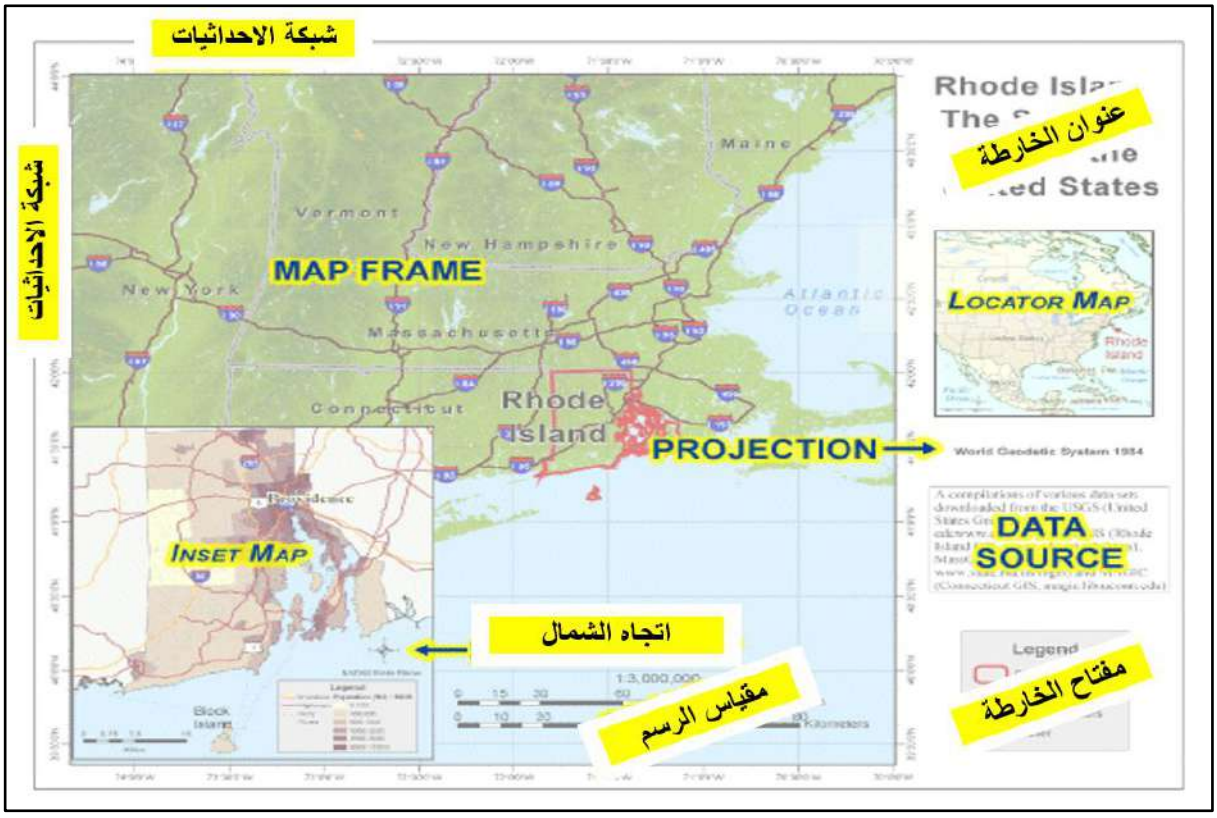
2) المحتوى المساعد او الداعم .

يعتبر المحتوى المكاني والذي يمكن أن يكون جغرافياً هو المحتوى الاساسي للخريطة بالإضافة الى الاساس الرياضي المستخدم في تحويل هذه المعلومات من الارض للخريطة.

اما المحتوى المساعد او الداعم فيتكون من عدة عناصر سنذكره بالتفصيل:

1. عنوان الخريطة Map Title: يعتبر من العناصر الداعمة الاساسية في اية خريطة فمن دون العنوان لا يمكن تحليل ودراسة الظواهر لان العنوان يعتبر الوصف الاساسي لمحتوى الخريطة والمعلومات المتوفرة فيها.
2. مفتاح الخريطة Map Legend: هو العنصر المساعد الاهم في اية خريطة فمن دونه تعتبر الخريطة صماء ولا يمكن فهمها او تحليلها. حيث يمثل مفتاح الخريطة وصف وشرح للرموز المستعملة فيها.
3. مقياس الرسم Map Scale: من أهم العناصر المساعدة في اية خريطة هو مقياس الرسم المستخدم في انتاجها والذي يمكن من خلاله تحويل القياسات على الخريطة الى قياسات حقيقية .
4. شبكة الاحداثيات Coordinate Network: ان وجود شبكة الاحداثيات والتي تكون عادة تربيعية في خلفية اية خريطة يعتبر عنصر مساعد هام في تحديد مواقع الظواهر بدقة عالية من خلال عمليات الارجاع ضمن نظام احداثيات موحد.
5. اتجاه الشمال North Direction: يعتبر اتجاه الشمال في الخريطة عنصراً مساعداً للمستخدم في معرفة الاتجاه للمنطقة المعرفة في الخريطة نسبة الى المعالم المجاورة والمحيطة مما يسهل عملية دراسة المعلومات فيها.

لاحظ الشكل (5-5) والذي يوضح ابرز العناصر الاساسية والمساعدة في الخرائط.



الشكل (5-5) عناصر الخريطة (الاساسية والمساعدة).

5 - 5 طرائق انتاج الخرائط Map Production Methods

تقسم طرق انتاج الخرائط الى ثلاثة طرق رئيسة هي:

1. الطرق الترسيمية : وهي طرق تعتمد بالدرجة الاساس على المهارة الشخصية لمنتج الخريطة وهي طرق قديمة لا يتم اعتمادها اليوم في انتاج الخرائط وذلك لكونها تحتاج الى جهد وخبرة ووقت كبير للإنتاج بالإضافة الى دقتها الواطئة.
2. الطرق التقليدية : وهي طرق شبه ترسيمية يتم انتاجها يدوياً من قبل منتجي الخرائط بالاعتماد على الحاسبة الالكترونية وبعض الادوات Tools التي توفرها بعض البرامجيات كبرنامج الـ ArcGIS. حيث تتم عملية الترسيم وانتاج الخريطة بالاعتماد على صور جوية او صور فضائية متوفرة للمنطقة المراد انتاج خارطتها على أن تكون مصححة هندسياً وتحول بنظام اسقاطي موحد بالاعتماد على نقاط ارضية مقيسة على الارض. وبعد الانتهاء من عملية الترسيم يتم توحيد البيانات واضافة عناصر الخريطة كما تم شرحه في البند السابق ليتم تصديرها وخزنها بصورتها الرقمية او طباعتها ورقياً. تعتبر هذه الطريقة اكثر دقة من الطريقة السابقة ولكنها ايضا لا تعتبر افضلها دقة لأنها تعتمد على ثلاثة عوامل

مهمة هي : 1) دقة منتج الخريطة. 2) دقة البيانات المتمثلة بالصور الجوية او الفضائية . 3) دقة عملية التحويل وقياسات النقاط الارضية. فكلما كانت هذه العوامل الثلاثة دقيقة كلما كانت الخريطة المنتجة اكثر دقة ويمكن اعتمادها في التطبيقات الهندسية.

3. الطرق الاوتوماتيكية : وهي طرق الانتاج الاوتوماتيكية بشكل كلي ولا تعتمد على رؤية الانسان بل بالعكس تعتمد كليا على نظريات رؤية الحاسبة Computer Vision في ربط الصور مع بعضها وتفسير العوارض وعمليات التحويل للمسقط والتسجيل والانتاج. هذه الطرق هي اكثر الطرق دقة ولكنها لم تصل الى مرحلتها النهائية اليوم وذلك بسبب استمرار تطور نظريات رؤية الحاسبة والتي لازالت لحد اليوم بحاجة الى تدخل الانسان لإتمام عمليات التعديل والتنقيح.

ومن جانب آخر تشتمل عمليات انتاج الخرائط على مجموعة خطوات مهمة ابرزها:

1. معالجة البيانات المستخدمة في الانتاج حسب نوع المصدر التي اخذت منه كأن تكون بيانات مأخوذة من مسح ارضي او صور جوية او صور فضائية وكل نوع من هذه الانواع يتطلب طرق خاصة للمعالجة.
2. اختيار نوع المسقط Map Projection حيث إن هناك انواع مختلفة من المساقط المستخدمة في تحويل القياسات الكروية الحقيقية والمقيسة على سطح الارض الى قياسات مستوية على الخريطة المنتجة ولذا يجب تحديد نوع المسقط المستخدم قبل البدأ بعملية الانتاج لان القياسات تختلف من مسقط الى آخر.
3. حساب معاملات التحويل بين المساقط المختلفة وذلك لغرض الحصول على القياسات الحقيقية بدقة عالية عند انتاج خرائط بمساقط مختلفة وذلك عبر إستخدام نظام تحويل موحد.
4. الاخذ بالاعتبار التشويه الحاصل في القياسات عند تحويل القياسات من النظام الكروي الى النظام المستوي والذي تختلف معادلاته وحساباته باختلاف المسقط المستخدم في انتاج الخريطة.

5 - 6 مساقط الخرائط Map Projections

إن عملية إسقاط الجسم الكروي للأرض على جسم مستوي كالخريطة هي عملية معقدة وغير مباشرة حيث لا يمكن الحفاظ على العلاقات الصحيحة بين مواقع النقاط ودقة القياسات بين هذه النقاط على المسقط كما هي عليه في الحقيقة سواء كانت هذه القياسات مسافات او زوايا.

فمساقط الخرائط Map Projections هو علم يختص بهذا الجانب وذلك من خلال محاولة تقريب الشكل الهندسي للأرض عبر ايجاد العلاقات الهندسية الصحيحة بين شكل الارض الكروي والمسقط المستوي.

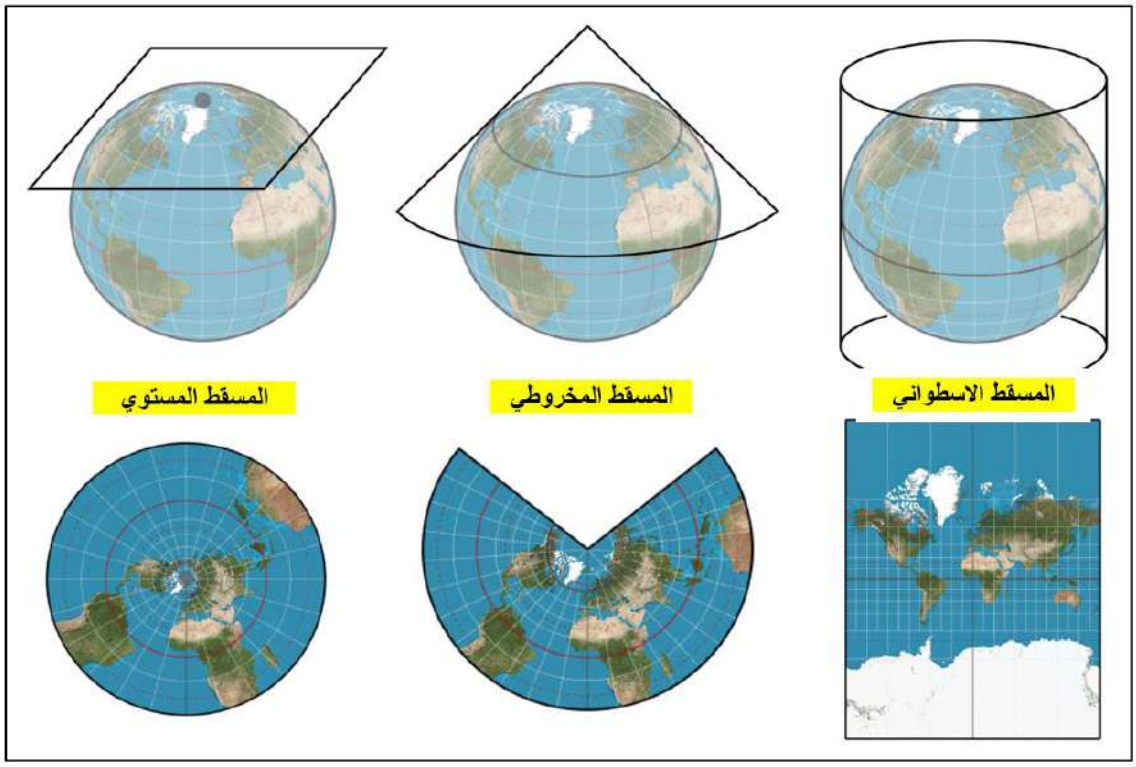
مسقط الخريطة : هو عملية رسم شبكة خطوط الطول والعرض على سطح مستوي وذلك لغرض ايجاد العلاقة الهندسية الصحيحة بين موقع النقطة الحقيقي على سطح الارض وموقعها على الخريطة.

لكن في حقيقة الامر إن لشكل الارض علاقة مباشرة بالإسقاط حيث إن شكل الارض الحقيقي هو شكل معقد غير منتظم ولا يمكن إن يوصف انه شكلاً كروياً منتظماً بسبب الاختلافات غير المنتظمة بالتضاريس والتي تؤثر تأثيراً مباشراً في حسابات المساقط.

وبما إن الخرائط يفترض أن تمثل الشكل المعقد للأرض على سطح مستوي فالمساقط اذن معنية بحساب العلاقات الهندسية بين شكل الارض والشكل المستوي وذلك يتطلب معرفة تامة بالخصائص الفيزيائية والهندسية للشكلين لكي تؤخذ بالاعتبار في حسابات التحويل الرياضية في عمليات انتاج الخرائط.

تقسم مساقط الخرائط حسب الشكل المغلف للأرض الى ثلاثة انواع رئيسة ، لاحظ الشكل (5-6) وهي:

1. **المساقط الاسطوانية Cylindrical Projections :** في هذا النوع من المساقط يفترض احاطة الكرة الارضية بأسطوانة لإسقاط المعالم الارضية على سطح هذه الاسطوانة لفتحها لاحقا لتكون سطحا مستويا مثل مسقط مركيتر Mercator ومسقط مركيتر المستعرض Transverse Mercator.
2. **المساقط المخروطية Conic Projections :** في هذا النوع من المساقط يفترض وضع مخروط فوق الكرة الارضية من قمته واسقاط المعالم على سطحه لفتحه لاحقا ليكون سطحا مستويا مثل مسقط لامبرت Lambert.
3. **المساقط الاشعاعية او المستوية Azimuthal & Plane Projections :** وهي نوع من انواع المساقط المستوية التي تلمس سطح الارض بنقطة معينة.



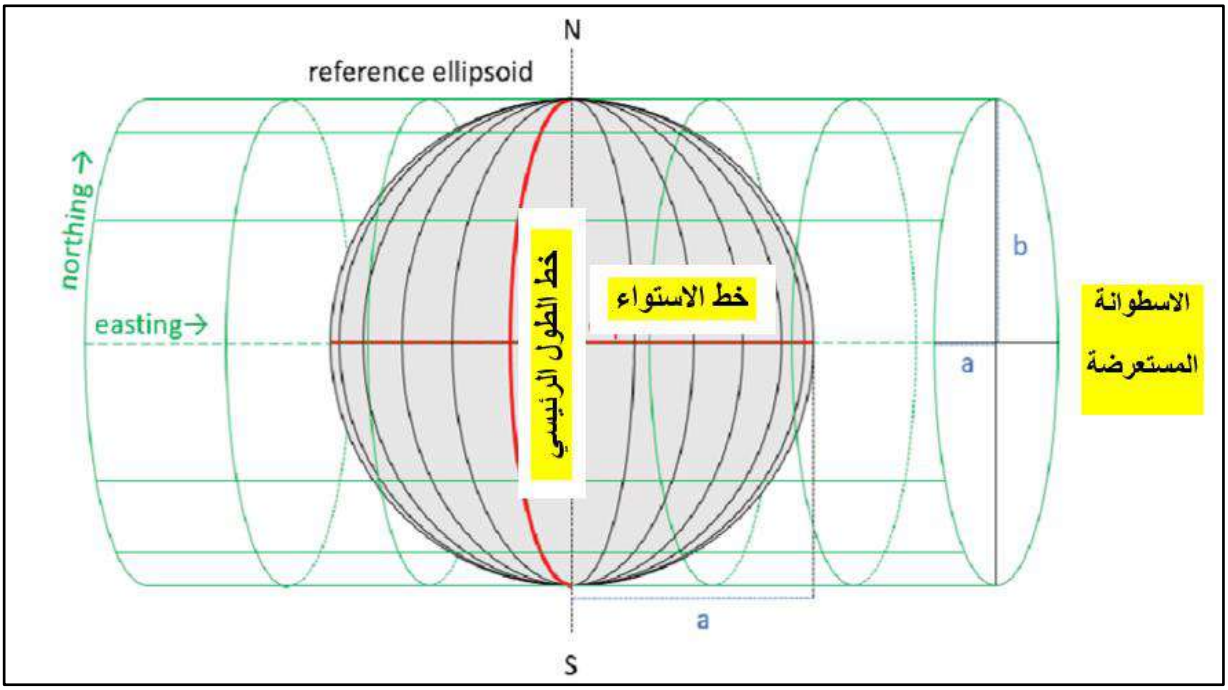
الشكل (5-6) انواع مساقط الخرائط نسبة الى الشكل المغلف للكرة الارضية.

5-6-1 مسقط مركيتر المستعرض (UTM) Universal Transverse Mercator

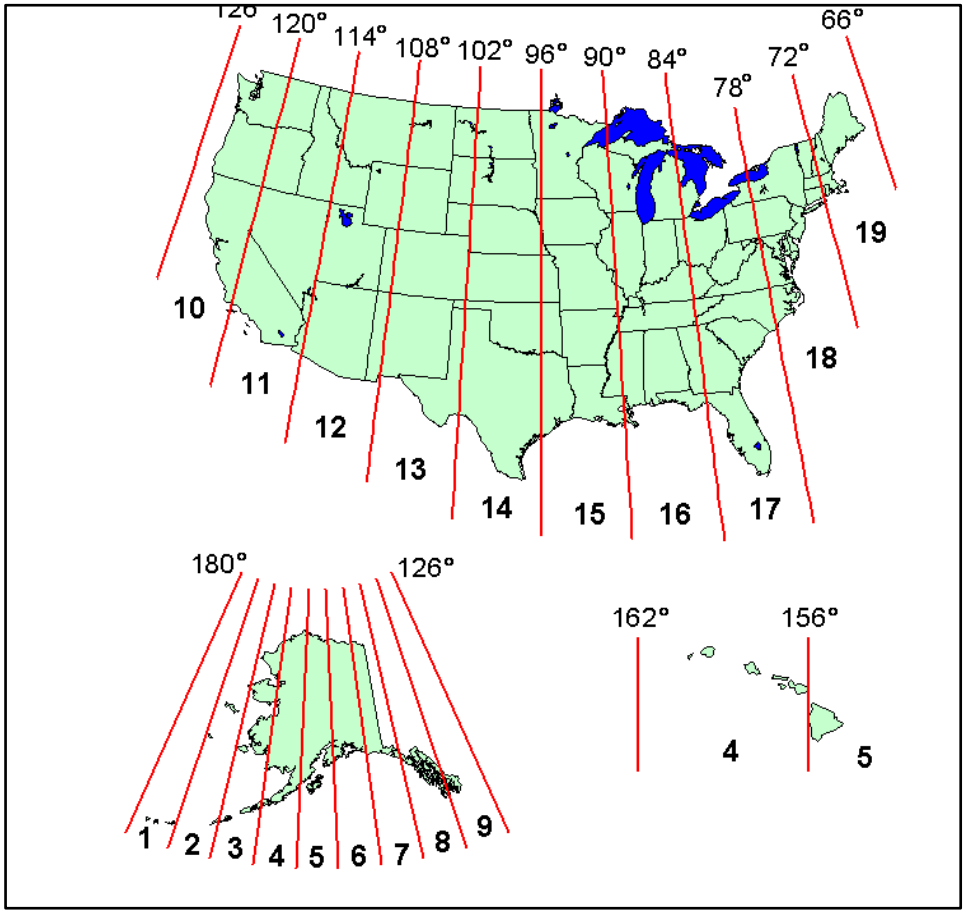
وهو من اشهر المساقط الاسطوانية والمعتمد عالمياً في انتاج الخرائط الطوبوغرافية الحديثة حيث انه يعتمد على شبكة الاحداثيات المتعامدة ومركزها تقاطع خط الاستواء مع خط الطول الرئيسي الذي يمر بمدينة غرينتش. ويعتمد هذا المسقط بأن تكون الاسطوانة مائلة 90° عن العمود بحيث تكون دائرة الطول العظمى التي تمر بغرينتش مارة عبر القطبين الشمالي والجنوبي ولذا فهو يمثل المساحة الارضية المحيطة بدائرة الطول افضل تمثيل.

بما إن معامل مقياس الرسم منتظم ومتجانس على طول خطوط الطول فلهذا يمكن عبر هذا المسقط تأسيس شبكة احداثيات متعامدة لتغطي مساحة الخريطة، لاحظ الشكل (5-7).

إذ يمكن تمثيل الاحداثيات المتعامدة على هذه الشبكة والتي تمثل مواقع النقاط الارضية بمسقط الـ UTM. ولكون معامل المقياس متساوي على اية نقطة تقع على المحور الصادي فإن مسقط الـ UTM يعتبر مثالياً لتمثيل المعالم الارضية بشكل دقيق. ولان هذا المسقط إسطواني في مظهره فإن معامل المقياس سيكون واحداً ومقدار المبالغة بالقياسات على طول خطوط الطول ستكون متماثلة في جميع الاتجاهات، لاحظ الشكل (5-8).



الشكل (5-7) مسقط مركيتر المستعرض UTM.



الشكل (5-8) نظام الاحداثيات الجغرافية على مسقط مركيتر المستعرض UTM.

5 - 7 تفسير وقراءة الخرائط Interpretation and Map Reading

إن فائدة الخرائط تتجلى بإمكانية تفسيرها وقراءتها بالشكل الصحيح، فالخريطة تعتبر أفضل وسيلة للحصول على القياسات الحقيقية بين النقاط على الارض وذلك يمكن أن يحدث فقط اذا ما قمنا بقراءة الخريطة بشكل صحيح. فلو افترضنا انك تحاول استخدام الخريطة لأغراض الاستطلاع والسياحة فعليه يمكنك قراءة الخريطة باتباع الخطوات التالية وحسب التسلسل:

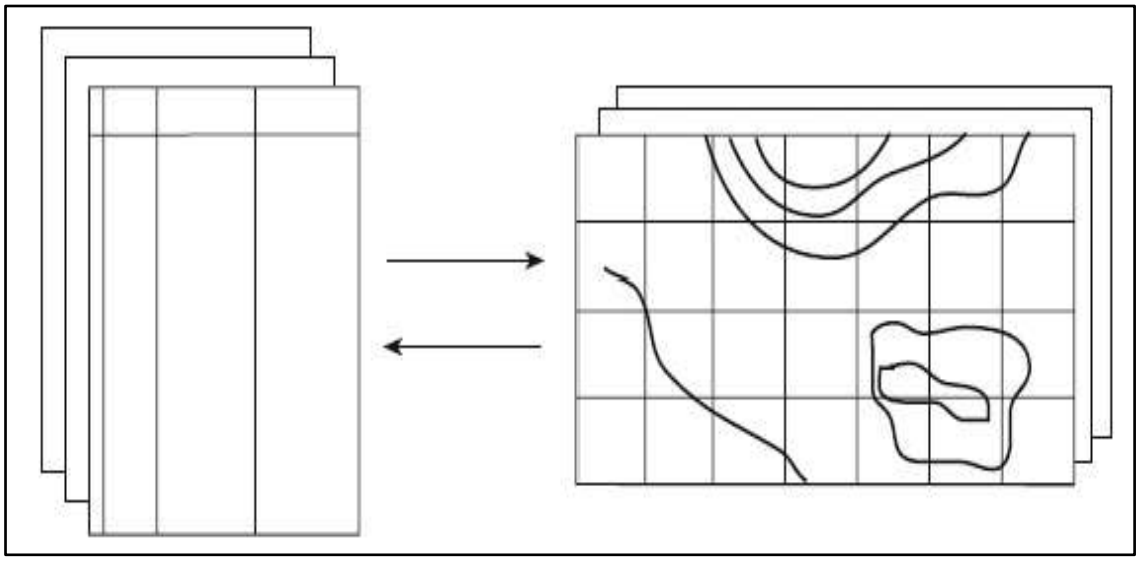
1. قراءة اتجاه الشمال : لمعرفة موقعك نسبة الى الموقع المطلوب الوصول اليه. فمعرفة الاتجاه ضروري في تحديد اتجاه مسار الطريق ما اذا كان شمالا او جنوباً او شرقاً او غرباً.
2. قراءة مقياس الرسم : لغرض معرفة المسافة المقطوعة او التي يتطلب قطعها للوصول للهدف بالإضافة للوقت اللازم لذلك. يجب ان تكون دقيقا في قراءة مقياس الخريطة وذلك بسبب اختلاف انواع المقاييس وطرق قراءتها.
3. قراءة نظام الاحداثيات او خطوط الطول والعرض : لمعرفة موقعك من العالم وموقع الوصول نسبة لخريطة العالم.
4. قراءة رموز او مفتاح الخريطة وكذلك الوانها : فهي تساعدك في فهم التضاريس الارضية وشدة وعورتها او استواءها وكذلك ارتفاعها وانخفاضها عن مستوى سطح البحر.
5. البحث عن اقصر طريق للوصول للهدف : بعد تمييز طبيعة التضاريس والارض وتحديد اسهل مسار للوصول للهدف.
6. تثبيت الملاحظات : للاستفادة منها في تحليل البيانات او قياس المسافات او تفسير العوارض.

لا يخفى علينا اليوم توفر العديد من خدمات الخرائط الالكترونية مع التطور الحاصل في التكنولوجيا والتي اصبحت خدمات متوفرة في متناول اليد لأي مستخدم هاتف ذكي. حيث أصبح استخدام الخرائط عبر ادوات الـ Google Maps مثلا جزء مهم من حياتنا واصبح الانسان لا يستغني عنها ويستخدمها بشكل يومي لتسهيل حياته. ومن هنا تتجلى أهمية الخرائط في حياتنا وأهمية قراءة المعلومات التي توفرها هذه الخرائط بشكل صحيح والتي أصبحت جزء لا يتجزأ من نشاطاتنا الحياتية.

5 - 8 نظم المعلومات الجغرافية Geographic Information System (GIS)

يعد نظام المعلومات الجغرافية (GIS) من أهم التقنيات المتقدمة التي تم استخدامها بعد دخول الحواسيب في مختلف مجالات التطبيقات العلمية. علاوة على ذلك، يجمع هذا النظام بين تقنيات وبيانات التحسس

النائي اللازمة وهو قادر على دمج المعلومات المرجعية جغرافياً وتخزينها وتحريرها وتحليلها وتبادلها وعرضها. إن المعلومات التي يتم الحصول عليها من تقنيات المساحة الارضية و تقنيات و بيانات التحسس النائي توضع في معظم الحالات " بشكل خريطة". حيث تعرض هذه المعلومات التي تم الحصول عليها و تحليلها بإطار مكاني من خلال استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) و الذي هو عبارة عن تطبيق معلوماتي (برمجية) تجمع بين المكون الدلالي للسمات الأرضية (الموصوفة أساساً بوساطة سمات مرتبة في جداول) مع تمثيلها الهندسي الدقيق المحدد جغرافياً او يمكن توصيفه بانه أداة برمجية تتيح للمستخدمين إنشاء إستعلامات تفاعلية، وتحليل المعلومات المكانية، وتحرير البيانات، والخرائط، وتقديم نتائج كل هذه العمليات الشكل (5 - 9). ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) مجهزة بالعديد من أدوات المعالجة والتمثيل التي تمكن من التمثيل الفعال للمنطقة حيث لن يكون ذلك ممكناً بوساطة الأدوات الأخرى ، بالإضافة الى ذلك فان نظم المعلومات الجغرافية تتيح إمكانية تمثيل وإدارة النماذج ثلاثية الابعاد (3D) ، من خلال إنشاء عوالم افتراضية ثلاثية الأبعاد ذات تأثير اتصال عالٍ للغاية.



شكل (5- 9) : تجمّيع نظم المعلومات الجغرافية (GIS) بين المعلومات الدلالية والهندسية

و يمكن تلخيص مكونات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) بالاتي ، شكل (5 - 10) :

1. المستخدمون Users .
2. البيانات Data .
3. البرمجيات Software .
4. الاجهزة Hardware.

5. طريقة العمل / الاجراءات Procedures / Methods .

شكل (5- 10) : مكونات نظم المعلومات الجغرافية

و قد يطلب أحياناً اضافة الى وضع المعطيات بشكل خرائط ربط المعالم المتعددة للموارد على أساس موحد. و توضيحاً لذلك مثلاً نبحث في المعلومات التي يحتاج اليها الهيدرولوجي الذي يرغب في دراسة الانجراف و الترسيب في مستجمع معين للأمطار Watershed .

و المهم في مثل هذه التطبيقات ، أن نستطيع تحديد المصادر المحتملة للرواسب. ويتطلب هذا التحديد على الاقل دراسة الانحدار الطوبوغرافي و قابلية التربة للانجراف و خصائص جريان المياه السطحية على كامل مستجمع الأمطار. فوجود الخرائط الطوبوغرافية لمستجمع الأمطار و الخرائط المفصلة لتربته و خرائط غطاء الأرض يوفر للمحلل المعطيات الأولية اللازمة للدراسة.

و من الامثلة لأنماط المعطيات التي يمكن تطبيقها في نظم المعلومات الجغرافية مع أمثلة من معلومات يمكن استخلاصها من هذه الانماط ، شكل (5 – 11) :

أ- أنماط المعالم المساحية :

1. أرتفاع التضاريس (الانحدار ، المظهر).
2. أنماط التربة (النفاذية ، النسجة ، العمق ، الامكانية الزراعية).
3. غطاء الارض (امكانية الجريان ، موطن الحياة البرية).
4. جيولوجية صخر الأساس (الموارد المعدنية ، الاستقرارية).
5. قطع ملكية الأراضي (استخدام الأراضي ، قيمة الأراضي).
6. الهيدرولوجيا السطحية (المياه المكشوفة ، المستنقعات ، سهول الفيضان).
7. الهيدرولوجيا تحت السطحية (منطقة تزويد الطبقة المائية ، مصادر المياه المحتملة).
8. المناخ الاجمالي (درجات الحرارة ، الهاطل المطري).
9. المناخ المحلي (جيوب الصقيع ، مناطق الضباب).
10. مناطق خاصة Zoning district (تقييدات استخدام الأراضي ، مخطط استخدام الأراضي).
11. مناطق المياه و المجاري (امكانيات الخدمات).
12. كراسات الاحصاء (معطيات اجتماعية و اقتصادية).

ب ـ أنماط المعالم الخطوطية Lines :

4. شبكة النقل (امكانيات الخدمة ، السفر القريب).
5. أمكانية الاستفادة (امكانيات الخدمة).
6. مجاري المياه (قربها).
7. الخط الشاطئ (الموارد الترفيهية).

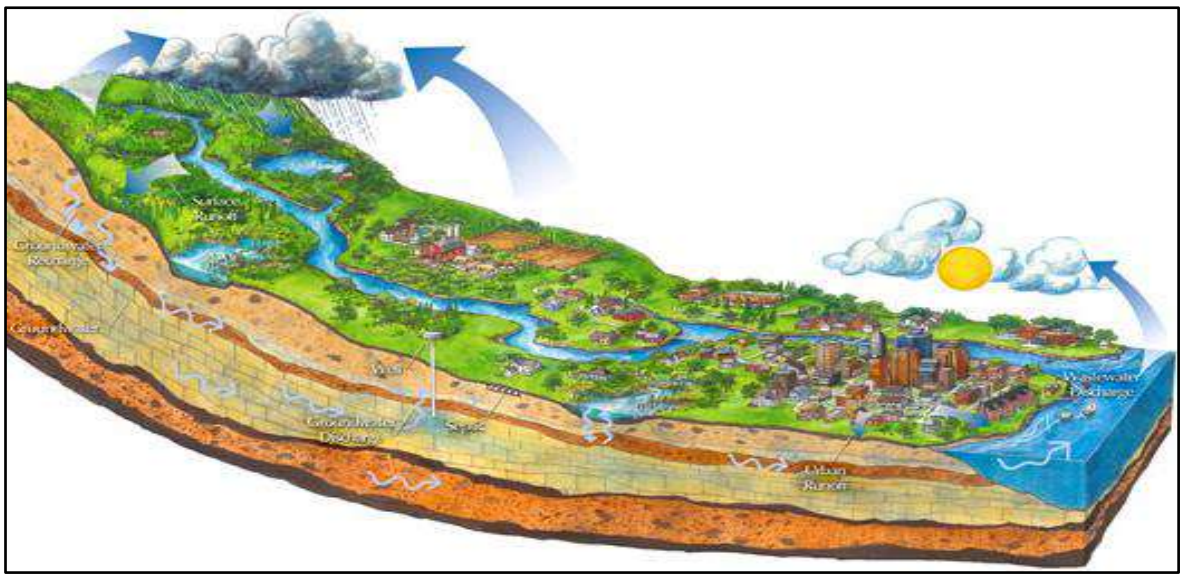
ج ـ أنماط المعالم النقطية (متميزة):

- المواقع التاريخية.
- مناطق طبيعية فريدة.
- العمليات المنجمية.

و يمكن تحليل المعطيات الأرضية المرمزة Geo-coded data بأشكال أخرى كثيرة . فالحاسوب مثلاً يمكنه أن يرسم مشاهداً منظورية محاكية للمناطق ابتداءً من ملف المعطيات الطوبوغرافي. و يمكن

أضافة لذلك ، أضافة غطاء الأرض أو معطيات مستشعرة عن بعد مأخوذة من ملف آخر الى المشهد المنظوري. و بهذه الطريقة يمكن تحليل تغييرات مقترحة في الغطاء النباتي أو في طبوغرافية الأرض ، و ذلك لتقويم الأثر البصري للتغيرات. و بالطريقة نفسها يمكن أن يحسب الحاسوب مشهداً View she، أو منطقة ينظر اليها من نقطة معينة ، ابتداءً من معطيات طوبوغرافية. و تفيد خرائط المشاهد View shed maps كثيراً في تقدير الأثر البصري للمعالم المقترحة مثل خطوط الطاقة أو المناجم المكشوفة.

إن عمليات التحليل التي يمكن اجراؤها على المعطيات الأرضية المرجعية Geo-referenced data ، لا حدود لها في الواقع ، من حيث العدد أو الشكل أو التعقيد. و يمكن تقسيم هذه الأنشطة عامة اما الى تحليل سطحي Surface analysis و اما الى تحليل غطائي Overlay analysis. فالتحليل السطحي يستلزم دراسة العلاقات المتبادلة بين عناصر المعطيات في طبقة معطيات واحدة. ومثال ذلك إن تجميع و تصنيف المعطيات الأولية للتربة الى مجموعات تتعلق بقابلية التربة للانجراف هو أحد أشكال التحليل السطحي . أما معطيات الانحدار و قابلية التربة للانجراف و قابلية الجريان فهو شكل بسيط من أشكال التحليل الغطائي الشفاف. و يمكن في جميع الحالات أن نطلب من الحاسوب أن يجري مقارنات و حسابات لمجموعة معطيات متعددة المدخلات Multiple inputs التي قد تكون مرهقة جداً اذا استخدمت لأجرائها طرائق أخرى من التحليل. أضافة لذلك فانه يمكن تقدير كافة نتائج عمليات تحليل الحاسوب كمياً و تحديد موقعها مكانياً أضافة الى أنها قابلة للتعديل كلما توفرت المعطيات.

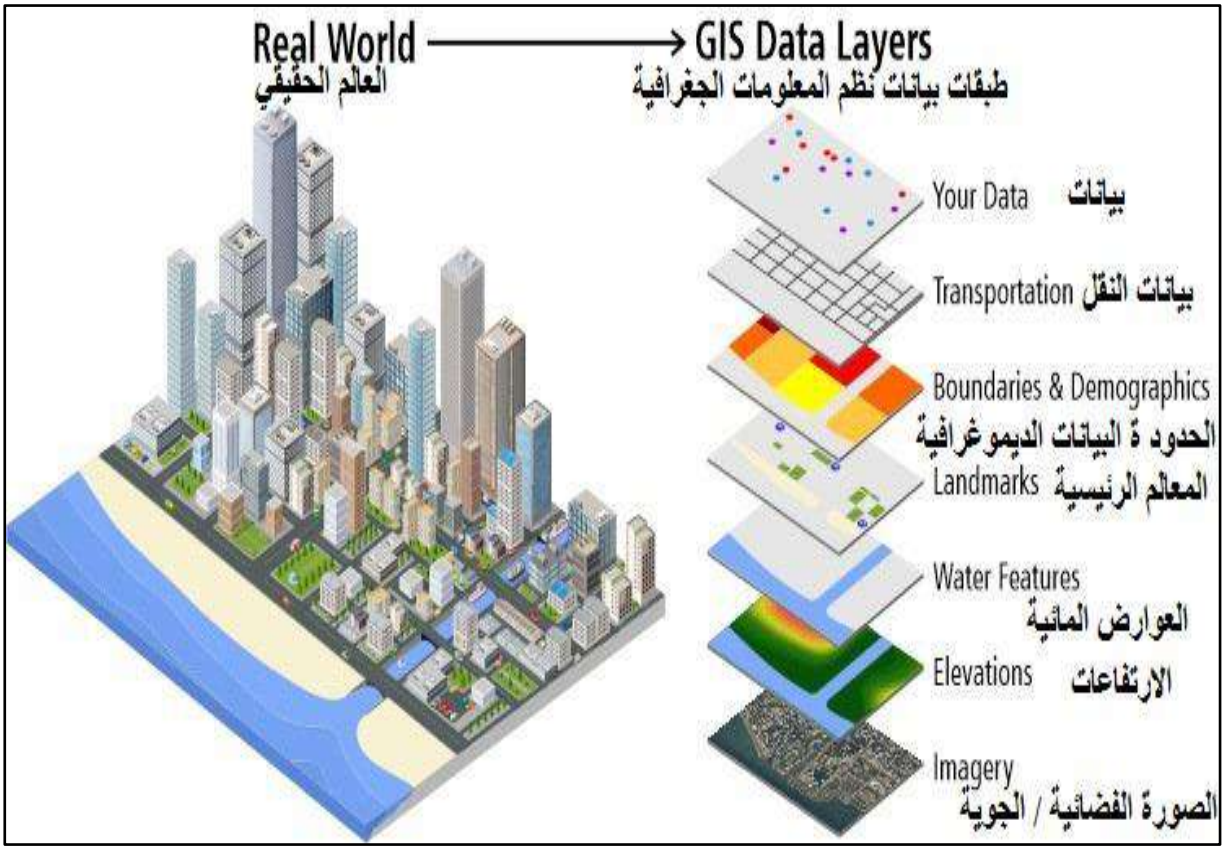


شكل (5- 11) نموذج للتحليل باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) بين أنماط المعطيات والمعلومات المستخلصة .

5-8-1 انواع ومصادر البيانات Data Sources

الخريطة هي الطريقة الأكثر شيوعاً لتمثيل البيانات الجغرافية كمجموعة من النقاط والخطوط والمناطق، والتي يتم وضعها وفقاً لنظام إحداثيات محدد ، يتكون العنصر الجغرافي أو العنصر الأرضي من نوعين من مصادر البيانات هما :

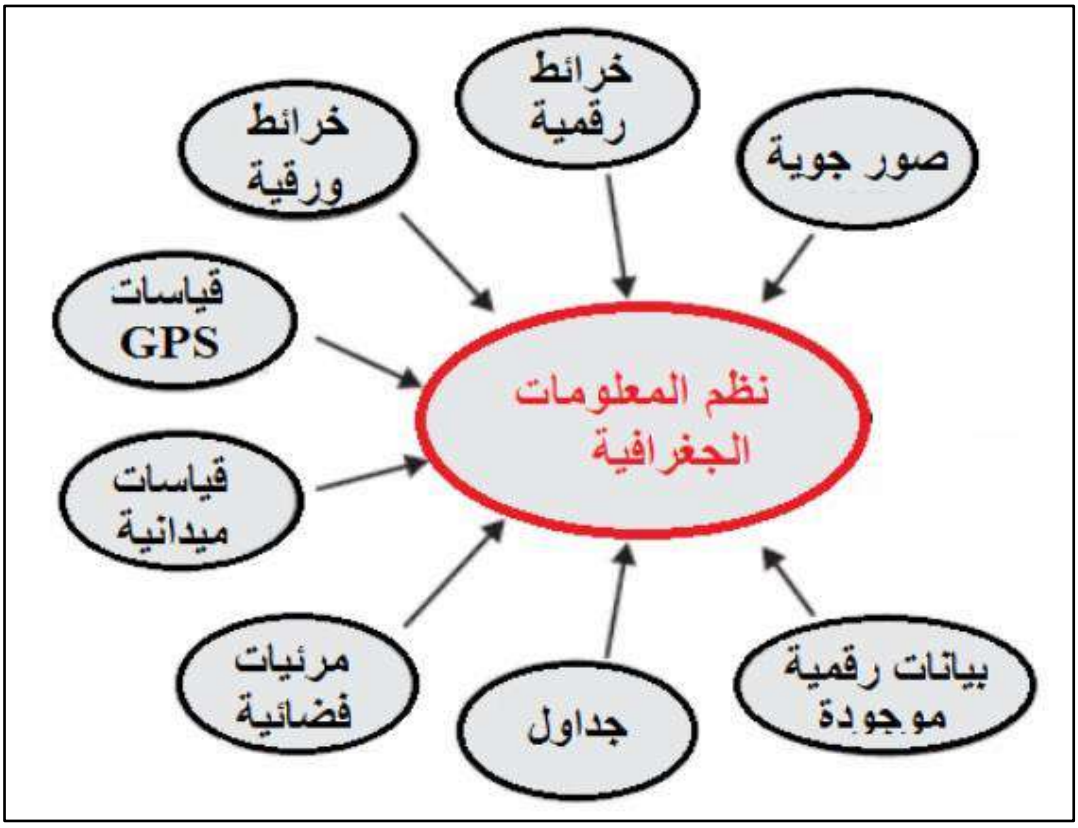
1. **البيانات المكانية :** الذي يحدد بيانياً وهندسياً موضع وشكل وطوبولوجيا الكائنات الممثلة بأوليات هندسية مثل النقاط والخطوط والمضلعات والبكسل (على سبيل المثال : حدود الدولة والأنهار والبحيرات).
2. **البيانات الوصفية :** معبراً عنها بإعلانات أبجدية رقمية ، تهدف إلى تأهيل بعض الخصائص غير المكانية للسمات الهندسية عن طريق السمات (الأرقام ، السلاسل ، التاريخ) ، أي عدد سكان كل مقاطعة ، والأسماء الجغرافية ، وما إلى ذلك. شكل (5 – 12) يمثل نموذج لتمثيل البيانات الجغرافية بنوعيها في نظم المعلومات الجغرافية .



شكل (5- 12) نموذج لتمثيل مصادر البيانات لنظم المعلومات الجغرافية (GIS)

5 – 8 - 2 التحويل الرقمي للبيانات Digital Data Conversion

من أهم مميزات نظم المعلومات الجغرافية قدرتها على التعامل مع العديد من أنواع البيانات التي تأتي من مصادر مختلفة و بصيغ مختلفة . بصورة رئيسة فأن البيانات تتكون من بيانات التحسس النائي ، و بيانات أو قياسات الجي بي أس ، الخرائط الورقية ، الخرائط و الرسومات الممسوحة ضوئياً ، البيانات و الجداول الاحصائية . شكل (5 – 13) .

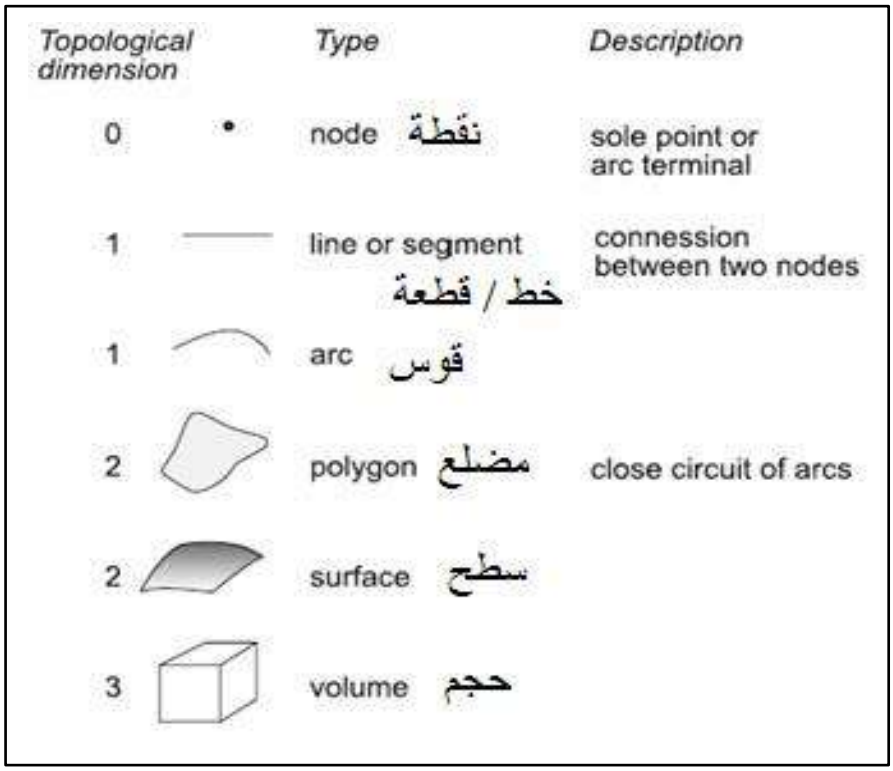


شكل (5 - 13) بيانات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

5- 8 - 3 البيانات الخطية Linear / Vector Data

البيانات الخطية او البيانات الاتجاهية تتكون من النقاط و الخطوط و المضلعات . هذا النوع من البيانات هو المستخدم في تمثيل التطبيقات العمرانية مثل الاراضي و شبكات المياه و الري حيث تكون الدقة عاملاً مهماً في تمثيل حدود قطع الاراضي و تحليل الشبكات و مكوناتها . يتم تخزين البيانات الخطية أو الاتجاهية من خلال تخزين احداثياتها ، فيتم تخزين الاحداثيات الثنائية (X , Y) لكل نقطة بالإضافة الى رقم النقطة ذاتها، اما الخط فيتم تخزين رقمه مع احداثيات نقطة البداية للخط و نقطة نهايته. أما المضلع فيتم تخزين رقمه مع احداثيات جميع النقاط التي يتكون منها كل مضلع .

في نموذج بيانات الخطية الاتجاهية ، يتم وصف هندسة الأراضي بإستغلال العناصر (البدائية) بشكل مناسب إلى رسم الخرائط العددية ، و كما موضح بالشكل (5- 14) .



شكل (5- 14) عناصر تمثيل البيانات الخطية / البيانات الاتجاهية

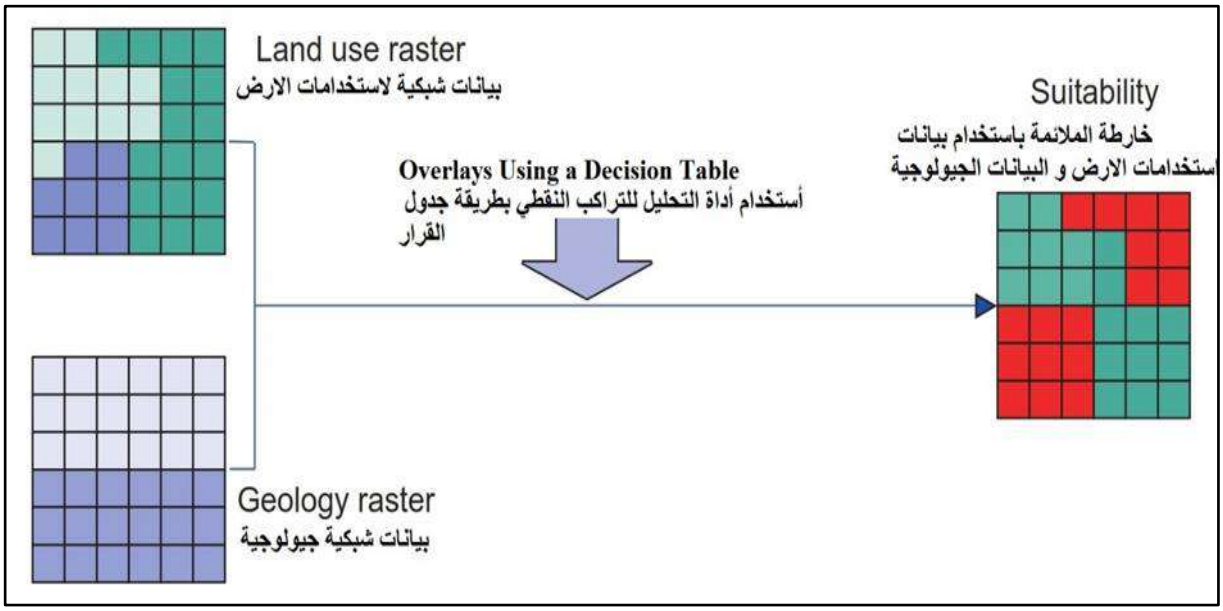
4-8-5 تحليل البيانات الشبكية Raster Data Analysis

التحليل هو وظيفة أساسية لنظم المعلومات الجغرافية منذ نشأتها ، و على الرغم من إننا لا نستطيع تخيل نظم المعلومات الجغرافية بدون إمكانية تحليل البيانات في الوقت الحاضر ، و قد تكون أدوات التحليل مستقلة تماماً عن مكون التصور أو ترتبط بها. في الحالة الاولى يتم اجراء التحليل على مجموعة من الطبقات و المعالم دون أي تفاعل مع الخريطة بينما في الحالة الثانية قد يتفاعل المستخدم مع العرض لتحديد كيفية أجراء التحليل.

يمكن أن تكون نتيجة أداة التحليل في نظم المعلومات الجغرافية طبقة جديدة أو لا ، مثل تلك الناتج الاحصائي لبيانات المدخلات فلا يتم انشاء طبقة جديدة من جراء تلك التحليل.

التحليل المكاني للبيانات الشبكية يعتمد على الخلايا في تخزين البيانات و تحليلها و في هذا النظام يتم تخصيص ارقام او قيم للخلايا حيث تعطى لكل مجموعة من الخلايا اثناء عملية التخزين فالخلايا لها ارقام تبدأ عادة من أعلى اليسار ثم الى اليمين و نزولاً بالصفوف الى أسفل ، و لكل خلية قيمة تحدد

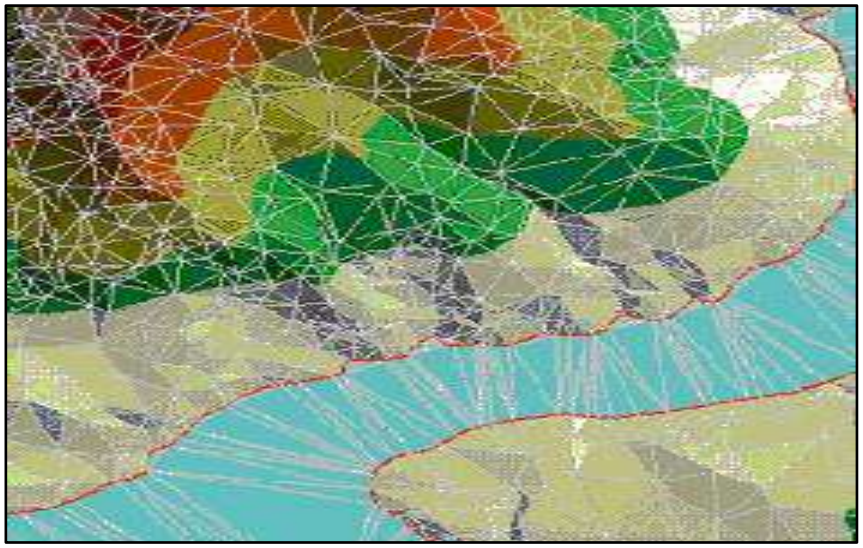
مقدار العنصر أو المعالم التي تحتويها ، شكل (5 – 15) نموذج لتحليل البيانات الشبكية لاستخدامات الاراضي والبيانات الجيولوجية لإنتاج خريطة ملائمة شبكية.



شكل (5- 15) نموذج لتحليل البيانات الشبكية

5 – 8 - 5 تحليل المعالم الطوبوغرافية Topographical Feature Analysis

تحليل المعالم الطوبوغرافية باستخدام ادوات نظم المعلومات الجغرافية مثل اداة عمل الخطوط المضللة (Hill Shad) لإنشاء خطوط مضللة من شبكة الارتفاعات أو بطريقة شبكة غير منتظمة مثلثية (TIN) من خلال توظيف اضاءة و تضليل الطبقة السطحية ، شكل (5-16) .

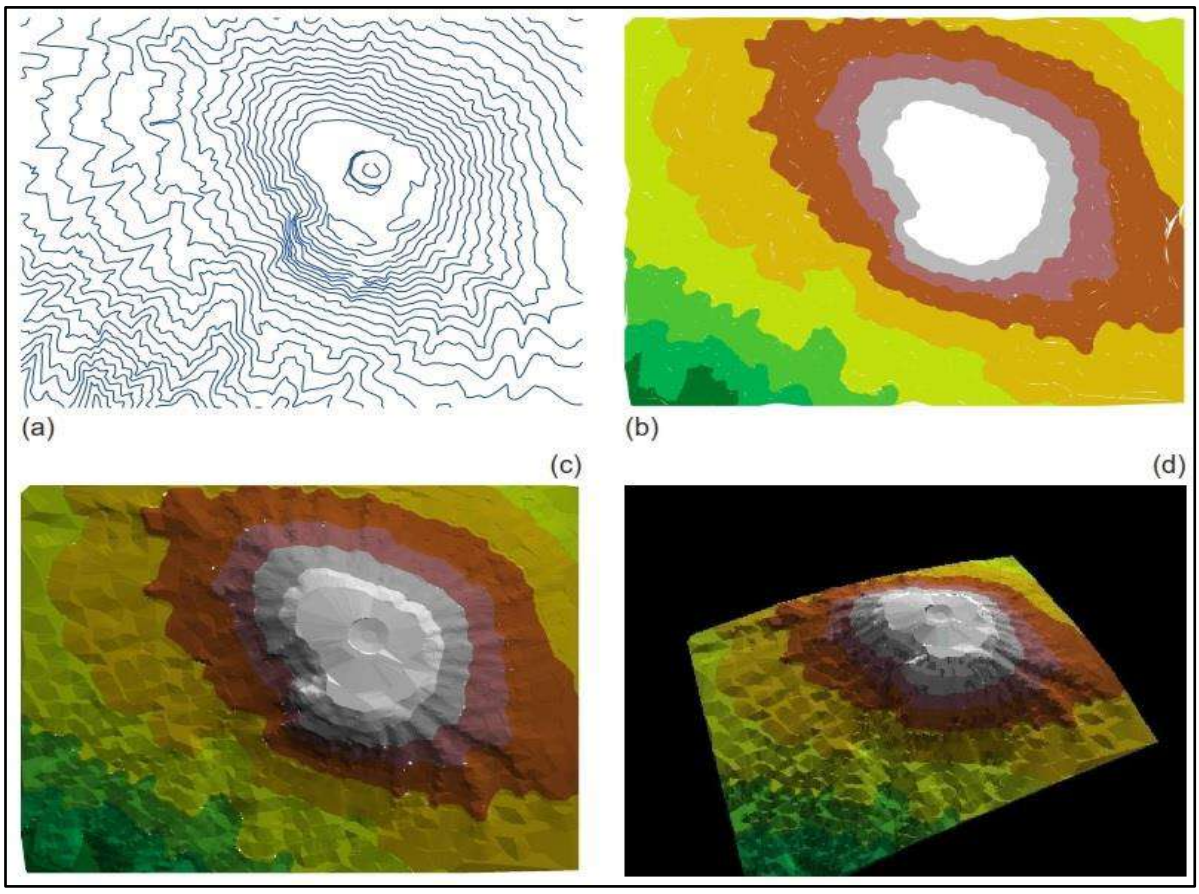


شكل (5- 16) : نموذج شبكة غير منتظمة مثلثية (TIN) Triangulated Irregular Networks

وهي مفيد لتمثيل التضاريس لأنه يعطى انطباع بمشهد ثلاثي الابعاد (3D). و هناك أربعة عوامل مجتمعة لإنشاء تحليل Hill Shad وهي :

1. سمت الشمس: اتجاه الضوء الوارد يقاس في اتجاه عقارب الساعة بالدرجات من الشمال (صفر درجة : 360 درجة).
2. أرتفاع الشمس : زاوية المصدر المضيء و تقاس بالدرجات من أعلى الافق (صف درجة : 90 درجة).
3. ميل السطح أو ميل الخلية من مدخلات DEM او TIN على التوالي.
4. جانب السطح أو جانب الخلية من مدخلات DEM او TIN على التوالي.

الشكل (5 - 17) يمثل نموذج لتصوير ارتفاع التضاريس بأنواعه الخريطة الكنتورية و الخريطة بالطبقات الملونة و خريطة التضاريس المضللة و نموذج التضاريس ثلاثي الابعاد.

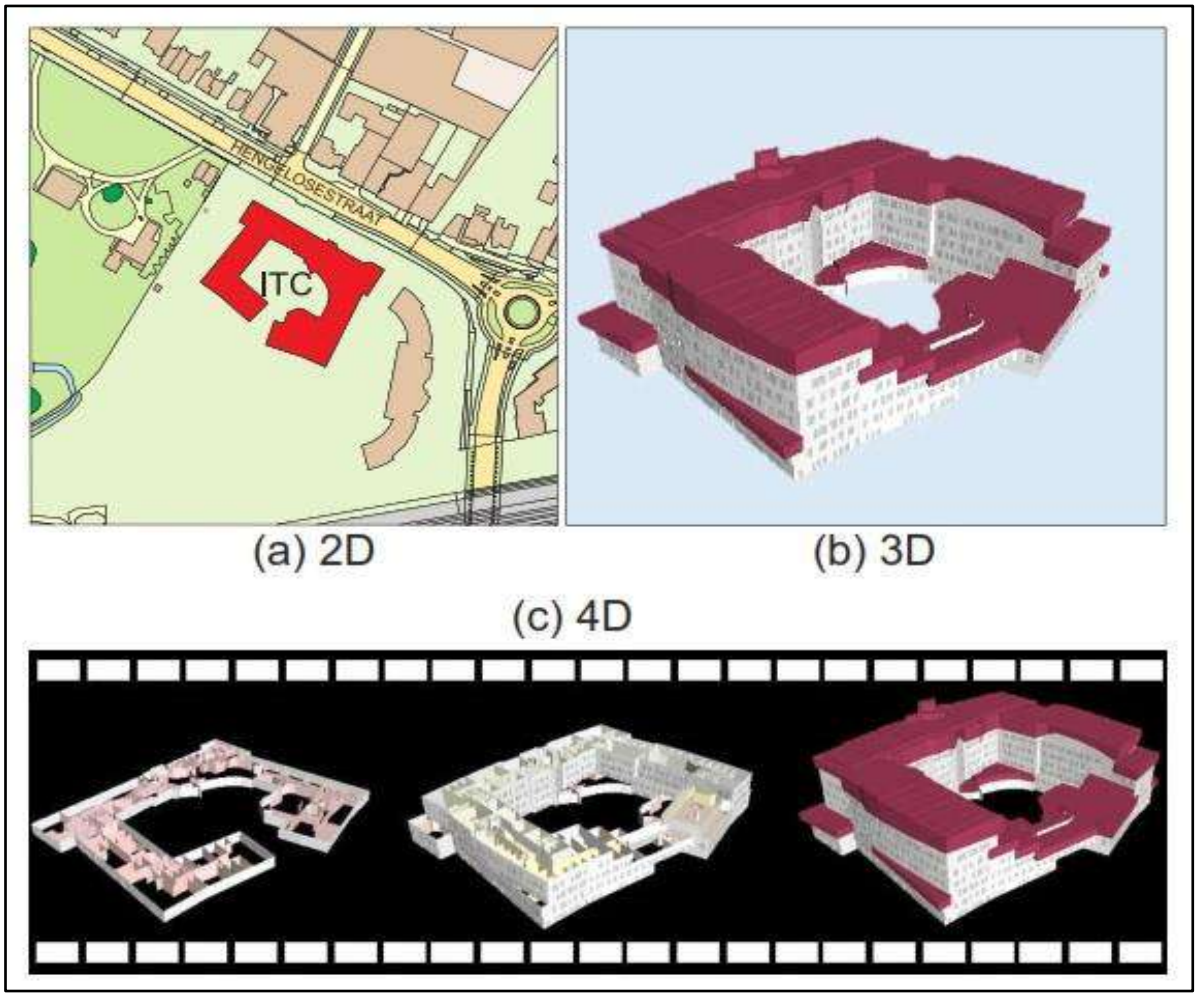


شكل (5- 17) تصوير ارتفاع التضاريس (a) الخريطة الكنتورية (b) خريطة مع تلـوين الطبقات (c) خريطة تضاريس مضللة (d) عرض ثلاثي الابعاد للتضاريس.

5 - 9 نظم المعلومات الجغرافية في النظام ثلاثي الابعاد GIS in 3D system

نماذج الاسطح الرقمية عبارة عن تمثيل بياني ثلاثة الابعاد (3D) للمعالم المختلفة سواء أكانت طبيعية ام بشرية ، فيمكن إستخدام هذه النماذج مثلاً في تمثيل التوزيع الجغرافي للمعالم او إتجاه سلوك المعالم المختلفة بثلاثة ابعاد و هي عبارة عن مجموعة من النقاط في منطقة سطح الارض تم تعيين موقعها المستوي (X,Y) و ارتفاعها (Z). و إن تمثيل النماذج ثلاثية الابعاد يتم من خلال احدى هاتين الطريقتين وهي الطرق الرياضية (Mathematical Methods) او الطرق التصويرية (Image Methods) .

شكل (5-18) يوضح نماذج ثنائية و ثلاثية و رباعية الابعاد .



شكل (5- 18) (a) نمـــوذج لبناية ثـــنـــائية الابعـــاد و (b) نمـــوذج لبناية ثـــلاثيـــة الابعـــاد و (c) نمـــوذج لبناية رباعية الابعاد مع الوقت

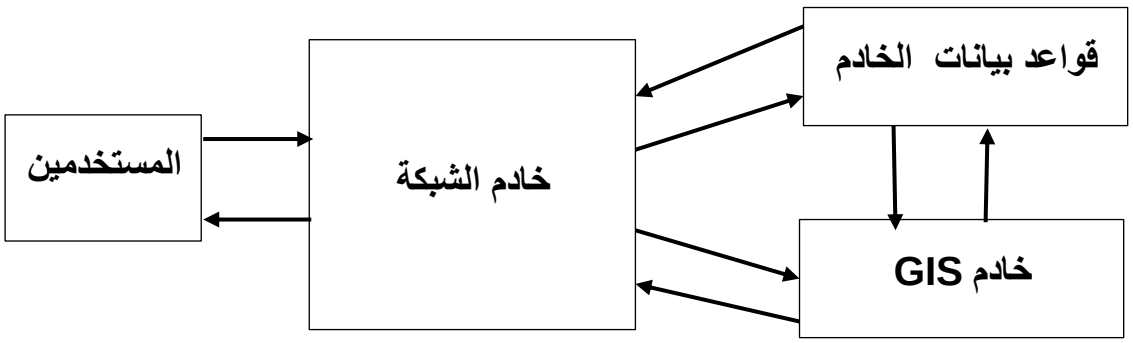
5 - 10 نظم المعلومات الجغرافية عبر الانترنيت

Geographical Information System (GIS) By Internet

الانترنيت عبارة عن شبكة عالمية من أجهزة الكمبيوتر متصلة ببعضها البعض من خلال أجهزة اتصال لتبادل المعلومات. شهد استخدام الإنترنت لنشر المعلومات ومشاركة الموارد نمواً سريعاً خلال السنوات القليلة الماضية.

يتم توفير وظيفة نظم المعلومات الجغرافية من خلال مستعرض ويب وعارض بواجهة بسيطة وسهلة الاستخدام. يلزم وجود نظم المعلومات الجغرافية للعمل والأجهزة والبرامج والبيانات في مكان واحد على جهاز كمبيوتر واحد. يتبع نظام المعلومات الجغرافية لسطح المكتب المستند إلى (الشبكة المحلية) نموذج خادم العميل حيث تتواصل برامج نظم المعلومات الجغرافية على أجهزة الكمبيوتر (المستخدمين) مع الخادم.

يتم تثبيت برامج GIS على أجهزة الكمبيوتر ويجب على المرء الوصول إلى أجهزة الكمبيوتر هذه لاستخدام نظم المعلومات الجغرافية. مع ظهور نظم المعلومات الجغرافية الموزعة ، لا يحتاج المستخدمون إلى قواعد البيانات. تستخدم نظم المعلومات الجغرافية الموزعة الإنترنت والشبكة اللاسلكية لمعالجة البيانات والاتصال. يمكن للمستخدمين الوصول إلى أدوات وبيانات GIS من الإنترنت أو خدمات البيانات اللاسلكية. وبالتالي فإن GIS المستندة إلى الويب تقدم مزايا مثل الوصول إلى جميع أنحاء العالم ، وواجهة قياسية وصيانة فعالة من حيث التكلفة عبر نظام GIS قائم بذاته. شكل (5- 19) يوضح عناصر نظم المعلومات الجغرافية عبر الانترنيت.

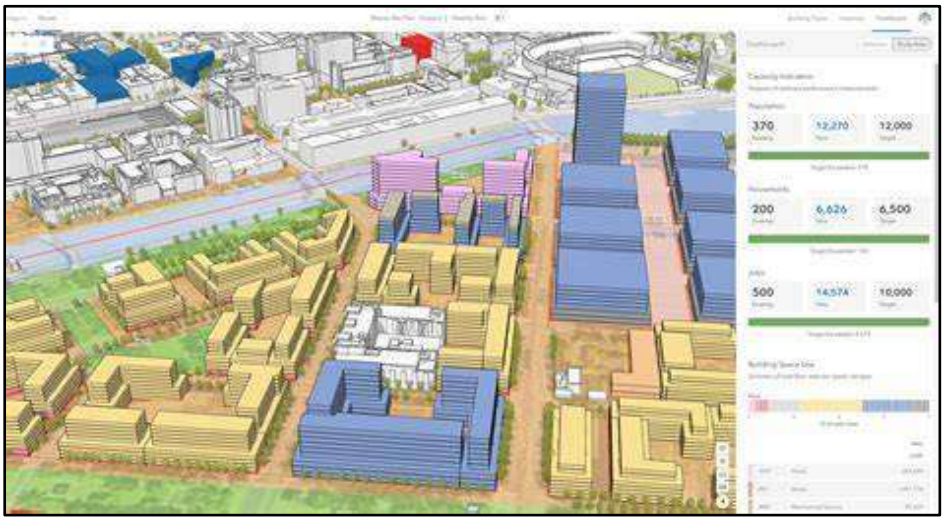


شكل (5- 19) عناصر نظم المعلومات الجغرافية عبر الانترنيت

5 - 11 تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية GIS Applications

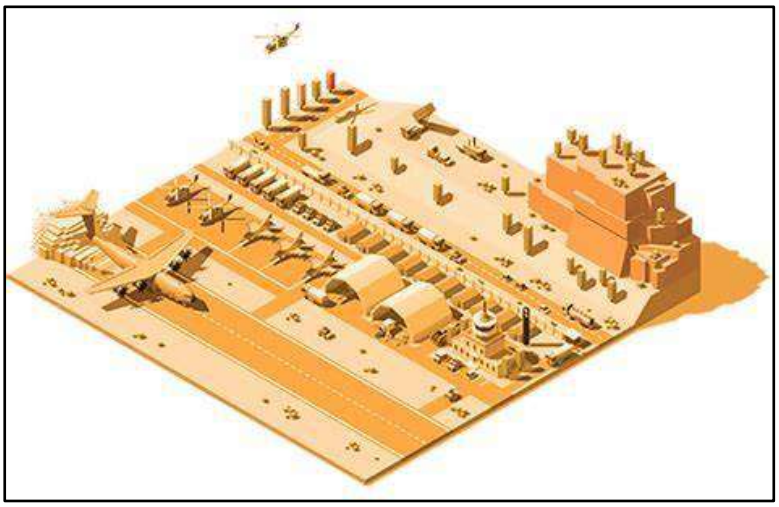
أ. تخطيط المدن : تقوم أدارات المدن و المحافظات بإنشاء نظم المعلومات جغرافية للحصول على بيانات رقمية تمثل المباني و خصائصها و قطع الاراضي و انواع استخدامات الارض و شبكات

الطرق و المرافق العامة المتوفرة. و يتم استخدام كل هذه البيانات المكانية و غير المكانية بصورة يومية في ادارة الموارد بالمدينة و متابعة التغيرات الزمنية و ايضا وضع الخطط للتخطيط المستقبلي ، شكل (5 – 20).



شكل (5- 20) نموذج لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في تخطيط المدن

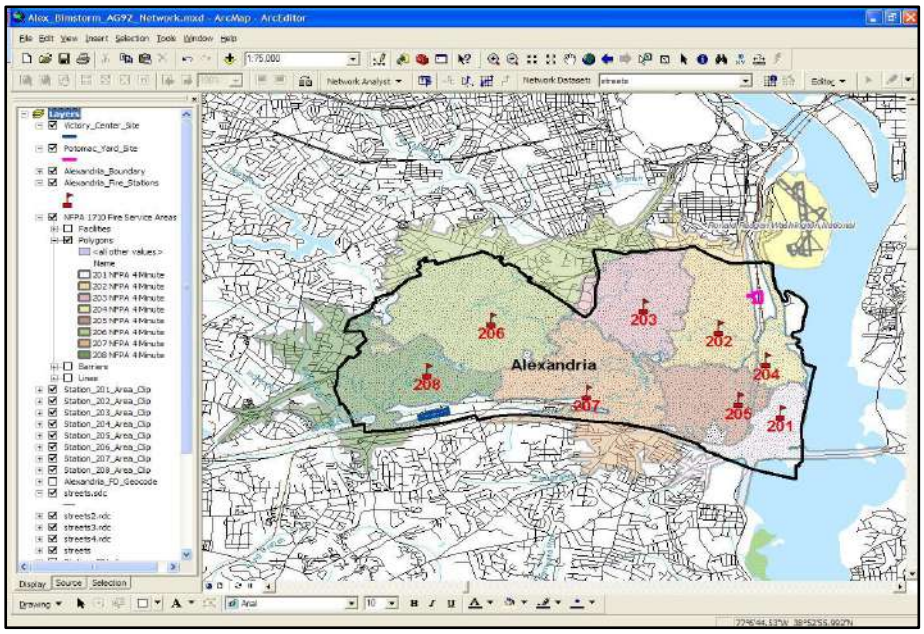
ب. خدمات الأمن و الدفاع : تلعب التقنيات المكانية بصفة عامة دوراً حيوياً في إدارة الازمات مثل الحرائق و الزلازل و إعداد خطط مواجهة الازمات الامنية و خطط الطوارئ عند حدوثها. كما إن التقنيات المكانية مطلوبة ايضا في الحروب و معرفة أماكن تواجد القوات المعادية و من ثم الاستفادة منها في وضع الخطط الدفاعية اللازمة ، شكل (5 – 21).



شكل (5- 21) نموذج لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في الامن و الدفاع

ج. المرافق العامة : إعتماد الشركات و المؤسسات الحكومية على نظم المعلومات الجغرافية في إدارة المرافق العامة . فهذه التكنولوجيا تقدم لهم المعلومات المكانية في صورتها الرقمية

لاستخدامها في العديد من التطبيقات مثل تحديد أقصر طريق لسيارات الاسعاف و المطافئ للوصول لموقع الحادث و ايضا اختيار أفضل موقع لإنشاء خدمة جديدة ، شكل (5 – 22).

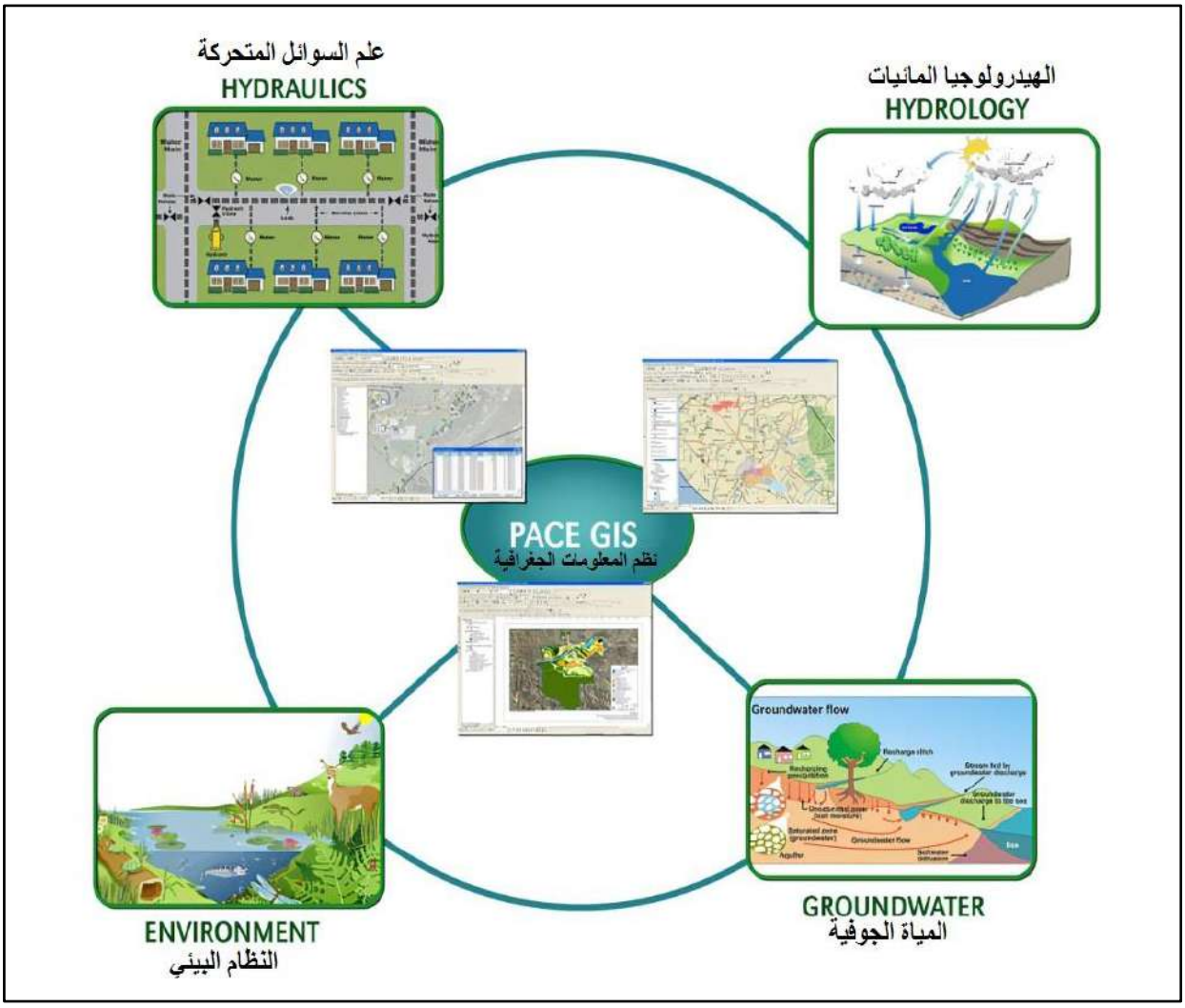


شكل (5- 22) نموذج لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في أدارة المرافق العامة

د. تخطيط البنى التحتية : يعد تجميع البيانات المكانية و غير المكانية أول متطلبات اعداد خطط البنية التحتية من طرق و شبكات الري و شبكات المياه و الصرف الصحي ... الخ. إن نظم المعلومات الجغرافية هي التكنولوجيا الاكثر إستخداماً في عمليات التخطيط المستقبلي لكل أنواع البنية التحتية ، شكل (5 – 23).

شكل (5- 23): نموذج لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في أدارة البنى التحتية

ه. التطبيقات البيئية و ادارة الموارد المائية : تعد التطبيقات البيئية من اولى و أهم أنواع مجالات استخدامات نظم المعلومات الجغرافية منذ إبتكارها ، ففي معظم دول العالم فأن الاراضي و الموارد الطبيعية محدودة مما يتطلب إدارتها بكفاءة عالية. و هنا يقدم نظم المعلومات الجغرافية تقنية لمراقبة و متابعة التغيرات في استخدامات الاراضي و متابعة و تحليل و نمذجة النمو العمراني . فعلى سبيل المثال فإن نظم المعلومات الجغرافي تمكننا من تحديد مواقع انشاء سدود حصاد المياه في منطقة معينة كما تقدم لنا منهجاً علمياً دقيقاً للتوقع المستقبلي لظاهرة معينة بحيث يمكن وضع الخطط المناسبة لمواجهة هذه التحديات المستقبلية ، شكل (5 – 24).



شكل (5- 24) نموذج لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في التطبيقات البيئية و أدارة الموارد المائية

أسئلة الفصل الخامس

س1 / عرف ما يأتي :

1) الكارتوغرافي
2) مقياس رسم الخريطة
3) انتاج الخرائط
4) مسقط مركيتر المستعرض
5) الانترنيت
6) مسقط الخريطة
7) نظم المعلومات الجغرافية (GIS)
8) نماذج الاسطح الرقمية

س2 / عدد اهم عناصر المحتوى المساعد في الخريطة.

س3 / ما الفرق بين المسقط الاسطواني والمسقط المخروطي ؟

س4 / عدد (10) فقط اهم استخدامات الخرائط .

س5 / عدد طرق انتاج الخرائط ، مع الشرح المختصر .

س6 / ما الخطوات المتبعة في عمليات انتاج الخرائط ؟

س7 / اشرح مسقط مركيتر المستعرض وبين سبب اهميته .

س8 / ما الخطوات الواجب اتباعها عند قراءة الخريطة ؟

س9 / ما هي انواع ومصادر البيانات في نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ؟

س10 / كيف يتم تخزين البيانات الخطية او الاتجاهية في نظم المعلومات الجغرافية ؟

س11 / عدد عناصر تمثيل البيانات الخطية / البيانات الاتجاهية ؟

س12 / على ماذا يعتمد التحليل المكاني للبيانات الشبكية في نظم المعلومات الجغرافية ؟

س13 / ما هي انماط المعالم السياحية ؟

س14 / ارسم مخططاً يوضح عناصر نظم المعلومات الجغرافية عبر الانترنيت ؟

س15 / ما هي تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية ؟

س16 / عدد مكونات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ؟

الفصل السادس

المسح بالأقمار الاصطناعية و التحسس النائي

Satellite Surveying & Remote Sensing

الاهـداف:

سيتعرف الطالب في نـهاية الفصل على :

1. مفهوم المسح بالاقمار الصناعية و اساسيات عمل منظومات الموقع الجغرافي بإستخدام الاقمار الصناعية .
2. أنواع أجهزة الإستقبال لأشاره الجي بي اس .
3. اساليب الرصد و دقة القياس بهذه الأجهزة .
4. منظومات الملاحة العالمية عبر الاقمار الصناعية .
5. مفاهيم التحسس النائي و الصور الفضائية .
6. اساسيات تفسير الصور الفضائية .
7. معالجة المرئيات الرقمية.
8. اصناف و استخدامات و تطبيقات التحسس النائي في المجالات المختلفة.

6 - 1 المسح بالأقمار الاصطناعية Satellite Surveying

هو المسح الذي يعتمد على إشارات من إقمار الملاحة العالمية وتم تطويره من قبل وزارة الدفاع الأمريكية (DoD) في أوائل السبعينيات ويدعى نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) . في البداية تم تطوير GPS كنظام عسكري لتلبية الاحتياجات العسكرية الأمريكية. ومع ذلك فقد تم توفيره لاحقاً للمدنيين ، وهو الآن نظام ثنائي الإستخدام يمكن الوصول إليه من قبل المستخدمين العسكريين والمدنيين.

يوفر نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) معلومات مستمرة عن تحديد المواقع والتوقيت في أي مكان في العالم وتحت أي ظروف جوية. نظراً لأنه يخدم عدداً غير محدود من المستخدمين بالإضافة إلى استخدامه لأسباب أمنية ، فإن نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) هو نظام أحادي الاتجاه (سلبي). أي أن المستخدمين يمكنهم فقط إستقبال إشارات الأقمار الصناعية. يقدم هذا الفصل تعريفاً بنظام GPS ومكوناته وفكرته الأساسية.

إلى جانب الأساليب التقليدية للمسح بإستخدام أدوات مثل أجهزة الثيودولايت، وأجهزة التسوية وأجهزة المحطات الكاملة ، يستخدم المساحون والمهندسون الآن أنظمة مسح الأقمار الصناعية للعديد من التطبيقات الروتينية في الموقع. ببساطة نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) ، هو نظام المسح السائد عبر الأقمار الصناعية المستخدم في الوقت الحاضر وهذا شيء مألوف الآن لمعظم الناس اليوم ، ويمكن للمشاة إستخدام مستقبل GPS محمول ، لتحديد موقعهم على مخطط أو خريطة ، ويمكن لسائقي السيارات الحصول على شاشة عرض مثبتة على لوحة القيادة لهذا الغرض ، وتتوفر الآن العديد من الإصدارات المختلفة من هذه الأجهزة. ولقد وجد نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) استخداماً واسع النطاق في الطيران والملاحة والمجالات العلمية مثل التنبؤ بالطقس وعلم المحيطات ولتحديد موقع الميزات في أنظمة المعلومات الجغرافية.

6 - 2 منظومة المواقع العالمية Global Positioning System

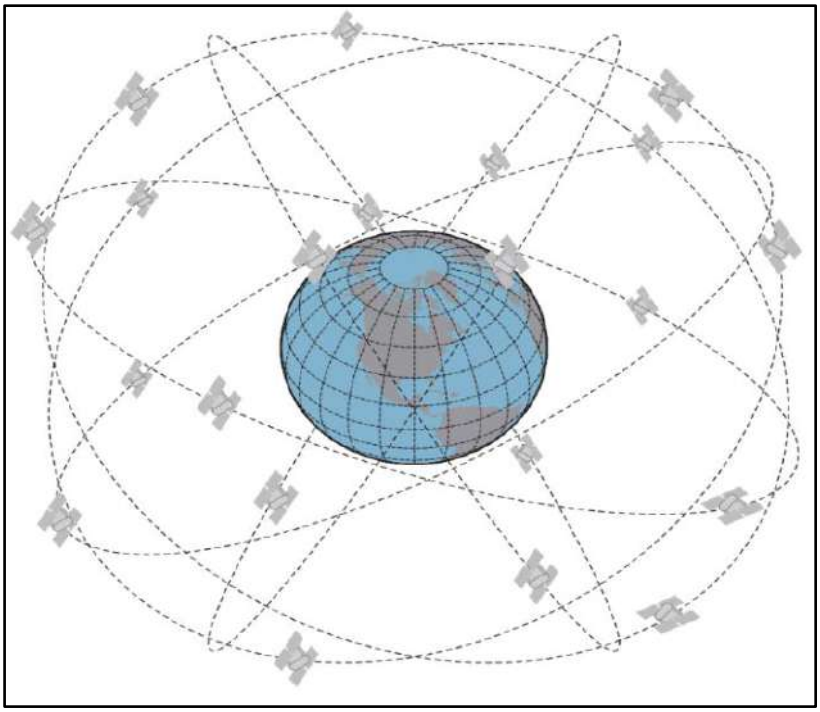
حاول العلماء معرفة مسار القمر الصناعي بواسطة قياسات دقيقة بجهاز دوبلر (Doppler) من نقطة معلومة على الارض و استخدم لهذا الغرض مختبر الفيزياء التطبيقية لجامعة هوبكنز ، و اقترح بعض العلماء الاستفادة من هذه المنهجية لتحديد الموقع الجغرافي على الارض بقياسات من مسار القمر الصناعي المعلوم موقعه و أحداثياته بدقه .

و بما ان الحاجة للتطور التكنولوجي للقمر الصناعي مستمر فقد توصل العلماء الى تحسين و تطوير المركبة الفضائية بحيث يسمح لقياس مسار القمر الصناعي و تطوير الأجهزة الارضية لاستلام نتائج

الملاحة و الذي عرف النظام في حينه بنظام (Transit) و الذي فتحت للأعمال التجارية في سنة (1967 م) و للأغراض العسكرية.

إن نظام التموضع العالمي (NAVSTAR GPS) هو نظام ملاحي يعتمد على موجات الراديو الصادرة من الاقمار الصناعية و يؤمن بذلك معلومات دقيقة عن مواقع ثلاثية الابعاد ، و معلومات ملاحية و عن الزمن للمستخدمين المزودين بأجهزة الاستقبال المناسبة.

يمكن أستخدام النظام في كل أنحاء العالم و بشكل مستمر و مستقل عن الظروف الجوية. يتمتع المستخدمون المدنيون في العالم باستخدام محدود له. يتألف النظام من مجموعته الكاملة من الاقمار الصناعية و البالغ عددها واحد وعشرون قمر صناعياً بالإضافة الى ثلاثة أقمار صناعية أحتياطية فّعالة لاحظ شكل رقم (6-1) . الإقمار الصناعية متموضّعة على مسارات بارتفاع 20200 كيلومتر عن سطع الارض . التوزيع الهندسي للاقمار الصناعية يؤمن تغطية لكل مناطق الارض بحيث انه بأي وقت و في اي مكان على الارض هناك على الاقل أربعة أقمار صناعية واقعة فوق الافق و يمكن رصدها بشكل متزامن (Simultaneously) .

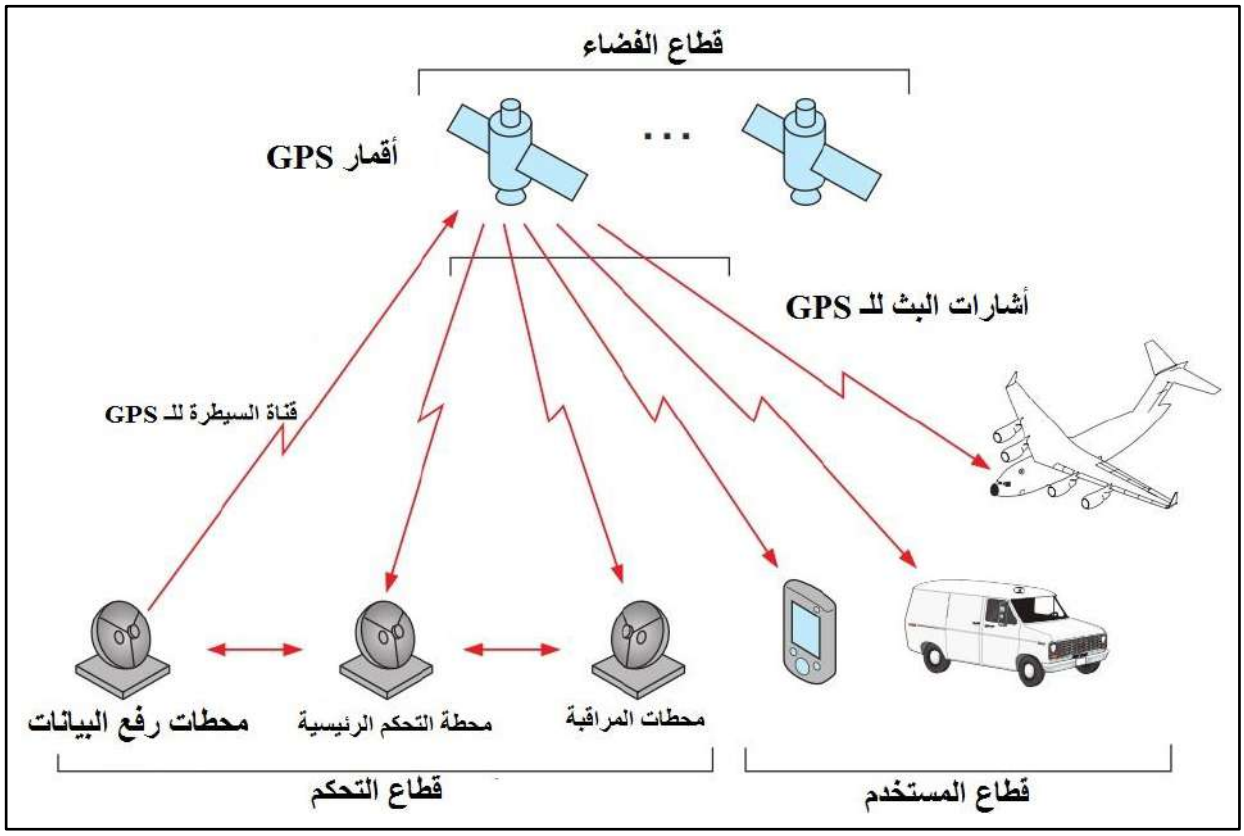


شكل (6- 1) نظام الـ (GPS) المتألف من 21 قمر صناعي

يتالف نظام المواقع العالمي (GPS) من ثلاثة قطاعات ، شكل (6-2) و هي :

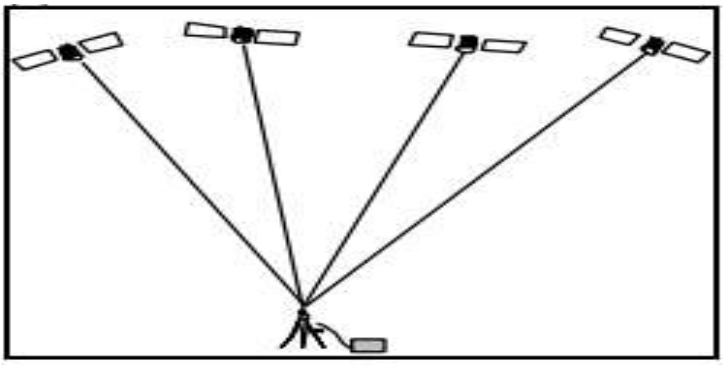
1. قطاع الفضاء (Space segment) (جميع الأقمار الصناعية العاملة).

2. قطاع التحكم (Control segment) جميع المحطات الأرضية المشاركة في مراقبة النظام وتشمل محطة التحكم الرئيسة ومحطات المراقبة ومحطات التحكم الأرضية .
3. قطاع المستخدم (User segment) (جميع مستخدمي GPS المدنيين والعسكريين).



شكل (6- 2) : قطاعات نظام الـ (GPS)

يعتمد مبدأ الملاحة الاساسي في نظام الـ (GPS) على قياسات آنية لما يدعى أشباه المسافات (Pseudo-ranges) بين المستخدم و بين أربعة أقمار صناعية. بالامكان قياس أحداثيات المستخدم أنطلاقاً من احداثيات القمر الصناعي المعرفة في إطار مرجعي مناسب . لاحظ الشكل رقم (6 -3).



شكل (6- 3) قياس متزامن لأشباه الاطوال الى اربعة أقمار

و من الناحية الهندسية يكفى قياس المسافات الى ثلاثة اقمار صناعية فقط لحساب احداثيات المستخدم (x_u, y_u, z_u) و إن قياساً رابعاً ضروري لحساب احداثيات المستخدم وذلك لان نظام الـ(GPS) يستخدم مبدئ قياس المسافة باتجاه واحد (One-way ranging Technique) و ساعة المستقبل (Receiver clock) و التي تكون غير متزامنة مع ساعة القمر (Satellite clock) . إن خطأ تزامن التوقيت لتلك الساعتين (Synchronization error) هو سبب تسمية أشباه المسافات (Pseudo-ranges) و يجب تعينه كمجهول أضافي مختلفاً عن نظام الـ(NNSS TRSNSIT) (Navy Navigation Satellite System) ، الذي كان معتمداً رسمياً من قبل البحرية الامريكية NAVY منذ عام 1964م ، فإن نظام GPS يؤمن معلومات ملاحية في الزمن الحقيقي لحظياً و فورياً (Real Time) ، و ادناه مقارنة بين النظاميين جدول رقم (6 – 1) :

جدول رقم (6 – 1) مقارنة بين نظامي الـ GPS و الـ TRANSIT

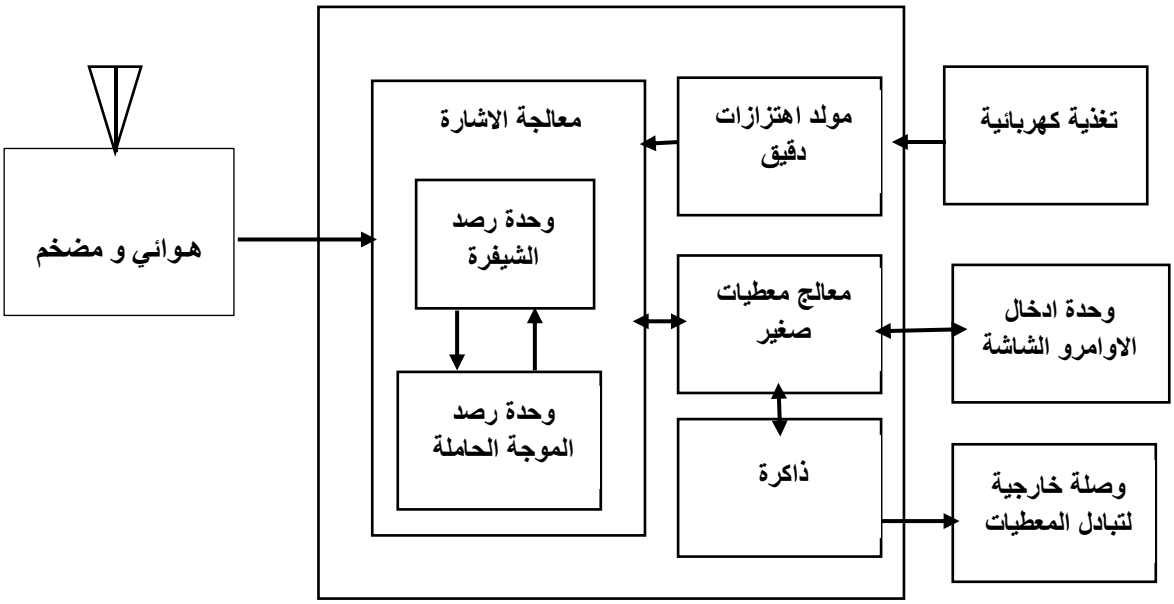
الخاصية	GPS	TRANSIT
ارتفاع القمر عن سطح الارض	20200 كيلومتر	1000 كيلومتر
زمن دورة القمر حول الارض	12 ساعة	105 دقيقة
التوفر	متواصل	15- 20 دقيقة خلال العبور الواحد
الدقة	15 متر	عشرات السنتمترات
عدد الاقمار	24 - 21	6 - 4

تم تصميم نظام التموضع العالمي GPS للحصول لحظياً و انياً (Real time) على دقة ملاحية تتراوح ما بين (∓ 10) الى (∓ 15) متر و قد كان منتظراً منذ البداية ان هذا النظام سوف يؤمن قياسات جيودسية ذات دقة عالية جدا.

6 - 3 جهاز المواقع العالمي Global Positioning System Device GPS

إن نظام الـ GPS هو نظام حديث ولذلك فإن مستقبلات إشارته تتطور بسرعة و إن المبدأ الرئيسي لتصميم المستقبل ، لاحظ الشكل (6 – 4) يتألف من :

1. هوائي مع مضخم اشارة .
2. وحدة التردد الراديوي مع التعرف على الاشارة و معالجتها .
3. مولد ترددات دقيق.
4. وحدة تامين طاقة كهربائية .
5. وحدة تدخل المستخدم (أعطاء أوامر و شاشة) .



شكل (6 – 4) المركبات الاساسية للمستقبل

يستلم الهوائي الموجة الالكترومغناطيسية الواصلة من الاقمار الصناعية ، و يحول الاشارة الى تيار كهربائي ، يضخم قوة الاشارة و يوصلها الى القسم الالكتروني للمستقبل (وحدة التردد الراديوي). يجب أن يكون الهوائي حساس لاشارات القمر الصناعي الضعيفة، و يجب أن تؤمن طريقة الالتقاط التقاطاً للاشارات من كل الاتجاهات الممكنة في نصف الكرة السماوية المرئي (مختلف زوايا السموت و الارتفاعات).

على الرغم من أنك قد تكون بالفعل على دراية بمصطلح (GPS) نظام تحديد المواقع العالمي ، فربما لم تسمع بمصطلح (GNSS) نظام الملاحة عبر الأقمار الصناعية العالمي ، والذي يستخدم لوصف مجموعة أنظمة تحديد المواقع عبر الأقمار الصناعية التي تعمل الآن :

1. **(GPS) الولايات المتحدة :** أول نظام GNSS ، فهو الوحيد اليوم الذي يعمل بكامل طاقته . تم إطلاق نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) في أواخر السبعينيات من قبل وزارة الدفاع الأمريكية . يستخدم الآن كوكبة من 24 إلى 32 قمرا صناعيا ، ويوفر تغطية عالمية شاملة.
2. **(GLONASS) روسيا** : يتم تشغيل GLONASS من قبل الحكومة الروسية . تتألف كوكبة GLONASS الكاملة من 24 قمرا صناعيا .
3. **(Galileo) الاتحاد الأوروبي** : غاليلو هو نظام الملاحة عبر الاقمار الصناعية للاتحاد الاوربي ويتألف من ثلاثين قمرا صناعيا وتم إطلاق أولها في عام 2006 م .

4. **الصين (COMPASS)** : كومباس هو نظام الملاحة عبر الأقمار الصناعية الصيني .ويتألف النظام من 35 قمراً صناعياً.

6 – 3 - 1 انواع جهاز الـ GPS Types of GPS

يتم تصنيف مستقبلات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) بناءً على الكود او الشفرة و طور الموجة الحاملة ، و هي :

1. نمط الشيفرة C / A .
2. نمط الشيفرة C / A + طور الموجة الحاملة L1 .
3. نمط الشيفرة C / A + طور الموجة الحاملة L1 + طور الموجة الحاملة L2 .
4. نمط الشيفرة C / A + نمط الشيفرة P + طور الموجة الحاملة L2 +L1 .

و هناك تصنيف آخر لمستقبل GPS فيما يتعلق بفئة المستخدمين وهي (مستقبل عسكري ومستقبل مدني و مستقبل الملاحة و جهاز استقبال جيوديسي) ، لاحظ الشكل (6- 5) .

أ. جهاز استقبال جيودسي

ب. مستقبل لتطبيقات GIS

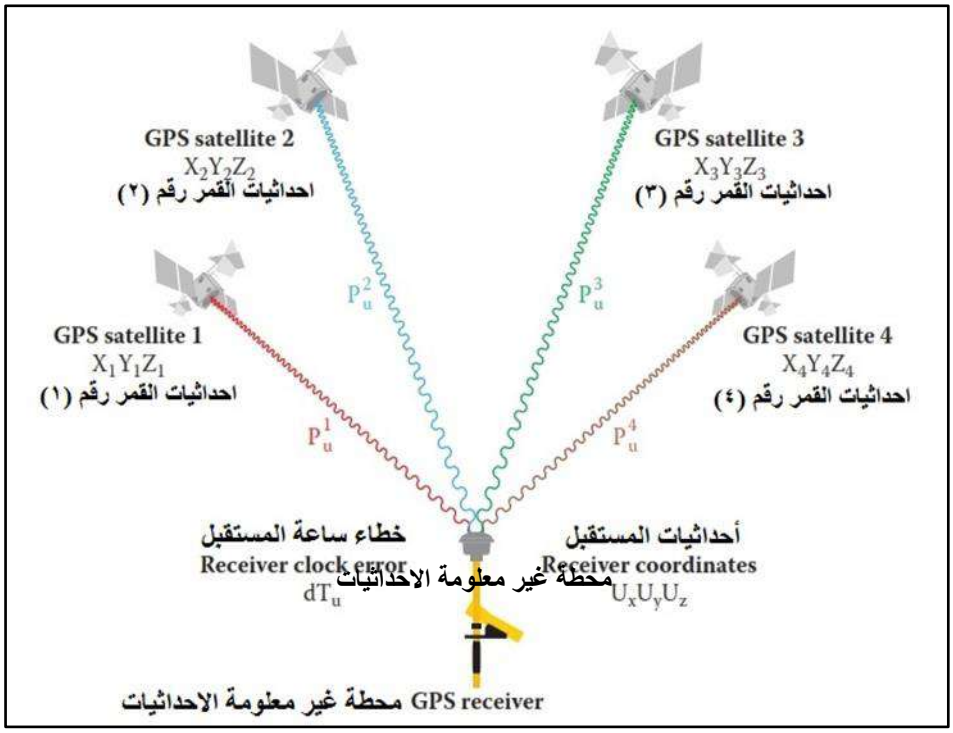
ج. مستقبل ملاحي

شكل (6- 5) نماذج لمستقبلات لنظام الـGPS

6 – 3 - 2 انواع قياسات جهاز الـGPS Types of GPS Measurements

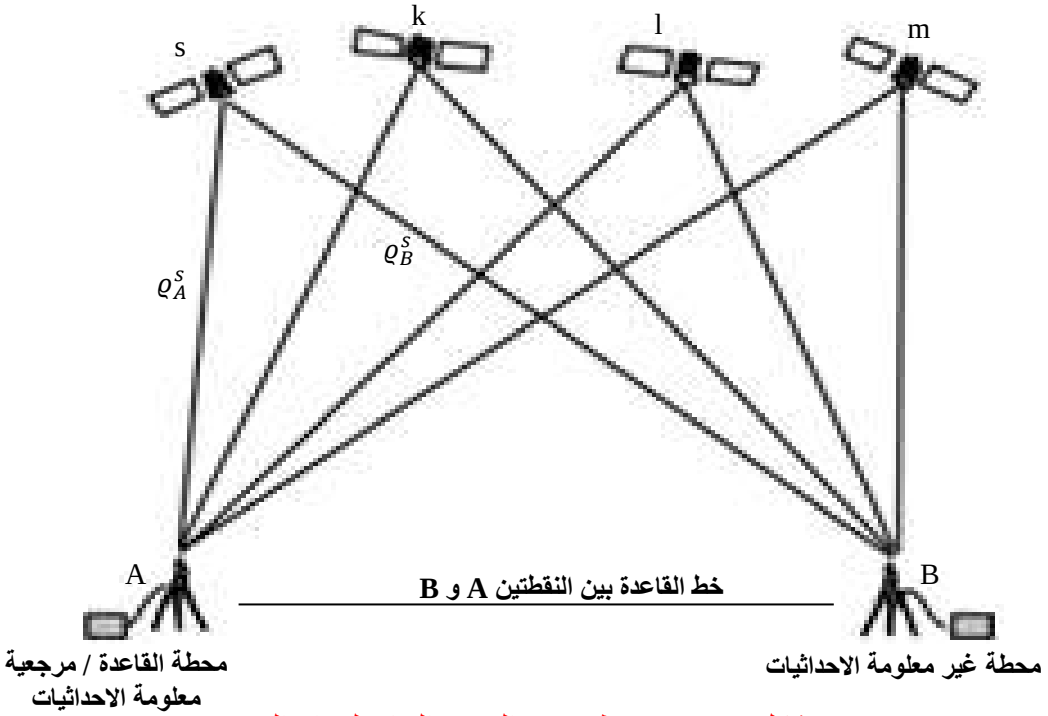
و يمكن تقسيم انماط القياسات بجهاز الـ (GPS) الى اربعة انماط و هي :

1. تحديد المواقع المطلق أو النقطة (Absolute Point Positioning) : وترتبط الإحداثيات بنظام مرجعي عالمي محدد جيداً ، شكل رقم (6-6).



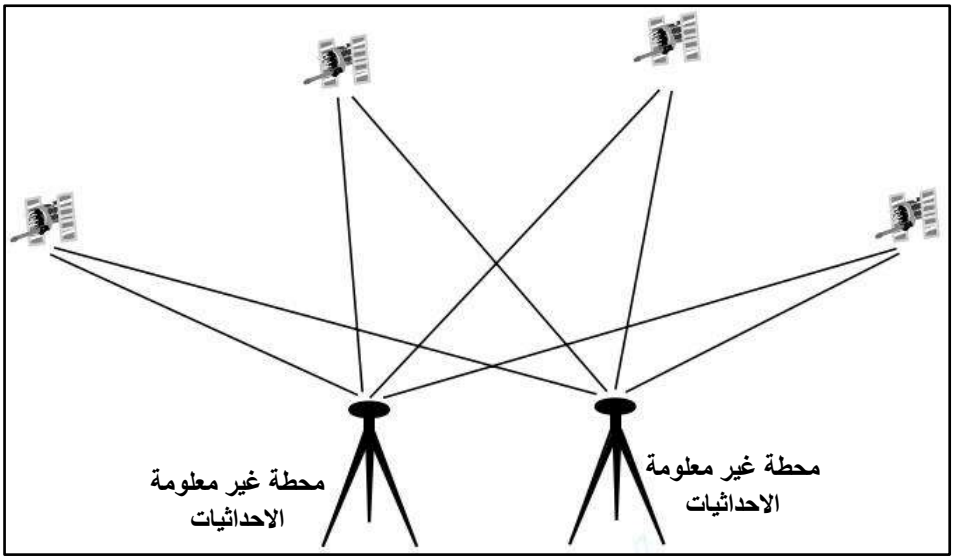
شكل (6- 6) نمط تحديد الموقع المطلق / النقطة

2. تحديد المواقع التفاضلية أو النسبية (Differential and Relative Positioning): الإحداثيات تتعلق ببعض النقاط الثابتة الأخرى. يشار إلى هذا في مسح GPS على أنه تحديد خط الأساس ، شكل رقم (6-7).



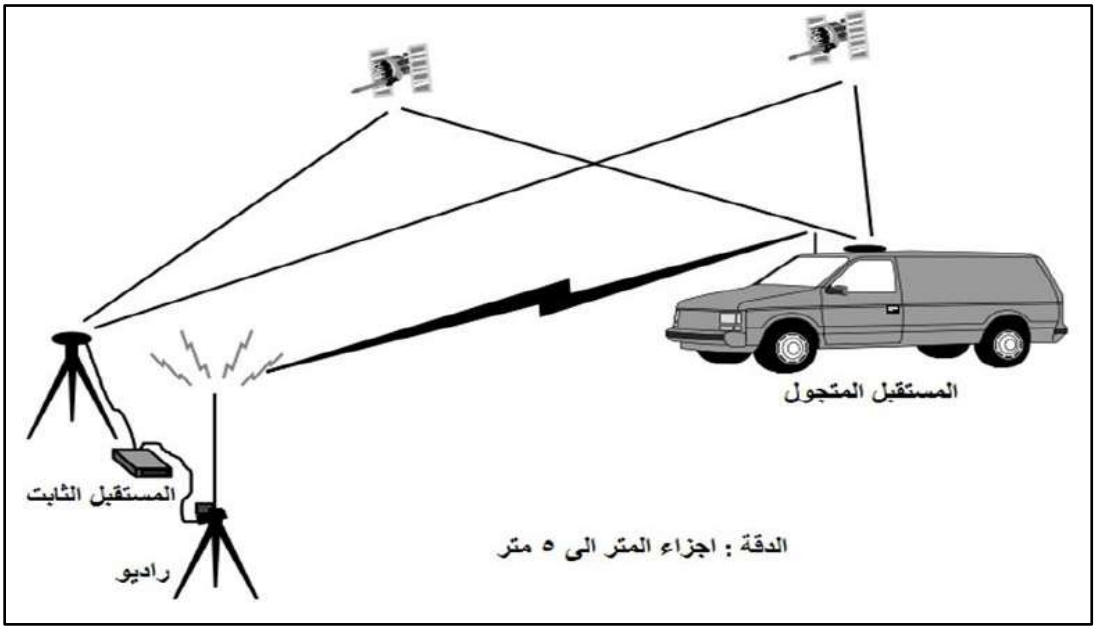
شكل (6- 7) نمط تحديد الموقع التفاضلي او النسبي

3. تحديد الموقع الثابت (Static Positioning) : قياس النقاط الثابتة ، إما في الوضع المطلق أو النسبي. هذا بشكل عام مرادف لطريقة المسح لتحديد المواقع ، بناءً على قياسات نمط و طور الموجة الحاملة (Carrier Phase) ، شكل (6 – 8) .

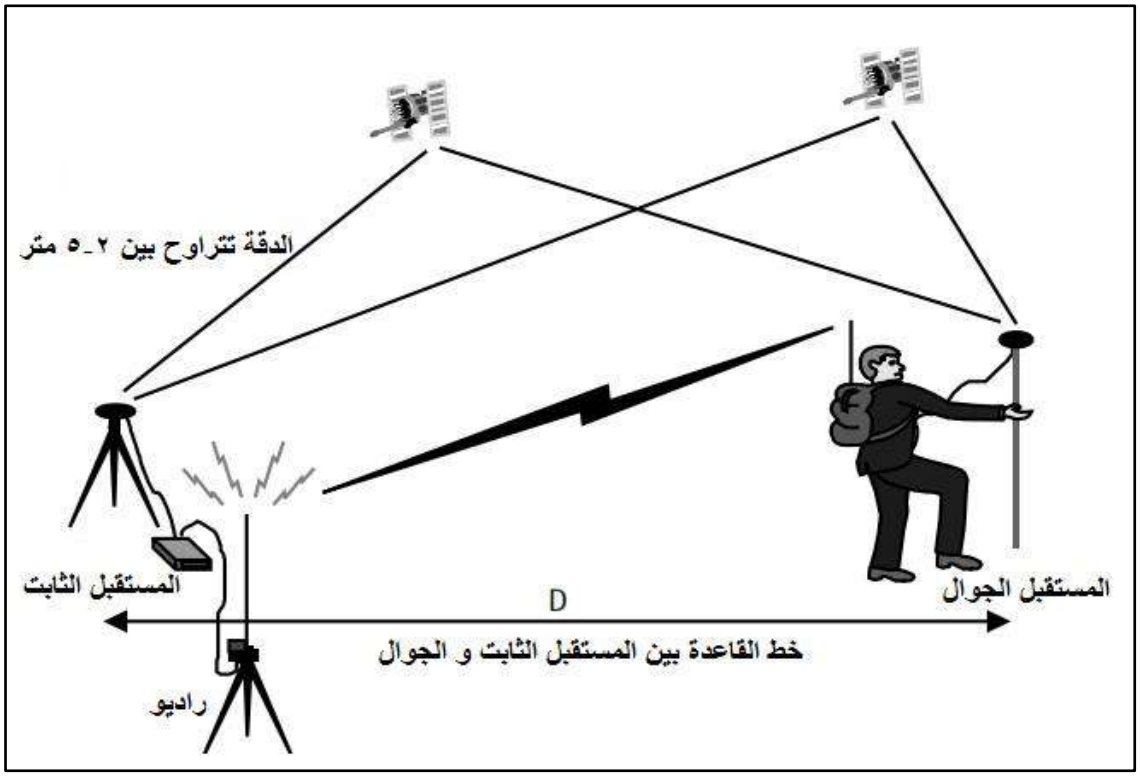


شكل (6-8) نمط تحديد النقاط الثابتة

4. تحديد المواقع الحركية (Kinematic Positioning): قياس النقاط المتحركة ، إما في الوضع المطلق أو النسبي. هذا هو بشكل عام وضع الملاحة لتحديد المواقع ، بناءً على قياسات طور الشيفرة (Code Phase) شكل (6-9) و (6-10) يمثلان نمط تحديد المواقع الحركية لمركبة ولحركة تقني المساحة .



شكل (6- 9) نمط تحديد المواقع الحركية (قياس النقاط المتحركة على مركبة)



شكل (6- 10) نمط تحديد المواقع الحركية (قياس النقاط المتحركة بحركة المساح)

6 – 3 - 3 دقة قياس جهاز الـGPS Accuracy of GPS Measurements

ان توزع الاخطاء يتأثر بالتوزيع الهندسي للاقمار ، و يمكن إختصار كميات الاخطاء بإستعمال معادلات أدق و بقياسات أضافية . يتم التعبير عن تأثير مصدر خطأ معين بتأثيره على المسافة المقاسة (Range). التأثرات المتراكبة الناتجة عن عدم ثبوتية التقويمات اي المعلومات المدارية للاقمار الصناعية (ephemeris data) ، أخطاء الانتشار للاشارة ، أخطاء الساعة و التوقيت ، تشويش المستقبل ، مسقطة على الخط الواصل بين القمر و المستقبل و التي تدعى خطا المجال المكافئ للمستخدم (UERE) (User Equivalent Range Error) حيث يظهر هذا الخطأ على شاشة أغلب المستقبلات لكل قمر أثناء القياس و يعطى معلومات عن دقة القياسات المسجلة من القمر. الجدول (6- 2) يوضح القيمة العددية الوسطية لمصادر الاخطاء الفردية لمستقبل الـ(GPS).

تقسم مصادر الاخطاء الى ثلاثة أقسام رئيسة :

1. أخطاء موضع القمر.
2. أخطاء أنتشار الاشارة .
3. أخطاء المستقبل.

جدول (6 - 2) القيم العددية لمصادر الاخطاء الفردية في نظام الـ (GPS) (للاطلاع)

المصدر	P - Code	C/A Code
القمر		
مسار	5 متر	5 متر
ساعة	1 ساعة	1 ساعة
انتشار الاشارة		
ايونوسفير- ترددين (L1 & L2)	سنتميتر - ديسمتر	سنتميتر - ديسمتر
ايونوسفير (موديل)	-	2 - 100 متر
تروبوسفير (موديل)	ديسمتر	ديسمتر
تأثير تعدد طرق الاشارة	1 متر	5 متر
المستقبل		
تشويش القياس	0,1 - 1 متر	1 - 10 متر
تأخيرات في عناصر البناء الداخلية	متر – ديسمتر	متر
مركز طور الهوائي	مليمتر – سنتميتر	مليمتر – سنتمتر

توزيع الاقمار الهندسي و قياس الدقة حيث تتعلق دقة التموضع في نظام الـGPS بعاملين هما :

- دقة قياس شبه الطول ، معّبر عنها بـ (UERE) او بالانحراف المعياري له σ_r.
- التوزيع الهندسي للاقمار المستخدمة .

العلاقة بين σ_r و الانحراف المعياري للتموضع المتعلق به $\boldsymbol{\sigma}^*$ يتم وصفها بكمية عددية مستعملة بالملاحة و تدعى تبعثر الدقة (Dilution of Precision) (DOP) و حسب المعادلة التالية (المعادلات للاطلاع) :

$$\boldsymbol{\sigma}^* = \sigma_r \, DOP \quad \dots (1\text{-}6)$$

تستعمل عدة كميات لتبعثر الدقة و كما ياتي :

من اجل التموضع الافقي $\sigma_H = HDOP \, \sigma_r$

من اجل التموضع الشاقولي $\sigma_V = VDOP \, \sigma_r$

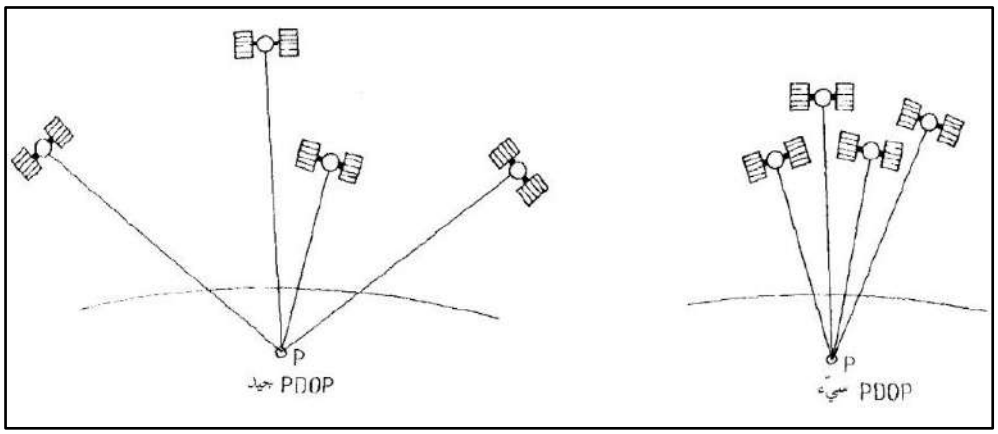
من اجل التموضع ثلاثي الابعاد $\sigma_P = PDOP \, \sigma_r$

من اجل تعيين الزمن $\sigma_T = TDOP\ \sigma_r$

التأثير المركب من التموضع و الزمن يدعى تبعثر الدقة الهندسي

$$GDOP = \sqrt{(PDOP)^2 + (TDOP)^2} \quad \dots (2\text{-}6)$$

يمكن تفسير القيمة PDOP بانها تساوي قيمة مقلوب شكل السطوح المثلثية المتشكل من مواضع الاقمار و المستقبل $PDOP = 1/V$ ، لاحظ الشكل (6-11) يوضح ان افضل وضعية هي عندما يكون هذا الحجم أعظم و بالتالي تكون قيمة عامل تبعثر الدقة PDOP أصغرية .



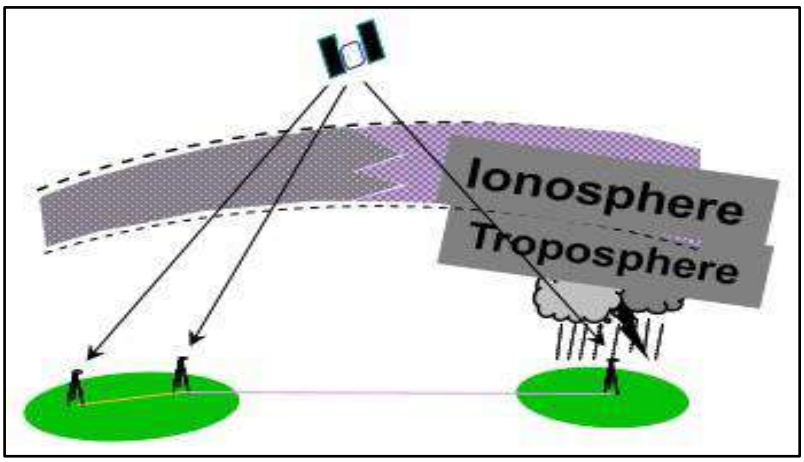
الشكل (6- 11) التوزيع الهندسي للأقمار و عامل تبعثر الدقة

هناك العديد من مصادر الأخطاء المحتملة التي من شأنها أن تقلل من دقة المواقع المحسوبة بوساطة مستقبل GPS . يتم تلخيص الأخطاء التي يمكن أن تؤثر على دقة التحديد القياسي للمدى الزائف لنظام GPS ، أي تحديد المدى الزائف بوساطة قمر واحد و كما ياتي:

1. ساعة القمر الصناعية : أخطاء في الساعة المرسلة ، الاختلافات الصغيرة في الساعات الذرية (انجراف الساعة) على متن الأقمار الصناعية يمكن أن تترجم إلى أخطاء كبيرة في الموقع ، يُترجم خطأ الساعة البالغ 1 نانو ثانية إلى خطأ مستخدم يبلغ 3 أمتار على الأرض.
2. أخطاء المدار (بيانات التقويم الفلكي) : أخطاء في الموقع المرسل للقمر الصناعي ، الأخطاء في بيانات التقويم الفلكي (المعلومات حول مدارات الأقمار الصناعية) سوف تتسبب أيضًا في حدوث أخطاء في المواضع المحسوبة .
3. التأخيرات لطبقة الايونوسفير : تعتبر تأثيرات الغلاف الجوي أكبر مصدر للخطأ ، بسبب الإلكترونات الحرة في الأيونوسفير ، لا تنتقل إشارات GPS بسرعة الضوء في الفراغ أثناء عبورها لهذه المنطقة . يتأخر التعديل على الإشارة بما يتناسب مع عدد الإلكترونات الحرة التي

تمت مواجهتها ويتناسب أيضاً (من الدرجة الأولى) مع معكوس تردد الموجة الحاملة تربيع $(\frac{1}{f^2})$ مع خطوط الأساس القصيرة ، أقل من عشرة كيلومترات ، يكون التأثير متساوياً تقريباً ، وسيتم إلغاؤه من الحل .يتسبب نشاط البقع الشمسية أيضاً في حدوث تداخل مع إشارات GPS يمكن تعويض التأخيرات في الايونوسفير باستخدام مستقبلات ثنائية التردد.

4. التأخيرات لطبقة التروبوسفير : حدث إنحراف آخر عن سرعة الضوء بسبب التروبوسفير، تساهم الاختلافات في درجات الحرارة والضغط والرطوبة في حدوث تغيرات في سرعة ضوء موجات الراديو .سيكون لكل من الرمز والناقل نفس التأخيرات يمكن تقدير التأخيرات في طبقة التروبوسفير فقط. الشكل (6-12) التأخيرات للإشارة خلال طبقة الايونوسفير و التروبوسفير.

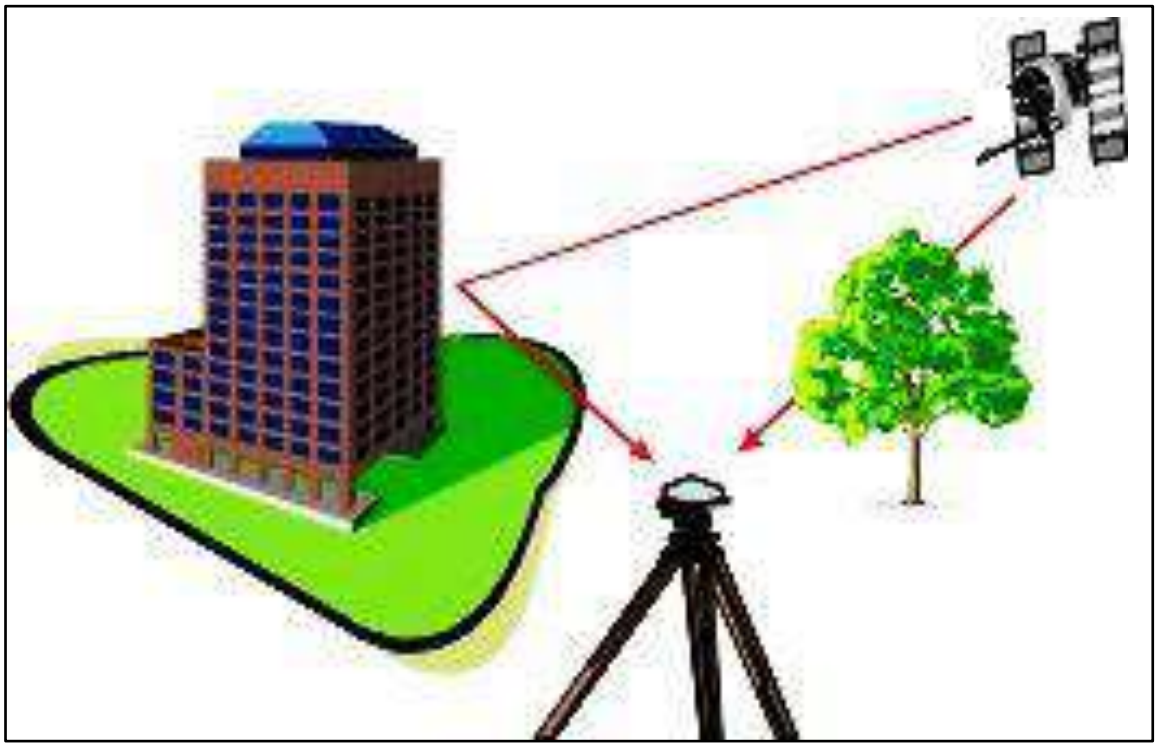


الشكل (6- 12) التأخيرات للإشارة خلال طبقة الايونوسفير و التروبوسفير

5. ضوضاء جهاز الاستقبال : تشويه الإشارة الناتج عن التداخل الكهربائي أو الأخطاء الكامنة في مستقبل GPS نفسه . أخطاء في قياس المدى للمستقبل ناتجة عن الضوضاء الحرارية ودقة البرمجيات والتحيزات بين القنوات.

6. الخطأ الناتج عن تعدد المسارات للإشارة : أخطاء ناتجة عن دخول الإشارات المنعكسة إلى هوائي المستقبل . إشارة GPS هي إشارة موجات لاسلكية يمكن حظرها بسهولة .الجبال والأشجار والأبراج والمباني هي مجرد أمثلة قليلة للعوائق المحتملة Multipath .هو الخطأ الناجم عن دخول الإشارات المنعكسة إلى الطرف الأمامي للمستقبل وإخفاء ذروة الارتباط الحقيقية .تميل هذه التأثيرات إلى أن تكون أكثر وضوحاً في مستقبل ثابت بالقرب من الأسطح العاكسة الكبيرة ، حيث يمكن العثور على 15 متراً أو أكثر في خطأ النطاق في الحالات القصوى في حالة وجود عوائق ، ومن المهم ملاحظة السمت والارتفاع فوق أفق هذه الهياكل ، ثم حساب هذه العوائق في تخطيط مهمة GPS أيضاً يمكن أن تكون بعض الهياكل التي تشكل

عوائق في اتجاه واحد مصادر لتعدد المسارات في اتجاه آخر . احذر من المصادر الأخرى لتعدد المسارات . الشكل (6-13) الخطأ الناتج من تعدد المسارات للاشارة .



الشكل (6- 13) الخطأ الناتج من تعدد المسارات للاشارة

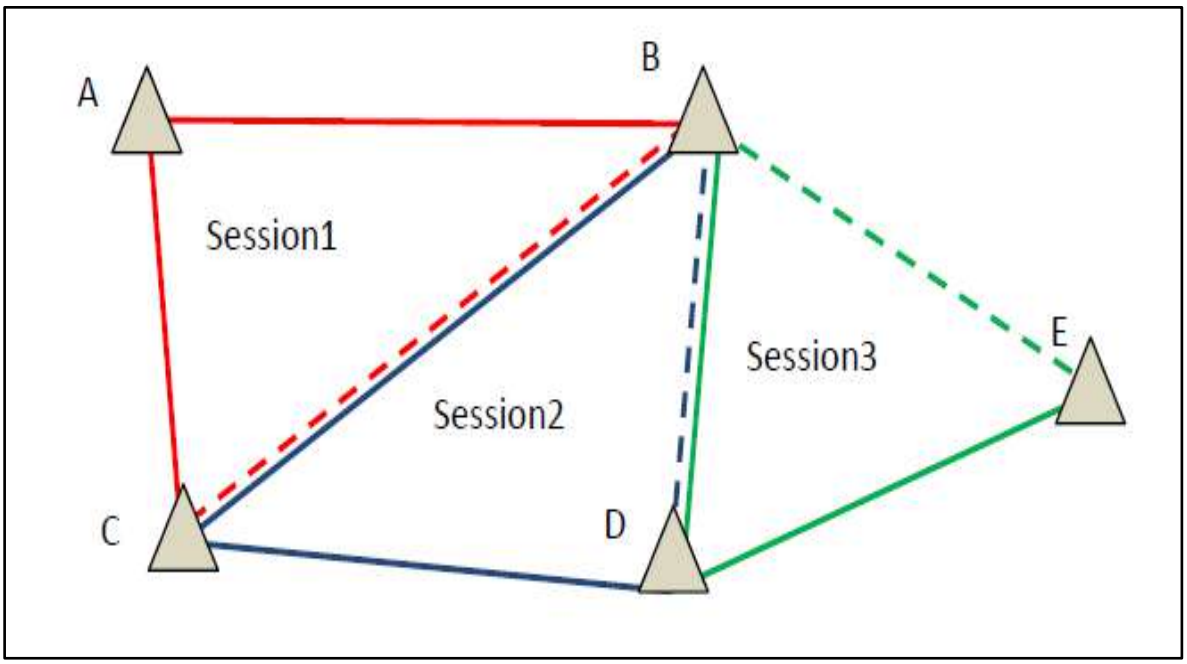
7. التوزيع الهندسي للاقمار الصناعية : الأخطاء تراكمية وتزداد بواسطة PDOP (التخفيف الموضعي للدقة) .
8. التوافر الانتقائي : حدث التوافر الانتقائي ، أو Selective Availability (SA)، عندما قامت وزارة الدفاع عن عمد بتقليل دقة إشارات GPS عن طريق إدخال أخطاء اصطناعية على مدار الساعة وتقويم التقويم .عندما تم تنفيذ SA ، كان أكبر مكون لخطأ GPS ، مما تسبب في خطأ يصل إلى 100 متر SA هو أحد مكونات خدمة تحديد المواقع القياسية (SPS) ، والتي تم تنفيذها رسمياً في 25 مارس 1990 م ، وكان الهدف منها حماية الدفاع الوطني . تم إيقاف تشغيل SA في 1 مايو 2000.

6 – 3 - 4 استعمالات جهاز الـ GPS GPS Uses

باعتبار إن نظام الـ(GPS) يمثل طريقة تحديد الموقع بشكل دقيق ، اقتصادي ، لحظي ، ويعمل تحت كل الظروف الجوية و جاهزة تحت التصرف بشكل متواصل فقد فتحت أمامه امكانيات تطبيقات غير محدودة تقريباً في مجالات الجيوديسيا ، المساحة ، الملاحة و مجالات أخرى . ان نظام الـ(GPS) هو

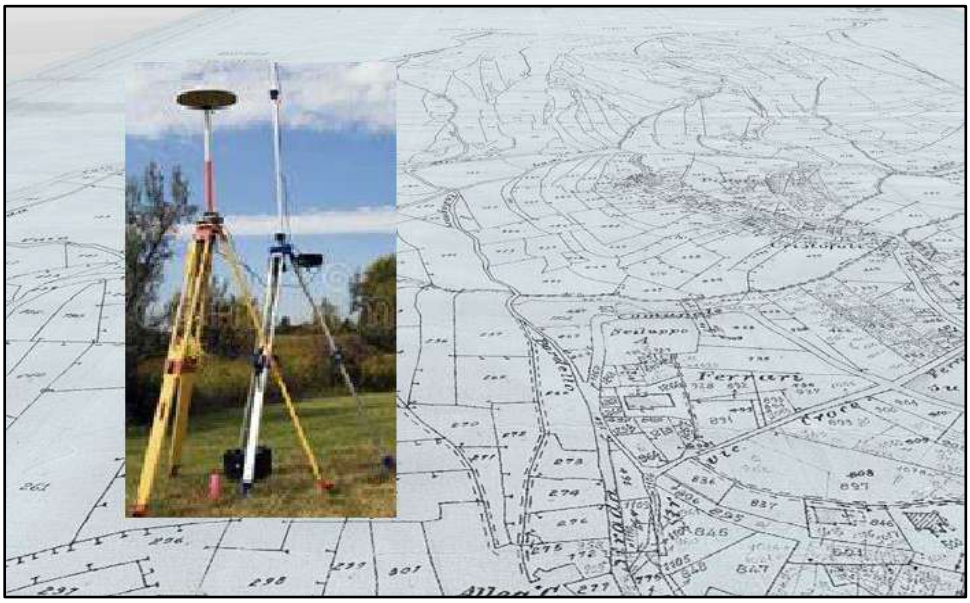
نظام متعدد الاغراض ، احدى فوائده الرئيسية هي أمكانيته الكبيرة على ادماجه كاحدى مركبات أنظمة أخرى . نظام الـ(GPS) مع نظام احداثيات و معلومات جغرافية ينتج خريطة . GPS مع خريطة يسهل الملاحة. GPS مع خريطة و GIS و ربط معلومات ينتج نظام قيادة و تحكم.

1. مسح الشبكات الجيودسية المرجعية (Geodetic Control Surveys) ، الشكل (6 – 14).



الشكل (6- 14) : رصد الشبكات الجيوديسية المرجعية

2. المسح العقاري و نظام معلومات الجغرافية (Cadaster Survey and GIS) ، لاحظ الشكل (6 – 15) .



الشكل (6- 15) : استعمال الـ GPS في المسح العقاري

3. في تطبيقات الجيوديناميك (Geodynamics) ، (6 – 16) .

الشكل (6- 16) : استعمال منظومة GPS في رصد القشرة الارضية و حركة الطبقات التكتونية

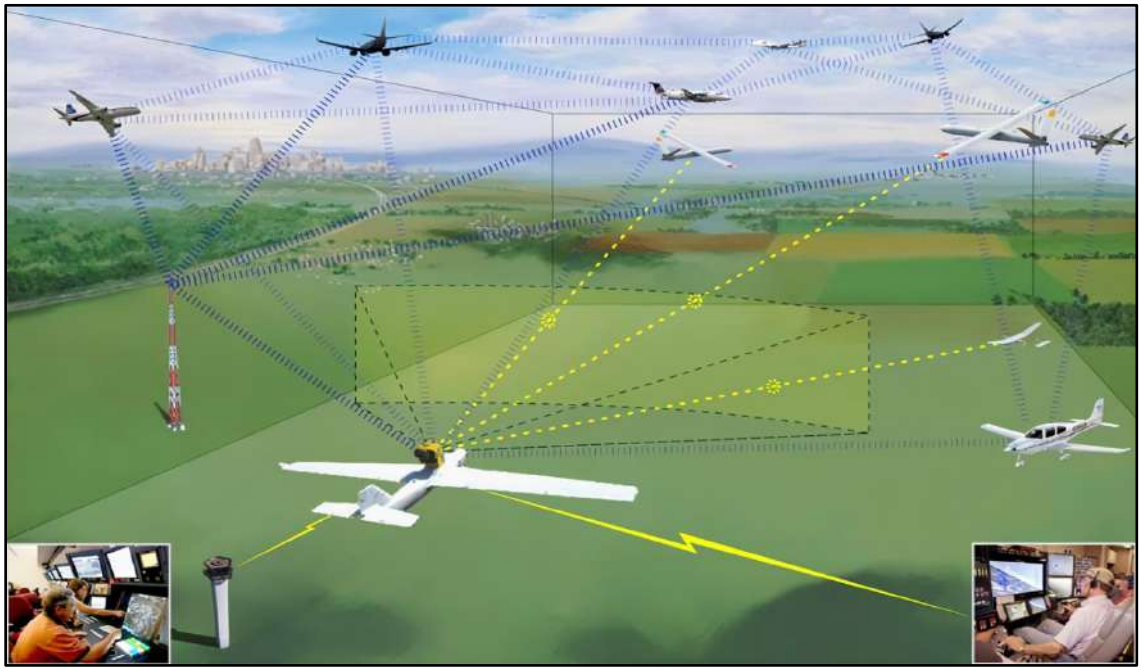
4. في المسح الهندسي و المراقبة (Engineering and Monitoring) ، الشكل (6 – 17).

الشكل (6- 17) : استعمال الـ GPS في اعمال التنفيذ الهندسي للمشاريع

5. الملاحة الدقيقة ، الجيوديسا البحرية و الدراسات المائية (Precise Navigation ,Marin Geodesy and Hydrography) ، الشكل (6 – 18).

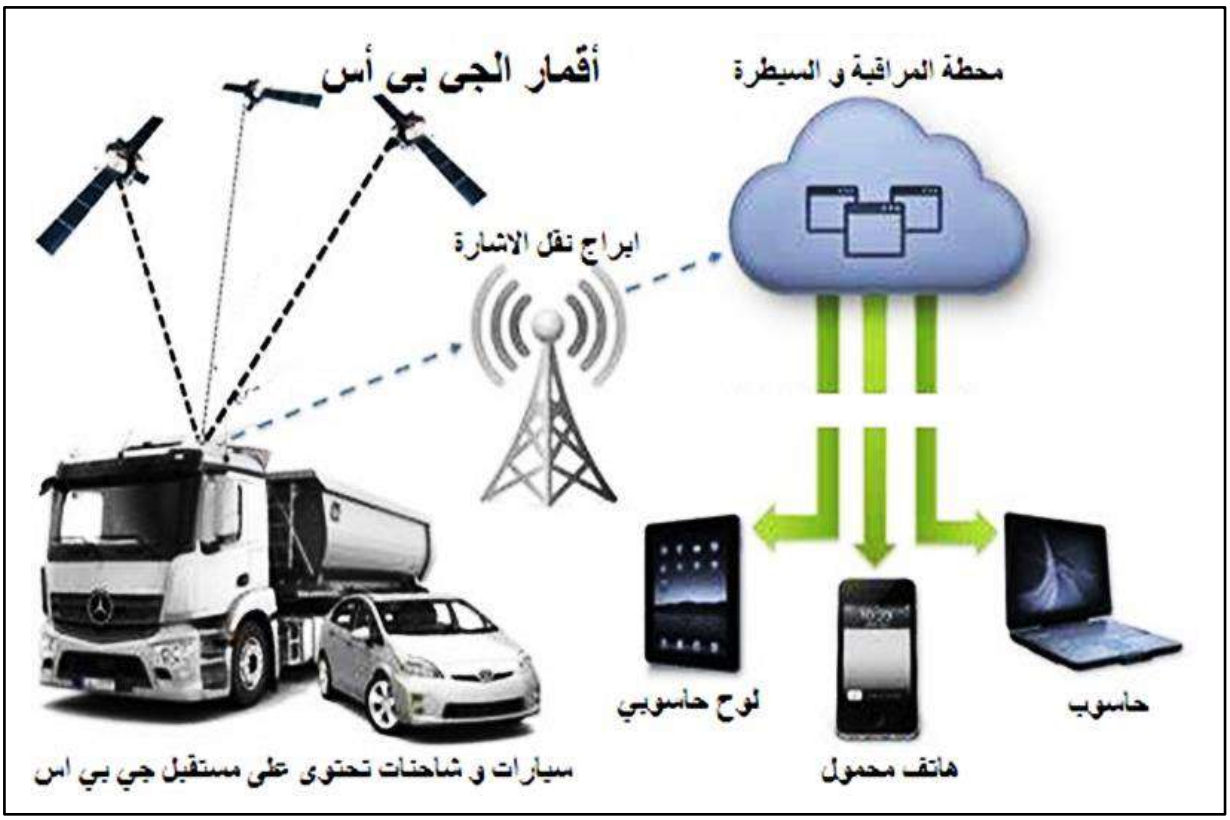
الشكل (6- 18) : استعمال الـ GPS في الملاحة البحرية الدقيقة

6. التصوير الجوي و التحسس النائي (Photogrammetry and Remote Sensing) ، الشكل (6 – 19) .



الشكل (6- 19) : استعمال الـ GPS مع طائرات من غير طيار لأغراض المسح الجوي

7. التطبيقات الخاصة في مجالات الهندسة و العلوم الارضية (Geoscience)، الشكل (6 – 20).

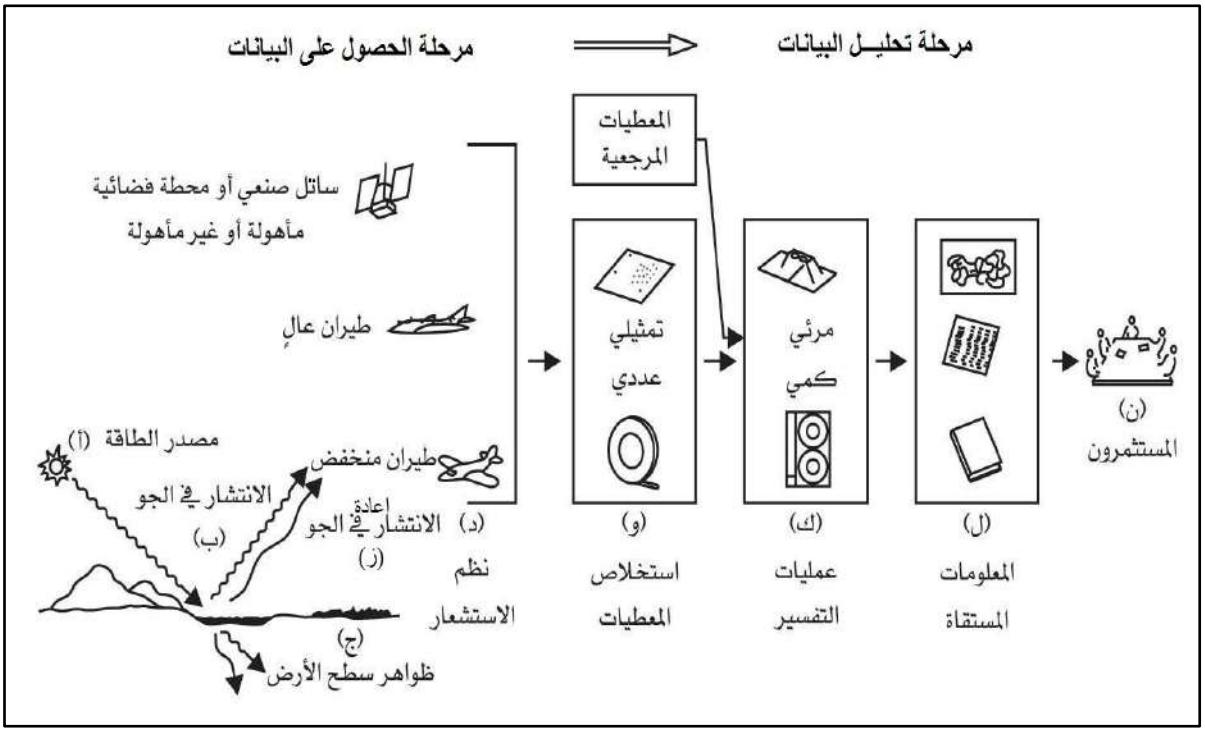


الشكل (6- 20) : استعمال الـ GPS في تتبع السيارات و الشاحنات الكبيرة

6 - 4 التحسس النائي Remote Sensing

الاستشعار عن بعد او التحسس النائي هو علم و فن يهدف الى الحصول على معلومات عن جسم أو منطقة أو ظاهرة (معالم) من خلال تحليل البيانات إذ يتم اكتسابها بجهاز لا يلمس ذلك الجسم أو تلك المنطقة أو الظاهرة المدروسة. هناك مستشعرات مختلفة تجَمّع بواسطتها من بعيد معطيات يتم تحليلها للحصول على "معلومات Information" حول أجسام أو مناطق أو ظاهرات. و يمكن ان تكون المعطيات التي تم تجميعها عن بعد بأشكال مختلفة ، فقد تكون بشكل تغيرات في توزع قوى أو موجات صوتية أو طاقة كهرومغناطيسية.

مستشعرات الطاقة الكهرومغناطيسية التي تعمل عادة من منصات محمولة في الجو و الفضاء تساهم في جرد موارد الارض الطبيعية و تحديد مواقعها و رصدها ، و تحصل هذه المستشعرات على معطيات تدل على الاسلوب الذي تُصدر به سطوح معالم الارض المختلفة للطاقة الكهرومغناطيسية و تعكسها. ويوضح الشكل (6 – 21) ، بصورة تخطيطية الطرائق و الادوات الاساسية المستخدمة في الاستشعار الكهرومغناطيسي عن بعد للموارد الارضية.



الشكل (6 -21) الاستشعار الكهرومغناطيسي عن بعد للموارد الارضية (للاطلاع)

المرحلتان الاساسيتان في العملية هما " الحصول على المعطيات" و " تحليل المعطيات" .

و تتألف مرحلة الحصول على المعطيات من العناصر التالية :

1. مصادر الطاقة .
2. انتشار الطاقة عبر الغلاف الجوي .
3. تفاعل الطاقة مع معالم سطح الارض .
4. اعادة بث الطاقة عبر الغلاف الجوي .
5. مستشعرات محمولة في الجو أو الفضاء أو الاثنين معاً .
6. تلخيص ما تنتجه معطيات المستشعر على شكل رسومي (بالصور) Pictorial أو عددي Numerical. بالاختصار تستخدم المستشعرات لتسجيل التغير في أسلوب اصدار سطح معالم الارض للطاقة الكهرومغناطيسية و عكسها لها.

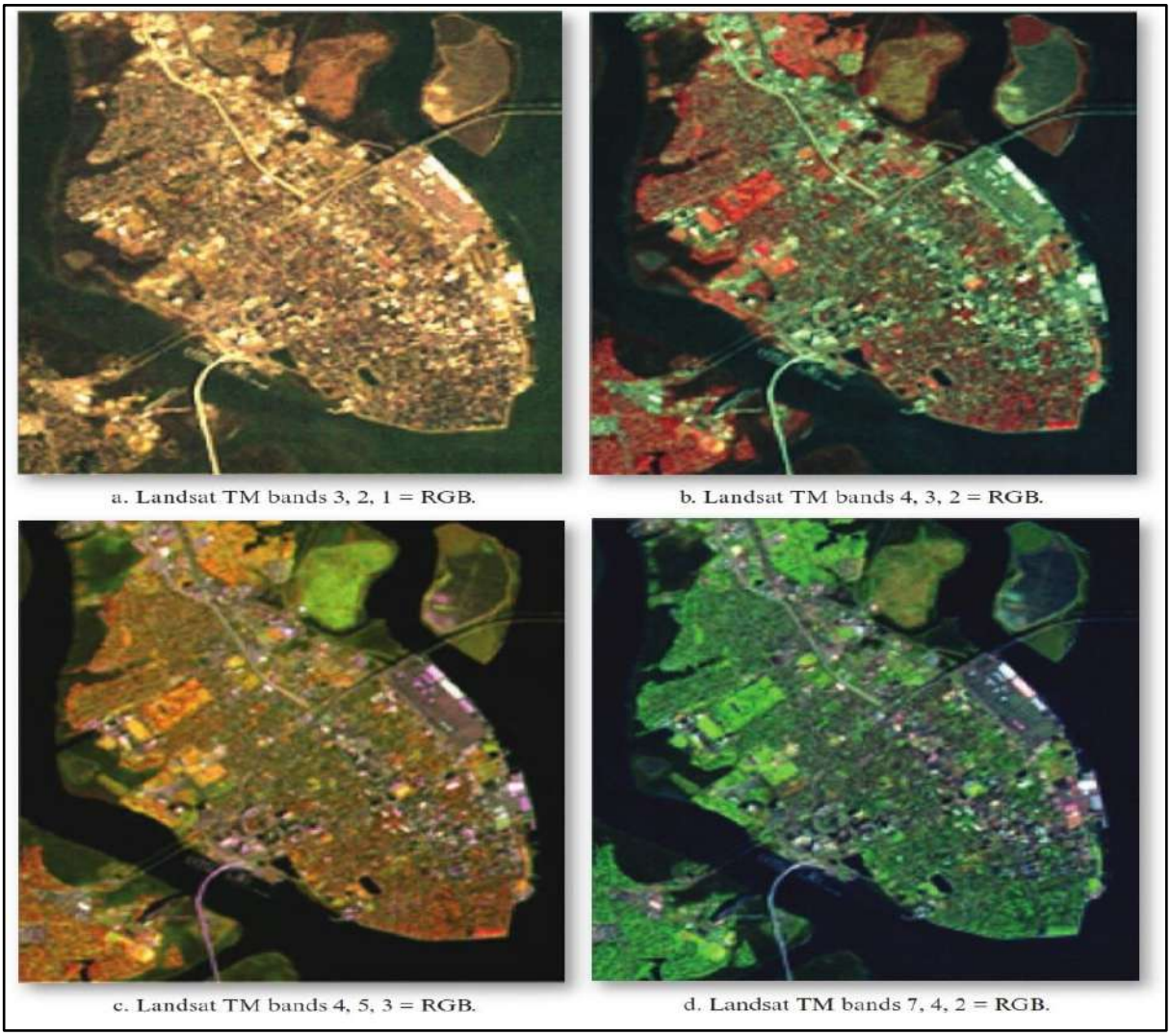
أما تحليل البيانات فيتضمن :

أ. دراسة البيانات باستخدام أجهزة مختلفة للرؤية و التفسير : تقوم بتحليل المعطيات الرسومية ، أو باستخدام حاسوب لتحليل البيانات الرقمية أو باستخدام الأجهزة المختلفة و الحاسوب معا. و تستخدم عادة البيانات (المعطيات) مرجعية (Reference Data) لموارد كانت قد درست سابقاً (مثل خرائط الترب

أو أحصاءات لمحاصيل زراعية أو بيانات التحقق الحقلي (Check Field) ، وفي حال توفرها في الزمان والمكان لتساعد في تحليل البيانات. و يستطيع المحلل باستخدام البيانات المرجعية ، من استخلاص معلومات عن الموارد المختلفة و امتدادها و موقعها و حالتها من البيانات التي جمعها المستشعر ، يلي ذلك :

ب. تجميع المعلومات Information products : تكون في الغالب على شكل خرائط او جداول او ملفات حاسوبية (Computer Files) يمكن دمجها مع مجموعات أخرى من المعلومات لتؤلف ما يسمى نظام المعلومات الجغرافية (GIS) (Geographic Information System) .

ج. أعداد المعلومات لمن يستخدمها من أصحاب القرار Users. لاحظ الشكل (6 -22) نموذج لصور اقمار صناعية لاندسات و بحزم طيفية مختلفة .



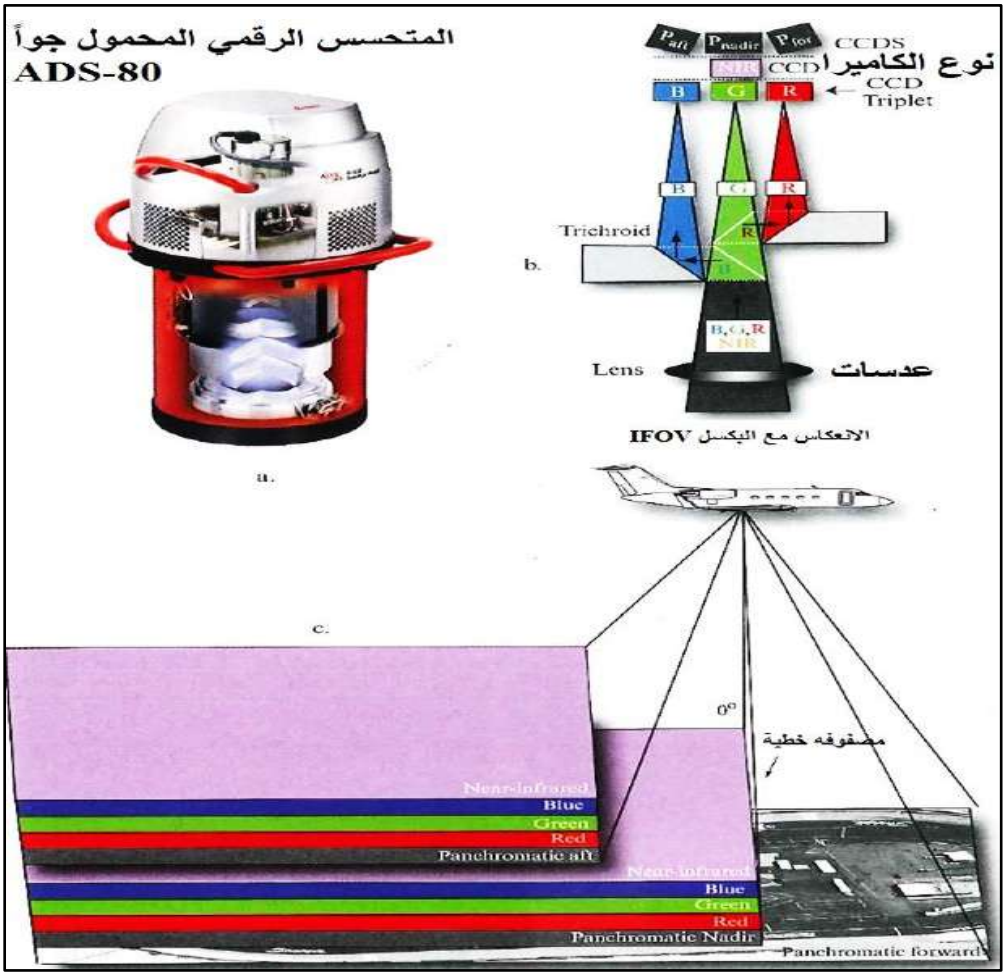
الشكل (6 - 22) نموذج لصور الاقمار الصناعية لاندسات و بحزم طيفية مختلفة

6 – 4 - 1 المرئيات الفضائية و أنواعها Satellite Images and their Types

وهي عبارة عن صور يتم التقاطها بوساطة الأقمار الصناعية للأرض وتُعد هذه الصور إحدى البيانات المُتعلقة بتقنية الاستشعار عن بُعد والتي تهدف إلى مراقبة ودراسة الأرض وديناميكيتها من الفضاء وتدعى الصور الفضائية أو صور الأقمار الصناعية .

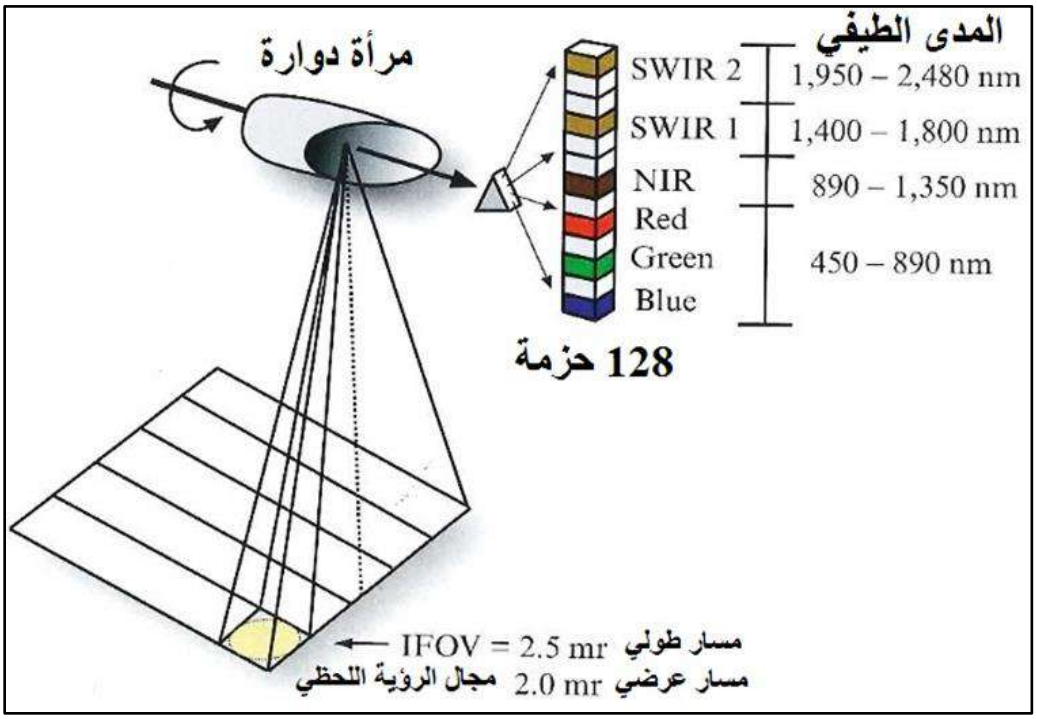
وتُلتقط الصور الفضائية بوساطة الأقمار الصناعية باللونين الأبيض والأسود لكن من خلال عمليات معالجة الصور الفضائية باستخدام الحاسوب يُمكن عرض الصور في ثلاثة نطاقات من الألوان وهي (الأحمر والأخضر والأزرق) ، وعند دمج النطاقات الثلاثة في وقت واحد يتم الحصول على صور فضائية مُركبة وملونة ، ويمكن تقسيم نظم التقاط الصور وتسجيل المعلومات الى ثلاثة انظمة وهي:

1. تكوين الصور في البصريات (Optical Image Formation) : وهي الاكثر شيوعاً والافضل اقتصادياً للتحسس النائي في الضوء المرئي أي بين الطول الموجي (0.42 مايكروميتر) ولغاية (0.67 مايكروميتر) و في ظروف جوية جيدة خالية من الغبار و الغيوم و بفترة زمنية محدودة. و كما واضح في الشكل (6-23).



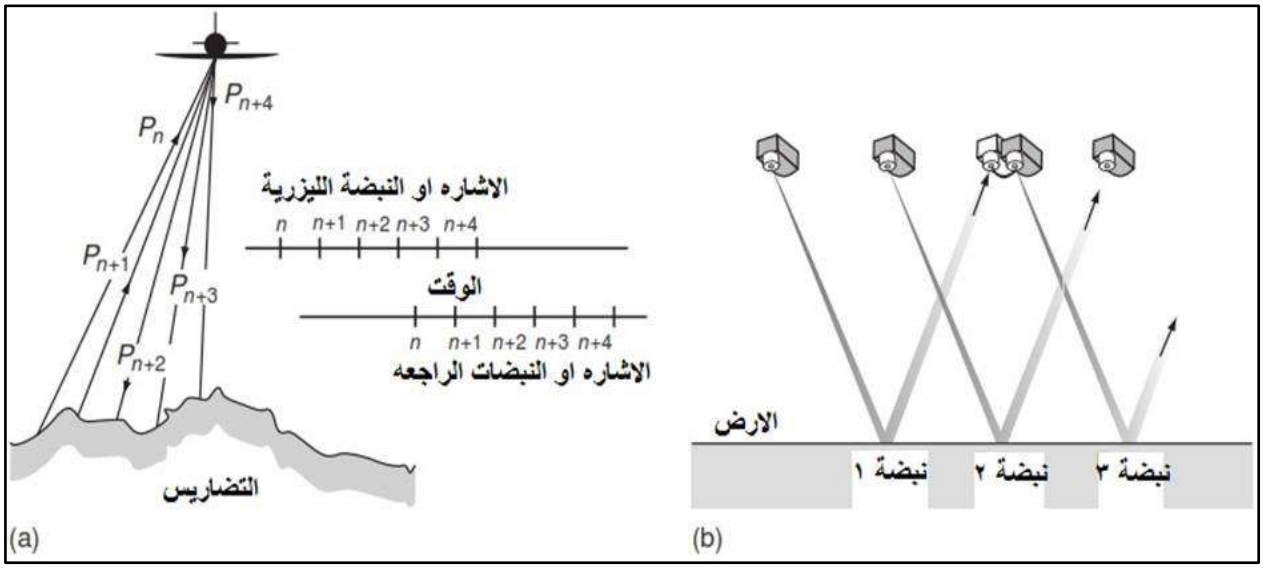
الشكل (6 -23) تكوين الصور الجوية بكاميرا جوية رقمية

2. تكوين الصور بالماسح (المشاط) (Scanning Image Formation) : تدخل ضمن هذا النظام ألة التصوير البانورامية و الة التصوير المستمرة في تكوين الصور في البصريات حيث أن لها خاصية التمشيط و كذلك التصوير بالماسح البصري الميكانيكي ، لاحظ الشكل (6- 24) .



الشكل (6 -24) تكوين الصور الفضائية باستخدام الماسح البصري الميكانيكي

3. تكوين الصور بالأشعة المرتدة (Echo Time Image Formation) : تدخل ضمن هذا النظام آلية التصوير الراداري و التصوير بالموجات الصوتية و التصوير باستخدام تقنية المسح الليزري (Lidar) ، لاحظ الشكل (6- 25).



الشكل (6 -25) تكوين الصور الفضائية باستخدام الاشعة المرتدة

6 – 4 - 2 تفسير المرئيات الفضائية / و الصور الجوية

Interpretation of Satellite Images / Aerial Photo

تمثل الصور الفضائية / الجوية سجلاً مفصلاً لمعالم الارض لحظة تصويرها و يقوم مفسر الصور بفحصها بشكل منظم. و غالباً ما يفحص أيضا بعض السجلات المساعدة كالخرائط و تقارير الملاحظات الحقلية . والدراسة المنظمة للصور الفضائية / الجوية بالطيف المرئي تشمل الكثير من الخصائص الاساسية للمعالم الظاهرة في الصورة ، و التي تعتمد على حقل التطبيق. و هناك أسلوبان لتفسير وتحليل المرئيات الفضائية و الصور الجوية هما:

أ. أسلوب التفسير و التحليل البصري (التقليدي): إن معظم التطبيقات لتفسير المرئيات الفضائية والصور الجوية بأسلوب التحليل البصري تأخذ بالحسبان الخصائص الاساسية التالية أو متغيراتها و هي:

1. الشكل (Shape) : يقصد به الشكل العام لكل جسم او هيأته او حدوده الخارجية. وفي حالة الصور المجسمة يحدد ارتفاع الجسم ايضا شكله. ويتميز شكل بعض الاجسام تميزاً يمكن به تعرّفه في مريائياته من خلال هذا المعيار فقط .
2. الحجم (Size) : حجم العوارض لا بد من اخذ مرئياته بالحسبان في نطاق مقياس الصورة ، فقد يفسر الكوخ الصغير و كأنه مخزن علف كبير اذا لم يؤخذ الحجم بالحسبان. و يجب أن تؤخذ بالحسبان الحجوم النسبية للاجسام على الصور المرئية ذات المقياس الواحد.
3. النمط (Pattern) : يشير الى الترتيب المكاني للأجسام ، فتكرار بعض الاشكال العامة او علاقتها بعضها مع بعض هو من مزايا كثير من الاجسام و العوارض ، سواء كانت طبيعية او صناعية ، و هو يمنح الاجسام طرازاً يساعد مفسّر الصور على تعريفها . فمثلاً الترتيب المكاني المنظّم للاشجار في بستان يختلف و يتميز بوضوح عن ترتيب الاشجار في الغابة.
4. الشدة اللونية (Tone) : تشير الى اللمعان أو اللون النسبي للأجسام الموجودة في الصورة المرئية ، حيث تختلف طرز الشدة اللونية مثلا في الترب ذات الشدة اللونية القاتمة والفاتحة حسب حالة تصريف التربة للماء (المساحات ذات الشدة اللونية الفاتحة تمثل الترب الجافة الواقعة في مناطق مرتفعة ، في حين تمثل المساحات ذات الشدة اللونية القاتمة الترب الرطبة الواقعة في مناطق منخفضة). و لا يمكن دون هذه الاختلافات في الشدة اللونية أن نميز أشكال الاجسام أو طرُزِها او نُسجاتها.
5. الظلال (Shadows) : و للضلال شأن كبير في تفسير الصور ، من ناحيتين :

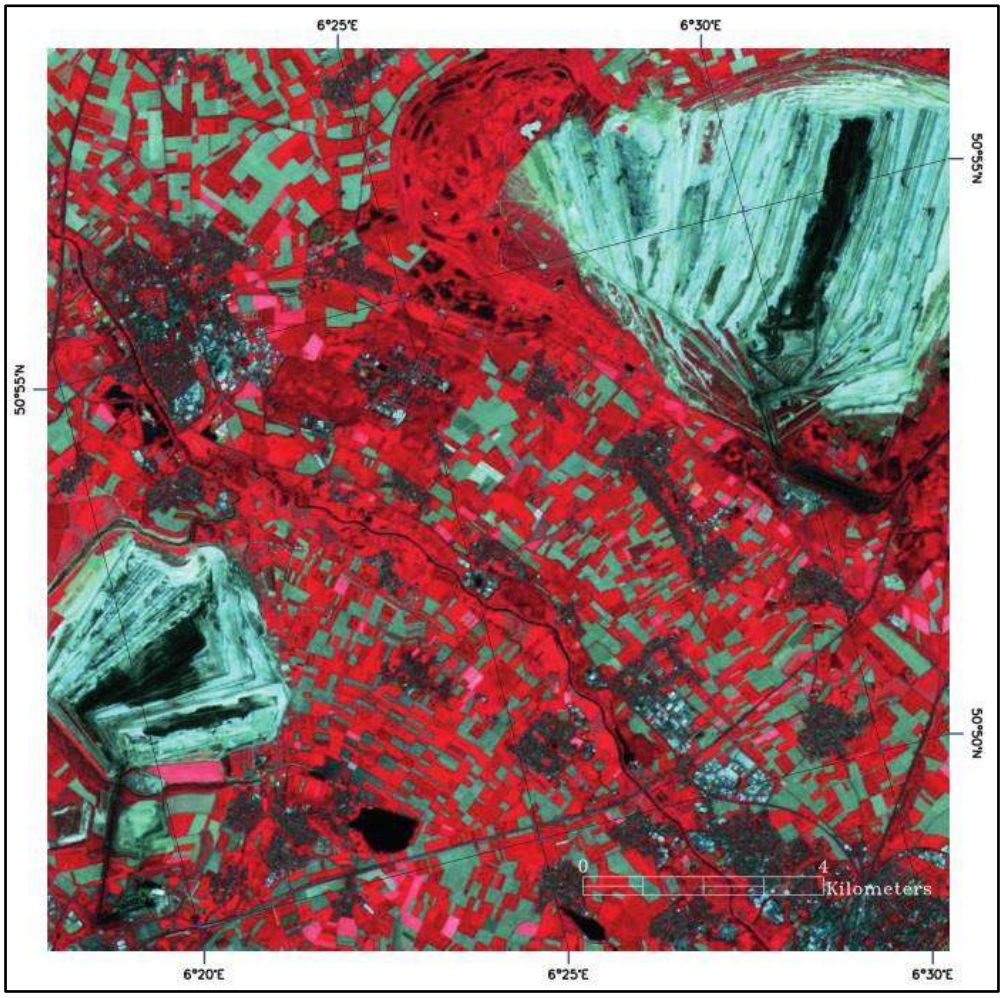
الاولى : أن شكل الظل أو حدوده الخارجية يمنح الأجسام ملامحها الجانبية (Profile) و الذي يساعد في التفسير .

الثانية : إن الاجسام الموجودة في الظل تعكس القليل من الضوء ، لذا يصعب تمييزها على الصور المرئية / الفوتوغرافية . فظلال الانواع المختلفة للأشجار مثلاً ، او ظلال المعالم الحضارية (مثل الجسور و الابراج ... الخ) يمكن أن تساعد حتماً في تعرّفها على الصور الجوية او الفضائية . و كذلك الظلال الناجمة من مجرّد تغيّر بسيط في الارتفاعات الارضية (التغيرات الطوبوغرافية الطبيعية) التي قد تكون مميزة لأشكال التضاريس الأرضية من الناحية الجيولوجية.

6. النسجة (Texture) : هي تكار الشدة اللونية على المرئية الفوتوغرافية . و هي تنجم عن تجمع وحدات المعالم التي يمكن أن تكون صغيرة لدرجة يصعب تمييز كل منها على الصورة المرئية، مثلاً أوراق الشجر و ظلال الاوراق . وهي تمثل مجموع اشكال هذه الوحدات وأحجامها و طرُزها و ظلالها و شداتها اللونية. والنسجة تحدد نعومة أو خشونة المعالم المنظورة للصورة كلها. و تصبح نسجة أي جسم أو مساحة أنعم تدريجياً كلما صغر مقياس الصورة ، حتى تختفي في النهاية . و يستطيع المفسر غالباً أن يميز بين المعالم ذات الانعكاسية المتشابهة بالاعتماد على اختلاف نسجاتها.
7. الموقع (Site) : يقصد بموقع الجسم بموقعه الطوبوغرافي أو الجغرافي ، الذي يمكن أن يساعد كثيراً في تحديد هوية أنماط الغطاء النباتي ، اذا يتوقع مثلاً وجود بعض أنواع الاشجار في مواقع مرتفعة قد جرى صرف الماء منها تماماً ، في حين يتوقع لأنواع أخرى من الاشجار أن توجد في مواقع منخفضة كان صرف الماء منها ضعيفاً.
8. المشاركة (Association) : و يقصد به تلازم بعض المعالم بعضها لبعض ، فمثلاً يصعب تعرُّف الدولاب الحديدي (المستعمل في حدائق الالعاب) اذا وجد في حقل قرب مخزن زراعي في حين يسهل تعرّفه في حديقة الألعاب.

يعدّ الزمن عاملاً هاماً في تفسير الظاهرات الطبيعية في الصور الفضائية / الجوية ، لان بعض العوامل مثل الغطاء النباتي و رطوبة التربة ، تتغير على مدار السنة . و يمكن الحصول على نتائج أكثر أيجابية في مجال تحديد المحاصيل الزراعية أذا ما صورت المنطقة عدة مرات أثناء دورة النمو السنوية.

إن ازدهار الغطاء النباتي و تدهوره في منطقة ما يمكن أن تساعد أيضاً في تحديد زمن التقاط الصور الفضائية / الجوية لرسم خرائط الغطاء النباتي الطبيعي . واضافة الى التغيرات الفصلية يمكن لحالة الجو أن تسبب تغيرات هامة قصيرة الامد. و نظراً لإمكانية تغير رطوبة التربة تغيراً كبيراً على مدار يوم او يومين بعد عاصفة مطرية ، فإن لتوقيت التقاط الصورة الفضائية ـ الجوية شأناً هاماً جداً في الدراسات المتعلقة بالتربة، لاحظ الشكل (6- 26) يمثل نموذجا لصورة فضائية .



الشكل (6 -26) نموذج لصورة فضائية ظاهرة عليها خصائص التفسير للصور الفضائية ـ الجوية

ب. أسلوب التحليل و التفسير الرقمي (الآلي): إن موضوع تفسير و معالجة المرئيات الرقمية الفضائية او الجوية باستخدام الاسلوب الرقمي (الآلي) من المواضيع المهمة و الواسعة جداً ، وهي تتضمن في الغالب أجراءات يمكن أن تكون معقدة رياضياً ، وان الفكرة الاساسية التي تكمن وراء معالجة المرئيات الرقمية بسيطة جداً ، اذا يتم تلقيم المرئية الرقمية للحاسوب ، بالتسلسل خلية (بكسل – بكسل) (Pixel – Pixel). ويتم ادخال هذه البيانات على شكل معادلة او مجموعة معادلات ، ثم خزن نتائج الحساب لكل بكسل (Pixel). وهذه النتائج تكون مرئية رقمية جديدة يمكن عرضها على شاشة أو تسجيلها بترتيب صوري (Pictorial) ، لاحظ الشكل (6- 27) ، كما و يمكن استخدامها فيما بعد في برامج اضافية . يمكن تصنيف كل هذه الاجراءات في الواقع في نمط واحد (او أكثر) من الانماط الكبيرة الاربعة التالية التي يساهم فيها الحاسوب لمعالجة الصور الفضائية :

1. تقويم المرئيات وترميمها Image Rectification & Restoration: و تهدف هذه الاجراءات الى تصحيح معطيات المرئية المشوهة لإيجاد تمثيل أصدق للمشهد الأصلي . ويتضمن ذلك

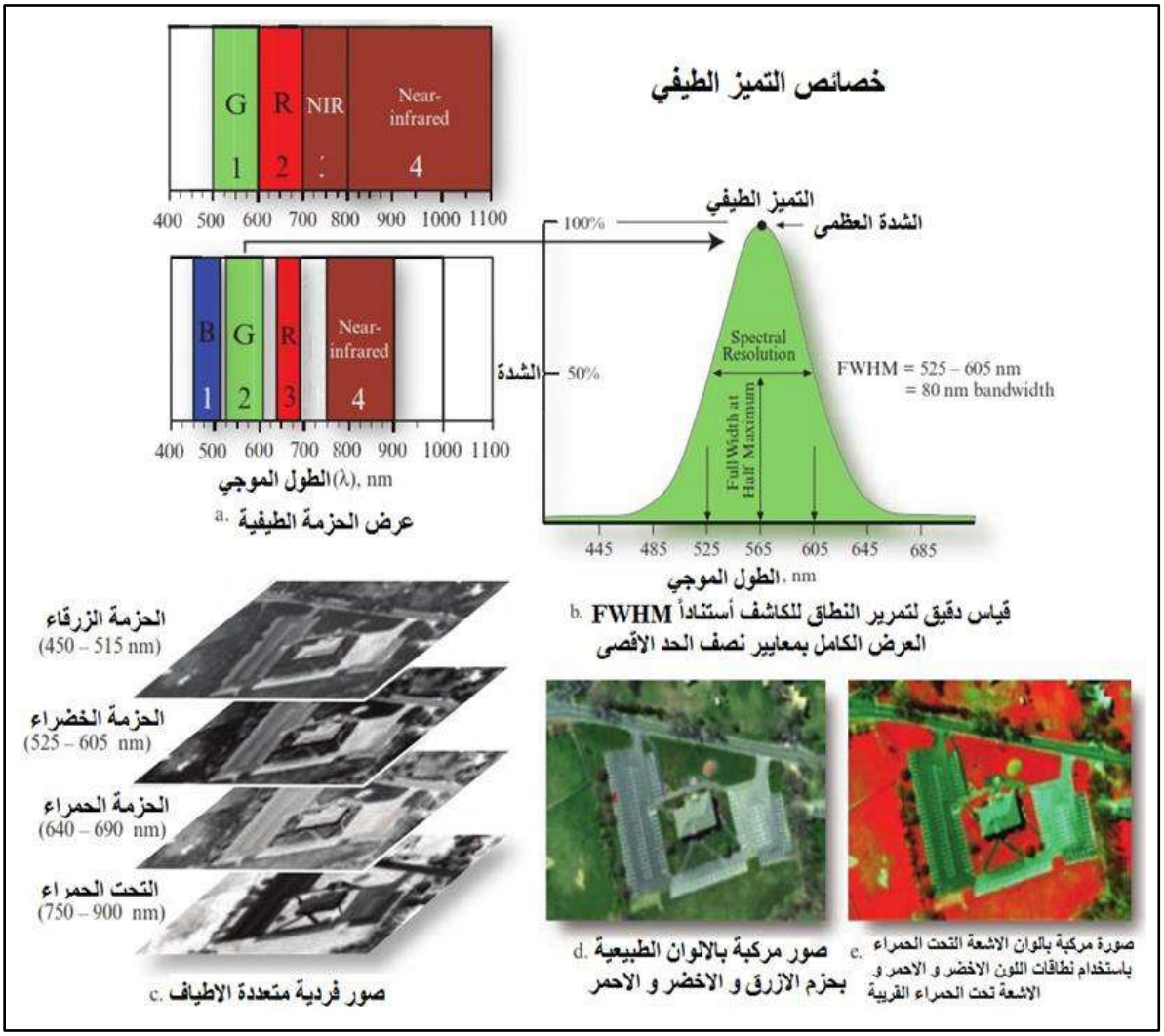
المعالجة الأولية لمعطيات المرئية الخام لتصحيح التشوهات الهندسية ، و معايرة المعطيات رادايومترياً ، و ازالة التشويش في المعطيات . و هكذا تعتمد طبيعة عملية ترميم أي مرئية أعتماداً كلياً على خصائص المستشعر المستعمل في الحصول على معطيات المرئية. وتسمى عمليات تقويم المرئيات وترميمها في الغالب ، عمليات ما قبل المعالجة (Preprocessing) لأنها تسبق عادة تداول معطيات المرئيات اللاحق و تحليلها لاستخلاص معلومات محددة.

2. تحسين المرئيات Image Enhancement : تطبق هذه الاجراءات على معطيات المرئيات للحصول على عرض أو تسجيل للمعطيات أكثر جدوى ، تمهيداً للتفسير البصري . و يتضمن تحسين المرئيات عادة تقنيات تهدف الى زيادة الفوارق البصرية بين المعالم في مشهد ما . و الهدف هو إيجاد مرئيات جديدة من معطيات المرئيات الاصلية لزيادة كمية المعلومات التي يمكن تفسيرها بصرياً من المعطيات. و يمكن عرض المرئيات المحسنة بصورة فعالة على شاشة عرض ، كما يمكن تسجيلها بشكل صورة (نسخة صلبة Hard copy) ، ملونة و غير ملونة . هذا و لا توجد قواعد ثابتة لانتاج المرئية الفضلى لكل تطبيق معين . و الطرائق الهامة المختلفة المستخدمة في التحسين منها الطرائق الخاصة التي تعالج التباين في المرئية ، و طرائق خاصة بمعالجة الحيز بين المعالم ، و الطرائق الخاصة بالتحسينات المتعلقة بالمجالات الطيفية المتعددة المستخدمة في تصوير المرئيات .

3. تصنيف المرئيات Image classification : إن الغاية من هذه العمليات هي الاستعاضة عن تقنيات كمية بتحليل المعطيات المرئية بصرياً كي يتم التعرف على معالم المشهد بصورة آلية . وهكذا يتضمن اعادة تحليل المعطيات المرئية المتعددة الاطياف و تطبيق قواعد القرار Decision rule المعتمدة على الاحصاء من اجل تحديد ماهية غطاء الارض في كل خلية (بكسل) Pixel من المرئية . وعندما تعتمد قواعد القرار هذه على الاشعاعات الطيفية الملاحظة في المرئية و حسب ، فاننا ندعو عملية التصنيف بالنمط الطيفي Spectral pattern recognition . وبالمقابل يمكن لقواعد القرار أن تعتمد على الاشكال الهندسية الموجودة في معطيات المرئية و على مقاساتها و طرزها . و تقع هذه الاجراءات ضمن نطاق تعريف النمط المكاني Spectral patter recognition . و في كلتا الحالتين يكون المقصود من عملية التصنيف هو تقسيم الخلايا البكسلات Pixels الموجودة في المرئية الرقمية كافة الى احدى تقسيمات الغطاء الارضي المتعددة او ما يسمى الموضوعات Themes . ثم يمكن استخدام هذه المعطيات المقسمة بعد ذلك في إنتاج خرائط موضوعية Thematic Maps لغطاء الارض الموجود في المرئية ، او في إنتاج احصائات ملخصة عن المناطق المغطاة بكل نمط من اغطية الارض ، او انتاج الخرائط الموضوعية و الإحصاءات الملخصة معاً. وبسبب اهمية الاجراءات

المتخذة في تصنيف المرئيات فان هناك طريقتين من طرق التصنيف طيفياً هما: التصنيف الموجه Supervised والتصنيف غير الموجه Unsupervised.

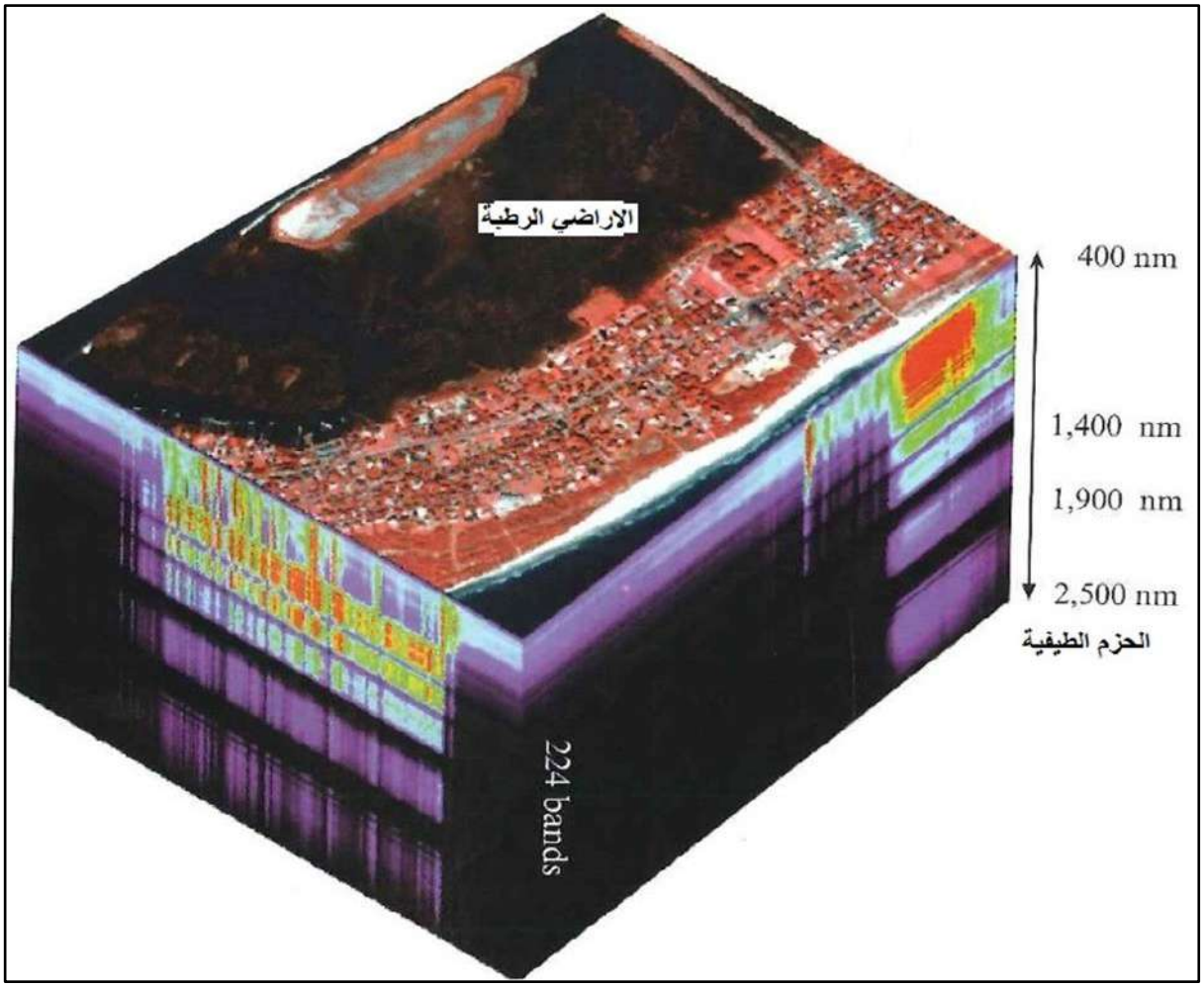
4. أدماج المعطيات Data Merging : تستخدم هذه الاجراءات لإدماج معطيات المرئيات لمنطقة جغرافية معينة في مجموعات اخرى من المعطيات المسندة جغرافياً للمنطقة نفسها . إن مجموعات المعطيات المسندة جغرافياً هذه قد تقتصر على معطيات لمرئيات تم الحصول عليها في تواريخ اخرى بواسطة المستشعر نفسه ، او بواسطة أجهزة استشعار عن بعد اخرى . وتكون الغاية من ادماج البيانات في الغالب هو ضم بيانات تم الحصول عليها بالاستشعار عن بعد الى مصادر اخرى من المعلومات في اطار نظام المعلومات الجغرافي (GIS) . وتجمع في الغالب بيانات المرئيات مثلاً مع معلومات اخرى تتعلق بالتربة وطوبوغرافية الارض ، وملكيتها و رسم حدودها و تقدير قيمتها .



الشكل (6 –27) اجراءات المعالجات التي تحسن من تفسير الصور الفضائية

6 – 4 - 3 تطبيقات الصور الفضائية Satellite Images Applications

تطبيقات تفسير المرئيات الفضائية في كثر من المجالات كالزراعة و علم النبات ، و رسم الخرائط والهندسة المدنية ، و الرصد البيئي و علم الغابات ، و الجغرافية ، و الجيولوجية ، و الجيوفيزياء ، وتحليل الموارد الأرضية و التخطيط لاستخدام الاراضي ، و علوم البحار ، و الدراسات البيئية و تحليل الموارد المائية ، الشكل (6- 28).



الشكل (6 –28) استخدامات الصور الفضائية الفائقة الاطياف في التطبيقات البيئية و الموارد المائية

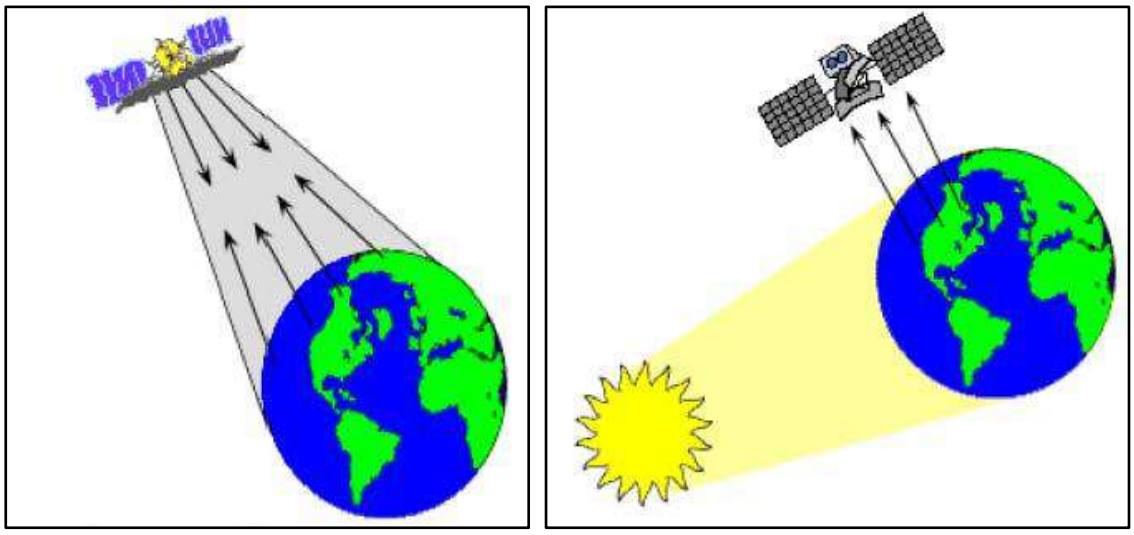
6 – 4 - 4 أصناف التحسس النائي Classifications of Remote Sensing

الطيف الكهرومغناطيسي هو سلسلة متصلة من الطاقة تتراوح من كيلومترات إلى نانومتر في الطول الموجي ، تنقسم هذه السلسلة إلى النطاقات التالية ، تسمى النطاقات الطيفية ، والحدود بينها متدرجة.

ومن أنظمة التحسس النائي السلبي (Passive system) حيث تشع الطاقة بشكل طبيعي أو تنعكس من الجسم. وأنظمة التحسس النائي النشط (Active system) حيث توفر مصدر الطاقة الخاص بها ،

والذي يتم توجيهه إلى العوارض من أجل قياس الطاقة الراجعة او المعادة . الشكل (6 – 29) توضح أنظمة التحسس النائي .

وهنالك شكل آخر شائع لانظمة التحسس النائي النشط هو الرادار ، الذي يوفر مصدره الخاص للطاقة الكهرومغناطيسية في منطقة الميكروويف. وايضاً المسح بالليزر المحمول جواً هو شكل جديد نسبياً من التحسس النائي النشط ، يعمل في نطاقي الطول الموجي المرئي والقريب من الأشعة تحت الحمراء.



أ. انظمة التحسس النائي السلبي **ب. انظمة التحسس النائي النشط**

الشكل (6 -29) أنظمة التحسس النائي أ. التحسس النائي السلبي . ب. التحسس النائي النشط

6 – 4 - 5 استخدامات التحسس النائي Remote Sensing Uses

تم تصميم كل أجهزة التحسس النائي لغرض معين ، فمثلاً باستخدام المستشعرات الضوئية يركز التصميم على النطاقات الطيفية التي سيتم جمعها. في حين مع أجهزة التحسس النائي التي تستخدم التصوير بالرادار تلعب زاوية السقوط ونطاق الموجات الصغرية المستخدمة دوراً هاماً في تحديد التطبيقات الأنسب لجهاز التحسس النائي. كل تطبيق بحد ذاته له متطلبات محددة ، من أجل الدقة الطيفية، والاستبانة المكانية ، والدقة الزمنية. يمكن أن يكون هناك العديد من التطبيقات للتحسس النائي في مجالات مختلفة ، كما هو موضح أدناه:

1. الزراعة : تلعب الزراعة دوراً مهيمناً في اقتصاديات البلدان المتقدمة وغير المتقدمة على حد سواء. تُستخدم صور الأقمار الصناعية والصور المحمولة جواً كأدوات لرسم الخرائط لتصنيف المحاصيل ، وفحص صحتها وقدرتها على البقاء ، ومراقبة الممارسات الزراعية.

2. الغابات : تعتبر الغابات مورداً قيماً يوفر الغذاء والمأوى وموائل الحياة البرية والوقود والإمدادات اليومية مثل المكونات الطبية والورق. تلعب الغابات دوراً مهماً في موازنة إمدادات ثاني أكسيد الكربون على الأرض وتبادلها ، حيث تعمل كحلقة وصل رئيسية بين الغلاف الجوي والغلاف الأرضي والغلاف المائي.
3. الجيولوجيا : تتضمن الجيولوجيا دراسة التضاريس والهياكل وتحت السطحية لفهم العمليات الفيزيائية التي تخلق وتعديل قشرة الأرض. يُفهم بشكل شائع على إنه استكشاف وإستغلال الموارد المعدنية والهيدروكربونية ، بشكل عام لتحسين ظروف ومستوى المعيشة في المجتمع.
4. الهيدرولوجيا : هي دراسة المياه على سطح الأرض ، سواء كانت تتدفق فوق الأرض ، أو مجمدة في الجليد أو الثلج ، أو تحتفظ بها التربة.
5. الغطاء الارضي و استعمالات الاراضي (Landcover / Landuse) : على الرغم من استخدام المصطلحين "الغطاء الأرضي" و "استعمالات الأراضي" بالتبادل ، إلا إن معانيهما الفعلية مختلفة تماماً . يشير الغطاء الأرضي إلى الغطاء السطحي على الأرض ، بينما يشير استعمال الأرض إلى الغرض الذي تخدمه الأرض . ان الخصائص التي يتم قياسها باستخدام تقنيات التحسس النائي تتعلق بالغطاء الأرضي ، والذي يمكن من خلاله استنتاج استخدام الأرض ، لا سيما من خلال البيانات المساعدة أو المعرفة المسبقة.

تشمل تطبيقات استخدام الأراضي في التحسس النائي ما يلي:

- إدارة الموارد الطبيعية.
- حماية بيئات الحياة البرية.
- رسم الخرائط الأساسية لمدخلات نظم المعلومات الجغرافية .
- التوسع العمراني / الزحف .
- التوجيه والتخطيط اللوجستي لأنشطة الزلازل / الاستكشاف / استخراج الموارد .
- تحديد الضرر (الأعاصير والفيضانات والبركانية والزلزالية والنار) .
- الحدود القانونية للضرائب وتقييم الممتلكات.
- الكشف عن الهدف - تحديد ممرات الهبوط والطرق والاراضي المقطوعة الشجر في الغابات والجسور.
- الواجهة الأرضية / المائية.

6. الخرائط : يشكل رسم الخرائط جزءاً لا يتجزأ من عملية إدارة موارد الأراضي ، والمعلومات المعينة هي المنتج المشترك لتحليل بيانات التحسس النائي. وتشمل تطبيقات رسم الخرائط ما يلي:

• **قياسات الخرائط البلانمترية :** يمكن استخدام تقنيات مسح الأراضي المصحوبة باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) لتلبية متطلبات الدقة العالية ، ولكن القيود تشمل الفعالية من حيث التكلفة ، والصعوبات في محاولة رسم خريطة للمناطق الكبيرة أو النائية. توفر بيانات التحسس النائي وسيلة لتحديد وتقديم البيانات المكانية في وسائط ملائمة وبطريقة فعالة. تتوفر الصور بمقاييس مختلفة لتلبية متطلبات العديد من المستخدمين المختلفين. تحدد تطبيقات الدفاع نطاق تطبيقات قياس المخطط - استخراج معلومات طرق النقل ، ومواقع المباني والمرافق ، والبنية التحتية الحضرية ، والغطاء الأرضي العام.

• **نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM):** يمكن أن يكون إنشاء نماذج DEM من بيانات التحسس النائي فعالاً من حيث التكلفة. تتوفر مجموعة متنوعة من أجهزة التحسس النائي والمنهجيات لإنشاء مثل هذه النماذج ومثبتة لتطبيقات الخرائط. هنالك طريقتان أساسيتان في حالة إنشاء بيانات الارتفاع هما :

1. تقنيات القياس المجسم باستخدام الصور الجوية (القياس التصويري) أو صور VIR أو بيانات الرادار (القياس الراداري) .

2. قياس التداخل بالرادار.

• **رسم الخرائط الموضوعية الأساسية / رسم الخرائط الطبوغرافية :** كخريطة أساسية توفر الصور معلومات ثانوية للتفاصيل المستخرجة أو التفصيلية الموضوعية. تجعل الحساسية للتعبير السطحي من الرادار أداة مفيدة لإنشاء خرائط أساسية وتوفير قدرات الاستطلاع لشركات الهيدروكربون والمعادن المشاركة في أنشطة الاستكشاف.

تعد الصور متعددة الأطياف ممتازة لتوفير معلومات إضافية عن الغطاء الأرضي ، مثل غطاء الغابات ، يمكن أن يؤدي استكمال البيانات الضوئية مع التضاريس الطبوغرافية والفروق الدقيقة التركيبية المتأصلة في صور الرادار إلى إنشاء منتج مركب للصور مفيد للغاية للتفسير.

أسئلة الفصل السادس

س1 / عرف ما يأتي :

1. نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)
2. الطيف الكهرومغناطيسي
3. المرئيات الفضائية
4. التحسس النائي

س2 / يتم تصنيف مستقبلات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) بناءً على الكود وطور الموجة الحاملة ، عدد انواع الكودات المتوفرة في منظومة الموقع العالمي .

س3 / ما المبدأ الرئيسي لتصميم المستقبل لجهاز التموضع العالمي GPS ؟

س4 / عدد انماط قياسات الـ GPS .

س5 / ما هي تطبيقات استعمالات الاراضي في التحسس النائي؟

س6 / عدد استعمالات منظومة الـ GPS .

س7 / تتألف مرحلة الحصول على المعطيات (البيانات) في الاستشعار الكهرومغناطيسي من عدة عناصر ، اذكرها .

س8 / عدد أنظمة التقاط الصور الفضائية و تسجيل المعلومات المتوفرة .

س9 / عدد فقط الخصائص الاساسية لتفسير الصور الفضائية و الجوية بأسلوب التحليل البصري .

س10 / عدد اهم تطبيقات المرئيات الفضائية.

س11 / ما هي أصناف منظومات التحسس النائي ؟

س12 / عدد فقط استخدامات أجهزة التحسس النائي .

المصادر

المصادر العربية :

1. أ. م. د. عباس زيدان خلف "هندسة المساحة " ، الجامعة التكنولوجية ، قسم هندسة البناء والانشاءات ، الطبعة الاولى ، 2009 م .
2. م. د. جرير الياسري ، "المساحة" ، جامعة واسط ، كلية الهندسة ، قسم الهندسة المدنية .
3. د. بان فرج يوسف ، " تقنية الخرائط " ، الجامعة التقنية الوسطى ، معهد تكنولوجيا ، قسم تقنيات المساحة ، المرحلة الثانية ، 2020 م .
4. د. محمود حسني عبد الرحيم و د. محمد رشاد الدين مصطفى حسين " مبادئ المساحة المستوية والطبوغرافية " ، كلية الهندسة ، جامعة الاسكندرية ، 1998 م .
5. أ . د. عبد العظيم قدورة ، " مبادى الخرائط الكنتورية " ، جامعة الأزهر - فلسطين ، كلية الآداب والعلوم الإنسانية ، قسم الجغرافيا ، الطبعة الثانية ، مارس 2019 م .
6. أ . د . سعيد المغربي ، " الخرائط الطوبوغرافية " ، جامعة الازهر ، كلية الهندسة ، القسم المدني ، 2017 م .
7. د. احمد مصطفى ، " الخرائط الكنتورية - تفسيرها وقطاعاتها " ، جامعة الاسكندرية ، كلية الآداب ، قسم الجغرافيا ، الطبعة الثانية ، سبتمبر 1998 م .
8. د. محمد صبري محسوب - جامعة القاهرة ، د. احمد البدوى محمد الشريعى - جامعة الزقازيق ، " الخريطة الكنتورية – قراءة وتحليل " ، الطبعة الاولى ، 1996 م .
9. د. فتحي عبد العزيز ابو راضي ، " المساحة والخرائط " ، الطبعة الاولى ، 1998 م .
10. الكارتوكرافي – مساقط الخرائط , خضر العبادي, وزارة التعليم العالي والبحث العلمي, جامعة بغداد, 1980 م .
11. المدخل الى الخرائط , جمعة داوود, 2013 م .
12. أسس التحليل المكاني في أطار نظم المعلومات الجغرافية ، د. جمعة محمد داود، 2012 م / القاهرة – جمهورية مصر العربية .
13. 1000 سؤال حول نظم المعلومات الجغرافية – الجزء الاول ، د. رشا صابر نوفل، 2021 م / كلية الآداب – جامعة المنوفية.
14. نظم المعلومات الجغرافية ، وسام محمد عبده 2005 م .
15. علم التحسس البعيد / معهد التكنولوجيا – بغداد الطبعة الاولى / مكرم مراد الشيخ، 1991 م .

16. مبادئ التحسس النائي / الكلية الهندسية العسكرية – بغداد الطبعة الاولى/ خالد هلال سرحان ، 1999 م .
17. المسح الجوي / مؤسسة المعاهد الفنية / خالد هلال سرحان ، لبيب ناصيف سلوم ، لويز خليل ارمانيوس ، 1985 م .
18. الاستشعار عن بعد و تفسير المرئيات / المنظمة العربية للتربية و الثقافة و العلوم / توماس م. ليلساند ، رالف و . كيفر ، 1994 م .

المصادر الاجنبية :

1. Dr. Punmia, B. C. , Dr. Jain, A. K., & Dr. Jain, A. K. , "Surveying - Vol. 1", Engineering College , Jodhpur ,Sixteenth Edition , (2016) , Bangalore : Laxmi Publications (P) Ltd .
2. Pro. Duggal, S. K., " Surveying - Vol. 1" , Department of Civil Engineering , (Fourth Edition) , (2013) , Motilal Nehru National Institute of Technology .
3. Topographic maps produced by the USGS , U.S. Geological Survey , Part 6 : Publication Symbols .
4. National Mapping Division Geoscience Australia .
5. Christian Tiberius, Hans Van der Marel, Rene Reudink, and Freek van Leijen , "Surveying and Mapping" , (2021) , Delft University of Technology, The Netherlands.
6. Digital terrain modeling , principles and methodology , (2004) , Zhilin Li, Qing Zhu, and Chris Gold.
7. Photogrammetry- Geometry from images and laser scans, Karl Kraus, 2007.
8. Elements of photogrammetry with applications in GIS, Paul R. Wolf, Bon A. Dewitt, and Benjamin E. Wilkinson, 2016.

9. Close Range Photogrammetry: Principals, Techniques and applications, Thomas Luhman, Stuart Robson, Stephen Kyle, and Ian Harley, 2011.

10. Airborne and Terrestrial laser scanning, Eds by George Vosselman & Hans-Gerd Mass, 2010.

11. Topographic laser ranging and scanning: Principals and processing, Eds by Jie Shan and Charles K. Toth, 2009.

12. Surveying and Mapping, Christian Tiberius, Hans Van der Marel, Rene Reudink & Freek Van Leijen, Delft University of Technology, 2021.
13. Digital Terrain Modelling- Acquisition, Manipulation, and Applications, Naser El-Sheimy, Caterina Valeo, and Ayman Habib, Artech House-London, 200.
14. Principals of Geographic Information Systems- An introductory textbook, Eds. Otto Huisman and Rolf A. de By, 2001.
15. Principles of Geographic Information Systems / ITC, Enschede, The Netherlands / Otto Huisman and Rolf A. de, 2009.
16. Spatial Data Modelling for 3D GIS , Springer-Verlag Berlin Heidelberg/ Alias Abdul-Rahman, Morakot Pilouk, 2008.
17. Essential Image Processing and GIS for Remote Sensing, John Wiley & Sons Ltd, Liu, Jian-Guo., Philippa J. Mason, 2009.
18. GPS Satellite Surveying 2015 / John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey/ Leick, Alfred.
19. Remote Sensing and GIS Technologies for Monitoring and Prediction of Disasters 2008/ Springer-Verlag Berlin Heidelberg / S. Nayak · S. Zlatanova

تم بعونه تعالی