التقنيات الحديثة في الجغرافية

الطبعة الأولى

2013م

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2013/1/12)

526
الطائي، اياد عاشور
التقنيات الحديثة في الجغرافية/ اياد عاشور الطائي، ثائر مظهر العزاوي_ عمان: دار الجنان للنشروالتوزيع 2013.
(348)ص
ر.أ: (2013/1/12).
الواصفات: الجغرافيا/ علم الخرائط/

❖ أعدت دائرة المكتبة الوطنية بيانات الفهرسة والتصنيف الأولية
❖ يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبّر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية أو أي جهة حكومية أخرى.

الترقيم الدولي (ردمك) ISBN 978-9957-551-62-9

جميع حقوق الطبع والتأليف والنشر والتوزيع محفوظة للمؤلفين. لا يسمح بإعادة إصدار أو طبع هذا الكتاب أو أي جزء منه "أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات أو نقله بأي شكل من الأشكال، دون إذن خطي مسبق من المؤلفين وبخلاف ذلك يتعرض الفاعل للملاحقة القضائية .

للتواصل مع المؤلفين:-
د.ثائر العزاوي: جامعة بغداد- كلية التربية للبنات – العراق- بغداد
موبايل: 009647809794161 – بريد الكتروني: thair_alazawi@yahoo.co.nz
د. أياد الطائي:- جامعة بغداد- كلية التربية – ابن رشد بالعراق- بغداد.
موبايل: 009647901473860 – بريد الكتروني: ayadaltai@yahoo.com

يتم التوزيع من خلال دار الجنان للنشر والتوزيع – عمان – الاردن
هاتف: 009626465989 dar_jenan@yahoo.com

التقنيات الحديثة في الجغرافية

أ. د. أياد عاشور الطائي
جامعة بغداد – كلية التربية ابن رشد

أ.م.د. ثائر مظهر فهمي العزاوي
جامعة بغداد – كلية التربية للبنات

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ لَّا تُدْرِكُهُ ٱلْأَبْصَٰرُ وَهُوَ يُدْرِكُ ٱلْأَبْصَٰرَ ۖ
وَهُوَ ٱللَّطِيفُ ٱلْخَبِيرُ ﴾ صدق الله العظيم

المحتويات

الموضوع	الصفحة
مقدمة الكتاب	13

الفصل الاول

الخرائط الرقمية

1-1 المقدمة	19
1-2 مفهوم الخريطة الرقمية	20
1-3 مكونات الخرائط الرقمية	22
1-4 متطلبات الخرائط الرقمية	23
1-5 مراحل إعداد الخريطة الرقمية	29
1-6 التمثيل الكارتوكرافي للخرائط الرقمية	47
1-7 مميزات الخرائط الرقمية	57
1-8 مقارنة بين الطرائق التقليدية والرقمية الحديثة في رسم الخرائط	62
1-9 مثال تطبيقي لإنتاج خريطة رقمية للتقسيمات الإدارية في العراق	72

الفصل الثاني

المحطة المتكاملة

2-1 المقدمة	91
2-2 مفهوم المساحة	92
2-2-1 اعمال المساحة	92
2-2-2 انواع المساحة	93
2-3 تطور المحطة المتكاملة	95

2-4 مكونات المحطة المتكاملة 96
2-5 مبدأ عمل الثيودولايت 99
2-6 مبدأ عمل أجهزة قياس المسافات الكترونياً 103
2-6-1 أنواع الأجهزة الالكترونية لقياس المسافة 103
2-6-1-1 أجهزة القياس الكهروبصرية 103
2-6-1-2 النوع الثاني هو أجهزة القياس الالكترونية والتي تعمل على
الموجات الدقيقة 104
2-6-2 مبدأ القياس الكهرومغناطيسي 105
2-6-3 أخطاء القياس الالكتروني للمسافات 105
2-7 أنواع أجهزة المحطة المتكاملة 106
2-8 مميزات جهاز المحطة المتكاملة 109
2-9 مجالات استخدام أجهزة المحطة المتكاملة 110
2-10 تطبيقات جهاز المحطة المتكاملة 110
2-11 مساوئ استخدام أجهزة المحطة المتكاملة 112
2-12 طريقة الرصد باستخدام جهاز المحطة المتكاملة 113
2-13 التضليع باستخدام جهاز المحطة المتكاملة 115
2-14 التقاطع العكسي بواسطة جهاز المحطة المتكاملة 119
2-15 التطبيقات المساحية على جهاز المحطة المتكاملة 121
2-16 التغلب على العوائق باستخدام محطة الرصد المتكاملة 125

الفصل الثالث

نظام تحديد المواقع العالمي

3-1 المقدمة 131
3-2 التطور التاريخي لنظام تحديد المواقع العالمي (GPS) 132

3-3 مزايا استخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS).....135
3-4 فوائد نظام تحديد المواقع العالمي (GPS).....135
3-5 وظائف نظام تحديد المواقع العالمي (GPS).....136
3-6 أقسام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS).....137
3-6-1 القسم الفضائي.....138
3-6-1-1 الأنواع المختلفة من الأقمار الاصطناعية.....140
3-6-1-2 الصفات الأساسية لأقمار نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)....141
3-6-2 قسم التحكم والسيطرة.....142
3-6-3 قسم المستخدمين للنظام.....145
3-7 آلية عمل نظام تحديد المواقع العالمي.....148
3-7-1 الشفرات والأرسال الموجي.....149
3-7-2 أساسيات تحديد الإحداثيات على الأرض.....152
3-7-3 نظام تحديد المواقع العالمي GPS والنظم المرجعية الجيوديسية والارتفاعية.....153
3-8 تقنيات الرصد باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS).....154
3-8-1 مبادئ الرصد.....154
3-8-2 طرق الرصد العملية.....155
3-9 مصادر الأخطاء في استخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS).....159
3-10دقة نظام تحديد المواقع العالمي(GPS).....162
3-11 نظام تحديد المواقع العالمي التفاضلي (DGPS).....163
3-12 تطبيقات نظام تحديد المواقع العالمي(GPS).....165

الفصل الرابع

الاستشعار عن بعد

4-1 المقدمة 173
4-2 تعريف ومفهوم الاستشعار عن بعد 173
4-3 لمحة تاريخية عن مراحل تطور الاستشعار عن بعد 174
4-4 العناصر الاساسية للاستشعار عن بعد 178
4-4-1 مكونات الصور الرقمية 188
4-5 ميزات الاستشعار عن بعد 190
4-6 بعض المصطلحات المهمة المستخدمة في الاستشعار عن بعد 191
4-7 الاقمار الصناعية (Satellites) 194
4-7-1 القمر الصناعي ايكونس (IKONOS) والقمر الصناعي كويك بيرد (Quick Bird) 194
4-7-2 القمر الصناعي Landsat – 7 والقمر الصناعي Spot – 5 196
4-7-3 القمر الصناعي NOAA 196
4-7-4 الاقمار الصناعية المستقبلة 197
4-8 انواع الصور الجوية ، والموزاييك 199
4-9 تفسير وتحليل بيانات الاستشعار عن بعد 201
4-9-1 تفسير الصور الجوية 201
4-9-2 تفسير وتحليل الصور الفضائية 204
4-9-2-1 معالجة الصور (Image processing) 204
4-9-2-2 اساليب تفسير الصور الفضائية (المرئيات الفضائية) 209
4-9-3 مقارنة بين المرئيات الفضائية والصور الجوية 213
4-10 النماذج ثلاثية الابعاد (3D Models) 214

4-10-1 خطوات تطبيق نموذج الارتفاع الرقمي(DEM) 217
4-10-2 استخدامات نماذج ثلاثية الابعاد (3D Models)..... 218
4-11 جوانب من التطبيقات الجغرافية لعلم وتقنية الاستشعار عن بعد..... 220
4-11-1صفات بعض الظواهر الشائعة على المرئية الفضائية 221
4-11-2 جوانب مختارة من تطبيقات الاستشعار عن بعد 226
نشاط..... 227

الفصل الخامس

نظم المعلومات الجغرافية

5-1 المقدمة 251
5-2 تعاريف نظم المعلومات الجغرافية (ن.م.ج)..... 252
5-3 لمحة تاريخية عن تطور نظم المعلومات الجغرافية..... 254
5-4 مفهوم نظم المعلومات الجغرافية 255
5-5 علاقة نظم المعلومات الجغرافية بالعلوم والتقنيات الأخرى 258
5-6 مميزات نظم المعلومات الجغرافية 265
5-7 مكونات نظم المعلومات الجغرافية 268
5-7-1 الكيان الصلب..... 269
5-7-2 الكيان البرمجي 269
5-7-2-1 نظام ArcGIS 271
5-7-2-1-1 الوظائف والإمكانيات الفنية لبرنامج ArcGIS 272
5-7-2-1-2 الامتدادات الاساسية الاضافية لبرنامج ArcGIS 273
5-7-3 البيانات والمعلومات 275
5-7-4 المتطلبات البشرية (People – Human Resources) 275
5-7-5 اساليب التشغيل (Methods) 277

5-8 انواع البيانات والمعلومات في نظم المعلومات الجغرافية 277
5-8-1 نظام المعلومات المكانية (Spatial Data) 278
5-8-2 نظام المعلومات الوصفية (Attribute Data) 283
5-8-3 مفاهيم متقدمة وجديدة عن نماذج البيانات الخطية 284
5-8- 4 مصادر البيانات الاولية في ن.م.ج 286
5-9 توافق البيانات (Data Compatibility) 286
5-10 قواعد البيانات (Data Bases) 289
5-10-1 فوائد بناء قواعد البيانات (Benefits of Data bases Creation) 291
5-10-2 ربط المعلومات(Data Link) 292
5-10-3 انواع العلاقات بين المعلومات 292
5-10-4 انواع قواعد البيانات 294
5-10-5 المفتاح الاولي (Primary Key) 298
5-10-6 المراحل الاساسية لبناء قواعد المعلومات الجغرافية 300
5-10-7 إنشاء قواعد البيانات الجغرافية 303
5-10-7-1 تطبيق على المطابقة الطوبولوجية (العلاقات المكانية) 308
5-10-7-2 الطرق الحديثة المتبعة في تخزين قواعد البيانات الجغرافية ... 310
5-10-7-3 التحويل من النظام الخلوي الى النظام الخطي وبالعكس .. 311
5-11 ربط المعلومات بالمواقع الجغرافية 313
5-12 عمليات ن.م.ج (GIS Operations) 313
5-13 تمثيل التضاريس خرائطيا وتحليلها (Terrain Mapping and Analysis) 329
5-14 بناء مشروع نظام معلومات جغرافي معين 330
5-14-1 الخطوات الواجب اتباعها عند الشروع في بناء مشروع نظام معلومات جغرافي . 331
5-14-2 اهداف بناء نظام المعلومات الجغرافية 332

5 -15 جوانب من تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية.....333
5-15-1 تطبيقات حكومية وخدمية.....333
5-15-2 تطبيقات الصناعات الاهلية الخاصة 333
5-15-3 بعض الامثلة التطبيقية لنظم المعلومات الجغرافية في مجالات جغرافية متنوعة ... 334
5-16 نظم المعلومات الجغرافية في الوقت الحاضر وآفاقها المستقبلية.....337
نشاط.....338
المصادر العربية 339
المصادر الانكليزية 345

ان ظهور التقنيات الحديثة في العلوم الجغرافية كالخرائط الرقمية، وجهاز المحطة المتكاملة (TS)، ونظام تحديد المواقع العالمي GPS، وتقنيات الاستشعار عن بعد (RS) والنماذج الرقمية، ونظم المعلومات الجغرافية GIS، سببت تغيراً كبيراً في طرق وأساليب الحصول على البيانات والمعلومات الجغرافية ومعالجتها وطرق تمثيلها، إذ أصبحت الصيغة الرقمية للبيانات لها طابع الريادة لقدرتها على توفير الكثير من الجهد والوقت، وتقليل الكلفة والدقة العالية، فضلاً عن دورها في دعم اتخاذ القرار.

تبرز أهمية هذا الكتاب في كونه محاولة لاعتماد مجموعة من التقنيات ذات الصلة بالبيانات الجغرافية واعتمادها كأدوات مهمة لجمع تلك البيانات والمعلومات ووسائل عرضها وتكاملها فيما بينها، ومع تقنيات أخرى لم يتم ذكرها لتناولها في مراحل دراسية اخرى كالاحصاء والنمذجة وغيرها. ومحاولة لكشف الغموض والتداخل بين هذه التقنيات بالنسبة للباحثين بشكل عام وللباحث الجغرافي وطلبة الجغرافية بشكل خاص. وفتح آفاق جديدة الى المتخصصين في علم الجغرافية والمتخصصين والمهتمين الآخرين بتلك التقنيات على حد سواء نحو إمكانيات تلك التقنيات وتكاملها نحو التحليل والنمذجة المكانية ومعالجة المشكلات المكانية المختلفة.

اعتمدت في هذا الكتاب المنهجية الحديثة التي تتلائم مع خصوصية الموضوع الذي يتناوله وهو التقنيات الحديثة في العلوم الجغرافية المتمثلة بمنهج النظم (Systematic Approach). وكذلك اعتماد اسلوب بسيط يمكن استيعابه من قبل طلبة المرحلة الثانية في الأقسام الجغرافية، أو لطلبة البكالوريوس الآخرين في الأقسام التي تستخدم هذه التقنيات كالهندسة والعلوم والزراعة وغيرها من التخصصات، ويتناسب مع مستويات أعلى مثل طلبة الدراسات العليا والباحثين الذين يمكن ان يستفيدوا من التوضيح لهذه التقنيات وآلياتها وطرق تطبيقها في اختصاصاتهم المتنوعة.

قد يكون هذا الكتاب أول كتاب باللغة العربية الذي يعرض هذه المجموعة من التقنيات في كتاب واحد والتي تخص شريحة كبيرة من الباحثين والطلبة.

ويعرض الكتاب أفكاره عبر مقدمة وخمسة فصول، إذ يتناول كل فصل من هذه الفصول أحد هذه التقنيات بتسلسل يراعي علاقتها مع بعضها البعض.

إننا نقدم جهدنا المتواضع هذا، ونرجو ان نكون قد وفقنا في إضافة شيء الى المكتبة العربية، ونسأل الله أن ينفع قارئي الكتاب من الباحثين والمهتمين والطلبة الأكاديميين.

ومن الله التوفيق

المؤلفان

أ.د. أيادعاشور الطائي

أ.م.د. ثائر مظهر فهمي العزاوي

الفصل الأول

الخرائط الرقمية

Digital Maps

الخرائط الرقمية Digital Maps

1-1: المقدمة:

إن التطور العلمي والتكنولوجي الذي شهده القرن العشرين وخاصة بعد الستينيات، والثورة المعلوماتية الهائلة التي شهدها نهاية القرن الماضي وبداية هذا القرن نتيجة التطورات السريعة والتقنية العالية التي شملت مختلف قطاعات الحياة، ودخول الآلة والتطور السريع والهائل في أجهزة الحاسوب خصوصاً في مجال علم الخرائط.

ويوجد بعض نواحي القصور في الخرائط التقليدية والصعوبة في إنجازها واستخدامها، إذ يتوجب على مصمم الخرائط التقليدية تحقيق مطلبين وهما: خزن أكبر قدر ممكن من المعلومات الجغرافية على الورق وكذلك ضمان سرعة وسهولة الحصول على هذه المعلومات ونظراً للتكلفة العالية والمدة التي تستغرقها في إنتاج الخريطة التقليدية، إذ يمكن اختصارها بلحظات أو ثوان عن طريق استخدام الخريطة الرقمية.

وقد أثر التطور السريع مع التعجيل في علوم الحاسوب وتقنياته على علم الخرائط، إذ كان نتيجة حتمية لوضع الخرائط الرقمية (Digital Maps) محل الخرائط التقليدية (Traditional Maps)، كما استبدلت تقانات معالجة الخرائط التقليدية بتقانات معالجة الخرائط الرقمية، وإن التحول الآلي لتلك المعالجة وعملياتها عد تحدياً تقنياً بالغ الأهمية، لكونه يعمل على الاستثمار الأمثل لقواعد البيانات الجغرافية، فضلاً عن سرعة تدقيق الأنتاج الخرائطي وتقييم النتائج للمنتجات الخرائطية المختلفة المقاييس والأغراض.

وأخذ استعمال الحاسوب الآلي في رسم الخرائط وتكنولوجيا البرامجيات المتقدمة المرافقة، ينتعش ويتطور على نحو كبير حتى أنه أخذ يطغي على الخرائط اليدوية التقليدية (Manual Maps)، إذ إن التطور السريع الحاصل في مجال الحاسوب الناتج عن ازدياد التطبيقات الفنية نتيجة سعة الحاسوب ومرونته والسرعة التي يتصف بها والدقة في إمكانياته التصميمية، انعكس على استخدام هذه التقنيات في اعداد الخرائط والتغلب

على نواحي القصور والصعوبات التي كانت تعاني منها عمليات إعداد الخرائط والأساليب التقليدية، كل ذلك جعل من عملية اعداد وإنتاج الخرائط بواسطة الحاسوب أمراً يسيراً ولاسيما في الخرائط التي تتضمن نوعاً من التعقيد في تصميمها، لما توفره من دقة في التمثيل وسرعة في الانجاز وسرعة في الخزن كما ساعدت نظم المعلومات الجغرافية (GIS) على تغيير التصميم والانتاج والمجالات التطبيقية للخرائط من خلال توفير مرونة أكبر وتكنلوجيا متقدمة.

وشهد علم الخرائط (cartography) في السنوات الاخيرة تطورات لا مثيل لها من قبل في فروعه وتطبيقاته المتعددة، فقد ظهر عدد من الاتجاهات التي تسعى في مجملها الى التكاملية بين نظم المعلومات الجغرافية GIS وتقنيات الوسائط المتعددة (multimedia) والوظائف الخرائطية ضمن بيئة الخرائط الرقمية.

1-2: مفهوم الخريطة الرقمية (Digital Map Concept):

تعرف الخريطة بانها شكل أو مخطط أو صورة مصغرة للكرة الأرضية أو جزء منها مرسومة على لوحة مستوية بمقياس رسم مناسب ومسقط محدد وممثلة عليها الظواهر الطبيعية والبشرية بواسطة رموز متفق عليها عالمياً لتكون وسيلة أو لغة عالمية للتعبير والتفاهم بين شعوب العالم المختلفة.

وأن مصطلح الخريطة الرقمية (Digital Map) يطلق على كل خريطة تنتج بعوامل تعطي مخرجات رقمية (Numerical Form) وممثلة بأرقام وإحداثيات دقيقة وهذه المراحل هي كفيلة بتحويل معالم الصورة الخطية (Image Graphical) إلى مقادير وقيم رقمية وبشكل إحداثيات ويمكن خزنها وإعادة عرضها في أي وقت بالاستعانة بالحاسوب الآلي.

وتعرف عملية تحويل الخطوط الموجودة على الخرائط إلى أرقام من الاحداثيات بالترقيم أو الرقمية (Digitizing)، وهذه الخرائط التي يتم أعدادها بواسطة الحاسوب وبالطريقة الرقمية، هي على أعلى درجة من دقة القياس والتصميم وتكون مرقمة بنظام

وشبكة من الاحداثيات وبذلك يمكن تعريف الخرائط الرقمية بأنها هي الخرائط التي ترسم بواسطة الحاسوب الآلي من خلال أحد البرامج سواء انتهى عرض الخرائط على الشاشة أم وقعت على الورق

وتعرف كذلك بأنها النظام الذي يتم بموجبه إنجاز بعض المهام الكارتوكرافية بالاستعانة ببرامج خاصة بالرسم عن طريق إدخال البيانات والتعامل معها لمساعدة المختص في اتخاذ القرارات. أو هي تلك الخريطة التي تنتج من الصور الرقمية باستخدام برامجيات الرسم الحاسوبية، وتمثل كم هائل من المعلومات والبيانات الكارتوكرافية والتي يتم خزنها في ذاكرة الحاسوب ومن السهل قراءتها وتحليلها وعرضها على الشاشة أو توقيعها على الورق. وهي بذلك تمثل الخرائط التي يدخل الحاسوب الآلي في كل مرحلة من مراحل إعدادها، وتمثل كل الخرائط التي تنتج بعوامل تعطي مخرجات رقمية ممثلة بأحداثيات دقيقة وأن هذه المراحل هي كفيلة بتحويل معالم الصورة الخطية إلى مقادير وقيم وبشكل أحداثيات (x , y) في حالة لخرائط المستوية ذات البعدين، أو (x , y , z) في الخرائط ثلاثية الابعاد، يمكن خزنها واعادة رضها في أي وقت عن طريق الحاسوب الآلي، وهي بذلك اعلى درجة في تقنية إعداد الخرائط من حيث الدقة والقياس والتصميم.

وقد ساعدت برامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في تيسير إعداد وتصميم ورسم وإنتاج الخرائط الرقمية، وذلك من خلال توفير مرونة أكبر لهذه البرامج في التعامل مع انواع البيانات المكانية (spatial) والوصفية (Properties or attributes) منها.

ويمكن ان نصنف الخرائط الرقمية الى نوعين هي:

1- الخريطة الموضوعية الرقمية (Thematic Digital Map):

وتعرف بأنها الخريطة التي تمثل حالة خاصة أو ظاهر معينة، وتظهر بأسلوب كارتوكرافي خاص، كأن تكون خريطة سكانية، خريطة استعمالات الأرض،.الخريطة

الكنتورية، وخريطة الطرق، أو خريطة الخدمات وغيرها، وتعد نوع من الخرائط المشتقة من الخرائط الاساسية (Base Maps) المرتبطة باستخدام الحاسوب والبرامجيات، لتصبح خريطة موضوعية رقمية وتتميز عوارضها بإنها لها بيانات مكانية ووصفية (spatial & Attribute data).

2- الخريطة المصورة الرقمية (Digital photo Map):

وهي عبارة عن صورة جوية أو مرئية فضائية مهمة ذات معالم مسقطة عمودية ولها خصائص هندسية مكانية كما في الخريطة التقليدية من إطار ومقياس رسم وشبكة إحداثيات وتسميات للظواهر، كما لها خاصية التمثيل الصوري والتي تعطي القدرة التفسيرية لمستخدم الخريطة، والمنتجة بواسطة الحاسوب باستخدام البرامجيات الخاصة.

3-1: مكونات الخرائط الرقمية:

تتكون الخرائط الرقمية من عدد من الشرائح أو الطبقات، إذ يتم تقسيم العناصر المتشابهة للخرائط إلى شرائح لتصنيفها واستخدامها. وتتيح تطبيقات أنظمة المعلومات الجغرافية وأغلب برامج التصميم بالحاسوب للمستخدم العمل على كل شريحة واحده مختارة أو عدة شرائح، ويتغير العمل بنظام الشرائح أو الطبقات كالآتي:

1. تقسيم الخرائط الرقمية إلى شرائح يتيح معالجة كل شريحة من البيانات على حدة بدلاً من معالجة كامل البيانات.
2. سهولة إدارة وتنظيم البيانات والمعلومات.
3. يتيح لعدة فرق عمل أو أفراد العمل على شرائح مختلفة للخريطة نفسها.
4. يقلل احتمالات حدوث الاخطاء وتركيز العمل على شريحة محددة من الخرائط الرقمية وتأمين الشرائح الأخرى.
5. يساعد على سهولة ودقة عمليات التحديث.
6. يزيد من دقة التحليلات والدراسات والمستخرجات المطبوعة وذلك بإغلاق الشرائح التي تحتوي على بيانات ليست حديثة أو غير مطبوعة.

1-4: متطلبات الخرائط الرقمية:

تقتضي عملية رسم الخرائط الرقمية ضرورة بناء مجموعة من الطبقات الخرائطية (Layers)، والتي تحتاج بذلك إلى وجود الأجهزة والبرامج المستخدمة في إنشاء الخرائط الرقمية والتي تنقسم إلى قسمين هي: الكيان المادي (الاجهزة Hardware) أي الحاسوب وملحقاته المحوسبة، الى جانب البرامجيات (software) القادرة على التعامل مع مثل هذه البيانات لتحقيق الهدف المطلوب:

أولاً: الكيان المادي (الاجهزة) (Hardware):

وتعرف باسم الأجهزة الرقمية، وتتكون من جهاز حاسوب آلي رئيسي، وذاكرة ووحدة معالجة الرسوم البيانية، ووحدة التخزين، وشاشة عرض، ولوحة المفاتيح، وأجهزة الأدخال والاخراج. وأن هذه الأجهزة متباينة في مواصفاتها، وهذه المواصفات متمثلة في السرعة وسعة الخزن والقدرة على معالجة البيانات والتصميم.

وشهدت السنوات الماضية تطوراً ملحوظاً في مقدرات وحدات الحاسوب الآلي خاصة في السرعة (2000 ميغاهرتز وأكثر)، السعة التخزينية (120 غيغابايت وأكثر)، والذاكرة اللحظية (512 ميغابايت وأكثر). هذا التطور إدى الى سرعة إنجاز كثير من عمليات التحليل المكاني في وقت قصير. وكذلك بالنسبة لأجهزة الأدخال والإخراج أصبحت أكثر دقة وأكثر ألواناً وأصبح استخدام الوسائط المتعددة (Multimedia) جزءاً منها. واستخدام الوسائط المتعددة من تكامل صوت وصورة وفديو له أهمية خاصة في فهم كثير من الظواهر الجغرافية. بالأضافة الى التطور في إجهزة الحاسوب الآلي نجد إن اسعارها قد انخفضت كثيراً عما كان عليه في الماضي.

ثانياً: البرامجيات (Software):

شهدت برامجيات رسم الخرائط تطوراً ملحوظاً خلال السنوات الأخيرة نتيجة للتطورات الحاصلة في أجهزة الحاسوب والبرامجيات، ولاسيما التطبيقات المرتبطة بها

والتي منها مجال تصميم وإنتاج الخرائط بداية من مرحلة تجميع البيانات والمعلومات إلى إدارة قواعد المعلومات الجغرافية الى استخدام هذه المعلومات في مجالات مختلفة.

ويظهر الحاسوب الآلي والبرامج الخرائطية القدرة الفائقة على معالجة الكميات الضخمة من البيانات والمعلومات اللازمة لإنشاء الخريطة الرقمية وتحليلها وتخزينها وعرضها وانتاجها بمقاييس رسم مختلفة.

وتجدر الأشارة الى إن اغلب هذه البرامج عامة الغرض وليست برامج خرائطية تخصصية، ولكن يمكن استخدامها لإنتاج الخرائط الرقمية أو للعرض فقط. وعلى الرغم من تشابه كثير من هذه البرامج في الوظائف العامة، إلا إن بعضها يتميز في بعض الوظائف عن البعض الآخر. ولهذا فمن الصعب أن نجد برنامجاً واحداً يقوم بكل الوظائف من تصميم ورسم وانتاج ونشر، مما يعني ضرورة استخدام أكثر من برنامج في كثير من الحالات.

وكمرحلة متقدمة، فلابد من استخدام البرامج الخرائطية المتخصصة، أو بعض وظائف البرامج التي توفر أهم المتطلبات الخرائطية، مثل برامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، إذ تعمل في بيئات انواع النظم الأخرى التفاعلية والتحليلية.

كما إن هنالك اتجاهاً لتضمين بعض برامج الكرافيكس (Graphics) وبعض برامج أنظمة المعلومات الجغرافية GIS في الوظائف والادوات الخاصة بالخرائط والتعامل معها ومن أمثلة ذلك برامج :

(3D Autodesk Map Guide , AutoCAD Map) كذلك برامج نظم المعلومات الجغرافية مثل (atlas, Arc GIS) وغيرها.

وكما يتضح من الجدول (1-1) فإن هناك، على سبيل المثال لا الحصر، عدداً من البرامج المستخدمة في مجال رسم وإنتاج ونشر الخرائط الرقمية المعدة للقراءة أو للعرض فقط بدون إمكانية التعديل أو التفاعل المكاني. كما إن هذه البرامج مهمة في رسم خرائط الأساس، ومن ثم تصديرها أو تحويلها الى البرامج الخرائطية التخصصية.

جدول (1-1) أمثلة من حزم البرامج المستخدمة في تصميم ورسم وإنتاج الأطالس الرقمية (الالكترونية).

البرنامج	الاستخدام
Adobe Package	يشتمل على برنامج Adobe Illustrator لرسم الخرائط في هيئة (Vector)، وكذلك تعديل وتصحيح الخرائط المرسومة في هذه الهيئة. يستخدم بكثرة في الجامعات ومكاتب رسم الخرائط والتصميم. كما يشتمل على Adobe Photoshop وهو برنامج شهير لمعالجة الصور، وكذلك برنامج Adobe Premiere لتجميع ومونتاج لقطات الفيديو الرقمية. هذا بالإضافة إلى عدد آخر من البرامج. http://www.adobe.com.
Macromedia Package	يشتمل البرنامج Macromedia Freehand وهو شبيه جداً ببرنامج Illustrator ويقوم تقريبا بنفس الوظائف. كما يشتمل كذلك على برنامج Macromedia Director ويستخدم لتجميع مكونات الملتيميديا مع بعضها البعض الآخر وإنشاء الوظيفة التفاعلية ومن ثم نشر المنتج. إضافة إلى عدد من البرامج الأخرى ومنها برنامج الفلاش Macromedia Flash الذي يستخدم لعمل الرسوم المتحركة. http://www.macromedia.com.
CorelDraw	مجموعة من البرامج للرسم CorelDraw ومعالجة الصور Corel Photo Paint؛ وإنشاء الصور المتحركة Corel R.A.V.E؛ إضافة إلى عدد من البرامج الأخرى منها برامج لتتبع الخطوط Corel Trace ؛ ونسخ صورة ما من على الشاشة أو من أحد البرامج Corel Capture. http://www.corel.com.
Microstation	يقوم برنامج الرسم Microstation برسم الخرائط الخطية، والنمذجة الثلاثية الأبعاد. http://www.bentley.com.

المصدر: محمد عوض العمري، ((الأطالس الالكترونية: المفاهيم، والخصائص وطرق التصميم والنشر، والتطورات، والاتجاهات الحديثة))، مجلة جامعة الملك عبد العزيز، كلية الآداب والعلوم الأنسانية، م17 ع1، (2009 م / 1430هـ)، ص137.

هناك فرق ما بين برامج الخرائط الرقمية وبرامج أنظمة المعلومات الجغرافية لانه ليس كل برنامج يقوم برسم الخرائط يسمى(GIS)، إذ إن:

1- برامج صنع الخرائط: هي برامج حاسوبية تساعد في رسم الخرائط ودون ربط البيانات الوصفية بالمكان، أي إن الظاهرة الجغرافية المرسومة غير مربوطة بالمكان وهي تهدف فقط إلى استبدال الطرق القديمة بطرق حديثة في الرسم ومنها برامج (AutoCAD) وغيره.

2- برامج نظم المعلومات الجغرافية: هي البرامج التي تمكن من ربط قواعد البيانات الجغرافية الوصفية بالبيانات المكانية (التفاعل المكاني)، وتستطيع إجراء عمليات المعالجة والتحليل المتكامل والنمذجة المكانية عن طبيعة العلاقة بين المتغيرات في الاماكن المختلفة والذي يعني وصف لمواقع المعالم وصفاتها الهندسية وحدودها الاتصالية فيما بينها ومنها برامج ArcGIS، MapInfo وغيرها.

ومن أهم الأنظمة والبرامجيات لانتاج الخرائط الرقمية ما ياتي:

1- برامج الكرافيكس (Graphics packages): وهي برامجيات حاسوبية والتي يمكن استخدامها لتصميم ورسم الخرائط الرقمية بوجه عام كخرائط الاساس، وذلك في صيغة خطية أو اتجاهية (vector)، وتضم هذه البرامج الأدوات اللازمة لرسم الرموز بانواعها، ولربطها بمعلومات كمية، كما تضم أدوات تصميم وإخراج تختلف من برنامج الى آخر.

2- برنامج Surfer 8.0 : هو من البرامج التطبيقية الهندسية المساحية ويتميز بأمكانيات متعددة ومنها رسم خرائط كنتورية بالابعاد الثنائية نسبة الى المحاور (x , y) المتعامدة، وكذلك رسم خرائط كنتورية ثلاثية نسبة الى المحاور (x , y , z) المتعامدة، إذ يمثل المحور (x) خط العرض والمحور (y) خط الطول، أما المحور (z) فيمثل الخاصية المراد تمثيلها (توزيعها على سطح الأرض، كما يوفر إمكانية إعداد النماذج المجسمة والأشكال.

3- برامج Mapping stategic , Map viewer: وتعد من برامج الرسم والتصميم الكارتوكرافي المتخصصة، من حيث الوظائف التي تقوم بها، وخاصة ما يتعلق بالمقياس والربط الأحداثي، وتصميم مفتاح الخريطة. وتقترب هذه البرامج من برامجيات نظم المعلومات الجغرافية من حيث تعاملها مع الخرائط، بل قد تسبقها في مجال التصميم والأخراج الكارتوكرافي، لكنها تختلف عنها فيما يتعلق بالعملية الجغرافية التي يمكن القيام بها في نظم المعلومات الجغرافية، إذ تقتصر المهام في برامجيات وضع الخرائط على آليات تنفيذ وإخراج الخرائط. وتوجد مجموعة من البرامج المتقدمة مثل برنامج (AutoCAD)' الذي يعد برنامجاً قياسياً لاعمال الرسم والتصميم الهندسي. ويمكن من أظهار المعلومات المكانية الخطية والنقطية والمساحية، وربطها بنظام إحداثيات معلوم، وتظهر كل هذه المعلومات في مشهد واحد، يمكن تقسيمه إلى طبقات مختلفة. وقد ظهرت إصدارات خاصة برسم الخرائط من برامج أوتوكاد سميت (أوتوكاد ماب – AutoCAD Map) زودت بأدوات خاصة بتصميم الخرائط. غير إن المعلومات المكانية التي تظهر على الشاشة، لا تربط بقاعدة بيانات يمكن فتحها وتعديلها، والتحكم بالرموز المعبرة عنها مباشرة.

4- برنامج AM-FM: وهو برنامج يختص بالشبكات والمخططات للبنى التحتية والخرائط المتعلقة بها، كشبكة الكهرباء والهاتف ومياه الشرب والصرف الصحي، وما يتعلق بهذه الشبكات من قواعد بيانات، وكيفية إظهار كل شبكة برموز مناسبة، كما يمكن هذا البرنامج من الربط الاحدائي بين الشبكات المرسومة ونظام إحداثيات معتمد. إذ يمكن وصف هذا النظام بأنه نوع من انظمة المعلومات الجغرافية خاص بالشبكات،اذ يمكن من خلاله القيام بعمليات التحليل الخاصة بالشبكات كتحديد المسار الأقصر من حيث المسافة أو الزمن، أو الاستفسار عن أي قطعة من مسار الشبكة، او تحديد اماكن الخلل والعطلات

في شبكات البنى التحتية من خلال ربطها بقاعدة البيانات الخاصة بها، وغير ذلك.

5- برنامج ERDAS Imagine8.4: يتكون هذا البرنامج من مجموعة كبيرة من الادوات المصممة على نحو خاص لمعالجة وتحليل بيانات الاستشعار عن بعد (RS) الذي تكون مخرجاته مدخلات في برامج أخرى في نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، كما يستعمل في عملية تحويل البيانات الفضائية من الصيغة المساحية (Raster) الى بيانات متهجية(vector) (نقطة، خط، مساحة)' وتم من خلاله اقتطاع المرئيات الفضائية الخاصة بمنطقة الدراسة والقيام بعمليات التصحيح الهندسي لها ثم بناء الصورة الملونة للمرئيات الخام، وكذلك تتم فيه معالجة المرئيات وعملية تصنيفها.

6- برنامج Global Mapper II: يعد من البرامج التطبيقية المتخصصة في التعامل مع البيانات الكبيرة في نظم المعلومات الجغرافية إذ يتمتع بالكثير من المزايا أهمها عمل تداخل (overlay) بين الخرائط المختلفة وإنتاج خرائط جديدة تحمل مواصفات مختلفة، وإجراء عملية (vectorization) التي تسمح بتحويل الشكل أو الخريطة من الشكل المساحي (الخلوي) الى الشكل الخطي الذي يفهم ويفسر داخل الحاسوب، وقدرته على تصدير (Export) معظم الأنواع الشائعة من الامتدادات (Extensions)، والتعامل المباشر مع أنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) من حيث استخراج الارتفاعات وإعداد الخطوط الكنتورية ورسم المقاطع الارتفاعية وحساب الميل (slope) اعتماداً على قيم الارتفاع واختيار منطقة معينة عن طريق خاصية القص، وإجراء القياسات المختلفة للمسافة والمساحة والحجم وإخراج الأشكال ثلاثية الابعاد.

7- برنامجArcGIS: يعد هذا البرنامج من أهم البرامج التي تصدرها مؤسسة (ESRI) الأمريكية، ويوفر هذا البرنامج بيئة عمل متكاملة لبناء الطبقات

وإعداد الخرائط والاشكال، كما يسهل الكثير من المهام التي يتطلب القيام بها عمل مكثف، ويتيح إمكانية إعداد قاعدة بيانات جغرافية مركزية تستعمل كمخزن للبيانات المكانية وربطها مع بعضها بعلاقات وتوليد بيانات جديدة، كما تجنب المستخدمين المشاكل الناجمة عن تجزئة حزم الرسم التقليدية.

وهو من أهم برامج نظام المعلومات الجغرافي (GIS)، والتي تمثل نظام إدارة قاعدة بيانات مبرمجة لجمع وخزن وتحليل وعرض البيانات، وله القابلية على تثبيت المواضيع ورفدها وعلاقتها ببعضها، وعلى هذا الأساس يمكن بواسطة هذا النظام إعداد خريطة رقمية أو صورة رقمية للواقع وسنتطرق بتفصيل اكثر عن هذا البرنامج المهم في الفصل الخامس من هذا الكتاب.

1-5: مراحل إعداد الخريطة الرقمية:

تمر مرحلة إعداد الخريطة الرقمية بست مراحل مهمة تكون الأعمدة الرئيسية في اعداد الخرائط الرقمية وإنتاجها، فضلاً عن المراحل الأولية في الاعداد وهي (الشكل 1 -1):

أولاً: المرحلة الأولية في الاعداد وتشمل:

1. تحديد الغرض من الخريطة.
2. تحديد منطقة الدراسة ومساحتها.
3. تحديد واختيار مقياس رسم الخريطة.
4. تحديد نوع المسقط الذي يلائم الغرض من الخريطة.

ثانياً: مرحلة جمع البيانات والمعلومات المكانية للخرائط الرقمية ومصادرها:

تعد عملية جمع البيانات والمعلومات المكانية من مصادر مختلفة أولى عمليات إنتاج الخريطة الرقمية الفعلية. ويمكن أن تشمل على أي ظاهرة أو معلومة يمكن تمثيلها خرائطياً من خلال الموقع والوصف. ويوضح الشكل (1-2) أهم مصادر البيانات المكانية المستخدمة في انتاج الخرائط وبناء وتحديث قواعد نظم المعلومات الجغرافية، وطرق ادخالها الى الحاسوب أو تحويلها الى هيئة رقمية عند الحاجة وذلك في انموذج عام

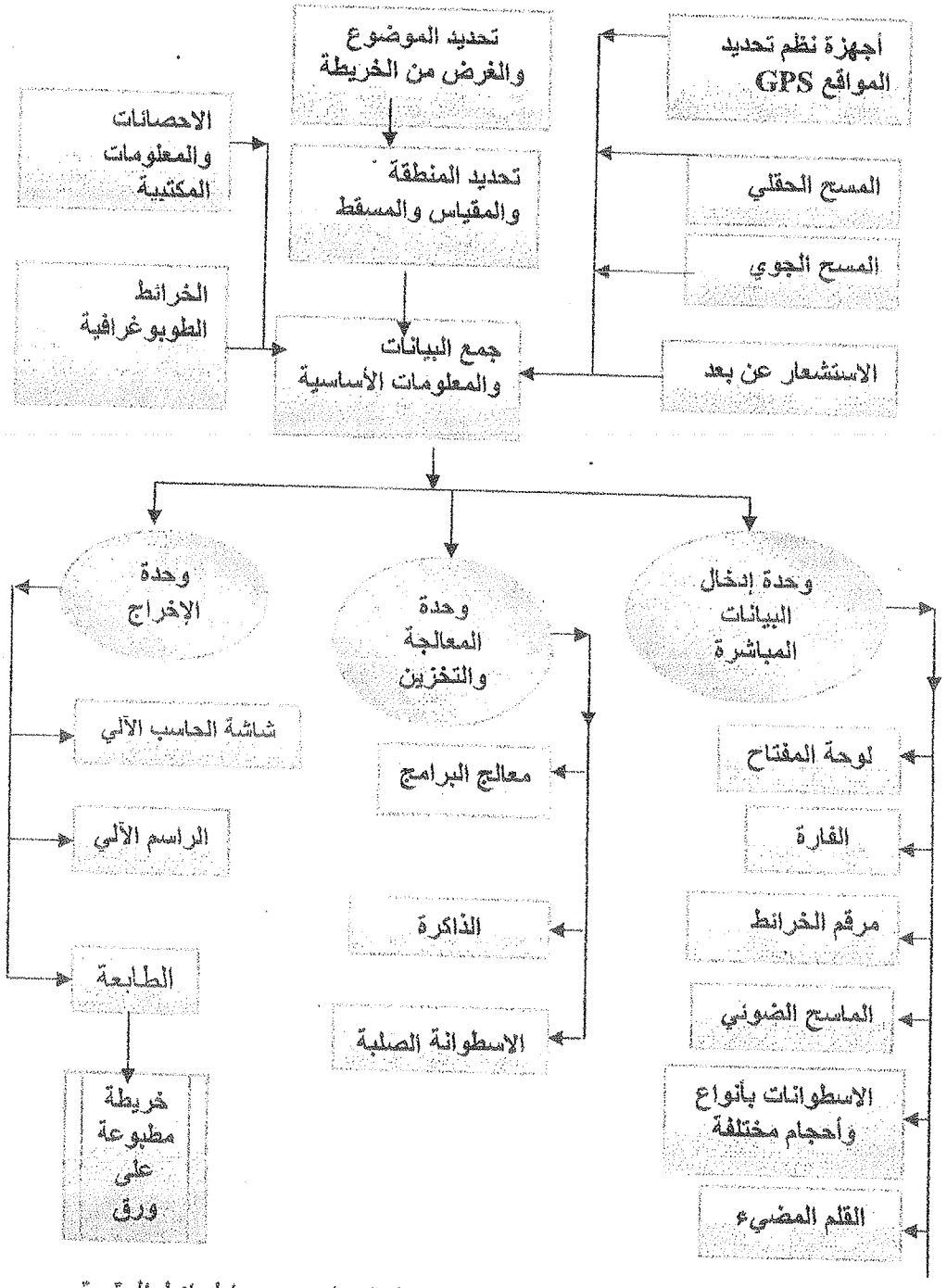
جداً. ويمكن ايجاز أهم المصادر الأساسية للبيانات والمعلومات المكانية سواء كانت أولية أو ثانوية:

1 . الخرائط (Maps):

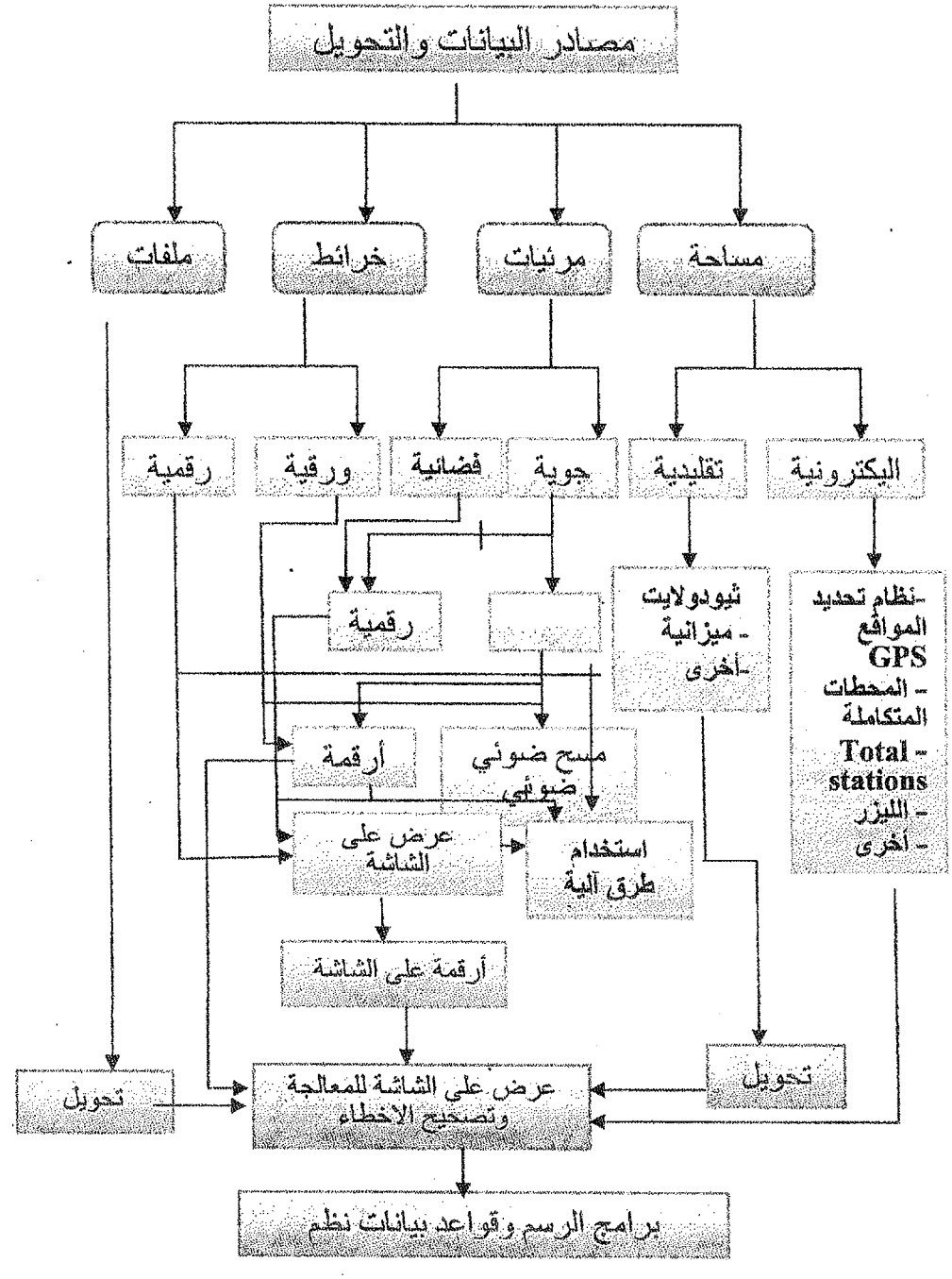
تعد الخرائط الورقية أفضل مصادر البيانات الجغرافية، وكذلك أيضاً بعض المصادر الورقية الأخرى التي قد تشمل على المخططات والرسوم التوضيحية والوصفية، بالنسبة للخرائط الرقمية، وذلك لكون كل خريطة لابد أن تحتوي على تركيب مرجعي قوامه الاحداثيات الفلكية كما هي الحال في الخرائط الصغيرة المقياس أو الاحداثيات المترية في الخرائط المتوسطة والكبيرة المقياس، وبالتالي يمكن التعرف على احداثيات أي ظاهرة فيها والى جانب ذلك تحتوي الخرائط على حدود غير مرتبة لبعض التقسيمات التي قد تكون اساس لبناء قواعد البيانات مثل حدود قطع الاراضي والحدودة الادارية والتي لا يمكن ان تظهر على أي مصدر أخر من المصادر الهامة للبيانات كالمرئيات الفضائية والصور الجوية. مثل الخرائط المرجعية (Reference Maps) التفصيلية ذات مقياس الرسم الكبير التي أنشأت بطرق المساحة الحقلية التقليدية (Field Surveying) وخرائط أخرى مختلفة المسقط ومقاييس الرسم، وقد تكون مختلفة أيضاً في مستوى الدقة وتاريخ الانتاج بحيث يفوق قدرة الخرائطي في التعميم و التصميم الخرائطي وتنقل تلك البيانات على لوحة التجميع.

ولم تفقد الخرائط والمصادر الورقية الاخرى قيمتها، في البلدان غير المتقدمة خرائطياً بوجه خاص، كمصدر اساسي للبيانات التي يجب ان تمر بعدد من العمليات الكارتوكرافية وتهيأتها وقد تتعرض لبعض الاخطاء التي سوف تنتقل للخريطة الرقمية، خاصة فيما يتعلق بالبيانات الاساسية مثل خطوط الكنتور (Contour Lines) والمناسيب وبعض البيانات الأخرى التي لا يطرأ عليها تغيير سريع. فنجد إن الخرائط الطوبوغرافية أو الكنتورية تعد مصدراً هاماً لانتاج النماذج الارضية الرقمية ثلاثية الابعاد (Digital Terrain Modeling DTM) في ظل عدم توفر المصادر الرئيسة لانتاج مثل هذه النماذج.

كذلك فان لها أهمية كبرى لاستخدامها كمرجع جغرافي للتصحيح الهندسي لصور الاقمار الاصطناعية وأيضاً استخدامها كخريطة أساس (Base Map). من ناحية اخرى نجد ان قدم الخريطة لا يعني انعدام فائدتها بشكل مطلق، بل قد يكون أساس أهمية الخريطة من وجهة نظر تاريخية، ومن الامثلة على ذلك خرائط الحدود السياسية وخرائط تطور المدن.



الشكل (1-1) مخطط انسيابي يوضح مراحل اعداد ورسم الخرائط الرقمية



الشكل (1-2) المصادر الرئيسية للبيانات الجغرافية وطرق التحويل الرقمي

2. البيانات الاحصائية الرسمية:

وهي البيانات والمعلومات الاحصائية التي تقوم الدوائر والاجهزة والمنظمات الوطنية والدولية ذات الاختصاص بجمعها، ويمكن تصنيفها الى اربعة مجموعات هي:

أ- البيانات العالمية أو الدولية: وهي البيانات الاحصائية التي تشير على مستوى العالم بانتظام، فإذا ما كان المطلوب بناء قاعدة معلومات على مستوى دول العالم أو مجموعة من الدول يمكن الرجوع إلى مثل هذه الاحصائيات لاستخلاص البيانات الوطنية اللازمة.

ب-البيانات الوطنية: وهي البيانات على مستوى الدولة بأقسامها الادارية المختلفة، ولعل أبرز أمثلتها التعدادات السكانية والزراعية والصناعية والسجلات الحيوية وسجلات الهجرة ونتائج المسوحات بالعينات ونشرات الارصاد الجوية.

ج- سجلات منشورة وغير منشورة خاصة بالوزارات والهيئات والمؤسسات التي تتولى الأشراف والادارة والتنفيذ لعدد من المشاريع المختلفة وتصمم قوائم طويلة من الموضوعات التي تتوفر لها البيانات الاحصائية والتي تسهم في بناء المعلومات الوصفية لقواعد البيانات الخاصة للخرائط الرقمية.

د- الملفات الرقمية الجاهزة (Existing Data Files):

تقوم الكثير من الجهات سواء كانت حكومية أو أهلية أو دولية بجمع البيانات في هيئة رقمية أو تحويل المتوفر منها الى هيئة رقمية وتخزينها في ملفات يمكن تداولها بين جهات مختلفة وفق اتفاقات معينة. هذه الملفات تشتمل على المعلومات والبيانات الجغرافية والبيئية والاجتماعية والاقتصادية والديموغرافية التي يمكن الاستفادة منها في اعداد الخرائط الرقمية. ومع لهذا النوع من مصادر البيانات والمعلومات من أهميته كبرى، إلا ان الاعتماد عليه لا يخلو من العوائق التي تختلف من بلد الى آخر ومن مؤسسة الى اخرى. ومما تجدر الاشارة اليه انه يجب التأكد، عند استخدام مثل هذه الملفات، من ان هيئة الملفات متوافقة مع البرامج المستخدمة أو ان إمكانية تحويلها متوفرة بالشكل الذي

يضمن عدم تأثر جودة البيانات والمعلومات بمثل هذا التحويل. على الرغم من التقدم الكبير في وسائل جمع وتحديث البيانات بالطرق الرقمية، إلا ان هناك كم هائل من البيانات والمعلومات لازال في حالة تناظرية تقليدية. اضافة لذلك فان كثير من البدول، خاصة دول العالم الثالث، لا تزال تجمع وتحدث البيانات باساليب تقليدية.

3. طرق المسح الارضي (Surveying Methods):

تعد عملية جمع البيانات والمعلومات الجغرافية باستخدام طرق المسح الارضي باختلاف انواعها واحدة من أهم وأقدم، وكذلك أدق الطرق، إذ لازالت تستخدم بشكل كبير لجمع المعلومات اللازمة لانشاء الخرائط والمخططات ذات المقاييس الكبيرة جداً خاصة في حالة عدم وجود أي مصدر آخر بديل، ومع ذلك تعاني عمليات المسح الأرضي من الجهد الكبير والوقت الطويل وارتفاع التكاليف كلما كبرت المنطقة المطلوب مسحها، لهذا يضطر رسام الخرائط الى البحث عن مصادر أخرى للبيانات الجغرافية مثل (الخرائط، المسح الجوي، الاستشعار عن بعد) ولا يلجأ لاسلوب المساحة الارضية، إلا اذا كانت المنطقة صغيرة الى حد ما بحيث تنتهي امكانيات الباحث للقيام بعمليات المسح وتعتمد اعمال المسح الارضي في قياس نقاط الضبط الارضي (Ground Control Points) لغرض عمليات التعريف الاحدائي للصور الجوية أو المرئيات الفضائية، أو لتحديد مواقع العينات وقياس سمك غطاءات المفتتات والتربة وكذلك تحديد نوع الوجه الظاهر من الطبقات الصخرية أو نوع الغطاء الارضي السائد وغيرها.

ولكن بالرغم من هيمنة وسيادة استخدام الاجهزة وطرق المساحة الارضية التقليدية لمدة من الزمن، إلا ان الاتجاه الآن يسير بخطى حثيثة نحو التقنيات الرقمية الحديثة.

ومن امثلة هذه التقنيات المساحية الرقمية الحديثة، اجهزة نظام تحديد المواقع العالمي (Global Positioning System; GPS)، والمحطة المتكاملة (Total Station) اللتان سوف نتناولها في الفصول القادمة.

وظهرت وانتشرت كذلك الاجهزة الرقمية المتكاملة والمحولة والخاصة بجمع المعلومات المكانية في الميدان، مثل انظمة الاقلام الآلية أو المحوسبة (Pen Computer–Based System) وتقنيات الانظمة المتنقلة (Mobile System) والتي تتكون من (نظام تحديد المواقع العالمي GPS، نظام ملاحة المركبات، وكاميرا رقمية للتصوير الفديوي والثابت)، والتي يمكن من خلال هذه التقنية انتاج خرائط حية مباشرة (On – Line Maps).

4. تقنيات الاستشعار عن بعد (Remote Sensing):

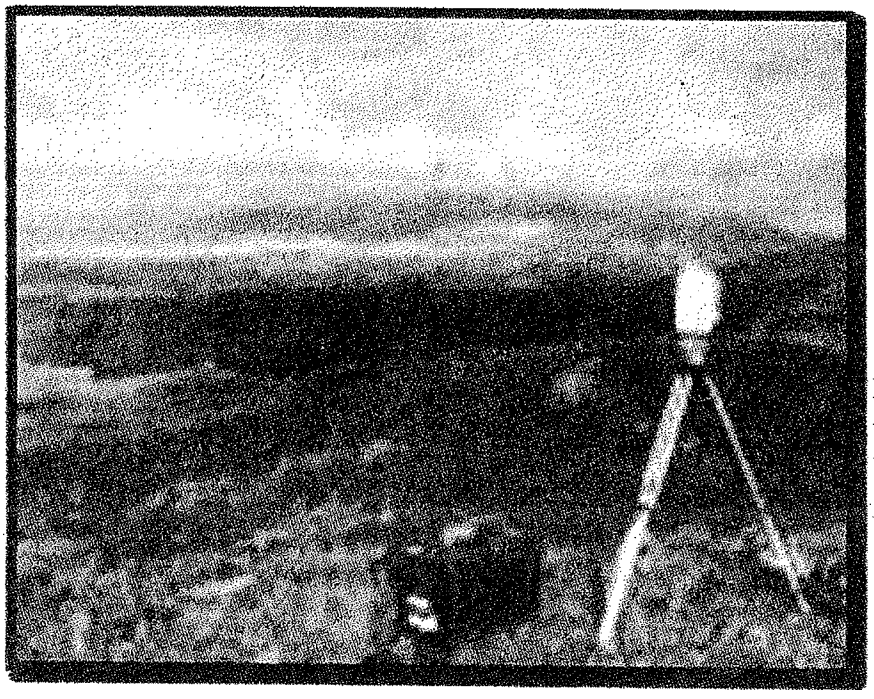
وهي تقنية قياس ورصد ظاهرات سطح الارض من بعد دون لمسها أو الوصول الى مواقعها وذلك باستعمال الطائرات والاقمار الاصطناعية التي تعمل على الرصد المتكرر لسطح الارض ومراقبة تغيراته القصيرة والطويلة الأمد، ويشبه الاستشعار عن بعد في كثير من الوجوه، عملية القراءة، فهناك مستشعرات (Sensors) مختلفة تجمّع بواسطتها من بعيد معطيات يتم تحليلها للحصول على معلومات (Informations) حول أجسام أو مناطق أو ظواهر نود دراستها.

وأصبح لتقنيات الاستشعار عن بعد دور بارز في اعداد الخرائط الرقمية وانتاجها وكذلك في الدراسات التطبيقية الاخرى، بناءاً على ما تضيفه كل تقنية جديدة من قدرة حاسوبية ولمسة آلية أو توماتيكية لهذا العلم. وتوالت الكثير من الانجازات الحاسوبية والتقنية وصاحبها تقدماً في آلات التصوير الجوي والاقمار الاصطناعية وكذلك التقدم التقني المذهل في مجالات اجهزة الاستشعار الرقمية Digital Sensors، هذه الآلات التي استغنت عن افلام التصوير وبدأت في التعامل المباشر مع الصورة الجوية والمرئية الفضائية، فتحت باباً حديثاً وآفقاً غير مسبوقة في التحام قوتي الحاسب الآلي وعلوم المساحة الجوية والفضائية، لتعطي مستوى عالي من الكفاءة في تحليل البيانات المتنوعة وتحويلها الى خرائط رقمية.

ويمكن تصنيف تقنيات الاستشعار عن بعد الى ثلاثة أنواع بالاعتماد على موقع التقاط الصورة أو المنصة الحاملة للمستشعر (Plat forms) وهي:

أ- المساحة التصويرية الأرضية (Terrestrial Photogrammetry):

وتتم من خلال آلات تصوير موضوعة على حامل على سطح الارض، الشكل (1-3) أو توجه من محطات أرضية (Ground – Based Cameras)، ويغلب استخدام هذا النوع في اعداد مخططات وخرائط للأبنية والمنشآت الهندسية والاماكن التراثية والأثرية، وللتدقيق في مسببات حوادث المرور. وتتميز الصور في هذه الطريقة بانه يمكن تحديد محطات التقاطها بدقة، وغالباً ما تكون هذه الصور محدودة الاتساع.



الشكل (1-3) آلة تصوير أرضية Terrestrial Camera

ب- المساحة التصويرية الجوية (Aerial Photogrammetry):

وهو العلم الذي يهتم بدراسة سطح الارض والحصول على القياسات الحقيقية من الصور الجوية (Aerial Photographs) الملتقطة بواسطة كاميرا أو متحسسات محمولة بالطائرات، وتفسيرها للتعرف على الظواهر الطبيعية والبشرية، نظراً لأن الصور الجوية ملتقطة على المحور العمودي الذي يختلف عن محور رؤية الانسان العادية للأشياء.

والصور الجوية هي المصدر الرئيسي لمعظم الخرائط وبالتالي تعد أهم مصادر البيانات الجغرافية وتتميز بالقدرة التمييزية العالية وتحقيق الرؤية المجسمة لسطح المجسمة لسطح الأرض خلال الفحص الستريوسكوبي المجسم لزوج من الصور المتداخلة وكذلك تكوين صورة شمولية واحدة واضحة لمنطقة واسعة من خلال ما يعرف بالموزائيك (mosaic) أو النماذج الرقمية الأرضية (Digital Terrain Models; DTM).

ج. المساحة التصويرية الفضائية (Space photogrammetry):

تتم هذه بواسطة الآت تصوير أو مستشعرات(متحسسات) محمولة داخل الاقمار الاصطناعية أو المركبات الفضائية التي تدور حول الكرة الأرضية من ارتفاعات شاهقة (عدة مئات من الكيلومترات) وهذه النوعية من الصورة تستخدم في عمل الخرائط ذات المقاييس الصغيرة والمتوسطة وفي مجالات متعددة تتعلق بشؤون البيئة والمصادر الطبيعية والسياحية والتخطيط واستعمالات الأرض والأرصاد الجوية ودراسات الفضاء، فضلاً عن المجالات العسكرية المتعددة. وتوجد العديد من الأقمار الاصطناعية لتلبية الأحتياجات المختلفة لمستعملي البيانات وأعطاء مدى واسع من المعلومات المكانية والزمانية والطيفية، منها على سبيل المثال لا الحصر (Quick Bird, Landsat, Spot Ikonos). وسيخصص الفصل الرابع في هذا الكتاب الى تقنية الاستشعار عن بعد باعتبارها احد اهم التقنيات الجغرافية الحديثة.

5. مصادر خارجية

يقصد بها شبكات المعلومات والتي أستحدثت وأصبحت تقدم وتوفر كميات كبيرة من البيانات والمعلومات ويمكن تقسيمها إلى:

أ. شبكات داخلية مثل تلك التي توفرها بعض المؤسسات العلمية ونذكر منها شبكة مركز المعلومات، ودعم أتخاذ القرار بمجلس الوزارة وأكاديمية البحث العلمي والتكنولوجي والمكتبات الجامعية.

ب. شبكات خارجية ويأتي على رأسها المعلومات الدولية (الانترنيت (Internet) والتي أصبحت مقصداً لجميع الباحثين عن العلم والمعرفة نظراً لما توفره من بيانات ومعلومات عن شتى الموضوعات وبدقة عالية وحداثة تكاد تكون في تاريخ الحدث نفسه والبحث عنه.

ثالثاً: مرحلة ادخال البيانات الى الحاسوب:

تختلف وتتنوع طرق ادخال البيانات الى الحاسوب حسب نوعية البيانات والهيئة التي توجد عليها وكذلك حسب تركيب وتنظيم هذه البيانات داخل الحاسوب. ومن المسلم به فأن عملية بناء قاعدة بيانات تاتي في المقام الأول أو تحديث محتواها يتطلب توفير البيانات والمعلومات الملائمة أولاً. ثم استخدام الطريقة والوسيلة المناسبة لتهيئتها ونقلها الى قاعدة البيانات داخل الحاسوب.

وتدعى عملية إدخال المعلومات والبيانات الخاصة بالخرائط الى جهاز الحاسوب بعملية التوقيع الرقمي او الترقيم (Digitization) التي تعرف على انها العملية التي تقود الى انتاج آلي للوحدات في جميع مراحلها.

وتسعى عملية تحويل خريطة ورقية مطبوعة الى الهيئة الرقمية يمكن قراءتها على الحاسوب الآلي وذلك بإدخال الاحداثيات الجغرافية للمعالم الجغرافية، ويمكن ان تكون عملية إدخال البيانات هذه مباشرة عن طريق أجهزة ومعدات الأدخال. أو بطرق غير مباشرة بالأستعانة ببرامج تحويل البيانات من أنظمة مختلفة الى نظام واحد ، ويتم حفظ

هذه الاحداثيات وعناصرها في قاعدة بيانات خاصة بعملية الترقيم.

تطورت وتنوعت طرق ووسائل نقل المعلومات المكانية من هيئتها ومصادرها الأصلية إلى داخل الحاسوب والى قواعد البيانات تحديداً، وحظيت بأهتمام كبير خاصة من قبل الباحثين وكذلك الشركات المتخصصة للوصول الى أفضل الطرق في وقت قصير وبجهد وتكلفة اقل مع الحفاظ على دقة المعلومة وايضاً كمالها وصحتها.

وتعد البيانات والمعلومات الجغرافية بمنزلة الهيكل العظمى الذي تستند اليه بقية البيانات والمعلومات وتدور حوله جميع العمليات التي تنفذ بنظم المعلومات الجغرافية وهي البيانات والمعلومات التي ترتبط بها البيانات الوصفية أذ أن القاعدة الأساسية في نظم المعلومات الجغرافية هي وجود مكان جغرافي او مرجعية جعرافية يتحدد من خلال احداثيات ومن خلال مكوناته الجغرافية، كخط الحدود، وخط الساحل، والشبكة المائية، وشبكة الطرق والمدن الرئيسية وغير ذلك من المظاهر الجغرافية التي تعطي المكان المحدد بأحداثيات هويته الجغرافية.

وهناك طريقتان لتعامل الحاسوب مع البيانات والمعلومات التي تدخل اليها:-

1. طريقة التوقيع او الترقيم اليدوي (Manual digitization):

وتتم هذه الطريقة باستخدام النظام الخطي او المتجهي (Vector) وهو نظام يقوم على أساس خطي ومساحي إذ أن كل خط على الخريطة ممكن أن يرسم من عدة نقاط ولكل نقطة احداثيات معينة مرتبطة بقيم رقمية معينة ويتيح النظام رسم الخطوط بكافة اشكالها سواء كانت متقطعة أو متصلة أم منفصلة أو أي شيء آخر أما المواقع النقطية فيتم التعبير عنها من خلال احداثيين. والإشكال المساحية يتم التعبير عنها من خلال مناطق مغلقة ذات جزيئات صغيرة تعرف بمضلع الشكل المساحي (Polygon).

2. طريقة التوقيع المساحي او الخلوي (digitization Raster):

تعتمد هذه الطريقة على تعاملها مع مختلف الظواهر المطلوب رسمها على الخريطة ولكن على شكل مربعات صغيرة تعرف بعنصر الصورة (Pixel) او (Mech) إذ يتم

الرسم عن طريق هذه المربعات ، إذ يكون لكل مربع قيمة معينة فتتوقف دقة الخريطة على كبر أو صغر هذه المربعات التي عادة ما يكون طول ضلعها عشر المليمتر مما يجعلها غير مرئية بالعين المجردة والتي قد تصل الى (1000) مربع أو (Pixel) في المليمتر الواحد.

وتعتمد طريقة التوقيع اليدوي على الرسم نقطة تلو نقطة ولهذا فهي تستنزف وقتاً وجهداً إذا ما قورنت بطريقة التوقيع المساحي، بينما تتميز الطريقة الاولى بإمكانية المستخدم في تحديد وتصليح المعلومات اولاً بأول من خلال الشاشة، في حين يصعب تعديل المعلومات التي دخلت بطريقة التوقيع المساحي لانها دخلت مسحاً كوحدة واحدة أو صورة واحدة. كما يمكن تحويل البيانات المتسامته الى بيانات متجهه باستخدام برامج خاصة

للتحويل بين هيئتي البيانات المساحية (Raster) والخطية (Vector)، وتسمى هذه البرامج (Raster to vector; R2V). وهناك عمليتين يمكن من خلالها ايضاً ادخال البيانات الرقمية مباشرة الى الحاسوب بدون الاعتماد على طريقتي التوقيع السابقتين وهما: -

1. عملية التأليف (Compilation) أي عملية أخذ الاحداثيات (x,y) من نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) أو من(Coordinate Geometry Go Go) الاتجاهات والقياسات المساحية لانشاء الخرائط مباشرة بدون أي وسيلة أدخال.
2. عملية التوريد (Importing): ومن خلال هذه العملية يتم تحويل بيانات الخرائط الرقمية التي تنشأ في عدة نظم برمجية وايراد بياناتها الخرائطية من برمجيات (Auto CAD,GIS CAD) وهي شائعة جداً لان العديد منها يحول الخرائط الورقية صيغة الـ(CAD) قبل ادخالها في الـGIS.

- أجهزة ومعدات الادخال (Input units):

يتم إدخال البيانات الجغرافية والبيانات الوصفية التي تم الحصول عليها من المراحل الاولية بعد توافرها، والتي لابد من معالجتها وتحويلها الى بيانات رقمية معرفة للحاسوب ومفهومه من إجل معالجتها وهناك عدة رسائل لأدخال البيانات والمعلومات هي:

1. لوحة المفاتيح (Key board): وتستخدم لأدخال الخصائص المكانية والوصفية أي ادخال البيانات المنصوصية والرقمية الى قاعدة البيانات، ومن خلالها يمكن اضافة الرموز والارقام على ملفات الخرائط الرقمية المخزونة داخل القرص الصلب (Hard Disk) في الحاسوب.

2. جهاز الماسح الضوئي (Scanner): ويستخدم لعمل مسح للخرائط والصور الجوية المطلوبة وتحويلها الى ملفات صورة داخل الحاسوب. وتتطلب الخرائط عموماً والصور الجوية على وجه الخصوص نوعية من الماسحات ذات دقة هندسية (Geometric Accuracy) ودرجة وضوح مكاني (Spatial Resolution) عالية وكذلك حجم كبير نسبياً. وبالرغم من ان هناك انواع مختلفة من اجهزة المسح الضوئي الا انها تتبع في تركيبها وفي عملها المبدأ نفسه تقريباً. وتأتي الماسحات الضوئية عموماً في نوعين رئيسيين:

إما لمعالجة الوثائق الملونة أو الوثائق ذات اللونين الابيض والاسود فقط كذلك فأن انواع اجهزة المسح الضوئي تتدرج من الانواع اليدوية محدودة الغرض، الى تلك الانواع ذات الاحجام الكبيرة والدقة العالية والتي تستخدم في الاعمال الخرائطية وأعمال الانتاج الفوتوغرافي المتخصصة التي تتطلب دقة عالية.

ونظام المسح الرقمي تعد افضل طريقة تتبع مسار الخط واتجاهه. في هذا النظام يتم مسح الصور الجوية المجسمة أو الخريطة المصدرية بتقسيمها لمسارات لا يتجاوز سمك الواحد 25 مليمتر، فيتم تسجيل جميع النقاط التي يمر فوقها جهاز المسح. وفي الوقت الحاضر يتم جمع البيانات والمعلومات من الصور الجوية بواسطة اجهزة التوقيع او الراسمات الاستريوسكوبية يتم عرض الصورة المجسمة ثلاثية الابعاد او شفها على منضدة الرسم، ويتم الادخال الرقمي بتسجيل الاحداثيات السينية والصادية لكل معلّم في الصورة المجسمة آلياً مع إضافة الاحداثي العمودي. وينتج عن هذه الطريقة قاعدة بيانات جغرافية وطوبوغرافية لإنتاج خريطة رقمية بمقياس رسم حسب الغرض

المستهدف وحاجة المستخدم.

3. **جهاز التوقيع بواسطة الاحداثيات (Digitizer Table)**: يعمل على نقل تفاصيل الخريطة المراد رسمها بواسطة الاحداثيات (X,Y) للنقاط الراسمة للخط ويتركب هذا الجهاز من لوحة الكترونية تكون عليها معظم أوامر البرنامج وقلم خاص (Stylus) وهذه الوسيلة مهمة إذ يمكن نقل الخريطة من على اللوحة إلى الشاشة عن طريق إمرار القلم على تفاصيلها ليتم عرضها على الشاشة.

4. **المؤشر (Mouse)**: وهو جهاز تأشير ويعتبر وحدة من وحدات الادخال يستعمل في التأشير على بيانات الصور الرقمية لاجراء المعالجة الصورية وإجراء المسح بالشاشة من خلال عملية أخذ الصور العمودية المرقمة أو صور الخرائط الممسوحة وعرضها على الشاشة وتتبع الخطوط وبقية الصفات من الصورة مع المؤشر لإنشاء ملف رقمي يدعى احياناً بالترقيم الرأسي.

5. **القلم المضيء (light pen)**: وهو عبارة عن قلم في مقدمته خلية ضوئية (photo) يتصل بجهاز الحاسوب عن طريق سلك من خلاله يتم إدخال المعلومات والرسوم لبعض البيانات والمعلومات وبعض الخرائط من الورقة إلى شاشة الحاسوب مباشرة.

6. **الكاميرا الرقمية (Digital Camera)**: وتكون بأنواع مختلفة وذات مواصفات متنوعة تقوم بالتقاط الصور المتعددة ويمكن التقاط صورة للخريطة الاساس وادخالها الى الحاسوب الآلي. والصورة الملتقطة بواسطة الكاميرا الرقمية لا تكون بدقة ووضوح الماسح الضوئي، مما يقلل من استخدامها في مجال توقيع الخرائط.

7. **مشغل الاقراص المغنطة (Magnetic Disk Drive)**: وتعد من وحدات الادخال غير المباشرة، وهو عبارة عن جهاز يقوم بقراءة البيانات من على

الاقراص الممغنطة وينقلها الى ذاكرة الحاسوب وهذه الاقراص تكون على ثلاثة انواع هي القرص الصلب والقرص المرن والقرص المدمج CD.

8. منظومة تحديد المواقع العالمي **Global positioning system (GPS)**: أضاف هذا النظام إمكانية جديدة لتجميع البيانات المتجهة وهو نظام يعتمد على الاقمار الاصطناعية للحصول على احداثيات النقطة التي يقف المستخدم عندها بدقة قد تصل الى اجزاء المتر، مع إمكانية تجميع البيانات الوصفية أو السمات مباشرة وتخزينها في جداول سابقة التعريف، تنقل هذه الخرائط والجداول فيما بعد الى الحاسوب ويمكن تصديرها الى معظم الهيئات الشائعة في نظام المعلومات الجغرافية.

رابعاً: مرحلة معالجة البيانات ورسم الخرائط:

أن هذه المرحلة والعمليات المرافقة لها تكون الركيزة الاساسية في تصميم الخرائط الرقمية بعد ان تم ادخال البيانات الى الحاسوب ثم تكوين قاعدة البيانات (Data Base) التي جمعت بأحد الطرق التي ذكرت سابقاً، وتعرف هذه العملية ايضاً بعملية (التعريف الاحداثي) ويقصد بها جعل كل نقطة على الصورة ذات تعريف احداثي كما لو كانت على الارض، اذ ان كل نقطة على الصورة التي تم ادخالها لا تتوافق في احداثياتها مع نظرائها على الارض. وتتعدد البرامج الحاسوبية التطبيقية التي تهتم بمعالجة البيانات والحصول منها على رسومات وخرائط وجداول، وهذه البرامج هي التي تتعامل مع البيانات وتحويلها الى أشكال ورموز مناسبة.

خامساً: مرحلة الاخراج (طباعة الخرائط الرقمية):

أن هذه المرحلة تعد المرحلة الاخيرة في الاعداد والانتاج بالطرائق الرقمية وان طباعة البيانات والخرائط على الورق، هي اكثر الطرائق في اخراج البيانات لكون الورقة من اهم الوسائل المستعملة سابقاً وهناك عدة وسائل لاخراج العمل الكارتوكرافي، وهي:

أ. اجهزة العرض (Display Device) (المخرجات الرقمية) وهي تلك المخرجات التي يتم عرضها على شاشة الحاسوب.

ب. أجهزة الاخراج للرسومات Plotters ومن بين هذه الاجهزة:-

1. أجهزة الرسم بالاقلام Pen plotter
2. اجهزة الرسم بريش الحبر Inkiest Plotters
3. اجهزة الرسم من النوع الالكتروستاتيكية Electrostatic Plotters
4. اجهزة الرسم الاوفسيت Offset Plotters
5. اجهزة الطباعة الليزرية Laser Printers
6. اجهزة الطباعة النقطية Dot Matrix Printers

سادساً: مرحلة انتاج الخرائط الرقمية:

إن البرامج الكارتوكرافية في رسم الخرائط أصبحت اليوم كفيلة لكافة العمليات في الاعداد والانتاج الى جانب الاجهزة المتمثلة بالحاسوب وملحقاته وتحت اشراف الكارتوكرافي، ولكن الحاسوب استعاض عن كثير من اعداد رسامي الخرائط الذين كانوا يؤلفون مجموعة عمل لانتاج ورسم خارطة ما، اما الحاسوب اصبح يتكفل في هذه المسائل واصبحت عمليات الرسم تجري بسرعة فائقة وكذلك عمليات الانتاج المتمثلة في المرحلة النهائية من الاعداد وعمليات خزن الألوان من خلال الماسح الضوئي (Scanner) الذي يعمل مرتسمات ألوان تسمى هذه العملية بالمفراز الذي يعمل على افراز الألوان ويعد لكل مرتسم بعض الاوامر من الحاسبة وعمليات الطبع تجري من خلال اعطاء الاوامر بالنسخ والطبع. وتستطيع البرامجيات إنتاج خرائط موضوعية رقمية للمعالم الجغرافية، ويعني ذلك إظهار السمات أو البيانات الوصفية بأسلوب رسومي، ويؤدي تغيير مظهر المعالم الى جعل المعلومات أكثر وضوحاً، بتغيير لون المعلم أو نمط الخط المرسوم به أو ترميزه برمز خاص، أو حتى كتابة أحد قيم البيانات الوصفية لكل معلم من المعالم على الخريطة. يمكن مثلاً استخدام دوائر اكبر لترميز المدن ذات عدد

السكان الاكبر أو استخدام خطوط عريضة لترميز الطرق ذات الكثافة المرورية العالية او استخدام اللون الازرق لترميز انابيب المياه التي مر على تركيبها اكثر من 20 عام.

سابعاً تدقيق النتائج (دقة الخريطة الرقمية) Accuracy:

يقصد بدقة البيانات الرسومية (الخريطة الرقمية) مدى مطابقة هذه البيانات لواقع الظواهر الجغرافية من حيث مطابقتها للموقع والشكل. يمكن استخدام معيار كمي هو جذر متوسط مربع الخطأ (Mean Root Square Error; RMS) لتحديد مدى مطابقة المواقع التي تمثلها البيانات الرسومية للواقع. ولحساب هذه القيمة يقوم المستخدم بتحديد عدد من النقاط بصورة عشوائية فوق الخريطة الرقمية، ثم يقوم بتفريغ إحداثيات موقعها كما هي مسقطة في الخريطة الرقمية، ثم تكرر العملية بالنسبة لهذه النقاط على الواقع حيث يمكنه استخدام اجهزة نظام التوقيع العالمي (Global Positioning System; GPS) لتحديد احداثيات هذه النقاط الواقعية ثم يتم حساب جذر متوسط مربع الخطأ باستخدام المعادلة التالية:-

$$RMS_y = \sqrt{\frac{\sum_n (y_d - y_r)^2}{n}}, \quad RMS_x = \sqrt{\frac{\sum_n (x_d - x_r)^2}{n}}$$

$$RMS = \sqrt{\frac{(RMS_x)^2 + (RMS_y)^2}{2}}$$

حيث ان: (n) = عدد النقاط

(Xd,Yd): احداثيات النقطة كما هو مسقط في الخريطة الرقمية.

(Xr,Yr): احداثيات النقطة كما تم تحديدها حقلياً.

(RMSx,RMSy): جذر متوسط مربع الخطأ في الاتجاه الافقي والاتجاه الرأسي (العمودي) أي الازاحة في الاتجاه الافقي والاتجاه العمودي.

وتعد البيانات الرسومية دقيقة كلما قلت قيمة جذر متوسط مربع الخطأ. وتعد الخريطة الرقمية مقبولة الدقة إذا كان جذر متوسط مربع الخطأ الكلي اقل من الواحد

الصحيح. ولا ينبغي أن تقل عدد النقاط المستخدمة لتحديد دقة الموقع عن ثلاث نقاط فإن قلت عن ذلك لا يمكن الاعتماد على نتائجها.

1-6: التمثيل الكارتوكرافي للخرائط الرقمية:

تحتل دراسة التمثيل الكارتوكرافي (الخرائطي) مكانة بارزة في الساحة الجغرافية، إذ يساعد التطور التقني في ذلك المجال الاستفادة من البرامج التطبيقية في تمثيل الظواهر بأسلوب مدرك على الخرائط، إذ تمثل الخريطة كما يراها بعض الباحثين بإنها لغة جغرافية، ومن دونها لا يمكن فهم المكان وذلك لانها تحوي معلومات تغني عن تفسير كثير من الظواهر، إذ أن ارتباط الجغرافية ارتباطاً وثيقاً بكيفية تمثيل الظواهر (الطبيعية والبشرية) على الخرائط فهذا جوهرها، وقد دفع كثيراً من الجغرافيين الى القول بأن الجغرافية إذ لم تكن ممثلة على خرائط فأنها معلومات تخرج عن نطاق الجغرافية. ان النتائج التي تحققها الخرائط المعدة باستعمال التقنيات الجغرافية يكون من المتعذر التوصل إليها في الخرائط المعدة بالطرق التقليدية، إذ تتألف الخرائط الرقمية من عدة طبقات تمثل كل واحدة منها موضوع معين مثل المراكز الادارية او الحدود او المسطحات المائية وغير ذلك، وكل طبقة من هذه الطبقات تقسم بدورها الى عدد من الطبقات الثانوية، فمثلا طبقة المسطحات المائية تقسم الى طبقة خاصة بالبحار والاخرى للبحيرات واخرى للانهار وهكذا في كل موضوع من الموضوعات الرئيسية فان طبقته تتكون من طبقات ثانوية تأخذ كل طبقة قسم معين من الموضوع وتشكل بمجموعها الموضوع الرئيس، وان ميزة التطابق هذه التي تتيحها برامجيات نظم المعلومات الجغرافية تسمح بتركيب طبقات الظاهرات فوق بعضها ومعرفة الارتباط بينها والتوصل للعلاقات المكانية وقيمتها، والتي سنأتي على ذكرها بالتفصيل عند التطرق الى تقنية نظم المعلومات الجغرافية في الفصل الخامس من هذا الكتاب.

وقد اسهمت البرامجيات الحاسوبية في تذليل الكثير من الصعوبات التي كانت تواجه اعداد هذا النوع من الخرائط، إذ يمكن القيام بعملية الترميز بسهولة من خلال ما توفره

من اعداد هائلة من الرموز الخرائطية وعلى اختلاف انواعها، بعد ان كان تصميم هذه الرموز ورسمها امراً صعباً.

إن تمثيل البيانات والمعلومات بالرموز وفق الطرائق الرقمية تتميز بانها أكثر مرونة وسهولة التصميم إضافة الى كفاءتها العالية،هذه المميزات مكنت الباحث من إنتاج ورسم الخرائط الرقمية في مختلف البرامج التي تتعامل مع الحاسوب. ومن الممكن استخدام اكثر من برنامج لغرض التمثيل الكارتوكرافي للخرائط الرقمية، إذ يكون كل برنامج مكملاً للاخر، فمثلاً يمكن استخدام برنامج كوريل دروو (corel draw) أوأدوب فوتوشوب (Adobe Photoshop) أو الاوتوكاد (Autocad) مع برنامج Arc GIS.

ويمكن إيجازاهم الإمكانات التي توفرها البرامج في التمثيل الكارتوكرافي بما ياتي:

1- تمثيل النقاط : النقاط هي مواقع جغرافية تظهر على الخرائط ذات المقياس الكبير كرمز لها احداثيات (X,Y)، والنقطة تكون بناية، بئر، مدينة، محطة وقود. والمكان الجغرافي للنقاط هي معلومة مكانية قد يرتبط بها معلومات غير مكانية (وصفية) مثل لون وحجم واتجاه النقطة التي تمثله هذه المعلومة على سطح الارض.

2- رسم الخطوط: تعد الخطوط وحدة بناء الخريطة اذ يشغل القسم الاكبر منها بغض النظر عن نوع ذلك الخط وسماكته واتجاهه، ويستطيع الحاسوب وبمساعدة تلك البرامج من رسم وتصميم أي خط، والشكل (1-4) يوضح الرموز الخرائطية.

واهم أنواع الخطوط هي:-

أ. الخطوط المستقيمة: تعد الخطوط المستقيمة من مخرجات عمل الحاسوب على وفق مختلف برامجه المستعملة وهي تستخدم في مجالات عدة عند رسم الخرائط، كأن يستخدم في رسم اطار الخريطة او بعض الرموز الخاصة، كطرائق النقل، القنوات النهرية، خطوط الطول ودوائر العرض الى جانب استخدامها في رسم مقياس رسمها وتصميم مفتاحها. ولرسم أي قائمة نطلب من القائمة الاصلية (Root Manual) عنصر الرسم (Draw) في برنامج الاوتوكاد ماب

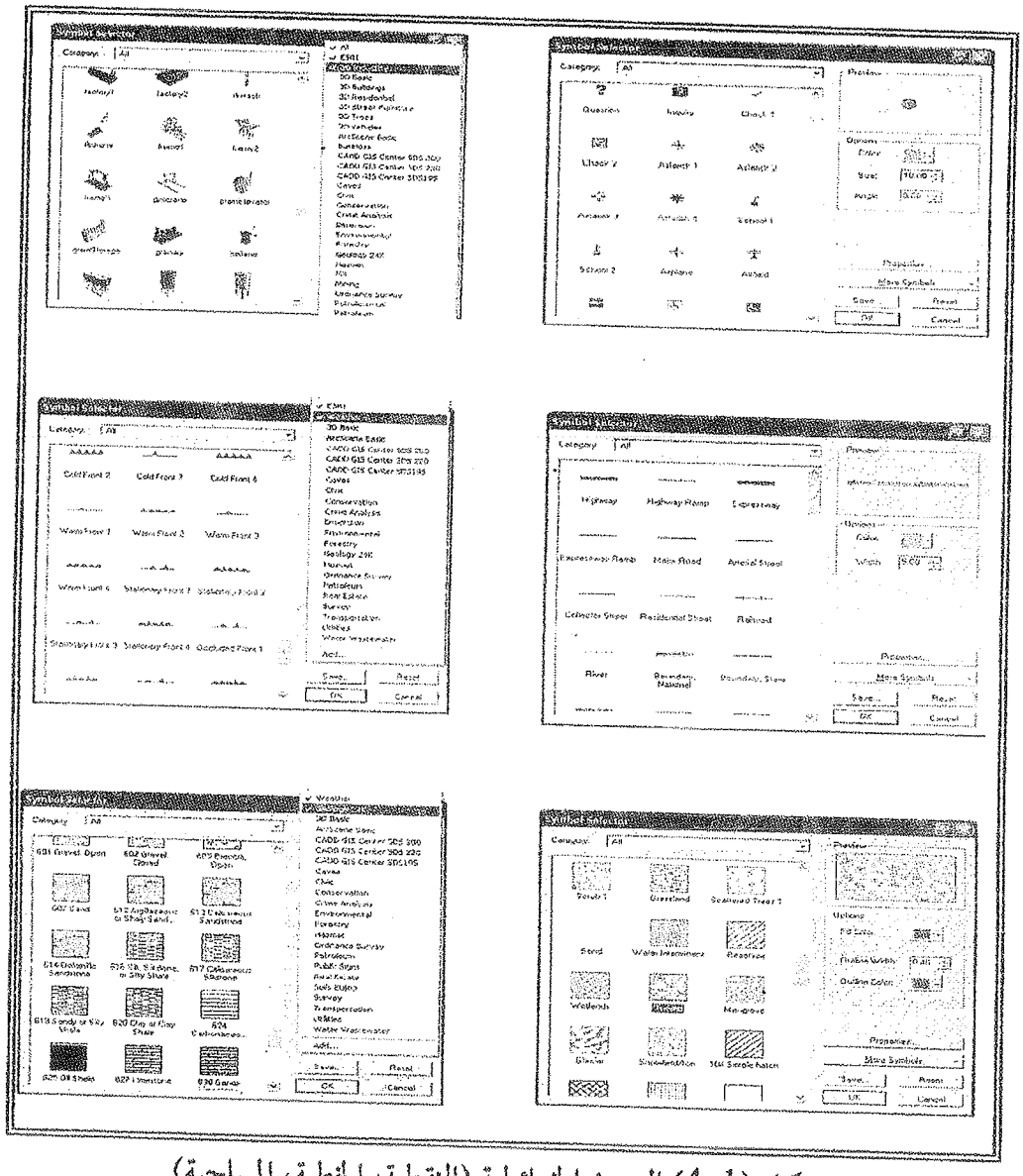
(AutoCAD Map) مثلاً نختار من المصفوفة (Draw) الخط (Line) ثم نتحكم بالخط بواسطة المؤشر (Mouse) للرسم.

ب. الاقواس واجزاء القطاع الناقصة: يقصد بالاقواس الخطوط المنحنية التي تعد جزء من الدائرة مهما كان نصف قطرها على الرغم من محدودية استخدام الاقواس الصعب تنفيذها، ولكن الضرورة تتطلب احياناً ذلك فتكمن حاجتها في رسم الدوائر وتنفيذ المساقط والرسوم التوضيحية وتصميم مفتاح الخريطة فمثلاً في برنامج الاوتوكاد ماب (AutoCAD Map) نطلب مصفوفة الرسم (Draw) ومصفوفة القوس (Arc) لتظهر مصفوفة خيارات الرسم الثمانية، فمثلاً عند طلب رسم قوس تحدد نقاط ثلاثة ثم نطلب مصفوفة الرسم ليرسم القوس أو الدائرة بينما يتطلب جهداً كبيراً في رسم الخرائط التقليدية.

جـ. الخطوط الحرة (Free Lines): الخط الحر هو الخط غير المقيد بأتجاه أو زاوية أو طول أو مركز، فالخط الحر الذي يتكون من عدد غير منتهي من النقاط يستخدم في حدود الخريطة والمجاري المائية وشبكة النقل والحدود على اختلاف أنواعها، وخطوط التساوي بأنواعها وحدود الظلال المطبوعة (زيتون).

د. الخط المركب (PolyLine): وهو خط مختلف العرض والسمك والشكل.

هـ. رسم خطوط الكنتور Contour Lines: حيث يتم اختيار الخطوط الرئيسية بخطوط أعمق وأسمك من الخطوط الفرعية ولابد أن تكون الخطوط الفرعية رفيعة جداً حتى لا تتداخل الخطوط مع بعضها، كما يجب ان تكون الدرجات اللونية مختلفة بشكل واضح بأن يتم إختيار قيم لونية مختلفة لتجنب تداخل الألوان وعدم التفريق بينهما إذا حدث في أي درجة من درجات الأزاحة اللونية أثناء مرحلة الطباعة، كما يراعى عدم إختيار الدرجات اللونية ذات الكثافة القليلة لتجنب اختفاء اللون بعد الطباعة وخاصة مع الخطوط الدقيقة جداً، كما يجب مراعاة إلا تكون الخطوط سميكة لدرجة تطغي على المعالم المجاورة.



شكل (1-4) الرموز الخرائطية (النقطية، الخطية، المساحية)

3 - اختلاف ألوان الخريطة والخطوط والنقاط (Map Colors):

تشتمل البرامج على ألوان عديدة وخيارات كثيرة لرسم النقاط والخطوط والمساحات على الرغم من إن المستخدمين ميالون الى إستخدام اللون الأسود أو الأبيض لتقليل التكاليف. عند اختيار الألوان بالخريطة لا بد من مراعاة الناحية الجمالية في إختيار الألوان، فيجب توزيع الألوان بالخريطة بشكل متناسق لتحقيق الناحية الجمالية والنفعية بالخريطة، كما يراعى عند تلوين الخريطة اختيار الألوان بقيم لونية مختلفة كلما أمكن وعدم اختيار درجات متقاربة للون الواحد حتى تظهر ألوان الخريطة بشكل واضح ومتباين، وكذلك سهولة الحصول على المعلومات من الخريطة وإذا حدث أي درجة ازاحة في الدرجات اللونية أثناء مرحلة الطباعة لا يؤثر ذلك على كم المعلومات التي يمكن الحصول عليها من الخريطة.

4- التظليل (Hatching):

تتطلب المساحات على الخرائط سواء كانت كمية أو نوعية تظليلاً معيناً وتأخذ هذه العملية جهداً كبيراً وتكاليف عالية ووقتاً طويلاً في الرسم واحتمال الخطأ قليل فيها. وللحاسوب سرعة مذهلة ودقة عالية في إكمال هذا العمل الكارتوكرافي من خلال الإمكانية التي تقدمها البرامج للرسم، إذ ان إمكانية البرامج تقدم مئات الألوان والتدرجات اللونية، ولا تقتصر وظيفة الحاسوب على تقديم الخيارات العديدة للظلال فحسب بل تتعداها لتشمل عدة اجراءات من بينها الظلال على المساحات المطلوب تمثيلها على الخريطة مهما كان شكلها وبسرعة فائقة، ويمكن أن تظلل أي مساحة على ان تكون محصورة بين خطوط وقيم وعندها يتم التظليل من خلال استدعاء أوامر التظليل من الحاسوب (Hatch) ومن ثم وضع نقطة على كل خط من الخطوط التي تكون محصورة بين المنطقة المراد تمثيل الظلال عليها، وباستطاعة الحاسوب من اعطاء الأمر الفوري بالغاء التظليل عندما يجده صانع الخريطة غير ملائم وبسهولة وبسرعة مذهلة وكذلك إمكانية رسم هذه الظلال على أكمل وجه من الدقة والتناسق الحر، ويمكن أيضاً

التحكم في ميل الخطوط المظللة من خلال تحديد الزاوية المراد ان يكون إتجاه الظلال عليها ويمكن ان تجد سمك الخطوط أيضاً.

5 - الاشكال الهندسية والتكرار بالنسخ والمصفوفات والنقل المشروط:

تعد الرموز الموضعية إحدى العناصر المهمة التي تقوم عليها الخريطة وطرائق التمثيل الكارتوكرافي، ففي هذه البرامج تخزن آلاف الرموز الجاهزة مثل الكوربلث (Corobleth) وغيرها، فاهمية هذا الخط تكمن في إنه لايمكن انتاج وتصميم أي خريطة من دون الاستعانة بهذه الخطوط. سواء كانت بالمسطرة اللونية أو طرق اخرى، وكذلك يمكن تحقيق تصميم الاشكال والرموز المتعددة فهي تحقق بالطرائق النوعية كافة الاشكال الهندسية كالمربعات والمثلثات والدوائر والنقاط النوعية وكذلك الرموز الموضعية النسبية مثل النقاط والمثلثات والدوائر والمربعات وغيرها، والتي تتم عن طريق إدخال المعلومات الى الحاسوب، ثم تصمم وفق البيانات المدخلة سابقاً، وإعطائها الأبعاد النسبية الخاصة بها، فضلاً عن إمكانية التكرار الذي يمكن أن يتم من خلال امر النسخ (Copy) فإذا احتاج صانع الخريطة الى تكرار رمز معين عدد من المراتب مثلا (10) مرات أو اكثر فما عليه سوى رسم الرمز بعيداً عن الخريطة وادخال الطريقة والنمط المراد تمثيله ثم ينقل الشكل الى الخريطة ويوقع بعدد من المرات المطلوب تمثيله بها. ويجب مراعاة أن يكون اختيار شكل النقاط والرموز معبرة عن المعلم بقدر الأمكان وأن يكون حجمها مناسب بحيث تكون واضحة وفي الوقت نفسه لا تطغي على المعالم المجاورة. ويجب ان تكون ألوانها متباينة بحيث يسهل التفرقة بينها ولا يكون لها لون الخطوط نفسه، يوضع نموذج لاختيار الرموز والنقاط بأشكال مختلفة للخريطة.

6 - التكبير والتصغير:

لآلية التكبير والتصغير دوراً مهماً في مراحل رسم وانتاج الخرائط الرقمية من خلال ما تتطلبه عمليات التمثيل وكذلك الحاجة الى خرائط في غاية الدقة والوضوح، وهذه العمليات لها الدور المهم في مجال التنفيذ الفني للخرائط وخصوصاً فيما يخص تكبير

وتصغير أبعاد الخريطة لتلائم مساحة معينة، اذ ان عدداً من المساحات على الخريطة تكون أحياناً مزدحمة وتكون هذه المساحات صغيرة الأبعاد الى مقياس رسمها المستخدم، وعليه فان الحاسوب من خلال برامجه المختلفة منح العمل الكارتوكرافي اهمية من خلال إعطاء الحاسوب أوامر التكبير والتصغير (Zooms) على وفق متطلبات عمليات التمثيل والرسم وهي اشبه ما تكون رؤية مساحة من مكان بعيد فإذا اقترب الانسان منها فان المساحة المرئية تضيق، الا ان التفاصيل المرئية من المساحة تصبح أكثر وضوحاً، وهذه الأمكانيات العالية في برامج الحاسوب تعطي مرونة في تصغير وتكبير الخرائط لتحقيق فائدة للكارتوكرافي (رسام الخريطة) في التمثيل وبما تستوعبه شاشة العرض.

7- التخزين (Saving):

إن أي جهاز حاسوب آلي يحتوي بالطبع على ذاكرة خزن في داخله وهذه الذاكرة تحتوي على سعة للخزن وتختلف بإختلاف الأجهزة ومدى تطورها وإن كافة الاعمال الكارتوكرافية التي يقوم بها الحاسوب هي من الممكن خزنها في ذاكرة الحاسوب وذلك بغية إسترجاعها عند الحاجة لها أو في حالة وجود عمليات الحذف والاضافة فيما يستجد من معلومات وذلك من خلال إعطاء الحاسوب أوامر الخزن أو الحفظ (Saving) أو تظليل جزء من الخريطة ثم اعطاء أوامر الحذف (Delete) أو نقل العمل الى القرص المرن(Floppy Disk) أو الأقراص الليزرية (CD - Rom) والأقراص المدمجة (DVD) أو الخوادم (Servers) وغيرها من أجهزة الخزن، إذ تمنح الحاسوب المرونة في خزن العشرات من الخرائط والبيانات والحفاظ عليها من التلف واسترجاعها في أي وقت.

وأهم وسائل الخزن ونقل البيانات والمعلومات المكانية:

- الأقراص المرنة ذات السعة الكبيرة:

تتراوح السعة التخزينية لهذه الوسائل بين 100-250 ميغا بايت. مثل الـ Super Disk والـ zip Disk – وهذا النوع من الأقراص لا تفي بمتطلبات إستيعاب ملفات

الصوت ومقاطع الفيديو والصور والخرائط الا بشكل محدود وإعداد ملفات محدودة. وتحتاج هذه الأقراص الى محركات خاصة (Floppy Drive).

- الأشرطة (مثل Exabyte Tape , DAT Tape) وتتميز بقدرتها التخزينية العالية وتحسب بالـ (الغيغابايت) وتستخدم بشكل كبير لحفظ البيانات والمعلومات.
- وسائل الخزين المحمولة: وتكون بانواع وهيئات وسعات مختلفة تصل الى مئات (الغيغابايت) مثل, Pocket Disk , Flash Disk , Flash Memory , Mobile Flash (Disk) وغيرها. وتتميز هذه الوسائل بسهولة ومرونة الاستخدام.
- الاسطوانات المدمجة: وتكون على هيئة مثل (CD - Rom) والتي تبلغ سعتها في المتوسط حوالي (650 ميغابايت) والـ(DVD) التي تصل قدرتها الاستيعابية الى (17 غيغابايت) وهي أكثر الوسائل استخداماً.

ولابد من الاشارة هنا، الى هناك فرق كبير وشاسع بين ال ROM وال RAM، فالذاكرة ROM (تسمى ذاكرة القراءة فقط) هي عبارة عن ذاكرة تخزن فيها معلومات مهمة جداً لا يستطيع الكومبيوتر العمل بدونها، ولا يمكن لمستخدم الحاسب أن يغيره بعد ذلك بل يكتفي بقراءة محتويات هذه الذاكرة، وهي تحتل مساحة صغيرةعلى القرص الصلب (Hard Disk). (وليست قطعة محسوسة كما يظن البعض)، إنما معلومات مهمة للكومبيوتر. لذا فهي تسمى ذاكرة القراءة فقط (Read Only Memory). اما الذاكرة RAM فتسمى ذاكرة القراءة والكتابة (أو ذاكرة الوصول العشوائية) Random Access Memory; RAM. وهي تشابه غرفة العمليات في المستشفى، فأي برنامج نعطيه أمر بالعمل فستذهب نسخة منه إلى الذاكرة RAM ثم يرسل إلى CPU لمعالجته ثم يعود مرة أخرى إلى RAM.

- الاقراص الصلبة المحمولة: وتسمى (Mobile Hard Disk) وتستخدم عادة في خزن البيانات والمعلومات ونقلها من حاسوب الى آخر، وتماثل في قدراتها الاستيعابية

الأقراص الصلبة المثبتة في الحاسوب (ولكنها مدمجة وصغيرة الحجم ويمكن ربطها خارجياً بالحاسوب) والتي تتجاوز الـ (100 غيغابايت).

8- الحذف أو الاضافة (Erase):

إن عمليات رسم الخرائط تتطلب أعمال ينتج عنها بالأضافة والحذف، وقد يبدو أحد الرموز المستعملة غير ملائم ولا يعطي حقه بالمقارنة والتمييز البصري..وغيرها، وبناء على ذلك فأن اعمال رسم الخرائط في الحاسوب يعطي صفة المرونة والدقة والسرعة في حذف هذه الاشكال والرموز من خلال إعطاء الأوامر الى الحاسوب سواء كان الحذف جزئياً أو كلياً دون التأثير على متطلبات الرسم.

9 – القياس (Measurement):

يعد عنصر القياس من الأمور المهمة في موضوع قراءة الخرائط وتحليلها، إذ يعتبر عنصر مهم من عناصر رسم وإنشاء الخرائط وخصوصاً الخرائط التي تعبر عن الظواهر الطبيعية والبشرية في الجغرافية، فضلاً عن ما يقوم به الحاسوب في إمكانية أخذ القياسات من الخرائط الرقمية من خلال أوامره وتحديد مواقع أي نقطة على الخريطة من خلال الاحداثيات (x , y , z) حيث يمثل الاحداثي (x) الاتجاه الافقي ويمثل الاحداثي (y) الاتجاه العمودي، أما الاحداثي (z) فيمثل البعد الثالث أو الارتفاع، ويكون لهذه الشبكة الرقمية الموجودة في الشاشة فوائد من أهمها دراسة الكثير من الظواهر وتحديدها لاسيما الخصائص السكانية داخل المدن وتحديد مراكز الثقل السكاني، وكذلك يتيح الحاسوب وبرامجها الخاصة تحديد طول خط على الخريطة وانحراف الخطوط الأفقية وكذلك يمكن حساب المساحات وطول المحيط وخلال سرعة مذهلة وفق دقة متناهية.

10- النماذج ثلاثية الأبعاد:

مع ظهور التقنيات الرقمية بدأت فكرة إضافة البعد الثالث الى الخرائط الرقمية في الظهور، وهو ما أطلق عليه أسم النماذج ثلاثية الابعاد (3D Models).

وقد تم استخدام بنية النظام المساحي (Raster) في البداية في النماذج ثلاثية الابعاد، ثم تم الاستعاضة عنها بالبيانات ثلاثية الابعاد من النوع Triangulated Irregular (Network;TIN)، وهي نوع من البيانات يتم تمثيل البيانات الجغرافية في الابعاد الثلاثة بواسطة سطح شبكي يتكون من مثلثات متجاورة.

إن أهم تطبيقات النماذج ثلاثية الأبعاد هو الحصول على منظور مجسم يحتوي على الكثير من المعلومات مقارنة بهذه المعلومات التي يمكن الحصول عليها من خلال مخطط بلانيمتري أو خريطة تضاريسية لمنطقة الدراسة – كذلك يمكن استخدام النماذج الثلاثية الابعاد في الكثير من التطبيقات مثل دراسة الخصائص التضاريسية للأرض، وإدارة الكوارث الطبيعية ممثلة في السيول وحرائق الغابات.

ومن اهم هذه النماذج:

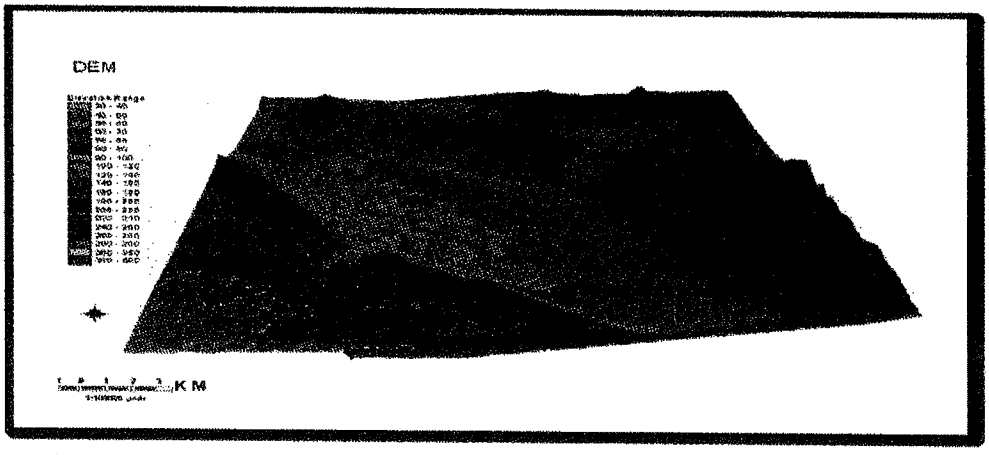
أ. إنموذج السطح الرقمي (Digital Terrain Model; DTM): التي تمثل إرتفاع تيجان الأشجار، أسطح المنازل، الأبراج وبقية الظواهر التي تقف فوق سطح الأرض.

ب. إنموذج الارتفاع الرقمي (Digital Elevation Model; DEM): الذي يتيح رؤية ثلاثية الابعاد للتضاريس الأرضية مما يوفر ذلك من إمكانات تطبيقية هائلة وفي كثير من العلوم والمجالات ومنها استخدامها كأداة للباحث الجغرافي وخاصة في مجال الجيومورفولوجيا، إذ إن نموذج الارتفاع الرقمي والمعتمد على الصور الجوية والمرئيات الفضائية ونظام تحديد المواقع العالمي GPS والخرائط الرقمية وحتى الخرائط الطوبوغرافية المصححة، تهيئ قياسات وتحاليل ونتائج دقيقة عند استخلاص نموذج الارتفاع الرقمي منها لاحظ الشكل (1– 5).

ج. شبكة المثلثات غير المنتظمة (أو غير المتساوية):–

(Triangulated Irregular Network;TIN)

وهي نوع من البيانات يتم تمثيل الظواهر الجغرافية فيها بالابعاد الثلاثة بواسطة سطح شبكي يتكون من مثلثات متجاورة غير منتظمة أو غير متساوية.



الشكل (1-5) إنموذج الارتفاع الرقمي DEM لبحيرة حمرين في محافظة ديالى

وسنتطرق بشيء اكثر تفصيلا عن النماذج الثلاثية الابعاد في الفصل الرابع من هذا الكتاب.

1-7: مميزات الخرائط الرقمية:

(1) توقيع خرائط الأساس(Base Maps):

تتميز هذه البرامج بإمكانية استخدامها خرائط الأساس، وتفاصيلها باستخدام إحداثي (x , y) وبمستوى عال من الدقة وتسمى بطبقة خاصة يمكن استخدامها كلما دعت الحاجة دون تكرار رسمها مرة تلو الأخرى كما هو الحال في الطريقة التقليدية.

(2) حساب القيم والقياسات (Inquiry Distance and Area):

تتطلب عمليات حسابات القيم والقياسات من مساحة ومسافة جهداً كبيراً في الأساليب التقليدية فضلاً عن عدم دقتها، إلا إنه باستخدام هذه البرامج تتم بطريقة آلية وبسرعة دون الوقوع في الاخطاء.

(3) التحكم بالتغطية اللونية (Gray Color):

يمكن التحكم الكلي بالتغطية اللونية للمساحات بأنواع مختلفة باستخدام أسلوب الألوان المتدرجة لتمثيل البيانات الكمية والألوان غير المتدرجة للبيانات النوعية وذلك بما تقدمه برامج الحاسوب من الخيارات باستخدام الألوان الممزوجة بين الألوان الاساسية

وغير الأساسية (التي تصل الى 256 درجة) مما يستحصل الى مجموعة خيارات للألوان الثانوية، وهذا الأمر بعيد المنال عند استخدام الطريقة اليدوية التقليدية.

(4) إظهار البعد الثالث (Third Dimension):

يمكن إظهار قيمة (z) والتي تمثل البعد الثالث للاحداثيات بحيث تبدو المنطقة بشكل مجسم وكأنها أنموذجاً تضاريسياً يمكن رؤيته من عدة زوايا، الأمر الذي يصعب تطبيقه بالطريقة التقليدية.

(5) البحث والاستبدال (Find and Replace):

يمكن تحديد أي نوع من المعلومات من تحديد نوع من الخطوط والطبقات أو الظلال والألوان أو كلمة أو رقم نريد معرفته باستخدام الأمر (Find) واستبداله باستخدام الأمر (Replace).

(6) المضاهات الطبقية (Layer Correlation):

توفر هذه البرامج إمكانية المضاهات بين طبقتين أو أكثر من الطبقات (Layers) التي تمثل الخصائص المختلفة للظاهرة، لتحديد مناطق التوافق في المكان بين ظاهرتين من عدمها مثال ذلك لورغبنا بمقارنة بيانات خرائط الخصائص الجغرافية لإظهار مناطق التطابق، ومن ثم إخراج خريطة إستنتاجية جديدة تبين مناطق التوافق.

(7) تحديث البيانات (Moderization):

توفر هذه البرامج فرصة تحديثها فلو طرأ تغيير أو تحديث للبيانات لاعداد خريطة، لأمكن القيام بهذه العملية بكل بساطة وبالوقت نفسه يمكن المحافظة على البيانات السابقة، ثم إجراء المقارنة الخرائطية لبيان مقدار التغيير أو عندما تتغير المعالم الجغرافية لأي منطقة ما فيمكن تحديثها لأظهار المستجدات القائمة.

وبذلك يمكن إعادة صنع الخرائط وتعديلها وتحديثها بوقت وجهد وتكاليف أقل، وتوفر دقة في تحليل البيانات والمعلومات والتي يصعب الحصول عليها يدوياً. وتعد المرئيات الفضائية من أقوى مصادر البيانات المكانية وأسرعها إنتشاراً حالياً، وهي ذات فائدة عظيمة في مجال تحديث الخرائط القديمة. ويمكن عدها صوراً عمودية لسطح الأرض

واتخاذها أساساً لإنتاج خرائط مباشرة، دون الحاجة لتصميمات معقدة، كما هو الحال في الصور الجوية.

(8) اختبار الظلال (Hatching):

لا تقتصر برامج الخرائط الرقمية في تقديم خيارات عديدة للظلال فحسب بل تتعداها لتشمل عدة إجراءات من بينها رسم الظلال على المساحات المطلوبة تمثيلها، فضلاً عن اختيار مقياس الظل وزاوية اتجاهاته ولمقدار (359) درجة.

(9) مقياس الرسم والمسقط الملائم (scale and projection):

تتميز هذه البرامج بإمكانية اختيار مقياس الرسم والمسقط الملائم وإخراج الخريطة، إذ يمكن اختيار مقياس الرسم المناسب، فضلاً عن إمكانية تغيير المقياس (تصغير وتكبير الخريطة والرموز) واختيار المسقط الملائم لإخراج الخريطة، ومسقط مريكتور المستعرض (U.T. MWGS 84) هو المسقط الأنسب لخرائط العراق.

(10) الاخراج النهائي للخرائط (Layout):

تعمل هذه البرامج على الاخراج النهائي للخريطة، وتشمل بذلك عملية تحديد الأبعاد (مقياس الرسم) المناسب لإخراج الخريطة حسب أبعاد الورقة (A4,A3,A2,A1,A0)، كما يمكن عرض البيانات (Display) على شاشة الحاسوب أو على أي شاشة عرض بإستخدام جهاز عرض البيانات(Data show).

(11) تخزين البيانات (Data saving):

تم خزن كميات كبيرة من البيانات بطريقة منظمة ومرتبة وحفظ الخرائط وتصنيعها وتنظيمها والحفاظ عليها من الضياع والتلف وسهولة وسرعة الوصول الى قواعد البيانات.

(12) زيادة حجم المعلومات الممثلة على الخرائط وإظهارها بمستويات مختلفة من الدقة، حسب الحاجة. والتغلب على مشكلة الحاجة لرسم عدد كبير من الخرائط بتفاصيل متباينة.

(13) مساعدة الباحث الجغرافي الذي لا يتقن رسم الخرائط على إنجازها بسهولة ومن

الممكن صنع خرائط صعبة جداً لا يستطيع الرسام إنجازها.

(14) عرض البيانات والنتائج (Data Display):

وهي أحد المميزات الهامة للخرائط الرقمية، وتركز في سهولة عرض البيانات (الظاهرات الجغرافية) الممثلة على الخريطة الرقمية بواسطة النقطة والخط والمساحة، بالاعتماد على التدرج اللوني والتظليل المساحي والرموز، إذ يتم عرضها بصورة مبسطة، وهناك إمكانية عرضها على هيئة طبقات (Layers) معلوماتية تمثل كل منهما ظاهرة جغرافية معينة سواء كانت طبيعية أم بشرية، ويمكن الفصل بين تلك الطبقات أو دمجها مما ينطبق مع الأهداف والغرض من الدراسة أو التطبيق.

وتتميز الخرائط الرقمية أيضاً بإمكانية الربط بين الخريطة (الموقع المكاني) مع العرض المرئي لخصائص البيانات وتوزيعها (الرسوم البيانية) ويكون العرض بهذه الطريقة ذا قيمة نافعة في التفسير والتعليل. ويمكن عرض الخرائط الرقمية بأبعاد ثلاثية، سواء أكانت رسوماً بيانية أم خريطة تمثل توزيع خصائص معينة، ويكون هذا من خلال هيكل شبكي تسقط عليها الظاهرة بأبعادها الثلاثية.

(15) استرجاع المعلومات (Information Retrieval):

يستطيع المستخدم الحصول على المعلومات الخاصة بمعلم من معالم الخريطة الرقمية من نظام إدارة قواعد البيانات الذي يحتفظ بتلك المعلومات، وذلك بالنقر على ذلك المعلم.

(16) التوليد المكاني(spatial Interpolation):

يمكن استخدام الخرائط الرقمية لدراسة خصائص التضاريس أو الشروط البيئية من عدد محدود من القياسات الحقلية. على سبيل المثال يمكن إنشاء خريطة الهطول المطري انطلاقاً من عدد محدود من القياسات المطرية المأخوذة في مواقع مختلفة على الخريطة، كما يمكن إنشاء خريطة التضاريس انطلاقاً من عدد محدود من قياسات الارتفاع في الخريطة. ومن البديهي أن تتوقف دقة البيانات المولدة على عدد القياسات المأخوذة.

(17) التعميم أو التلخيص الخرائطي الآلي (Automated-Generalization):

يعرف التعميم بأنهُ جوهر صنع الخريطة، فمن المستحيل تمثيل جميع تفاصيل الواقع Reality عليها، وإنما يتم الاهتمام بالمعالم الجغرافية التي تحقق الغرض من تمثيلها مع ضمان مستوى مناصب من التفاصيل. أي أنهُ عملية تنافس بين المعالم على مساحة الخريطة، فلكل معلم أهميتهُ النسبية كدالة لخواصه والمعالم المحيطة ومقياس ونوع الخريطة، إذ تسيطر الأهمية على وزن المعلم عند عملية التعميم وفقاً للمفاهيم الخرائطية.

ففي مرحلة ما قبل الخرائط الرقمية، عد التعميم أقرب الى الفن منهُ الى العلم، إذ كانت معالجة الخرائط تنجز باليد من الخرائطيين المحترفين العاملين على الخرائط الورقية (Hardcopy Maps) والرسوم البيانية (Graphic). وهذه المهام تقع ضمن مسؤوليات وخبرات الخرائطي الذي يعمل على انتقاء وتبسيط وجمع وأبراز المعالم الجغرافية طبقاً لأهميتها النسبية من وجهة نظره على وفق قرارات شخصية غير ثابتة، وقد ظهرت الحاجة الى أتمته التعميم (جعل التعميم آلياً) مع تطور الخرائط الرقمية بظهور نظم المعلومات الجغرافية.

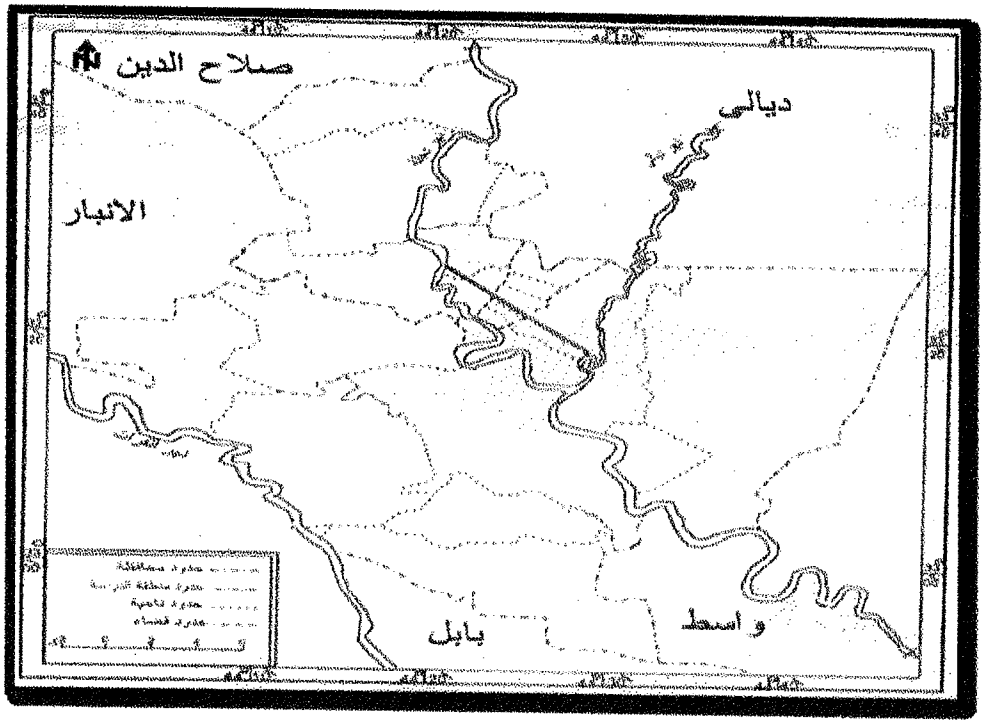
ومع تطور الخرائط الرقمية الممثلة كمجاميع بيانات (Data Sets) بيئة نظم المعلومات الجغرافية، أدى بعلم الخرائط الرقمي الى أن يواجه مشكلتين لابد من التغلب عليها. أحدهما متمثل بتحديث مجاميع البيانات الرقمية والآخر بإنتاج خرائط أو نماذج بيانات ذات مقاييس أصغر مشتقة من مجاميع البيانات هذه. إن تحديث مجاميع البيانات هي أحدى مهام صيانة قواعد البيانات الجغرافية وعادة يعتمد في ذلك على مدخلي البيانات(Data Entry)، وهي عملية مستمرة ذات طابع يدوي أو نصف آلي تتطلب تدريباً مستمراً للفريق القائم بالعمل، ومن ثم سوف يتمخض عنها خرائط رقمية محدثة باستمرار. أما عملية اشتقاق أنموذج بيانات ثانوي ذي مقياس أصغر من مواصفات مرغوبة من أنموذج بيانات ذي مقياس أكبر، ثم أعادة ترميز الأنموذج المشتق لخريطة رقمية تتطلب مجموعة من الإجراءات الآلية التي يطلق عليها مصطلح التعميم الآلي.

إذا التعميم الآلي هو مجموعة من العمليات الآلية – الحاسوبية لإجراء التعميم استناداً الى عناصره، بغية تجريد واختزال البيانات الجغرافية (المكانية والوصفية) عند مقياس معلوم ورفع كفاءتها على تجسيد الواقع حسب الغرض من تمثيلها، سواء كان ذلك على الخريطة لتحقيق الاتصال الفعال أم في قاعدة البيانات الجغرافية لاغراض التحليل المكاني، ويتوافق هذا المفهوم مع مفهوم النمذجة.

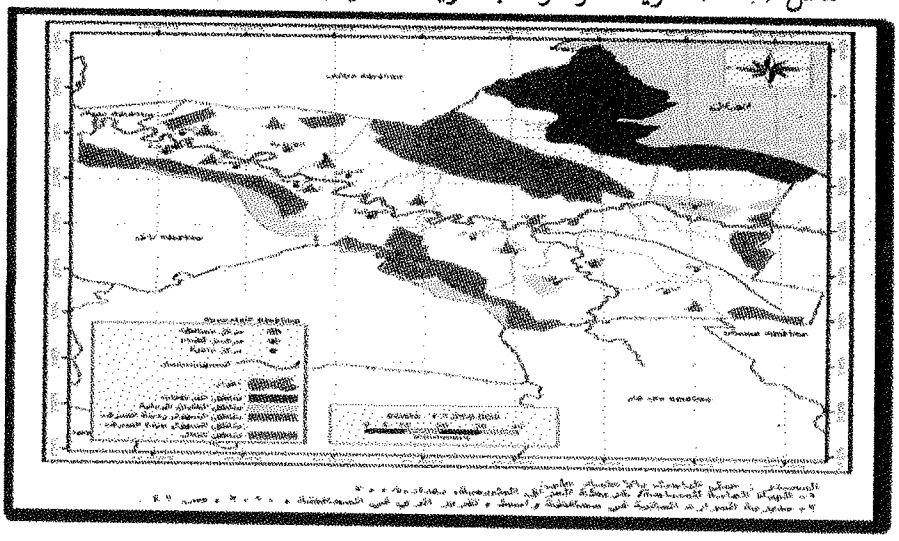
(18) تدعم الخريطة الرقمية إمكانية إنشاء وإدخال قاعدة المعلومات الخاصة بالمنطقة التي تمثلها تلك الخريطة أي إن الحيز المكاني الذي تمثله الخريطة مرتبط بقاعدة معلومات مختلفة عن ذلك الموقع تخزن في ملفات يمكن الرجوع لها وقت الحاجة إليها مثل (إحداثيات الموقع، الارتفاع أو الانخفاض عن مستوى سطح البحر، المساحات، بيانات ديموغرافية، عدد العاملين في قطاع ما وغيرها).

1-8: مقارنة بين الطرائق التقليدية والرقمية الحديثة في رسم الخرائط:

لغرض إجراء مقارنة بين الاساليب التقليدية المعتمدة في رسم الخرائط وطرق التمثيل الكارتوكرافي فيها مع الطرق الرقمية الحديثة، سيتم اعتماد أسس معينة لغرض المفاضلة بين الطريقتين، على الرغم إن كل انواع الخرائط لها نقطة مشتركة واحدة، هي قاعدة البيانات المكانية وكذلك الرسم على قطعة الورق أو على فيلم. والمعلومات التي يتم ترميزها على شكل (نقاط، خطوط، مساحات) تلك المعالم الجغرافية التي يتم تمثيلها سواء بالطرق التقليدية أو الرقمية الآلية بواسطة الحاسوب. والشكل(1-6) الذي يوضح خريطة مرسومة بالطريقة التقليدية والشكل (1-7) الذي يوضح خريطة مرسومة بالطريقة الرقمية.



شكل (1-6) خريطة مرسومة بالطريقة التقليدية لمحافظة بغداد



شكل (1-7) خريطة رقمية تمثل تضاريس محافظة واسط

كما يتشابه الهدف النهائي لكلا الطريقتين لانتاج الخرائط، وفيما يلي أهم الأسس التي اعتمدت لغرض المقارنة:

1- **أساس الخزن:**

تنعدم خاصية الخزن (saving) في الخرائط المعدة بالطرق التقليدية، لكون هذه الخريطة مجرد ورقة جامدة لا تحتوي إلا على المعلومات التي يتم تثبيتها عليها لتوضيح ظاهرة معينة وتثبيت وحفظ تلك الظاهرة فقط، والتي ربما تفقد أهميتها لأنها غير متجددة ولا تحتوي على المعلومات التي تساعد على تحديثها.

أما الخرائط المعدة بالطرق الرقمية فيعد الخزن من مقوماتها الأساسية سواء من خلال الخزن المؤقت أو الدائمي، إذ يتم حفظ البيانات بهيئة متراصة من الطبقات المعلوماتية (Layers) التي يمكن الفصل بينها أو دمجها معاً بما ينطبق مع الغرض من الخريطة وذلك للخروج بنتائج ومعلومات جيدة تختلف عن المعلومات المخزونة سابقاً. وتخزن هذه الطبقات بشكل موجز أو مكثف وبصورة آلية، كما تتوفر إمكانية صيانة تلك البيانات واستخراجها وتحديثها والسيطرة عليها بسهولة تامة. ومهما استمرت مدة الخزن، تبقى المعلومات المخزونة محتفظة بأهميتها لأنها توفر إمكانية ابتكار نتائج جديدة وتحديث المعلومات.

2- **أساس ثبات العلاقة بين الرموز والقيم الممثلة على الخريطة:**

بالنسبة للخرائط التقليدية فأن التحليل والمقارنة والاستنتاج لعدد من المواضيع مثل السكان خاصة يتم عن طريق الرؤية للظاهرة من خلال الوسيط والمتوسط والنسبة والمجموع الكلي أو مقدار التركز أو الانعدام لوجود الظاهرة أو غيرها مثل الدوائر، المربعات، المثلثات، وهذه الرموز الممثلة لأيضاح العلاقة بين قيم الظاهرة ورموزها تبنى بالطرائق والأساليب الخرائطية التقليدية المعروفة.

أما بالطرق الرقمية الحديثة فأنها تحافظ على العلاقة بين تلك الرموز وقيمها الإحصائية، أي إن ما تبينهُ البيانات في منظور ترتيبي للقيم والمضاعفات بين كل البيانات

التي يجب أن تدرك بصرياً من خلال الرموز الممثلة على الخريطة مع ابقاء المرونة للمصمم لتغيير أحجام الدوائر مثلاً عندما تكون قيم انصاف الأقطار (نق) كبيرة لا يمكن تنفيذها على الخرائط ولكن إجراء إحصائي يشمل كل عناصر الظاهرة بحيث يتم التصغير أو التكبير تحت منظور المحافظة على العلاقة الكمية بين القيم. وما يهمنا في بناء المعلومة على الخريطة الرقمية هو عرضها مع المحافظة على العلاقة النسبية بين القيم والرموز الممثلة لها على الخرائط، كما إن النظم المستخدمة في إعداد الخرائط الرقمية تتحقق من خلال تلك الخرائط رؤية العلاقة الإدراكية بين رموز الظاهرة.

3- **أساس تحديث الخرائط:**

يقصد بتحديث الخرائط الإضافات الدورية المستندة على الاكتشافات أو تغير حجم أو مكان الظاهرة خصوصاً المعلومات الوصفية والتغيرات التي تجري نتيجة لاستحداث معلومات معينة وبيانات لابد من تمثيلها على الخريطة لتكون مواكبة لحقيقة الظاهرة. إن التحديث في الخرائط المعدة بالطرق التقليدية صعب جداً، إذ إن تلك الخرائط عبارة عن لقطة لحالة شوهدت من خلال عملية تصفية معينة لمعطيات جمعت عن طريق المسح الأرضي او الصور الجوية ضمن اختصاص محدد في وقت معين. وتتطلب عملية التحديث لمثل هذا النوع من الخرائط إلى إعادة رسم الخريطة بكافة مراحلها من الاعداد الى الانتاج، إضافة الى الوقت والجهد الكبير الذي سيهدر في إعادة الرسم – أما عملية التحديث في الخرائط الرقمية فهي تتم بسهولة لامكانيتها استقبال عمليات التحديث الرقمية الجغرافية (المكانية) أو حتى غير الرقمية. ولكون هذه الخرائط مخزونة بأحدى وسائل الحفظ في الحاسوب، لذا فأن أي تحديث يجري على الخريطة يتم باستدعائها ومن ثم تحويل المعالم المستخدمة في التحديث من هيأتها الخطية الى الهيأة الرقمية بواسطة أجهزة المرقم الالكتروني (Digitizer) أو الماسح الضوئي (scanner) أو باستخدام برنامج (V2R). كما يتضمن حذف وأقفال أو تحديث أي طبقة من الطبقات المعلوماتية التي

تكون مسندة مكانياً الى الشبكة التربيعية المهيأة، لاستلام أي إحداثيات رقمية لمواقع النقاط المكونة للعوارض المستحدثة التي تقع ضمن حدود وأركان الشبكة التربيعية هذه.

4- **أساس الكلفة:**

يتطلب تصميم الخرائط المعدة بواسطة الطرائق التقليدية كلفاً عالية متمثلة بما يتم إنفاقه على الأدوات والوسائل التي تستعمل في تصميم مثل هذه الخرائط، ولاسيما ما يتعلق بعملية تصميم الخرائط التي تتطلب العديد من الأدوات مثل (لوحة الرسم، أقلام التحبير والفراجيل، منضدة الإنارة، مسطرة ومثلثات واقواس مختلفة الأحجام، ورقة الترسيم وصفائح اللدائن). إضافة إلى عمليات الترسيم والممثلة بالتحبير والحفر على البلاستك وما تتطلبه كل من هذه العمليات من كادر فني لأنها تتطلب جهداً كبيراً ودقة عالية.

أما بالنسبة للخرائط الرقمية فإنها تعتمد على تطبيق إحدث تقنيات الحاسوب الآلي، وهي أجهزة في مرحلة التطور السريع ولم تصل بعد الى مرحلة التسويق الواسع الذي يساعد على تخفيض أثمانها. إلا إن التوسع الذي شهده رسم الخرائط باستخدام الحاسوب الآلي وإنتشار استعمال شبكة المعلومات الدولية (الانترنيت) وظهور البرامج الجاهزة والمنخفضة الأسعار في الوقت الحاضر كان من الدوافع الأساسية للتوسع في استخدامها في رسم وتحليل الخرائط، وكذلك المميزات التي تتمتع بها من خصائص فنية وعملية ساعدت على التطور الكبير الذي شهدته صناعة الخرائط الرقمية.

فالحاسبات الآلية أخذت تتطور من حيث زيادة قدرتها، تناقص أحجامها وانخفاض أسعارها بشكل مضطرد وبالتالي أدى الى زيادة عدد المستخدمين لهذه المنظومات واعتمادها في اعداد الخرائط الذي ترتب عليها ظهور عدد كبير من البرامج الجاهزة ذات التكاليف المنخفضة نسبياً، وبناء على ذلك فأن الطرائق التقليدية لا تتنافس مع الطرق الرقمية الحديثة في انخفاض كلفة إنتاج الخرائط، لما شهدته هذه الطرق في الوقت الحاضر من إنجاز خطوات كبيرة في مجال تطوير التراكيب والبرامج التقنية لأغراض عمل

الخرائط، كما إن تكاليف إنتاج الخرائط التقليدية تبقى مرتفعة على طول مراحل إنتاجها بدءاً من مراحل اعدادها الى مراحل إخراجها وانتاجها في حين أن تكاليف انتاج الخرائط الرقمية تبدأ في مراحلها الأولية مرتفعة إلا إنها تنخفض مع مرور الوقت بأعادة الأنتاج.

5- أساس السرعة:

تعد السرعة الحد الفاصل ما بين الطرائق التقليدية والطرائق الرقمية في الأعداد والتمثيل الكارتوكرافي للخرائط، إذ من يتتبع مراحل إعداد وإنتاج الخرائط بالطرائق التقليدية يلاحظ إن اعداد هذه الخرائط يمر بمجموعة من المراحل وإن كل مرحلة من هذه المراحل تتطلب وقتاً طويلاً ويغلب عليها الطابع اليدوي إضافة الى الجهد الذي يتطلب كادراً فنياً كبيراً من إنجاز كل مرحلة وصولاً الى الشكل النهائي للخريطة، كما إن هذه المراحل التقليدية تتسم بعدم الدقة والبطئ الشديد، وإن الخرائطيين يتفقون على أن اعداد الخريطة التقليدية متوسطة الكثافة للعوارض تستغرق شهرين الى ثلاثة أشهر، فضلاً عن الوقت المبذول في عمليات الحفر على البلاستك، وبجدود من ستة أشهر الى سنة حتى طبعها بشكل نهائي.

كما إن حجم المعلومات الضخمة في ظل ثورة المعلومات الهائلة التي شهدتها المعرفة الجغرافية أثبتت عجز تلك الخرائط عن مواكبة هذا التطور لانعدام عملية التحديث أو الاضافة على هذه الخرائط وإن أي خطأ بأي مرحلة من مراحل انتهاجها يؤدي الى إعادة إنتاج الخريطة من جديد.

أما بالنسبة للخرائط الرقمية فأن سرعة إنتاجها يعتمد على سرعة الحاسوب ومدى تطوره في معالجة البيانات، أي انه نظام حاسوبي لأدخال وتخزين وتحليل وتعديل وإظهار البيانات المكانية وإنتاج الخرائط، والذي يتميز بالسرعة العالية في معالجة رسم الخرائط من خلال السرعة في القياس والدقة والسرعة في عمليات الحذف وعمليات التعميم للظواهر، كما صممت برامج بسيطة نسبياً من قبل الشركات المختصة لغرض التحليل السريع والرخيص للبيانات والرسوم على الورق البياني التي تعرض نتائجها باستعمال

آلة طباعة بسيطة، كما تتميز هذه التقنيات بتناول سهل وسريع لحجم كبير من المعلومات لخلق انواع جديدة ومتنوعة من المخرجات على شكل خرائط ورسوم بيانية وحسب حاجة المستخدم. أما التمثيل الكارتوكرافي لهذه الخرائط واختيار الرموز يعتمد على سرعة الحاسوب ومن خلال الانتخاب الاتوماتيكي للرموز باستعمال الايعازات ذات العلاقة سواء كانت الرموز كمية أم نوعية.

6- **أساس الدقة:**

يعد عنصر الدقة من الركائز الأساسية التي تبنى عليها معايير إعداد الخرائط من خلال بناء قاعدة أساسية تبنى عليها كل قواعد تصميم رسم الخريطة وإنتاجها والتي تشكل أساساً واضحاً لتقويم أي عمل كارتوكرافي يتمثل من خلال علاقة عمليات الرسم الموقع على الخريطة وعلاقته بما يمثله على الطبيعة بشكل حقيقي.

تتميز مراحل اعداد الخريطة التقليدية بانها طويلة ويغلب عليها العامل اليدوي لانها تعتمد على الكادر الفني في كل عملياته من مراحل الاعداد الأولى الى مراحل الترسيم والحفر على اللوحة (Sheet) المصنوعة من البلاستيك أو الألمنيوم، والتي يتحدد عددها بعدد وكمية الظواهر ونوع الخريطة وعدد الألوان والكتابات على الخريطة المعدة حتى مرحلة الطبع والانتاج.

وكل هذه المراحل والعمليات تعتمد اعتماداً كلياً على المهارة النسبية والقياسات البصرية وأي خلل فيها يجعل من عمليات الانتاج والخريطة غير دقيقة.

أما الخرائط الرقمية فهي في كل مراحلها تعتمد على قياسات دقيقة ومحسوبة بشكل فائق الدقة عن طريق الحاسوب الآلي. وان عمليات التصميم والتمثيل الكارتوافي في الخرائط التقليدية مسؤولة عن انتخاب وتصميم الرموز المعبرة عن الظواهر وتسقيطها على الخرائط، ومسؤولة أيضاً عن اجراء كل العمليات الرياضية التي تمثل كل رمز في ضوء الاحصاءات الكمية. وان عمليات تصميم تلك الرموز بالطرق اليدوية يشوبها الضعف بالدقة نتيجة للامكانات المحدودة ولأرتفاع نسبة الخطأ لدى الكارتوكرافي من

خلال صعوبة التحكم بحجم وسمك وشكل أي رمز، فأن رموز الخطوط مثلاً التي تستخدم بشكل أوسع في تصميم الخرائط هي محدودة القياس لدى مستخدمي الطرائق التقليدية ومن خلال تصميمها يدوياً فمن الصعوبة التحكم بسمك وشكل ولون الخط واتجاهاته والمنحنيات والأقوس التي تكون ذات خيارات محددة تعتمد على عنصر التجربة والحدسية مما يضعف دقتها. كذلك رموز التظليل تشكل عامة دقة نسبية في عملية التدريج إذ إن عمليات التظليل تكون محدودة لاعتمادها على مدى خبرة ومهارة الكارتوكرافي على مزج الألوان وعمليات تداخل الألوان ودقتها.

أما الخرائط الرقمية فانها تحقق مرونة عالية من الدقة التي تكاد لا تعطيه عمليات الرسم التقليدي، إذ منح الحاسوب الآلي دقة عالية في التصميم من خلال الشاشة الرقمية التي تتكون من عناصر الصورة (Pixels) وشبكة من الاحداثيات (x , y) فأن عمليات ومراحل الاعداد والرسم والانتاج كلها تنفذ بشكل آلي وبسيطرة مركزية مباشرة داخل الحاسوب بمساعدة البرامج والطابعات لأكمال أي عمل كارتوكرافي، فضلاً عن أن دقة قياس الرموز الجاهزة بالبرنامج الكرافيكي التي صمم على أساس العمليات الرياضية التي يقوم بها الحاسوب، وتحديد قياس ومدلول لكل رمز بقياسات دقيقة تجري معالجتها داخل الحاسوب وبدقة عالية تصل الى الاجزاء المئوية من المليمترات وهذا ما لا يمكن تحقيقه بهذه الدقة بالطريقة التقليدية، وهذه الرموز توقع بدقة في المكان المناسب لها، كما أمكن بشكل واسع التحديد الدقيق لسمك أي خط وتغيير شكله ولونه وبدقة عالية جداً لا تصل لها الطرق التقليدية من الاشكال المختلفة من المنحنيات والخطوط المتقطعة وباحجام مختلفة وبخيارات مختلفة وباعداد كبيرة جداً وتظليل الخطوط بأي درجة وفقاً للأوامر المتباينة. وهذه المرونة في التصميم والرسم من المستحيل أن تحققها عمليات الرسم بالطرائق التقليدية بالدقة نفسها، وكذلك المرونة العالية في عمليات التظليل المساحي والألوان (Gray Tone) التي تقدمها برامج الحاسوب التي تصل الى مئات

الخيارات والألوان الممزوجة التي يعبر عنها من خلال مجموعة من الأوامر في كل برنامج لتمثيلها على الخريطة.

7- أساس الأدراك البصري:

إن عنصر الأدراك البصري يشكل المعيار الأساسي الذي تقوم عليه الخرائط تتوقف عنده نجاح أي خريطة من خلال استعمال اللغة البصرية ومدى انسجام المتغيرات البصرية التي تعطي وسائل متباينة من الادارك التي يكون الارسال نفسه فيها نظام استدلالي يعطي التفسير النهائي لكل المعطيات البصرية، كما إن الادراك البصري الذي يعد مشكلة من مشاكل اعداد الخرائط والذي يعتمد مستوى الادراك فيه على التباين لدى مستخدمي الخرائط إذ إن مسؤولية اعداد ورسم وتصميم الرموز والاخراج النهائي للخريطة تقع على عاتق صانع الخرائط التقليدي يكون متبايناً من شخص لآخر.

كما إن نجاح أي خريطة تتوقف على مدى مهارة الكارتوكرافي في انتقاء الرموز وتصميمها وخبرته في تمثيل الظواهر على الخريطة بشكل مدرك. وفي الطرق التقليدية يعد الكارتوكرافي ركيزة اساسية في اختيار الرموز الملائمة التي تأخذ منه كثيراً من الوقت والذي يعتمد على المعالجة الفنية بالتجربة أو يستند على الفرضية أو الحدس. فضلاً عن قدرة الانسان الذهنية المحدودة على المقدرة على الخزن في الذاكرة ومدى استيعابها للألوان وتوقيعها بالتدرج المتباين الدقيق والتحكم بنوعية وسمك الخطوط والتظليل لغرض زيادة الوضوح والدقة في الادراك البصري.

أما في الطرق الرقمية التي تعتمد على برامج الحاسوب ذات المرونة العالية هي ذات قدرات تفوق قدرات الانسان على التصميم من خلال القدرة العالية التي توفرها البرامج ذات القدرة العالية على التصميم وتوفير الرموز الجاهزة المخزونة بالحاسوب وبأشكال واحجام مختلفة، وأصبح بالامكان تجاوز صعوبات كثيرة كانت تواجه التمثيل بالطرائق التقليدية مثل تناسق الألوان والخطوط والنقط وغيرها، إذ أصبح بالامكان تقديم الخيارات ذات المرونة في التمثيل التي قد تصل الى مئات النماذج وتمثيلها على الخرائط

من خلال مبدأ الاتصال الفكري ما بين المستخدم والحاسوب وتوفيره أو استنباط أي رمز أو تصميم بالبرامج الكرافيكية ذات الامكانات المختلفة، فضلاً عن أن الحاسوب منح مرونة عالية في عمليات التمثيل من خلال تحديد المكان الأمثل لتوقيع الظاهرة، إذ أصبح بالامكان ادخال خريطة طوبوغرافية وعرضها على الشاشة بجانب خريطة الاساس التي يريد صانع الخرائط توقيع السكان عليها حتى يتسنى تمثيل الظواهر بشكل مطابق للواقع أو تكون الخريطة الطوبوغرافية مخزونة على شكل طبقة معينة.

8- على أساس تغيير المقياس والمسقط:

إن عمليات تغيير المقياس يعد أمراً ضرورياً أحياناً لغرض تحقيق المرونة في عمليات التمثيل من خلال العلاقة بين الرمز والمكان الذي تمثل عليه الظاهرة أو من خلال عمليات التعميم التي تبقى الى حذف بعض الظواهر غير المهمة لاظهار معالم أخرى،لذا فان المقياس يكون عائق امام تمثيل كثير من الظواهر. إذا ما تم اختياره بالناحية الصحيحة يكون مرتبطاً في عمليات التصغير والتكبير التي يشوبها التشويه في عمليات التمثيل الكارتوكرافي بالطرائق التقليدية بسبب مرور الضوء في عدسات وانعكاساته في كل الطرق المستخدمة في عمليات تغيير المقياس.

أما بالطرق الرقمية الحديثة فلا توجد هذه الصعوبات والاخطاء التي كانت تواجه عمليات تغيير المقياس من خلال الامكانات المذهلة في اعطاء الاوامر التي تبقى وتنفذ هذه العمليات بسرعة مذهلة وبمرونة عالية وكذلك تجاوز كل الصعوبات التي تواجه التصغير والتكبير في الطرائق التقليدية، إذ يمكن تغيير أي مقياس وتحديده على وفق متطلبات الدراسة، ومن خلال وجود مسطرة الكتابة الموجودة في أعلى الشاشة للبرامج ويكتب عليها مقياس (Scale) فيكتب أمامه المقياس المختار أو الجديد ثم اعطاء أوامر التنفيذ ليتغير مقياس الخريطة على وفق التغير الجديد وبسرعة مذهلة وبدون جهد.

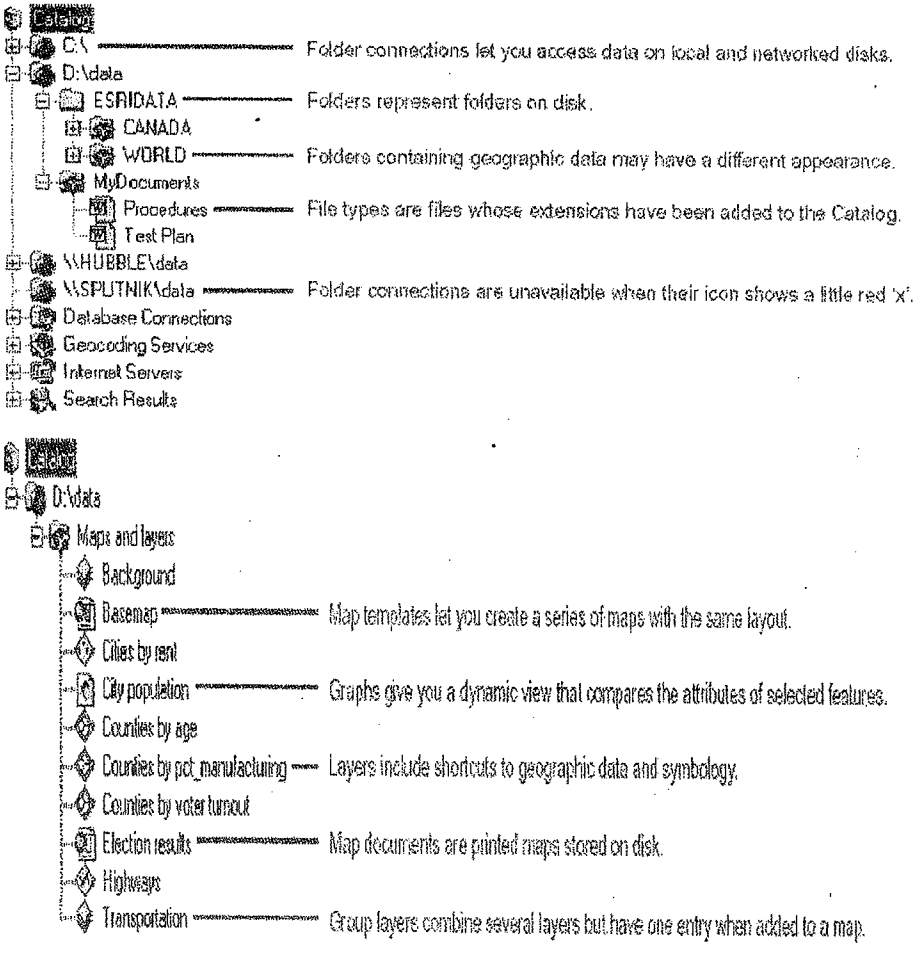
أما بالنسبة للمسقط والذي يمثل ببساطة عملية رسم خطوط الطول ودوائر العرض على سطح المستوى، وان هذا النظام هو الذي يحدد العلاقة ما بين موقع أي نقطة ما على

سطح الارض الكروي وموقعها على الخريطة وان العمليات التقليدية في رسم المسقط تتطلب الكثير من العناء والجهد. وان هذه العمليات لإقامة مسقط خريطة أو تغييره هي عمليات تتسم بالصعوبة وبالعمليات الرياضية الطويلة والمعادلات المعقدة ووقت طويل من العمل والجهد العالي، وهو عمل يغلب عليه الطابع اليدوي الذي يعتمد على قدرة الأنسان النسبية في السرعة والدقة، وان أي خطأ في تصميم المسقط يؤدي الى تشوه بالمقياس والخريطة وقد يكون هذا التشوه غير مدرك بصرياً ويعطي قياس غير صحيح لأي نقطة على الخريطة. أما عمليات المعالجة لتغيير المساقط في الطرق الرقمية فتتم من خلال الوظائف الكارتوكرافية التي تقدمها البرامج الخاصة بالخرائط الرقمية ولأي خريطة كانت على وفق متطلبات والغرض من الخريطة، من خلال تغذية الحاسوب فقط بالإحداثيات الفعلية، إذ يقوم الحاسوب وبرامجه الجاهزة ومن خلال قائمة الاختيارات في الشاشة التي يطلب الحاسوب تحديد نوع المسقط ثم نعطي الحاسوب أيعاز التنفيذ فسوف يتكفل الحاسوب بإجراء كافة العمليات الرياضية الخاصة بتغيير المسقط أو إنشائه وبشكل مباشر علماً ان السرعة تكون على وفق مدى تطور الحاسوب.

1-9 – مثال تطبيقي لإنتاج خريطة رقمية للتقسيمات الإدارية في العراق:

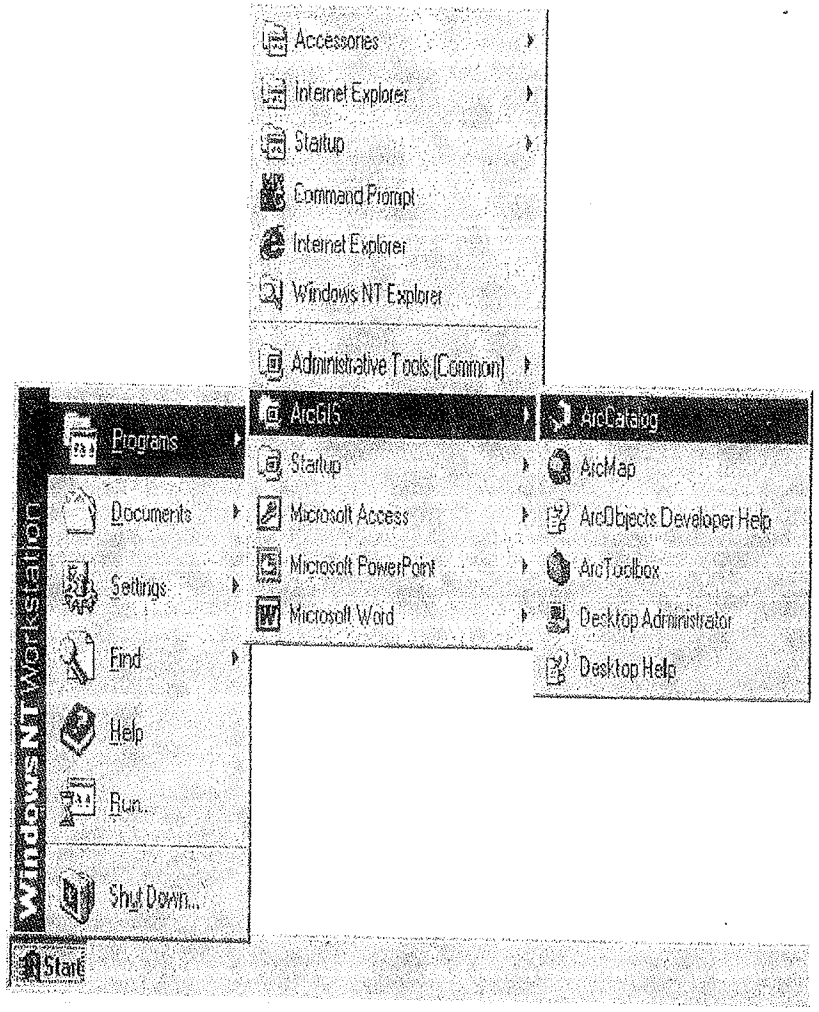
1- بناء قاعدة البيانات لمشروع إنتاج خريطة موضوعية (Thematic map) للتقسيمات الإدارية (المحافظات) في العراق باستخدام البرنامج ArcCataloge الموجود في نظام ال ArcGIS.

- الملفات التي يمكن التعامل معها برنامج Arc Catalog عديدة وفيما ياتي أهم الملفات وأنواعها التي بالإمكان خلقها في برنامج Arc Catalog:-

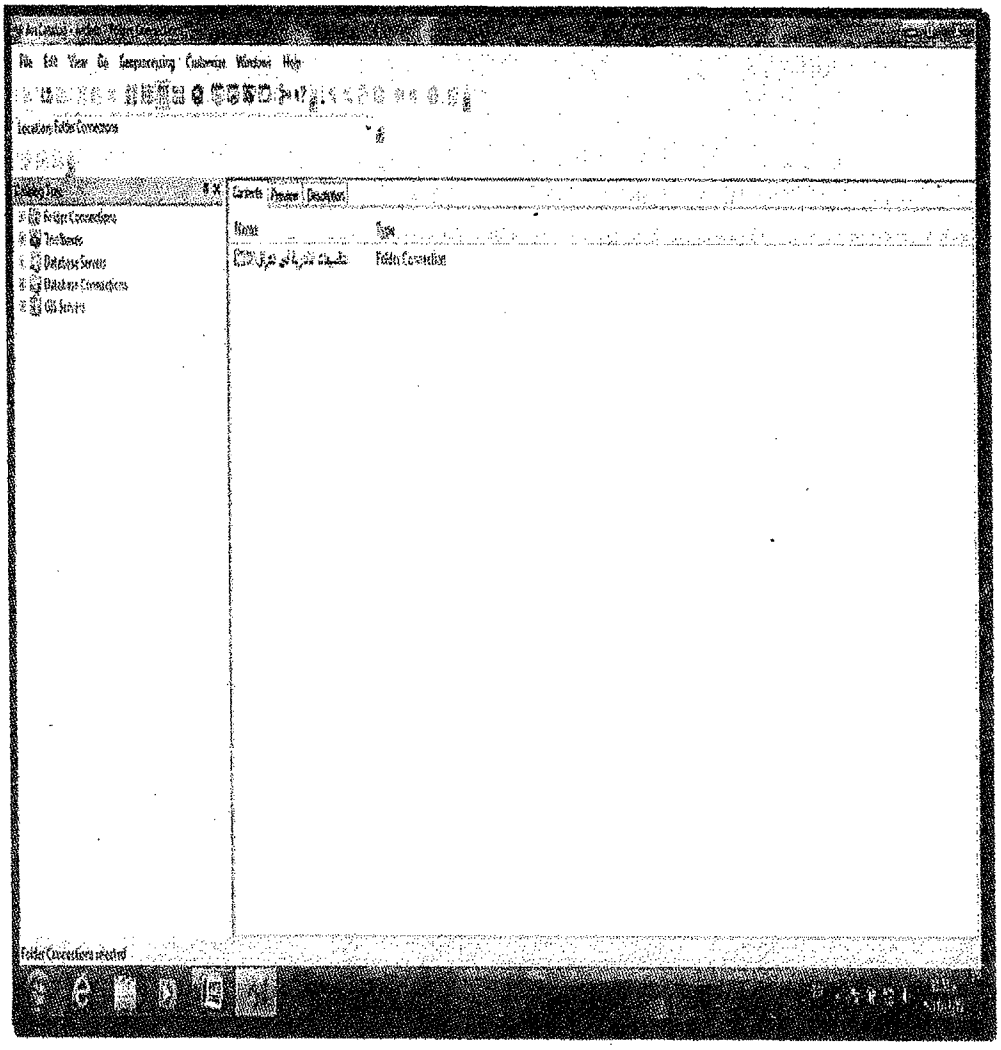


2- باستخدام نافذة برنامج ArcCatalog يتم بناء قاعد البيانات الأولية وكما ياتي:

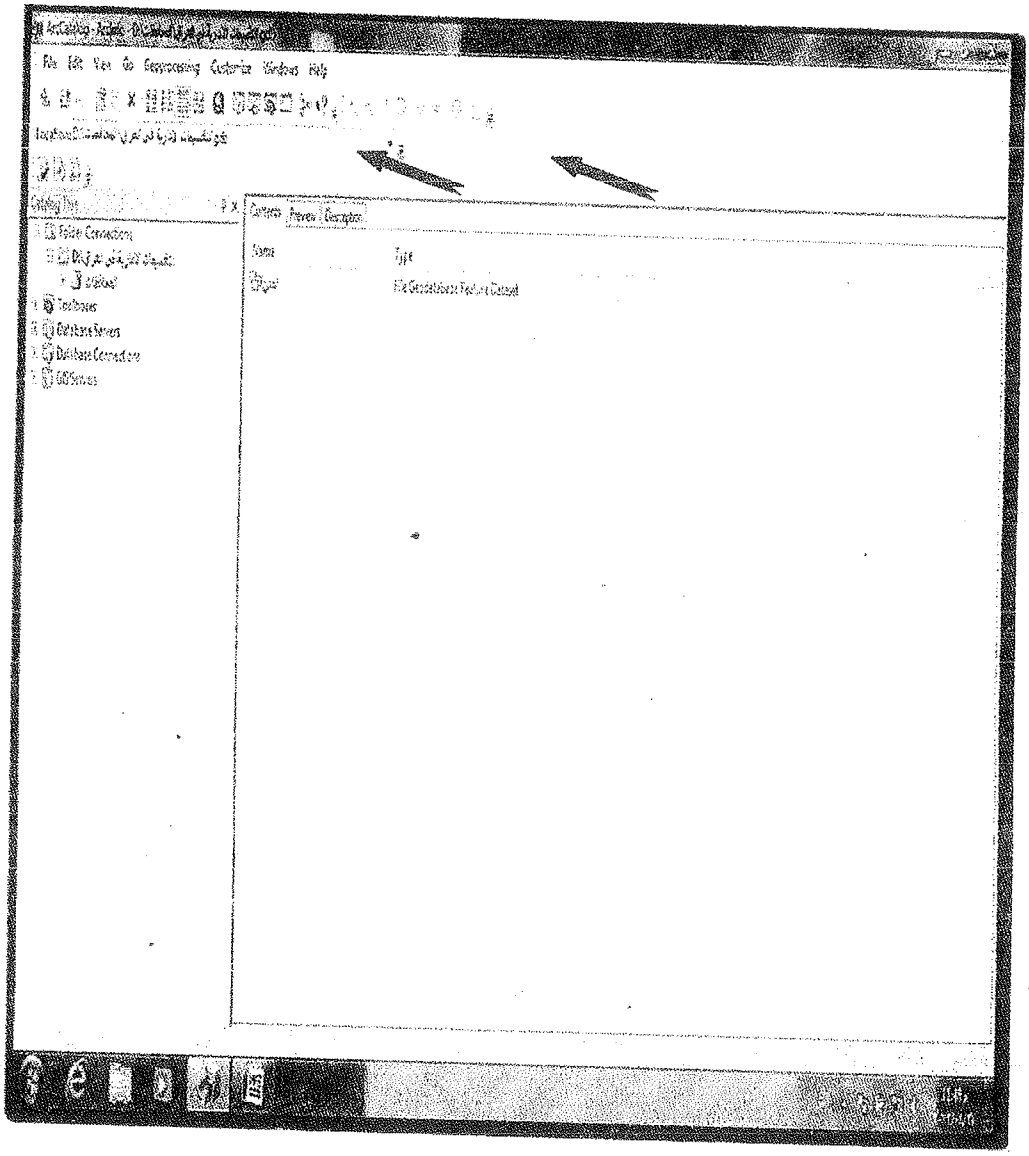
طريقة فتح برنامج Arc Catalog



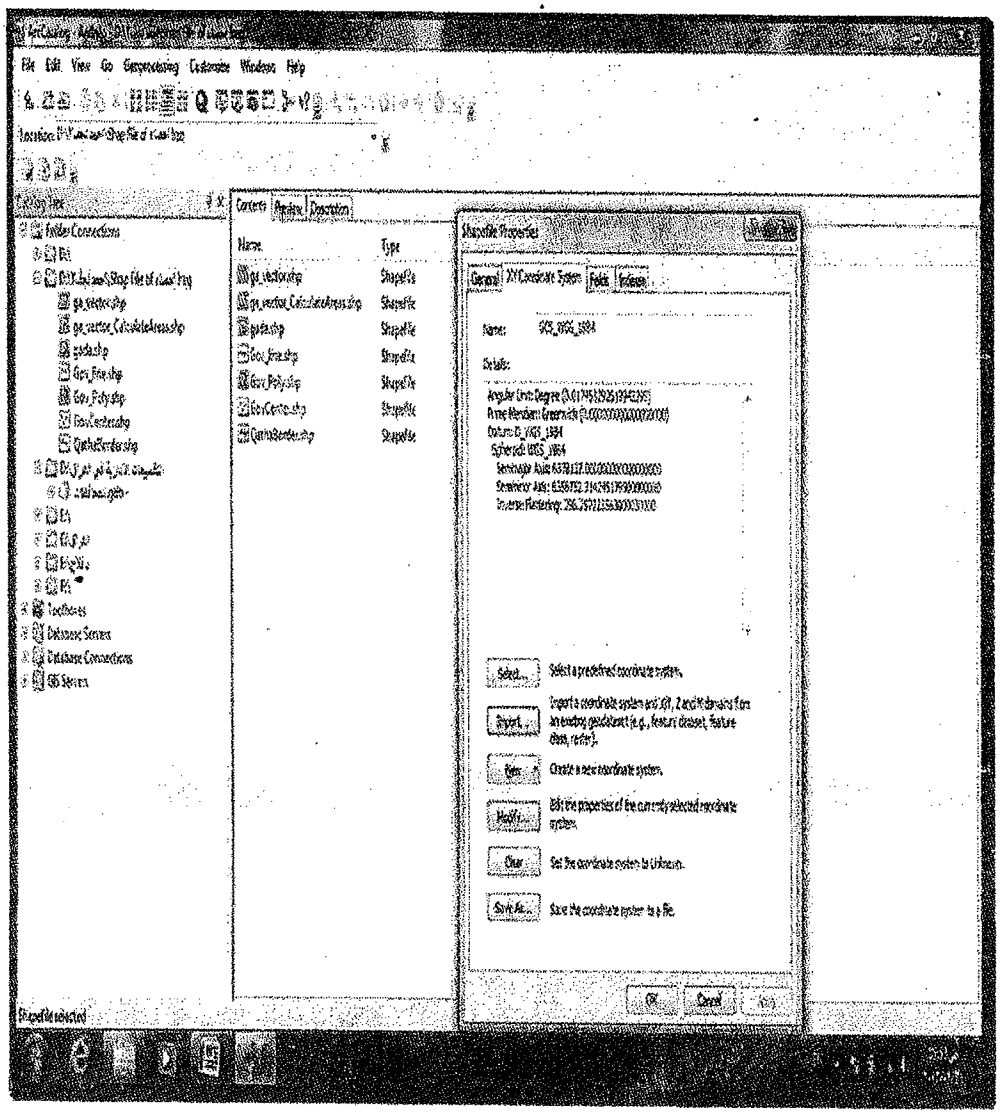
أ - واجهة برنامج Arc Catalog:-



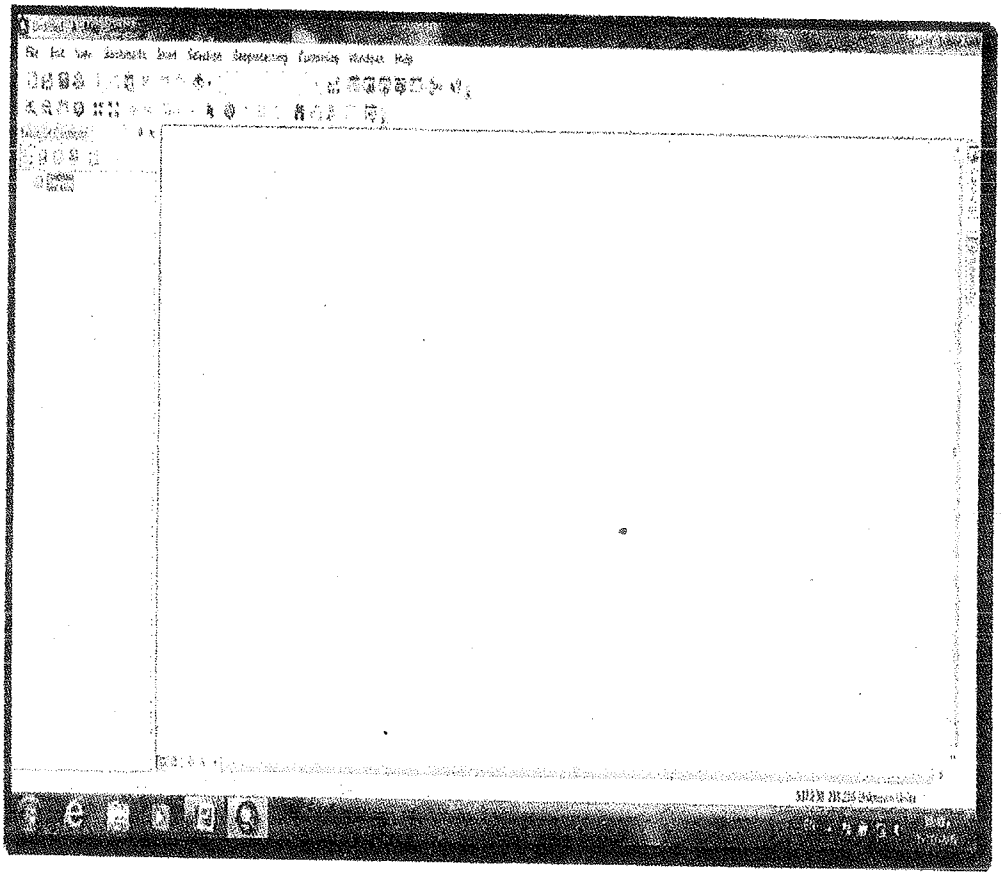
ب – بناء File و Database وGeo database



ج - تصحيح الـ Shape file والمرئية الفضائية

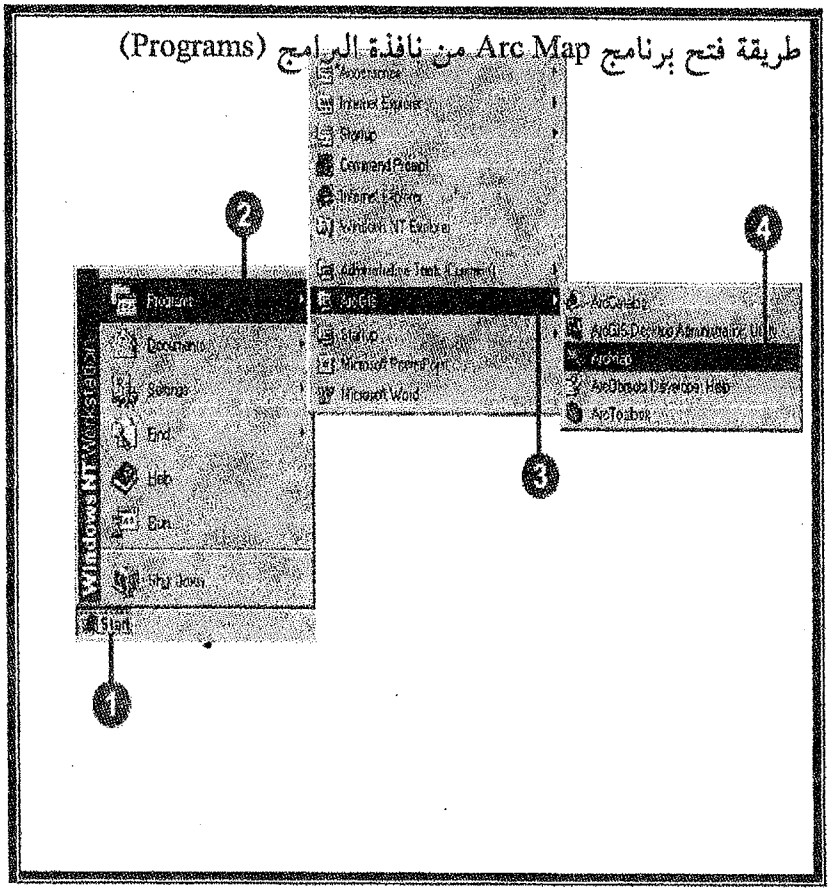


د – من برنامج ArcCataloge يمكن مباشرة فتح واجهة برنامج Arc Map:



3-رسم وتصنيف العوارض وإدخال البيانات في الجداول وتحليل البيانات

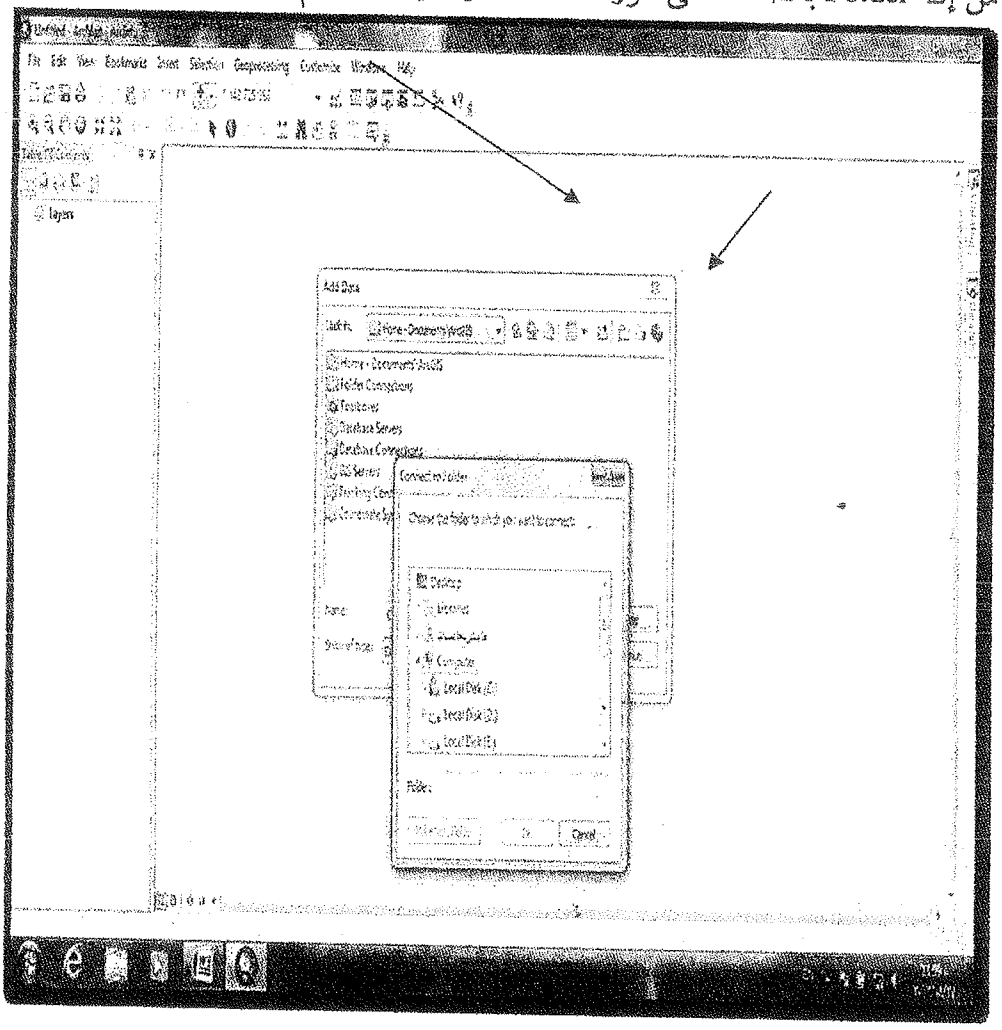
طريقة فتح برنامج Arc Map من نافذة البرامج (Programs)



باستخدام نافذة Arc Map يتم إجراء عمليات (رسم العوارض Digitize)

4 – يتم أدراج الصورة الفضائية المصححة للعراق.

من إلـ Folder بالضغط على الزرAdd Data وتحديد مسارهم ونضغط Add



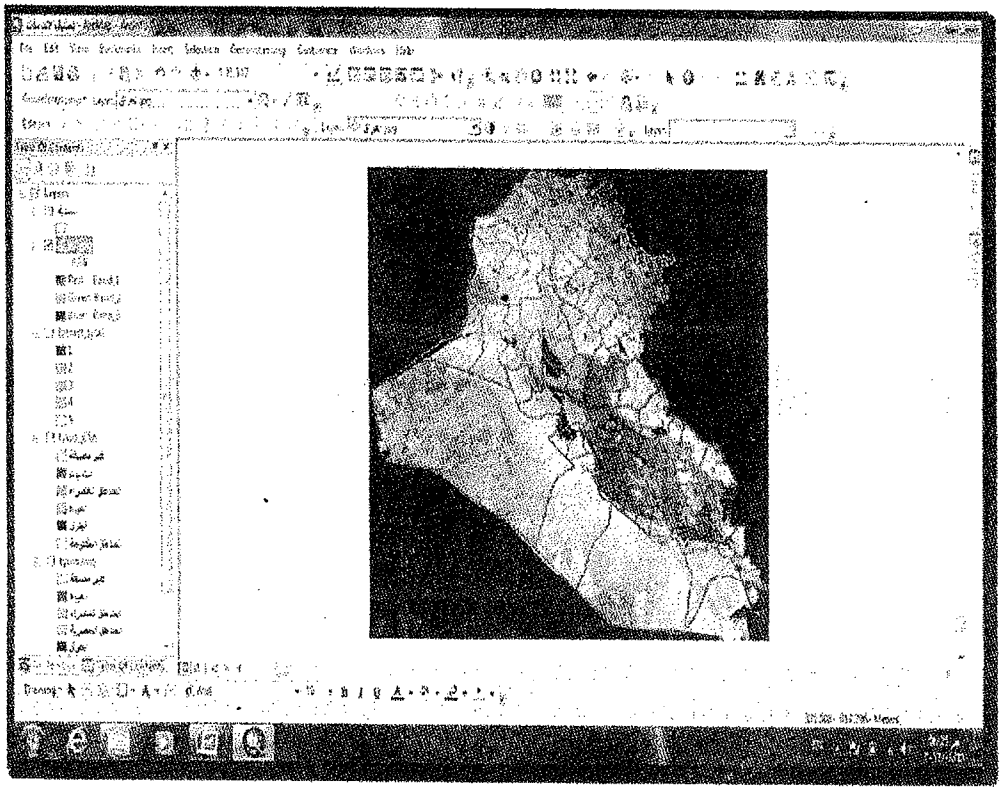
5– القيام بعملية رسم العوارض (Digitize) بعد تحديد الطبقة المطلوب رسم عوارضها وكما يلي:.

أ. تثبيت مقياس الرسم المطلوب للخارطة التي سوف يتم إنتاجها.

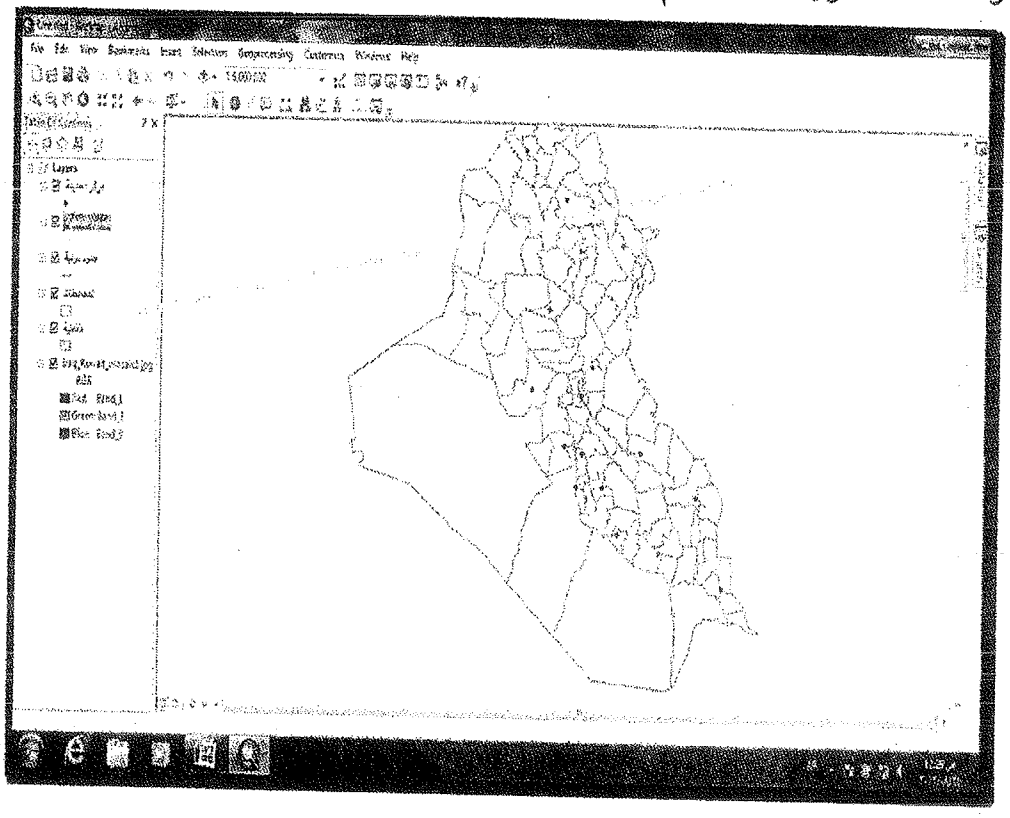
ب. تحديد العارض المطلوب رسمه باستخدام زر السحب Pan في شريط الأزرار القياسية.

ج. من شريط Editor نضغط Start Editing ونختار Sketch Tool ونبدأ برسم العارض الموجود بالصورة الفضائية مثل (مدينة ، قضاء... الخ)وحسب نوع العارض.

د. يتم تعريف العوارض من خلال إضافة العناوين على الخريطة

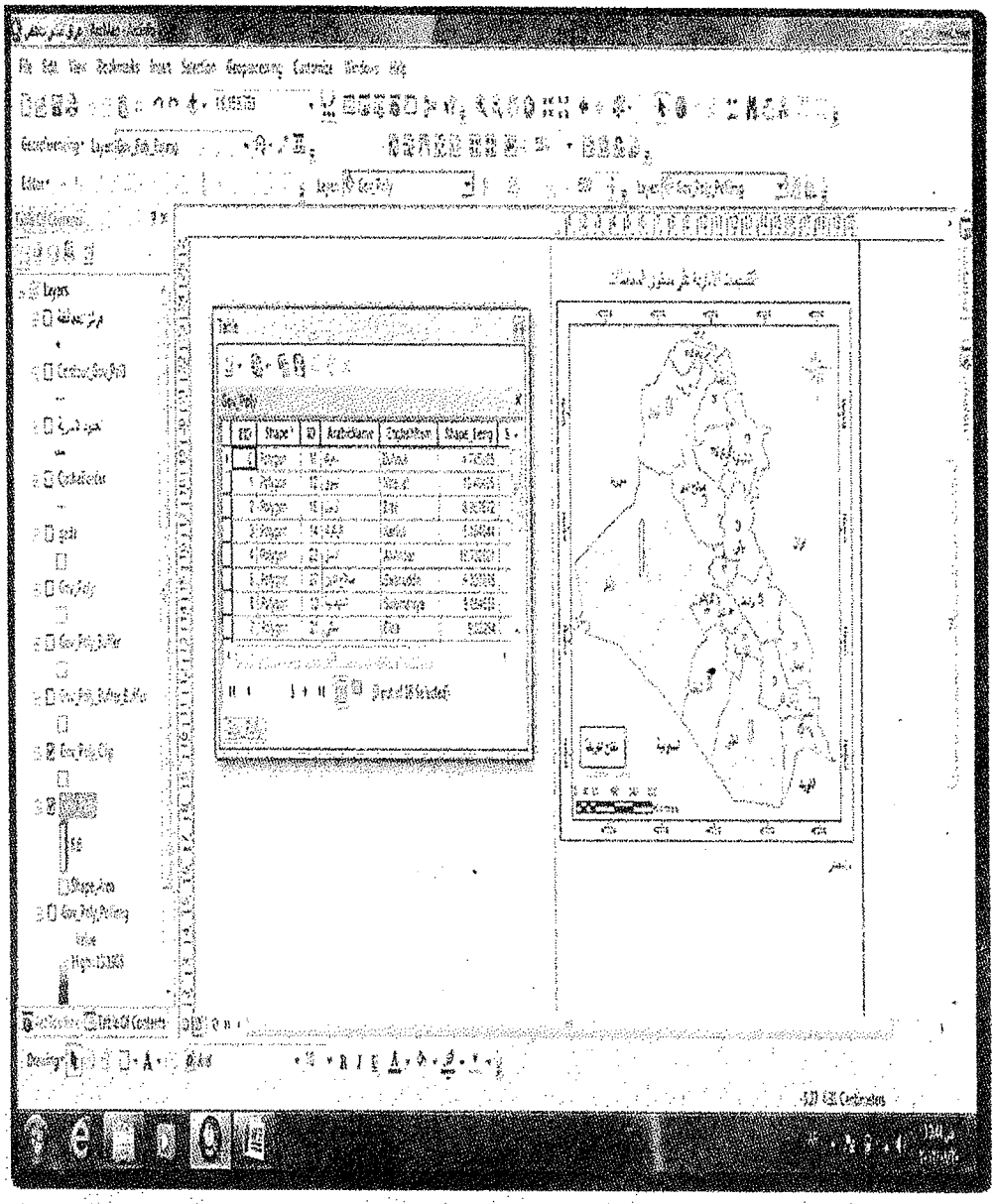


و- استدعاء المرئية الفضائية ثم إضافة إلShape File



- تحليل البيانات والتمثيل الخرائطي الكمي مع مقارنتها مع قاعدة البيانات

6- إعداد الخريطة للطباعة Print Setting



بعد الانتهاء من عملية رسم العوارض وتصنيفها وتسميتها تم إعـدادات Layout View للخريطة والتي تشمل مايلي:

1- إعدادات الصفحة Page & print setup

أ. عنوان الخريطة الرئيسي (خريطة العراق الإدارية)

ب. المصادر التي استخدمت في إنتاج الخريطة (صورة فضائية مصححة العراق على شكل موزائيك ذات دقة 30متر لعام 2007، إدراج قائمة المصطلحات Legend لتعريف الرموز المستخدمة بالخريطة.

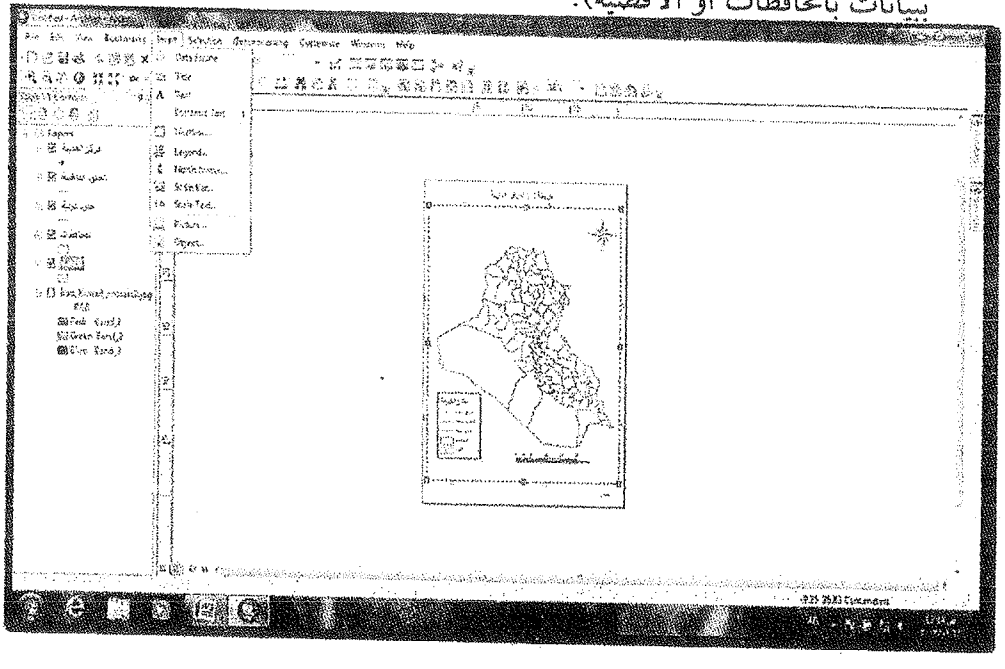
2- إدراج مقياس رسم الخريطة وغالبا ما يكون مقياس رسم خطي ومقياس رسم نسبي.

3- إدراج نوع المجسم المستخدم ونظام الإحداثيات المستخدمة UTM WGS84.

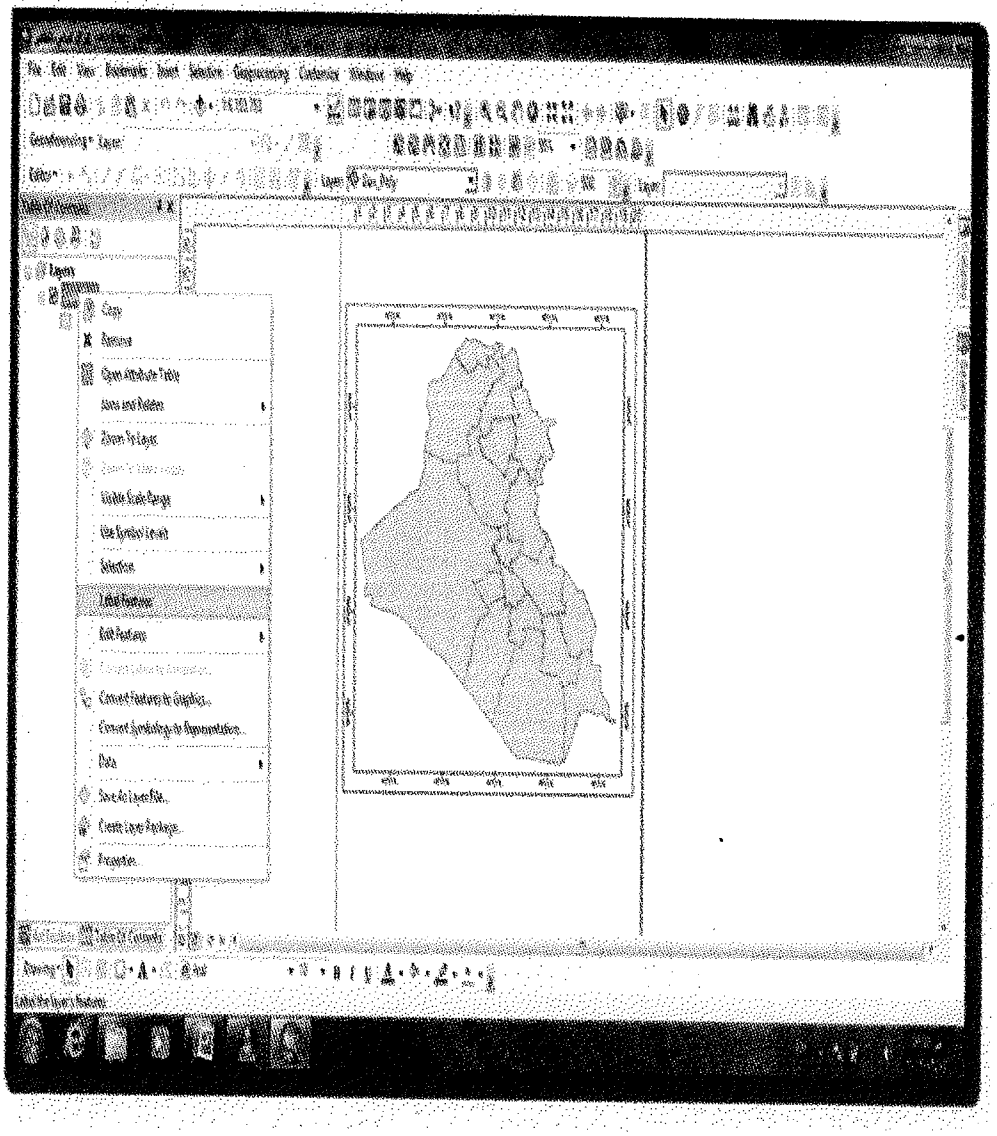
4- إدراج شبكة الإحداثيات (جغرافية او تربيعية) Grid .

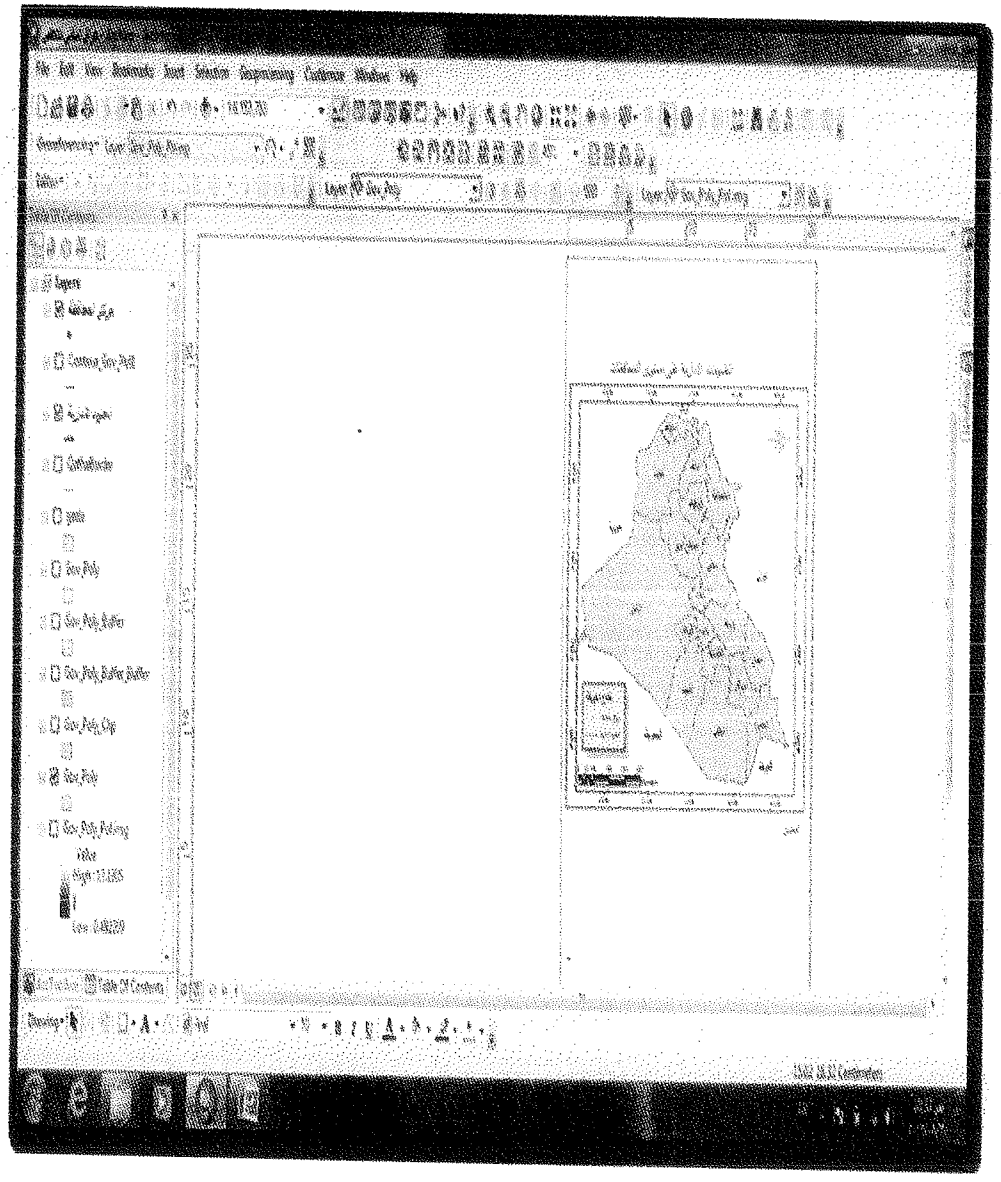
5- إدراج اتجاه الشمال الجغرافي.

6- أدراج أي بيانات أو جداول تخص العوارض الموجودة في الخريطة (جدول خاص بيانات بالمحافظات أو الاقضية).

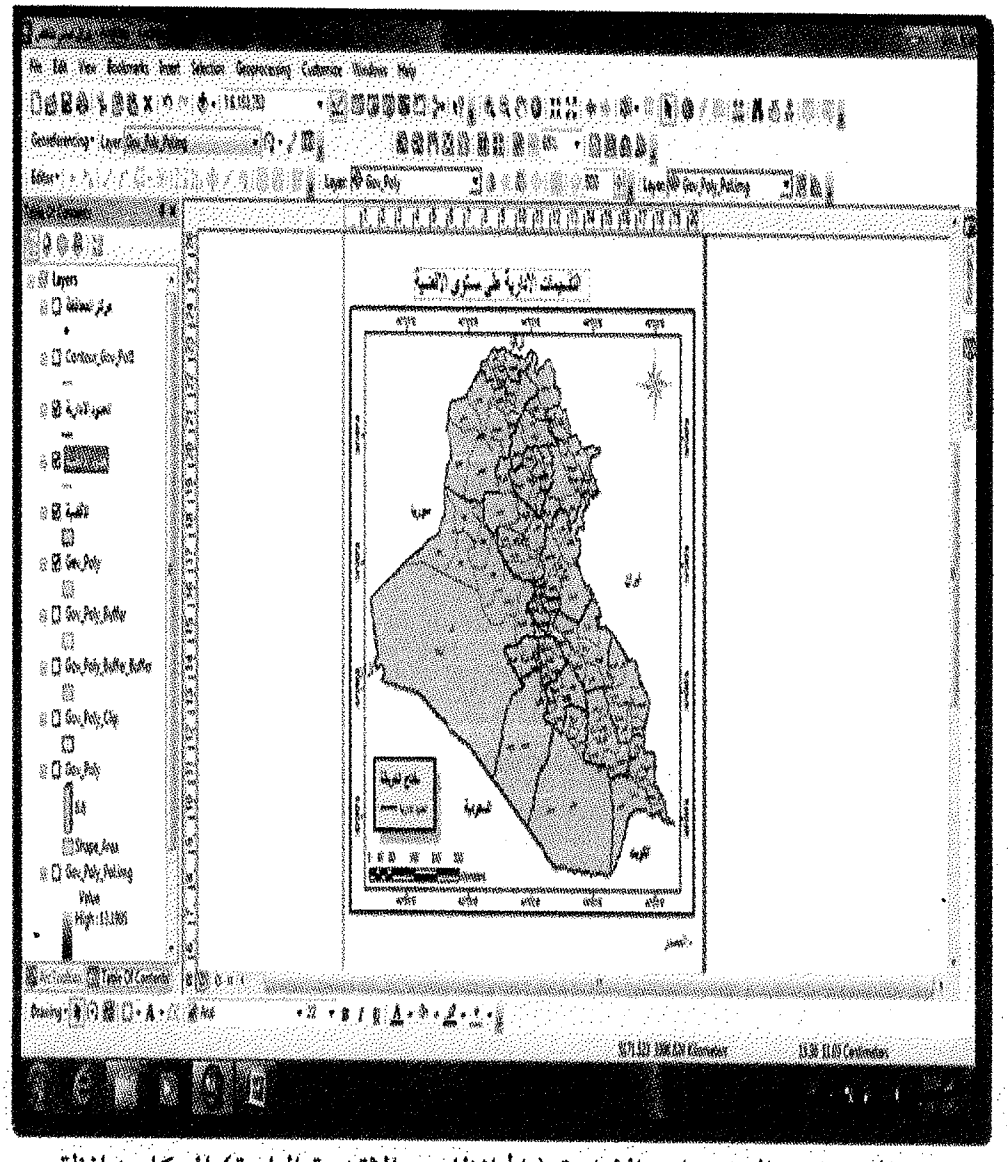


7- إضافة المسميات داخل الخريطة من Label



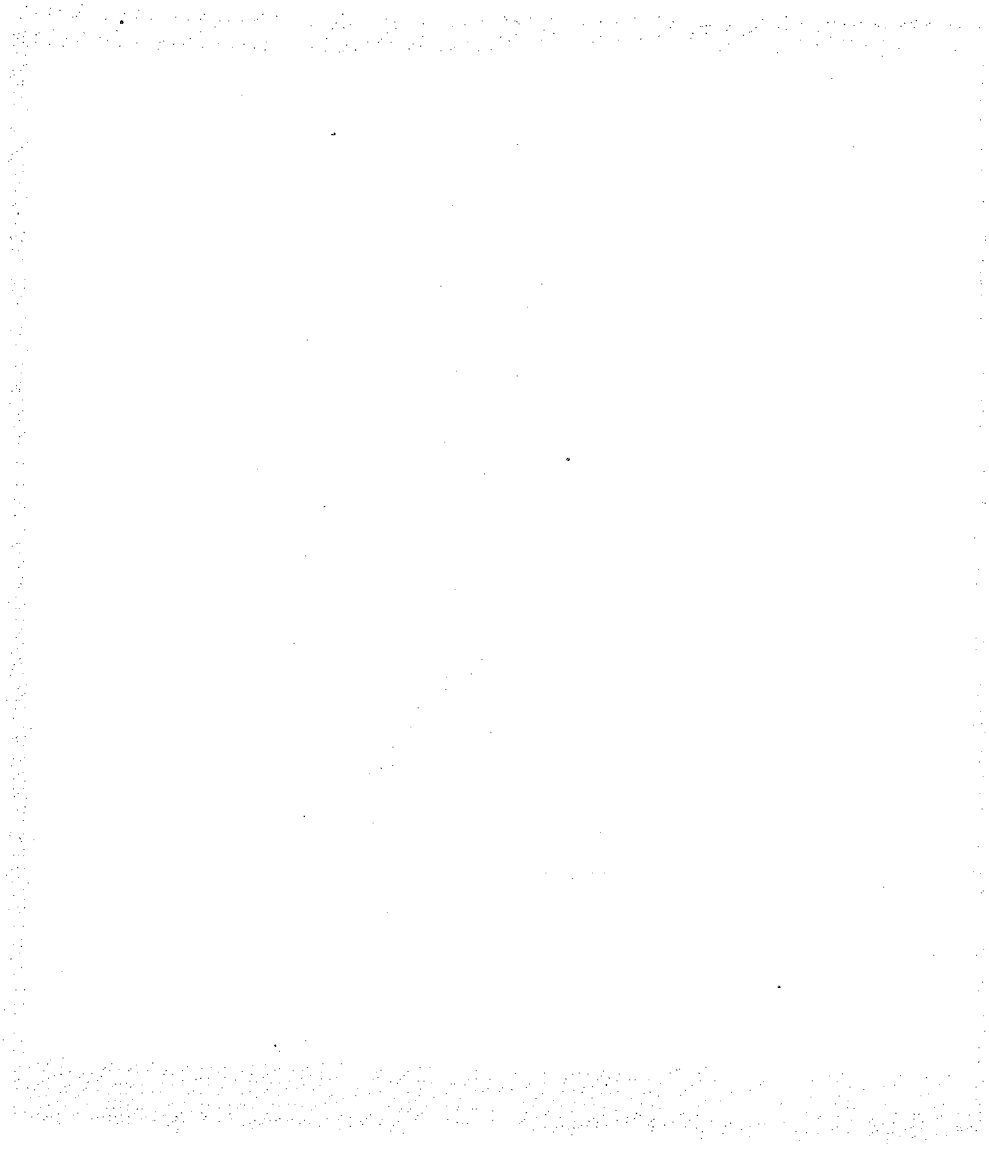


خريطة توضح التقسيمات الإدارية (المحافظات)



خريطة توضح التقسيمات الإدارية (المحافظات والاقضية التابعة) إلى كل محافظة

8- وهي الخطوة الاخيرة في العمل، فبعد أدراج أساسيات الخريطة يتم تصدير الخريطة بصيغة صورة بطريقة JPG ويتم ذلك من File ثم Export وتحديد مكان حفظ الخريطة.



الفصل الثاني

المحطة المتكاملة

Total Station

المحطة المتكاملة Total Station

2-1 : المقدمة:

ازداد استخدام الجغرافيون لأجهزة المساحة الألكترونية بحماس وثقة وبشكل مكثف ومضطرد. ولعل السبب الرئيسي يعود الى السرعة الهائلة في إنجاز القياسات للظواهر الجغرافية مقارنة بالطرق التقليدية، في إطار السهولة الكبيرة في الاستعمال والدقة العالية في النتائج. كما إن هناك تطوير مستمر وشامل على طرق استخدامها وتنوع استعمالها ووسائل تخزين المعلومات وإخراجها.

وإذا كانت السرعة والدقة وسهولة الاستعمال هي السمات الأساسية الايجابية لأجهزة المساحة الالكترونية، فإن هناك مخاطر كبيرة وتكاليف باهضة ستنجم حتماً عن سوء استخدامها، فأنها كأي تقنية إذا فهمت أساسياتها وبرامجها وأتقن استخدامها فتكون نافعة ومفيدة، وتكون معيقة وغير دقيقة في حالة غياب الكفاءة وسوء الاستخدام من قبل العاملين عليها. وقد أمكن قياس ورصد الأرض والموارد الطبيعية على نطاق أوسع وأشمل باستخدام الوسائل والتقنيات الحديثة سواء الأرضية أو الجوية وتكنولوجيا الأقمار الاصطناعية بمساعدة أجهزة الحاسوب القادرة على التعامل مع البيانات الأرضية ككل (on Global basis). وهناك العديد من أجهزة القياس الالكترونية شائعة الاستعمال، والتي يصعب حصرها نظراً للتزايد المضطرد في تعدد أشكالها وتفاوت مواصفاتها من حيث الدقة والمدى والتكاليف وشروط التشغيل.

وتعد أجهزة المحطة المتكاملة (Total station) من أحدث الأجهزة المساحية التي تقوم بعمل المسوحات الأرضية التي انتجت في المدة الأخيرة. وهي نتاج التطور التقني في علوم الالكترونيات والحواسيب وتصنيع الأجهزة المساحية. ونتيجة تكامل وحدات جهاز المحطة المتكاملة، إذ يتكون من وحدة الثيودولايت ووحدة قياس المسافات الالكترونية وحاسوب آلي داخل الجهاز ذو سعة تخزين جيدة، فانهُ يمكن إجراء العديد من العمليات

المساحية في سهولة ويسر وبدقة عالية وفي زمن قياسي. ونظراً لامكانية جهاز المحطة المتكاملة في تقنيات الرصد والحساب، إذ يمكنه رصد المسافات، وفروق الارتفاعات والاتجاهات الافقية، والزوايا الشاقولية، وتخزين هذه الأرصاد ضمن ذاكرته الداخلية، أو ذاكرة خارجية، ومعالجة هذه الأرصاد بواسطة الحاسوب الآلي الموجود ضمن الجهاز.

2-2: مفهوم المساحة (Surveying Concept):

تعرف المساحة بانها العلم والفن التكنولوجي الخاص بتحديد المواقع النسبية للنقاط على أو تحت سطح الأرض أو في البحار والمحيطات وتثبيت تلك المواقع، وبذلك فهي نظام معلوماتي متكامل للخريطة، وبالتكامل مع استخدام نظم المعلومات الجغرافية يمكن ان تساعد بشكل كبير في دعم اتخاذ القرار.

وبتعبير آخر هي العلم الخاص بالطرق والوسائل المختلفة بقياس وتجميع المعلومات الخاصة بالسطح الفيزيائي والبيئي للأرض والتعامل مع هذه المعلومات لإنتاج خرائط متعددة الأغراض تغطي احتياجات معظم مستخدمي الخرائط، مع رفع كفاءة تجميع وتدقيق وتحديث وتحليل البيانات الفراغية ذات البعد الجغرافي، وإدارة ما يتصل بها من معلومات مكانية داخل قاعدة نظم المعلومات الجغرافية مع ضمان تطورها واستدامتها.

وتعد المساحة بمثابة الأداة الأولى للجغرافي، إذ إن طرقها تعينهُ في دراسة منطقة معينة ليس لها خرائط دقيقة، كما تساعده على توقيع الظاهرات الجغرافية التي لم توقع من قبل على الخرائط. واستخدام الطرق المساحية ليس قاصراً على الجغرافية وحده بل يشترك معه في ذلك المهندس المدني والمهندس الزراعي بالأضافة الى المتخصصين في العلوم العسكرية.

2-2-1: اعمال المساحة:

تتضمن أعمال المساحة بصورة عامة قياس مسافات معينة بين نقاط أرضية، أو قياس زوايا أفقية لغرض تعيين اتجاه الخطوط، أو قياس زوايا عمودية لغرض تعيين

الأبعاد العمودية بين النقاط مختلفة الارتفاع. ويدخل ضمن تلك الأعمال قياس المناسيب عن مستوى سطح البحر لغرض مقارنة ارتفاع النقاط بعضها عن البعض الآخر. ويتطلب العمل، بالأضافة الى العمليات اعلاه، إجراء حسابات مختلفة لتعيين الحجوم والمساحات والمناسيب، وبالتالي تمثيل تلك المعلومات على مرتسمات بمقاييس مختلفة تسمى بالخرائط، فعليه يمكن تقسيم أعمال المساحة الى الآتي:

1) الاعمال الحقلية.

2) الاعمال المكتبية: والتي تضم:

أ - الحسابات.

ب - الرسم.

2-2-2: انواع المساحة:

المساحة بمفهومها العام تشمل فروعاً واقساماً متعددة من المعرفة والتطبيقات، مع إن جميع انواع المساحة تشترك في تحضير مواقع النقاط والخرائط. فمن حيث الدقة يمكن تقسيم المساحة الى ثلاثة أقسام هي:-

1- المساحة المستوية: وهي تلك النوع من المساحة الذي يعد سطح الأرض فيها مستوياً، أي أن تكور الأرض لا يأخذ بنظر الاعتبار.

2- المساحة الجيوديسية: وهو يختص بدراسة طبيعة وحجم وشكل الأرض كما هي في الطبيعة، ويحاول أن يعبر عن ذلك بأحد الاشكال الهندسية القريبة من الأرض، وتقوم بتهيئة المعلومات الحقلية الاساسية والتي تتعلق في تعيين الاتجاهات والمواقع الدقيقة على سطح الكرة الارضية المفلطح، مضافاً إليها دراسة كل من الجذب الأرضي المقاس والجذب الارضي المطلق في نقاط متعددة من الكرة الأرضية.

ويمكن أن تصنف المساحة على اساس تلك المعرفة التي يعالجها ذلك النوع من المساحة أضافة الى اختلاف طرق الدفع المتبعة في كل نوع والتقنيات الخاصة بكل منها الى ثلاثة أصناف رئيسية هي:-

أ. المساحة الارضية وتشمل جميع انواع المساحة المستوية على نطاق واسع ونطاق محدود مثل المسح الكادسترائي والطوبوغرافي ومسح الطرق والمدن ومسح المناجم والثلوج، ومسح المنشآت والمياه والمسح الهندسي بجميع فروعه عدا تلك التي تتطلب دقة عالية كحركة المنشآت الثقيلة وانحراف البنايات الشاهقة.

ب. المساحة الجيوديسية Geodesy surveying.

ج. المساحة التصويرية photogrammetry.

وهو ذلك النوع من المساحة الذي يتضمن أخذ القياسات، بما في ذلك الأبعاد والاتجاهات والمناسيب من الصور الأرضية أو الصور الجوية والمرئيات الفضائية الملتقطة بواسطة الاجهزة الفوتوغرافية وغير الفوتوغرافية المتمثلة بالكاميرات والمتحسسات (sensors).

وأصبح يطلق على هذا النوع من المساحة باسم تقنيات الاستشعار عن بعد (Remote Sensing)، بعد التطور الكبير في آلات التصوير والأقمار الاصطناعية والاستغناء عن أفلام التصوير وبدأت في التعامل المباشر مع الصور الارضية والجوية والمرئيات الفضائية، والتي فتحت باباً حديثاً وآفقاً غير مسبوقة في التحام قوتي الحاسوب الآلي وعلوم المساحة الجوية والفضائية.

3- المساحة المائية (Hydrographic surveying):

المساحة المائية تعرف بانها ذلك النوع من المساحة الذي يتخصص بمسح الأجسام المائية سواء كانت تلك الأجسام أنهاراً أو بحاراً أو محيطات أو خلجان مع شواطئها وغير ذلك من الامور التي لها علاقة مثل أعماق الماء والخطوط الكنتورية للأرض الطبيعية تحت الماء والتيارات البحرية وغيرها. ويعد المسح البحري (Marine survey) هو جزء من المساحة المائية الذي يستخدم أجهزة قياس خاصة ويختص في إنتاج خرائط الملاحة البحرية، إذ إنها توضح تضاريس الاعماق وبيان حركات المد والجزر والظواهر الجغرافية على خطوط السواحل.

2-3: تطور المحطة المتكاملة:

جهاز المحطة المتكاملة هو أحدث ما وصلت إليه ثورة الأجهزة المساحية الأرضية في السنوات الأخيرة، وهو نتاج تطورات عديدة ومتلاحقة في مجال الفيزياء والبصريات، فضلاً عن تقنيات القياسات المساحية، إذ بدأت الدراسات المكثفة لإنتاج الطراز الأول من هذه الأجهزة في وقت مبكر من القرن العشرين، ثم بدأت في الانتشار مع الحرب العالمية الثانية.

وتعتمد هذه الأجهزة على القياس الكهرومغناطيسي للمسافات من خلال موجة قياس تنبعث من الجهاز متجهة الى العاكس الذي يعكسها مرة أخرى للجهاز الذي يقوم بدوره بحساب المسافة التي قطعها الشعاع بمعلومية سرعة الموجة وزمن الارتداد.

بدأ استخدام هذه الأجهزة منفردة لقياس المسافة بين نقطتين بوضع جهاز توليد الأشعة على النقطة الاولى والعاكس على النقطة الثانية، إذ كان يتم استبدال وحدة توليد الأشعة بجهاز الثيودولايت (Theodolite) لقياس الزوايا والاتجاهات المطلوبة لا تمام العمل المساحي. وبعد ذلك تم تثبيت وحدة توليد الأشعة على جهاز الثيودولايت بوسائل تثبيت خاصة ليتم قياس كلاً من المسافات والزوايا في الوقت نفسه.

وكانت وحدة قياس المسافات في ذلك الوقت هي الديستومات ((Distomat))، وهو جهاز يعمل على فكرة قياس سرعة الضوء من خلال الأشعة تحت الحمراء (Infrared)، وذلك بأرسال حزمة ضوئية ضعيفة ثم عكسها بواسطة عاكس على شكل موشور، ثم التقاط هذا الشعاع ومن قياس الوقت اللازم لذهاب وعودة الحزمة الضوئية يمكن قياس المسافة. بعد ذلك أمكن دمج الديستومات داخل جهاز الثيودولايت لينتج ما نسميه اليوم بجهاز المحطة المتكاملة (Total station) والذي يسمى بمسميات مختلفة، فبعض الدول الأوربية تطلق على هذا الجهاز تسمية ((التاكيوميتر الالكتروني Electronic Tachometer)) نسبة الى أجهزة التاكيوميتر التي كانت شائعة الاستخدام قبل

إنتشار الاجيال الحديثة من أجهزة المحطة المتكاملة. كما يطلق في بعض الدول العربية على هذا الجهاز بمحطة الرصد الكاملة أو الشاملة أو جهاز المحطة الكلية وغيرها من المسميات.

2-4: مكونات المحطة المتكاملة:

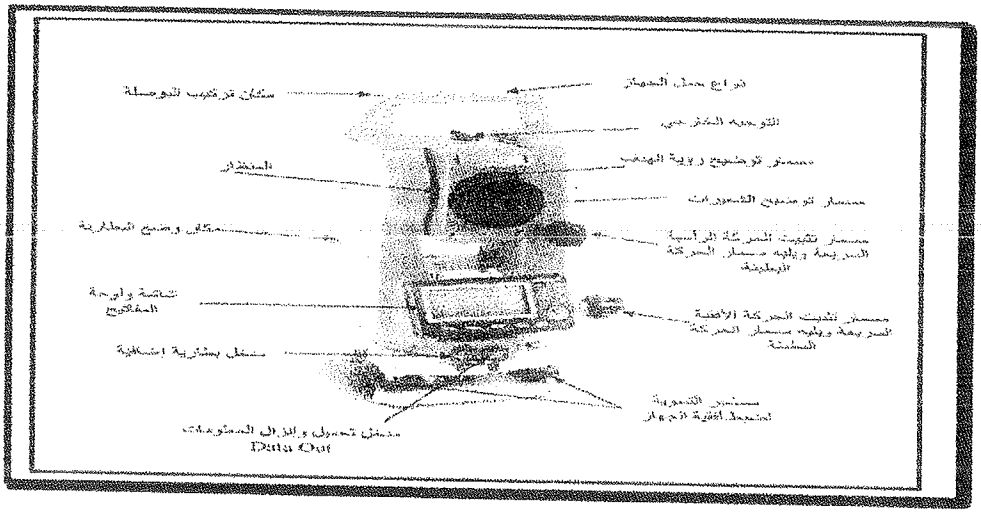
يتكون جهاز المحطة المتكاملة من وحدتين اساسيتين متكاملتين هما وحدة الثيودولايت الالكتروني، ووحدة قياس المسافات الكترونياً، ووحدات أخرى مساعدة، وادناه أهم هذه الوحدات التي تمثل مكونات المحطة المتكاملة:

1. **الوحدة الأولى:** جهاز الثيودولايت Theodolite الرقمي المصمم لقياس الزوايا الافقية والعمودية من النقطة المحتلة (النقطة التي يوجد فيها الجهاز) الى النقطة المرصودة.
2. **الوحدة الثانية:** جهاز قياس المسافات الالكتروني EDM، والذي يقيس المسافة بين النقطة المحتلة والنقطة المرصودة.
3. **الوحدة الثالثة:** حاسوب آلي (computer) ذو سعة تخزين مركب مربوط بأجهزة المحطة المتكاملة الاخرى لتفريغ البيانات عن طريق البوابة التسلسلية (serial port) وباستخدام البرامجيات الخاصة، وللحاسوب معالج لاتمام بعض العمليات الحسابية داخل الجهاز وأظهار النتائج على شاشة الجهاز أثناء الرصد العملي (مثل حساب المسافة الافقية وحساب فرق الارتفاع، وحساب احداثيات النقطة المرصودة بواسطة احداثيات نقطة معلومة، وتستخدم طريقة أقل مجموع للمربعات في حساب الاحداثيات المصححة للنقاط. والشكل (2-1) يوضح الاجزاء الرئيسية لاجهزة لمحطة المتكاملة.
4. **وحدة خزن المعلومات ضمن (الذاكرة الداخلية):** والتي تسمى (بطاقة الذاكرة Memory Card) أو ذاكرة خارجية، وتقوم بتخزين المعلومات التي يتم الحصول عليها من عمليات القياس أو الرصد، ومعالجة هذا الأرصاد بواسطة الحاسوب الآلي الموجود ضمن الجهاز.

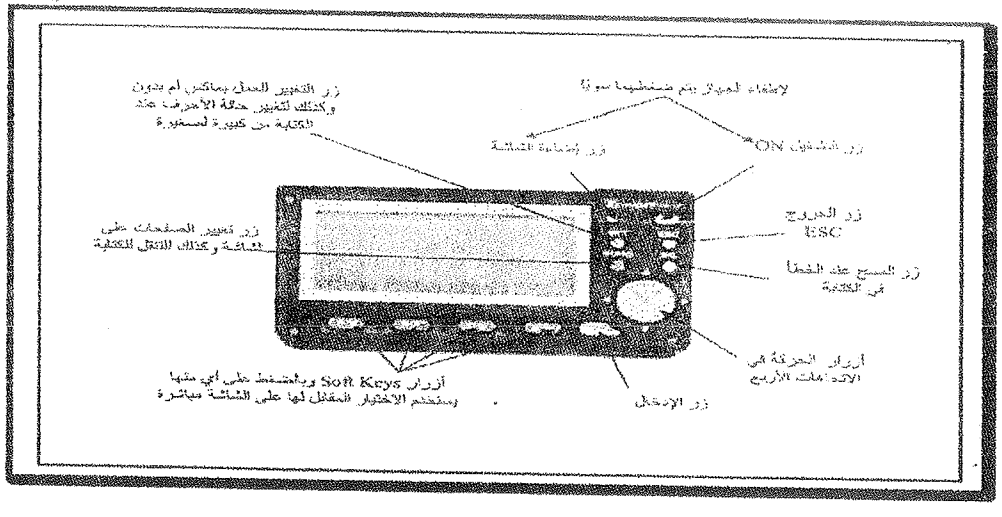
5. **لوحة المفاتيح** (keyboard): وتحتوي على مفاتيح لادخال البيانات كارتفاع العاكس، أو إحداثيات نقطة ثابتة، ومفاتيح الوظائف الخاصة، ومفاتيح الاختيار والخروج والتصفح للإنتقال من صفحة لأخرى. لاحظ الشكل (2-2).
6. بعض أنواع أجهزة المحطة المتكاملة تحتوي على جهاز تحديد المواقع العالمي (GPS Global positioning system).
7. **وحدة الإخراج والمتمثلة بوحدة إسقاط ورسم الخرائط**: حيث تجري التعديلات والتصحيحات اللازمة للبيانات الجغرافية التي يتم رصدها، والاضافات اللازمة والتي يتم خزنها بوحدة الذاكرة الداخلية بواسطة الحاسوب الآلي، حتى يتم إخراج العديد من البيانات على شكل رسومات وجداول بمختلف أشكال المعلومات وفق برامج محددة ومختارة لخدمة الأغراض المرجوة. والشكل (2-3) يوضح بعض التعريفات والمصطلحات الخاصة بجهاز المحطة المتكاملة.
8. **البرامجيات** (Programs): يشتمل جهاز المحطة المتكاملة على عدة برامج مساحية مختلفة يذكر منها:- برنامج حساب تصحيح كروية الأرض والانكسار.

- برنامج حساب الاحداثيات المستوية للنقاط الموصودة.
- برنامج حساب مسألة التقاطع.
- برنامج حساب المضلع.
- برنامج تدقيق النقاط على الطبيعة.

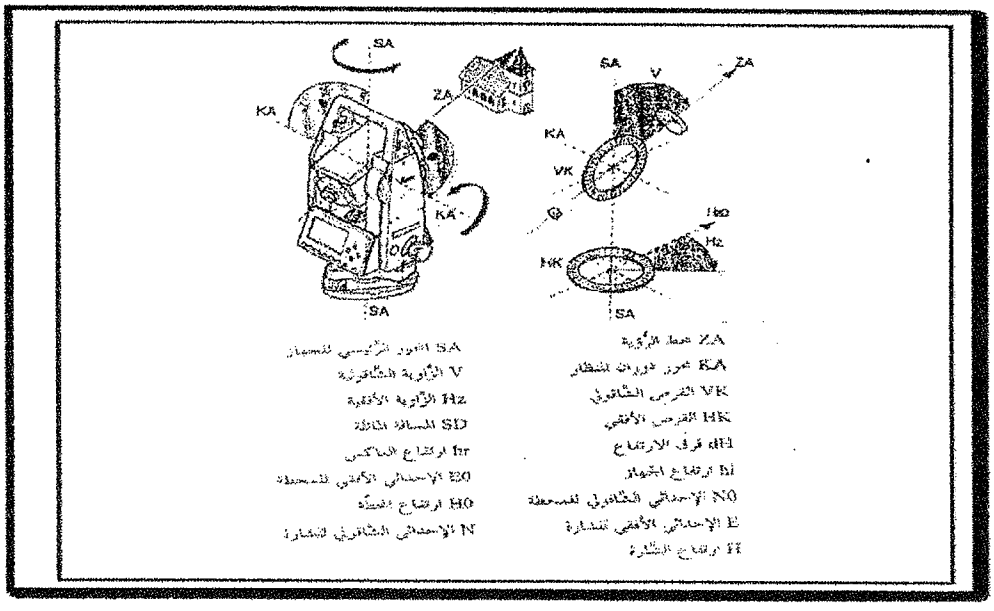
ومن معرفة هذه الأرصاد (القياسات) التي يجري عليها فيما بعد قراءة واستخراج المعلومات المسجلة من خلال وحدة الحاسوب، يمكن حساب إحداثيات النقاط المرصودة فراغياً بالنسبة للمحاور الثلاثة التي يحددها الراصد. ومن هذه الاحداثيات للنقاط يمكن عمل الأنموذج الأرضي الرقمي (Digital Terrain Model; DTM)، ومن هذا المجسم يمكن عمل خريطة رقمية (Digital Map)، أو خريطة كنتورية (contour Map)، أو قطاعات طولية وعرضية، أو تسوية الأراضي.



شكل (2-1) الأجزاء الرئيسية لجهاز المحطة المتكاملة



شكل (2-2) وظائف مفاتيح التحكم



شكل (2-3) بعض التعريفات والمصطلحات الخاصة بجهاز المحطة المتكاملة

2-5: مبدأ عمل الثيودولايت:

الثيودولايت (Theodolite) من أهم الأجهزة المساحية ويستخدم لقياس الاتجاهات والزوايا الافقية والعمودية من النقطة المحتلة الى النقطة المرصودة، وهو من أدق أجهزة قياس الزوايا سواء كانت في المستوى الأفقي أو المستوى العمودي، ولذلك فهو يستخدم في كافة الاعمال المساحية التي تحتاج الى دقة كبيرة مثل الميزانيات الجيوديسية والشبكات المثلثية والأرصاد الفلكية، كما يستعمل في قياس زوايا المضلعات بدرجاتها وانواعها المختلفة (زوايا داخلية، زوايا خارجية).

ويتكون الجهاز من ثلاثة اجزاء رئيسية هي:-

1. **الجزء العلوي** ويسمى العضادة (Alidade) ويشمل المنظار وحامله ويتألف المنظار (Telescope) من مجموعة من العدسات حفر على احداها خطان أحدهما أفقي والآخر عمودي لتحديد النقطة المراد رصدها بالضبط. ويتصل

بالمنظار دائرة عليا أفقية تتحرك مع حركة المنظار وأخرى عمودية تسمح بقراءة درجة ميل المنظار عن الوضع الأفقي.

2. الدائرة السفلية ويوجد في وسطها الجهاز بين العضادة والقاعدة. وتقسم هذه الدائرة بتدريج يبدأ من صفر الى 360 درجة، وهذه الدائرة يمكن ربطها بالدائرة العليا أو فصلها منها عن طريق مسامير (لوالب screws) خاصة لذلك.

3. الجزء السفلي ويسمى بالقاعدة (Base) وبها مسامير (لوالب) التسوية الثلاثة وهذه المسامير تسمح عند ضبطها بجعل دائرتي الثيودولايت العليا والسفلي أفقيتين. وعلاوة على الاجزاء المذكورة فأن الثيودولايت يحتوي على مجموعة من المسامير (اللوالب) التي تستعمل لتثبيت الدائرة العليا والسفلي حتى لا تتحرك عند القراءة، فضلاً عن ميزان تسوية دائري وآخر مستطيل لضبط أفقية الجهاز، ويثبت الجهاز عند العمل حامل (ركيزة) خشبي ثلاثي الأرجل (Tripod) يمتاز بوجود حركة انزلاق أفقية، الغرض منها هو إمكان جعل الجهاز متساتاً تماماً فوق النقطة التي تمثل رأس الزاوية المطلوب تعيين قيمتها وذلك باستخدام خيط الشاهول ويوجد نوعان من الثيودولايت:

1 الثيودولايت البصري Optical Theodolite (OT) .

2 الثيودولايت الرقمي الاليكتروني

والثيودولايت الرقمي الالكتروني Electronic Digital Theodolite (EDT) هو التطور الطبيعي للثيودولايت البصري، إذ انعكس هذا التطور على الدقة في القياس والكفاءة والمرونة في العمل والتقليل من فرص الخطأ. والشكل (2-4) يوضح جهازي الثيودولايت بنوعيه البصري والرقمي الالكتروني.

وتعد عملية ضبط أفقية الجهاز الأساس في زيادة الدقة في القياس، إذ يوضع في أجهزة الثيودولايت الرقمي الالكتروني (EDT) حساس الكتروني يقوم مقام ميزان التسوية الاسطواني في الثيودولايت البصري (OT) ويتكون من وحدة كهروبصرية قابلة

للإمالة. تقيم الزاوية بين الحساس الالكتروني والمستوى الأفقي المنشأ بواسطة مكتشف حساس موضعي.

وتحول زاوية الخطأ في المستوى الأفقي الى إشارات رقمية أو تحليلية تخزن بدورها وتؤخذ هذه الزاوية لمقدار تصحح به الزوايا الأفقية والرأسية المقاسة تلقائياً. ويمكن معرفة قيمتها عددياً حيث تظهر على الشاشة بالضغط على لوحة المفاتيح وتعطي دقة في حدود (0.2 ثانية).

وفي الأجهزة الأحدث يستخدم المعادل التلقائي الرأسي لضبط أفقية الجهاز، إذ يمتاز عن الحساس الالكتروني في أنهُ يصحح تلقائياً أفقية المستوى الأفقي ويعطي دقة في حدود (0.2 الى 0.3 ثانية) بمدى خطأ في عدم الأفقية بحدود (2 الى 6 دقائق).

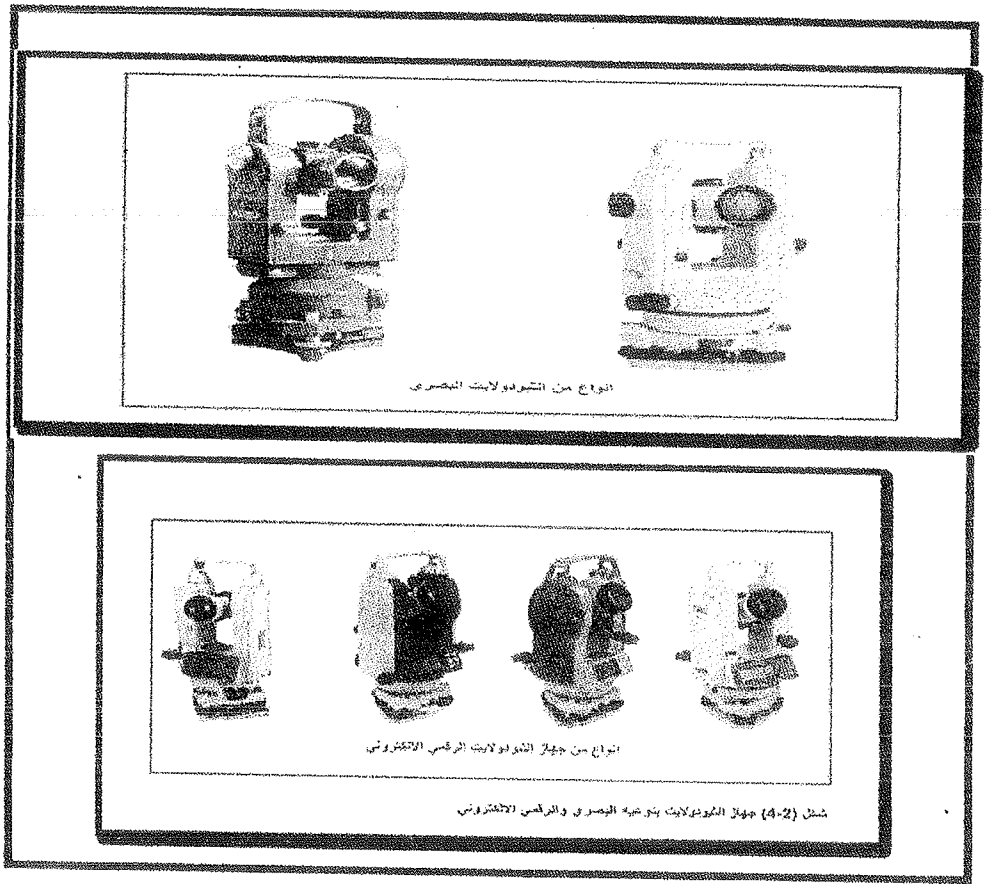
ومعنى ذلك إن الثيودولايت الرقمي الالكتروني يمتاز عن نظيره البصري بضبط الأفقية بدقة عالية، بعد استخدام الميزان الاسطواني بصورة تقريبية في التسوية. وتحتوي الأجهزة الحديثة على معادل تلقائي أفقي لجعل مؤشر القراءة الرأسية (العمودية) صفر أو 90 وموازياً للمحور الأفقي للجهاز.

بمعنى إن الأجهزة الحديثة من الثيودولايت الرقمي الالكتروني تحتوي على معادل تلقائي ثنائي Dual – Axis Compensator الذي يزيد من دقة القياس.

القراءة الرقمية للدائرة الافقية والعمودية:-

يقرأ الاتجاه الافقي والاتجاه العمودي بواسطة الراصد في الثيودولايت البصري بالنظر في منظار القراءات عند كل اتجاه.

أما في الثيودولايت الرقمي فإن الاتجاه الأفقي والاتجاه الرأسي عند كل نقطة مرصودة يسجل على شاشة الكترونية أو على دسك مغنط (Magnetic Disk) يعتبر بمثابة دفتر الحقل لأرصادات الثيودولايت الرقمي.



شكل (2-4) جهاز الثيودولايت بنوعيه البصري والرقمي الالكتروني

وتتميز أجهزة الثيودولايت الرقمي بالقدرة الآلية على التخزين، إذ تحتوي على معالج صغير (Micro processor) ويمكن من خلاله عمل التالي:-

- جعل القراءة الأفقية صفراً تماماً.
- جعل القراءة الأفقية عند أي اتجاه بأي قيمة تسجل من خلال لوحة المفاتيح.
- جعل اتجاه تزايد القراءة الأفقية مع اتجاه دوران عقارب الساعة أو الاتجاه المعاكس.

- قياس الزاوية عدة مرات مع إضافة قيمتها الى الزاوية المقاسة في المرة السابقة أي جعل القراءة تزايدية.
- زيادة دقة وسرعة القياس مع تخزين الأرصاد داخل ذاكرة الجهاز أو على ديسك مرن مع إمكانية تفريغ وتبادل البيانات بين الجهاز والحاسوب.

2-6: مبدأ عمل أجهزة قياس المسافات الكترونياً: Distance Electronic Measurement (EDM)

تعد أجهزة قياس المسافات الكترونياً قفزة كبيرة في مجال قياس المسافات وأكثر تطوراً من الأجهزة السابقة، وقد وفر للمستخدمين الكثير من الوقت والجهد، وامكانية قياس أكبر مسافة وبدقائق معدودة، وبسهولة ويسر وبدقة عالية، فقط من خلال الضغط على مفاتيح الجهاز.

وتكمن أهمية قياس المسافات الكترونياً، فضلاً عن أهمية تثبيت المقياس الطولي للخريطة، إنها تشكل مع القياسات الزاوية، الأساس في إنشاء المضلعات الشبكات، ومع تطور القياس ألطولي بأجهزة القياس الالكترونية ومزاياه، أصبح هناك شبكات تنشئ من القياسات الطولية فقط (بدون قياسات الزاوية) تسمى بالشبكات الطولية (Trilateration).(وتطورت المضلعات Traverses) أيضاً، وأصبحت تصنف من شبكات الدرجة الأولى نظراً لدقة القياس الطولي.

2-6-1: أنواع الأجهزة الالكترونية لقياس المسافة:

2-6-1-1: أجهزة القياس الكهروبصرية: Electro – Optical Instruments:

وهو أقدم نوع وسمي أول جهاز جيوديمتر (Geodimeter) والذي اخترعه العالم السويدي أرك بيرغستراند. مبدأ قياس المسافة بهذه الأجهزة يكون بإطلاق الجهاز لحزمة ضوئية ذات تردد معدل باتجاه مركز العاكس شكل (2-5)، والذي يقوم بعكس الحزمة إلى جهاز القياس الذي يقوم بقياس الزمن الذي استغرقته الحزمة الضوئية في قطع المسافة

بين مركز الجهاز ومركز العاكس ذهاباً وإياباً. وبمعرفة سرعة الحزمة الضوئية في الهواء، يمكن معرفة مقدار المسافة بين مركز الجهاز والعاكس من خلال العلاقة الرياضية الآتية:-

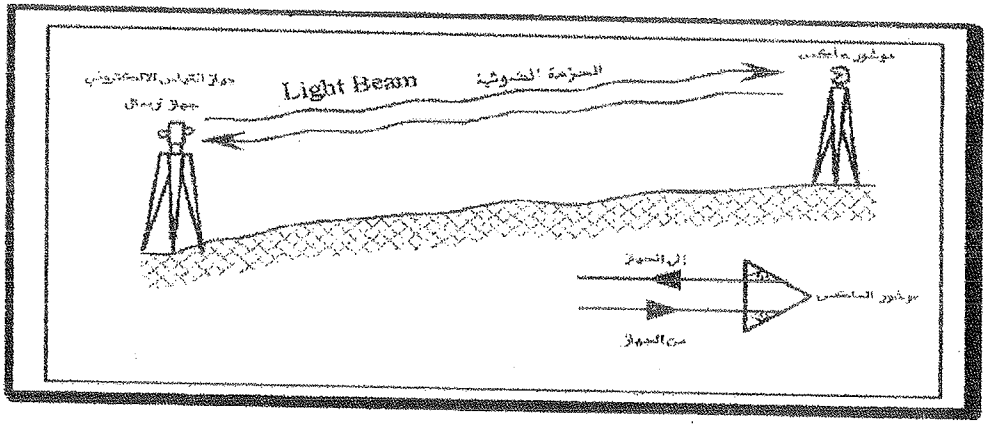
$$\hat{S} = \frac{1}{2} V.t$$

حيث أن:

S: المسافة بين الجهاز والعاكس.

V: سرعة الحزمة الضوئية في الهواء.

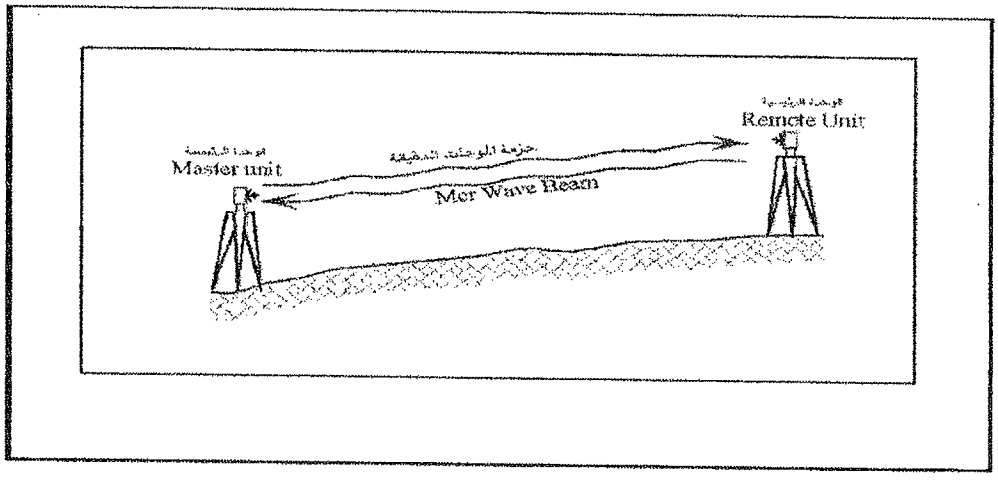
t: الزمن الذي استغرقته الحزمة الضوئية ذهاباً وإياباً.



شكل (2-5) مبدأ القياس للمسافات باستخدام الكهروبصري

2-6-1-2 النوع الثاني هو أجهزة القياس الالكترونية والتي تعمل على الموجات الدقيقة: (Microwave Distance Measuring instruments):

استخدمت هذه الأجهزة في قياس المسافات قبل استخدام الأجهزة الكهروبصرية، وفي هذا النوع تقوم الوحدة الرئيسية بإرسال موجات راديوية ذات تردد معدل إلى الوحدة الفرعية شكل (2-6)، والتي تقوم باستقبالها ومن ثم إعادتها إلى الوحدة الرئيسية التي تقوم بقياس الزمن المستغرق ذهاباً وإياباً للموجات الراديوية ومن ثم حساب المسافة استناداً إلى المعادلة السابقة.



شكل (2-6) مبدأ القياس للأجهزة التي تعمل على الموجات الدقيقية

2-6-2 مبدأ القياس الكهرومغناطيسي:

عندما يتدفق تيار كهربائي متناوب (Alternating Current (AC)) عبر دائرة مفتوحة كالهوائي مثلاً، تتولد حقول كهربائية ينشأ عنها إشعاعات في الفضاء على شكل موجات كهرومغناطيسية. من بين هذه الموجات المنبعثة الموجات الضوئية والراديوية وكلاهما له نفس السرعة في الفراغ. والسرعة المعتمدة لهما وفقاً للاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء في الفراغ هي (299792.5+ 0.4km/sec) والتي تعتبر تقريباً وغالباً تستخدم بالقيمة.

300000Km/sec (3× 10° كم/ث).

والعلاقة التي تربط سرعة الموجة الكهرومغناطيسية بطولها هي:

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

2-6-3: أخطاء القياس الالكتروني للمسافات Errors of EDM:

هناك ثلاثة مصادر للأخطاء عند استخدام القياس الالكتروني للمسافات هي:

أ. أخطاء شخصية: وهي أخطاء ترجع الى الراصد مثل (أخطاء تثبيت الجهاز أو أخطاء القياسات، أو الأخطاء بسبب الظروف الجوية) ويمكن تقليلها بالعناية والدقة والتأكيد.

ب. أخطاء الجهاز: وتنشأ من مكونات الجهاز نفسه، لذلك لابد من معايرة الجهاز على فترات دورية للتأكد من خلو الموجات الترددية من الأخطاء.

ج. الأخطاء الطبيعية: وهي أخطاء عشوائية نتيجة التغير في درجات الحرارة والضغط الجوي والرطوبة، إذ تؤثر من معامل الانكسار مما يغير من طول الموجات الكهرومغناطيسية (موجات القياس) لذلك يجب معايرة الجهاز المصنع عند ظروف معينة.

2-7: أنواع أجهزة المحطة المتكاملة:

توجد أنواع مختلفة من أجهزة المحطة المتكاملة والتي تختلف مواصفاتها الفنية والتقنية، وحسب الغرض من استخدامها. من هذه الأجهزة ما هو مكون من وحدات منفصلة (Modular) تجمع مع بعضها عند الحاجة (على سبيل المثال تكون وحدة قياس المسافات منفصلة عن الثيودولايت)، ومنها ما تشكل أجزاءه وحدة واحدة متصلة (self contained)، كذلك بعض هذه الأجهزة يسمح بإجراء العديد من العمليات الحسابية ميدانياً، وبعضها مصمم بحيث يجري التعامل مع المعلومات الميدانية (المسجلة أوتوماتيكياً على كرت خاص (بطاقة) في المكتب بالاستعانة بحاسوب يمكن من إجراء الحسابات وأعمال الرسم اللازمة. يجدر بالذكر أنهُ يمكن الاستعانة ببرامج الأوتوكاد (Auto CAD) لأعمال الرسم وإخراج المخططات والخرائط المتنوعة.

وبشكل عام يمكن أن نميز أربعة انواع من أجهزة المحطة المتكاملة وهي:

1 - جهاز المحطة المتكاملة الاعتيادي: وهو بدون محرك آلي مثل أي جهاز قديم يتم توجيههُ باليد أثناء عمليات القياس والرصد والتوقيع.

2- جهاز المحطة المتكاملة المجهز بمحرك آلي: ويسمى هذا النوع بـ (سيرفو servo) وأهم مميزات هذا النوع هي:

أ. التوجيه السريع في عملية التوقيع للنقاط، إذ بمجرد اختيار النقطة المطلوب توقيعها يتحرك الجهاز مباشرة عن طريق المحرك الآلي ناحية النقطة ليقوم الجهاز بتسجيل الاحداثيات (x , y , z)، وبهذا يتم توفير الوقت اللازم للتوجيه (orientation).

ب. هذا النوع من الأجهزة المجهزة بالمحرك الآلي تكون مزودة ببرنامج للرفع الطوبوغرافي يعمل على عملية الرفع الطوبوغرافي بدون تدخل من الراصد، وتسمى هذه الخاصية (بالمسح السطحي surface scan)، وعن طريقها يتم تحديد أي مساحة في مجال القياس بأشعة الليزر، وتحدد المساحة على إنها مستطيل يعرف من خلال ثلاثة نقاط، وتدخل المسافة الأفقية والرأسية بين النقاط المطلوب رصدها داخل المستطيل، وعند بدء العملية يتحرك الجهاز تلقائياً باستخدام المحرك الآلي ليرفع النقاط الواحدة بعد الاخرى باستخدام أشعة الليزر بدون تدخل من الراصد، وبذلك تحافظ على رفع شبكة التضليع أو التثليث بشكل متقن، وكأنها مرسومة بواسطة برنامج الأوتوكاد (Auto CAD) وفي وقت قليل جداً وبدون جهد كبير وبدقة عالية.

3- جهاز المحطة المتكاملة المزود بالمحرك الآلي ويتابع العاكس: وتسمى هذه الأنواع من الأجهزة بـ (أوتولوك Autolock)، وهذا الجهاز يقوم بالاعمال نفسها التي يقوم بها الجهاز السابق نوع (السيرفو servo)، فضلاً عن الأعمال التالية:

أ- اختصار الوقت اللازم للتوجيه أثناء الرفع، لأن الجهاز يتحرك مع العاكس تلقائياً، فلا يحتاج توجيه وبذلك نختصر وقت العمل بحوالي (35٪).

ب- تم تزويد الجهاز ببرنامج متقدم للرفع الطوبوغرافي واعتماداً على هذه الخاصية، وهو إن نحدد للجهاز قياس نقطة كل خمسة أمتار أو كل ثانية،

وبذلك فإن الجهاز يرصد النقاط مباشرة أثناء حركة العاكس. فأذا وضعنا العاكس (Reflector) على سيارة وحددنا للجهاز رصد نقطة كل خمسة أمتار مثلاً، وعندما تتحرك السيارة يقوم الجهاز بعملية الرصد، وبالتالي يتم الانتهاء من عملية الرفع الطوبوغرافي في سرعة كبيرة.

جـ- يكون المدى المحدد لمتابعة العاكس حوالي كيلومتر واحد.

4- جهاز المحطة المتكاملة المزود بالمحرك الآلي ويمكن التحكم به عن بعد: ويسمى هذا النوع من الأجهزة بـ(المحطة المتكاملة الآلية Robotic total station)، ويقوم هذا النوع من الأجهزة بالاعمال السابقة لجهاز (أوتولوك Autolock) بالأضافة الى أنه يمكن التحكم فيه عن بعد من خلال وحدة التحكم عن بعد (Remote - controlled) الموجودة في الجهاز، والتي يمكن تركيبها في الجهاز أو فصلها عنه، وعند فصلها يتم وضعها على العصا التي تحمل العاكس، وعندما يبتعد العاكس عن الجهاز يتم الاتصال من خلال موجات الراديو، ولذلك يوجد جهاز راديو في وحدة التحكم عن بعد وكذلك في الجهاز نفسهُ – لاحظ الشكل (2-7).

وأقصى مدى يمكن الوصول إليه بين وحدة التحكم عند بعد والجهاز هي:-

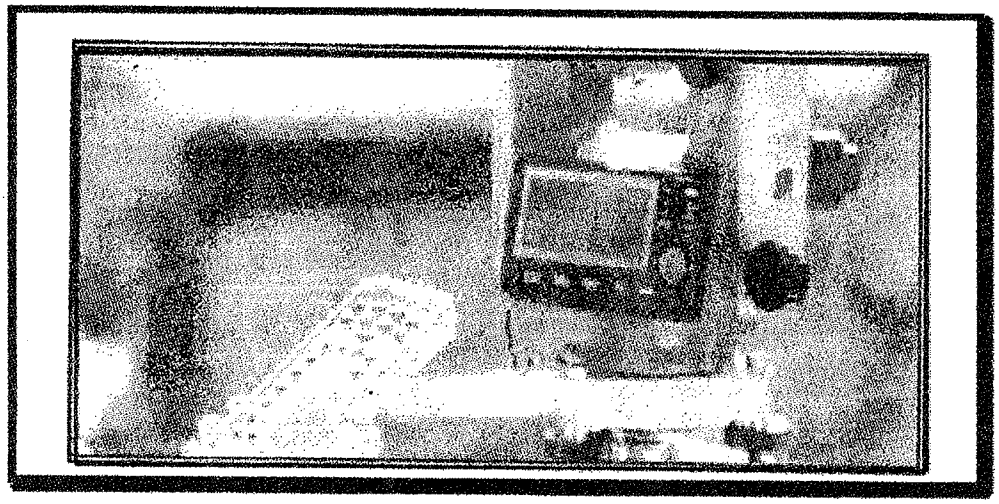
- مدى الراديو المستخدم في الاتصال.
- أقصى مسافة يستطيع جهاز المحطة المتكاملة فيها متابعة العاكس.

ونتيجة لهذه الخواص لهكذا نوع من الأجهزة فانها تتميز بما ياتي:

أ. يستطيع شخص واحد العمل على هذا النوع من الأجهزة من خلال الوقوف والسيطرة على وحدة التحكم عن بعد (Remote controlled) ويتحكم بشكل كامل في الجهاز.

ب. اذا فقد الجهاز متابعة العاكس، فأن الجهاز يقوم بالبحث عن العاكس مباشرة حتى يجده أو يتم تحريكه بواسطة ذراع التحكم من وحدة التحكم عن بعد حتى يتم رصد العاكس مرة اخرى.

نتيجة هذه الخواص فأن هـذه الانـواع مـن الأجهـزة تختـصر الوقـت المستغرق في الرصد بنسبة 50٪، فلا وقت يـضيع بالتوجيـه ولا في الرصـد، والكلفـة أيـضاً تقـل لأن الجهاز يستخدمه شخص واحد فقط.



شكل (2-7) امكانية استخدام جهاز التحكم عن بعد للمحطة المتكاملة

2-8: مميزات جهاز المحطة المتكاملة:

من أهم مميزات جهاز المحطة المتكاملة هي:-

- السرعة.
- الدقة.
- سهولة الاستعمال.
- امكانية الربط المباشر وغير المباشر بالحاسوب.
- التسجيل التلقائي للمعلومات.
- الاستغناء عن دفتر الحقل التقليدي.

- يستطيع شخص واحد (الراصد) العمل على هذه الأجهزة من خلال الوقوف والسيطرة على وحدة التحكم عن بعد (Remote controlled) ويتحكم بشكل كامل في الجهاز.

2-9: مجالات استخدام أجهزة المحطة المتكاملة:

هناك مجالات متعددة للإفادة من أجهزة المحطة المتكاملة، أهمها:-

1- المسح التفصيلي.
2- المشاريع الهندسية (توقيع المباني والطرق وخطوط المجاري والمياه وقنوات الري... وغيرها).
3- التضليع (مساحة المضلعات).
4- أعمال المسح الدقيق.
5- المسح الطوبوغرافي بكافة أشكاله.

2-10: تطبيقات جهاز المحطة المتكاملة:

نتيجة لتكامل وحدات جهاز المحطة المتكاملة فانه يمكن إجراء العديد من العمليات المساحية ورفع كافة المعالم الموجودة في منطقة الدراسة، وأهمها:

1- تعيين المسافات العمودية (orthogonal distances offsets) على خط معلوم (نقطتين معلومتي الاحداثيات)، حيث تخزن إحداثياتها في الجهاز ثم يوجه على النقاط المطلوبة، إذ يحدد الجهاز عن طريق إجراء العمليات الحسابية باستعمال برامجيات التطبيقات المساحية المزود بها الجهاز المسافات العمودية من هذه النقاط على الخط المعلوم.
2- رفع كافة المباني بانواعها المختلفة مع محيطها الخارجي، وفضاءاتها، ومداخلها والبروزات، والممرات المكشوفة، إضافة لتحديد نوع الاستعمال لهذه المباني (أبنية عامة، مساجد، مستشفيات، مراكز إطفاء... وغيرها).

3- رصد المضلع المساحي وتعيين إحداثيات نقطة وتصحيحهُ مباشرة. كما تقوم بعض الاجهزة برسم المضلع وإظهاره على شاشة الجهاز.

4- رفع الاسيجة والأسوار الواقعة حول المباني، والأراضي غير المبنية.

5- عمل التقاطع العكسي (Resection)،إذ يكفي على الأقل رصد (مسافة وزاوية) لنقطتين معلومتين. ويمكن رصد أكثر من نقطتين لزيادة الدقة الناتجة. ويستخدم الحاسوب ا بالجهاز طريقة أقل مجموع للمربعات في حساب الاحداثيات المصححة.

6- رفع جميع الطرق بانواعها المختلفة مع التفاصيل الخاصة بها (الارصفة، جسور المشاة والانفاق، الجزرات الوسطية، الأشجار، اعمدة الكهرباء والاعلانات... وغيرها).

7- رفع خطوط السكك الحديدية مع كل ما يتعلق بها من منشآت وأشارات ضوئية.

8- في التقاطع الأمامي (Intersection) لا نحتاج إلى احتلال نقطتين بل احتلال نقطة معلومة والتوجيه على نقطة معلومة أخرى ثم قياس المسافة والاتجاه لنقطة مطلوب توقيعها.

والنقطة المحتلة: هي النقطة التي يوضع عليها الجهاز، وهي رأس الزاوية الافقية

9- رفع مدارج الطيران، والمراسي، والمرافئ، والأرصفة بانواعها، مع جميع المنشآت القائمة على الشواطئ.

10- رفع وتسقيط الأنهار الدائمة، والموسمية، والسواقي، مواقع الينابيع والآبار، ومناهل مياه الشرب، والوديان ومجاري السيول، والسدود.

11- تعيين إحداثيات خط من نقطة محتلة خارجه، أي من نقطة معلومة الاحداثيات يرصد النقطتين فيعطي إحداثيات الخط.

12- مسارات أنواع الخطوط الرئيسية (مياه الشرب، الصرف الصحي، البترول والغاز.. وغيرها) الظاهر منها على سطح الأرض.

13- مسارات خطوط القدرة (الضغط العالي) والاتصالات وغرف المحولات الكهربائية، كابينات الهاتف الرئيسية... وغيرها) الظاهر منها على سطح الأرض مع التفاصيل الخاصة بها.

14- تعيين الارتفاع والمسافة الجانبية لنقطة لا يمكن وضع عاكس عليها.

15- توقيع نقاط على الطبيعة Setting out معلومة الأحداثيات من الخريطة، مثال ذلك توقيع منشآت، طرق حدود، وغيرها.

16- رفع وتوقيع حدود الأراضي المشجرة مع ذكر نوع الأشجار، وكذلك صفوف الأشجار، والاشجار المنفردة، وتعيين قطر الشجرة أو إحداثيات موضع مركزها برصد نقطة على مسافة معلومة من الشجرة.

2-11: مساوئ استخدام أجهزة المحطة المتكاملة:

يمكن تلخيص مساوئ استخدام أجهزة المحطة المتكاملة على الشكل التالي:

1- يصعب إجراء التحقيق الميداني أثناء أخذ القياسات، إذ لابد من العودة الى المكتب وإخراج الحسابات والرسومات ومن ثم إجراء تحقيق شامل. في حين قامت بعض الشركات المتخصصة بهذا النوع من الأجهزة بتزويد الأجهزة بشاشه قياس كبيرة يمكن من خلالها عرض مواقع النقاط المرفوعة بشكل آلي.

2- يلزم استخدام مرشح (filter) خاص عند رصد الشمس وإلا تعرضت وحدة قياس المسافات الالكترونية (EDM) للعطب.

3- أحياناً تنعكس الأشارة الكهرومغناطيسية من شيء (جسم ما أو سطح عاكس ما) غير العاكس نفسه.

12-2: طريقة الرصد باستخدام جهاز المحطة المتكاملة:

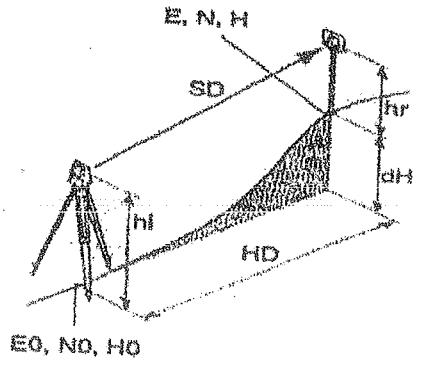
لاجراء أعمال الرصد للنقاط المساحية، يتم التمركز بجهاز المحطة المتكاملة فوق النقطة المحتلة (نقطة الوقوف)، ووضع العاكس فوق النقطة المرصودة، كما في الشكل (2-8). يحتوي جهاز المحطة المتكاملة على تمركز ضوئي أو ليزري لجعل المحور الرئيسي لهُ ماراً من نقطة الوقوف، ولتحقيق الأفقيّة التقريبية للجهاز ويتم ضبط الزئبقية الكروية الموجودة عليه بواسطة أرجل الركّيزة، كما يبين الشكل (2-9). أما الافقية الدقيقة للجهاز فتجري عن طريق ضبط الزئبقية الالكترونية المزود بها الجهاز بواسطة لوالب (مسامير) التسوية، كما في الشكل (2-10).

يستخدم عادة للتمركز الدقيق فوق نقاط المراصد حامل للعاكس (prism tribrach carrier) يركب على الركيزة ثلاثية الأرجل كما في الشكل (2-11) بدلاً من مسكه باليد. ويمكن التعامل مع جهاز المحطة المتكاملة بمرونة عالية عن طريق لوحة المفاتيح المزود بها الجهاز أو جهاز التحكم عن بعد (Remote controlled) وترصد نقاط كافة المعالم من المراصد التي اختيرت بمواقع مناسبة وحسبت إحداثياتها، بالتمركز بجهاز المحطة المتكاملة فوق مرصد معين وليكن A ثم يوجه نحو مرصد آخر مثل B ويوضع عنده قراءة الاتجاه الأفقي مساوياً صفر، ليتم بعد ذلك رصد النقاط التفصيلية بطريقة المسح القطبي، أو الرصد بالاشعاع (قياس اتجاه أفقي ومسافة أفقية). تحسب الاحداثيات الديكارتية للنقاط التفصيلية وفق العلاقة التالية:-

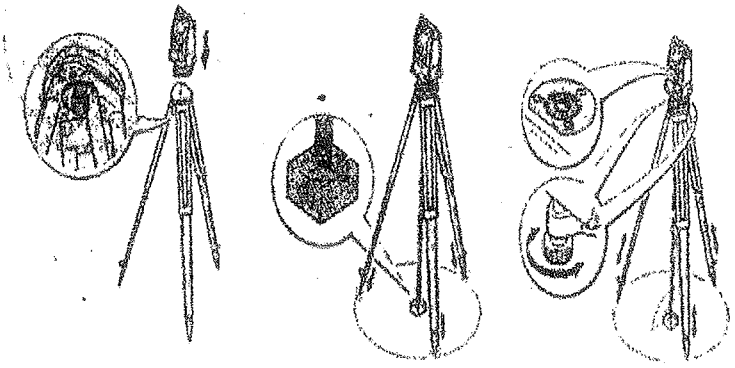
$$Xc = XA + dAc \times \sin GAc$$
$$Yc = yA + d\,AC \times \cos GAc$$
$$XD = XA + d\,AD \times \sin GAd$$
$$yD = yA + d\,AD \times \cos GAD$$

ويحسب السمت GAC و GAD وفق العلاقة:-

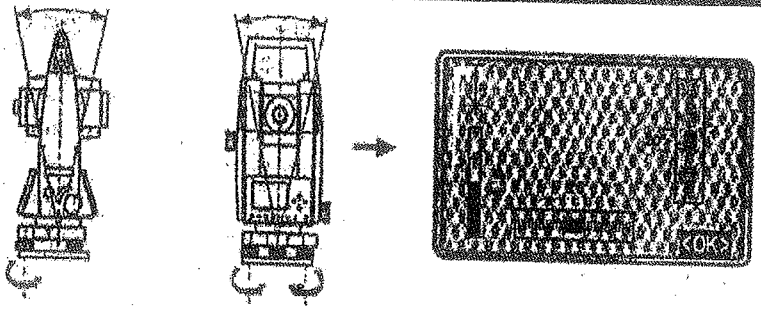
$$GAc = \tan^{-1}(Xc - X_A / Yc - Y_A)$$
$$GA_D = \tan^{-1}(X_D - X_A / Y_D - Y_A)$$



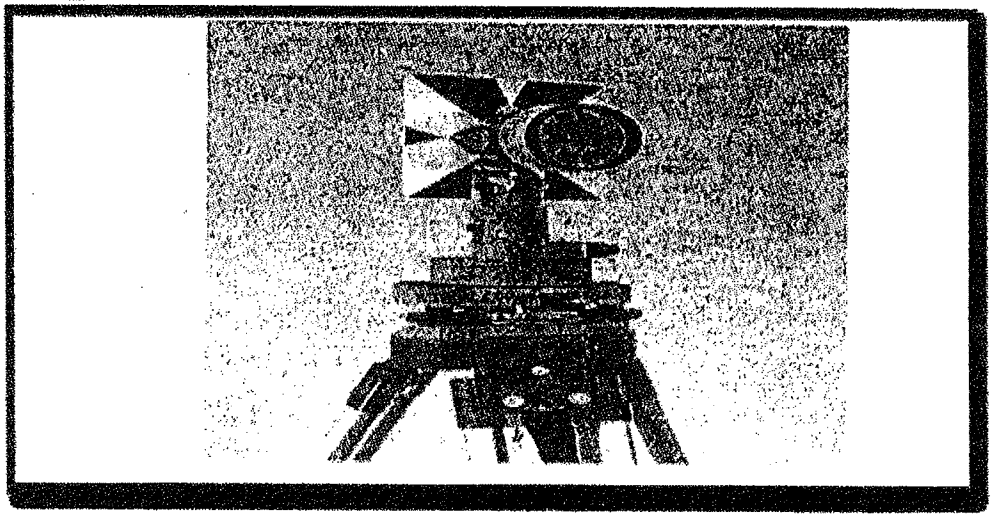
شكل (2-8) آلية الرصد بجهاز المحطة المتكاملة



شكل (2-9) التمركز بجهاز المحطة المتكاملة وضبط الزئبقية



شكل (2-10) ضبط الزئبقية الالكترونية لجهاز المحطة



شكل (2-11): حامل عاكس مركب على ركيزة ثلاثية الأرجل

ويتم رصد النقاط المراد رصد، وحساب احداثيات المحطة المحتملة بعدة طرق، واهم هذه الطرق هي:-

1- طريقة التضليع Traverse Method.

2- طريقة التثليث Triangulation Method.

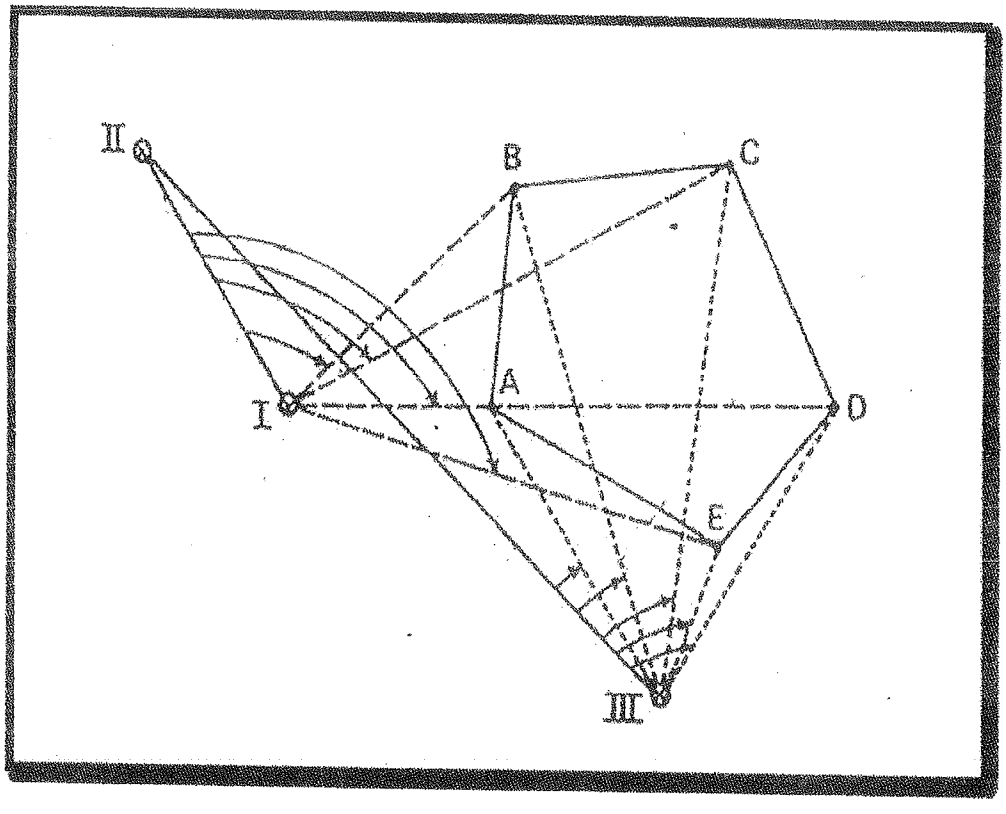
3- طريقة التقاطع العكسي Resection Method.

2-13: التضليع باستخدام جهاز المحطة المتكاملة:

المضلع (Traverse) ويسمى بالهيكل الأساسي، إذ أنهُ الأساس لكل خريطة ولكل عمل مساحي. ولعمل خرائط مساحية يتطلب عمل مضلع تنسب لهُ جميع المعالم في الطبيعة بواسطة التحشية. ولإنشاء المضلع يتطلب عمل قياسات لتحديد الوضع النسبي بين نقاط أضلاع المضلع بالنسبة إلى بعضها البعض. هذه القياسات يجب أن تكون دقيقة جداً وذلك لأن أي خطأ في قياس أي مسافة أو أي زاوية في المضلع تؤثر على الخريطة كلها. وقياسات المضلع في الطريقة التقليدية تتم بالشريط الصلب أو بجهاز قياس المسافة الالكتروني لقياسات الاطوال وجهاز الثيودولايت لقياس الزاويا الداخلية والخارجية.

أما باستخدام جهاز المحطة المتكاملة فتتم عملية التضليع، فيما عدا حالات المضلعات ذات الإضلاع الطويلة (تتجاوز في أطوالها الكيلومتر) ويمكن تلخيص خطوات العمل على الشكل الاتي، لاحظ الشكل (2-12):-

أ- يثبت الجهاز رأسياً فوق نقطة مناسبة (I) داخل أو خارج المضلع أو حتى فوق أحد أركان المضلع ذاته مع مراعاة أن يكون موقع هذه النقطة المختارة معلوما أو مفروض الإحداثيات ويجري ضبط رأسية وأفقية الجهاز تماماً في هذه المحطة.



شكل (2-12) التضليع بجهاز المحطة المتكاملة

ب- يوجه منظار الجهاز باتجاه نقطة أخرى (II) معلومة الإحداثيات أو تشكل مع محطة الرصد (المحطة المثبت فوقها الجهاز) خطاً معلوم الأزموث Azimuth (الانحراف

الكلي عن الشمال) أو سيجري قياسه بالرصد الفلكي أو باستخدام البوصلة (إذا كان موضوع الاتجاهات غير مهم أو مطلوب بشكل دقيق)، لاحظ أنه يمكن حساب أزموث خط بمعلومية إحداثيات طرفية (في مثالنا هذا I و II).

ج- يغذي الجهاز بإحداثيات نقطة الرصد (I) وبأزموث الضلع (I-II)، سواء كانت معلومة أو افتراضية، وبارتفاع مركز الجهاز فوق نقطة الرصد وكذلك بارتفاع مركز العاكس فوق ركن المضلع الذي سيتم رصده (وارتفاع الهدف المرصود فعلياً فوق الركن المرصود إذا لم يكن بالإمكان رؤية مركز العاكس وبالتالي قياس الزاوية الرأسية بشكل دقيق لغايات إجراء التصحيح اللازم في حسابات المسافة الأفقية وفرق الارتفاعات.

د- تصفّر دائرة الزوايا الأفقية بينما الرصد باتجاه النقطة (II) من النقطة (I).

هـ - الآن يلف المنظار باتجاه دوران عقارب الساعة لرصد كافة أركان المضلع (إذا أمكن رؤيتها جميعاً من محطة الرصد I التي يجري عادة اختيارها واختيار أركان المضلع نفسه بحيث تحقق هذا الهدف المتمثل بإمكانية رؤية كافة أركان المضلع من محطة رصد واحدة وهي في مثالنا هذا المحطة I). من الطبيعي أن يجري تثبيت العاكس (بالعدد المناسب واللازم من العدسات العاكسة) فوق كل ركن من أركان المضلع (E,D,C,B,A) عند إجراء الرصد باتجاهه لغايات القياس والتسجيل الآلي للمسافات والزوايا (الأفقية والرأسية).

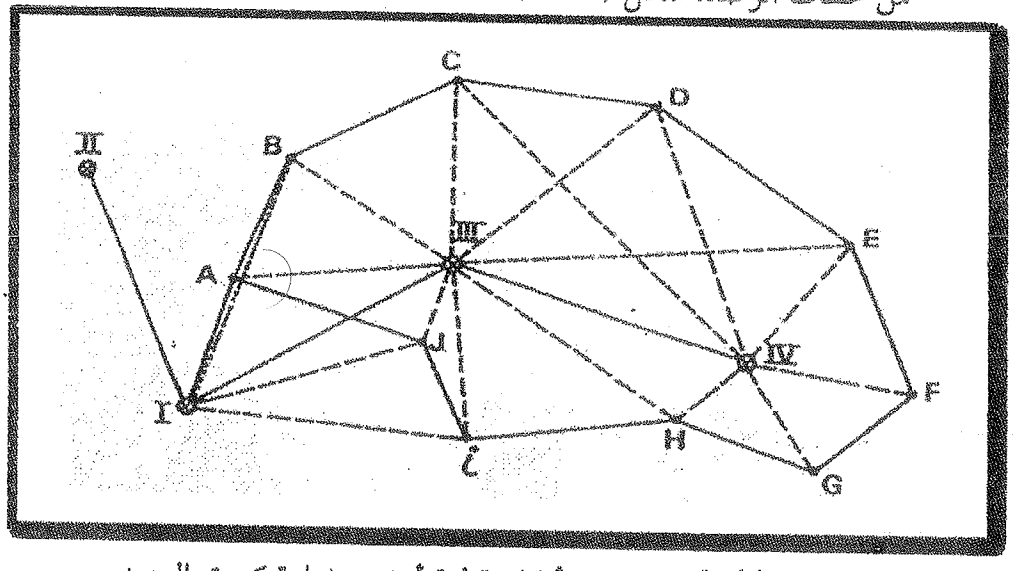
و- الآن بوسع جهاز المحطة المتكاملة الأتوماتيكي حساب وتخزين وإظهار (على شاشة الجهاز نفسه) قيم الزوايا الأفقية والرأسية والانحرافات (Azimuths) والمسافات الأفقية والمائلة لخطوط القياس (IE,ID,IC,IB,IA) وكذلك إحداثيات أركان المضلع (E,D,C,B,A) وفروق الارتفاعات أو المناسيب (إذا تم تغذية الجهاز بالمنسوب المعلوم أو المفروض لنقطة الرصد I) ومعلومات أخرى وفقاً للمطلوب

ولنوع الجهاز ونوع وعدد وكفاءة برامج الحاسوب والملحقات الأخرى (أدوات حساب وتجميع وتسجيل وتخزين المعلومات الالكترونية).

ز- الآن يجري الانتقال إلى محطة رصد جديدة بجوار المحطة السابقة (I)، ولتكن (II) في الشكل (2-12) شريطة أن تكون إحداثياتها معلومة وتتبع نفس المرجعية المعتمدة لمحطة الرصد الأولى (I). نقوم الآن باتباع نفس الخطوات الواردة أعلاه (البنود إلى و) مع تغيير فقط موقع محطة الرصد من (I) إلى (III). وعند توافق أو تقارب النتائج يجري اعتماد القيم المتوسطة للمسافات والانحرافات والمناسيب (أو فروق الارتفاعات) والاحداثيات الناتجة عن عمليتي الرصد من كلتا المحطتين (I) و (II).

<u>ملاحظة</u>:-

1- عندما يكون المضلع كبيراً أو عدم إمكانية رؤية كافة أركان المضلع من محطة رصد واحدة، عندها يمكن اتباع نفس الخطوات السابقة ولكن باختيار عدد أكبر من محطات الرصد، شكل (2-13).

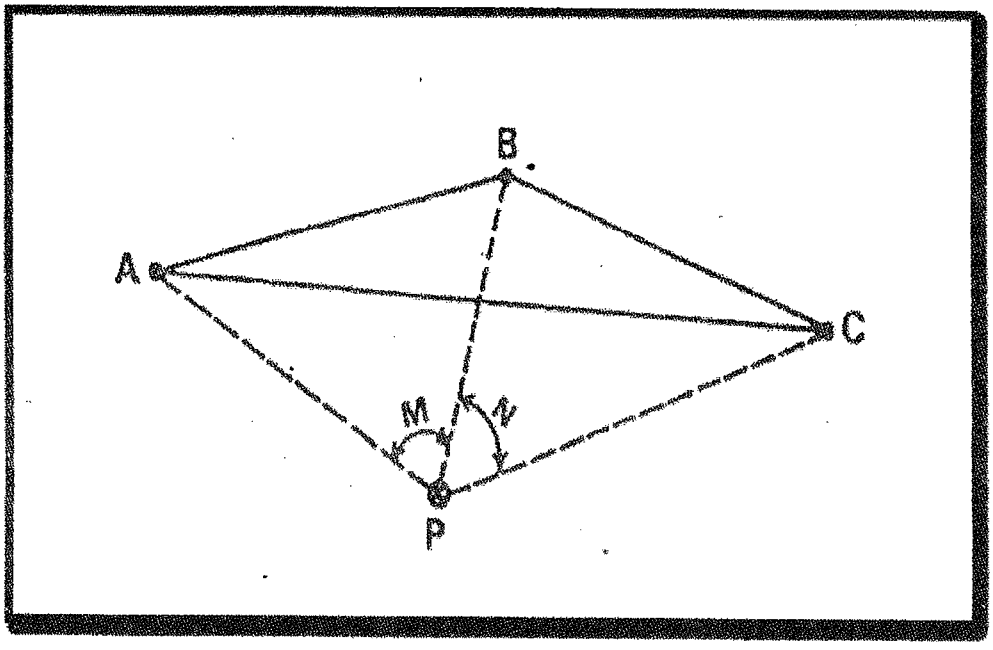


شكل (2-13) تحديد مواقع أركان قطعة أرض مضلعة كبيرة بالرصد من أكثر من محطة واحدة وذلك بطريقة الإشعاع (Radiation)

14-2: التقاطع العكسي بواسطة جهاز المحطة المتكاملة:

تتلخص طريقة التقاطع العكسي (Resection) في إيجاد إحداثيات نقطة (p) من خلال رصد ثلاث نقاط أخرى (على الأقل) معلومة الإحداثيات (C,B,A) شكل (2-14). من أجل ذلك يجري تثبيت جهاز المحطة الشاملة فوق النقطة مجهولة الاحداثيات (p) وبعد اتمام عمليات الضبط الأفقي والرأسي للجهاز واجراءات التشغيل يجري رصد النقاط الثلاث معلومة الإحداثيات (C,B,A) من محطة الرصد p (موقع النقطة مجهولة الاحداثيات) لغايات قياس الزاويتين الأفقيتين (^N,M).

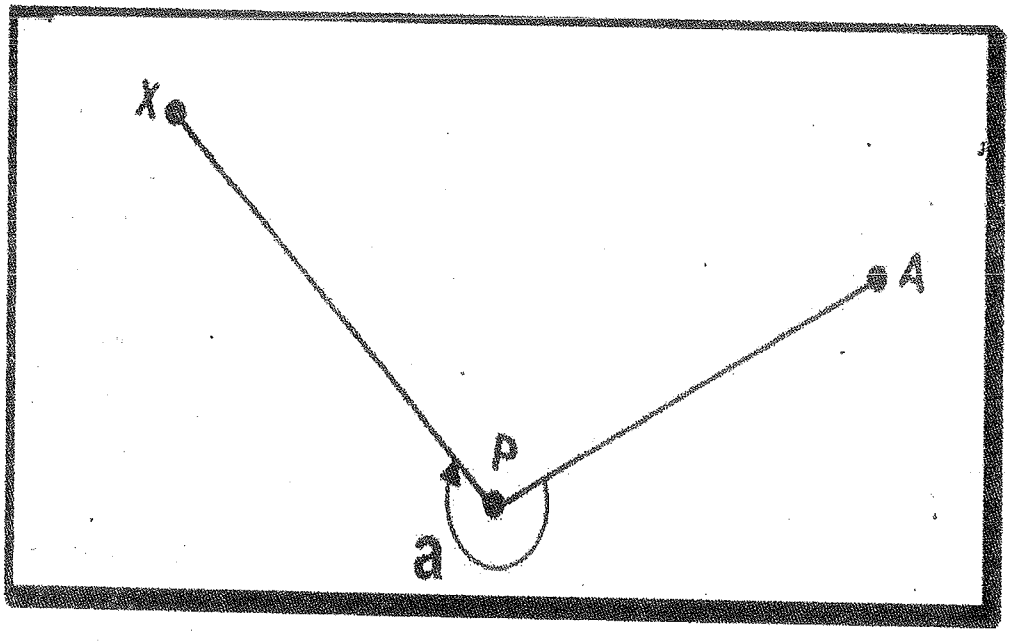
الآن بمعلومية الزاويتين (^N,M) وإحداثيات النقاط (C) , (B) , (A) يمكن حل كافة المثلثات ذات العلاقة بإيجاد إحداثيات النقطة (p)، شكل (2-14).



شكل (2-14) فكرة التقاطع العكسي

إن جهاز المحطة الشاملة مبرمج بحيث يمكن بعد تغذيته بقيم الزاويتين (^N^,M) وبإحداثيات النقاط الثلاث على الأقل (C,B,A) من حساب وتخزين وإظهار إحداثيات النقطة مجهولة الإحداثيات (p).

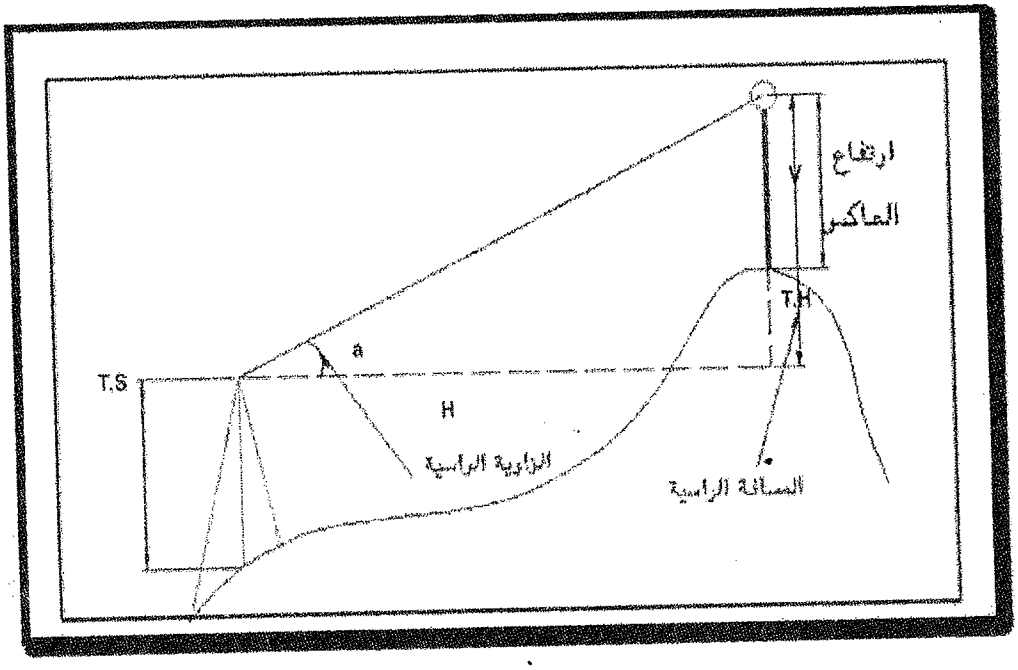
ولغايات التحقق ومعرفة مدى الدقة في تعيين إحداثيات النقطة (P) يمكن رصد نقطة رابعة معلومة الإحداثيات. الآن وبعد تحديد إحداثيات النقطة (p)، والتي قد تكون نقطة ضمن موقع مشروع أو غيره، يمكن اعتبار الخط (PC) أو (PB) أو (PA) خطاً مرجعياً (حيث إحداثيات الطرفين معلومة وبالتالي يمكن استخراج الأزموث لأي من هذه الخطوط المرجعية بجانب معرفة الإحداثيات بالطبع للنقطة p). وبالتالي يمكن الآن تعيين إحداثيات أي نقطة (x) ضمن المشروع وذلك بتثبيت عاكس فوق هذه النقطة أو تلك وقياس الزاوية (a) والمسافة الأفقية (px) برصد مركز العاكس بجهاز المحطة الشاملة، شكل (2-15).



شكل (2-15) تعيين احداثيات نقطة جديدة

15-2: التطبيقات المساحية على جهاز المحطة المتكاملة Total station

اولا: يستطيع الجهاز إيجاد ارتفاعات المباني والأبراج وأعمدة الإنارة وأي هدف لا يمكن وضع العاكس بأعلاه.



شكل (2-16)

من الشكل أعلاه:

أ – نجد ظل الزاوية الرأسية = المسافة الراسية / المسافة الأفقية

$$\tan\alpha = \frac{V}{H}$$

ب - من خلال المعادلة السابقة نحسب المسافة الرأسية:

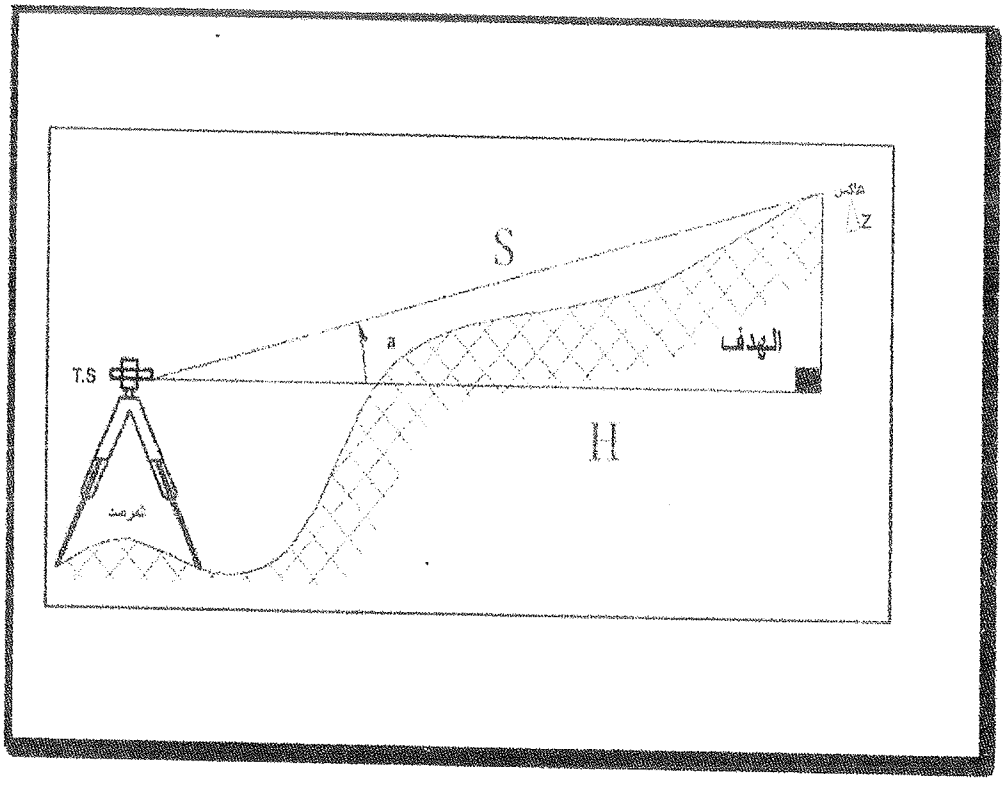
$$V = H.\tan\alpha$$

ارتفاع المبنى = V + Th

حيث أن Th يساوي ارتفاع العاكس.

ج - وللتوضيح فإن المسافة الأفقية H استنتجت من خلال اشتقاق القياس من المعادلة التالية بالاستعانة بالشكل التالي:

H = S. Cos a



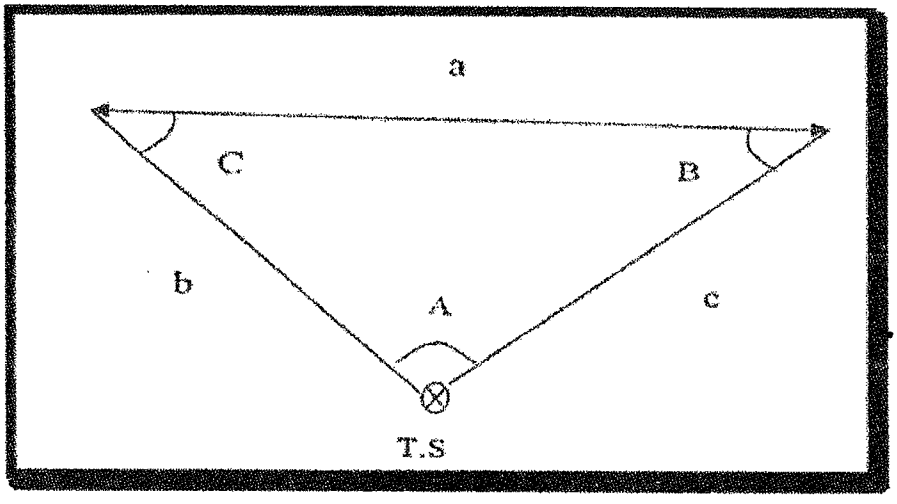
شكل (2 - 17)

د - بما أن القياس المباشر من الجهاز إلى العاكس يمثل المسافة المائلة(Slope) والتي يرمز لها (S) وفرق الارتفاع بين المرصد والهدف (ΔZ) والذي نجده من خلال المعادلة التالية:

$$\Delta Z = S.Sin\alpha$$

مع ملاحظة تساوي ارتفاع الجهاز مع العاكس.

ثانياً:- قياس خط وهمي بين نقطتين (MLM):



شكل (2-18)

المسافة بين النقطتين (a)=

$$\alpha = \sqrt{c^2 + b^2 - 2cbCosA}$$

حيث أن c = المسافة بين المحطة والنقطة الاولى

B = المسافة بين المحطة والنقطة الثانية

C,B,A = الزوايا

خطوات العمل على الجهاز:

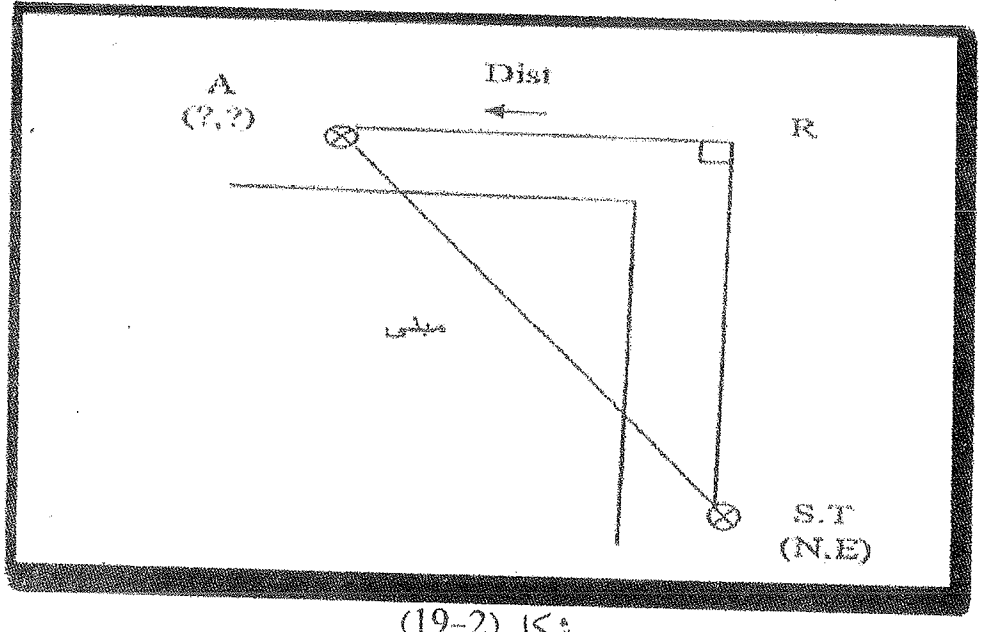
- من الشاشة الرئيسية نختار MEAS بالضغط على 1F.
- نتحرك للصفحة الثانية 2P بالضغط على Func.
- نوجه على النقطة الأولى المراد القياس منها ثم نضغط (Dist 1F) فنحصل على شاشة بها بيانات المسافة والزاوية.
- نوجه على النقطة الثانية بعد وضع العاكس عليها (المراد قياس الخط الوهمي بينها وبين النقطة الأولى) ثم نضغط (F 2MLM) فنحصل على شاشة بها القياسات الثلاثة التالية:

المسافة المائلة بين النقطتين S

المسافة الأفقية بين النقطتين H

المسافة الرأسية بين النقطتين V

ثالثاً:- حساب معلومات نقطة لا يمكن الوصول إليها (خلف عائق):



شكل (2-19)

يتم اختيار نقطة مساعدة يمكن منها رؤية النقطة التي لا يمكن التوجيه عليها بالجهاز المساعدة إلى النقطة التي خلف العائق بواسطة شريط أو أي أداة أخرى وتحديد الاتجاه Direction على شاشة الجهاز باختيار السهم المناسب للاتجاه بذلك تنتج لدينا إحداثيات النقطة التي لا يمكن الوصول إليها.

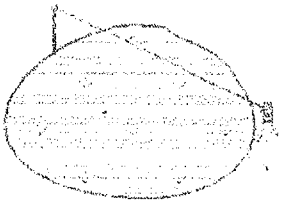
2- 16 التغلب على العوائق باستخدام محطة الرصد المتكاملة:

أثناء القيام بالعمليات المساحية كثيراً ما يقابلنا عوائق تعترض القياس أو التوجيه أو أو القياس والتوجيه معاً، و للتغلب على هذه العوائق، والأجهزة الالكترونية الحديثة تساعد في التغلب على العوائق التي تعترض العمليات المساحية، التي كانت من الصعوبة تجاوزها بالأجهزة والطرق التقليدية السابقة، وذلك باستخدام طرق مختلفة تعتمد معظمها على قواعد رياضية وأسس هندسية.

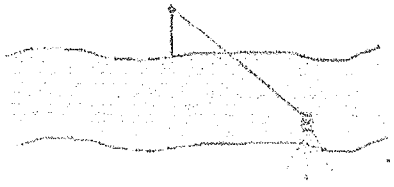
وتعد محطة الرصد المتكاملة جهازاً من الأجهزة المثالية، إذ تجمع بين خواص ثلاثة أجهزة مساحية (جهاز قياس المسافات الكترونياً ـ جهاز الثيودولايت ـ جهاز الميزان (التسوية))، وعلى ذلك يتم استخدامها لقياس المسافات والزوايا والمناسيب، كما أن هذه الأجهزة مزودة بحاسب آلي مبرمج لأجراء العديد من الوظائف والعمليات المساجية، الأمر الذي أدى إلى سهولة التغلب على العوائق المساحية بأنواعها المختلفة.

أولاً: التغلب على العوائق التي تعترض القياس باستخدام جهاز المحطة المتكاملة:

باستخدام جهاز محطة الرصد المتكاملة أصبحت العوائق التي كانت تعترض القياس بالشريط ولا تعترض الرؤيا، لا تعتبر عائقاً بالنسبة لجهاز المحطة المتكاملة، إذ تقاس المسافة الأفقية مباشرة بين النقاط، كما في الشكل (2 ـ 20).



شكل (2-19)



شكل(2-20)

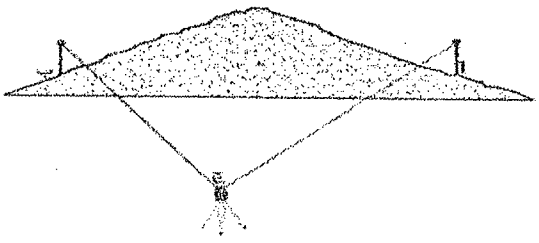
شكل (2 -20)

خطوات قياس عرض العائق :

1. نقف بجهاز المحطة المتكاملة بالقرب من حافة العائق المائي شكل أو بالقرب من أحد جانبي العائق المائي المستمر شكل (2ـ 20) ثم نعد الجهاز للرصد والقياس.
2. نوجه المنظار نحو العاكس الموضوع على الجهة المقابلة للجهاز على أن تكون نقطة تقاطع الشعرات على منتصف العاكس.
3. نضغط على المفتاح الخاص بقياس المسافة الأفقية فتظهر المسافة الأفقية مباشرة على شاشة الجهاز.

ثانياً: التغلب على العوائق التي تعترض التوجيه أو القياس والتوجيه معاً بأستخدام محطة الرصد المتكاملة:

خطوات الحل الأول: يعتمد هذا الحل على قياس طولي ضلعين والزاوية المحصورة بينهما ثم بحل المثلث نحصل على طول الخط الذي يتخلل العائق كما في الشكل (2_21).



شكل (2-21)

شكل (2 – 21)

خطوات الحل:

1. نختار نقطة ما مثل (ج) بحيث ترى النقطتين (أ) (ب).
2. نقف بالجهاز فوق نقطة (ج) ونعده لرصد وقياس المسافات الأفقية والزوايا الأفقية.
3. نوجه المنظار نحو نقطة (ب) ونجعل قراءة الدائرة الأفقية صفر.
4. نضغط على المفتاح الخاص بالرصد ثم تسجل الرصدة على الجهاز أو في الجداول المعدة لذلك.
5. ندير المنظار نحو العاكس الموضوع عند النقطة (أ) على أن يكون تقاطع الشعرات على منتصف العاكس.
6. نضغط على المفتاح الخاص بالرصد ثم تسجل الرصدة على الجهاز أو في الجداول المعدة لذلك.

7. نحسب طول الخط (أ ب) بمعرفة المسافتين الأفقيتين للضلعين (ج أ)، (ب ج) والزاوية (أ ج ب) المحصورة بينهما من العلاقة التالية:

$$\text{أ ب} = \sqrt{(\text{ج أ})^2 + (\text{ب ج})^2 - 2 \times (\text{ج أ}) \times (\text{ب ج}) \times \text{جتا الزاوية أ ج ب}}$$

الحل الثاني:

يعتمد هذا الحل على برنامج معد في الجهاز يسمى برنامج الخط المفقود (missing Linc)، كما في الشكل (2 ـ 21) نقف بالجهاز على النقطة (ج) ونرصد على النقطتين (أ) (ب) الموضوع على كل منهما عاكس وبأستخدام هذا البرنامج يتم تعيين المسافة الأفقية والمائلة وفرق المنسوب مباشرة بين هاتين النقطتين (أ) و (ب).

الفصل الثالث

نظام تحديد المواقع العالمي
(GPS)

نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)

3-1: المقدمة:

شهدت جميع نواحي الحياة تطوراً كبيراً، ولكن ما شهدته التكنولوجيا الحديثة والواعدة من انجازات مذهلة، لاسيما في مجال تكنولوجيا الأقمار الاصطناعية التي نتج عنها ثورة الاتصالات وتعد عملية الملاحة باستخدام نظم الأقمار الاصطناعية، من أحدث الطرق العلمية والعملية في الوقت الحاضر في هذا المجال. ويوجد نظامين للملاحة بالأقمار الاصطناعية هما النظام الامريكي (نظام تحديد المواقع العالمي Global Positioning System (GPS)) والنظام الروسي (كلوناس Global Navigation Satellite System (GloNAss))، يتماثل النظامين كلياً في مبدأ العمل ويختلفان بعدد الأقمار الاصطناعية وعدد المدارات الاهليليجية (orbit) والأطار الجيوديسي المرجعي (Satellite Reference System) ويعدان هذين النظامين نتاج لهذه الثورة وهذا التقدم المذهل للنشاط العلمي الانساني عبر العالم. وسيتم في هذا الفصل تناول نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) الأمريكي، لكونه أكثر انتشاراً واستخداماً من النظام الأخر.

ويعرف نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) بأنه نظام ملاحي حديث يعتمد على موجات الراديو الصادرة من الأقمار الاصطناعية لتحديد الموقع من خلال تزويد المستخدم بمعلومات دقيقة على سطح الأرض والإحداثيات والوقت عن طريق الاجهزة المناسبة التي تقوم بالنقل الدقيق للاشارات الموقوتة، ويمكن استخدامه في كل انحاء العالم بشكل مستمر ومستقل عن الحالة الجوية.

وكانت عمليات المسح في السابق تنجز بأوقات طويلة جداً نظراً لتعقيدات الوسائل والطرق التقليدية المعتمدة، أما الآن فقد تم اختصار الوقت بشكل كبير بالاعتماد على نظام الـ(GPS)، إذ يتم الربط في هذا النظام وبين المعلومات التي تبثها الأقمار الاصطناعية (Satellite) من خلال موجات لاسلكية المتخصصة لهذا الغرض، وتستقبلها

أجهزة الاستقبال الخاصة المحمولة والمتنقلة على سطح الأرض والمسماة (GPS Receiver). سواء كانت تحمل باليد أو يتم تركيبه كعداد في السيارة، مثلاً تحدد محاور المكان – أي مكان أو بقعة في الأرض –، كاحداثيات (X , Y)، من نقطة ما ذات مرجعية صفرية، أو بالاحرى تحديد خط الطول وخط العرض لأي مكان، وكذلك تحديد ارتفاعه عن مستوى سطح البحر (M.S.L) وبدقة فائقة. لأن هذه التجهيزات تسهم في اختصار الوقت والجهد اللازمين للقياس. ومع الحفاظ على دقة عالية في انجازها.

لقد مكن هذا النظام من رؤية الكرة الأرضية بحجمها الهائل، كما لو إنها أنموذج الكرة الأرضية الذي نضعه أمامنا على المكتب، ونستطيع تدويرها كما نشاء لرؤية أي بلد بتفاصيله وأبعاده ومكوناته من مدن وطرق ومطارات وموانئ ومحطات قطارات ومصانع وحقوله الزراعية وغيرها.

لعل أهم التطبيقات التقنية المستخدمة في الوقت الحاضر لنظام لـGPS هو تحديد المواقع بالاعتماد على نظام الإحداثيات الأرضية الطولية والعرضية(خطوط الطول ودوائر العرض) التي يتم قراءتها على الخريطة الرقمية (Digital Map)، إذ يظهر الموقع في مكان القراءة. وبذلك فأن جيوديسية الأقمار الاصطناعية لهذا النظام فتحت عهداً جديداً في العلوم الجيوديسية، تجلى بما أوجدته من احداثيات المواقع في نظام ثلاثي الابعاد، وهي تتألف من تقنيات الحساب والقياس التي تسمح بحل المسائل الجيوديسية باستخدام قياسات دقيقة من تلك الأقمار.

3-2: التطور التاريخي لنظام تحديد المواقع العالمي GPS:

كانت النماذج الأولى من أنظمة تحديد المواقع، يستند بشكل جزئي على انظمة ملاحة لاسلكية ارضية، إذ تم ابتكاره في أوائل الاربعينيات من القرن الماضي وتم استخدامه في الحرب العالمية الثانية. وفي عام 1956م قدم العالم (فريد فاردت) مقترحاً باختيار النظرية النسبية العامة باستخدام ساعة ذرية دقيقة يتم وضعها في المدار عن طريق

زرعها في الأقمار الاصطناعية. ولدواعي الدقة تستخدم تقنية نظام تحديد المواقع مبادئ النسبة العامة لتصحيح وضبط الساعات الذرية للاقمار الاصطناعية.

وبعدها قام الاتحاد السوفياتي (السابق) بإطلاق أول قمر اصطناعي وذلك في عام 1957م. وكان هناك فريق من العلماء الأمريكان يرصدون موجات الراديو التي يرسلها القمر فاكتشفوا إن تردد الإشارة المرسلة ترتفع كلما أقترب منهم القمر الاصطناعي وتنخفض كلما اقترب منهم القمر الاصطناعي، وتنخفض كلما ابتعد عنهم. وعندما علموا بتحديد موقعهم على الكرة الأرضية، أدركوا انه يمكنهم تحديد موقع القمر.

بدأ الانسان العصري مع تطور أجهزة القياس الحديثة بتحديد احداثيات موقعه واتجاه سفره بشكل افضل مستخدماً أجهزة القياس الالكترونية مثل لوران (Loran) وديكا (Decca) التي تعمل على مبدأ الأمواج الكهرومغناطيسية. تتجلى نقاط ضعف هذه الاجهزة باستخدامها المقتصر على الأعمال البحرية ذات المجال المحدود وتأثر دقة قياساتها بالعوامل الجوية وتغير طوبوغرافية الأرض المحيطة بالشواطئ المؤثرة على ترددات الأمواج والأشارات المبثوثة.

أول نظام ملاحي باستخدام القمر الاصطناعي هو الذي تم استخدامه من قبل أسطول الولايات المتحدة الأمريكية، وقد تم تجربته عام 1960م، وقد استخدم وقتها مجموعة تتألف من خمسة اقمار اصطناعية وكان بالامكان اعطاء تقرير عن الموقع لكل ساعة.

وفي عام 1967م أبتكرت البحرية الأمريكية ما سمي في حينها بـ(قمر التوقيت) الذي أثبت قدرته على وضع ساعة دقيقة في الفضاء، وهي من التقنيات التي يعتمد عليها نظام تحديد المواقع. وبعد ذلك تم استخدام نظام العبور الملاحي في العام نفسه، (Navy Navigation Satellite System Transit) المكون من الأقمار الاصطناعية القليلة العدد وذات مدارات الدوران المنخفضة جداً. إن عملية القياسات بهذا النظام تتم على مبدأ

جهاز دوبلر (Doppler) ذو الترددات المنخفضة، ولهذا فأن أي حركة خفيفة في أجهزة الاستقبال الأرضية سوف يؤثر بشكل واضح على دقة موقع هذا الجهاز.

اهتمت وزارة الدفاع الأمريكية والمؤسسة العسكرية لشؤون الملاحة منذ عام 1973م، بتطوير هذا النظام، وبكلفة مقدارها (12) مليار دولار أمريكي، ومع تطور التكنولوجيا الحديثة في مجال الملاحة وأجهزة الحواسيب الالكترونية (الكومبيوتر) تم استخدام نظام التعيين الاحدائي الكروي العالمي (Navigation Satellite Timing and Ranging) والتي تسمى اختصاراً نافاستار (Navastar) أو ما يعرف بنظام تحديد المواقع العالمي (Global Positioning Syste; GPS) ويستخدم هذا النظام الاشارات اللاسلكية.

خلال هذه الفترة كان عمل الـ (GPS) مقتصراً على العمليات العسكرية فقط. ولكن بعد سقوط الطائرة الكورية عام 1983م، عندما ظلت طريقها ودخلت الأجواء المحرمة للاتحاد السوفيتي السابق، أصدر الرئيس الامريكي آنذاك (رونالد ريغان) أمراً بأن يكون نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) متاحاً ومجاناً للأستخدامات المدنية، وخصوصاً في حل المسائل الجيوديسية.

وبعد عام 1989م تم أطلاق قمراً اصطناعياً خاصاً في هذا المجال، وكان آخر قمر ضمن هذه النوعية اطلق عام 1994م. والذي على أثره في العام نفسه تم الاعلان عن ان النظام كامل الفعالية من قبل وزارة الدفاع الأمريكية، إذ وصل عدد الأقمار الاصطناعية لهذا الغرض الى (24) قمراً اصطناعياً تتيح البث لمدة 24 ساعة في كل مكان وتحت كافة الظروف الجوية دون التأثر بعوامل الطقس، وتصل دقتها الأرضية ما بين (1-10) متر بل تصل دقتها أحياناً الى سنتمرات.

ويتضح مما سبق أهمية نظام تحديد المواقع (GPS)، في التزود بالبيانات الرقمية الفورية وخاصة فيما يتعلق بتطبيقات N.M.G لمناطق شاسعة والتي يصعب الوصول إليها كما هو الحال في الصحاري والمناطق الجبلية الوعرة، إذ أدى ظهور هذا النظام الى احداث

ثورة تقنية حقيقية وهائلة في مختلف الميادين خاصة هندسة المساحة وهندسة الاتصالات والى تحقيق قفزة نوعية كبرى في السرعة والشمولية والسهولة والمرونة.

3-3: مزايا استخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS):

يتميز نظام GPS بالعديد من المزايا والامكانات التي لم تكن متوفرة مع طرق الملاحظة السابقة وأجهزة ووسائل تحديد المواقع السابقة، وأهم هذه المزايا هي:

1. لا يحتاج الى وجود رؤيا متبادلة بين النقاط الموجودة في الاعمال المساحية.
2. لا يتأثر نظام الـGPS كثيراً بالظروف الجوية مقارنة مع أجهزة الملاحة والمسح التقليدية.
3. يعد النظام الأكثر شيوعاً في تحديد زوايا الطول والعرض.
4. يتميز النظام بالكفاءة العالية في توفير المعلومات.
5. نظام الـGPS متوفر على درجات متفاوتة مع الدقة حسب طبيعة الاستخدام.
6. سهولة الاستخدام وتغطية كامل الكرة الأرضية، ويوفر معلومات طول الوقت دون توقف ليلاً ونهاراً.
7. للنظام امكانية تحديد المكان والزمان بدقة كبيرة.
8. لا يحتاج النظام استخدام أيدي عاملة كثيرة.
9. توفر أجهزة الاستقبال (Receivers) التي تستخدم لهذا الغرض وباسعار مناسبة حسب دقتها.

3-4: فوائد نظام تحديد المواقع العالمي (GPS):

لم تقتصر فوائد النظام على الأغراض العسكرية والملاحية فحسب، إذ يمكن استخدامه للأغراض المدنية بسهولة ويسر، ومن هذه الفوائد مايلي:

1. يمكن من خلال هذا النظام توقيع البيانات وادخالها الى الحاسوب مباشرة دون عناء عمليات المسح الأرضي، وكذلك دون عناء عمليات الترقيم او التوقيع الآلي (Digitizing) أو المسح الضوئي Scanning.

2. تحديد الإحداثيات الجغرافية للمواقع.
3. التعريف الاحدائي بالصور الجوية والمرئيات الفضائية من خلال اختيار نقاط ضبط أرضي على هذه الصور والمرئيات ثم رصد احداثياتها من الميدان باستخدام جهاز المستقبل لنظام تحديد المواقع العالمي GPS.
4. تحديد ارتفاع المواقع بالنسبة لمستوى سطح البحر.
5. تحديد المواقع على قيعان المسطحات المائية.
6. ايجاد الاتجاه والسرعة للمركبات والسفن على سطح الأرض.
7. تحديد المسار الخطي للمركبات والطائرات والسفن الى مركز الهدف المراد الوصول اليه.
8. تحديد انحرافات وانحناءات المسارات.

3- 5: وظائف نظام تحديد المواقع العالمي (GPS):

يمكن توظيف نظام تحديد المواقع العالمي في الحصول على المعلومات التالية:

1) تحديد احداثيات أي نقطة على سطح الأرض وفق أربعة عشر نظاماً من نظم الإحداثيات سواء كانت فلكية، أو وفق نظام ميركتيور المستعرض العالمي (UTM)، أو وفق احداثيات وطنية، ولعل أفضلها وأكثرها دقة هو النظام الفلكي، وقد وصلت الدقة الى سنتمترات بعد سماح العسكريين لاستخدامها في الأغراض المدنية والعلمية، وان مقدار الدقة يزيد أو يقل عن ذلك وفق عوامل عديدة أهمها:

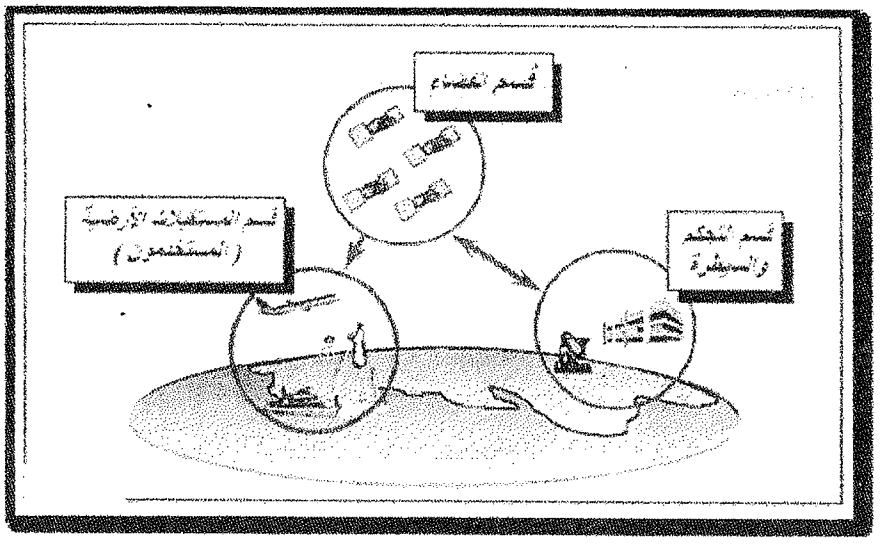
أ. موقع الراصد من بداية ونهاية أي ثانية، إذ إن أصغر جزء يمكن قياسه في النظام الفلكي هو الثانية، وأطوالها متساوية على امتداد خطوط الطول إذ تبلغ في التقسيم الستيني نحو 30م، بينما تبلغ في التقسيم المئوي الذي تعمل به مستقبلات نظام تحديد المواقع العالمي نحو 18.5م.

ب. تتأثر دقة القراءة أيضاً بالاهداف القائمة مثل الاشجار والمباني والخوانق ودرجة صفاء السماء، وقدرات المستقبل (Receiver) وغيرها.

2) تسجيل وخزن نقاط الإحداثيات التي تم رصدها مع اعطاءها رموز أو اسماء خاصة بها، ويتم توصيل هذه البيانات بجهاز الكومبيوتر ليعمل على تحويلها الى بيانات جغرافية
3) تعطي أجهزة الاستقبال الخاصة بنظام تحديد الموقع عنصر الارتفاع عن مستوى ثابت يتم تحديده عند ضبط الجهاز مما يوفر الوقت والجهد الكبير.
4) الاتجاه أو الانحراف عن خط الشمال (Bearing) مقدراً بالدرجة، يتطلب ذلك وجود نقطتين يصل بينهما خط لمعرفة اتجاهه.
5) المسار(Track) نحو ظاهرة معلومة ما، بما في ذلك مقدار المسافة المقطوعة والمسافة المتبقية والسرعة نحو الظاهرة المطلوب الوصول اليها.
6) موقع الشمس بالنسبة للراصد ومواعيد شروق الشمس وغروبها وكذلك مواعيد ظهور القمر وغروبه بالنسبة للنقطة التي تم تثبيت الجهاز عندها.

3-6: أقسام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS):

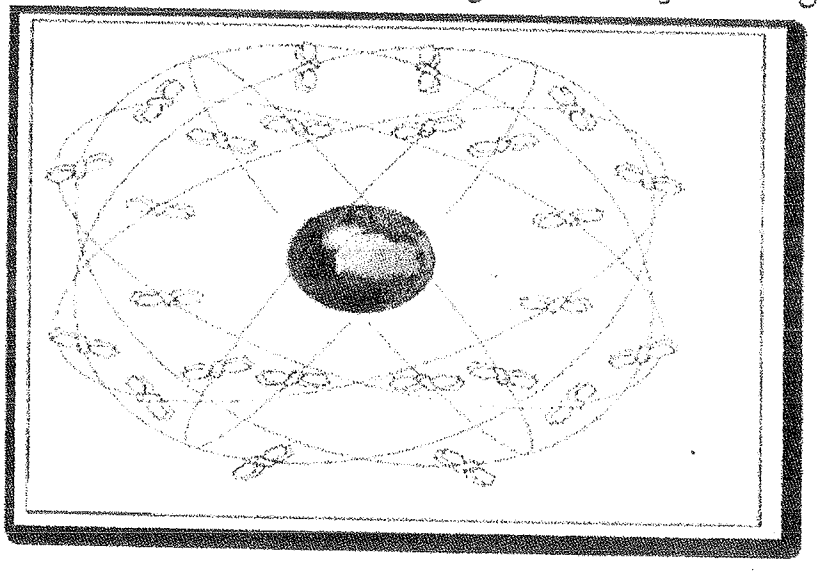
يتكون نظام تحديد المواقع العالمي من ثلاثة أقسام (GPS Segments) رئيسية، لاحظ الشكل (3-1) وهي:-



الشكل (3-1) اقسام نظام تحديد المواقع العالمي GPS

3-6-1: القسم الفضائي (Space Segment):

يتضمن مجموعة الأقمار الاصطناعية عددها (24 قمراً) تدور حول الأرض بشكل متواصل، موزعة في ستة مدارات، يحتوي المدار الواحد على أربعة أقمار اصطناعية، يصل متوسط أرتفاعها (20200 كم)، وتتم هذه الأقمار دورتها حول الأرض في 11 ساعة و 58 دقيقة وتدور حول الأرض مرتين في اليوم، ولها جميعاً ميل يبلغ تقريباً 55 درجة عن خط الاستواء. لاحظ الشكل (3-2).



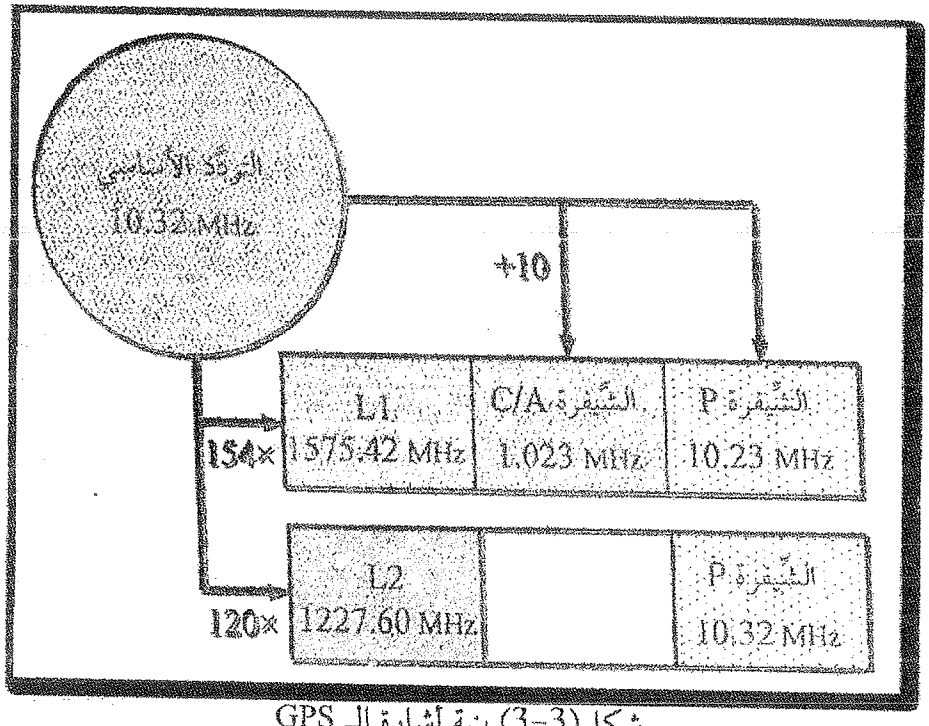
شكل (3-2) توزيع الاقمار الصناعية لنظام الـGPS

يحمل كل قمر اصطناعي على متنه عدة ساعات ذرية دقيقة جداً، إذ تستخدم الساعة الذرية لتوليد الاشارات التي تبث من القمر الاصطناعي، وهي عبارة عن موجتين حاملتين مشتقتين من التردد الأساسي تنتقلان الى سطح الأرض بسرعة الضوء، إذ تحمل الموجة الحاملة (L_1) شفرتين هما الشفرة (Coarse / Acquisition) (C/A) وترددها (10/10.23MHz) ميغا هيرتز. والثانية الشيفرة لدقيقة (Precision Code (P)) وترددها) 10.23MHz) ميغا هيرتز، بينما الموجة الحاملة (L_2) مضمنة الشيفرة

الدقيقة (P) يسمح الخلط بين الشيفرتين (C/A) و (P) بأنشاء شيفرة جديدة تدعى التشويش الشبه العشوائي، ويعود سبب هذين الترددين الى تصحيح أخطاء انتشار الموجات الحاملة في طبقة الايونوسفير وتحقيق الناحية الأمنية للدولة المالكة للنظام. كما في الشكل(3-3).

بالإضافة الى الساعة الذرية، كل قمر اصطناعي مزود بمرسل وبلاقط وبجواسيب وتجهيزات مساعدة مخصصة لعمل النظام. والطاقة اللازمة للتجهيزات يؤمنها ما مقداره (7 م^2) من اللواقط الشمسية (خلايا شمسية)، كما يوجد نظام دفع دقيق يسمح بتعديل وضع القمر الاصطناعي على مداره ويتحكم بثباتيته واستقراره. ورتبت المدارات بحيث يمكن مشاهدة أربعة أقمار اصطناعية في أن واحد، وفي وقت ومن أي نقطة على سطح الأرض.

وقد تبين بالتجربة انه في أي مكان ليس فيه عوائق على سطح الأرض يمكن للمستخدم مشاهدة عدد من الأقمار الاصطناعية يتراوح فيما بين ستة وعشرة أقمار طوال اليوم. ويقوم كل قمر بأرسال إشارة باتجاه الأرض تتألف من مجموعة الأقسام وتضم عدداً أكبر من البيانات التي تستخدم لقياس المسافة بين القمر والمستقبل على الأرض ولحساب إحداثيات القمر كل لحظة أثناء الحركة في الفضاء وبالتالي يستطيع المستقبل من حساب إحداثيات الوقوف.



شكل(3-3) بنية أشارة الـ GPS

3-6-1-1: الأنواع المختلفة من الأقمار الاصطناعية:

نميز حالياً ثلاثة أنواع من الأقمار الاصطناعية يتوافق كل منها مع مرحلة من مراحل تطور النظام، هذه الأنواع هي:

1) **البلوك I**: وهو يتألف من (11) قمر اصطناعي تم أطلاقها بين عامي 1978 – 1985، ويؤلف هذا البلوك المرحلة الأولية لاختبار النظام. ما زال هناك قمر اصطناعي واحد طور الاستخدام من هذه المجموعة (تم إطلاقه في الشهر السادس من العام 1996 م).

2) **البلوك II**: يحتوى هذا البلوك (28) قمراً اصطناعياً، تم البدء بإطلاقها في العام 1989، وهي تمثل منذ العام 1993 م مرحلة فعالية النظام (21 قمر اصطناعي بالأضافة الى 3 أقمار للنجدة موضوعة على المدار و 4 أقمار احتياطية). المدة

النظرية لنشاط مجموعة الأقمار الاصطناعية هي (7,5) سنة ولكن المدة الافرادية يمكن أن تصل الى (10) سنوات. وبعكس البلوك I فأن البلوك II يملك نظاماً يسمح له بإجراء تشويش مقصود وكذلك يسمح بالاستخدامات المدنية للنظام.

3) **البلوك IIR**: صمم هذا البلوك للحلول محل الأقمار الاصطناعي للبلوك II. وتبلغ مدة حياة القمر الاصطناعي (10) سنوات وهو مجهز بساعات ذرية أفضل بعشر مرات من ساعات الأقمار الصناعية للبلوك II. ومن جهة أخرى، تملك أقمار هذا البلوك نظام اتصالات بين بعضها البعض، الأمر الذي يسمح باستخدام القمر الاصطناعي الذي لا يملك إمكانية رؤية محطة من محطات التحكم الأرضية وذلك باستخدام قمر اصطناعي آخر.

3-6-1-2: الصفات الأساسية لأقمار نظام تحديد المواقع العالمي (GPS):-

تتميّز اقمار نظام تحديد المواقع بصفات أساسية أهمها:

1. مدراتها تقريباً دائرية الشكل وكل مدار يرتفع عن سطح الأرض بحوالي 20200كم.
2. عدد المدارات الموجودة في الفضاء (حول الأرض) 6 مدارات كل مدار به 4 أقمار اصطناعية.
3. الفرق بين كل مدارين عند خط الاستواء 60 درجة.
4. زاوية الميل في مدار من مدارات الأقمار الاصطناعية تكون 55 درجة.
5. زمن دورة القمر الاصطناعي في مداره حول الأرض 12 ساعة بالتوقيت الفلكي مع العلم ان اليوم الفلكي يساوي بالضبط 23 ساعة و 56 دقيقة و4,09 ثانية.
6. وزن كل قمر اصطناعي 845 كيلو غرام تقريباً.
7. الطاقة تولد عن طريق شريحتين شمسيتين بمساحة قدرها 7,25 متر مربع لثلاث بطاريات مصنوعة من النيكل والكادميوم.

8. عمر الأقمار الاصطناعية الافتراضي سبع سنوات ونصف.
9. يبلغ عدد ساعات الأقمار الاصطناعية أربع ساعات ذرية فائقة الدقة تصل الى 10 – 13 ثانية منهما مصنوعتان من السيزيوم (عنصر كيميائي فلزي رمزه Cs) واثنتان منهما مصنوعتان من الرابيديوم (عنصر كيميائي فلزي رمزه Rb).
10. تستطيع الأقمار الاصطناعية استقبال وتخزين المعلومات المرسلة من محطات التحكم الأرضية وتعديل وضعها في الفضاء تبعاً للأوامر الصادرة لها من محطات التحكم الأرضية.
11. ترسل الأقمار الاصطناعية إشاراتها والتي تحتوي على بيانات دقيقة الى أجهزة الاستقبال الأرضية.

3-6-2: قسم التحكم والسيطرة (Control Segment):

تتمثل مهمة هذا القسم هو متابعة ومراقبة الأقمار الاصطناعية بشكل مستمر، وذلك من أجل التأكد من استمرار عملها بشكل دقيق، والوقوف على مدى صلاحية إشارة الأقمار الاصطناعية، والاتصال بها عن بعد وتتبع مساراتها وحساب مواقعها وتصحيح الساعات الذرية المحملة عليها والتحكم فيها.

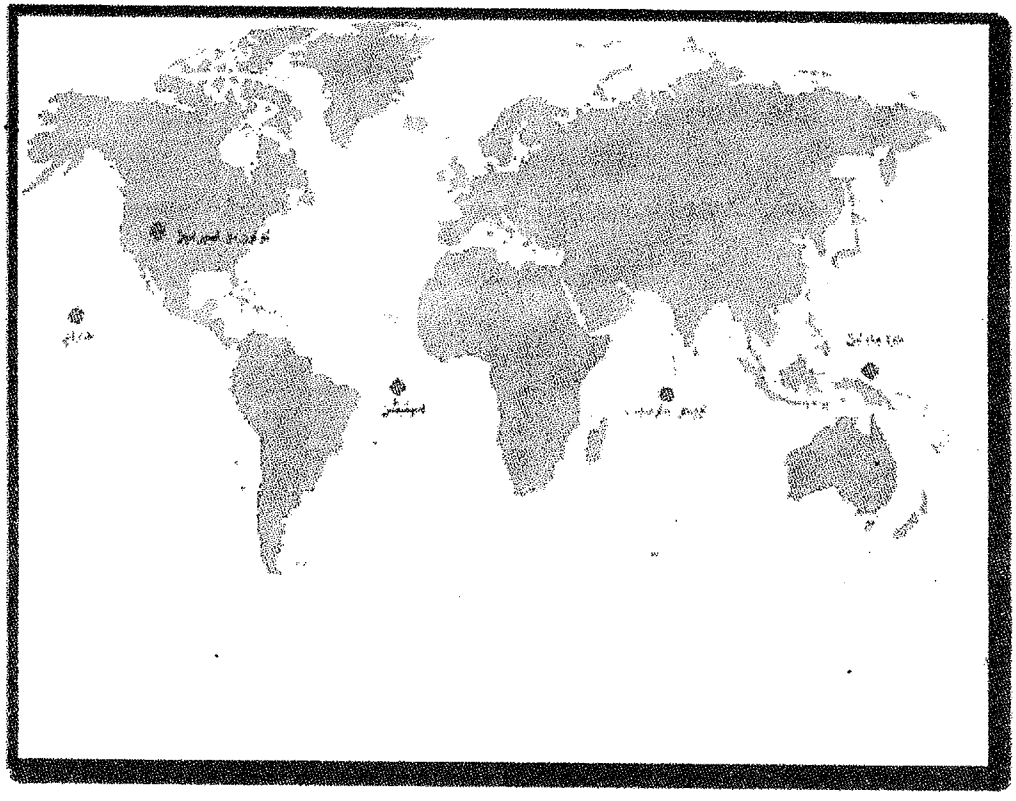
ويتألف قطاع التحكم والسيطرة من ثلاثة أنواع من المحطات وهي:-

1- محطات المراقبة (The Monitor Station):

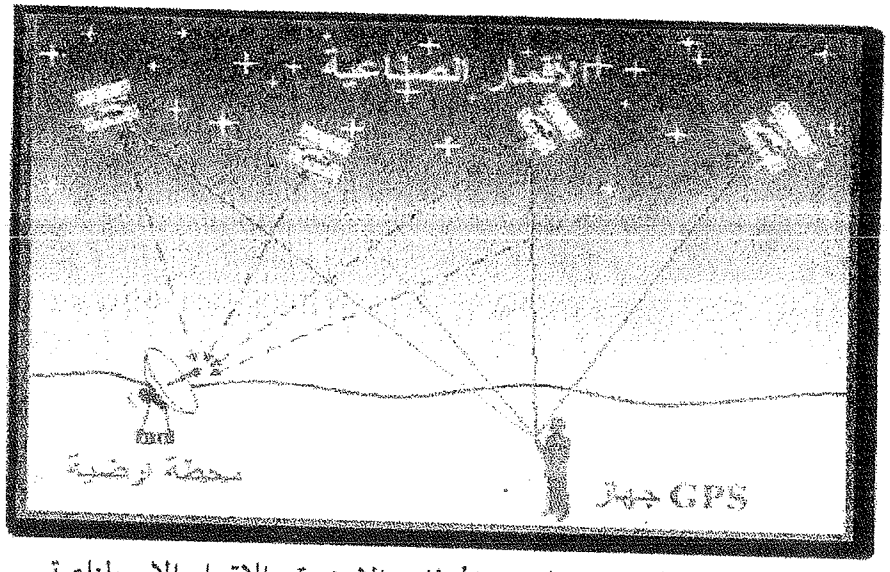
توجد خمس محطات موزعة على سطح الأرض تقوم بمتابعة حركة الأقمار الاصطناعية في مداراتها وأيضاً تقوم بجمع المعلومات والأشارات من كل الأقمار الاصطناعية ثم تحسب المسافة بينها وبين كل تلك الأقمار الاصطناعية لمعرفة ما يسمى بالمدى الكاذب (pseudo range) وهو الأزاحة الناتجة عن المسافة الحقيقية بينها وبين تلك الأقمار، ومن ثم ترسل كافة البيانات والمعلومات الى المحطة الأم (محطة التحكم الرئيسة).

2- محطة التحكم الرئيسة (The Master control station MCS):

محطة التحكم الرئيسة تقع في ولاية كولورادو الأمريكية (كولورادو أسبر نجز) ووظيفتها الرئيسة هي أستقبال كافة المعلومات والبيانات المرسلة من محطات المراقبة الخمسة من جميع أنحاء العالم وتختص أيضاً بدراسة سلوك وتحركات الأقمار الاصطناعية وضبط مواقعها بالشكل الصحيح، وضبط تزامن ساعات الأقمار الاصطناعية باستمرار، وتعيد صياغة الرسائل الملاحية، ثم تبعث بكامل هذه المعلومات الى محطات البث الأرضية. لاحظ الشكلين (3-4) و (3-5).



شكل (3-4)محطات التحكم والمراقبة لنظام تحديد المواقع العالميGPS



شكل (3-5) الاتصال بين المحطات الارضية والاقمار الاصطناعية

يتم حساب اليوميات المرسلة بالراديو مرة كل يوم وذلك من أجل كل قمر اصطناعي، ثم تقوم وكالة وضع الخرائط في وزارة الدفاع الأمريكية بحساب اليوميات بشكل دقيق بإضافة أرصاد خمسة مواقع أخرى. وقد تم ومنذ عام 1994 وضع محطات متابعة مدنية من أجل حساب اليوميات ومراقبة النظام.

وتعتمد فكرة عمل قسم التحكم والسيطرة على محطات السيطرة الأرضية التي تقوم بتعقب إشارات كل الأقمار الاصطناعية المتاحة في مجال رؤيتها كل (1,5 ثانية)، ويستخدم هذا الجزء بيانات طبقة الايونوسفير المتأينة وبيانات الأرصاد الجوية التي تجمع كل خمسة عشر دقيقة، ويتم نقلها الى محطة التحكم الأرضية الرئيسية عبر وصلات اتصال أرضية.

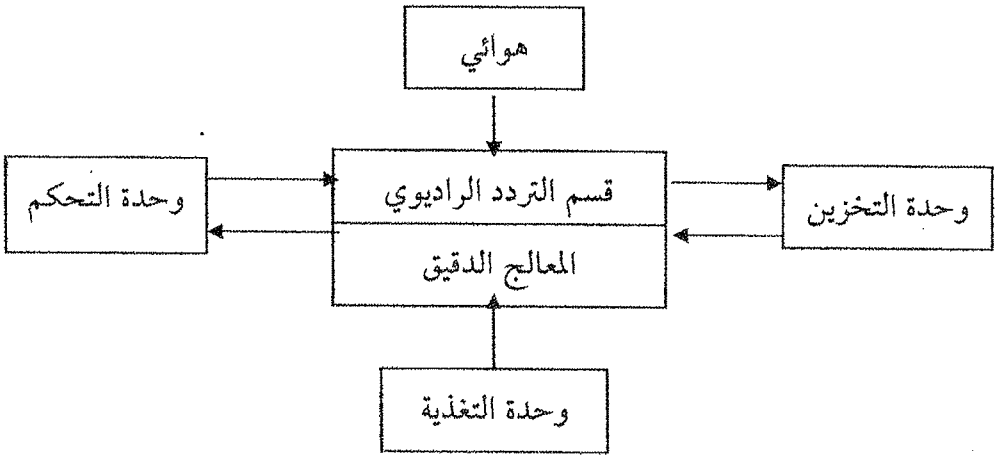
وتقوم محطة التحكم الأرضية الرئيسية بالكثير من المهام المهمة منها:-

- تجميع البيانات التي ترسل إليها من محطات التتبع الأرضية.
- رصد حركة الأقمار الاصطناعية، وتحديد مدار كل قمر (أي حساب إحداثيات موضعه). وحساب بيانات مداره ثم إرسالها الى كل قمر على حدة.

- الوقوف على حالات ساعات كل الأقمار الاصطناعية وتوقع أدائها ومعرفة مقدار انحرافها عن الوقت الصحيح.
- تصحيح الخطأ والانحراف في ساعات الأقمار الاصطناعية.

3-6-3: قسم المستخدمين للنظام (Users segment):

يمثل هذا القسم المستخدمين للنظام على سطح الأرض، المتلكين لأجهزة الاستقبال (Receiver) الخاصة بهذا النظام. يحتوي المستقبل على عناصر الاستقبال ومعالجة الإشارة، والمكونات الأساسية له، كما هي مبينة في الشكل (3-6).



شكل (3-6) المكونات الأساسية المستقبل الـ GPS

يستقبل الهوائي (Antenna) كل إشارات الأقمار الواقعة فوق الأفق، وبعد تضخيمها، يرسلها الى قسم التردد الرّاديوي الذي بدوره يحولها الى تردد منخفض، وتُعالج خلال قناة أو عدة قنوات، وتعد قناة المستقبل الوحدة الالكترونية الرئيسة فيه، وهي ترصد قمراً إصطناعياً واحداً بأسلوب القنوات المتوازية.

يتحكم المعالج الدقيق بكامل النظام بهدف تحويل المعلومات المختلفة الملاحية للحصول على الإحداثيات النهائية، بينما تعمل وحدة التحكم على تأمين الاتصال بين

المستخدم والمستقبل. تقوم وحدة التخزين بتسجيل سائر البيانات الواردة من المعالج الدقيق، ويكون التسجيل أما في الذاكرة الداخلية للمستقبل أو على حافظات، أو ترسل مباشرة الى الحاسوب عبر المخرج أو ما يعادلها، لاحظ الشكل (3-7) الذي يمثل احد انواع جهاز المستقبل (Receiver) لنظام الـ GPS.

أول أشكال استخدام نظام الـGPS هو تحديد الموقع بالطريقة المطلقة: المستخدم مزود بمستقبل يقوم بقياس المسافة بين محطته وبين عدة أقمار اصطناعية وذلك بمساعدة الشيفرة (C/A) أو الشيفرة (P). تسمح يوميات القمر الاصطناعي المحتواة داخل رسالة بحساب موقع هذا القمر الاصطناعي في مرجع أرضي لحظة الرصد. إذ إن كل قياس على القمر الاصطناعي يعرف كرة مركزها القمر الاصطناعي وتقع المحطة عليها. يلزم إذاً ثلاثة أقمار اصطناعية لتحديد موقع المحطة بطريقة التقاطع (تقاطع ثلاث كرات). ولكن لأخذ عدم تزامن المستقبل مع ساعات الأقمار الاصطناعية بعين الاعتبار يتم استخدام أربعة أقمار اصطناعية.

هذه الطريقة لتحديد الموقع قليلة الدقة، إذ تتراوح الدقة من عدة أمتار وحتى الـ100 متر، وذلك حسب الشيفرة المستعملة ونوعية اليوميات والتشويشات المقصودة. ولكن الميزة الأساسية لهذه الطريقة هي إمكانية الحصول الفوري على الموقع، وهي تستخدم في تطبيقات الملاحة الأرضية والبحرية. يفترض في المستقبلات الجيوديسية أن يكون هناك توازن وثبات عال لمراكز الطور الكهربائي في الهواء، لأن تحديد الموقع يستند الى هذا المركز الذي يتغير حسب شدة الإشارات الساقطة عليه واتجاهها.

شكل (3-7) احد انواع جهاز المستقبل Receiver لنظام الـGPS

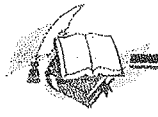
يمكن تقسيم أجهزة الاستقبال حسب طريقة استخدامها على النحو التالي:-

أ- أجهزة الاستقبال لأغراض المراقبة والتعقب:

يستخدم هذا النوع من الأجهزة في أغراض المراقبة والتعقب للمركبات وتتم بوضع جهاز المستقبل مزود بدائرة الكترونية خاصة داخل المركبة المراد تعقبها ويقوم جهاز المستقبل بتحديد موقع المركبة ومن ثم إرسال إحداثيات الموقع الى مركز المراقبة الذي يقوم برسم مسار هذه المركبة على الخريطة. وقد تزود الدائرة الالكترونية بوسيلة للتحكم في حركة المركبة.

ب- أجهزة الاستقبال لأغراض الملاحة والتوجيه:

يستخدم هذا النوع من الأجهزة في أغراض توجيه الطائرات والسفن إلي مساراتها الصحيحة وذلك عن طريق وضع جهاز استقبال داخل الطائرة أو السفينة ويقوم جهاز المستقبل بتحديد الموقع ومن ثم يرسم الحاسوب الآلي مسار هذه الطائرة أو السفينة على



المحيطة. بحيث يمكن تصحيح المسار إذا خرجت السفينة أو الطائرة عن مسارها الصحيح. أما الأجهزة المستخدمة في الملاحة البرية فتستخدم لتحديد موقع المستخدم على سطح الأرض ومعظم أجهزة الملاحة الأرضية والتي تستخدم تردداً واحداً تعطي خطأ في حدود من 20 – 100 م. لذا يفضل عدم استخدامها في أعمال المساحة.

جـ- أجهزة الاستقبال لاعمال الرفع المساحي:

يستخدم هذا النوع من الأجهزة في أعمال المساحة وهذا النوع من الأجهزة يعتمد طريقة خاصة لتصحيح الأخطاء والتقليل من تأثيرها للحصول على دقة عالية. ومعظم الأجهزةالمستخدمة في اعمال المساحة تستقبل نوعين من الترددات وتستخدم تقنيات خاصة لتعطي خطأ في حدود من 10,5 الى 20 ملم تبعاً لطول خط القاعدة المرصود.

3-7: آلية عمل نظام تحديد المواقع العالمي (GPS):

يقوم مبدأ عمل مستقبل (Receiver) نظام تحديد المواقع العالمي في تحديد موقع نقطة وقوف الراصد (حامل المستقبل أو المستخدم) على مبدأ التقاطع (Intersection)، من خلال حسابات المثلثات القائم في عمليات المسح الأرضي، مع اختلاف الوسيلة، إذ تبث أقمار نافاستار (Navistar) أشارات راديوية (Radio signals)، ذات تعريف معين طول الوقت، فيستقبلها الجهاز (المستقبل)، ومن خلال حسابات آلية دقيقة يتم تحديد الموقع. يتكون هذا النظام من (24 قمراً اصطناعياً) تدور حول الكرة الأرضية بارتفاع (20200 كم)، تشكل كل أربعة أقمار اصطناعية سوية مدار اهليلجي (orbit) ذو ميل زاوي عن الأفق مقداره (55 درجة) (Orbital Inclination)، وبالتالي توجد ستة مستويات مدارية متباعدة بعضها البعض بشكل متساو تحيط بالكرة الأرضية وتم وضع الأقمار الاصطناعية في مواقع بحيث يظهر أربعة منها على الأقل فوق أي نقطة من سطح الأرض. وترتبط هذه الأقمار بعدد من المحطات الأرضية (Monitoring stations) التي ترسل بدورها أشارات الأقمار الاصطناعية لتحديد مواقعها والتي ترسل بدورها أيضاً إشارات الى مستقبل الـGPS لتحديد المكان.

لهذه الأقمار مواصفاتها المتميزة والتي تميزها عن غيرها من الأقمار الأخرى (مثل أقمار الاتصالات) التي بدأت تغزو فضاء الأرض، يزن قمر نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) نحو (400 كغم) ويعتمد في طاقته التشغيلية على صفيحتين لالتقاط الطاقة الشمسية، كما إن هذه الأقمار تحتوي على ثلاث بطاريات احتياطية. هذه الأقمار تحمل أجهزة متخصصة لأرسال إشارات (Signals) محددة للمستقبلات (الهوائيات) الأرضية، وعندما نقول القمر الاصطناعي فنحن نقصد، هذه الأجهزة.

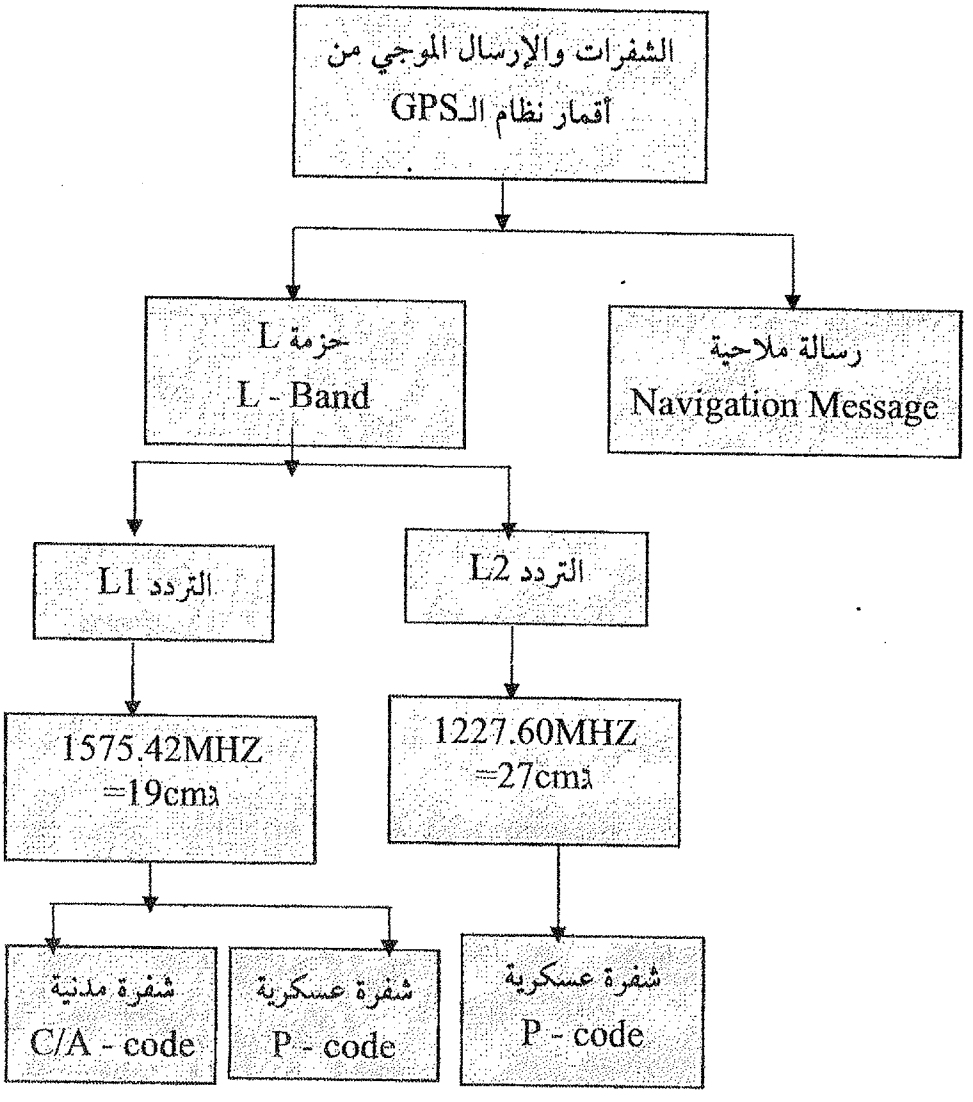
إن المقياس الاساس لنظام تحديد المواقع العالمي (GPS) مثلهُ مثل أي نظام مساحي، يمكن إيجاد إحداثيات نقاط جديدة بأجراء أرصاد على نقاط معلومة الإحداثيات لكن الفرق الوحيد إن النقاط المعلومة للاحداثيات تتحرك ضمن مسارات وليس ثابتة. لذلك فأن تحديد الإحداثيات لهذه الأقمار الاصطناعية هي يمكن إدراجها عن طريق قسم التحكم والسيطرة لنظام الـGPS.

يستند رصد الأقمار الاصطناعية في الـGPS على قياسات لحظية كما يدعى أشباه المسافات (Pseadorange) بين المستخدم (محطة الاستقبال) وبين هذه الأقمار يكفي من وجهة نظر هندسية بحته قياس مسافات من ثلاثة أقمار فقط (حالة تقويم Resection) للحصول على موقع دقيق لنقطة باستخدام المستقبل، إلا أن القياس الرابع ضروري أيضاً لأن نظام الـGPS يستخدم طريقة قياس المسافة باتجاه واحد، وساعة المستقبل ليست متزامنة مع ساعة القمر، إذ يعد خطأ تزامن تلك الساعتين.

3-7-1: الشفرات والأرسال الموجي:

يستخدم هذا نظام تحديد المواقع العالمي GPS الأشارات اللاسلكية المبثوثة من أقماره الاصطناعية (satellites) في تحديد مواقع النقاط المطلوب رصدها على أي مكان من سطح الكرة الأرضية. يزود جهاز الـGPS ذو النظام الديناميكي والمحمول (السيارة، الباخرة، الطائرة، على ظهور الجمال في الصحراء أو الفيلة في الغابات وغيرها) كافة المعلومات اللازمة لانجاز عملية الملاحة بنجاح.

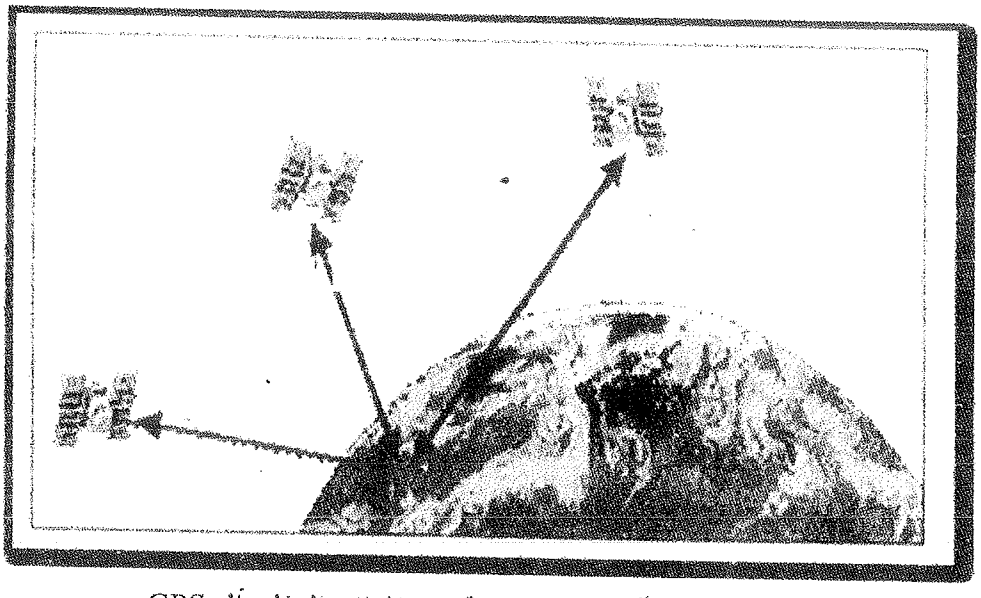
وكل قمر اصطناعي يصدر نوعين أساسيين من الترددات، داخل حزمة (L. Band) من الطيف الكهرومغناطيسي لترسل خلالهما المعلومات للأرض. إن هاتين الاشارتين موجهتان بشكل عال، وقادرتان على الانتقال عبر طبقات الغلاف الجوي لمسافات كبيرة، ومعرضتان للانعكاس والحجب بواسطة الأجسام الصلبة. التردد الاول قدره (1575,42) ميغاهيرتز ويدعى (1L) وطوله الموجي يقدر بحوالي (19 سم). أما التردد الثاني فقدره (1227,60) ميغاهيرتز ويدعى (2L) وله طول موجي يقدر بنحو (24 سم). هذه الترددات تنمط أو تشفر في مجملها الى نوعين أساسيين من الشيفرات والى رسالة ملاحية. الشيفرة الأولى تخدم أغراض التحديد القياسي للمواقع standard positioning service (pps) وهذه الشيفرة تدعى بالنمط أو الشيفرة العامة (C/A) التي صممت للأغراض المدنية. أما النوع الثاني أو الشيفرة الثانية فهي تخدم التحديد الدقيق (precise positioning service pps). وهذه الشيفرة تدعى بالنمط أو الشيفرة الدقيقة (p). وهي دائماً تنمط على الطول الموجي الثاني (2L) وصممت لخدمة الأغراض العسكرية، لاحظ الشكل (3-8).



شكل (3-8) مخطط انسيابي للترددات الأساسية
الصادرة من الأقمار نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)

3-7-2: أساسيات تحديد الإحداثيات على الأرض:

الفكرة الأساسية في استخدام الأقمار الاصطناعية في الفضاء تكمن باعتبارها نقطة معلومة الإحداثيات لتحديد الإحداثيات على الأرض. ويبين الشكل (3-9) إن قياس المسافة من قمر اصطناعي واحد يحدد موقع جهاز المستقبل (Receiver) الذي سيكون عند نقطة ما على سطح (surface) كرة وهمية مركزها (origin) القمر الاصطناعي، ومن خلال تقاطع الكرات الوهمية المشكلة من الأقمار الثلاثة يتحدد موقع جهاز مستقبل الـGPS.



الشكل (3-9) آلية عمل نظام تحديد المواقع العالمي إلـ GPS

ينبغي على جهاز المستقبل الـ (GPS) أن يعرف شيئين أساسيين ومهمين:

أ. الموقع (Location): يستطيع الجهاز المستقبل تحديد الموقع من خلال المعلومات الملتقطة من القمر الاصطناعي والموجودة ضمن الرسالة الملاحية، وهذه المعلومات يرسلها القمر باستمرار ويخزنها الجهاز المستقبل في ذاكرته، كما يتم تحديثها بشكل مستمر من المحطات الأرضية.

ب. المسافة (Distance): بعد أن قام جهاز المستقبل بتحديد مواقع الأقمار في الفضاء بدقة، يستطيع الآن تحديد بُعد هذه الأقمار عنه، وذلك عن طريق إيجاد حاصل الضرب بين المدة الزمنية التي تستغرقها إشارة الـ(GPS) للانتقال من القمر الاصطناعي الى موقع جهاز المستقبل وبين سرعة الضوء:

بعد القمر عن موقع جهاز المستقبل= زمن انتقال الأشارة من القمر للمستقبل× سرعة الضوء

إن معرفة المسافة لقمر واحد مازالت غير كافية لحساب موقع جهاز المستقبل ثلاثي الأبعاد، لذلك يحتاج جهاز المستقبل الى أربعة رصدات لأربعة أقمار مختلفة كي يستطيع تحديد موقعه بدقة.

3-7-3: نظام تحديد المواقع العالمي GPS والنظم المرجعية الجيوديسية والارتفاعية:

يستخدم نظام الـGPS، شبكة نقاط إحداثياتها مستندة الى النظام (WGS.84). إذاً فالمدارات المرسلة عن طريق الراديو تستخدم هذا النظام بشكل ضمني كنظام مرجعي. في حين إن نظام الإحداثيات الذي تعطي فيه الإحداثيات النهائية لنقاط مشروع ما تعتمد على:

- **الشكل المستخدم لتحديد الموقع (مطلق، تفاضلي).**
- **شكل المدارات المستخدمة.**
- الربط بنظام جيوديسي مرجعي موجود (شبكة عالمية، شبكة وطنية،.. وغيرها) ستعتمد مواصفات الأرصاد والمعالجات على المرجع الذي نريد أن نعبر فيه عن الإحداثيات النهائية وعلى دقة الربط بهذا المرجع.

ونظام (WGS.84) هو مختصر (world Geodetic system -1984) وهو نظام مرجعي مصمم من قبل للولايات المتحدة الأمريكية إنطلاقا من:

– نقاط حددت إحداثياتها عن طريق أرصاد جهاز الـ(Doppler) منفذة على الأقمار الاصطناعية.

– مجموعة معطيات تعريفية: ثوابت أساسية، نشر الحقل بالتناسب الكروي... وغيرها.

وتم إنجاز نظام (WGS.84) استناداً الى النظام الذي سبقه، وهو النظام (WGS72) بتطبيق تحويل ذي سبع معاملات، ودقة هذا النظام هي من فئة المتر. ويوجد نموذج جديد لهذا النظام وهو (G730) وهو النظام المستخدم لليوميات المرسلة عن طريق الراديو في نظام الـGPS.

3-8: تقنيات الرصد باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS):

توزع الأقمار الاصطناعية في مداراتها بطريقة علمية دقيقة تضمن الرؤية الدائمة لعدد كاف من الأقمار الاصطناعية من أي نقطة على سطح الكرة الأرضية. والهوائيات على سطح الكرة الأرضية يمكن أن ترى عدداً كبيراً من الأقمار الاصطناعية وهذا لا يعني بالضرورة إن كل هذه الأقمار المرئية مفيدة في عمليات الرصد. فللرؤية شروطها لكي تكون مفيدة ومن ثم فإن هناك رؤية ضعيفة وهناك رؤية ممتازة من وجهة نظر الرصد المساحي.

ومن العوامل المهمة في تحديد مدى صلاحية الأقمار المرئية للرصد هو توزيعها الهيكلي المنتظم من وجهة نظر النقطة المراد رصدها.

3-8-1: مبادئ الرصد:

هناك عدة مبادئ للرصد باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) يمكن تحديدها فيما يلي:-

1) التخطيط المسبق لمعرفة مواقع الأقمار الاصطناعية وعددها وكيفية توزيعها بما يعطي رؤية جيدة للراصد (مستخدم جهاز المستقبل).
2) اختيار الوقت المناسب للرصد.

3) يجب توفير الحد الأدنى من الأقمار الاصطناعية (وهو 4 أقمار اصطناعية) حتى يتم تحديد موقع الهوائي، ويفضل دائماً أن يكون العدد المرئي من الأقمار الاصطناعية أكثر من الحد الأدنى.

4) إعداد المستقبل (الهوائي) Receiver الاعداد المناسب، إذ ينصب ويوزن بالطرق المساحية التقليدية المعروفة وباستخدام الميزانية (فقاعات التسوية) المعتادة وباستخدام أشعة الليزر لعمل التسامت (وهو أسلوب حديث يستخدم بدلاً من استخدام الشاهول في الطرق التقليدية) وذلك بما يضمن ضبط أفقية ورأسية وتوجيه جهاز المستقبل وتسامته مع النقطة المراد رصدها.

5) إدخال المعلومات الأولية اللازمة لبدء الرصد السليم، مثل ارتفاع الهوائي وارتفاع الحامل ومحاور نقطة الضبط الجيوديسية البدائية والوقت والتاريخ وغير ذلك مما يتطلبه الرصد الصحيح.

6) تحديد نوعية الرصد (GPS - mode) التي يفترض ان يخطط لها مسبقاً وإقرارها بناءً على أهداف المشروع. هذه المبادئ تطبق على أنواع الـGPS المتطورة والتي تستخدم في القياسات الجيوديسية الدقيقة، أما الأنواع الاخرى من أجهزة الـ GPS الملاحية البسيطة فطريقة استخدامها بسيطة ولا تتطلب كل هذه المبادئ أو الأساسيات.

3-8-2: طرق الرصد العملية:

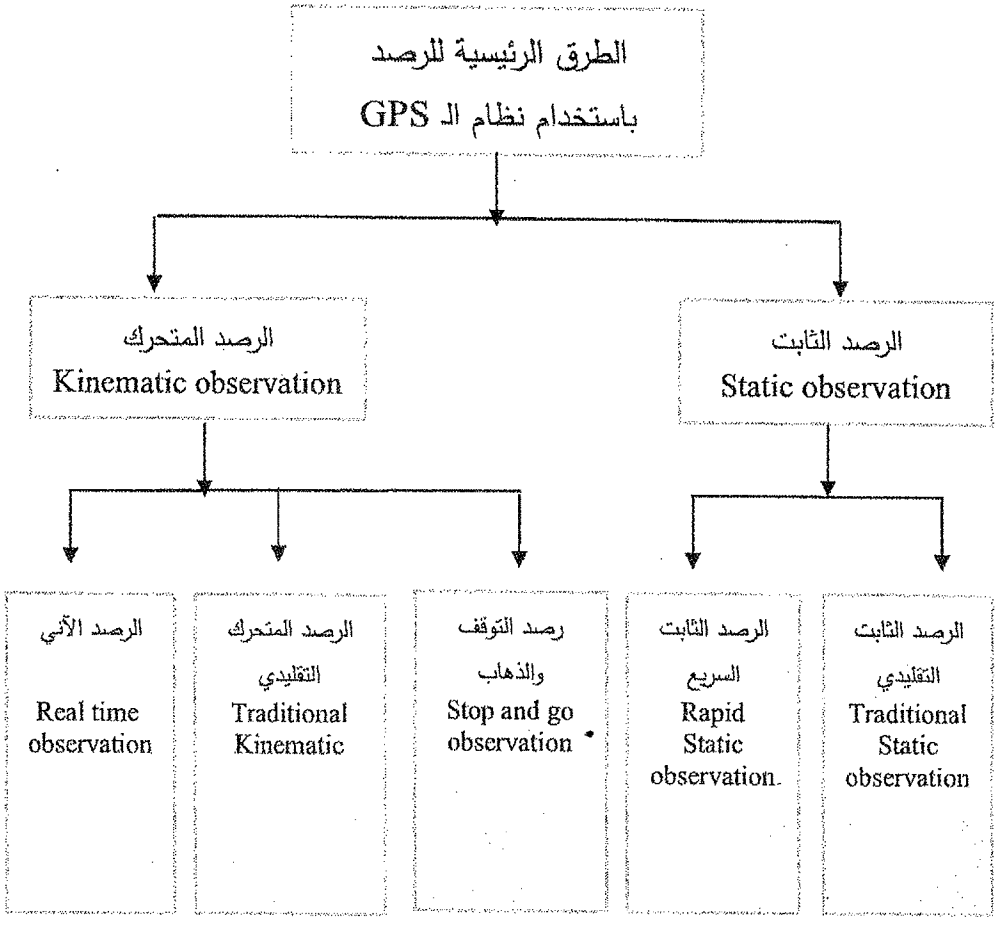
توجد أنواع من عدة طرق الرصد العملي باستخدام جهاز الـ GPS لتحديد مواقع النقاط المساحية وعلى المستخدم اختيار المناسب منها بما يتفق مع طبيعة المشروع والدقة المطلوبة. تطبيقياً يمكن تمييز نوعين أساسيين من الرصد، الشكل (3-10)، وكل من هذين النوعين أقسامه وطرقه وميزاته، وهي:

أ- **الرصد الثابت** (static observation):

الرصد الثابت بصفة عامة يستخدم في الأرصاد الدقيقة، ينقسم الرصد الثابت الى نوعين من الأرصاد:

1- الرصد الثابت التقليدي (static – mode): وطريقته تنطبق كما يلي:

تستخدم هذه الطريقة لقياس القواعد (Baselines) الطويلة التي تبلغ مسافتها (20 كم) وما فوق، إذ يوضع جهاز المستقبل فوق نقطة معلومة الإحداثيات على الاهليليج العالمي (WGS84). يتم تثبيت جهاز المستقبل (الهوائي) على نقطة تحكم موثوقة ومعلومة الإحداثيات (x , y , z)، بينما يثبت مستقبل آخر على النقط الجديدة التي نرغب في تحديد إحداثيات. يبدأ الرصد بهذه الأجهزة بعد إعدادها الاعداد الذي سبق شرحهُ ضمن آليه عمل النظام، ويستمر الرصد لمدة تصل الى (60 دقيقة) وقد تزيد، إذ تجمع المستقبلات البيانات لفترة محددة من الزمن لخط طوله (20 كم) برصد خمسة أقمار وبقيمة عالية لتميع الدقة (GDOP) مقدارها (2)، بينما تحتاج الخطوط الأطوال الى زمن أطول للرصد. هذه المدة يحكمها عوامل كثيرة،منها التوزيع الهيكلي المناسب للأقمار الاصطناعية أثناء الرصد، ونوع المستقبل (الهوائي) ومقدار المسافة بين جهاز المستقبل المتواجد على نقطة التحكم وبين بقية النقاط المرصودة.



شكل (3-10) رسم هيكلي يبين طرق الرصد الحالية المعروفة
باستخدام نظم تحديد المواقع العالمي GPS

بعد انقضاء المدة المحددة للرصد يمكن نقل الأجهزة الى نقاط جديدة وإعادة الرصد لمدة مماثلة لتلك النقاط بالطريقة نفسها التي عملت مع النقاط السابقة. من الضروري جداً إجراء أرصاد فائضة للشبكة (Network) المراد رصدها، وهذا يتطلب رصد النقاط مرتين على الأقل، وخلق تحقيقات الأمان ضد مشاكل قد تكون غير معروفة، ولأجراء ذلك يمكن استخدام أكثر من جهازي استقبال. مدة الرصد أيضاً تتأثر بالأحوال الجوية. هذه

الطريقة هي أدق أنواع الرصد وتستخدم لأغراض تطبيقية تتطلب معرفة المواقع الجغرافية بدقة عالية.

2- الرصد الثابت السريع (Rapid static observation):

تستخدم هذه الطريقة في رصد نقاط متقاربة (نحو 15 كم) باستخدام المستقبلات ثنائية التردد (Dual frequency). إذ يتم نصب أحد المستقبلات على نقطة تحكم معلومة الإحداثيات ويسمى هذا المستقبل (الهوائي) باسم المستقبل القاعدي أو الثابت (stationary Receiver). أما المستقبلات الاخرى فإنها تنصب على النقاط المجهولة وتتحرك من نقطة مجهولة الى آخرى بشكل اسرع من النوع السابق. وتسجل البيانات المجمعة لتعالج فيما بعد في المكتب (post processing). يجب إجراء تحقيقات (checks) للتأكد من عدم وجود أغلاط في القياسات، ويتم ذلك بأعادة رصد النقاط مرة ثانية بأوقات مختلفة من اليوم أو بأخذ نقطتي مرجع، واستخدام مستقبل جوال واحد لرصد النقاط. هذه المستقبلات المتحركة أو الجوالة تسمى (Rover) ومدة الرصد لها على النقاط المجهولة تتراوح بين (5 – 10 دقائق) فقط. أيضاً من مميزاتها أنهُ أثناء الانتقال من نقطة مجهولة الى أخرى يمكن أغلاق المستقبلات لتوفير الطاقة،وتحقق هذه الطريقة الدقة لتصل الى عدد من المليمترات.

ب- الرصد المتحرك (Kinematic observation):

الرصد المتحرك أو الديناميكي يستخدم لأجراء المسح التفصيلي (Detail Surveying) وله تطبيقات عديدة، كما إنه يناسب في الأعمال التي تتطلب سرعة. وهو بدوره ينقسم الى ثلاثة أقسام رئيسية نوردها ونجمل طرق تطبيقها فيمايلي:

1- رصد التوقف والذهاب (Stop and Go observation):

في هذه الطريقة يتم مبدئياً الاعداد لمستقبلاتها بالطريقة نفسها التي تمت في الرصد الثابت السريع. ولكن يشترط أثناء التنقل شرطاً أساسياً أن لا تغلق المستقبلات، وأن لا ينقطع إتصالها بالأقمار الاصطناعية، وعندما يحصل الانقطاع فانه يجب اعادة الاعداد لمدة

تتراوح بين (5-10) دقائق على النقطة الجديدة. ثم يبدأ بعد ذلك التحرك السريع والتوقف السريع. أثناء الانتقال لا يكون هناك رصد ولكن عند التوقف على النقطة لمدة (10) ثواني فأن المستخدم يعطي أمره للمستقبل بالرصد.

2- الرصد المتحرك التقليدي (Traditional Kinematic):

مفهوم هذه الطريقة يشبه مفهوم طريقة التوقف والذهاب السابقة في جميع خصائصها وطرقها، الفرق الوحيد هنا، هو أن تدخل المستخدم في تحديد بداية الرصد تلغى في هذه الطريقة وتوضع بطريقة أوتوماتيكية ومن ثم فأنهُ يحدد مدة زمنية يتم خلالها الرصد، كأن يعد الجهاز للرصد بعد كل ثانيتين. أيضاً يلزم هذه الطريقة عدم انقطاع المستقبل، وهي طريقة مناسبة لرسم الطرق ورسم ممرات السفن أثناء الرصد الصوتي وكذلك تطبيقاتها في مجالات المسح الجوي لتحديد مواقع آلة التصوير (camera) أثناء أخذ اللقطة الجوية.

3- الرصد الآني المتحرك (Real – Time kinematic):

وهي أحد أسرع الطرق، ويتم الرصد فيها بالطريقة السابقة نفسها، إلا إنه في هذه الطريقة لا تحتاج إلى احتلال خط قاعدة أو الانتظار لمدة (5-10) دقائق للمستقبل (الهوائي) المتحرك عند بداية العمل وذلك لأن المستقبل الثابت يرسل عبر الموجة المحمولة معلومات مهمة الى الهوائي المتحرك، هذه المعلومات تعطي نتائج الانتظار نفسها من (5-10) دقائق على النقطة دون الوقوف عليها فعلياً، وهذه تحل الإشكال والتعتيم الموجي التي كانت تحل في الطرق السابقة عن طريق الانتظار والرصد لدقائق معدودة على نقطة البداية.

3-9: مصادر الأخطاء في استخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS):

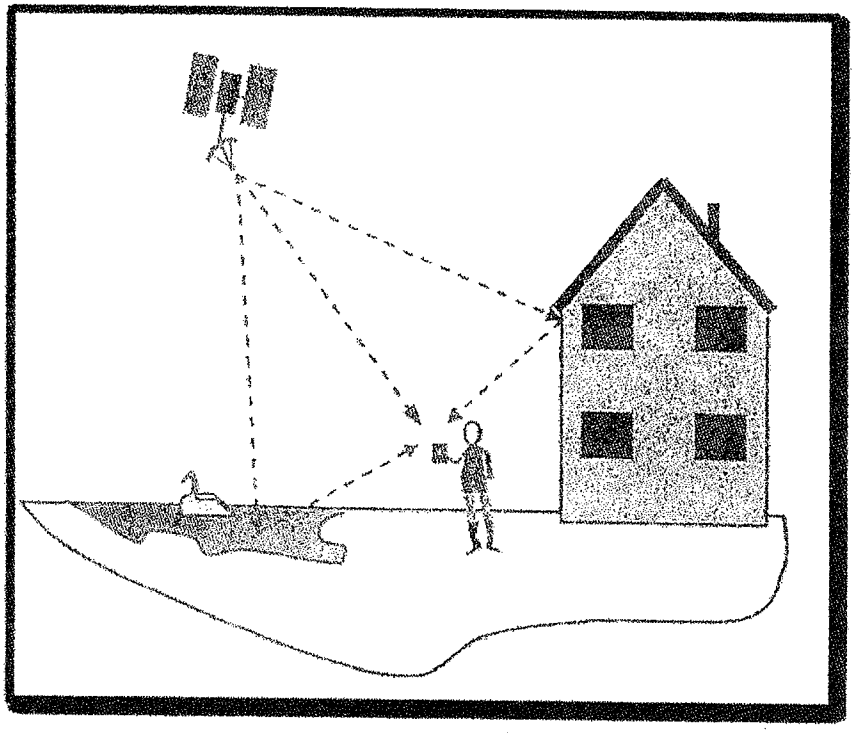
هناك العديد من مصادر الأخطاء التي تغير موقع جهاز الـGPS النظري بمقدار يصل أحياناً الى عشْرة أمتار، أهم هذه المصادر هي:-

1) خطأ التأخير في طبقة الأيونوسفير: تتباطأ سرعة إشارة القمر الاصطناعي عند عبورها طبقة الايونوسفير، لأنها تعاني انكساراً في هذه الطبقة، مما يؤدي الى أخطاء في حساب المسافة. لا تعطي طبقة الايونوسفير تأخيراً ثابتاً على إشارة القمر، لوجود عدة عوامل تؤثر على هذا التأخير وهي:

- ارتفاع القمر الاصطناعي: إذ كلما كان ارتفاع القمر أقل ستعاني الاشارات المرسلة منه تأثيراً أكبر في طبقة الايونوسفير، لزيادة المسافة التي تقطعها الإشارة في هذه الطبقة.
- حرارة الشمس: تتعلق كثافة طبقة الايونوسفير بأشعة الشمس، ففي الليل يكون تأثير طبقة الايونوسفير قليلاً جداً، بينما في النهار تزيد حرارة الشمس من تأثير طبقة الايونوسفير، وبالتالي تتباطأ سرعة الإشارة.
- بخار الماء: يؤثر بخار الماء الموجود في طبقة الغلاف الجوي على إشارة الـGPS، إلا إنه يمكن التخفيف منه باستخدام نماذج رياضية ملائمة.

2) خطأ ساعة القمر الاصطناعي: على الرغم من إن الساعات الموجودة على الأقمار الاصطناعية دقيقة جداً، إلا أنه ينشأ أحياناً بعض الانحراف الطفيف فيها، الذي يؤثر بدوره على دقة تحديد الموقع يتم إعادة ضبط توقيت ساعات الأقمار عن طريق قسم التحكم.

3) خطأ تعدد المسار: ينشأ هذا الخطأ عند وجود هوائي المستقبل بمكان قريب من السطوح التي تعكس إشارات القمر مثل سطح الماء والأبنية، إذ تنتقل إشارة القمر المنعكسة الى المستقبل بدلاً من الاشارة الأساسية. يمكن التخفيف من هذا الخطأ باستخدام مستقبلات الـGPS ذات طبيعة خاصة. كما موضح في الشكل (3-11).



شكل (3-11) ظاهرة تعدد المسار

4) تميع الدقة (Dop Dilution of precision): يقيس تميع الدقة متانة التوزيع الهندسي للأقمار المستخدمة في الرصد، ويتعلق بالبعد والمواقع للاقمار الاصطناعية في الفضاء. إن أفضل طريقة لتخفيض تأثير تميع الدقة (Dop) تكون برصد عدة أقمار إذا أمكن ذلك.

تتأثر الاشارات من الأقمار ذات الارتفاعات المنخفضة لدرجة أكبر بمعظم مصادر الأخطاء، لذا عند إجراء المسح باستخدام الـGPS، من الأفضل رصد الأقمار الاصطناعية التي تكون فوق الأفق بزاوية (15 درجة). تحسب بشكل عام المواقع الدقيقة عندما تكون تميع الدقة (Dop) قليلة وتتراوح مابين (صفر – 3).

5) التأثيرات المتعمدة: يعد هذا التأثير المتعمد والموضوع من قبل وزارة الدفاع الأمريكية الأشد خطورة على دقة نظام الـGPS من التأثيرات السابقة ويسمى

بالتأثيرات المتاحة انتقائياً. إن الغاية الرئيسية من استخدام هذه التأثيرات المتعمدة منع أي جهة أخرى (باستثناء العسكرية الأمريكية) من العبث بدقة الـGPS أو الحصول على قياسات متناهية الدقة وتتمثل هذه التأثيرات بالتالي:-

أ. إحداث بعض التشويشات في مواقيت الأقمار بغرض التقليل من دقتها.

ب. بث ذبذبات مترافقة مع الاشارات المرسلة للتأثير على دقة مواقع المدارات الاهليليجية لهذه الأقمار وبالتالي تؤدي الى وجود بعض الأخطاء في الشيفرة المستقبلة.

3-10: دقة نظام تحديد المواقع العالمي GPS:

يعد نظام تحديد المواقع العالمي من أفضل وأدق وأسرع الأجهزة المساحية الحديثة التي يمكن استخدامها لأغراض رصد وإيجاد المواقع ومحاور نقاط الضبط الأفقية.

ومن مميزات هذا النظام تغطية تطبيقات متعددة تتفاوت فيما بينها من حيث الدقة وأسعار الأجهزة والمعدات المستخدمة. فيما بعض التطبيقات التي تتطلب دقة منخفضة مثل أعمال النقل البري أو البحري أو الجوي. وهذه تحتاج الى أجهزة رخيصة الثمن وسهلة الاستخدام. والتطبيقات التي تتطلب مستوى متوسط من الدقة مثل الاعمال المساحية وتحتاج الى أجهزة أفضل من السابق، وتتطلب خبرة أكبر في مجال استخدامها. في حين تحتاج تطبيقات أخرى الى مستوى عالي من الدقة لذا تحتاج الى أجهزة أكثر تطوراً، والى خبرة عالية للتوصل الى نتائج دقيقة.

والدقة الأرضية لأجهزة هذا النظام (المستقبلات Receiver) تتراوح الآن بين (1-10 متر)، وأحيانا لمتطلبات خاصة تتيح دقة تصل الى سنتمترات قليلة مع المستقبلات عالية الجودة، وستزداد هذه الدقة باستمرار بزيادة عدد الأقمار الاصطناعية الموضوعة في المدارات للفضائية (orbits) وبتدقيق البرامجيات ومعدات الحاسوب، ودقته الآن تصل الى مثل تلك الدقة في الخرائط الأمريكية ذات المقياس الكبير التي تصل دقتها النسبية الى جزء من المليون (P.P.M 1) وتحقق عملياً أجزاء من السنتمترات في الدقة.

لنظام تحديد المواقع العالمي GPS القدرة على تحديد إحداثيات أي مكان أو موقع أو نقطة بدقة عن طريق تحديد خطوط الطول ودوائر العرض بالدقائق أو بالثواني وأجزائها. والتي تتقاطع عند هذه النقطة ولا يقصد بخطوط الطول والعرض تلك الخطوط الأساسية فقط بل عن طريق تحديد الدقائق والثواني وأجزائها. ويتم ذلك من خلال الربط بين جهاز مستقبل يدوي محمول يشبه جهاز الحاسوب المحمول أو التلفون المحمول ليتصل بالأقمار الاصطناعية عن طريق هوائي منفصل.

وأصبح استخدامها بسهولة من قبل المستخدمين المدنيين بواسطة أجهزة يدوية سهلة النقل وتتيح الإحداثيات الجغرافية للموقع والارتفاع عن مستوى سطح البحر والاتجاه والسرعة للظاهرات على سطح الأرض والمسار الخطي الى الهدف للوصول إليه وتحديد وقت الوصول وانحرافات السير وتوقيت وقت العمل وتاريخه إضافة الى التوجيه بوساطة عبارات نصية مختصرة.

ونظراً للتطور التكنولوجي الكبير والهائل فيما يتعلق بالأجهزة الخاصة بنظام تحديد المواقع العالمي في تحديد الإحداثيات الجغرافية، وصلت الدقة الى مستوى عالي لتصل الى (1 مليمتر) وهذا النوع من الأجهزة يسمى نظام تحديد المواقع العالمي التفاضلي (Deferential GPS (DGPS).

3-11: نظام تحديد المواقع العالمي التفاضلي

(Deferential Global positioning system; DGPS):

يتميز هذا النظام بأنهُ أكثر تطوراً من نظام الـGPS الاعتيادي، ويتميز عنهُ بأنهُ ذو دقة عالية في تحديد الإحداثيات الجغرافية تصل الى (1 مليمتر).

ويرتكز الـGPS التفاضلي (DGPS) على القيام بأرصاد لأشباه المسافات في عدة محطات وبوقت واحد. يسمح ذلك بالتخلص من تأثير الأخطاء وبتخفيض التأثيرات المناخية. إن دقة هذه الطريقة في الملاحة أكبر من دقة الملاحة المطلقة في تحديد الموقع، إذ

تصل دقة الملاحة النسبية بين (1-15) متراً عند استخدام الشيفرة (C/A) وتصل بين (1-2) متراً عند استخدام الشيفرة (P).

تهدف فكرة الـGPS التفاضلي الى حذف معظم الأخطاء الطبيعية والأخطاء المتسببة من قبل المستخدم والمؤثرة بشكل غير مباشر على عملية القياسات، وأول أنموذج لتطبيق (DGPS) هو ذو طبيعة ديناميكية، وذلك باستخدام جهازي استقبال أو أكثر بآن واحد (أحد هذه الأجهزة على الاقل ثابت أما الاخرى متحركة) خلال عملية الرصد من بدايتها وحتى نهايتها. يدعى جهاز الاستقبال الموضوع على النقطة الثابتة ذات الإحداثيات المعلومة والمحسوبة مسبقاً بدقة متناهية جداً بجهاز المستقبل المرجعي (Reference Receiver) وتحديد حجمها الفعلي وتقدير تصحيحاتها ومن ثم تطبيقها على القياسات المرصودة آنياً، أو بعد الانتهاء من عملية الرصد. تنفذ عملية تصحيح القياسات في كافة التطبيقات المدنية بسرعة كبيرة جداً تتراوح من 2 الى 30 ثانية. يتم حساب حجم هذه الأخطاء المتغيرة التأثير والتي يصعب التنبؤ في حدوثها بمقارنة الإحداثيات الجديدة المرصودة بالـGPS مع الإحداثيات القديمة المرصودة بالطرق المساحية الأخرى للنقطة نفسها (ومن هنا تأتي كلمة تفاضل).

من أجل هذا النوع من التطبيقات، توجد شبكات من محطات ثابتة تعمل بشكل مستمر ويستخدم بعضها أرسالات باتجاه القمر الاصطناعي.

يوجد نوع آخر من التطبيقات وهو ذو طبيعة ستاتيكية، وهو يستفيد من الدقة الجيدة للـ(DGPS) من أجل إنشاء شبكات نقاط ذات دقة لا يطلب منها أن تكون أفضل من متر.

تعد عملية الرصد باستخدام الـGPS الاعتيادي مستقلة كون إن القياسات ترصد بأجهزة الاستقبال المتحركة وباستخدام الأقمار الاصطناعية كنقاط مرجعية لها، في حين تنفذ عملية الرصد في الـGPS التفاضلي بأجهزة الاستقبال المتحركة وباستخدام جهاز المستقبل الثابت الذي يربط كل القياسات به كنقطة مرجعية.

وبالنظر لقدرة وفعالية الـGPS التفاضلي في تأمينه الدقة العالية التي تجعل منه نظام ملاحي عالمي ووسيلة فعالة لتحديد حركة وموقع أي جسم على الكرة الأرضية.

3-12: تطبيقات نظام تحديد المواقع العالمي GPS:

لنظام الـGPS تطبيقات فعالة في مجالات متعددة ولاسيما المجالات الهندسية والجيوفيزيائية والاتصالات اللاسلكية والأغراض الملاحية بكل أنواعها البحرية والجوية والأرضية وخصوصاً على نظم المعلومات الجغرافية (GIS) الذي يتطلب إطار دقيق من النقاط الهيكلية الجيوديسية المحلية والعالمية لتأمين المعلومات الجيوديسية اللازمة لتحديد أهداف ملاحية ومساحية وأمنية خاصة بالمصلحة العامة والخاصة بشكل سريع ومحدث.

كما إن تميز هذا النظام بالعمل في كافة الظروف الجوية وفي كل مكان على سطح الكرة الأرضية، وعلى مدار (24) ساعة في اليوم، وعدم اشتراطه الاشتراك من أجل الحصول على هذه الخدمة لانها مجانية، ساعد على زيادة استخدامها وتوسع مجالات تطبيقاتها، ونورد إدناه أهم هذه التطبيقات:-

1) **مجال الاعمال المساحية والجيوديسية:** إذ تقوم الأقمار الاصطناعية الخاصة بالنظام ذات المواقع المعروفة بدور النقاط الهيكلية الجيوديسية المرجعية (satellite Reference system) بالنسبة لمواقع أجهزة المستقبلات الموجودة على الأرض (Local Reference system) المطلوب تعيين إحداثياتها، تظهر الاهمية البالغة لنظام الـGPS في الأعمال الجيوديسية والمساحية الضخمة والصعبة وهي:-

أ. تصميم الشبكات الكبيرة التي تغطي مساحات شاسعة من سطح الكرة الأرضية.

ب. سهولة إعادة رصد وتحديث هذه الشبكات بشكل متكرر وسريع.

ج. تعيين المواقع الاحداثية والتغيرات الحاصلة بها بدقة متناهية جداً وخلال فترات رصد قصيرة وبمسافات طويلة جداً، ودون الحاجة لتأمين شرط الرؤيا بين تلك المواقع، والذي يعد أساسياً عند استخدام الطرق المساحية الأخرى.

د. رصد إزاحة المنشآت الجوية.

هـ. رصد تحركات ناطحات السحاب.

و. إنتاج خرائط عالية الدقة مع كاميرات التصوير الجوي.

2) **مجال نظم المعلومات الجغرافية (GIS):** تمثل أنظمة الـGPS، وسيلة جمع وحصر معلومات في مجالات علمية مختلفة وذلك للمساهمة في تصميم قواعد البيانات بأسرع وسيلة ممكنة وعلى درجة عالية من الدقة، وتمثل قواعد البيانات التي تم إعدادها في هذه الحالة عنصراً هاماً في إنجاح نظم المعلومات الجغرافية GIS والتي تعتمد على المعلومة من حيث نوعيتها، وكميتها، وموقعها على سطح الأرض. وبناءً على هذه المميزات فإن أجهزة الـ(GPS) وخاصة المعروفة بأسم (Motoral LDT 1000) هي أنسب هذه النظم، ولاسيما لما تتيحه من مخرجات معلوماتية (output files) صالحة للقراءة في برامج عديدة لنظم المعلومات الجغرافية مثل (Arc GIS , Erdas) وأيضاً برامج التصميم بمساعدة الحاسوب المشهورة بأسمْ (Auto CAD) وهي مخزونة على بطاقة الذاكرة (Memory Card) قابل للقراءة مباشرة بأجهزة الحاسوب الشخصية وملحقاتها.

3) **مجال الطيران والملاحة الجوية:** بالنسبة لأعمال الطيران المدني (Aviation) يتجلى استخدام الـGPS وخصوصاً التفاضلي في عدة عوامل.

أ. مساعدة الطائرات بالهبوط السليم في حال الرؤيا الصعبة والأجواء الضبابية، دون اللجوء لاستخدام أشعة الملاصقة التقليدية المكلفة جداً وغير المتوفرة إلا في المطارات الضخمة جداً، وتم اعتماده بشكل كلي في المطارات الأمريكية للدقة العالية، وتفادياً للأخطاء البشرية.

ب. تصبح عملية الملاحة الجوية سهلة ومن الممكن توفرها في أي مطار مع الأزدياد المتحسن لعوامل أمان الطائرات والاقتصاد العالي لاستهلاك الوقود والاستخدام الجيد لممرات العبور الجوية.

ج. تأمين طريقة مرنة ودقيقة لعمل نقاط وسائل تحكم الطائرات وحركات مركبات الخدمة الأرضية بين الطائرات اثناء عمليات الهبوط والاقلاع.

د. تنظيم جدولة الرحلات الجوية الكثيفة بدقة وفي الوقت المناسب.

هـ. يمكن الاستفادة من هذا النظام من قبل شركات الطيران، إذ يوفر لها كثيراً من نفقات التشغيل لرحلاتها الجوية، إذ إنه يعطي أقصر الطرق الجوية لمطارات الوصول.

4) **مجال الملاحة البحرية:** غير نظام الـGPS، الطرق التقليدية في الملاحة البحرية، لاسيما في العمليات البحرية إذ وفر أسرع وأدق وسيلة للملاحة البحرية في ما يتعلق بقياس السرعة وتحديد موقع السفن والبواخر، وهو الأمر الذي يؤمن مستويات أعلى من السلامة والكفاءة للأبحار في جميع أرجاء العالم. إذ تقوم محطات التقوية الثابتة والمنتشرة على كافة السواحل العالية بتدعيم عمل الـGPS عن طريق بث واستقبال الاشارات واجراء التصحيحات الفورية عليها. باعتبار ان هذه التصحيحات متوفرة بشكل حر وبالتالي فلا حاجة لجهاز مستقبل ثاني لتنفيذ عملية الرصد الاعتيادي أو التفاضلي، لأن أقرب محطة ثابتة سوف تقوم بالعمل وكأنها جهاز مستقبل آخر. ولنظام الـGPS بنوعيه الاعتيادي والتفاضلي دوراً هاماً في الملاحة البحرية ولاسيما فيما يتعلق بأعمال الحماية والحراسة البحرية وذلك من خلال:

أ. تزويد كل المتطلبات الضرورية ومعلومات دقيقة حول الموقع الذي تكون فيه السفن، وذلك لضمان عوامل الامان والسلامة.

ب. التنبؤ عن الأحوال الجوية.

ج. تأمين عوامل البحث والانقاذ في حالات الطوارئ.

د. إبقاء السفينة على مسارها الصحيح والسريع في المناطق المزدحمة بالبواخر الأخرى وتجنب صخور مداخل الموانئ أثناء عبورها منه واليه، وبالتالي تحسين عوامل الأمان وحماية البيئة البحرية بسبب توفير الوقود واستخدامه الجيد.

هـ. توافق عمليات تصميم وصيانة الموانئ والمرافئ البحرية مع الخرائط المصممة لها.

و. يستخدم النظام من خلال البيانات التي يوفرها في مسح الأعماق وتثبيت العوامات، وتعيين العمق الدقيق للمرافق ومراقبة معدل الرواسب المتراكمة لأزالتها من القاع بشكل فعال، وتحديد مواقع الخطورة الملاحية وتثبيتها على الخرائط.

ز. يستخدم هذا النظام من قبل أساطيل الصيد التجاري في الابحار الى أفضل مناطق الصيد، وفي تتبع هجرات الاسماك، وفي ضمان الالتزام بالقوانين المعمول بها في هذا الشأن.

5) مجال النقل البري: يوفر استخدام نظام الـGPS فعاليات متزايدة وسلامة لوسائط النقل البري بمختلف أنواعها ومستخدميه نتيجة الدقة والسرعة لهذا النظام، وبخاصة التي تستخدم الطرق السريعة وأنظمة النقل العام، وقد أنخفضت المشاكل المرتبطة بتحديد المسارات ومتابعة وسائل النقل التجارية بصورة ملحوظة بمساعدة هذا النظام، وهذا ينطبق أيضاً على إدارة أنظمة النقل العام وأطقم صيانة الطرق ومعدات الطوارئ، من خلال:

أ. يساعد النظام المسؤولين عن هذا القطاع في مهمة رسم استراتيجيات فعالة تستطيع أن تحافظ على مواعيد وصول وانطلاق عربات النقل العام وفقاً للجداول المعروفة، وأن تخبر المسافرين بمواعيد الوصول الدقيقة، من خلال تتبع خطوط الباصات.

ب. يساهم في رفع مستوى السلامة المرورية وذلك بتتبع حركة المركبات وتوجيهها الى الطرق الصحيحة، لاسيما السيارة التي تحتاج الى السرعة مثل سيارات الاسعاف

والشرطة والمطافئ اضافة الى امكانية تحديد مواقع المركبات التي تتواجد فيها أجهزة الـGPS من خلال مراكز المراقبة على أجهزة الحاسوب بواسطة خرائط رقمية للمناطق.

ج. يؤمن نظام الـGPS بالتظافر مع أجهزة الاستشعار والحواسيب ونظم الاتصال تحسين مستوى السلامة والامان وكفاءة التشغيل لخطوط سكك الحديد. كما يساعد في تخفيض عدد الحوادث والتأخيرات وتكاليف التشغيل، وكذلك يساهم في زيادة قدرة خطوط السكك الحديدية، وفي توفير الراحة للمسافرين، وتخفيض ما ينفق من أموال. كما يوفر هذا النظام جملة من المعلومات الدقيقة والفورية حول مواقع القاطرات وعربات السكك الحديدية ومعدات الصيانة المستخدمة على القضبان والمعدات المتمركزة بجانب الخطوط الحديدية يتكامل مع التشغيل الكفء لشبكات السكك الحديدية. وان استخدام هذا النظام من قبل شركات سكك الحديد في الولايات المتحدة الأمريكية، في أول مسح دقيق لشبكة سكة حديد الولايات المتحدة، ولتحديد مواقع القطارات ولوازمها. كما ويعد ضمان مستويات عالية من السلامة، وتحسين كفاءة تشغيل السكك الحديدية، وتوسيع قدراتها أهدافاً أساسية لصناعة مسارات السكك الحديدية اليوم.

6) **مجال الاحصاء والتعداد السكاني:** تحتل أنظمة الـGPS دوراً أساسياً في حصر التعداد السكاني لكل مبنى أو وحدة عمرانية باستخدام النظم المعروفة بأسم (geo-line) وتخزينها أو بثها مباشرة الى أجهزة الحاسوب المركزية، ويتوفر اليوم برامج يطلق عليها (Post-Processing Software) والتي تحتوي على مجموعة من الوسائل أو الأدوات (Tools) فيمكن بواسطتها حصر وتخزين التعدادات السكانية، بدون الحاجة الى استمارات الاستبيان أو أتباع طرق التعداد التقليدية، وذلك بالاعتماد على الأسس التالية:

أ. الإحداثيات الجغرافية لمواقع الوحدة العمرانية.

ب. ارتفاع الوحدة العمرانية (ارتفاع الدور مثلاً).

ج. عدد الأفراد ،

د. تصنيف نوعي للأفراد.

7) مجال حصر المعلومات الجيولوجية: تساهم أنظمة الـGPS في حصر المعلومات الجيولوجية وذلك بتسجيل بيانات حول الارتفاع التضاريسي، وشبكات التصريف المائية، اتجاه الطبقات، سمك الطبقات، الأمتداد الطولي والعرضي للطبقات المختلفة، الانزياحات الأرضية، إذ يتم تخزين كافة هذه البيانات وقراءتها بأجهزة الحاسوب فيما بعد أو ارسالها مباشرة (الزمن الحقيقي Real Time) بواسطة أجهزة الـGPS، والتي تعطي دقة تتراوح ما بين (1-10م) أو أكثر.

الفصل الرابع

الاستشعارعن بعد

Remote Sensing

الاستشعار عن بعد

4-1: المقدمة:

يعتمد تطور أي بلد على جمع وحصر المعلومات الجغرافية في الموارد الطبيعية والاقتصادية الصناعية وغيرها، وذلك لاستخدامها في التنمية الشاملة والتخطيط المستقبلي ولايجاد حلول للمشكلات المرتبطة بذلك البلد. وقد تعددت أساليب ومصادر جمع المعلومات ومن هذه الاساليب التقليدية الأعمال الميدانية والخرائط والاحصاءات وغيرها. الا ان التوسع في الحاجة الى البيانات الجغرافية، سواء من حيث الحجم المساحي أودقة التفاصيل جعلت الأساليب التقليدية غير عملية وغير كافية من حيث السرعة في الحصول على المعلومات ودقتها.

وقد شهد العالم اليوم تطورا كبيرا في ابتكار طرق جديدة لاستكمال جمع البيانات عن الأهداف الارضية دون الوصول اليها وملامستها وهو مايعرف بعلم الاستشعار عن بعد، اذ وفر هذا العلم بيانات ذات شمولية أكبر ودقة أعلى وكلفة أقل وفوائد أخرى كثيرة سنذكرها لاحقا، مما أدى الى اتساع استخدامه وتطبيقه في الدراسات لمجالات مختلفة، مثل الدراسات المائية والزراعية والجيولوجية والبيئية وغيرها، والتي تعد ذات أهمية كبرى في وضع وصياغة الخطط التنموية والمستقبلية للبلدان في العالم.

4-2: تعريف ومفهوم الاستشعار عن بعد:

يعرف الاستشعار عن بعد (Remote Sensing) بأنه هو علم وفن الحصول على معلومات عن جسم أو منطقة أو ظاهرة من خلال تحليل معطيات يتم اكتسابها بجهاز استشعار لايلمس ذلك الجسم اوالظاهرة المدروسة باستخدام الطاقة الكهرومغناطيسية المنعكسة او المنبعثة من ذلك الجسم او الظاهرة. وهناك عدة تسميات مترجمة تطلق على مصطلح Remote Sensing، منها الاستشعار عن بعد او التحسس النائي او الاستشعار

من بعد او الكشف عن بعد او الجس النائي.

ويشبه الاستشعار عن بعد في كثير من الوجوه عملية القراءة فقراءتك لهذه الكلمات هي في الواقع استشعار عن بعد، اذ تقوم عيونك بدور المستشعرات او المتحسسات (Sensors) تتحسس بالضوء المنعكس من هذه الصفحة، والمعطيات التي تحصل عليها عيونك انما هي نبضات تتناسب مع كمية الضوء المنعكس من المساحات المضيئة والمظلمة من الصفحة ويقوم حاسوبك العقلي بتحليل هذه المعطيات وتفسيرها ليمكنك من تفسير المساحات المظلمة من الصفحة المقروءة على انها مجموعة من الحروف المكونة لكلمات، بعد ذلك تستطيع التعرف على الجمل التي تكونها الكلمات وتفسير معاني المعلومات التي تتضمنها الجمل.

وبعبارة اخرى ادق، فان الاستشعار عن بعد بمفهومه الشائع يهدف الى الحصول على معلومات حول موارد الارض الطبيعية وتحديد مواقعها ورصدها ومراقبتها من خلال تحليل معطيات يتم اكتسابها باجهزة المستشعرات وبدون تماس مباشر لتلك الموارد. وان المعطيات تدل على الاسلوب الذي تصدر به سطوح معالم الارض المختلفة للطاقة الكهرومغناطيسية وتعكسها.

4-3: لمحة تاريخية عن مراحل تطور الاستشعار عن بعد:

كانت البدايات الحقيقية الاولى لعلم الاستشعار عن بعد منذ اختراع آلة التصوير في عام 1839م، وأخذت أول صورة من الجو عام 1858م على ارتفاع 80 متر لقرية فرنسية بواسطة البالون. ثم جاء اختراع الاخوين رايت للطائرة في عام 1903م الذي ساهم بشكل رئيسي في تطوير طرق التصوير الجوي، اذ اخذت اول صورة بالطائرة عام 1909م لمدينة ايطالية، وفي عام 1915م تم تصميم وتصنيع جهاز تصوير خاص بالطائرات من قبل ضابط في سلاح الجو البريطاني. وكانت البداية الحقيقية لتفسير الصور الجوية خلال الحرب العالمية الاولى، وقد ساعد ذلك على ظهور اجهزة الرؤيا المجسمة

(الستيريوسكوب) وبثلاثة ابعاد للصور الجوية في عام 1915م. واستخدمت الصور الجوية عام 1920م في عمليات التنقيب عن النفط، ثم ساعد تطور علم العدسات عام 1934م في الحصول على صور جوية بمقاييس صغيرة. وأستمر استخدام الصور الجوية في عمليات الاستكشاف والحصر وأنتاج الخرائط الشاملة ولمناطق شاسعة. الى ان استخدمت الصور الجوية في عمليات التجسس في الحرب العالمية الثانية، وذلك لتحديد الاهداف العسكرية وتقدير الخسائر وحصرها.

ولم تكن لدى الولايات المتحدة الامريكية اي خبرة في تفسير الصور الجوية عند دخولها في الحرب العالمية الثانية، لذا قامت بانشاء مدرسة تحليل الصور الجوية التابعة لسلاح البحرية الامريكية في عام 1942م، التي خرجت الآلاف من المتخصصين والمحللين في هذا المجال بعد نهاية الحرب. ثم أنتشرت وازدادت عدد المعاهد والمؤسسات الاكاديمية والجامعات التي تدرس موضوع التصوير الجوي عام 1946م الى حوالي 13 مركزا اكاديميا في الولايات المتحدة الامريكية.

ومع بداية عصر الفضاء والاتصالات بالأقمار الصناعية، أطلقت الولايات المتحدة الامريكية عام 1946م صاروخا لغرض الاستكشاف الفضائي على ارتفاع 120كيلومتر. وفي عام 1957م اطلق الاتحاد السوفيتي القمر الصناعي الاول، وبعدها اطلقت امريكا أول اقمارها الصناعية في عام 1958م. وتوالت الانجازات حتى تم في عام 1965م اطلاق اول مركبة مأهولة اطلق عليها (جيمني 3)، وأستمر التصوير الفضائي في سلسلة رحلات (أبولو) التي بدأت عام 1968م وانتهت عام 1972م. وفي منتصف عام 1972م وضع القمر الصناعي الامريكي لاندسات - 1(Landsat-1) في مداره حول الارض، وتبع برنامجي (أبولو وجيمني) برنامج المعمل الفضائي الذي استمر ثمانية اشهر مابين 1973م و1974م، اذ تم من خلالها ارسال ثلاث رحلات مأهولة. ومن أهم المجالات التي استفادت من تجارب المعمل الفضائي: الجغرافيا، الغابات، الزراعة، التلوث البيئي، الطقس والمناخ، دراسة البحار والمحيطات، دواسة الموارد الطبيعية، دراسة الموارد المائية،

استخدام الاراضي وغيرها. ومن أهم الاقمار الحالية والمستقبلية على سبيل المثال لا الحصر:- القمر الصناعي الامريكي ايكونس (Ikonos)، القمر الصناعي الامريكي كويك بيرد (Quick Bird)، القمر الصناعي الامريكي لاندسات - 7 (Landsat-7)، القمر الصناعي الامريكي نوا (NOAA)، القمر الصناعي الفرنسي سبوت (Spot) وغيرها يلاحظ الجدول (4-1).

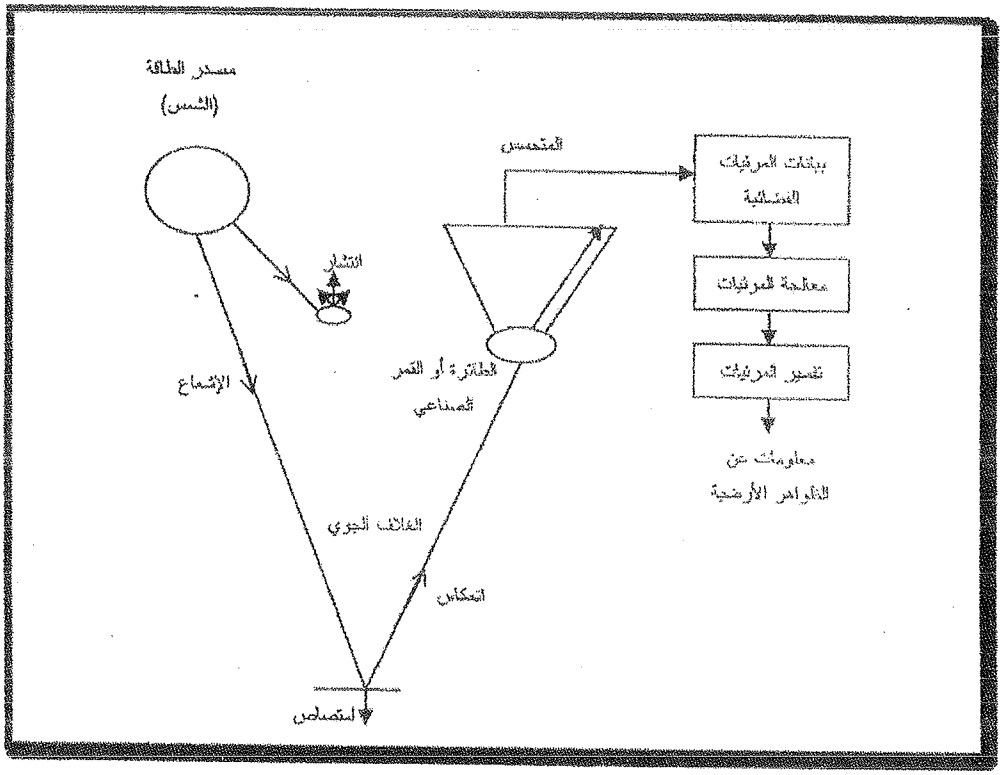
جدول (4 -1) أهم الاقمار الصناعية وتاريخ اطلاقها.

	مالك القمر	اسم القمر	تاريخ الاطلاق	ملحوظات
.1	الولايات المتحدة الامريكية	Landsat-1	1972م	انتهى العمل به في 1978 م
.2	الولايات المتحدة الامريكية	Landsat-2	1975م	انتهى العمل به في 1983 م
.3	الولايات المتحدة الامريكية	NOAA-6	1979م	
.4	الولايات المتحدة الامريكية	Landsat-3	1978م	انتهى العمل به في 1983
.5	الولايات المتحدة الامريكية	NOAA-7	1981م	
.6	الولايات المتحدة الامريكية	Landsat-4	1982م	
.7	الولايات المتحدة الامريكية	NOAA-8	1983م	
.8	الولايات المتحدة الامريكية	Landsat-5	1984م	
.9	الولايات المتحدة الامريكية	NOAA-9	1984م	
.10	الاتحاد السوفيتي	RUSURS -01-1	1985م	
.11	فرنسا	SPOT -1	1986م	
.12	الولايات المتحدة الامريكية	NOAA-10	1986م	
.13	الاتحاد السوفيتي	RUSURS -01-2	1988م	
.14	الهند	IRS – 1A	1988م	
.15	الولايات المتحدة الامريكية	NOAA-11	1988م	

.16	فرنسا	SPOT -2	1990م	
.17	الهند	IRS – 1B	1991م	
.18	الولايات المتحدة الامريكية	NOAA-12	1991م	
.19	فرنسا	SPOT -3	1993م	
.20	الولايات المتحدة الامريكية	Landsat-6	1993م	حدث فشل في اطلاق هذا القمر
.21	الولايات المتحدة الامريكية	NOAA-14	1994م	NOAA-13 حدث فشل في الاطلاق
.22	الاتحاد السوفيتي	RUSURS -01-3	1994م	
.23	الهند	IRS – 1C	1995م	
.24	كندا	RADASAT	1995م	
.25	الهند	IRS – 1D	1997م	
.26	الاتحاد السوفيتي	RUSURS -01-4	1998م	
.27	فرنسا	SPOT -4	1998م	
.28	الولايات المتحدة الامريكية	NOAA-15	1998م	
.29	الولايات المتحدة الامريكية	Landsat-7	1998م	
.30	الولايات المتحدة الامريكية	IKONOS	1999م	
.31	الولايات المتحدة الامريكية	EROS – A	2000م	
.32	الولايات المتحدة الامريكية	NOAA-16	2000م	
.33	الولايات المتحدة الامريكية	Quick Bird	2001م	
.34	فرنسا	SPOT -5	2002م	
.35	الولايات المتحدة الامريكية	NOAA-17	2002م	

4-4: العناصر الاساسية للاستشعار عن بعد:

يلاحظ من الشكل (4 - 1) بان هناك اربعة عناصر اساسية يقوم عليها مبدأ الاستشعار عن بعد وهي:-



الشكل (4-1) العناصر الأساسية للأستشعار عن بعد

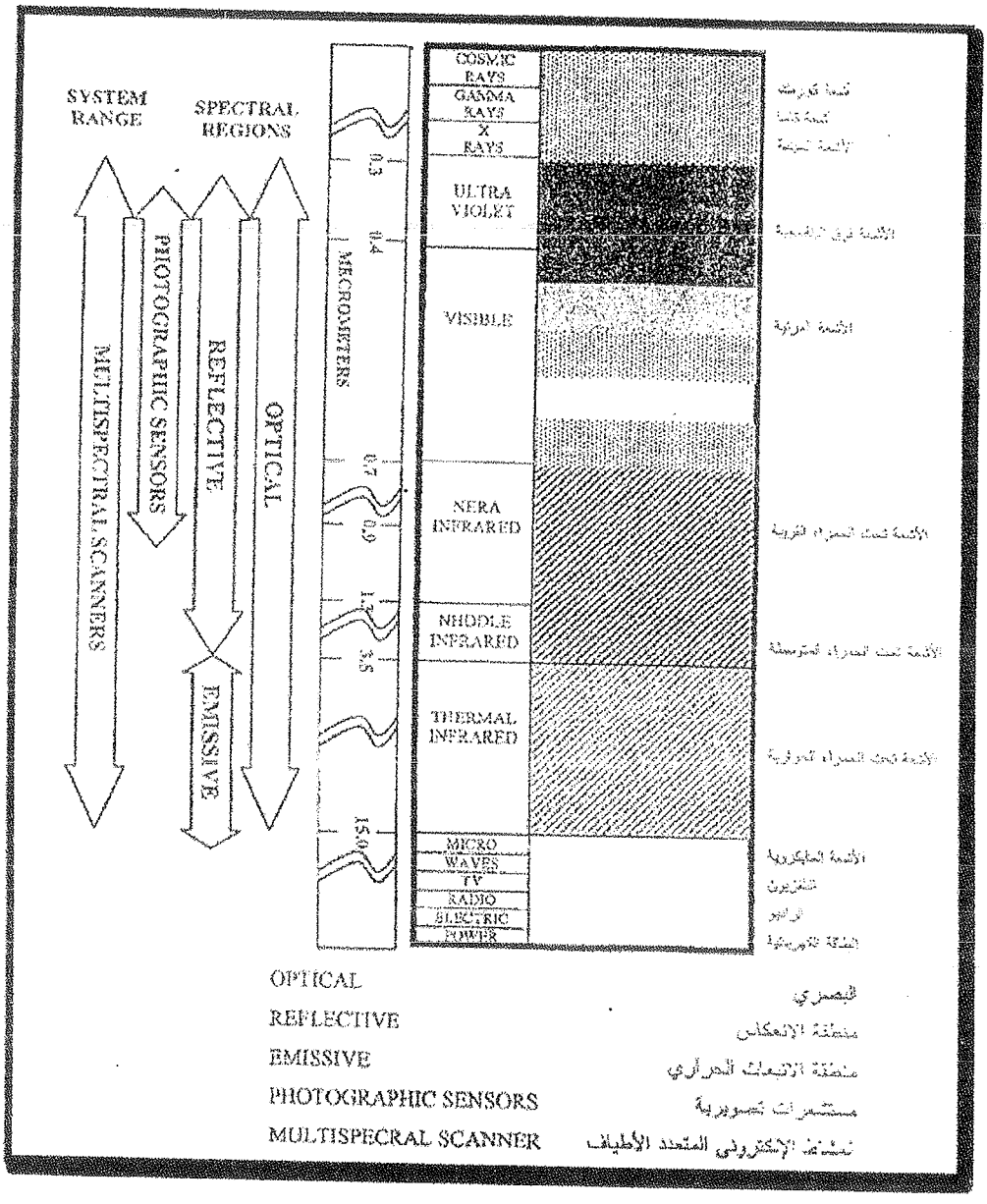
1 – مصدر الاشعاع (الطاقة الكهرومغناطيسية)

Radiation Source (Electromagnetic Energy) :

ويكون في معظمه مصدرا اشعاعيا ناتجا عن الطاقة الكهرومغناطيسية (Electromagnetic Energy) التي تاتي من الشمس وتتألف من مجموعة كبيرة من الموجات المختلفة في اطوالها، اذ يستخدم مصطلح الطيف الكهرومغناطيسي لوصف مجالات الاشعة القصيرة والمتوسطة والطويلة، ويقسم الى مجالات طيفية وتعرف احيانا بالنطاقات الطيفية او الباندات (Bands)، كما يلاحظ في الشكل (4 – 2). ومن اهمها حسب اطوالها الموجية من الاقصر الى الاطول: اشعة كوزمك (الكونية)، أشعة كاما، الاشعة السينية (أكس)، الاشعة فوق البنفسجية، الاشعة المرئية، الاشعة تحت الحمراء، الاشعة تحت الحمراء الحرارية، الاشعة المايكروية (القصيرة)، موجات التلفزيون والراديو والطاقة الكهربائية.

ومن المجالات الطيفية الاكثر استخداما وشيوعا في تقنية الاستشعار عن بعد هي: الاشعة المرئية، الاشعة تحت الحمراء، الاشعة تحت الحمراء الحرارية والاشعة المايكروية (القصيرة).

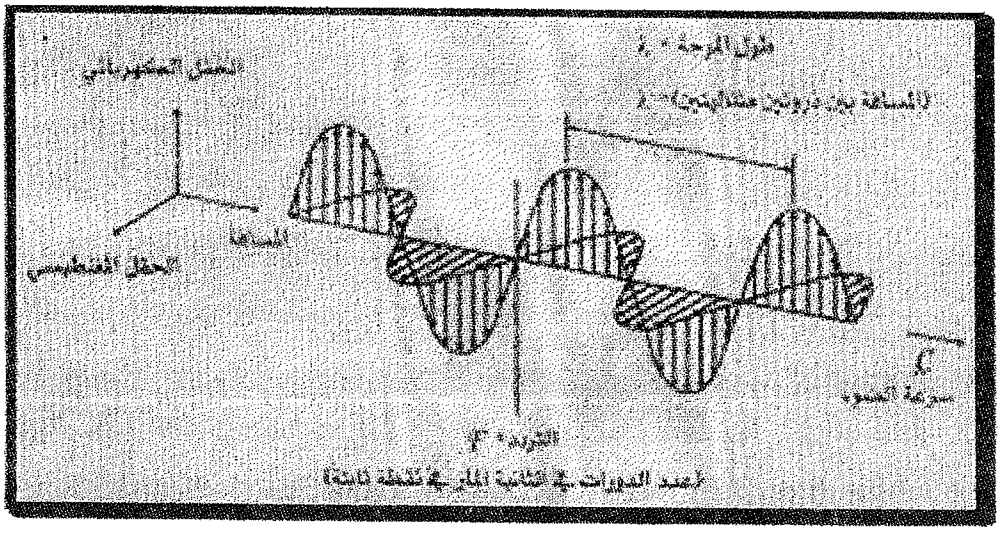
وتعد الطاقة الكهرومغناطيسية هي الأساس في عمل الاستشعار عن بعد وحجر الزاوية فيه، وذلك لاكتشاف وقياس الخصائص الفيزياوية والكيمياوية للاجسام والظواهر الارضية التي يدرسها الاستشعار عن بعد، اذ تعتمد تقنية الاستشعار عن بعد على الطاقة المنعكسة او المنبعثة من هذه الاجسام والظواهر الارضية، وهذه الطاقة ممكن ان تكون طاقة الضوء المرئي او الطاقة الحرارية او اي نوع من انواع الطاقة الكهرومغناطيسية. ويتوجب أن يكون لدى مفسر ومحلل بيانات الاستشعار عن بعد فهم كامل للسلوك الطيفي والخصائص الاشعاعية لمظاهر سطح الارض.



الشكل (4-2) الاطوال الموجية المختلفة للطيف الكهرومغناطيسي

يقصد بالطاقة او الطيف الكهرومغناطيسي بانها شكل من اشكال الطاقة التي تتكون من موجتين او مركبتين، الموجة الكهربائية وهي الشاقولية والموجة المغناطيسية وهي الافقية وجميعها تنتشر في الفضاء بشكل متناسق، والمقصود بالمتناسق بان امواج الطاقة تسير بسرعة متساوية تساوي سرعة الضوء (سرعة الضوء 300000كم في الثانية)، وكلما قطعت الموجة الكهرومغناطيسية مسافة أطول كلما ضعفت قوتها. وتحددالموجات الكهرومغناطيسية يلاحظ الشكل(4-3) بخاصيتين هما:-

- الطول الموجي (Wave length): وهي المسافة بين قمتين متتاليتين (ذروتين متتاليتين) في الموجة الكهرومغناطيسية.
- التردد (Frequency; F): وهي عدد القمم في نقطة ثابتة في الفضاء في وحدة الزمن.



الشكل (4 - 3) مركبات الموجة الكهرومغناطيسية

وهناك مصدرين للطاقة الكهرومغناطيسية الأول طبيعي وهو الشمس والآخر صناعي، ووفقا لذلك هناك نوعان من الاستشعار عن بعد هما:-

أ - نظام الاستشعار عن بعد السلبي أو الحامل (Passive System): وهو النظام الذي يعتمد على المصدر الطبيعي للطاقة الكهرومغناطيسية وهو الشمس، مثل

التصوير المرئي باستخدام طاقة الضوء المرئي (اللون الاحمر، الاخضر والازرق) والتصوير الحراري، بحيث تنطلق الاشعة الكهرومغناطيسية من الشمس فتنعكس او تنبعث من الاجسام فيستقبلها جهاز الاستشعار.

ب - نظام الاستشعار عن بعد الفاعل (Active System): وهو النظام الذي يعتمد على المصدر الصناعي للطاقة الكهرومغناطيسية، بحيث يصدر جهاز الاستشعار أشعة كهرومغناطيسية تنعكس من الاجسام ويستقبلها من الاجسام ثم يستقبلها جهاز الاستشعار مرة اخرى، وهو مايعرف بالرادار.

وكما ذكرنا في اعلاه فان الطول الموجي يعد العامل الاساسي في تصنيف الصورة وطبيعة المعلومات المستنبطة منها، لذا تقسم صور الاستشعار عن بعد (الصور الجوية والفضائية) تبعا للطول الموجي مثل الصور المرئية، الصور تحت الحمراء الحرارية، الصور ذات الموجات الميكروية وغيرها. علما ان جميع الصور تكون مرئية بطبيعة الحال، ولكن كل نوع من الصور يلتقط بمجالات طيفية معينة مثل اشعة الضوء المرئي او موجات تحت الحمراء او موجات حرارية او موجات ميكروية (الامواج القصيرة) ولكل منها فائدة تطبيقية معينة.

2 - مسار انتقال الاشعة:

في نظام الاستشعار عن بعد تمر الطاقة الكهرومغناطيسية من المصدر الى الهدف ومنه الى جهاز الاستشعار يلاحظ من (الشكل 4 - 1) سابقا. ويؤثر الغلاف الجوي في انتشار الطاقة بين مصدرهذه الطاقة وبين الهدف وجهاز الاستشعار المحمول على متن الاقمار الصناعية وبالتالي يؤثر في التحليل الطيفي للصور الفضائية، وهناك ثلاث حالات للطاقة عند انتقالها عبر الغلاف الجوي وهي:-

أ - التشتيت: وهو تاثر للاشعاع الصادر من الشمس لايمكن توقعه ويحدث بسبب الجزيئات الموجودة في الجو.

ب - **الامتصاص:** يسبب الامتصاص فقدانا للطاقة عند طول موجي معين ضمن نطاقات تسمى نطاقات الامتصاص ويتم الامتصاص للاشعاعات الشمسية بوساطة بخار الماء وثاني اوكسيد الكربون والاوزون.

ج- **النفاذ:** وهو الجزء من الاشعاع الشمسي الذي يصل الى الارض من خلال نطاقات تسمى بالنوافذ الجوية او نطاقات النقل الجوي، التي تسمح بمرور جزء من موجات الاشعاع الكهرومغناطيسي عبر الغلاف الجوي من دون ان تتعرض للتشتيت او الامتصاص. كما يسمح الغلاف الجوي بانتقال الطاقة في نطاقات تسمى النوافذ الجوية او نطاقات النقل الجوي، وبهذا يتحدد المجال الطيفي الذي يمكن استخدامه لاجهزة الاستشعار، ويتبين في الجدول (4 - 2) اهم المجالات الطيفية المستعملة في اجهزة الاستشعار عن بعد وبعض تطبيقاتها.

جدول (4 -2) اهم المجالات الطيفية المستعملة في اجهزة الاستشعار عن بعد وبعض تطبيقاتها

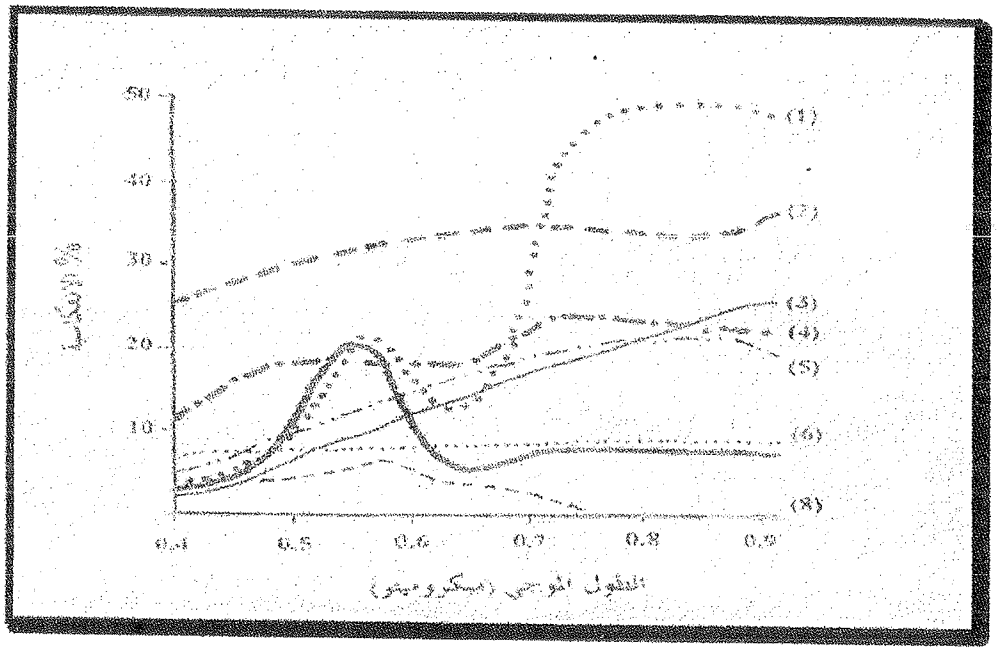
الطول الموجي/ مايكروميتر	المجال الطيفي	الفائدة التطبيقية
0.45 - 0.52	الضوء المرئي (اللون الازرق)	اختراق الاجسام المائية، رسم خرائط السواحل وتمييز التربة عن النبات والاشجار المتساقطة عن الدائمة الخضرة
0.52 – 0:60	الضوء المرئي (اللون الاخضر)	قياس انعكاس الغطاء النباتي السليم
0.63 - 0.69	الضوء المرئي (اللون الاحمر)	تساعد الحساسية لامتصاص الكلوروفيل في هذا المجال على تمييز النباتات
0.76 - 0.90	تحت الحمراء المنعكسة	تقدير الانتاجية للنبات السليم وتحديد الاجسام المائية
1.55 -1.75	تحت الحمراء المنعكسة	قياس رطوبة الغطاء النباتي والتربة وتمييز الغيوم عن الثلج
2.08 - 2.35	تحت الحمراء المنعكسة	الدراسات الجيولوجية وتمييز انواع الصخور ورسم الخرائط الحرارية للمياة
10.40 - 12.50	تحت الحمراء الحرارية	رسم الخرائط الحرارية وقياس رطوبة التربة والاجهاد النباتي

3 – الهدف (تفاعل الطاقة مع المعالم او السمات على سطح الاض):

يطلق تسمية الهدف على جميع العناصر من سطح الارض كالمباني، المياه، التضاريس وغيرها، او ماتحت سطح الارض كالصخور والنفط والمياه الجوفية وغيرها، او في الغلاف الجوي كالظواهر المناخية التي تضمن مجال رؤية جهاز الاستشعار، فالطاقة تسقط من مصدرها على سطح الاهداف فتتفاعل معها وتقوم اجهزة الاستشعار عن بعد بتحسس اثار هذا التفاعل، فمن المعروف ان الاجسام المختلفة فيزياويا وكيمياويا تعيد أنواعا مختلفة من الطاقة، ويمكن معرفة هوية هذه الأهداف من معرفة مقدار الاشعة المنعكسة من هذه الاهداف، لأن أي هدف يعكس ويمتص الاشعة، ولكن قيمة االطاقة المنعكسة او الممتصة او النافذة تتغير قيمتها بتغير الاهداف وخصائصها الطيفية، وهذا الانعكاس هو المهم في تطبيقات الاستشعار عن بعد.

ان مبرر استخدام بيانات الاستشعار عن بعد في دراسات موارد الأرض هو أن ظواهر السطح ذات الخصائص المختلفة تعكس (Reflect) بين المديات الطيفية (0.3 – 3ميكروميتر) أو تبعث وتصدر (Emit) بين المديات الطيفية (3 – 15ميكروميتر) كميات مختلفة من الاشعاع في الأقسام المختلفة من الطيف الكهرومغناطيسي.

يلاحظ من الشكل (4 –4) ادناه على سبيل المثال ان الماء (المنحنى رقم 8) يمتص الاشعة تحت الحمراء، وكلما ازداد طول الموجة زاد الامتصاص وقل الانعكاس وذروة الانعكاس تقع عند طول الموجة 0. 58 ميكروميتر تقريبا، اما في الترب الرملية المزيجية (المنحنى رقم 3) فيزداد مقدار الاشعة المنعكسة مع زيادة طول الموجة في النطاق المرئي والاشعة تحت الحمراء. وفي الحشائش (المنحنى رقم 1) فيختلف مقدار الاشعة المنعكسة حسب طول الموجة ويصل الى الذروة في مجال الاشعة تحت الحمراء 0.7 – 0.9 ميكروميتر، اما اكبر مقدار للامتصاص فيقع عند الطول الموجي 0.45 – 0.68 ميكروميتر (علما ان كل 1مليميتر = 1000 ميكروميتر).



الشكل (4-4) الانعكاسات الطيفية لاهداف ارضية مختلفة

المفتاح:-

1 – الحشائش، 2 – الاسمنت، 3 – تـرب رمليـة مزيجيـة، 4 – ارض حـصوية، 5 – ارض متروكة، 6 – طريق اسفلتي، 7 – الترتان الصناعي، 8 – المياه.

ان هذا الاختلاف في خاصية الانعكاس هو المهم في التطبيقات المختلفة للاستشعار عن بعد، وتتاثر الانعكاسات الطيفية بالعوامل الاتية:

أ – طول الموجة الكهرومغناطيسية.

ب – زاوية سقوط الاشعة.

ج – الخواص الفيزيائية والكيميائية للهدف المرصود.

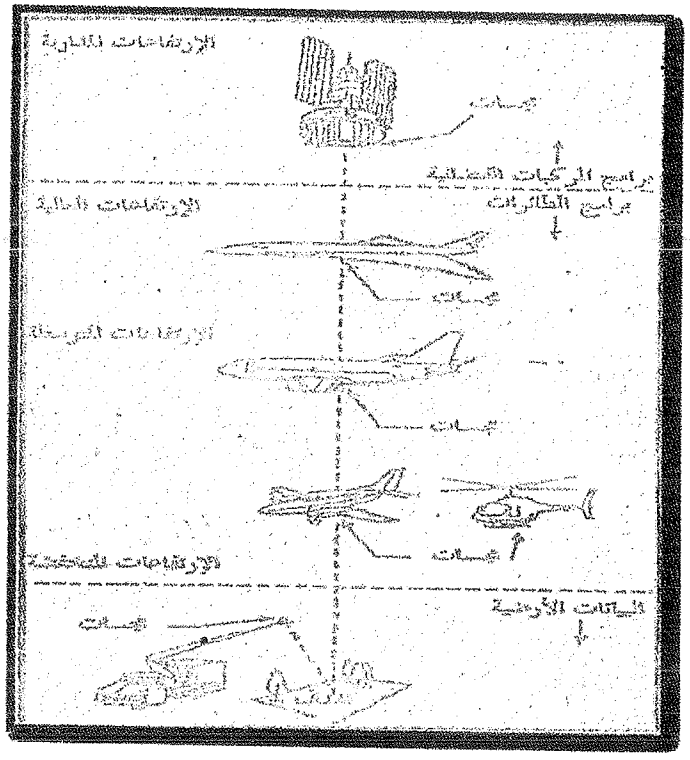
د – تركيب سطح الهدف المرصود

استناداً الى هذه العوامل يمكن تمييز عدة اشكال من الانعكاسات، من اهمها:-

- **الانعكاس التناظري:** ويحدث هذا النوع من الانعكاس عندما يكون السطح العاكس ناعماً يعمل كالمرآة في خواصها الانعكاسية، مثل الماء الساكن وبعض انواع التربة الصخور وتكون زاوية سقوط الاشعة على سطح الهدف تساوي زاوية الانعكاس وهذا الانعكاس لا يفيد في الاستشعار عن بعد لانه يبدو في الصور الفضائية ضوءاً لامعاً وباهراً مما يقلل من امكانية التمييز بين الاشياء.
- **الانعكاس المنتشر:** تكون العواكس الناشرة المثالية ذات اسطح خشنة تعكس الاشعاعات بشكل متماثل في جميع الاتجاهات، إذ حيث عندما يكون طول موجة الاشعة الواردة اصغر بكثير من تغير ارتفاعات السطح او حجم الجزيئات المكونة لسطح الهدف فان هذا الهدف يبدو خشناً ويعمل سطحاً ناشراً ويعطي معلومات طيفية لونية مميزة بعكس العواكس البراقة. وهذا النوع من الانعكاس هو المفيد في تطبيقات الاستشعار عن بعد، اذ يمكن تمييز الاجسام بعضها عن بعض، الا انه في الواقع لا توجد عواكس ناشرة مثالية تعكس الاشعة بشكل متناظر تماماً.

4 - جهاز الاستشعار:

جهاز الاستشعار هو جهاز يستقبل الطاقة المنعكسة والمنبعثة، وتعد الكاميرات والآت التصوير الفوتوغرافي، اجهزة الموجات القصيرة، اجهزة قياس الاشعاعات الطيفية ، الماسحات الالكترونية المتعددة الاطياف (MSS)، الرادار، الراديوميتر وغيرها، فضلا عن العين البشرية أنظمة لجمع المعلومات ووسائل للاستشعار عن بعد والتي غالبا ما تقوم بقياس الطاقة الكهرومغناطيسية المنعكسة والمنبعثة من قبل الاجسام التي تستلم الطاقة الشمسية وتعكسها او تعيد اشعاعها الى المتحسس. ويمكن استخدام منصات جمع للمعلومات متفاوتة الارتفاع، كالطائرات والبالونات، او منصات على متن الاقمار الصناعية او المركبات الفضائية المأهولة وغير المأهولة يلاحظ الشكل (4- 5).

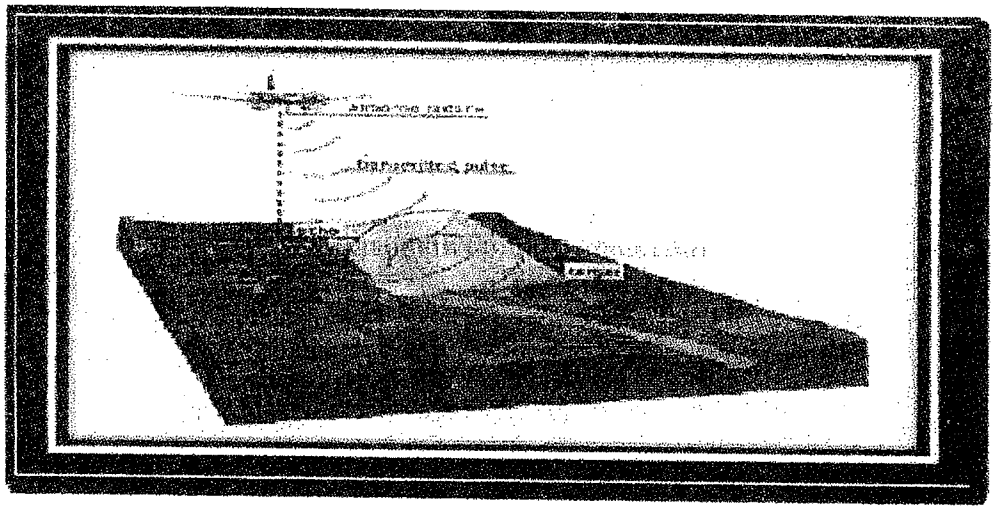


الشكل (4–5) منصات مختلفة الارتفاع تحمل جهاز الاستشعار عن بعد

4-4-1 : مكونات الصور الرقمية:

تعريف الصورة الرقمية :

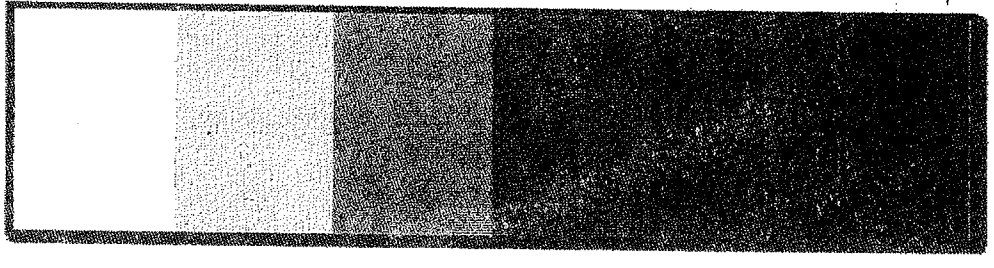
هي عبارة عن مصفوفة من بعدين (س، ص) تحوي عناصر صورية تسمى (Picture Elements; Pixel)، وكل بكسل هو عبارة عن متوسط الاضاءة او الامتصاص الكترونياً لنفس الموقع على مقياس التدرج الرمادي (Gray Scale) ويعبر عن ذلك برقم يسمى العدد الرقمي(Digital Number; DN)، وهذة القيم هي اعداد صحيحة موجبة تتولد من تحويل الطاقة الكهربائية الصادرة عن المستشعر الى ارقام صحيحة موجبة كما في الشكل (4 – 6).



الشكل (4-6) مكونات الصورة الرقمية

تسجل الاعداد الرقمية (DN) التي تكون الصور الرقمية عادة في مدى اعداد يمتد من صفر الى 63، او من صفر الى 127، او من صفر الى 255 او من صفر الى 511، او من صفر الى 1023 او من صفر الى 2047، وتمثل مجالات المدى المذكور مجموعة الاعداد الصحيحة التي يمكن تسجيلها باستخدام مقاييس ترميز حاسوب ثنائية (Binary computer coding scales) ذات 6 او 7 او 8 او 9 او10 او 11 بتات على التوالي (اي 2^6=64، 2^7=128، 2^9 = 512، 2^{10} = 1024، 2^{11} = 2048).

والتدرج الرمادي مقياس لشدة الاضاءة ويعبر عنه بالعدد الرقمي، كما ذكرنا سابقاً، بحيث ان الصفر يمثل اللون الاسود واعلى قيمة تمثل اللون الابيض (مثل 255 في نظام 8 بت) وما بينهما يكون تدرجات الرمادي الشكل(4-7).



الشكل (4-7) مستويات التدرج الرمادي

4-5: ميزات الاستشعار عن بعد:

تعد معطيات الاستشعار عن بعد ذات قيمة علمية تطبيقية في دراسة اي موضوع لانها تتميز بالميزات الاتية:-

1- الشمولية:- تغطي مرئيات الاستشعار عن بعد مساحات واسعة من الارض، وبذلك توفر امكانية جيدة للكشف والمقارنة للظواهر الارضية المختلفة يصعب على الباحث مراقبتها ميدانيا.

2- قدرة التمييز الزمني:- يمكن الحصول على مرئيات مكررة لنفس المناطق وخلال مدة زمنية متساوية، لأن الأقمار الصناعية تدور حول الارض على وفق مدار ثابتة الأبعاد وبشكل متزامن مع دوران الأرض حول الشمس، وبذلك يمكن مراقبة التغيرات التي تحدث للظواهر عبر الزمن، وهذه الميزة ساهمت بشكل كبير على تطور المفهوم الزمكاني أي ربط المكان بالزمان والذي سناتي على توضيحه لاحقا.

3- قدرة التمييز الطيفي والمكاني:- من المعروف بان الصورة بهيئتها الرقمية تعبر بدقة عن اي ظاهرة ارضية، فضلا عن كونها تمتاز بالتعددية الطيفية (أحزمة مختلفة مما يساعد على الحصول على معلومات اكثر دقة وبقدرات تمييزية طيفية ومكانية تتناسب مع نوعية المتحسس الذي يستخدم في القمر الصناعي. أن القدرة التمييزية المكانية هي عبارة عن اصغر وحدة صورية (وحدة مساحية) يمكن تميزها على الصورة الفضائية. فمثلا دقة التمييز العالية للمتحسس TM في القمر الصناعي لاندسات ساعدت بشكل كبير على تمييزكثير من الظواهر.

4- الكلفة:- ان التكاليف والجهود المبذولة أقل من الطرق التقليدية الأخرى الى جانب انها تقلل من الوقت والجهد المبذول ولاتحتاج الى انشاءات مدنية مكلفة.

4-6: بعض المصطلحات المهمة المستخدمة في الاستشعار عن بعد:

1) **الدقة التمييزية** (Resolution):-

الدقة التمييزية (أو قدرة التمييز) تعني قدرة النظام البصري لجهاز التحسس على التميز بين الاجسام المتشابهة بعديا وطيفيا، وعلى ضوء ذلك يمكن ذكر ثلاثة انواع من الدقة التمييزية، وهي:-

أ – الدقة التمييزية المكانية (Spatial Resolution):

وهي أصغر مسافة على الارض يمكن الاستشعار عن بعد ان يميز بها جسمين متجاورين، فمثلا جهاز الاستشعار الموجود في القمر الصناعي ايكونس (IKONOS) يمكن ان يميز الاجسام على الأرض على مسافة 1متر.

ب – الدقة التمييزية الطيفية (Spectral Resolution):-

وهي تعني مدى وعدد أطوال الموجات في الطيف الكهرومغناطيسي التي يمكن لجهاز الاستشعار عن بعد ان يتحسسها. فمثلا الدقة التمييزية للفلم البانكروماتي (أبيض وأسود) تقع في المدى 0.4 الى 0.7 ميكروميتر، اذ يسجل جهاز الاستشعار كل الضوء المنعكس بواسطة الأجسام.

ج – الدقة التمييزية الزمنية (Temporal Resolution):

وهي تعني المدة الزمنية التي ياخذها جهاز التحسس ليغطي نفس المنطقة، وهي ذات اهمية كبيرة في مراقبة التغيرات التي تحدث لمنطقة معينة في فترات زمنية متتالية مثل التدهور البيئي ورصد الكوارث وغيرها.

د – الدقة التمييزية الاشعاعية (Radiometric Resolution):

تعني مقياس حساسية الكاشف للاختلاف التي تحدث في قوة الاشارة الكهرومغناطيسية اثناء تسجيلها للاشعة المنعكسة من الارض. فعلى سبيل المثال لا الحصر جهاز الاستشعار متعدد الاطياف (Multispectral Scanner; MSS)، في القمر

الصناعي لاندسات- 5 يمكنه تسجيل الاشعة المنعكسة في 6 بت (6 bit)، اي $64=2^6$ مستوى من التدرج الرمادي (Gray Scale).

2) **التغطية المكانية:**

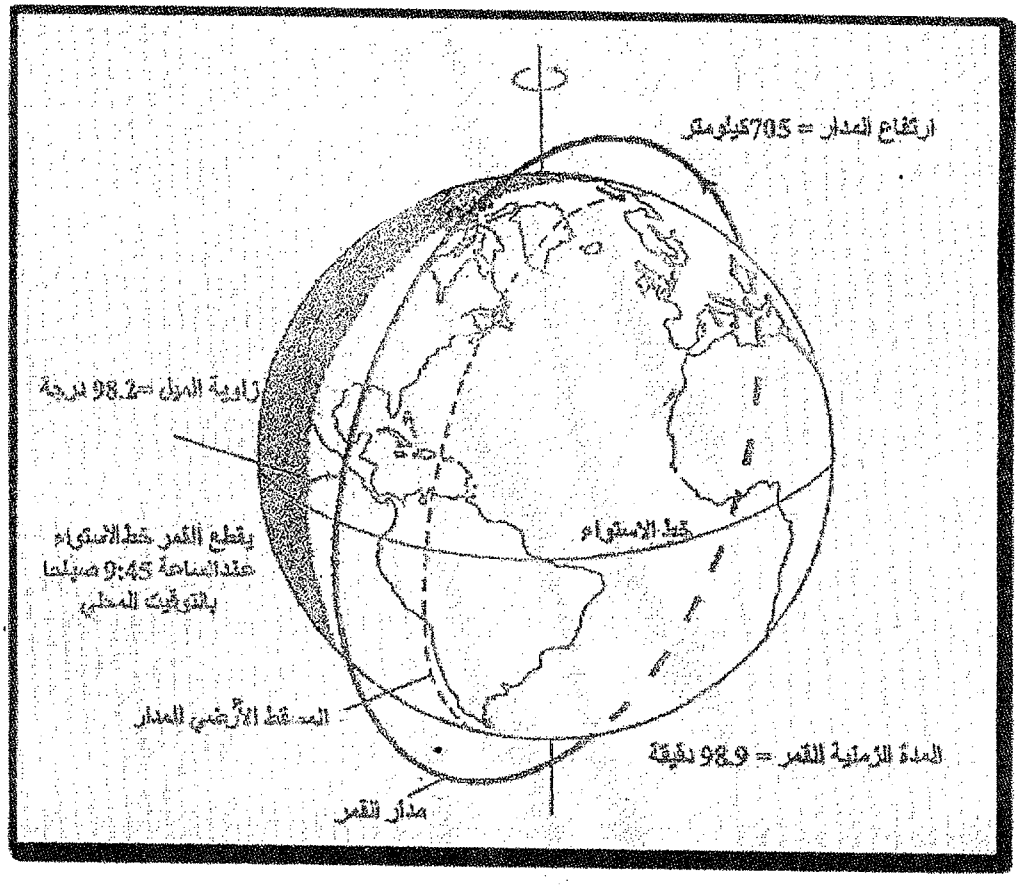
وهي تعني مساحة التغطية الممكنة التي يغطيها المنظر الواحد (الصورة الفضائية)، فمثلا تكون التغطية المكانية للقمر الصناعي ايكونس 13 × 13كيلومتر في المنظر الواحد. وهذه الميزة تؤثر بشكل كبير في حساب التكلفة المادية.

3) **صحة الضبط** (Accuracy):

ويعني بها درجة الاقتراب من القيمة الحقيقية. فمثلا صورة القمر الصناعي لاندسات- 7، صحة الضبط فيها 250متر وهذا يعني ان أي معلم موجود على هذه الصورة يقع في دائرة نصف قطرها 250متر من الموقع الفعلي لنفس المعلم على الارض، لذا فان معرفة صحة الضبط لأي صورة مفيد جدا للاستفادة من المعلومات التي تحتويها. ويمكن استخدام أحد طرق المعالجة الآلية (الرقمية) للصورة الفضائية وهي طريقة التصحيح الهندسي لتزيل هذا الخطأ.

4) **مدارات الاقمار الصناعية:**

تدور الأقمار الصناعية حول الكرة الارضية في مدارات ثابتة ومحسوبة بدقة، وتكون هذه المدارات متزامنة مع الشمس لتتمكن من التصوير المرئي باستخدام أشعة الشمس المنعكسة من الأجسام (حسب نوع القمر الصناعي)، ويمكن تحديد هذه المدارات بأربع معلومات يلاحظ الشكل(4- 8) هي:



الشكل (4-8) مثال على معلومات المدار للقمر الصناعي لاندسات – 7

أ – ميل المدار عن خط الاستواء بزاوية تسمى زاوية الميل.

ب – ارتفاع المدار عن سطح الارض.

ج – المدة الزمنية للقمر الصناعي لاكمال الدورة الكاملة على الارض.

د – وقت عبور خط الاستواء.

4-7: الاقمار الصناعية (Satelites):

تعد الاقمار الصناعية هي الوسيلة الاكثر استخداما في علم الاستشعار عن بعد هذه الايام وذلك يرجع لعدة اسباب من اهمها:-

- توفير معلومات لمعظم اجزاء الارض.
- عدم وجود قيود سياسية.
- الانخفاض النسبي لتكاليف الحصول على بيانات مقارنة بالوسائل الجوية.
- التكرار الزمني لاستشعار اي منطقة على سطح الارض.
- امكانية الحصول على المعلومات مباشرة اثناء التصوير.
- امكانية الحصول على المعلومات على شكل صور رقمية مباشرة.

ويمكن تصنيف الاقمار الصناعية من حيث الدقة التميزية المكانية الى ثلاثة اقسام هي:

1- الاقمار ذات دقة مكانية عالية، واكثر استخدامها في التخطيط الحضري او عمليات التجسس او الاهداف العسكرية مثل Quick Bird بدقة بعدية تصل الى 61 سم.

2- اقمار ذات دقة مكانية متوسطة، واكثر استخدامتها في التطبيقات البيئية، الريفية والزراعية، والخطيط الاقليمي، مثل قمر Landsat-7 بدقة مكانية 30 متر.

3- اقمار ذات دقة مكانية منخفضة، واكثر استخدامها في رصد الاحوال الجوية وتطبيقات الطقس مثل قمر NOAA-17 بدقة مكانية 1 كيلومتر.

ولا يمكن حصر الكم الهائل من التطور الملحوظ والمتسارع في هذه التقنية، لذلك سوف نتطرق الى قمرين من كل قسم ثم نورد جدولا عاما فيه بعض الاقمار الحالية والمستقبلية.

4-7-1: القمر الصناعي ايكونس (IKONOS) والقمر الصناعي كويك بيرد (Quick Bird):

يعد هذان القمران من الاقمار عالية الدقة ويمتازان بانهما اكثر الاقمار التجارية رواجا، والدقة المكانية العالية التي تصل الى 1 متر في IKONOS و 60 سم في QUICK BIRD وسعرهما مناسب، وكما ذكرنا فانه اكثر ما تستخدم منتجات هذين القمرين في التطبيقات الحضرية والعسكرية وفيما يلي جدول يوضح اهم خصائصهما (الجدول 4-3).

جدول (4-3) خصائص القمر الصناعي ايكونس (IKONOS) والقمر الصناعي كويك بيرد (Quick Bird):

QUICKBIRD	IKONOS	اسم القمر الصناعي
October 18 , 2001	1999September 24	تاريخ الانطلاق
Nadir: (عند مسار القمر) 61 cm panchromatic 2.44 m Multispectral 25° off- nadir (بزاوية25 درجة عن مسار القمر) 72 m panchromatic 2.88 m Multispectral	Nadir: (عند مسار القمر) 0.82 m panchromatic 3.2 m Multispectral 26° off- nadir (بزاوية26 درجة عن مسار القمر) m panchromatic 4.0 m Multispectral	الدقة التميزية المكانية Spatial resolution
Panchromatic: µm 0.900 – 0.45 Multispectral: Band 1:Blue 0.45 – 0.52 µm Band 2: Green 0.52 – 0.60 µm Band 3: Red 0.63 – 0.69 µm Band 4: near IR 0.76 – 0.90 µm	Panchromatic: µm 0.929 – 0.526 Multispectral: Band 1:Blue 0.445 – 0.516 µm Band 2: Green 0.506 – 0.595 µm Band 3: Red 0.632 – 0.698 µm Band 4: near IR 0.757 – 0.853 µm	الدقة التميزية الاشعاعية Radiometric resolution
16.5Km x 16.5 km at nadir	11.3 Kilometers at nadir •	التغطية المكانية
23 – meter horizontal (CE90%)	12-m horizontal and 10-m vertical accuracy with no ground control 2- m horizontal and 3 -m vertical accuracy with ground control These are specified as 90% CE (circular error) for the horizontal And 90% LE (linear error) for the vertical	صحة الضبط Accuracy
Kilometers 450	681 Kilometers	الارتفاع عن سط الارض Altitude
97.2 degree	98.1 degrees	زاوية الميل Inclination
10:30 a.m.	10:30 a.m.	وقت عبور خط الاستواء
1-3.5 days depending on latitude (30° off- nadir)	3 days at 1- meter resolution , 40° latitude	الدقة التميزية الزمنية Temporal Resolution
93.5 minutes	98 minutes	Orbit time
Sun- Synchronous	Sun- Synchronous	نوع المدار
bits per pixel = 2^{11} = 2048 level- 11	11- bits per pixel = 2^{11} = 2048 level	الدقة التميزية الاشعاعية

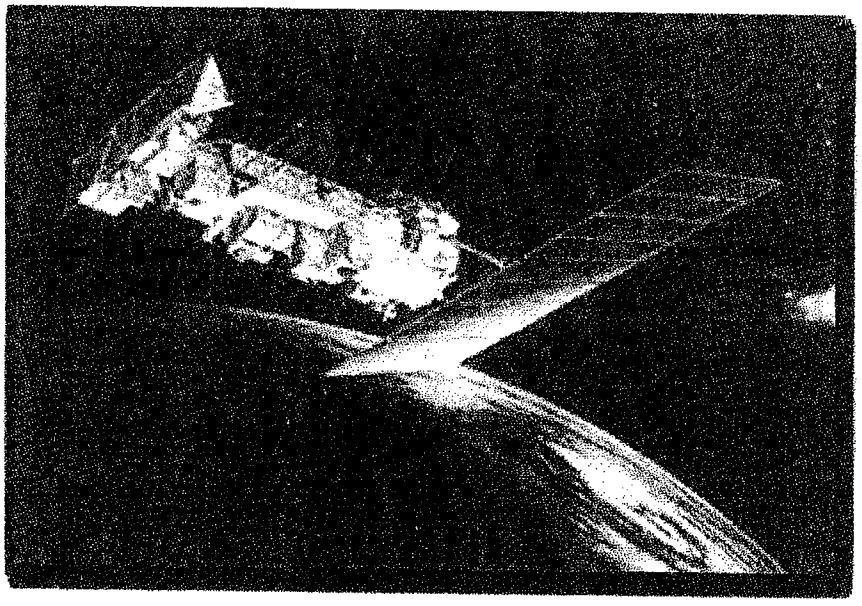
4-7-2: القمر الصناعي Landsat –7 والقمر الصناعي Spot –5:

ان سلسلة الاقمار الامريكية والفرنسية من اوائل الاقمار الصناعية في علم الاستشعار عن بعد، وكما ذكرنا سابقاً ان اكثر استخداماتها في التطبيقات الريفية والدراسات البيئية حيث الدقة المتوسطة المتاحة بين 30 متر الى 5 متر في القمر الفرنسي SPOT -5، والجدير بالذكر ان صورة القمر الصناعي لاندسات (Landsat) مناسبة للدراسات التي تتطلب صور تاريخ قديم للمقارنة، وذلك لتوفرها بكثرة ولجميع الكرة الارضية تقريباً.

ومن مميزات القمر الفرنسي المرآة المتحركة التي يمكن ان تميل الى الشرق او الغرب وبشكل تدريجي بزاوية من صفر – 27 درجة، وبذلك تسمح بمسح منطقة بعرض 950 كم ومركزها مسار القمر الصناعي، وهذه المرآة تسمح باستشعار اي مكان على خط الاستواء 7 مرات خلال 26 يوم التي يغطي فيها القمر الصناعي سطح الارض على خط عرض 45 درجة تستشعر المنطقة 11 مرة خلال نفس الفترة، وبفضل هذه الميزة يمكن تكوين الرؤية المجسمة باستخدام منظرين لنفس المنطقة على ان تكون مسجلة في مدارين مختلفين وان تكون زوايا الاستشعار مختلفة، وفي (الجدول 4– 4) يمكن تلخيص اهم مواصفات هذين القمرين.

4-7-3: القمر الصناعي NOAA:

وهذا القمر يستخدم في رصد الاحوال الجوية ومراقبة الفيضانات، ورسم مخططات درجة حرارة المياه ومخططات غطاء الثلوج ومخططات الزراعة والتطبيقات الجيولوجية، ودراسة انواع الترب ولذلك نلاحظ ان الدقة التمييزية المكانية كبيرة وهي تقريباً 1 كيلو متر، ويغطي مساحات كبيرة في المنظر الواحد كما في الشكل (4– 9).



الشكل (4-9) القمر الصناعي NOAA

4-7-4: الاقمار الصناعية المستقبلية:

لاهمية هذا العلم نجد ان الدول تسعى لتطوير وامتلاك هذه الاقمار التي كما ذكرنا سابقاً، وفي الجدول (4-4) نذكر بعض الاقمار الحالية والمستقبلية ومواصفاتها بشكل مختصر.

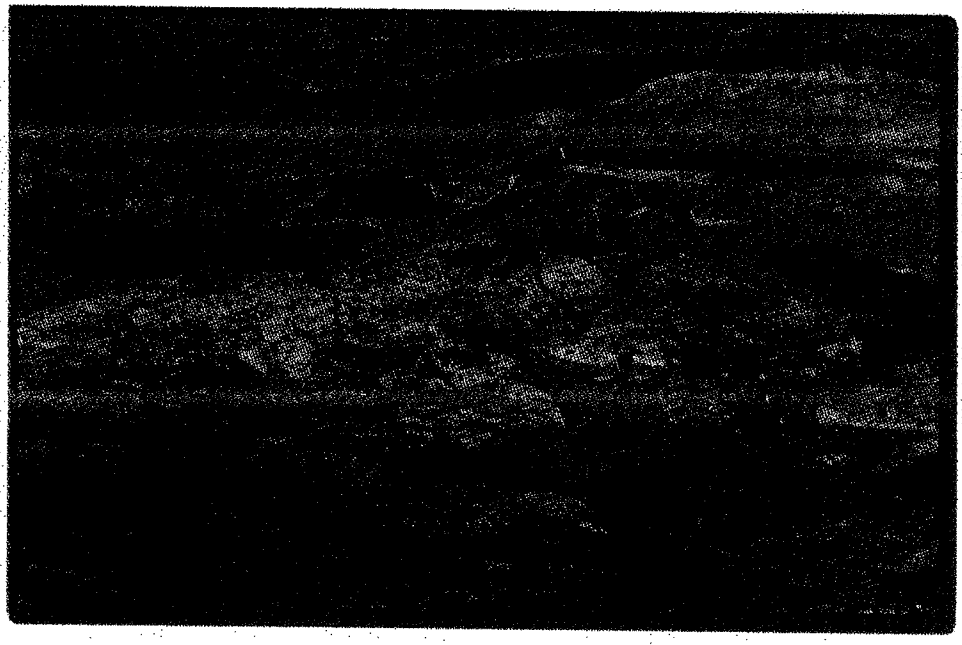
جدول (4-4) يوضح بعض الاقمار الحالية المستقبلية:

LAUNCHDATE تاريخ اطلاق الموقع	Satellite Nane اسم القمر	Country الدولة	الدقة التميزية المكانية Spatial resolution		التغطية المكانية Swath
1/3/1984	Landsat	US	30	185	
22/1/1990	Spot-2	France	10	20	120
29/9/1997	Irs 1d	India	6	23	70.142
24/3/1998	Spot -4	France	10	20	120
15/4/1999	Landsat 7	US	15	30	185
24/9/1999	Ikonos -2	US	1	4	11
20/12/199	Kompsat-1	Korea	6.6	17	
5/12/2000	Eros A1	Israel	1.8	14	
28/6/2000	Tsinghua-1 (sstl)	China	39	600	
7/12/2000	Eo-1	US	10	30	37
12/3/2000	MTI	US	5.20	12	
18/10/2001	QuickBird-2	US	0.6	2.5	16
22/10/2001	Proba	ESA	8	18.36	14
4/5/2002	SPOT-5	France	2.5	10	120
26/6/2003	OrbView3	US	1	4	8
27/9/2003	DMC BilSat(sstl)	Turkey	12	26	52
27/9/2003		Nigeria	32	600	
27/9/2003		UK	32	600	
17/10/2003		India	6	6.23	24.140
21/10/2003		China/Brazil	20	20	113
1/12/2004		Thailand	36	600	
20/4/2004		Taiwan	2	8	24
30/6/2004		Russia	1	3	28
15/11/2004		Korea	1	4	15
15/12/2004		Russia	8	20	94.160
15/12/2004		Russia	27	24	48
1/3/2005		China	4	32	600
1/3/2005		Uk	2.5	5	10.15
1/5/2005		Vietnam	32	600	
1/6/2005		Japan	2.5	10	35.70
1/3/2006		Israel	0.7	7	

152006/1/		China/Brazil	20	20	113
152006/1/		India	6	6.23	24.140
152006/1/		Singapore	10	50	
12007/6/		Germany	6.5	78	
16//2007		Germany	6.5	78	
12008/3/		Israel	0.7	2.5	16
12008/5/		China/Brazil	5	20	60.120
12008/7/		France	0.7	2.8	20
302008/6/		Us	10	30	177
12009/7/		France	0.7	2.8	20
12010/6/		China/Brazil	5	20	60.120

4-8: انواع الصور الجوية، والموزاييك:

1- **انواع الصور الجوية:** تصنف الصور الجوية (4- 10) بشكل أساسي حسب درجة ميل المحور الاساسي عن الوضع العمودي، وهنا يمكن تمييز نوعين رئيسيين من الصور الجوية:



الشكل(4-10) صورة جوية ملونة

أ - الصورالجوية العمودية (Vertical Aerial Photographs):

يتميز هذا النوع من الصور بأن يكون الميل عن الوضع العمودي قليلا جدا ولا يزيد عن 4 درجات، وتتميز هذه الصور بتماثل وتجانس المقياس على جميع أجزاء الصورة، كما يكون الاختلاف قليل جدا مع الخارطة الطوبوغرافية مما يسهل عملية نقل المعلومات من الصورة الى الخارطة.

ب – الصور الجوية المائلة (Oblique Aerial Photographs):-

وهي الصور التي يميل فيها المحور الاساسي عن المحور العمودي باكثر من 4 درجات، ولايكون المقياس متجانس على جميع اجزاء الصورة، اذ يتناقص المقياس اعتبارا من الامام الى الخلف، وتختلف عن الخارطة من حيث المقياس والدقة المعلومات. ويمكن تصنيفها الى صور ذات انحراف شديد عن الوضع العمودي والتي تتميز بظهور خط الافق على الصورة، اما الصور ذات الانحراف القليل عن الوضع العمودي فلا يظهر خط الافق على الصورة.

وتتميز الصور المائلة باستخدامها في تصوير المناطق العسكرية دون الحاجة للمرور فوقها مباشرة او بالقرب منها، بالاضافة الى انه يمكن تميز التفاصيل بسهولة اكثر منها في حالة الصور العمودية كالتلال والابنية العالية والاشجار وغيرها، ويعود السبب في ذلك الى ان طريقة اسقاط التفاصيل تظهرالظلال واشكال السطح الطبيعية والاصطناعية. ومن مساوئ الصور المائلة انه لايمكن استخدامها في قياس المساحات والمسافات نظرا لانعدام تماثل وتجانس المقياس في جميع أجزاء الصورة، كما يصعب وضع خرائط طوبوغرافية من الصور المائلة لاختفاء نسبة كبيرة من التفاصيل بسبب اختلاف المقياس على أجزاء الصورة.

2 – الموزاييك (Mosaic):-

الموزاييك عبارة عن مجموعة من الصور الجوية المتتابعة والمأخوذة في شريط طيران واحد أو عدة أشرطة طيران متجاورة، وغالبا يتم صنع الموزاييك من الصور الجوية

العمودية، وتلصق ببعضها البعض بحيث تبدو المعالم الطبيعية والحضرية بصورة متكاملة. ويمتاز الموزاييك بانه يظهر مساحة كبيرة من سطح الأرض بصورة واحدة، ومن عيوب الموزاييك انه لايظهر بيانات تتعلق بالمناسيب والفروق في ارتفاعات سطح الارض وغيرها. ويستخدم الموزاييك لانتاج الخرائط البلانمترية والخرائط الطوبوغرافية في الدراسات الاستطلاعية في المسح الجغرافي والجيولوجي والمسوحات الزراعية وتخطيط المشاريع الهندسية وبخاصة مشاريع الطرق الكبرى، وفي مجالات التخطيط الاقليمي وتخطيط المدن واستعمالات الاراضي وغيرها.

4-9: تفسير وتحليل بيانات الاستشعار عن بعد:

وهي عملية فحص وتحويل البيانات الخام التي تتضمنها الصور الجوية والفضائية الى معلومات يمكن الاستفادة منها وتشمل عملية التفسير على تحسس ثم تشخيص ثم تصنيف الخصائص بناءا على الغرض الذي جمعت من اجله واخيرا الحكم على محتوياتها. ويقسم تفسير بيانات الاستشعار عن بعد بحسب نوعها الى قسمين هما:

4-9-1: تفسير الصور الجوية:

يقصد بالتصوير الجوي (Aerial Photography) بأنه عملية التصوير من على المنصات ضمن المجال الجوي، والصورة الجوية ماهي الا نماذج وصفية للواقع على الطبيعة. يعتمد التفسير الناجح للصور الجوية على الخلفية والمعرفة للمفسر عن المنطقة المراد تفسير صورها الجوية ويسمى بالمستوى القياسي الأساسي، ودرجة امكانية اتساعه كما يتطلب ايضا قوة ملاحظة وخيال من المفسر. وتشتمل عملية تفسير الصور الجوية على ماياتي:-

أ – اسس تفسير الصور الجوية:

يتم التعرف الى الظواهر (او الاجسام او الاشياء) والعناصر عند تفسير الصور الجوية بالاستعانة بمعلومات تمثل النمط الفوتوغرافي للصور الملونة او من نوع الابيض والاسود والتي تطبع من الافلام الحساسة لجميع الالوان المرئية في الطيف الكهرومغناطيسي. وتتضمن هذه الخصائص ما يأتي:

1 – درجة اللون	Tone	2 – النسيج	Texture
3 – النمط	Pattern	4 – الشكل	Shape
5 – الظلال	Shadow	6 – الحجم	Size
7 – الموضع	Site		

وهذه الأسس هي عبارة عن القواعد الأساسية المتبعة لاستنباط المعلومات من الصور الجوية عن المنطقة المراد دراستها، وكلما كان المفسر أكثر خبرة ومهارة كلما استطاع توظيف أسس التفسير بشكل أفضل في وصف المنطقة. وغالبا مايتم استخدام هذه الخصائص مجتمعة مع بعضها البعض للتعرف على الظواهر الارضية التي يتم فحصها وتقدير أهميتها، ومنها على سبيل المثال لا الحصر النباتات، أنظمة الصرف المائي، أشكال سطح الارض، نظام استخدامات الارض، الطرق وغيرها.

ان عملية تفسير الصُّور الجوية استنباطية اكثر منها استقرائية، بمعنى ان التفسير يبدأ من الظواهر المرئية المعروفة وينتهي بالظواهر غير المرئية او غير المعروفة. ويساعد جهاز تجسيم الصور الجوية (الستيريوسكوب) في سهولة تفسير وتحليل الظواهر والتضاريس للمناطق التي تظهر في الصور الجوية بأبعادها الثلاثة وامكانية الرؤية الستريوسكوبية المجسمة لصورتين متتالتين للظاهرة نفسها، بينهما منطقة مشتركة (تداخل) مقداره 60 ٪ على نفس خط الطيران، يلاحظ الشكل (4 – 11)، بحيث تظهر المرتفعات والمنخفضات لتضاريس الأرض كما لو كنا ننظر اليها من الطائرة. وهناك ثلاثة انواع شائعة من اجهزة الستيريوسكوب:- الستيريوسكوب العدسي، الستيريوسكوب ذو المرايا، ستيريوسكوب زووم.

الشكل (4-11) صور جوية بينهما منطقة مشتركة متداخلة
لاستخدامها في الابصار المجسم باستخدام جهاز الستيريوسكوب

ب – مراحل تفسير الصور الجوية:-

يشتمل اسلوب التفسير العام للصور الجوية على أربع مراحل:-

1- مرحلة التعرف الاولي او العام: ويطلق عليها أحيانا مرحلة الفحص الابتدائي، ويتم في هذه المرحلة الحصول على تصور عام عن الموقع والمنطقة المحيطة به لكي يتمكن المفسر من معرفة المنطقة ويمكن في هذه المرحلة تمييز الظواهر المألوفة.

2- مرحلة تمييز المحتوى: وتسمى أحيانا مرحلة الفحص التفصيلي، ويتم فيها تمييز الأهداف والمعالم الارضية في الصور الجوية باستخدام أسس التفسير.

3- التفسير والتحليل: تعد هذه المرحلة استكمالا للمرحلة السابقة، ويتم في هذه المرحلة تصنيف المعالم الارضية المراد تفسيرها.

4- التنسيق: يتم في هذه المرحلة استنتاج المعلومات المستنبطة من الصور الجوية واجراء عملية التمثيل القياسي لما تم رؤيته في الصور وتم تفسيره وتحليله على الخارطة، وانتاج الخرائط والمخططات من الصور الجوية.

4-9-2: تفسير وتحليل الصور الفضائية:

تعد صور الاقمار الصناعية وتسمى احيانا المرئيات الفضائية اهم وسائل الاستشعار عن بعد هذه الايام ولكن الصور هذه بحد ذاتها ليست سوى بيانات، لذلك يجب تحليلها وتفسيرها لاستخلاص المعلومات منها التي يستخدمها صاحب القرار او المستفيد النهائي منها.

4-9-2-1: معالجة الصور (Image processing):

قد تمر الصورالفضائية بمراحل مهمة لابد منها قبل مرحلة التفسير والتحليل وذلك لزيادة المقدرة التفسيرية لها من هذه المراحل:

1- المعالجة الاولية للصور (image Preprocessing).

2- تحسين الصورة (Image Enhancement).

3- دمج الصور (Image Merging and Image Mosaic).

وفيما ياتي توضيح لهذه المعالجات:

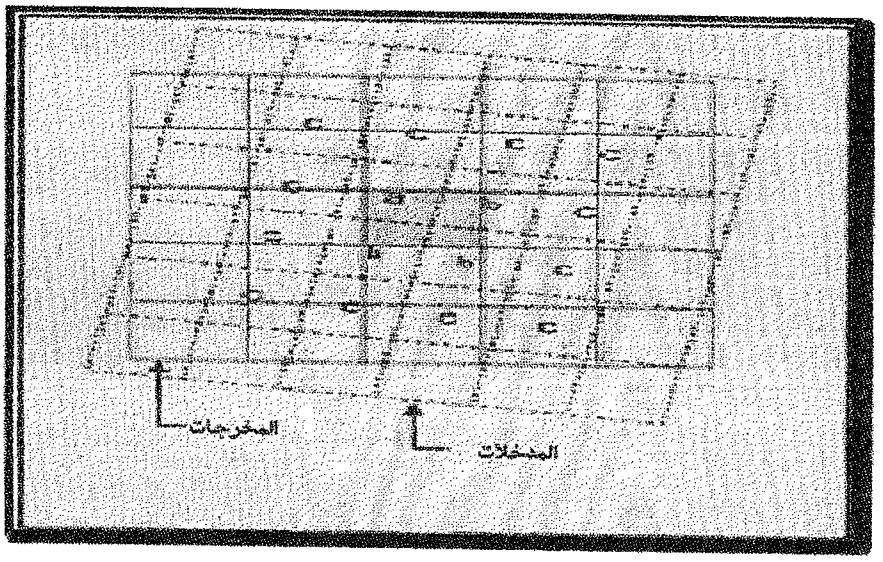
1 - **المعالجة الاولية للصور** image Preprocessing:

وتهدف هذه الاجراءات الى تصحيح الصور المشوهة او المتردية لايجاد تمثيل اصدق للمشهد الاصلي وتعتمد طبيعة هذه المعالجة اعتماداً كلياً على خصائص المستشعر المستعمل في الحصول على هذه الصورة الفضائية وتتضمن عملية المعالجة هذه تصحيح التشوهات الهندسية وازالة التشوهات الاشعاعية.

أ - التصحيح الهندسي Geometric Correction:-

تحتوي الصور الخام عادة على تشوهات هندسية بحيث لا يمكن ان نتخذ منها خرائط او قياسات مورفومترية مباشرة وتتراوح مصادر هذه التشوهات بين تغيير ارتفاع منصة المستشعر، سرعة القمر الصناعي، وبين بعض العوامل الاخرى مثل انحناء سطح الارض، وانكسار الاشعة في الغلاف الجوي والازاحة بفعل اختلاف التضاريس،

والغرض من التصحيح الهندسي هو تصحيح هذه التشوهات التي تسببها هذه العوامل بحيث تجعل الصور المصححة موحدة هندسياً مع الخرائط الشكل (4-12).



الشكل (4-12) التصحيح الهندسي للصور الفضائية

ويتم انجاز التصحيح الهندسي على مرحلتين في المرحلة الاولى: تؤخذ التشوهات المنتظمة، مثل التشوهات الناتجة عن انحراف المسح، سرعة القمر، دوران الارض وفي المرحلة الثانية تعالج التشوهات غير المنتظمة حيث يمكن تصحيح التشوهات المنتظمة بتطبيق صيغ رياضية يتم الحصول عليها بتحليل مصادر التشوهات رياضياً. اما التشوهات غير المنتظمة فيتم تصحيحها عن طريق ربط الصور الفضائية بنقاط تحكم ارضية كافية وموزعة توزيعاً جيداً وفق معادلات الضبط المعروفة.

ب - ازالة التشوهات الاشعاعية Radiometric Correction:-

التشوهات الاشعاعية تنتج اما عن اخطاء استجابة احد اجهزة الاستشعار او تاثيرات الغلاف الجوي، او وضع الرؤية وخصائص المستشعر او حتى زاوية الاضاءة ففي الدراسات التي تتطلب صوراً من ازمنة او مواقع مختلفة لابد من تصحيح زاوية

ارتفاع الشمس في الفصول المختلفة بالنسبة للارض في حساب شدة انعكاس الاشعة من الاجسام.

ج - ازالة الضجيج Noise Correction:-

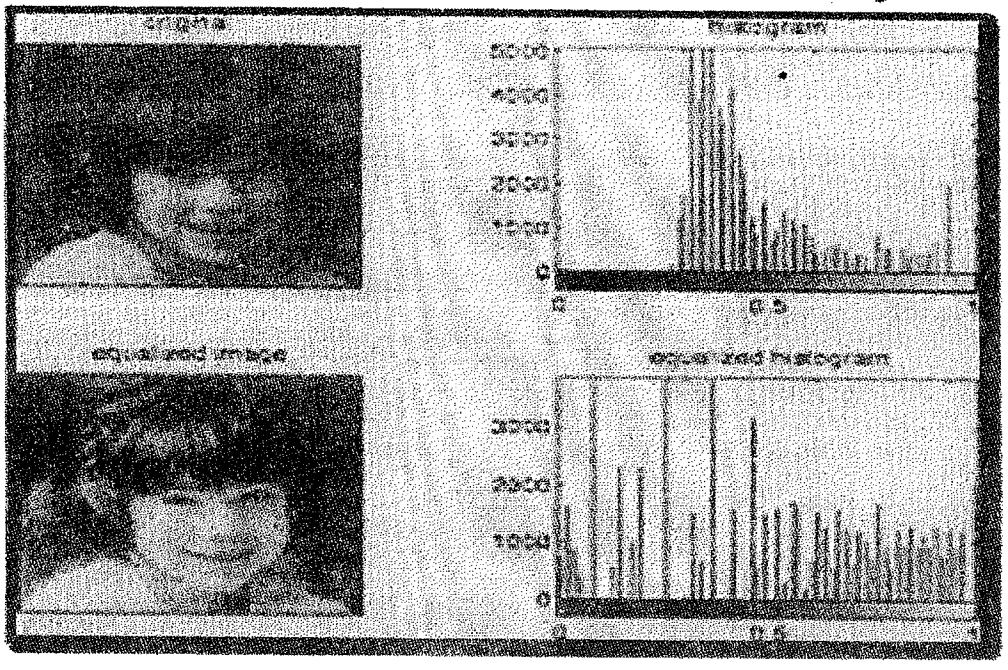
ضجيج الصور هو اي اضطراب غير مرغوب فيه في معطيات الصور الفضائية ينجم عن قصور في الاستشعار، حيث يتوقف جهاز الاستشعار عن العمل اثناء عملية المسح مما ينتج عنه ظاهرة سقوط الخطوط او ظاهرة التخطيط، ويتم ازالة هذا النوع من لضجيج الياً عن طريق بعض البرامج المتوفرة التي بدورها تحسب المتوسط الحسابي بين السطور (الاعلى والاسفل مثلاً) لاعادة المعلومات المفقودة، دون المساس بالسطور الاخرى.

2 - تحسين الصورة Image Enhancement:-

يهدف تحسين الصورة الى تحسين قابلية التفسير البصري للصورة وذلك بزيادة التميز بين العالم، عن طريق التضخيم البصري للاختلافات الضئيلة بين المعالم في التدرج الرمادي لتسهل امكانية ملاحظتها. وتتم عملية التحسين عادة بعد انجاز اجراءات المعالجة الاولية، فازالة التشوهات والضجيج خاصة يجب ان تسبق عملية التحسين.

ومن العمليات الشائعة والمعروفة تحسين التباين (Contrast Enhancement) الشكل (4 - 13)، وهذه العملية اصبحت سهلة جداً بفضل البرامج الحديثة واجهزة الحاسوب الحديثة، اذ يمكن تحسين التباين باستعمال طريقة ضبط مخطط توزيع التباين او ما يعرف (Histogram Adjustment) الشكل (4– 14).

الشكل (4-13) عملية تحسين التباين (Contrast enhancement) على صورة

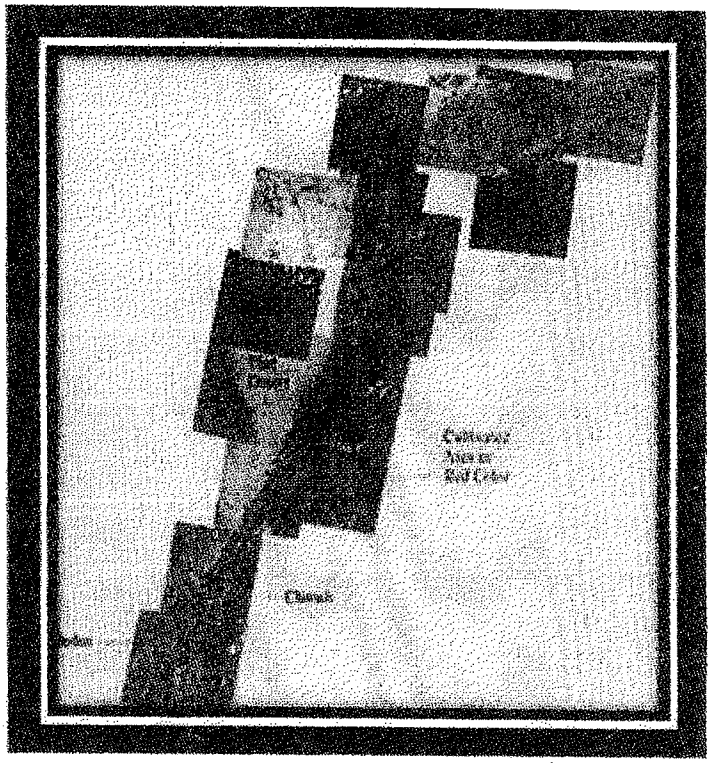


الشكل (4-14). طريقة توزيع التباين او ما يعرف (Histogram Adjustment)

وايضاً من عمليات التحسين ما يعرف بتحسين الحافة (Edge Enhancement)، والهدف من تحسين الحافة هو استخلاص معلومات من اطراف معالم معينة على الصورة وبذلك يمكن تبيان وابراز اشكال ودقائق المعالم مما يجعل تفسيرها وتحليلها اسهل.

3 - **دمج الصور** (Image Merging and Image Mosaic):

تستخدم هذه العملية لدمج صورة مع صورة مجاورة لها جغرافياً لتصبح صورة واحدة تغطي منطقة الدراسة، وذلك لتسهيل عمل التحسينات الاخرى، فمثلاً نفرض اننا بصدد دراسة التربة في منطقة الرياض وتوجد لدينا صور القمر الصناعي لاند سات- 7 ومن المعلوم لدينا ان التغطية المكانية للقمر لاند سات -7 حوالي 185 كيلو متر X 175 كيلو متر، لذا يمكن دمج اكثر من منظر لتغطية منطقة الدراسة في صورة واحدة وهو ما يعرف بالموزاييك (Mosaic) الشكل (4 -15). او ممكن اضافة مستخرجات مستشعر (Bands) مع الصورة الاصلية وذلك لاعطاء معلومات اكثر، فمثلاً اضافة مخرجات المستشعر الحراري في لاندسات مع النطاق المرئي لعمل دراسة ما، ويمكن دمج صورتين لتحسين الدقة التمييزية المكانية، مثلاً، مثلاً ممكن دمج مخرجات المستشعر البانكروماتي ذي الدقة التمييزية المكانية 1 مترفي القمر الصناعي ايكونوس الى مخرجات المستشعر متعدد الاطياف بدقة تمييزية مكانية 4 متر، فينتج لنا مخرجات متعددة الاطياف بدقة تمييزية مكانية 1 متر.



الشكل (4-15) موزاييك الصور الفضائية

4-9-2-2: اساليب تفسير الصور الفضائية (المرئيات الفضائية):

هناك اسلوبان لتفسير وتحليل المرئيات الفضائية:-

أ – اسلوب التفسير والتحليل البصري(التقليدي):-

يتم استخدام العين المجردة في اسلوب التفسير البصري فضلا عن الخبرة الشخصية، اذ يعتمد هذا الاسلوب بشكل رئيس على امكانية المفسر في تميز الالوان وتغيرات درجة اللون (Tonal Variation)، والتغير في النسجة والنمط وبقية العناصر الاساسية المعتمدة في عملية التفسير البصري للصور الجوية التي ذكرناها سابقا. وتفضل طرق التفسير البصري على مستوى المسح الاستطلاعي والاختبار التمهيدي للصور الفضائية على المناطق الشاسعة.

ب – أسلوب التحليل والتفسير الآلي (التصنيف الآلي):-

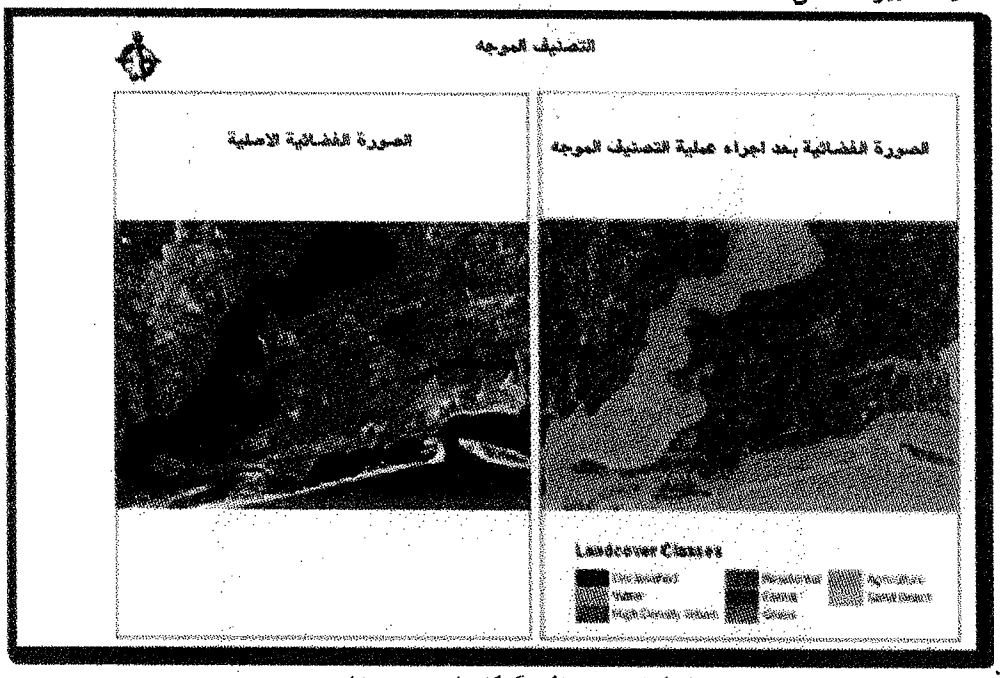
يحتاج التفسير والتحليل البصري الى كوادر بشرية مدربة وذات خبرة عالية على التحليل المطلوب، وكذلك يستلزم وقتا طويلا وبالتالي التكلفة المادية العالية للتفسير البصري اليدوي. لذا وجد مايسمى بالتفسير او التحليل الالي الذي يعتمد على التصنيف الطيفي للمعطيات الرقمية التي تسجلها القنوات الطيفية للمواسح الالكترونية المحمولة على متن الاقمار الصناعية المخصصة للموارد الطبيعية، اذ يتم تحويل الكثافات الطيفية المنعكسة للاجسام والظواهر الى بيانات رقمية تكون بين صفر – 255 وتاخذ الاصناف ارقاما بين الحدود المذكورة اعتمادا على درجة انعكاسيتها للاشعة. بمعنى ادق يجعل التصنيف الالي جميع المناطق او الفئات التي لها نفس قيم الانعكاسية (الضوئية) في مجموعة واحدة، اي جعل كل خلية (بكسل) يكون لها نفس العدد الرقمي (Digital Number;DN) في مجموعة واحدة، فعلى سبيل المثال لاالحصر جعل كل خلية (بكسل) تقع قيمها الانعكاسية او الضوئية (DN) بين 50– 180 تكون في مجموعة واحدة او ماتسمى طبقة معلوماتية (Theme)، ثم تخزن هذه البيانات في الحاسوب ويتم تحليلها باستخدام برامج متخصصة مصممة لهذا الغرض. ويجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار ان البيانات الخام او الاصلية (Raw data) للصورة الفضائية تكون هي المعتمدة في عمليات التصنيف الآلي وليس البيانات التي اجري عليها عمليات تحسين الصورة .

ومن طرق التحليل والتصنيف الآلي الى قسمين رئيسين:-

1 – التصنيف الموجه (Supervised Classification):

يقوم مفسر الصورة الفضائية بمراقبة عملية التصنيف، اذ يقوم بتحديد قيم الانعكاسية الطيفية (التوقيع الطيفي) لكل ظاهرة من الظواهر الموجودة على الصورة الفضائية، وذلك بمساعدة استخدام مواقع عينات ممثلة لفئة معروفة من غطاء الاراضي تسمى مناطق تدريب (Training Areas)، وذلك لوضع دليل تصنيف عددي (رقمي) يصف الخصائص الطيفية لكل فئة من فئات المعالم المدروسة، ومن ثم تجري المعالجة الرقمية بحساب قيم الانعكاسية الطيفية لكل خلية (بكسل) من الصورة المراد تصنيفها

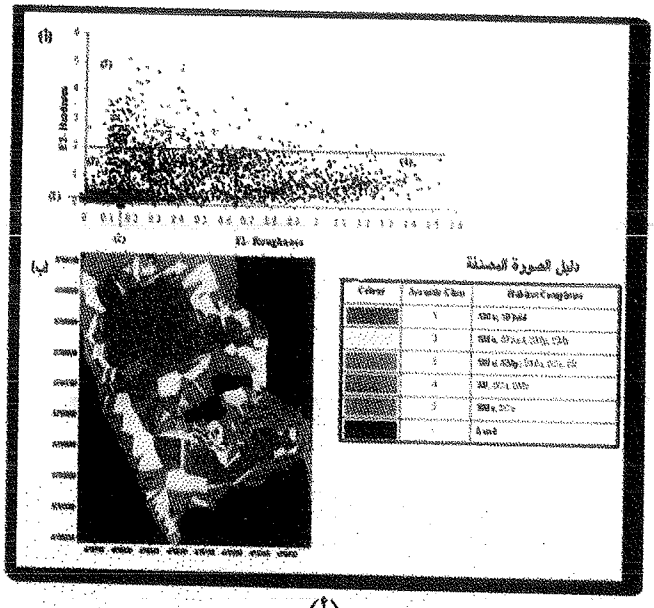
مع الفئات او المجموعات التي تنتمي اليها عدديا ثم تتم تسميتها باسم تلك الفئة او المجموعة، وتعميمها على جميع خلايا الصورة الفضائية. واخيرا يتم استخراج المنتج النهائي لعملية التصنيف حسب امكانيات اجهزة الحاسوب الالي وملحقاته المستخدم والبرامج المتوفرة، ومن مثالها الصور الملونة، الرسوم البيانية والجداول الاحصائية والتقارير الشكل (4 -16).



الشكل رقم (4-16) التصنيف الموجه

2 – **التصنيف غير الموجه** (Unsupervised Classification):-

لا تستخدم عملية التصنيف غير الموجه لمعطيات تدريب اساسا للتصنيف،اذ يكون دور المفسر في هذا النوع من التصنيف محدودا. وتتم عملية التصنيف بشكل آلي من قبل الحاسوب، اذ يتم توزيع عناصر الصورة الى درجات طيفية وتصنيفها الى فئات ومجاميع حسب الهدف من الدراسة وحسب الظاهرة المدروسة، بمعنى ادق ان عملية التصنيف غير الموجه تتضمن خوارزميات تفحص كل خلية (بكسل) غير المعروفة في الصورة الفضائية بدقة وتجمعها في عدد من الاصناف اعتمادا على التجمعات الطيفية في قيم الصور الشكل (4-17 أ ، ب).



(ب)

الشكل (4-17 أ و ب) التصنيف غير الموجه

والاصناف المستحصلة من التصنيف غير الموجه هي اصناف طيفية وضعت على اساس التجمعات الطيفية وحدها في قيم الصور. ويجب على محلل الصور الفضائية ان يحدد هوية لهذه الاصناف الطيفية وقيمة معلوماتها، من خلال مقارنة المعطيات المصنفة طيفيا ببعض المعطيات المرجعية التقليدية مثل الخرائط والصور الجوية والفضائية ذات مقاييس الرسم الكبيرة فضلا عن الحقائق الميدانية.

والفرق بين التصنيفين يتضح مما سبق، بانه في عملية التصنيف غير الموجه، فاننا نحدد الاصناف التي يمكن التفريق بينها من الناحية الطيفية، وبعد ذلك نحدد فائدة معلوماتها، اما في عملية التصنيف الموجه فاننا نحدد فئات المعلومات المفيدة، وبعد ذلك نفحص قابلية تفريقها من الناحية الطيفية.

4-9- 3: مقارنة بين المرئيات الفضائية والصور الجوية:

1- تتميز الصور الفضائية بتعدد اطوال الموجات التي يتم التقاط البيانات عليها (تعدد القنوات)، فمجموعة أقمار اللاندسات تستخدم من 4 - 7 قنوات طيفية، الأمر الذي يوفر أكبر قدر من المعلومات عن سطح الارض.

2- أدى استخدام الحاسوب الالي في المعالجة الرقمية للبيانات الفضائية الى اضافة بعدا جديدا في معالجة الكم الهائل من البيانات التي تقدمها الأقمار الصناعية عن سطح الارض، ففي حين تكون العين البشرية قادرة على تمييز 20 لون فان الحاسوب يستطيع تمييز 256 لون، وسيقدم ذلك غزارة ودقة في التفاصيل التي يمكن الحصول عليها من الصور الفضائية أكثر من تلك التي يمكن الحصول عليها من الصور الجوية.

3- تتميز الصور الفضائية بالتغطية الشاملة لمساحة كبيرة من سطح الأرض، في حين يتطلب دراسة مساحة كبيرة من سطح الأرض باستخدام الصور الجوية الى عدد كبير من الصور الجوية وتفسيرها مما يحتاج وقتا أطول في تفسيرها وانتاج خرائط الأساس مقارنة بالصور الفضائية.

4- تتميز الصور الجوية بامكانية دراستها بالابصار المجسم (بثلاثة ابعاد) باستخدام جهاز الستيريوسكوب (Stereoscope)، مما يكسبها القابلية على التمييز اكثر من الصور الفضائية التي يتعذر دراسة معظمها بالستيريوسكوب.

5- يفضل استخدم الصور الجوية في المسوحات التفصيلية التي تتطلب درجة كبيرة من الدقة ولانتاج خرائط أساس بمقاييس كبيرة.أما الصور الفضائية فيفضل استخدامها في المسوحات العامة التي تستعمل لانتاج خرائط أساس ذات مقاييس صغيرة.

4-10: النماذج ثلاثية الابعاد (3D Models):

تستخدم دراسة البعد الثالث (Third Dimensions; 3D) لسطح الارض في تمثيل التباين في الارتفاعات والتوزيع الجغرافي للاشكال والظواهر الارضية الموجودة على سطح الارض. وتعد فكرة نماذج ثلاثية البعد (3D Models) ضرورية قي معرفة العلاقات المكانية (الطوبولوجي) للظواهر والاشكال الارضية مع بعضها البعض من خلال التعرف على الابعاد (X,Y,Z)، والاستفادة منها في معرفة شكل التوزيع الجغرافي للاشكال والظواهر الارضية واتجاهات تاثيرها بالشكل المجسم وتحليلها مكانيا. ومن أهم هذه النماذج ثلاثية الابعاد (3D) الشائعة الاستعمال ما يأتي:

1- نموذج الارتفاعات الرقمي (DEM):

وتعد من اكثر نماذج ثلاثية البعد اهمية واكثرها استعمالا وشيوعا في تطبيقات تقنيات الاستشعار عن بعد والتقنيات الجغرافية الرقمية الاخرى لتمثيل اشكال سطح الارض وتحليلها آليا. واحيانا يطلق على النموذج المنتج بهذه الطريقة تسمية المشهد المنظوري (Perspective View).(ويقصد بالمشهد المنظوري القدرة على رؤية الاشياء وفقا لعلاقاتها الصحيحة او اهميتها النسبية من حيث الابعاد النسبية والحجم الخ). وتتميز هذه الطريقة بوضوح شديد لتضاريس ومعالم سطح الارض، حيث تبدو كما في

الطبيعة، فضلا على امكانية اضافة خطوط الكنتور بالفاصل المطلوب (الفترة الكنتورية)، واحتساب درجات الانحدار ورسم المقاطع التضاريسية الشكل (4 -18 أ ، ب).

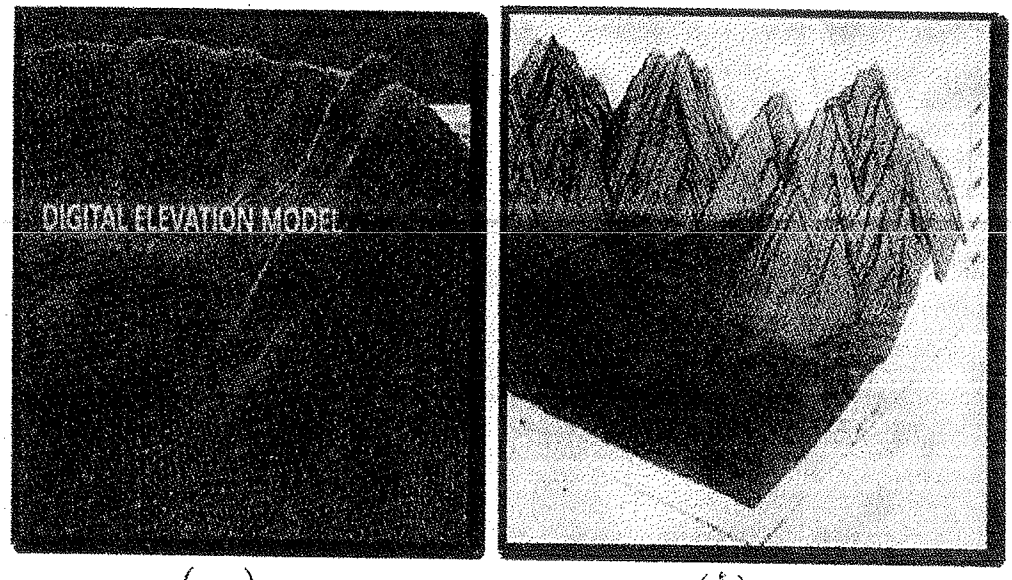
يعرف مصطلح نموذج الارتفاع الرقمي DEM بأنه يتالف من سلسلة من نقاط الارتفاع الموجودة على سطح الارض، حيث ترتبط عموديا بقيم الارتفاع (Z) منسوبة الى مستوى سطح البحراومع اي نقطة إسناد أو بيان (Datum) شاقولية معروفة، وترتبط افقيا بقيم (X ,Y) بالشبكة المعروفة في اساسيات الخرائط .

يتم تشكيل نقاط الارتفاع من خلال عمليات المسح الحقلي باسلوب المساحة الارضية باستخدام تقنيات المحطة المتكاملة (Total Station) ونظام تحديد الموقع العالمي (GPS) اللتان تكلمنا عنها في الفصلين الثاني والثالث من الكتاب ، او من خلال تقنيات الاستشعار عن بعد كالصور الجوية والفضائية والرادارية الخ. وتعد تقنية القياس التي تعتمد على بيانات الاستشعار عن بعد هي من التقنيات الاقل كلفة وجهد ووقت . ويتم تمثيل هذه النقاط مجتمعة الشكل الهندسي لسطح الارض

2- نموذج السطح الرقمي (Digital Terrain Model; DTM):

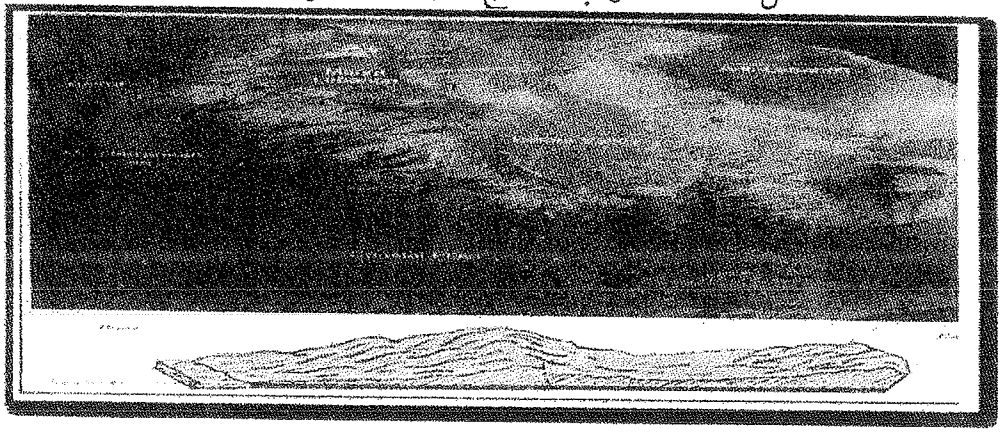
يستخدم هذا المصطلح في بعض الدول بمعنى مشابه لنموذج الارتفاع الرقمي DEM. والـ DTM تمثيل بياني بثلاثة ابعاد للظواهر المختلفة سواء كانت طبيعية وبشرية الشكل (4-19). ويمكن أن يتضمن DTM أيضاً ارتفاعات للمعالم الطوبوغرافية المهمة وخطوط الانكسار غير الموزعة بانتظام. ولذلك فإن تكلفة DTM مرتفعة ويتطلب إنتاجها وقتاً أطول وجهدا اكثر.

وعليه فان الـ DTM هو تمثيل ثلاثي الابعاد لتضاريس سطح الارض والمعالم الجغرافية والحضرية في حال وجودها، بينما الـ DEM فهو تمثيل ثلاثي الابعاد لتضاريس سطح الارض فقط مجردة من المعالم الجغرافية اذ يحتوي فقط على التباين في الارتفاعات، ويتساوى ال DTM والـ DEM في المناطق الجرداء الخالية من الغطاء النباتي و الحضري.



(ب) (أ)

الشكل (4- 18 أ و ب) نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM)



الشكل (4-19) نموذج السطح الرقمي (DTM)

3 - طريقة الشبكات المثلثية غير المنتظمة:

(Triangulated Irregular Network ;TIN):

تقوم شبكة الـ TIN بتقدير سطح الارض (طبيعة التضرس) وتمثل السطوح الارضية الخاصة، ويستخدم في تمثيلها خوارزمية بيانية تسمح باستخدام نقاط الارتفاعات

وخطوط الكنتور او الخلايا التي تحوي بيانات خاصة بالارتفاعات لانتاج الشبكات المثلثية غير المنتظمة. فمن المعروف ان النماذج ثلاثية البعد تتمثل ببعدين (X ,Y) المتمثلة بدوائر العرض وخطوط الطول (الاحداثيات) والبعد الثالث قيمة (Z) المتمثلة بارتفاع عن سطح البحر، ويتم دمج قيم الارتفاع (Z) سوية مع الاحداثيات (X,Y) والتي تخزن كعقد (Nodes) تمثل رؤوسها سلسلة من مثلثات غير منتظمة او غير متماثلة تسمى TIN. ويمكن في عمل ال TIN استخدام جميع مصادر DEM بالاضافة الى استخدام مصادر اضافية منها نقاط الارتفاعات الحقلية وقياسات نظام تحديد الموقع العالمي (GPS). ويمكن تحويل الـ DEM الى TIN وبالعكس . ولكن لايمكن استعمال كل من ال DEM والـ TIN في آن واحد في تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية (GIS).

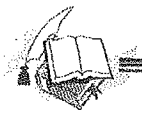
4-10-1: خطوات تطبيق نموذج الارتفاع الرقمي DEM:

يمكن تطبيق نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) باستخدام برمجيات تطبيقية متخصصة على الحاسوب الآلي، ومن خلال الخطوات الاتية:-

1- يتم تحديد ارتفاعات النقاط (المناسيب) المختلفة للمنطقة المراد تمثيلها من خلال الخطوط الكنتورية لخريطة المنطقة، او من خلال تقسيم المنطقة الى مربعات (خلايا) في حالة عدم وجود خريطة كنتورية، ويتم قياس مقدار ارتفاع سطح الارض في كل مربع باستخدام تقنيات القياس الحقلي او الاستشعار عن بعد التي ذكرت سابقا.

2- يتم ادخال هذه البيانات الى الحاسوب من خلال البرامج المصممة لاعداد نماذج ثلاثية البعد،اذ يقوم البرنامج بتمثيل هذه الخلايا تبعا لقيم الارتفاعات التي تحتويها الى سطح ذي ثلاث ابعاد.

3- تعطى الايعازات للحاسوب لتنفيذ نموذج الارتفاعات الرقمي (DEM) لنحصل على نموذج مجسم للمنطقة. وتكون مخرجات ال DEM اما على شكل مخططات بيانية (Block Diagrams)، او مقاطع (Profiles) وخطوط الافق (Horizons). وتعد المخططات البيانية من اكثر مخرجات نماذج الارتفاعات الرقمية استخداما



واكثرها وضوحا في اظهار الاختلافات في ارتفاع الاسطح.

4- ويمكن استخدام بيانات الـ DEM كاحد المصادر الاساسية في تمثيل سطح الارض بثلاثة ابعاد وتحليله باستخدام طريقة الشبكات المثلثية غير المنتظمة (TIN). التي تم ذكرها سابقاً.

4-10-2: استخدامات نماذج ثلاثية الأبعاد (3D Models):-

1- لصنع الخرائط الكنتورية والطبوغرافية، اذ يمكن استخدام المنحنيات الكنتورية في هذه الخرائط لاعداد رسومات توضح مقاطع ثلاثية الابعاد للارض، حيث يمكن عرضها ورؤيتها من مختلف الزوايا والابعاد لتوضح

2- يمكن استخدام هذه النماذج في تمثيل التوزيع الجغرافي للظواهر او اتجاهات سلوك الظواهر المختلفه بثلاثة ابعاد (X.Y.Z). فمثلا يمكن تمثيل توزيع السكان في رسم له ثلاثة ابعاد ترتفع فيه خطوط التمثيل حيث يتزايد السكان وتنخفض حيث يتناقصون.

وعند رسم هذه النماذج يمكن النظر اليها من زوايا مختلفه كما يمكن اظهارها بظلال و الوان مختلفه مما يوفر فهم افضل ومنظورا اوضح عن معالم واوضاع سطح الارض.

3- يمكن دمج الـ DEM والـ DTM مع الخرائط التي تصنعها نظم المعلومات الجغرافية ذات البعدين (D2) وتحويلها الى شكلها الحقيقي للمقارنه والتحليل. فعلى سبيل المثال يمكن وضع نموذج السطح ثلاثي الابعاد الذي يمثل توزيع السكان فوق الخريطة ذات البعدين لتوزيع الترب او شبكات التصريف او الطرق او المباني وغيرها في نفس الاقليم لتوضيح مدى ارتباط السكان بانواع الترب او المباني او غيرها من الطبقات المعلوماتية وتسمى هذه العملية بـ

(3D – dra ping). ويمكن في النموذج ثلاثي البعد اضافة الغيوم وتغيير الوان السماء الخ.

4- يمكن من خلال الـ DEM و الـ DTM اشتقاق العديد من النماذج مثل نموذج التصميم الاساس، نموذج الاودية والاحواض المائية، نموذج الانحدارات واتجاهاتها، نموذج الحفر والردم، نموذج خرائط السطح، نموذج الصورة الفضائية (SID)، نموذج هيئة الظلال وغيرها. كما يمكن من خلال الـ DEM اشتقاق العديد من النماذج مثل نموذج التصميم الاساس، نموذج الاودية والاحواض المائية، نموذج الانحدارات واتجاهاتها، نموذج الحفر والردم، نموذج خرائط السطح، نموذج الصورة الفضائية (SID)، نموذج هيئة الظلال وغيرها.

5- دراسة الخصائص التضاريسية للارض لاعداد المشاريع التخطيطية المستقبلية وتصميمها والاعمال الهندسيه المصاحبه، اذ تستخدم البيانات المتعلقة بحسابات تتعلق بدرجات الانحدارSlope واتجاهه Slope Aspect ومقاطع الانحدار Slope Profile، ومن اهم المعلومات في هكذا مشاريع مثل اسقاط استعمالات الارض، تقدير مشاريع مناطق بناء الطرق، حساب كميات الحفر والردم، التخطيط الاولي لشبكات خطوط البنى التحتية كخطوط الاتصالات والكهرباء والماء، تحديد وضوح الرؤية بين المباني المرتفعة، يمكن اعداد كل ماسبق باستخدام تطبيقات الحاسوب في المكتب دون الحاجة الى الذهاب الى الموقع حقليا.

6- استخدام تطبيقات نموذج ثلاثي البعد في دراسات تخطيط المدن، اذ تقدم صورة للمخطط والمنفذ عن اهمية التوزيع الجغرافي للمظاهر الطبيعية والصناعية على سطح الارض وما يمكن عمله من اضافة او تعديل على المخطط الاساس اعتمادا على المظاهر التضاريسية من جبال او تلال او شبكة الاودية عند اقتراح انشاء قناة مائية او طرق ضمن المخطط الاساس لاي موقع مقترح لمدينة جديدة.

7- توفر دقة في التحليل المكاني والوصفي والاحصائي للموقع الجغرافي الذي يصعب تحقيقه باستخدام الخرائط الكنتورية (خرائط الارتفاعات المتساوية) على سبيل المثال لا الحصر.

8- يستعمل في تحليل مخزون المياه، امور المنحدرات والتعرض للشمس، تصميم الخدمات الترفيهية في الهواء الطلق وتحليل المسارات.

9- امكانية حساب التحليل الاحصائي لمختلف المعطيات المكانية بالشكل الذي يناسب الاطوال، المساحات، الحجوم.

10- يستخدم تمثيل سطح الارض بثلاثة ابعاد للاغراض العسكرية.

11- تقدير مدى الرؤيا للاغراض المدنيه والسياحية والعسكرية.

12- مقارنة الاشكال الارضية.

13- اجراء استخدامها كخلفيات للخرائط الموضوعية لاغراض التحليل عن طريق وضعها تحت الخرائط الموضوعية لملاحظة مدى ارتباطهما.

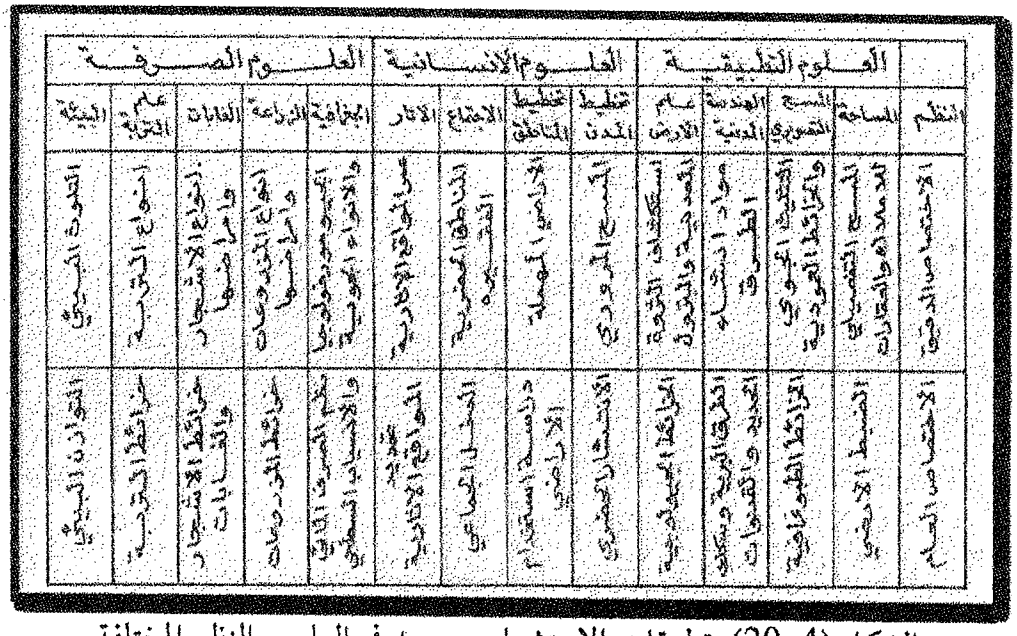
14- لتقدير الفترات المستغرقة في السفر حسب الارتفاعات والانحدارات.

15- تقدير الكثافات السكانية حسب نوع السطح ذلك ان السكان يتركزون في المناطق السهلية المفتوحة على سبيل المثال لا الحصر.

4-11: جوانب من التطبيقات الجغرافية لعلم وتقنية الاستشعار عن بعد:

بعدما تعرفنا الى مفهوم الاستشعار عن بعد ومصادر المعلومات فيه، وطرق تفسير وتحليل مخرجاته، نتطرق الان الى بعض تطبيقات الاستشعار عن بعد، وطرق الاستفادة من مخرجاته، فاليوم هناك امثلة لا تحصى على نجاح تقنية الاستشعار عن بعد، فلقد مكنت صور الاستشعار عن بعد من تصحيح كثير من المعلومات، وذلك لان هذه الصور تعطي نظرة شمولية ودقيقة وانية لمعالم الارض.

يمكن ملاحظة الشكل (4 - 20) لتوضيح تطبيقات استخدام الاستشعار عن بعد في العلوم والنظم والاختصاصات المختلفة.



الشكل (4-20) تطبيقات الاستشعار عن بعد في العلوم والنظم المختلفة

4-11-1: صفات بعض الظواهر الشائعة على المرئية الفضائية:

عادة يكون لكل ظاهرة ارضية، سواء كانت ظاهرة طبيعية او بشرية شكلاً خاصاً او صفة خاصة تميزها عن باقي الظاهرات، وهذه الصفة تسمى التوقيع الطيفي (Spectral Signature)، لذا سنذكر بايجاز اهم الصفات الخاصة لبعض الظواهر الطبيعية والبشرية المشهورة والمتكررة في اغلب الصور.

1- الصخور والتربة:

اطلق على استخدام الصور الجوية في توفير البيانات الجيولوجية الوصفية والكمية اسم الجيولوجيا التصويرية (Photogeology)، ويهتم عمل الجيولوجيا التصويرية بدراسة صور الصخور العادية او ذات الغطاء النباتي الخفيف لتحديد انواع الصخور ووجود الالتواءات والفواصل والمعادن وانماط التصريف المائي وغيرها من الظاهرات الجيولوجية الشكل(4 -21).

الشكل (4-21) ظهور الصخور والتربة على الصور الجوية والفضائية

وفي التكوينات العادية او شبه العادية يمكن ملاحظة انماط التربة الناتجة عن اختلافات في التكوين ودرجة اللون والرطوبة التي تحتويها بسهولة والصخور بصورة عامة والتربة العادية، وتظهر بلون افتح مما نتوقعه من مظهرها الطبيعي، الا ان التربة الرطبة تظهر بلون رمادي الى رمادي داكن بينما تظهر بلون فاتح فور جفافها، وتظهر الارض المحروقة بلون فاتح وهي تشمل التربة المحروثة للزراعة، او التربة الموضوعة حول قناة محفورة حديثاً او التربة الماخوذة بعد حفر موقع بناء جديد والشواطىء والرمال.

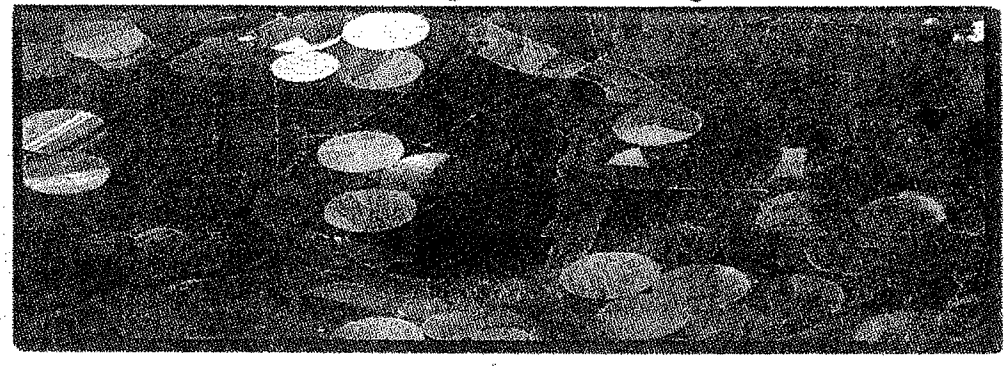
2 - **التضاريس:**

تشكل الخصائص الخارجية لعناصر البيئة الطبيعية عاملا اساسيا في استخدام المنهج المورفولوجي في وصف اشكال سطح الارض، وتعد التضاريس من الظواهر سهلة التمييز على الصور، ويمكن رؤيتها في الصور بسهولة نسبية بعد قليل من التدريب الشكل (4 - 22)، واذا اردنا الحصول على معلومات تفصيلية عن الظواهر والارتفاعات فيفضل استخدام مناظر مجسمة (عن طريق الصور الجوية او صور سبوت الفضائية مثلا).

الشكل (4- 22) ظهور التضاريس على الصور الجوية والفضائية

3 - المحاصيل الزراعية

من اعقد المشاكل التي تواجه مفسر الصور مشكلة تحديد نوعية المحاصيل المزروعة، ومن اهم الطرق المساعدة التي تستخدم للتعرف على المحاصيل الزراعية الالمام الجيد بطرق زرعتها ومعرفة المعدات والادوات الرئيسية المستخدمة للتعرف في كل زراعة، بالاضافة الى معرفة مواعيد العمليات المختلفة في زراعة المحصول (حرث، بذر، نمو وحصاد)، وبصورة عامة تعطي الصور الماخوذة في وقت الحصاد افضل النتائج من حيث امكانية التبؤ بنوعية المحاصيل الزراعية انظر الشكل(4 - 23).



الشكل (4-23) ظهور المحاصيل الزراعية على الصور الجوية والفضائية

ورغم صعوبة التفريق بين بعض انواع المحاصيل في بعض الحقول مثل حقل يزرع قمحاً واخر يزرع شعيراً الا ان بالامكان التفريق بين بعض انواع المجموعات الزراعية مثل زراعة الحبوب وزراعة البساتين والدواجن والماشية.

4- النباتات الطبيعية:

تعد بيانات الاستشعار عن بعد من الادوات الاساسية لدراسة النباتات الطبيعية وايكولوجيا النبات، اذ تظهر الغابات في الصور بلون داكن وتكون الاختلافات في درجة اللون ونتيجة للاختلافات في عمر الاشجار وانواعها. اما الحشائش فان القاعدة العامة هي انه كلما تحسنت نوعية الحشائش فانها تظهر بالوان داكنة وثابتة وتظهر الحدائق المزروعة بالحشائش بشكل منتظم وجيد في الصور بلون رمادي متوسط اللون بينما الحشائش المزروعة بشكل سيء تظهر بلون افتح وعلى هيئة قطع متباينة الالوان نظراً لاختلاف انواع الحشائش.

5- المدن والمناطق الحضرية

يصعب في بعض الحالات تحديد نوع استخادم بعض المباني خصوصاً المباني او المجمعات الصناعية التي يمكن التعرف على استخدامها العام ولا يمكن تحديد انواع العمليات داخل هذه المباني ويحتاج التعرف عليها الى خبرة كبيرة نوعاً ما. فعلى سبيل المثال يمكن ان نعرف ان الصناعة هي صناعة تحويلية، ولكن يصعب تحديد اي نوع من انواع الصناعات التحويلية والشخص الذي له خبرة في انواع الصناعات المختلفة واحتياجاتها من حيث المباني والافران وطريقة توزيع المباني في موقع المصنع، ولن يجد صعوبة في تحديد نوع الصناعة.

وفي المدن هناك مناطق معينة يمكن تحديدها بسهولة، مثل المنطقة القديمة، المناطق التجارية، المساجد، المدارس، المناطق الصناعية والورش، والادارات الحكومية، الحدائق العامة والاماكن الترفيهية والمنتجعات الشكل (4-24).

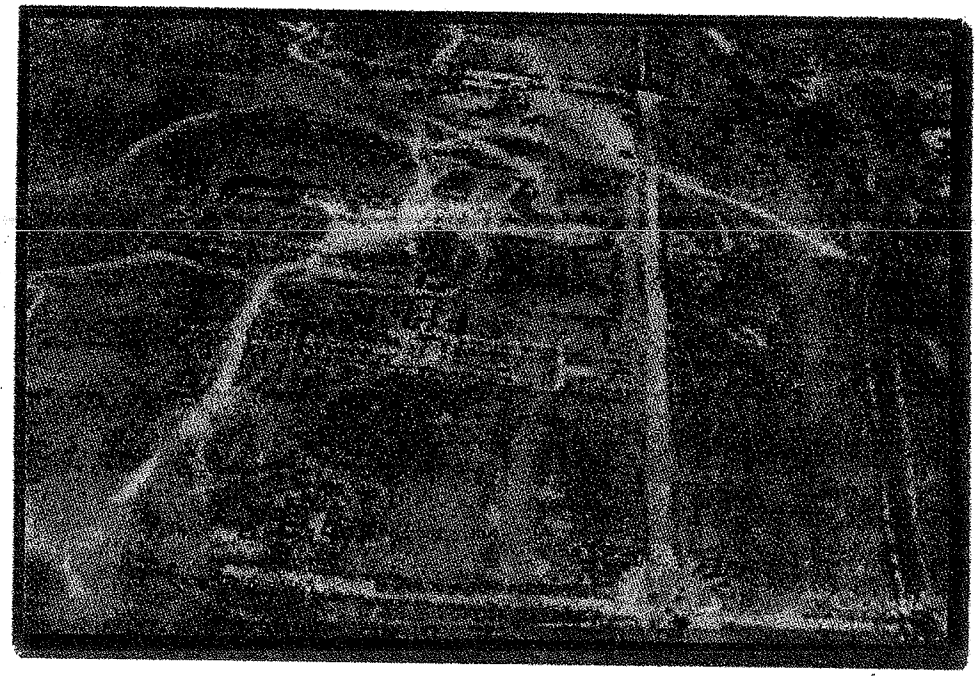
شكل (4- 24) ظهور المدن والمناطق الحضرية على الصور الجوية والفضائية

6- المواصلات

تظهر الطرق غالباً بلون فاتح اذا كانت غير مرصوفة او ذات سطح خشن، وتظهر بلون داكن اذا كانت مرصوفة وملساء، اما السكك الحديدية فمع انها اسهل من حيث تحديدها على الصور من طرق السيارات نتيجة لانتظامها الا انه يصعب تحديد عدد الخطوط، وعادة تعرف السكك الحديدية بوجود جسور خاصة او انفاق او محطات للقطارات او المنحنيات الخفيفة التي تتخذها قضبان السكك الحديدية (لاحظ هذا مثال على الاسلوب الاستقرائي للصور الجوية والفضائية).

7- المواقع الاثرية

تعد النتائج التي قدمتها الصور الصورالجوية والفضائية في حقل الاثار مدهشة وذات اهمية كبيرة فمن السهل تمييز المباني والبقايا الاثرية البارزة على سطح الاراضي في صور الاستشعار عن بعد، وذلك لظهورها باشكال مميزة وغريبة عما يحيط بها الشكل (4-25).



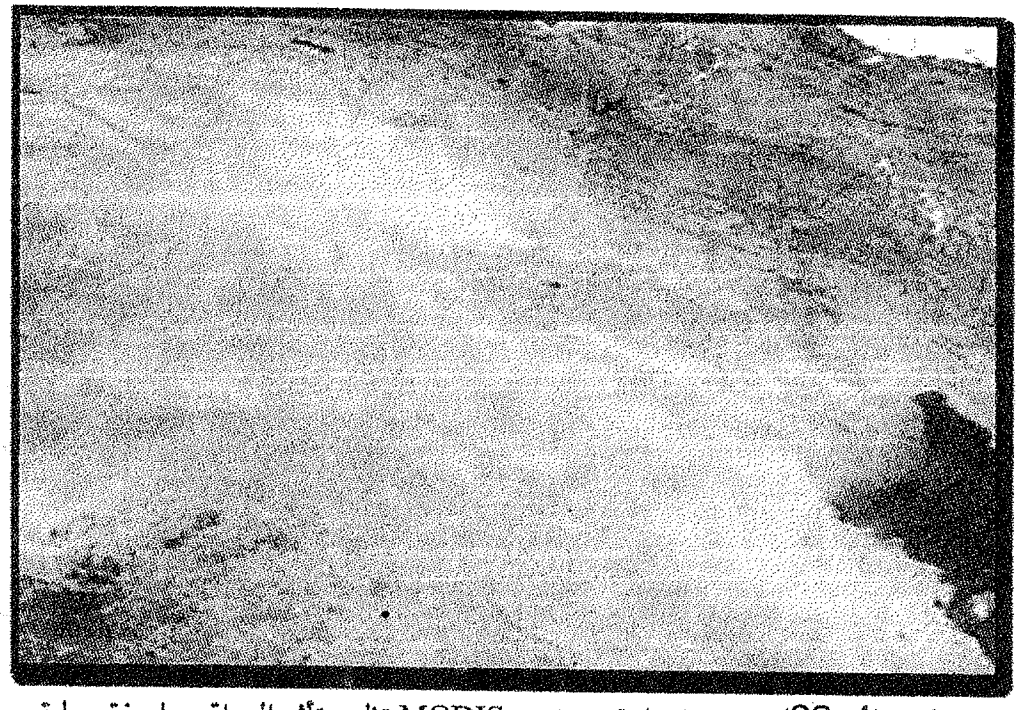
الشكل (4- 25) ظهور المواقع الاثرية على الصور الجوية والفضائية

4-11-2: جوانب مختارة من تطبيقات الاستشعار عن بعد:

1- تطبيقات الاستشعار عن بعد في الدراسات المناخية:-

ان تنامي مشكلة تلوث الهواء وظاهرة الاحتباس الحراري وتأثيرها الخطير على التغير المناخي في العالم لفتت انتباه علماء المناخ الى ضرورة استخدام ميزات تقنية الاستشعار عن بعد لمراقبة التغيرات المناخية. وقد أضافت تقنية الاستشعار عن بعد أبعادا جديدة لعلم المناخ عموما ومراقبة التغيرات المناخية بصورة خاصة ويمكن تلخيص هذه الابعاد بما يأتي:-

أ- دراسة اتجاه وحركة الرياح السطحية والعواصف الغبارية والترابية وقياس سرعتها والتنبؤ بحدوث العواصف والاعاصير والجيوب الهوائية...الخ الشكل (4-26).



الشكل (4-26) صورة فضائية من نوع MODIS تظهر تأثر العراق بعاصفة رملية

ب- التمييز بين أنواع الغيوم وتحديد ارتفاعاتها ورصد حركتها والتنبؤ بهطول الأمطار ويتم ذلك من خلال تحديد نسبة الأشعة المنعكسة والحرارة المنبعثة من الغيوم المختلفة السمك، اذ يتم تمييز المناطق ذات الانعكاس العالي والانبعاث القليل للاشعة الضوئية على انها مناطق غيوم كثيفة، وذلك لأنه كلما زاد سمك الغيوم كلما احتوت على نسبة أكبر من بخار الماء وبالتالي يؤدي الى امتصاص أكبر للأشعة الساقطة.

ج- صنع خرائط للغلاف الجوي تمثل درجات حرارة الأرض. ورصد ومراقبة مناطق الثلوج التي تأثر وتتأثر بالتغيرات المناخية بشكل كبير، خاصة ان المناطق القطبية غير مشمولة بالرصد الجوي الروتيني.

د- قياس سمك طبقة الاوزون وتتبع ثقب الاوزون. هناك العديد من أقمار الرصد الجوي التي تم اطلاقها من الولايات المتحدة الامريكية وروسيا واليابان ودول أخرى المستخدمة لأغراض المراقبة والتنبؤ بالتغيرات المناخية وجمع البيانات حول الخصائص المناخية ومكونات الغلاف الجوي وحرارة البحار والمحيطات واليابس ودرجات الرطوبة النسبية وكمية تساقط الامطار وعناصر المناخ الاخرى في جميع انحاء العالم.

2 - تطبيقات الاستشعار عن بعد في التخطيط الحضري:-

تعد خرائط استعمالات الارض من الخرائط غير الكمية التي يعتمد رسمها على طريقة التظليل المساحي والالوان، والتي يحتاج دائما مخططوا المناطق الحضرية الى معلومات متجددة ومستمرة لصياغة سياسات الحكومات وبرمجتها. ويمكن أن تتراوح هذه السياسات بين المجالات الثقافية والاقتصادية والاجتماعية، ويمتد دور ادارات التخطيط ليشمل أنشطة أخرى، اضافة الى تعدد المشكلات الحضرية التي تواجه المخططين. ومن الأمثلة التي نعايشها في حياتنا اليومية داخل المدن:-

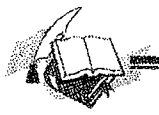
أ- رسم خرائط تفصيلية للمدن، تخطيط وتوزيع المتنزهات والحدائق داخل المدن.

ب- دراسة حركة المرور ومواقف السيارات.

ج- دراسة استعمالات الأراضي، التمدد الحضري واتجاهه، دراسة المجمعات الصناعية.

3- تطبيقات الاستشعار عن بعد في الموارد المائية:-

يعد هذا المجال من من التطبيقات الشائعة جدا في تطبيقات الاستشعار عن بعد، وذلك لتفاعل المياه بالبيئة المجاورة بشكل متبادل الأثر من ناحية، وتعدد الأجهزة



والمتحسسات التي تستقبل معلومات عن المياه من ناحية أخرى. ويمكن تلخيص أهم تطبيقات الاستشعار عن بعد في الموارد المائية كما يأتي:-

أ- تقدير وتقييم موارد المياه السطحية باستخدام الصور الفضائية والصور الجوية من خلال جرد مواقع ومناطق التجمع المائي الطبيعية واعداد خرائط لشبكات الصرف المائي.

ب- اعطاء شواهد ومؤشرات للاستدلال على تواجد المياه الجوفية وخصائص الأحواض المائية، اذ شملت تطبيقات الاستشعار عن بعد كامل الدورة الهيدرولوجية.

ج- دراسة الظروف الجيولوجية والتركيبية الحاوية لخزانات المياه الجوفية، اذ استطاعت هذه التقنية في تحديد ملامح البنية الجيولوجية ولاسيما الفوالق الصخرية الرئيسية ومناطق الضعف في الصخور التي تكون عادة مصدرا لتغذية المياه الجوفية.

د- تحديد نوعية المياه ومناطق تلوث الأنهار والبحار ودراسة حمولة مياه البحيرات والبحار من الحبيبات الدقيقة والاتربة.

4 – التطبيقات الزراعية والريفية:-

تعد الثروة الزراعية أساسا أستراتيجيا وتلعب دورا كبيرا في القوة السياسية للدولة شأنها في ذلك شأن التجارة والصناعة. وتشكل الأراضي المستثمرة في الانتاج الزراعي نسبة أكبر من أي استخدامات للأراضي في معظم دول العالم. ونتيجة لذلك نجد ان الاهتمام بالحصول على معلومات مبكرة وشاملة عن المساحات المزروعة بالمحاصيل المختلفة وكمية الانتاج المتوقع من كل محصول، وتأثير الأمراض والحشرات في كمية الانتاج، ويعد تحديد المناطق التي تعاني من الجفاف اساسا في الادارة الحديثة للقطاع الزراعي وفي تسويق المنتجات الزراعية. ولكن هذه المعلومات لايمكن الحصول عليها في

الوقت المناسب وبالدقة المطلوبة اذا استخدمنا الطرق التقليدية في جمع البيانات وتصنيفها، لذا لابد من استخدام الوسائل المتقدمة من الاستشعار عن بعد، وما يرتبط بها من وسائل متقدمة للتحليل واظهار النتائج.

وفي التطبيقات الزراعية لابد ان نعرف الخصائص الاساسية للتفاعلات بين الاشعة والنباتات من خلال المنحنيات الانعكاسية للنباتات تتخذ المظهر العام نفسه تقريباً لاحظ الشكل (4- 4) سابقا في هذا الفصل الذي يظهرمنحنيات الانعكاسية الطيفية لبعض النباتات والاجسام الاخرى. ويعتمد تفسير النمط المميز لاي غطاء نباتي في المجال المرئي والمجال المجاور للاشعة تحت الحمراء على بعد المساحة المرئية، وموقع الشمس والزاوية السمتية ونسبة الضباب وسرعة الرياح، ويمكن ان تدخل عوامل اخرى كاتجاه صفوف المزروعات بالنسبة لاتجاه الاشعة الشمسية، وخصائص التربة تحت النبات وشكل اوراق الغطاء النباتي ونوعه وتركيبه. ومن مثال التطبيقات الزراعية للمعلومات المستقاة من بيانات الاقمار الصناعية منها: دراسة انواع الزراعة والمحاصيل، دراسة النباتات الطبيعية ودراسة امراض النباتات.

ومن الامثلة على التطبيقات الزراعية للمعلومات المستحصلة من بيانات الاقمار الصناعية:-

أ- دراسة أنواع الزراعة والمحاصيل واعداد خرائط تصنيف الزراعة السائدة في منطقة ما.

ب- دراسة أمراض النباتات وتحديد المناطق الزراعية التي تعاني من أمراض المحاصيل.

ج- تقييم الغابات وتصنيفهاوتحديد أبعادها ومراقبة تعرضها للتدهور، تحديد كثافة وكمية الأشجار ومراقبة قطع الاشجار وتحديد أماكن انتشار الحرائق، وتقويم حجم الأخشاب التي يمكن الحصول عليها من الأشجار.

د- تقدير مساحة المراعي وتصنيفها وتقدير انتاجية المراعي وادارتها.

5 – تطبيقات الاستشعار عن بعد في دراسة التربة:-

تمثل التربة الطبقة العليا من سطح الارض التي تنمو فيها النباتات، وتتفاعل مع عدة عوامل منها: الصخور الام، المناخ، التضاريس، الاحياء والزمن وهي التي تسمى عوامل تكون التربة. يؤدي الاستشعار عن بعد دورا فعالا ومهما في عمليات مسح التربة، خاصة في مراحل الاستكشاف والاستطلاع من خلال تحليل أشكال سطح الارض والمعلومات التي يتم الحصول عليها من أستعمالات الأرض والطبيعة الجيولوجية والنباتات.

ومن الأمثلة على تطبيقات الاستشعار عن في مجال التربة ماياتي:-

أ- جرد الترب وتصنيفها وتوزيعها.

ب- دراسة نسجة التربة من خلال الميزات الطيفية فالتربة الناعمة تعكس كمية أكبر من الاشعة الساقطة مقارنة بالتربة ذات النسيج الخشن.

ج- دراسة رطوبة التربة وحجم الحبيبات وكثافة الغطاء النباتي الذي يزداد بزيادة رطوبة التربة.

د- تحديد المواصفات الهندسية للتربة ومقدرتها الانتاجية، وتحديد ملائمتها للاستعمال الأمثل سواء في مجال الزراعة أو غيرها من الاستخدامات.

6- التطبيقات الحضرية:

يحتاج مخططو المناطق الحضرية دوماً الى معلومات مستمرة لصياغة سياسات الحكومات وبرمجتها، ويمكن ان تتراوح هذه السياسات بين المجالات الاجتماعية والاقتصادية والثقافية، ويمتد دور ادارات التخطيط ليشمل انشطة اخرى، اضافة الى تعدد المشكلات الحضرية التي تواجه المخططين والتي ترجع اسبابها بشكل رئيس الى عدد من العوامل يمكن حصرها في ثلاث مجموعات وهي:-

أ. العوامل التاريخية: فمعظم مدن العالم وجدت اساساً لتقوم بوظائف تختلف تماماً عن وظائفها الحالية، إذ ان وظيفتها الاساسية اصبحت واحدة من مجموعة وظائف اخرى تقوم بها، وكثير من المدن نمت واتسعت بشكل اصبح يفوق قدرتها على تامين احتياجاتها من الموارد والتغلب على مشكلاتها.

ب. العوامل التخطيطية: فالمدينة عنصر متطور ومتغير لا يتوقف عند مستوى معين ولا يسير ضمن حدود ضيقة، لذا فان عمليات التخطيط واعادة التخطيط المستمرة، والتي تشمل استخدامات الارض والمناطق الوظيفية داخل المدن ووضع استراتيجيات النمو ومراقبتها لا تخلو من الاخطاء وسوء التقدير وبطء اتخاذ القرارات الحاسمة في وقتها مما يؤدي في النهاية الى تراكم المشكلات وتعقدها.

ج. العوامل التنظيمية: فالمدن داخل اي نظام حضري تختلف فيما بينها من حيث الحجم ونوع ومقياس الانشطة التي تقوم بها، وكما كان النظام الحضري غير متوازن من حيث الحجم وتوزيع الانشطة، زادت المشكلات الحضرية وتعقدت.

هذه العوامل التي ذكرناها وايجاد الحلول للمشكلات المرتبطة بها يعتمد بشكل كبير على مدى توفر المعلومات لدى الاجهزة التخطيطية والتنفيذية لفهم طبيعة كل مشكلة واسبابها ووضع الحلول الملائمة لها ولذلك تزايدت الحاجة لدى الاجهزة التخطيطية والتنفيذية من اجل الحصول على مصادر للمعلومات باشكال متنوعة وتكون انية ودقيقة وبتكلفة معقولة، ويتم الحصول على كثير من هذه المعلومات بتفسير وتحليل صور ومخرجات الاستشعار عن بعد.

ومن الامثلة التي نعايشها في حياتنا اليومية داخل المدن: رسم خرائط تفصيلية للمدن، دراسة حركة المرور ومواقف السيارات، تخطيط وتوزيع المتنزهات والحدائق داخل المدن، دراسة استعمالات الاراضي، التمدد الحضري واتجاهه ودراسة المجمعات الصناعية.

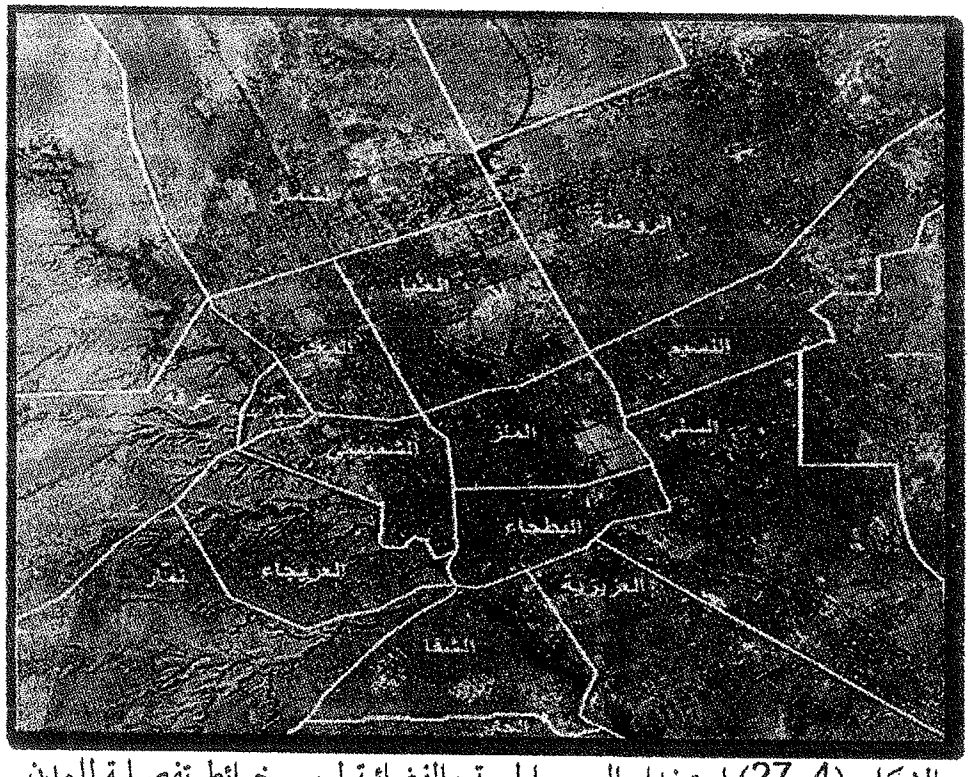
كما نستخدم معطيات الاستشعار عن بعد والتقنيات الجغرافية في مجال الاستعمال السكني، اذ يستخدم لهذا الغرض صور فضائية عالية الدقة التي تساهم في وضع الحلول الناجعة لخلق توازن وتوزيع سكاني مبني على دراسة رقعة جغرافية معينة من خلال سد النقص الحاصل في عدد الوحدات السكنية وتخفيف الضغط السكاني على المناطق السكنية عالية الكثافة ووضع حد للتجاوزات على المناطق الخضراء ومناطق الاستعمالات الاخرى الشاغرة داخل المدينة. كما تستخدم معطيات الاقمار الصناعية والخرائط لتحديد افضل المواقع المقترحة لاقامة المجمعات السكنية ووضع حلول جذرية لازمة السكن.

7-رسم خرائط تفصيلية للمدن:

تعتبر الصور الفضائية من المصادر الاساسية لرسم الخرائط التفصيلية، وذلك لتوفر هذه الصور وبدقة تمييزية عالية (تصل الى 60 سم كما ذكرنا في صور القمر (Quick Bird) ولتكلفتها المعقولة مقارنة بالمسح الارضي، وتتم عملية انتاج الخرائط بعدة مراحل: اولها التخطيط والتنسيق واختيار نوع الصور المناسبة والدقة المطلوبة، ثم التصوير او شراء الصور مباشرة من الجهات المختصة (شركات او غيره) ثم ربط هذه الصور بنقاط التحكم وتصحيح الاخطاء الهندسية وازالة التشوهات منها، وتاتي عملية الترقيم (تحويل الصور الفضائية الى معلومات رقمية) والتي تتطلب الجهد والوقت الكثير بل هي في الحقيقة اهم عنصر في حساب تكلفة انتاج الخرائط من الصور الفضائية لانها تحتاج الى كوادر بشرية مدربة وبرامج متخصصة واجهزة حاسب متقدمة، والمرحلة الاخيرة من الانتاج تكون في المخرج النهائي الذي يراد اخراج هذه الخرائط عليه فمن الممكن ان تكون المخرجات على شكل خرائط ورقية (Hard Copy) او خرائط رقمية (Soft Copy) او حتى ممكن ان تكون المخرجات على شكل طبقات رقمية (Vector Layers) تستخدم في تطبيقات اخرى، ويمكن استخدام مخرجات هذه الصور كخرائط.

قاعدة لنظم المعلومات الجغرافية (Geographic Information System ; GIS) والتي سنتطرق اليها في الفصل الخامس.

ويمكن ان تنتج مباشرة من الصور الفضائية كخرائط الصور المصححة (Orthoimage Maps) وهي عبارة عن صور فضائية تم تصحيح ازاحة الميل للمعالم وازاحة التضاريس فيها، ولانتاج هذه الخرائط نحتاج الى صور مجسمة ومعلومات الارتفاعات الارضية (Digital Elevation Model ; DEM) او ما يعرف ب (Digital Terrain Model; DTM) لانتاجها، وهي بشكل عام خرائط ولكن لا يستعاض عن المعالم الموجودة فيها برموز (مثل الطرق خط، والباني مضلع، وهكذا) بل تظهر المعالم كما في الحقيقة من المنظر الراسي (Top View) ويضاف اليها المعلومات المطلوبة (مثل اسماء الطريق، اسماء بعض المعالم الهامة، شبكة الاحداثيات المصححة،وغيرها الشكل (4-27).



الشكل (4-27) استخدام الصور الجوية والفضائية لرسم خرائط تفصيلية للمدن

8- دراسة حركة المرور ومواقف السيارات:

تعتبر الصور الفضائية ووسائل الاستشعار الاخرى من الوسائل الرئيسية التي تستخدمها معظم هيئات النقل والمواصلات على اختلاف المستويات المحلية والاقليمة والوطنية عند دراسة الاوضاع الراهنة او عند انشاء طرق جديدة او في دراسة بعض المشكلات الخاصة.

وهناك نوعان من انواع المواصلات في المدن يمكن دراستها عن طريق استخدام وسائل الاستشعار عن بعد:

أ- العناصر الثابتة: تشمل دراسة مواقع وتركيب شبكة الطرق والشوارع في المدينة، مثل دراسة استخدام الارض المخصصة للسيارات، وتتم عملية قياس استخدام الارض المخصصة للسيارات بقياس مساحة الشوارع ومواقف السيارات وايجاد نسبتها من مجموع مساحة المدينة او المنطقة المراد دراستها، وكذلك تستخدم وسائل الاستشعار عن بعد في تخطيط الطرق الجديدة باختيار المسار المناسب وحساب التكلفة المبدئية لنزع الملكية والتصميم المبدئي.

ب- العناصر المتغيرة: تستخدم الصور الجوية والفضائية في دراسة حركة المرور والبضائع والناس في المدينة مثل دراسة مناطق الاختناق المروري (عنق زجاجة) في الصور الماخوذة في اوقات الذروة وايجاد الحلول لها.

9- تخطيط وتوزيع المتنزهات والحدائق:

في كثير من المدن الكبيرة ادى عدم الاهتمام في عمل الاحتياطات المبكرة لتوفر الاراضي اللازمة للحدائق والمتنزهات الترفيهية الى تزايد الضغط السكاني على استخدام اراضي المدينة بسبب تزايد عدد السكان. ومن الامثلة التقليدية على اهتمام مخططي المدن

بتوفير الاراضي للحدائق من فترة مبكرة من نمو المدينة، مثل الحديقة المركزية في (منهاتن) بمدينة نيويورك.

ومهما يكن من امر فان الكثير من المدن الكبيرة كثيفة السكان اما انها تفتقد الى المتنزهات والحدائق، او انها غير كافية لاستيعاب المتنزهين، وفي اي مدينة لا يتم تخطيط للحدائق والمتنزهات في المراحل الاولى من نمو المدينة فقد يصبح ارتفاع اسعار الاراضي عائقاً امام اقامة حدائق ومتنزهات جديدة او حتى توسيع الحدائق والمتنزهات الموجودة.

هذا وقد ساعدت الصور ذات المقاييس الكبيرة في القيام بمسوحات تفصيلية لتقدير مدى ضغط السكان على الحدائق و المتنزهات، وتحديد المواضع ذات القيمة المالية في اغراض التنزه والخدمات اللازم اضافتها.

10- دراسة استعمالات الاراضي:

تعد خرائط استخدامات الارض من اكثر الخرائط التي يستخدمها المخططون الحضريون واهم ما تشمله هذه الخرائط ما ياتي:-

1. طبيعة تقسيم الاراضي بين مختلف الانشطة.
2. نسبة المساحة المخصصة لكل مستخدم.
3. نسبة الارض المخصصة لطرق المواصلات.
4. العلاقات بين استخدام الارض وطرق المواصلات.

كما ان استخدام الارض يعتبر من اكثر المجالات الحضرية استخداما للصور لعدد من العوامل اهمها:

- ان الحصول على بيانات استخدام الارض عملية مكلفة وتستهلك وقتاً وجهداً كبيرين، ويمكن ان تكون وسائل الاستشعار عن بعد ارخص واشمل لانتاج خرائط استخدام الارض.

- مما تتميز به استخدامات الارض تغيرها المستمر والسريع في بعض الحالات وبدون متابعة هذه التغيرات يجب وضع مخططات او تعديلها عند الحاجة لمواجهة الظروف الجديدة، واستخدام العمل الحقلي التقليدي لهذا الغرض يعتبر ايضاً عملية مكلفة ومستهلكة للوقت والاستشعار عن بعد وسيلة ذات كفاءة عالية من حيث السرعة في اكتشاف التغير في استخدام الارض.
- وللصور ووسائل الاستشعار الاخرى قدرة محدودة في استخدامها لدراسة استخدام الارض بحيث يصبح استخدامها فيما بعد لا يقل عن العمل الحقلي من حيث التكلفة واستهلاك الوقت.

11 - دراسة المجمعات الصناعية:

يعد تصنيف الصناعات والتعرف الى المناطق الصناعية والمصانع المختلفة من الامور الهامة بالنسبة لمفسر الصور، والذي يعمل ضمن هيئات تخطيط المدن، وضبط نوعية الماء والهواء، وفي بعض الحالات فان تفرد المباني الصناعية او وجود علامات مميزة على اسطح مباني المصانع يجعل عملية تفسير الصور سهلة نسبياً (مثل المداخن، سيور الانتاج والخزانات الوقود)، وفي حالات اخرى تتطلب معرفة المنشأت الصناعية خلفية علمية واسعة في الصناعة ومهارة كبيرة في استنتاج نوعية المصنع من خلال قرائن ذات علاقة، واحياناً يتطلب الامر توافر دليل او اكثر من ادلة التفسير وبلا شك فان المفسر الذي يعرف عن عمليات التصنيع يكون قادراً على تميز الانشطة الصناعية بسهولة.

12 - دراسة انواع الزراعة والمحاصيل:

يمكن استخدام صور ومناظر الاستشعار عن بعد لاعداد خرائط تصنيف الزراعة السائدة في منطقة ما، وفي الصورة ذات التحليل المكاني العالي نستطيع ان نحدد نوع الزراعة اما مباشرة من الصور او الاستعانة ببعض العناصر الظاهرة في الصور مثل المباني

والطرق، وقد استخدمت صور بمقاييس صغيرة في مثل هذا النوع من الدراسات، ووجد انه بالامكان تحديد الانماط الزراعية باستخدام صور الرادار ثم ربطها بظواهر طبيعية وبشرية معروفة يمكن مشاهدتها في الصور وبالتاكيد لا يساعد المقياس الصغير والتحليل المكاني الضعيف لصور الرادار على استكشاف وتحديد التفاصيل الدقيقة، واذا اردنا الحصول على تفاصيل اكثر يجب الرجوع الى الصور بمقاييس كبيرة، وقد نحتاج احياناً الى اجراء تقديرات اولية عن كمية المحصول المتوقع للمرزوعات فنلجا الى استخدام وسائل الاستشعار عن بعد لما توفره من معلومات شاملة وسريعة، وذلك بالاعتماد على الاختلاف في حجم الاشعة التي يعكسها كل محصول، وكما تعرفنا سابقاً في باب تفسير وتحليل الصور ان اهم العناصر التي تساعدنا في اكتشاف نوعية المحاصيل الزراعية هي: درجة اللون، النسيج، والادوات المرتبطة بكل نوع من انواع الزراعة، وكذلك يجب ان نتذكر ان النسيج واللون يتغيران من فترة الى اخرى من فترات نمو المحصول الواحد، وان وسائل وطرق الزراعة والادوات والمباني المرتبطة بالزراعة تختلف بين الدول المتقدمة والدول النامية.

لقد اصبحت وسائل الاستشعار الفضائية من الوسائل التي تستخدم بشكل واسع في الولايات المتحدة الامريكية في تقدير كميات الانتاج الزراعي للمحاصيل الرئيسة مثل القطن والقمح والذرة، مع مقارنة هذه التقديرات بتقديرات الهيئات الحكومية التي تعتمد على الطرق التقليدية، اذ وجد ان الاختلاف بينهما لا يزيد عن 2٪- 3٪ في حين ان تقديرات الشركات التي تستخدم وسائل الاستشعار عن بعد يتم الحصول عليها قبل عدة اسابيع من التقديرات الحكومية.

13 - دراسة النباتات الطبيعية:

يعد النبات الطبيعي في كثير من الدول احد الموارد الطبيعية الهامة، وفي البلاد الجافة كالمملكة العربية السعودية لا تقل اهمية معرفة اماكن تكثيف النباتات الطبيعية عما هو

موجود في البلاد الاخرى، ويمكن التفريق بين ثلاث طرق في دراسة النباتات الطبيعية باستخدام وسائل الاستشعار عن بعد:

1. **التصنيف السابق:** حيث نضع تصنيفاً يشمل جميع الاقسام التي نتوقع وجودها في منطقة الدراسة ثم نقوم باستخدام هذا التصنيف في دراسة الصور.
2. **التصنيف اللاحق:** حيث نقوم بدراسة التكوين النباتي في الصور واعتماداً على ما نجده فيها نضع التصنيف المناسب، وعادة تاخذ عينات من الصور تضم اشكالاً نباتية مختلفة ثم نقوم بتحديد نوعيتها على الطبيعة، ونعمم ذلك على بقية الاجزاء المتشابهة لها.
3. **التصنيف الخاص:** وهو يعتمد على وضع خاص يلائم طبيعة صور او منطقة الدراسة ويختلف هذا التصنيف عن التصنيفين السابقين في ان التصنيف الخاص يراعي خصائص ومشكلات الصور التي هي المصدر الاساسي للمعلومات بينما التصنيف المسبق والتصنيف اللاحق ياخذان بعين الاعتبار الحقائق الارضية فقط.

وقد لوحظ ان وسائل الاستشعار عن بعد مناسبة في عمليات مسح واعداد خرائط النباتات الطبيعية، وخصوصاً في المناطق ذات الوعورة الشديدة التي يصعب الوصول اليها والمناطق الشاسعة المساحة، وتعتمد صحة تفسير صور النباتات الطبيعية على مهارة وخبرة مفسر الصور خصوصاً عند تحديد انواع واصناف االنبات الطبيعي والاشجار، وبصورة عامة يمكن الاعتماد على عدد من العناصر المساعدة مثل النسيج واللون والشكل العام للنباتات وقمم الاشجار، ويلعب الظل دوراً هاماً في حالة توفره للتعرف على نوع الاشجار حيث نستطيع الحصول على نظرة جانبية تشبه النظرة التي نقوم بها في المسح الارضي، وكذلك يمكن استخدام الظل في حساب ارتفاع الاشجار بعد معرفة زوايا اشعة الشمس ومقياس الصورة او يمكن قياس ارتفاع الاشجار من الصور المجسمة كذلك.

تستخدم الصور الحساسة للاشعة دون الحمراء في استكشاف النباتات نظراً للون الاحمر المميز الذي تظهر به في الصور الذي يعتبر ذا اهمية في تحديد النباتات المزروعة والمناطق التي تم حصادها. وتعد وسائل الاستشعار عن بعد من انسب الطرق لتحديد العام للنباتات الطبيعية في المناطق الكبيرة، ويمكن تلخيص اهم مجالات تطبيق وسائل الاستشعار عن بعد في دراسة النباتات الطبيعية بما ياتي:

1) تحديد انواع الاشجار والنباتات واعداد الخرائط لذلك.
2) تقدير كمية الاخشاب وانواعها.
3) معرفة طول الاشجار.

14 - دراسة امراض النباتات:

تستخدم وسائل الاستشعار عن بعد في تحديد المناطق الزراعية التي تعاني من امراض المحاصيل وخصوصاً الصور الحساسة للاشعة دون الحمراء القريبة. وبينت بعض الدراسات ان الصور الملونة الحساسة للاشعة دون الحمراء افضل من الصور العادية الملونة او البانكروماتية في استكشاف امراض البطاطس، فمن دراسة الصور البانكروماتية لا نستطيع ملاحظة الا الاجزاء في مرحلة متاخرة من المرض بينما في الصور الحساسة للاشعة دون الحمراء نلاحظ جميع المناطق المتاثرة، بل انه يمكن استكشاف امراض النباتات قبل ظهور اعراضها باستخدام هذا النوع من الاستشعار، وتظهر النباتات المريضة في الصور الابيض والاسود الحساسة للاشعة دون الحمراء بلون اسود، اما في الصور الملونة الحساسة للاشعة دون الحمراء فتظهر النباتات بلون وردي الى بني غامق تبعاً لشدة تاثرها بالمرض، اما النباتات الميتة اوالضعيفة فتظهر بلون اخضر او رمادي مائل للزرقة.

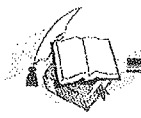
15 - التطبيقات العسكرية:

يتم الحصول على بيانات ارضية للاغراض العسكرية باستخدام الطائرات العسكرية المزودة بكاميرات تصوير خاصة او من خلال الاقمار الصناعية المزودة بمتحسسات متخصصة لمثل هذه التطبيقات. وقد ساهم القطاع العسكري في تطوير علم الاستشعار عن بعد منذ نشأته بل كان هو اساس تطوير ونشأة هذا العلم، حيث كان الغرض الاساسي من نظم وسائل الاستشعار عن بعد هو عمليات التجسس والاستطلاع التصويري على قوات العدو كما حدث في الحرب العالمية الاولى والثانية.

وتعد وسائل الاستشعار عن بعد مصدراً مهماً واساسياً في كثير من العمليات العسكرية، وذلك لان وسائل الاستشعار الحديثة ليس لها حدود سياسية ولا تتطلب اذناً للتصوير، كما انها ذات قدرة هائلة على تقديم معلومات غزيرة عن الارض، والاحتفاظ بهذه المعلومات في اشكال مختلفة من وسائط التخزين (ورقية ورقمية). ومن اهم هذه التطبيقات العسكرية: عمليات الاستطلاع الجوي، عمليات التجسس وحصر اهداف العدو، اختيار طرق حركة القوات العسكرية اثناء المعارك والحروب، مراقبة قوات العدو، عمليات تدريب الطيارين.

16 – نظم الاستخبارات

تعرف انشطة الاستخبارات بانها عبارة عن عملية جمع المعلومات والحقائق وتنظيمها وفق نظام معين يهدف الى استنتاج حقائق ومعلومات اخرى جديدة. من المعلوم ان نظم الاستخبارات المتقدمة تلعب دوراً بارزاً في حفظ توازن القوى في العالم اوقات السلم كما يكون لديها مفاتيح النصر اوقات الحرب. وتعني الاستخبارات حسب مفهوم الشؤون الدولية: التوقع بحدث ما قبل وقوعه في دولة معينة كرد فعل معين للازمات السياسية او الاقتصادية او العسكرية.



وتتميز عملية الاستخبارات بكونها دورية ومستمرة، وتهدف عمليات الاستخبارات الى توفير تغطية من الصور الجوية والفضائية للارض باستمرار ويتم تفسيرها تبعاً لمعرفة اية تغيرات عسكرية او غيرها التي تحصل في منطقة معينة، ويرى الخبراء العسكريون ان هذا النمط من الاستخبارات المتقدمة يمنع القوى المعتدية او المتغطرسة من تنفيذ مخططاتها العدوانية، واذا ما علموا دائماً بان مخططاتهم مكشوفة ومحللة ومفهومة، ومما يفقدهم عنصر المفاجئة في العدوان والذي ربما يكون اهم اسباب النصر وفي اوقات الحروب واثناء العمليات الحربية فان تواجد نظام متقدم لاستخبارات الارض يكون من العوامل الاساسية التي تحسم المعركة لصالح الدولة التي تملك نظام الاستخبارات المتقدمة، لذا يساعد هذا النظام على تزويد دائرة العمليات الحربية تباعاً باحدث المعلومات عن تحركات العدو العسكرية، بالاضافة الى امكانية معرفة خصائص الاراضي التي تخضع للعمليات الحربية المختلفة.

ويتولى مهام تفسر الصور للاغراض العسكرية والاستخبارات مجموعة من المتخصصين على مستوى عال من التدريب، بحيث تمكنهم من التعرف الى الاهداف العسكرية الارضية وتمييزها. بالاضافة الى قدراتهم على توفير المعلومات اللازمة عن طبيعة الارض وخصائصها المختلفة، وتقييم تلك المعلومات واعداد التقاريرالخاصة بها في وقت قصير، لذا يجب ان يتمتع مفسر الصور العسكري بخلفية علمية متنوعة ومتعمقة في اساليب تفسير الصور ويتمتع بقدرات ذهنية عالية وبلم بجميع علوم الحياة ليستفيد منها في تفسير الصور.

الشكل (4-28) استخدام الصور الجوية والفضائية للاغراض العسكرية

ويمكن استخدام الصور في عملية الاستخبارات العسكرية بشكل مباشر وغير مباشر، ومثال الطرق المباشر: حصر الطائرات او المعدات العسكرية الشكل (4-28)، او معرفة مواقع الصواريخ ومنصاتها، والطرق غير المباشرة: مثلاً حساب حجم خزانات الوقود في القواعد العسكرية لمعرفة اجمالي ساعات الطيران الممكن تزويدها به.

ويمكن استخدام الصور لمعرفة الاليات العسكرية المتخفية تحت الاشجار باستخدام الصور الحساسة للاشعة الحرارية ولكن ايضاً يستطيع العسكريون التشويش والتمويه على هذه المعلومات، فعلى سبيل المثال لا الحصر يتم وضع اجسام صواريخ خشبية مغطاة بجديد لتضليل مفسري الصور الحرارية، ويمكن تمويه المواقع المهمة في المدينة او تغطيتها بمعالم اخرى لتضليل المفسر ايضاً.

17- دراسة تلوث البيئة المائية:

يمكن استخدام تفسير الصورالجوية والفضائية بطرق شتى لرصد الماء من حيث كميته او توزيعه الجغرافي. ومن امثلة ذلك راسم خرائط الحدود البحرية والانهار والبحيرات، وكذلك دراسة تلوث البيئة المائية لان الماء مصدر الحياة.

وفي التطبيقات المائية لابد ان نعرف الخصائص الاساسية للتفاعلات بين الاشعة والماء، اذ يلاحظ انه كلما ازداد طول الموجة، ارتفعت نسبة امتصاص الاشعة وقلت نسبة انعكاسها من سطح الماء. اما الثلج والجليد فلهما بشكل عام معامل انعكاس عال في الجزء المرئي من طيف الاشعة الكهرومغناطيسية، وينخفض هذا المعامل في بداية مجال الاشعة تحت الحمراء ولكنه يبقى اعلى بكثير من معامل انعكاس العناصر الاخرى، الا انه مع اتجاه منحنى الانعكاس نحو الاشعة تحت الحمراء المتوسطة في المجال2.1 - 2.35 مايكرومتر يهبط معامل الانعكاس للثلج بشدة بحيث يصبح اقل انعكاساً من جميع العناصر الاخرى، وهذا يفيد مجال الاشعة تحت الحمراء المتوسطة في التفريق بين الثلج والغيوم، كما يمكن باستخدام القناة الحرارية، التي يتراوح طول موجتها ما بين 10.5 - 12.5 مايكرو متر، ويتحدد الغطاء الثلجي اعتماداً على اختلاف درجات الحرارة لكل من الثلج والجليد والمواد المحيطة بكل منها، اذ يبدو الثلج اسود داكن وتبدو العناصر الدافئة اكثر بياضاً في الصور الحرارية.

ومن المعروف انه لا توجد مياه طبيعة الا وتحتوي على شيء من المواد الغريبة، وتعد المياه الملوثة عندما تحتوي على مواد غريبة تكفي لان تحد من استخدامها للاغراض المنزلية او الصناعية. ولا يكون مصدر التلوث ناتجا عن النشاط البشري وحده، فمن المصادر الطبيعة للتلوث نذكر المواد المعدنية الناجمة عن غسيل التربة وتفسخ النباتات، وعندما نتحدث عن التلوث المياه لابد ان ناخذ بالحسبان نمطين اثنين من مصادر التلوث: الملوثات المباشرة والملوثات غير المباشرة. ويقصد بالملوثات المباشرة تلك التي يمكن حصر

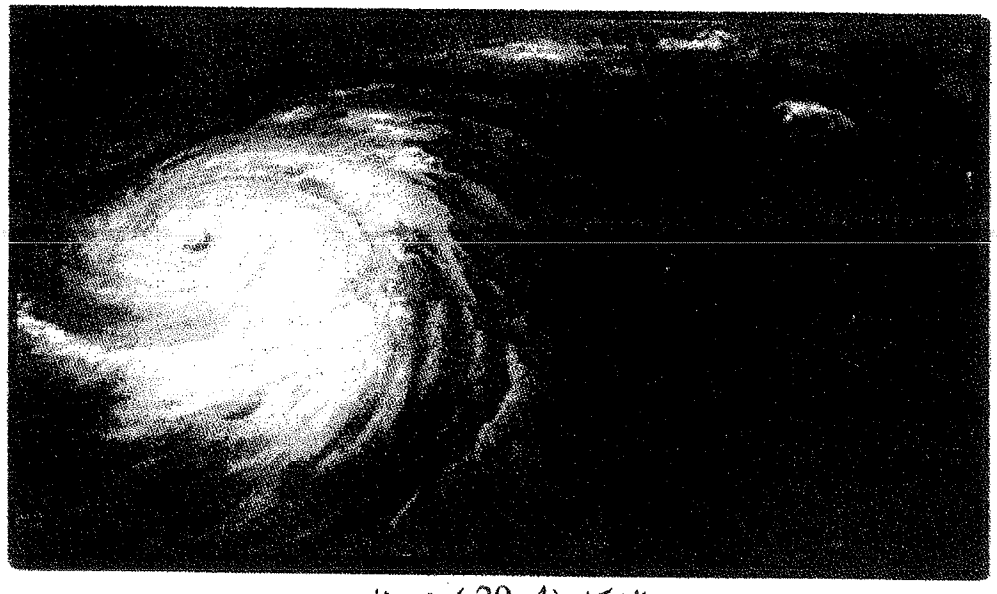
موقع مصدرها، مثل مخارج المصانع اما الملوثات غير المباشرة فتضمن الملوثات التي تكون مصادرها متعددة ومتفرقة، مثال ذلك ما تحمله معها المياه الخارجة من الحقول الزراعية من اسمدة ورواسب.

ويتعذر تحديد نوع الملوث ومعرفة تركيزه باستخدام الصور وحدها، الا انه يمكن استخدام الصور لتحديد الموقع الذي يتلقى فيه الملوث بالكتلة المائية، وتحديد طريقة انتشاره، ويمكن في بعض الاحيان كما في حالات الرواسب المعلقة في الماء تقدير تركيز الرواسب بقياسات كمية للراديومترية الفوتوغرافية يرفقها تحليل مخبري لعينات مختارة من الماء.

كما يمكن الكشف عن المواد التي تكون طبقات رقيقة على سطح الماء، كطبقات النفط، بوسائل الاستشعار عن بعد، اذ يكون لون طبقات النفط السميكة بنياً او اسود. اما اغشية النفط الرقيقة او اثار النفط فلها لمعان فضي او ذات الوان قزحية وليست بنية او ذات سواد واضح والاختلافات الرئيسة بين انعكاسية الكتل المائية وطبقات النفط في الجزء من الطيف الضوئي بين 0.30-0.45 مايكرومتر، لذلك فاننا نحصل على افضل النتائج باجراء التصوير الملون والعادي او التصوير بالاشعة فوق البنفسجية.

18- دراسة الكوارث الطبيعية:

من الفوائد المهمة لتقنيات الاستشعار عن بعد استخدامها في تقدير ومعرفة الاضرار وخسائر الكوارث الطبيعية وتساعد هذه الوسائل في توثيق الحاجة للمساعدات العاجلة من غيرها وكذلك يمكن استخدامها من قبل شركات التامين لتساعدهم في تقدير قيمة الخسارة في الممتلكات. ومن اقرب الامثلة ما حدث من زلزال (تسونامي — Tsunami) الذي حدث نهاية عام 2004 م والذي كان سببه زلزال في البحر ادى الى فيضانات في المنطقة كلها من اندونوسيا الى الهند ونلاحظ في الشكل (4-29) جزءاً من الجزر الاندونوسية التي اصابها الفيضان، ففي الصورة التي قبل الفيضان لون التربة فاتح ولكن بعد تشبعها بالماء يكون لونها غامق لانها رطبة.



الشكل (4-29) تسونامي

19- استخدام معطيات الاستشعار عن بعد والتقنيات الجغرافية في مراقبة ورصد ظاهرة التصحر:-

تعد مشكلة التصحر من المشاكل البيئية التي لها انعكاسات سلبية كبيرة على الواقع البيئي والاقتصادي والحضاري والصحي، اهمها الغبار والعواصف الترابية وتحرك الكثبان الرملية وتدهور الاراضي المنتجة ومالها من نتائج على زيادة تلوث الهواء. وللوصول الى فهم افضل لتفاقم مشكلة التصحر وتحليل اسبابها والحد من انتشارها، لابد من استخدام تقنيات حديثة شمولية وسريعة وفعالة التي تسهل من رصد مشكلة التصحر بصورة شاملة ودورية في مراحلها المبكرة لان التصحر يتشكل نتيجة عمليات تدهور تدريجي للتوازن البيئي.

ويتم دراسة ورصد التصحر وتدهر الاراضي باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد المختلفة، اذ يتم استخدام الصور الفضائية المسجلة بمجالات طيفية مختلفة، وذلك لملاحظة وحصر عمليات التصحر وتدهور الاراضي اعتمادا على قيمة الاشعة المنعكسة في حزم طيفية مختلفة وتطبيقها على برامج الاستشعار عن بعد وتحليلها وتصنيفها رقميا لعزل درجات التصحر في طبقات مختلفة يتم تمثيلها خرائطيا.

نشاط

الادوات اللازمة للنشاط:- برمجية الاستشعار عن بعد والصور الجوية والفضائية والخرائط المتوفرة وجهاز الرؤيا المجسمة (الستيريوسكوب).

نشاط رقم (1) ضع كلمة صح أمام العبارة التي تتفق ومفهوم الاستشعار عن، وكلمة خطأ أمام العبارة التي لاتتفق ومفهوم الاستشعار عن بعد:-

1. الأتصال التلفوني.
2. التلذذ في أكل الآيس كريم.
3. عملية النظر بالعين الى الطبيعة.
4. سماع الأصوات من مسافة قريبة.
5. استنشاق الروائح.

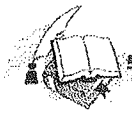
نشاط رقم (2) أعمل مخطط هيكلي توضح فيه تفاصيل طرق التفسير والتحليل لبيانات الاستشعار عن بعد.

نشاط رقم (3) قارن باستخدام الجدول بين الصور الجوية والصور الفضائية.

نشاط رقم (4) قم بتحضير زوج من الصور الجوية المجسمة (Stereo Model)، وباستخدام جهاز الستيريوسكوب الجيبي أو ذو المرايا، ثم قم بتجسيم المنطقة المشتركة المتداخلة والتعرف على استخدامات الارض في المنطقة المشتركة ووصف طبوغرافيتها.

نشاط رقم (5) استخدم الصور الجوية والصورالفضائية، وحاول المقارنة بينهما وتحديد الظواهر البشرية والطبيعية في كل منهما بتطبيق جميع مراحل التفسير والتحليل البصري.

نشاط رقم (6) أعمل موزاييك لمجموعة من الصور الجوية المتتابعة والمأخوذة في شريط طيران واحد أو عدة اشرطة طيران متجاورة وارسم خارطة بالورق الشفاف على الموزاييك محددا عليها جميع الظواهر الطبيعية والبشرية.



نشاط رقم (7) استخدم أحد برامج المعالجة الرقمية للاستشعار عن بعد لاجراء عمليات التصنيف الموجه (Supervised Classification) والتصنيف غير الموجه (Unsupervised Classification) لخمس تصنيفات في صورة فضائية تغطي منطقة معينة.

نشاط رقم (8) لديك عدة قنوات طيفية (باندات) او طبقات، اجمع هذه الباندات او الطبقات لتكوين صورة فضائية واحدة.

الفصل الخامس

نظم المعلومات الجغرافية

Geographic Information Systems (GIS)

نظم المعلومات الجغرافية
Geographic Information Systems (GIS)

5-1 : المقدمة:

تعيش البشرية حاليا مرحلة تقنية هائلة تسمى مرحلة المعلومات، التي فتحت الافق واسعا لمستوى الابداع لدى الانسان، اذ تتميز هذه المرحلة بالكم المتراكم والهائل من المعلومات، الذي يتدفق بسرعة كبيرة جدا، ومن مصادر هذا الكم الهائل المقومات الطبيعية والبشرية وما يتولد عن تفاعلها. وتعد نظم المعلومات الجغرافية (GIS) جزءا مهما من تقنيات نظم المعلومات بشكل عام وتقنيات المعلومات الجغرافية بشكل خاص، التي تضم ايضا تقنيات الاستشعارعن بعد (Remote Sensing) ونظام تحديد الموقع العالمي(Global Positioning System ;GPS) والخرائط الرقمية والمحطة المتكاملة (Total Station)، والتي تطرقنا اليها في الفصول الاربعة السابقة من هذا الكتاب.

تأتي جميع البيانات والمعلومات الجغرافية على مستويات متداخلة متعددة الخصائص والأبعاد، وترتبط كل ظاهرة طبيعية او بشرية بمرجعية ارضية مناسبة وموقع جغرافي مرتبط بنظام احداثيات كخطوط الطول ودوائر العرض. ويتكون العالم الحقيقي من كم هائل من المعلومات الجغرافية المتداخلة والمتنوعة، التي تحتاج عملية الافادة منها وتوظيفها في العمليات التخطيطية والتنموية الشاملة الى السيطرة على بياناتها وحسن تنظيمها في تقنيات آلية حديثة وفعالة تضمها وملفات تصنفها وتسهل استخدامها وتجعل عملية الوصول اليها سريعة، ويصطلح على التقنية الحديثة التي تقوم باجراء كل ذلك باسم نظم المعلومات الجغرافية (GIS). وتفهم عادة بأنها عمليات تهتم بالخرائط كبيرة المقياس وتعتمد على مصادر مالية كبيرة، التي تنتج بواسطة الحكومات والبلديات والأقسام الإدراية، حيث أن الهدف الأساسي منها هو دعم السياسيين والإداريين لاتخاذ قرارات متوازنة فيما يتعلق بالموارد الطبيعية البشرية، كما يمكن الاستفادة منها في تخطيط التنمية والبحوث العلمية. وليس هناك تعريف ثابت لنظم المعلومات الجغرافية بسبب تعدد التطبيقات والاختلاف حول تحديد وتصنيف أهداف هذا النظام.

5-2: تعاريف نظم المعلومات الجغرافية (ن.م.ج):

تسمى ايضا ن.م.ج أو (GIS) وهي أختصار لمصطلح نظم المعلومات الجغرافية (Information Systems Geographic)، لأنها تهتم بالمعلومات الجغرافية باختلاف أنواعها. وليس هناك تعريف ثابت لنظم المعلومات الجغرافية بسبب تعدد التطبيقات والاختلاف حول تحديد وتصنيف أهداف هذا النظام، وفي بعض الاحيان تسمى بنظم المعلومات المكانية (spatial Information Systems) ومن اهم هذه التعارف وأكثرها شيوعا ما يأتي:

أ – تعريف دويكر (Ducker 1979):

نظم المعلومات الجغرافية هي حالة خاصة في نظم المعلومات التي تحتوي على قواعد معلومات تعتمد على دراسة التوزيع المكاني للظاهرات والنشاطات والأهداف التي يمكن تحديدها في المحيط المكاني كالنقط والخطوط أو المساحات، إذ تقوم ن.م.ج بمعالجة المعلومات المرتبطة بتلك النقط أو الخطوط أو المساحات لجعل البيانات جاهزة لاسترجاعها وتحليلها أو الاستفسار عن البيانات من خلالها.

ب – تعريف بوروغ (Burrough 1986):

"نظم المعلومات الجغرافية هي مجموعة من حزم البرامج التي تمتاز بقدرتها على إدخال وتخزين واستعادة ومعالجة وعرض بيانات مكانية لجزء من سطح الأرض".

ج – تعريف باركر (Parker 1988):

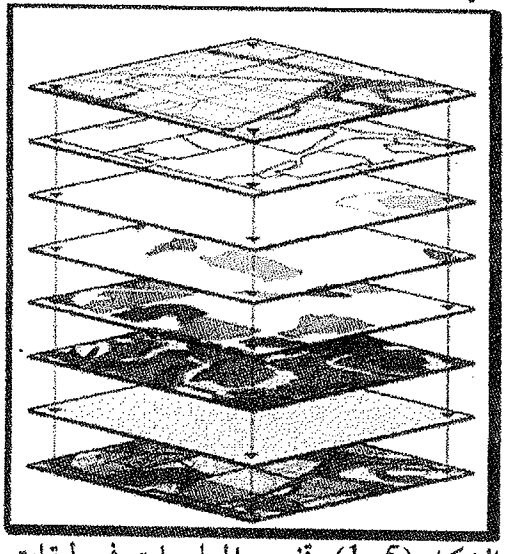
"نظم المعلومات الجغرافية هو نظام تكنولوجي للمعلومات والذي يقوم بتخزين وتحليل وعرض كل المعلومات المكانية وغير المكانية".

د – تعريف مؤسسة ايسري (ESRI 1990):-

هو عبارة عن مجمع متناسق يضم مكونات الحاسب الالي والبرامج وقواعد البيانات بالاضافة الى الافراد وفي مجموعة تقوم بحصر دقيق للمعلومات المكانية وتخزينها وتحديثها ومعالجتها وتحليلها وعرضها".

ومن التعاريف والمفاهيم الشائعة الاخرى لنظم المعلومات الجغرافية "بانها عبارة عن تقنية معلوماتية، وهي عبارة عن نظم بيانات متخصصة تعتمد في عملها اساسا على الحاسوب، وهي مكونة من المعلومات والبرمجيات والاجهزة والعمليات التي تستخدم من اجل تجميع وتحويل ومعالجة وربط وتحليل وعرض كم هائل من البيانات الرقمية (Digital Data)، المرتبطة بمواقع جغرافية محددة بنظام احداثي والمتعلقة بسطح الارض بما فوقه وما تحته واستخدامات الاراضي والموارد الطبيعية المتجددة وغير المتجددة وتجمعات السكان والمرافق وغيرها".

ويلاحظ في الشكل (5-1) بان هذه الطبقات المعلوماتية متطابقة مع بعضها البعض لنفس الموقع الجغرافي، ويعد الموقع الجغرافي العنصر الاساسي اللازم لتحليل البيانات والمعلومات المستخدمة في نظم المعلومات الجغرافية. ومن الوظائف الجوهرية لنظم المعلومات الجغرافية، بانها تقوم بربط البيانات المكانية مع البيانات الوصفية المرتبطة بتلك الظواهر الجغرافية من خلال قاعدة بيانات وتحليلها وعرضها بمقياس رسم محدد ومصحح ومن ثم طباعتها.



الشكل (5-1) تخزين المعلومات في طبقات
تعتبر السمة الأساسية في نظم المعلومات الجغرافية

5-3: لمحة تاريخية عن تطور نظم المعلومات الجغرافية:

بدأ ظهور اول المفاهيم الاساسية في نظم المعلومات الجغرافية بين عام 1950 – 1960 م. ولكن البداية الحقيقية والعملية بدأت مع بداية ظهور نظام المعلومات الجغرافي الكندي (CGIS) في عام 1964 م،اذ يعد واحد من اقدم انظمة المعلومات الجغرافية التي قدمت منتجات خرائط بمقاييس كبيرة وكان الغرض من هذا النظام هو تحليل البيانات التي تم جمعها وتنسيقها من قبل ادارة الاراضي الكندية لغرض الحصول على احصائيات تستخدم في وضع خطط التطوير وادارة مساحات كبيرة في الريف الكندي.

وقد انتجت ادارة الاراضي الكندية خرائط بمقياس 1:50,000 لمواضيع مختلفه مثل استخدامات الاراضي، قابلية التربة للزراعه، قابلية الغابات وغيرها، واستمرت عمليات التطوير على هذا البرنامج متزامنه مع تطور التقنات الآلية المستخدمة في ادخال البيانات ومخرجاتها حتى اكتملت قاعدة البيانات للمشروع وكان المنتج الرئيسي خلاصات احصائية واخراج خرائط بسيطة نسبيا تتضمن الأفكار الرئيسية للمشروع والمرتبطة بموضوعات مختلفه وجديدة.

وفي منتصف السبعينات وفي احد مؤتمرات مستخدمي الحاسوب لرسم الخرائط وتحليلها تم الاتفاق على تسمية هذه النظم باسم نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، نظرا لكثرة اسماء النظم والبرامج المستخدمة في هذا المجال مثل نظم معلومات الاراضي، ونظم معلومات الطرق، ونظم معلومات الخدمات وغيرها، وذلك لمعالجة ورسم ودراسة وتحليل جميع العناصر الجغرافية بالنقاط والخطوط والاشكال في جميع هذه النظم.

وجاءت مساهمات مجموعه جامعه هارفارد منذ منتصف الستينات وحتى بداية الثمانينات من القرن الماضي كمساهمات كان لها الدور الهام في تطوير برمجيات نظم المعلومات الجغرافية وعرفت هذه البرمجيات برزم هافارد (Harvard Packages) ولكن تاثير هذه البرامج بدأ ينحصر بعد ذلك.

ومن المساهمات البارزة التي لا بد من الاشارة اليها هي اسهامات مكتب تعداد السكان الامريكي، والتي جاءت تلبية لحاجة المكتب الى وضع اول نظام ترقيم لمواقع السكان عام 1970 م، اذ قامت باعداد ملفات حاسوبية خاصة وكانت هذه الملفات اللبنة الاساسية لتطوير انماط الترقيم المختلفه للاحياء السكنية في فترة التسعينات من القرن الماضي.

اما معهد او مؤسسة بحوث النظم البيئية الامريكية (أيسري)، فكانت لها اسهامات فعالة ومؤثرة، اذ تاسس هذا المعهد في عام 1969م وفي بداية الثمانينات بدأ المعهد باستخدام نظام المعلومات الجغرافي المسمى ARC/INFO وقد مثل هذا النظام فكرة ناجحة للتعامل مع معلومات مكانية ومعلومات وصفية منفصلة، و تم توظيف هذا النظام (البرنامج) بنجاح في العديد من تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في جميع انحاء العالم.

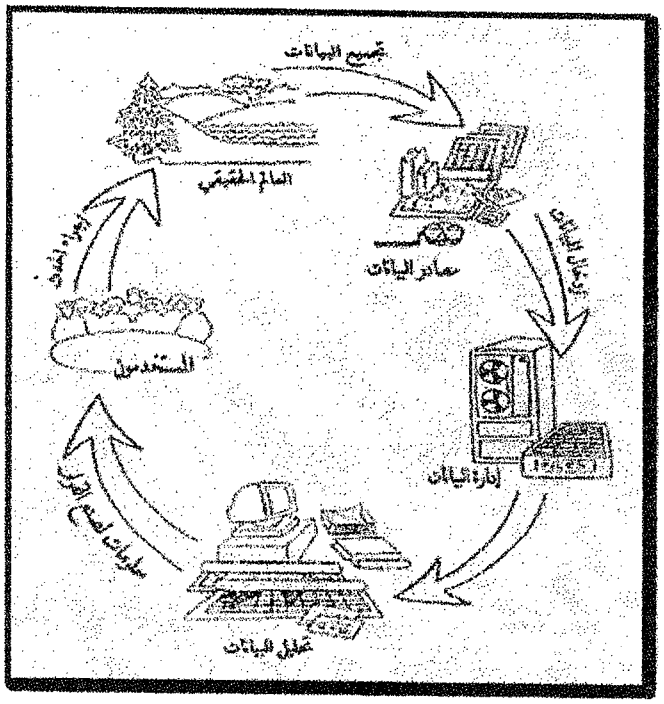
5-4: مفهوم نظم المعلومات الجغرافية:

جاءت فكرة نظم المعلومات الجغرافية لتقوم بتحقيق أعلى درجة مقارنة ومطابقة مكانية بين عدد من الطبقات المعلوماتية او الخرائط فوق بعضها البعض لمنطقة جغرافية محددة كما لاحظنا في الشكل (1-1) سابقا. ومن الناحية الفسيولوجية فان مطابقة هذه المعلومات المكانية فوق بعضها البعض يتطلب القيام بمحاولة لجعل العقل البشري يتصورها كوحدة واحدة، ولكن مطابقة طبقتين أو أكثر من الخرائط فوق بعضها البعض بالطريقة اليدوية التقليدية ستكون فاشلة، لان العين تصبح مرتبكة والعقل يصبح متنافر وغير قادر على المطابقة والمقارنة بينها.

وفي عام 1970م أصبحت مشكلة المطابقة والمقارنة بين عدة خرائط او طبقات لمنطقة معينة محلولة واكثر سهولة من خلال استخدام الحاسوب، وخاصة بعد الزيادة السريعة في كفاءة وزيادة خزن ذاكرة الحاسوب التي قدمت امكانية كبيرة في المطابقة

المكانية لجميع مصادر المعلومات المكانية مع بعضها البعض التي ترتبط بمرجعية احداثيات جغرافية واحدة.

ولتقريب الفكرة من الاذهان وبشكل مبسط لآلية عمل نظم المعلومات الجغرافية، يمكننا ان نستعين بمثال بسيط ومشابه من حيث الفكرة، فعندما يتم انتاج التسجيل لأي مقطوعة موسيقية فأن الشريط المسجل يحتوي على عدد من العناصر(الطبقات)، اذ يمثل كل عنصر مسجل آلة موسيقية معينة، فالعنصر الأول على سبيل المثال يمثل تسجيل الجيتار والعنصر الثاني يمثل تسجيل الطبل والعنصر الثالث يمثل تسجيل المغني وهكذا. وبمقارنة هذا المثال مع نظم المعلومات الجغرافية فان عناصر (طبقات) المقطوعة الموسيقية تقابلها في نظم المعلومات الجغرافية طبقات معلوماتية مختلفة، فمثلا طبقة استخدامات الأرض تمثل العنصر الاول، وطبقة ملكيات الارض تمثل العنصر الثاني، وطبقة التربة تمثل العنصر الثالث وهكذا. ويمكن توضيحها بشكل أكثر تفصيلا فالتسجيل الموسيقي يجمع كل نسق التحكم المكون من الصوت الذي يحتوي على العناصر الموسيقية الثلاثة المذكورة اعلاه، ويتم استخدام هذا التحكم لتحسين الصوت او تبديله. اما في نظم المعلومات الجغرافية فان آلية التحكم هذه تكون ضمن معالجة الطبقات المعلوماتية التي يشتمل عليها النظام، يلاحظ الشكل (5- 2) الذي يوضح تفاصيل مفهوم آلية عمل نظام المعلومات الجغرافي.



الشكل (5-2) مفهوم وآلية عمل نظام المعلومات الجغرافي

ان المفهوم الاساسي لنظم المعلومات الجغرافية هو الوصول الى الحلول والقرارات السديدة المبينة على معالجة وتحليل المعطيات والمعلومات المختلفة الانواع بعد ربطها بموقعها الجغرافي، بحيث تتميز انظمة المعلومات الجغرافية عن باقي انشطة المعلومات بقوة تحليلها للمعلومات المرتبطة بموقعها الجغرافي الصحيح والعلاقات المكانية بين المعلومات. حيث تبرز قوة التحليل في انظمة المعلومات الجغرافية في تخزين البيانات في اكثر من طبقة (Layer) واحدة، وتستخدم بعض البرامج مصطلح ثيم (Theme) اي موضوع بدلاً من طبقة، وكذلك تسمى مستوى (Level) وغطاء (Coverage)، ولكن سوف نستخدم المسمى الاكثر انتشار وهو طبقة. بحيث تكون كل طبقة تحتوي على معالم لها التصنيف نفسه، وذلك للتغلب على المشاكل التقنية الناجمة عن معالجة كميات كبيرة من المعلومات دفعة واحدة حيث تعطي قدرة تحليلية افضل، لان التغلب على مشكلة في طبقة الطرق مثلاً افضل من معالجتها في كامل النظام، بالاضافة لربط هذه الطبقات بجداول او

معلومات غير مكانية (Non-spatial) مرتبطة بنفس المعلم وتعتبر هذه السمة اساسية في اي نظام معلومات جغرافي.

5-5: علاقة نظم المعلومات الجغرافية بالعلوم والتقنيات الأخرى:

ورث نظم المعلومات الجغرافية بعض الوظائف والخصائص من علوم وتقنيات ونظم معلومات سابقة وارتبط بعلاقات متبادلة معها. ومن أهم هذه العلوم والتقنيات هي: نظم المعلومات المختلفة، كالاستشعار عن بعد ، نظام تحديد الموقع العالمي (GPS)، علم الجغرافية، علوم الحاسوب، الكارتوكرافيا (فن رسم الخرائط) علم المساحه، علم الاحصاء وغيرها. وسنوضح العلاقة المتبادلة بين نظم المعلومات الجغرافية وبين بعض العلوم والتقنيات والنظم المعلوماتية، ويقصد بالعلاقة المتبادلة هو تاثير كل طرف على الآخر وابراز هذا التأثير سواء كمصدر لتوفير المادة العلمية او كأداة تطبيقية او غيرها، ويمكن توضيح ذلك كالاتي:-

1 – علاقة نظم المعلومات الجغرافية مع نظم المعلومات الاخرى:

نظرا للكم الهائل من المعلومات اصبح من الصعوبة بمكان التعامل معها واستيعابها والاستفادة منها، الا اذا نظمت وصنفت وفهرست وجردت واختزلت رقمياً وخزنت في قواعد بيانات يمكن التعامل معها آلياً والاستفادة منها دون ان يخل هذا الاختزال والايجاز والتخزين بدقتها وصحتها او دلالتها. فدعت الحاجة الى ابتكار طرق ونظم لتخزين هذه المعلومات وادارتها، فظهرت انواع كثيرة من نظم ادارة المعلومات، منها مثلا نظم ادارة المعلومات اوما تسمى نظم المعلومات الادارية (Management Information System; MIS) أو قواعد البيانات (Data Base) ونظم المعلومات الجغرافية (Geographical Information System;GIS) ونظم التصميم بمساعدة الحاسوب (Computer Aided Design;CAD).

ومن الامثلة على انظمة ادارة المعلومات أو قواعد البيانات المعلومات لمرضى داخل مستشفى ما، اذ تحتوي على معلومات عن المرضى من اسم المريض وعنوانه ورقم هاتفه

وتاريخه المرضي وغيرها من المعلومات الضرورية التي تساعد الطبيب في تشخيص حالة المريض. اما انظمة المعلومات الجغرافية فالبعض ينظر اليها بالمفهوم اللفظي فقط ويعتقد انها نظم تهتم بالعلوم الجغرافية فقط دون غيرها، والبعض الآخر لا يستطيع تحديد الفارق بينها وبين ما يسمى نظم ادارة المعلومات (قواعد البيانات) المستخدمة في الشركات والبنوك ومكاتب السفر والسياحة (مثل اسماء العملاء وعناوينهم واسماء الموظفين ورواتبهم).

والفرق بين نظم ادارة المعلومات (MIS) اوماتسمى قواعد البيانات (Data base) ونظم المعلومات الجغرافية بصورة مبسطة هو ان قواعد البيانات الشائعة يتم من خلالها تخزين وتبادل المعلومات بين فروع الشركات والبنوك من حيث النوع والكم دون توفر امكانية ربط المعلومات مع مواقعها الحقيقية على سطح الكرة الارضية. بينما نظم المعلومات الجغرافية تتيح عملية ربط المعلومات مكانياً مع توفير امكانية التحليل المكاني للمعلومات.

ويمكن تلخيص اهم الفروق بين انظمة ادارة المعلومات (Management Information System ; MIS) او قواعد البيانات (Data Bases) ونظم المعلومات الجغرافية (Geographical Information System; GIS) وانظمة التصميم والرسم بالحاسوب الآلي (Computer Aided Design; CAD) والخرائط، وانظمة معالجة الصور الفضائية كما في الجدول (5-1).

الجدول (5-1) الفروق بين نظم المعلومات الجغرافية والنظم الاخرى.

الخاصية	نظم المعلومات الجغرافية Geographical Information (System GIS)	نظم ادارة المعلومات Management Information (System MIS)	الخرائط Maps	انظمة معالجة الصورالفضائية Image Processing (IP)	انظمة الرسم بالحاسب الالي Computer Aided Design (CAD)
موجود منذ زمن	=	√	√	=	=
يهتم بالموقع المكاني للمعالم	√	×	√	√	√
يهتم بالمعلومات الوصفية والبيانات العامة	√	√	×	×	=
قدرة تحليلية مكانية عالية (طوبولوجي) Topolgy	√	×	×	×	-
قدرة على عمليات الرسم والتحرير	-	×	×	×	√
ربط المعالم بالمرجع الجغرافي الوطني او العالمي	√	×	√	√	=
قدرة على التعامل مع المعلومات الخطية vector Data	√	×	√	-	√
قدرة على التعامل مع المعلومات المساحية (الخلوية) Raster Data	-	×	√	√	×
تخزين المعلومات في طبقات Layers	√	×	=	√	√
مثال لاحد البرامج الموجودة حالياً	ERSI-ArcGIS	Oracle DB	Atlas	ERDAS	Auto CAD

المفتاح: √ نعم × لا = متوسط

2 - الاستشعار عن بعد (Remote Sensing):-

يعد الاستشعار عن بعد يعد احد الانواع الرئيسية لمدخلات نظم المعلومات الجغرافية، اذ تستخدم معلومات الاستشعار عن بعد في تحليلات وتطبيقات مكانية خاصة. تقدم نظم الاستشعار عن بعد المختلفة بيانات ضرورية ومهمة الى نظم المعلومات الجغرافية، اذ تساعد في زيادة قابليتها على المعالجة والتحليل والعرض لهذه البيانات والعكس بالعكس. لقد تطورت نظم المعلومات الجغرافية جنبا الى جنب مع نظم الاستشعار عن بعد بسبب العلاقة الوثيقة والمتكاملة بين الاثنين، وتعزى هذه العلاقة الوثيقة بين الاثنين الى الأسباب الآتية :

- الاستشعار عن بعد يزود نظم المعلومات الجغرافية بالبيانات الحديثة والمتجددة في كل وقت وبشكل دوري منتظم باقل جهد وكلفه وبصيغه تنسجم مع متطلبات عمل نظم المعلومات الجغرافية.
- تستخدم كل من نظم الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية أجهزة وبرامج حاسوب متشابهه وهذا سيساعد في استثمارالأعتمادات المالية والخبرات في انشاء مؤسسات وشركات تعمل في المجالين معا.
- البيانات الاخرى المستخدمه في نظم المعلومات الجغرافية والمستحصلة من مصادر بيانات اخرى غير بيانات الاستشعار عن بعد يمكن الاستفادة منها وتوظيفها في تحليل بيانات الاستشعار عن بعد كبيانات مساعدة.
- ينتج دليل التفسير البصري للصور الجوية و الفضائية خارطة او مجموعه خرائط توضح الحدود بين الاصناف المختلفه للترب او استخدامات الارض وغيرها، اعتمادا على النمط الفوتوغرافي الذي تاخذه الظواهر الارضية على الصور الجوية والفضائية، هذه الحدود تهيئ بصيغه رقمية تكون مناسبة لادخالها في نظم المعلومات الجغرافية.

- يمكن ادخال البيانات الرقمية المستحصلة من الاستشعار عن بعد بشكل مباشر الى برمجيات نظم المعلومات الجغرافية القادرة على التعامل مع البيانات الخلوية مباشرة.
- على الرغم من هذه العلاقه التكاملية الوثيقه فأن الربط بين نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد يواجه كثير من الصعوبات والمشاكل ويحتاج الى أبحاث كثيرة لاستغلال واستثمار هذه العلاقه الوثيقه بينهما بأفضل صيغه.

3 - نظام تحديد الموقع العالمي (Global positioning system ; GPS):-

وهي نظم مرتبطة بالاقمار الصناعية تزود المستخدم بمعلومات دقيقه للمواقع على سطح الارض والاحداثيات والوقت من خلال النقل الدقيق للاشارات الموقوته، ويعبر عن الموقع بخط الطول ودائرة العرض او اي نظام احداثي اخر، اذ يتم استلام الاشارات بجهاز الكتروني خاص الحجم الاصغر منه يحمل باليد وربما يكون اصغر من ذلك يلاحظ الشكل (5-3). وسبق ان تكلمنا بالتفصيل عن هذه التقنية في الفصل الثالث من هذا الكتاب .

يلعب نظام تحديد الموقع العالمي والانظمه والاجهزة المرتبطة به دورا مهما في تزويد نظم المعلومات الجغرافية بالبيانات الرقمية الفورية خاصة فيما يتعلق بتطبيقات المناطق الشاسعة هو المناطق التي يصعب الوصول اليها كالصحارى والمناطق الجبلية الوعرة وغيرها.

الشكل (5-3) يتألف جهاز تحديد الموقع العالمي من الهوائي وجهاز الاستقبال (على الكتف) وجهاز التقاط البيانات (في اليد).

4 - الجغرافية:-

يعني علم الجغرافية بدراسة وتحليل العلاقات المكانية للظاهرات الطبيعية والبشرية، وما ينتج عن ذلك من تفاعلات بيئية تشكل المتطلبات الاساسية للحياة على سطح الارض. لقد بينت الدراسات السابقه بان أكثر المجالات العلمية التي تطبق فيها نظم المعلومات الجغرافية تخضع لعلم الجغرافية وهذا دليل على الصله الوثيقه بينهما.

ويعد علم الجغرافية هو المصدر الاول للأفكار الجغرافية التي تبلور خصائص المكان من حيث الموقع الحقيقي على سطح الارض وأصل نشاته الطبيعية او البشرية وتحديد ملامحه الوصفية والكميه وتحديد مدى التفاعل البيئي وما يمكن ان يتعرض له من تغييرات، وذلك بالاعتماد على التحليل الكمي في تتبع التغيرات الدورية لخصائصه وهنا تتجسد العلاقه بين الجغرافية ونظم المعلومات الجغرافية لتصل الى ذروة وظائفها التحليلية

للمساهمه في وضع الاهداف والافتراضات او التصورات المستقبلية التي يمكن ان تطرا على الظواهر الجغرافية.

ان علم الجغرافية يعد من العلوم الاولى التي تعاملت بنجاح مع الثورة المعلوماتية كتقنية الاستشعار عن بعد وما ينتج عنها من تدفق هائل وسريع للمعلومات عن كوكب الارض وما صاحب ذلك من الابتعاد عن الطرق التقليدية واعتماد تفسير وتحليل البيانات الفضائية، من خلال برامج الحاسوب المتخصصه وبذلك تم ادخال تقنيات التحليل الالي للبيانات والتقنيات المعلوماتية المتطورة الى التطبيقات الجغرافية وتسمى بالتقنيات الجغرافية (Geo -technologies) كنظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد ونظام تحديد الموقع العالمي والخرائط الرقمية وغيرها.

5- الكارتوكرافيا (فن رسم الخرائط):-

يعد علم الكارتوكرافيا من أهم فروع علم الجغرافيا وتلعب نظم المعلومات الجغرافية دورا مهما في تطور علم الكارتوكرافيا من خلال الفوائد التي حققها لفن رسم الخرائط باستخدام الحاسوب، ومساعدته مستخدمي الخرائط الذين لا يتقنوا رسم الخرائط الصعبة يدويا على انجازها بسرعة وبتفاصيل كبيرة جدا.، ويمكن تلخيص أهم الامكانيات الفنية التي تقدمها نظم المعلومات الجغرافية في مجال الكارتوغرافيا بما ياتي:-

- خزن كم هائل من البيانات بطريقة سريعة ومنظمة، اذ يتم التعامل معها بسهولة في الحاسوب.
- السرعة الكبيرة في استرجاع وعرض واخراج المعلومات والخرائط من الحاسوب عند الحاجة، واجراء التعديلات عليها وتحديثها باقل وقت وجهد وكلفة.
- تخزين الخرائط في الحاسوب بصيغة رقمية وتنظيمها وتصنيفها والحفاظ عليها من الضياع والتلف.
- اتاحة اسلوب سهل لتحليل المعلومات المكانية.

6 – الحاسوب:-

ترتبط نظم المعلومات الجغرافية بعلاقة وثيقة في ثلاثة فروع مهمة من علوم الحاسوب هي:-

1) **الرسم الآلي للخرائط:-** تركز هذه التقنية على انشاء الخرائط، لذا فأن نظم المعلومات الجغرافية تقدم معلومات وقدرات اكثر لادارة معلومات الخريطة واجراء العرض البياني وعمليات التحليل المكاني عليها.
2) **نظم ادارة قواعد البيانات:-** ان هذا النظام الحاسوبي يمكن ان يخزن وينظم ويدير جميع انواع البيانات بضمنها البيانات الجغرافية، ولكن هذا النظام الحاسوبي لايقدم امكانيات التحليل المكاني للبيانات وعرض المعلومات، لذا ياتي الدور الهام لنظم المعلومات الجغرافية للقيام بمهام التحليل المكاني.
3) **نظم التصميم بمساعدة الحاسوب (الكاد):-** يتشابه عمل هذا النظام الحاسوبي مع نظم المعلومات الجغرافية من الناحية الشكلية في تصميم وانتاج الخرائط والمخططات والرسوم البيانية، ولكن نظم المعلومات الجغرافية لا تمتلك قدرات عالية في الرسم الآلي، الا انها تمتلك قدرات كبيرة في عمليات التحليل المكاني. ان نظم الكاد تكون متخصصة في انشاء المخططات الهندسية للبنى التحتية، والخط المرسوم الذي يربط بين نقطتين لاتتحدد خصائصه وصفاته، ويقوم نظام المعلومات الجغرافي بالدور الفعال والهام في تحديد خصائص وصفات الاشكال الهندسية للمعالم الجغرافية وتقديم تحليل مكاني واسع لمخططات الكاد.

6-5: مميزات نظم المعلومات الجغرافية:-

تطورت الحاجة الى نظم المعلومات الجغرافية في تطبيقات العلوم والنظم المختلفة، بسبب قدرتها على تنظيم وتحليل المعلومات الجغرافية، اذ تمتاز بالقدرات والفوائد الاتية:

1. توفر نظم المعلومات الجغرافية فرصة للجغرافيين ليكونوا على علاقة مباشرة مع التقنيات المعلوماتية، لتساعدهم في ادارة البيانات وايجاد الحلول لجميع المشكلات

الجغرافية واتخاذ القرارات المناسبة، وتساعد في نشر المعلومات لقاعدة اكبر من المستفيدين.

2. تساعد في تخطيط المشاريع الجديدة والتوسعية.
3. امكانية الربط بين البيانات المكانية والوصفية مع مصادر المعلومات الاخرى.
4. التمثل (المحاكاة) للاقترحات الجديدة والمشاريع التخطيطية، اذ يمكن دمج مجموعات وقواعد بيانات كبيرة تسهل بناء نماذج حية او افتراضية للواقع على الارض، ودراسة النتائج قبل التطبيق الفعلي على ارض الواقع، مما يسهل التنسيق بين المعلومات والجهات ذات العلاقة قبل اتخاذ القرار.
5. تقدم نظم المعلومات الجغرافية وسائل متطورة تساعد على فهم أفضل للنمط والعمليات المكانية للظواهر الجغرافية، اذ تتميز بقدرة تحليلية مكانية عالية وتشتمل على اساليب تحليل مختلفة كالاسلوب الوصفي والاحصائي والمكاني، وقدرتها على انتاج معلومات جديدة من البيانات الأصلية المتوفرة.
6. تقوم باجراء فحوصات سريعة وبشكل دوري للنماذج الجغرافية، مثل صلاحية الاراضي الزراعية وقابليتها الانتاجية، فتسهل بذلك عملية تقويم الاسلوب العلمي المتعلق بمساحات شاسعة وبوقت قصير.
7. الامكانية الكبيرة لنظم المعلومات الجغرافية على تحديث قواعد البيانات وحفظها، وصيانتها، والتحكم بها بسرعة كبيرة، بحيث تكون هذه البيانات والمعلومات دائما حديثة وواقعية.
8. القدرة على التعامل مع كل من البيانات الخلوية (Raster Data) والبيانات الخطية (Vector Data) في بناء وتقوية قواعد البيانات الجغرافية.
9. القدرة على القيام بعمليات النمذجة المكانية المختلفة.
10. القدرة على التمثيل المرئي للمعلومات المكانية، اذ تنتج أنواعا متعددة من المخرجات الكارتوكرافية الموضوعية العادية او ثلاثية الابعاد، التي تشتمل على

الخرائط والاشكال البيانية والجداول الاحصائية، التي تتمثل ايضا في قوائم العناوين والملخصات الاحصائية، وتقدم امكانية كبيرة في تقليص الوقت والجهد في رسم وتحديث الخرائط.

11. الامكانية الكبيرة في استخدامها في مجالات تطبيقية متعددة التي تستند الى المعلومة المكانية كأساس لها.

كل هذه القدرات والامكانيات جعلت نظم المعلومات الجغرافية تمثل أفكارا وأهدافا قوية في المساهمة في دعم واتخاذ الحلول والقرارات المناسبة المبنية على معالجة وتحليل الأنواع المختلفة من المعطيات والمعلومات بعد ربطها بموقعها الجغرافي الصحيح، وتطور الحلول الفعالة بشكل لم يسبق له مثيل. وجعلتها متاحة لكثير من التطبيقات العامة والخاصة نظرا لمرونة استخدام النظام. وأصبحت نظم المعلومات الجغرافية تستخدم من الحكومات والمؤسسات والشركات والمدارس ورجال الاعمال والاشخاص، لتدلهم على افضل السبل لحل مشاكلهم المكانية.

اضافة الى ماسبق تتميزهذه الانظمة بمميزات تطبيقية خاصة، اذ تساعد نظم المعلومات الجغرافية بشكل فعال في تحديد النقاط والعوامل التطبيقية الاتية:

- التحديد (ما هذا).
- القياسات (المسافات، الزاويا، الاتجاهات، والمساحات).
- الموقع (مثلاً... أين تقع المدن والعواصم).
- الشرط (مثلاً... ماهي مدن العالم التي عدد سكانها أكثر من 300000 نسمة).
- التغير (مثلاً... ماهو التغير الذي حصل للمدن والبلدات منذ 10 سنوات مضت).
- التوزيع النمطي (مثلاً... ما هي العلاقة بين توزيع السكان ومناطق تواجد المياه).
- أنسب الطرق (مثلاً... ماهو أنسب طريق بين مدينة واخرى).

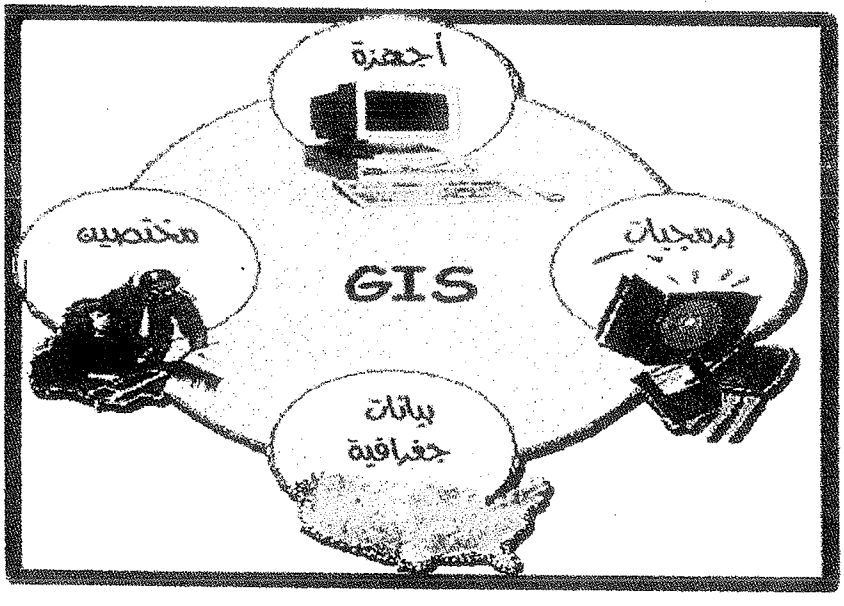
- السيناريوهات المستقبلية (مثلاً... ماذا يحصل إذا زاد عدد سكان مدينة معينة عن 20 مليون نسمة).

ويتطلب تحقيق الفائدة القصوى من امكانيات نظم المعلومات الجغرافية في الادارة المتكاملة ما يأتي:-.

- التخطيط والدراسة.
- توفر الامكانات المادية.
- التنسيق بين الجهات المستفيدة من النظام.
- التعريف والتحديد الدقيق للتطبيقات المطلوب انجازها من النظام.
- توفير البيانات والخرائط. توفير المختصين والفنيين ذوو الكفاءة العالية.
- التنظيم الاداري

5-7: مكونات نظم المعلومات الجغرافية:-

تتالف نظم المعلومات الجغرافية من أربع مكونات أساسية كما يلاحظ في الشكل (5 - 4):-



الشكل (5-4) يوضح مراحل ومكونات نظام المعلومات الجغرافي

5-7-1: الكيان الصلب:-

وهي عبارة عن تكنولوجيا الحاسوب وملحقاتها من أجهزة ادخال واخراج البيانات، الذي يعد الاساس في عمل نظم المعلومات الجغرافية لأنه يستطيع ان يتعامل مع كم هائل من البيانات والبرمجيات المعقدة.

5-7-2: الكيان البرمجي:

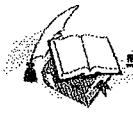
تحتاج نظم المعلومات الجغرافية الى برامج حاسوب متخصصة تقوم بتصميمها وانتاجها شركات برامج خاصة لمعالجة البيانات الجغرافية، اذ تصمم لتحقق اهداف خاصة لمحللي نظم المعلومات الجغرافية الذين يحتاجون لربط البيانات الى موقعها الجغرافي اعتمادا على احداثيات معينة. وهناك العديد من هذه البرامج منها على سبيل المثال لا الحصر برنامج أرك جي أي أس (ArcGIS)، برنامج انتراكراف (Intergraph)، برنامج ماب أنفو (MapInfo) وغيرها.

ولعل من المناسب ان نذكر بعض البرامج الموجودة حالياً في السوق والمشهورة منها، فهناك العديد من البرامج الشائعة التي صممت خصيصاً لنظم المعلومات الجغرافية يلاحظ (الجدول 5-2)، وسوف نورد احد البرامج كمثال وهو برنامج ArcGIS وهو من انتاج شركة أو مؤسسة ايسري (ESRI) وهو من البرامج المشهورة وذات امكانيات جيدة جداً من حيث دعم اغلب الصيغ وهيئات الملفات (File Format) المشهورة. وله قدرة عالية على اخراج النتائج في منتجات متعددة (جداول، او رسوم بيانية، او خرائط، وغيرها)، وكذلك قدرة جيدة في عمليات الاستعلام سواء كان على المعلومات المكانية او الوصفية ويتضمن البرنامج ادوات لتحويل الصيغ وتصديرها لتستخدم في البرامج وتسهيل العمل المتكرر ويستقبل من الاجهزة المحمولة حيث يوفر ملحقات برمجية تدعم هذه الاجهزة (Arcpad).

جدول (5-2) بعض برامج نظم المعلومات الجغرافية المشهورة

MapInfo	Intergraph	ESRI	Autodesk	اسم الشركة
MapInfo professional	GeoMedia Pro	ArcInfo ArcEditor	Auto CAD/World	الاصدار للمحترفين Professional
Maplofo Professional	GeoMedia	ArcViewGIS	World	الاصدار العادي Desktop
Pro Viewer	GeoMedie Viewer	Arc Explorer	Auto CAD LT	إصدارات أخرى
منتجات عديدة	منتجات عديدة	Arc CAD	Auto CAD MAP	ملحقات الرسم بالحاسب الالي CAD
Map Xtend	في مرحلة التطور	Arc Pad	On Site	الاصدار للاجهزة المحمولة
Mapx Mapj	اجزاء من GeoMedie	Map Objects	منتجات عديدة	ملحقات الدعم البرمجية Component
Spatial Ware	Oracle Spatial	Arc SDE	Vision	محرك قواعد البيانات DB Server
MapXtend Map Xsite	GeoMedie Web Map	Arc IMS	Map Guide	الاصدار لخدمة الانترنت Internet

وسنتطرق بشئ من التفصيل الى برنامج ArcGIS الذي يعد من اهم هذه البرامج واكثرها شيوعا في تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية:



5-7-2-1: نظام ArcGIS:

يعد من اكبر الانظمة الموجودة في ال ArcGIS التي تعمل على الحواسيب المكتبية، ويعد هذا النظام من اكثر برامج ن.م.ج شيوعا واستخداماً، وهو برنامج متكامل يزودنا بالادوات اللازمة لصنع وادارة المعلومات المكانية واجراء تحليل جغرافي لها. يمكن تشبيه نظام او عائلة ArcGIS بعملية شراء سيارة او موبايل الخ، اذ يتم الاختيار لموديلات مختلفة من نفس نوع السيارة او الموبايل (أي من نفس خط الانتاج)،اذ تؤدي جميع الموديلات نفس الغرض والعمل من الناحية المبدئية ولكن تختلف هذه الموديلات من ناحية الإضافات (Extras) التي تاتي مع الموديلات القديمة والاحدث.

يمكن تقسيمه من حيث الامكانيات الى ثلاث مستويات رئيسية:-

1) ArcInfo
2) ArcEditor
3) ArcView

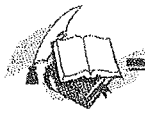
1 - ArcInfo:

وهو اعلى مستوى ويحتوي على كافة الادوات المتقدمة ومن خلاله نستطيع عمل اي تعديل او تحليل نرغب فيه، ولا تتوفر هذه الادوات المتقدمة الا في ال ArcInfo وغير متوفرة في غيره. ومن الممكن القول ان هذا البرنامج يشتمل على ثلاث برامج مصغرة وهي:-

أ. ArcMap: ويستخدم لعرض البيانات والاستعلام والتحليل والتقارير وغيرها.

ب. ArcCataloge: ويتم من خلاله بناء البيانات وتجهيزها سواء كانت طبقة اراضي او طبقة طرق او اي معالم رئيسية او بيانات وصفية وغيرها.

ج. ArcTool: الذي يحتوي على العديد من الادوات المفيدة التي تساعد في تنفيذ اي امر، بالاضافة الى انها تحتوي على شئ اسمه Model والذي يقوم ببرمجة الخطوات التي نستخدمها كثيراً وباستمرار.



2- ArcEditor:

وهو المستوى الثاني من حيث الاهمية ونستطيع من خلاله عمل التعديلات، فهو يحتوي على الكثير من الادوات، ولكن هناك البعض من ادوات التحليل وادوات التحويل غير متوفرة فيه وانما متوفرة في برنامج ArcInfo، اذ لانستطيع تنفيذ هذه التحويلات الا اذا كان توفرت رخصة لبرنامج ArcInfo. وهناك فرق في التكلفة المادية بين ArcInfo و ArcEditor، لذا يجب الاختيار بينهم اعتمادا على حاجة المؤسسة، علما ان ال ArcEditor يشتمل على كل من ArcMap و ArcCataloge و ArcTool ولكن بامكانيات اقل.

3- ArcView:

وهو المستوى الثالث في ال ArcGIS ويستخدم لعرض البيانات ويمكننا من خلاله تنفيذ بعض الاوامر الموجودة في ال ArcEditor ولكن بامكانيات اقل، اذ يمكن مشاهدة وعرض البيانات على ال ArcView ونستطيع القيام بعدة وظائف وتعديلات ولكن بامكانيات اقل.

5-7-2-1- 1: الوظائف والامكانيات الفنية لبرنامج ArcGIS:-

1. استعراض المشاهد كالخرائط والصور الجوية والفضائية.....
2. استعراض الجداول مع المشاهد لعرضها جغرافيا.
3. استخدام طريقة الاستفسار (Query) باستخدام صيغة SQL،وذلك لاسترجاع البيانات وعرضها على المشهد.
4. اجراء عملية الترقيم (Digitizing) للخرائط والمخططات الورقية.
5. اجراء عملية العنونة الرقمية (Geocoding) للجداول التي تحتوي على العناوين وعرضها على المشهد.
6. ايجاد صفات (attributes) لجميع المعالم على المشهد.
7. ربط الاماكن مع بعضها البعض (الطوبولوجي).

8. صنع الحدود حول الظواهر او ما تسمى النطاقات.
9. اجراء اسقاط او مطابقة الطبقات للموقع الجغرافي الواحد بعضها فوق البعض الاخر.
10. القدرة على تغيير الخصائص للبيانات مثل الاحداثيات والمساقط الجغرافية.
11. تصنيف جميع المعالم بدليل مفاتيح مختلفة اعتمادا عل صفاتها.
12. اختيار المعالم اعتمادا عل مواصفات محددة.
13. ايجاد وتحديد مواقع الاماكن لجميع المعالم بشكل دقيق.
14. عمل احصائيات موجزة على صفات المعالم.
15. انشاء اشكال بيانية (Charts) توضح مواصفات المعالم.
16. انشاء الخرائط وطبعها.
17. انشاء الخرائط وارسالها الى استعمالات وتطبيقات اخرى.

يمكن الرجوع الى الفصل الاول (الفقرة 1- 9) من هذا الكتاب لملاحظة المثال التطبيقي على امكانيات وخطوات تطبيق برنامج ArcGIS لإنتاج خريطة رقمية للتقسيمات الإدارية في العراق.

5-7-2-1-2: الامتدادات الاساسية الاضافية لبرنامج ArcGIS (البرامج الفرعية):

يمكن اضافة او دمج امتدادات برمجية خاصة (برامج فرعية) (Special extensions) الى برنامج ArcGIS بحيث تكون متوافقة ومتكاملة مع برامج ArcView & ArcEditor&ArcInfo.

وفيما ياتي اهم هذه البرامج الاضافية التي تضاف الى برنامج ArcGIS وسنعطي فكرة موجزة عن اكثرها استخداما:

1. Spatial analys ArcGIS: يقوم هذا البرنامج الفرعي بتحليل الخرائط وتحليل البيانات المقاسة مثل الارتفاعات، الامطار، التراكيز الكيمياوية للمواد.....الخ.

ويتم ذلك بتقسيم المساحة الى مربعات متساوية بحيث يخزن كل مربع قيم معينة، ويسمح هذا البرنامج الفرعي بتمثيل البيانات واجراء الاستفسارت والاحصائيات عليها. كما يستطيع ان يخمن قيم المواقع التي لاتحتوي على قيم مقاسة باستخدام معادلات رياضية وبالاعتماد على القيم المقاسة المعروفة.

2. 3D analyst ArcGIS: يقدم هذا البرنامج الفرعي الملحق امكانية مشاهدة البيانات المكانية بثلاثة ابعاد، اذ سيمكن المستخدم من تصور المنطقة وكانه يطير فوق التضاريس ويدرسها من أي زاوية ومن أي ارتفاع. كما يستطيع ان يعمل نموذج للمدن والمناطق المجاورة لها بواسطة رسم المباني وارتفاعاتها الدقيقة، ان وسائل التحليل المكاني باستخدام هذا البرنامج سيسمح بحل مشاكل رؤية أي جزء من سطح الارض واحجام الاجسام ومشاكل الطرق المنحدرة وشبكات التصريف وكاننا ننظر اليها من قمة.

3. ArcGIS Geostational analyst: يسمح هذا البرنامج الفرعي بتقدير قياسات البيانات الخلوية اعتمادا على المبادئ الاحصائية، اذ يمكن استكشاف توزيع قيم البيانات وتبويبها في مجاميع بالاضافة الى مقارنة البيانات مع بعضها البعض. وكما في البرنامج الفرعي السابق يمكن انشاء الخرائط للمواقع التي لا تشتمل على قيم مقاسة ومعروفة، كما يقدم هذا البرنامج اختيار واسع لعمل نماذج تنبؤية وتقنيات احصائية لتقويم نوعية النتائج المستحصلة.

4. ArcGIS Puplisher: يعمل هذا البرنامج الفرعي على تحويل وثائق الخرائط من نوع MXD الى خرائط منشورة على ملفات PMF التي تحتوي على تعليمات حول الموقع وبيانات الطبقات ومقياس الخارطة. ويسمح هذا البرنامج الفرعي الاتصال بشبكة الانترنيت وطبقات الشبكات الجغرافية، كما يسمح لمستخدم ن.م.ج ومجهز البيانات بسهولة نشر او المشاركة في الخرائط الرقمية من خلال الشبكات او بوساطة الانترنيت ويتم تحديثها آنيا عند الاستخدام او دوريا.

5. Arc Reader: وهو مخصص لعرض البيانات فقط ولايمكن عمل اي تعديل من خلاله:
6. Arc Scan for ArcGIS.
7. ArcGIS Tracking Analyst.
8. ArcGIS Survey Analyst.
9. ArcPress for ArcGIS.
10. ArcGIS StreetMap USA.
11. ArcGIS StreetMap Europe.
12. MrSID Encoder for ArcGIS

5-7-3: البيانات والمعلومات:-

وهي البيانات والمعلومات التي تتكون منها النظم واساليب ادارتها وتنظيمها واستخدامها. ويستخدم مصطلح البيانات (Data) والمعلومات (Information) بشكل تبادلي في كثير من الاحيان، ولكن هناك فرق هام بينهما تقنيا، فالبيانات يتم تجميعها وتبويبها ثم تعالج للحصول على المعلومات.

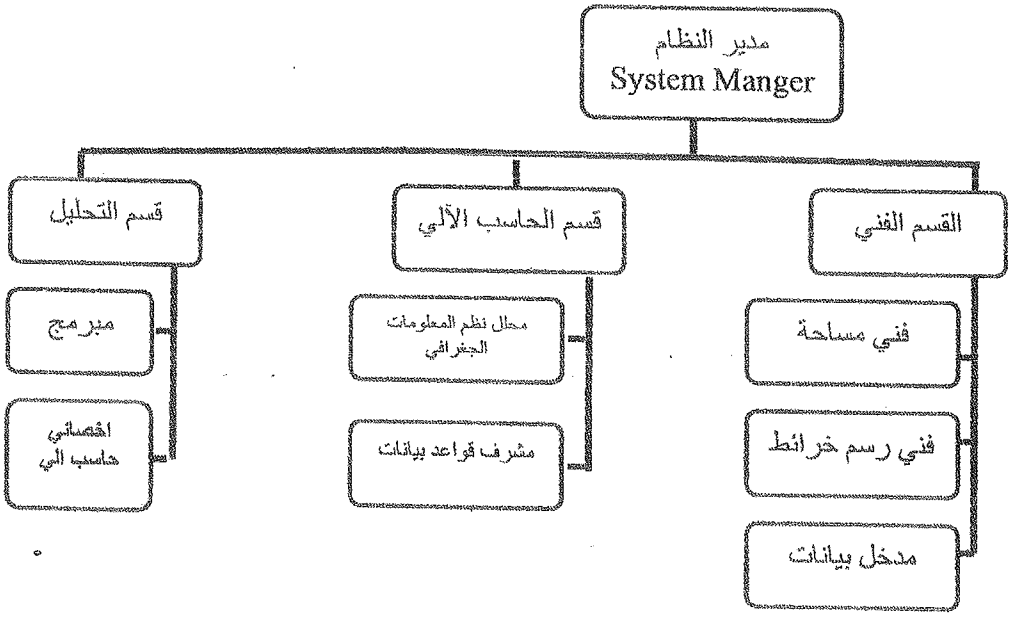
5-7-4: المتطلبات البشرية People – Human Resources:

يعد توفير المتخصصين من اساسيات استخدام نظم المعلومات الجغرافية، اذ يجب توفيرهم لكل مهمة مثل اعداد الدراسات والخطط التنفيذية وغيرها. فالكوادر البشرية المؤهلة تعد ضرورية لتأسيس وتشغيل نظم المعلومات الجغرافية. وذلك لحاجة النظام للخلفيات العلمية لغرض تصنيف وتجهيز المعلومات المختلفة ومن ثم ادخالها الى النظام. واهمية تأهيل الكوادر البشرية لا يقل عن تأمين المتطلبات الفنية حيث يمثل كل من متطلبات البشرية والمتطلبات الفنية 15٪ من قيمة النظام المادية. واعتماد نظام هيكل تنظيمي اداري خاص بكل نظام معلومات جغرافي يعتمد على حجم وتطبيقات هذا

النظام. حيث لا بد ان تتوفر التخصصات الادارية الى جانب التخصصات الفنية في الهيكل التنظيمي يلاحظ الشكل (5 – 5) ادناه.

ومن اهم تخصصات الكوادر البشرية المطلوبة في نظم المعلومات الجغرافية ما يأتي:

- مدير النظام System Manager.
- محلل نظم المعلومات الجغرافية GIS Analyst.
- مشرف قواعد بيانات Database Administrator.
- فني رسم خرائط Cartographer.
- مبرمج programmer.
- اخصائي حاسب الي Computer Specialist.
- فني مساحة Surveyor.
- مدخل بيانات Data operator.



الشكل (5-5) مثال على الهيكل التنظيمي للكوادر البشرية لنظم المعلومات الجغرافية

5-7-5: اساليب التشغيل Methods:-

ويقصد بأساليب التشغيل هي العمليات او الوظائف التي يقوم بها النظام، كما ورد في تعريف نظم المعلومات الجغرافية الذي ينص على ان مكونات النظام صممت لتقوم بتجميع ورصد وتخزين واستدعاء ومعالجة وتحديث وتحليل وعرض جميع المعلومات. وعلى اساسه يمكن ايجاز وظائف نظم المعلومات الجغرافية الى اربعة وظائف اساسية وهي:

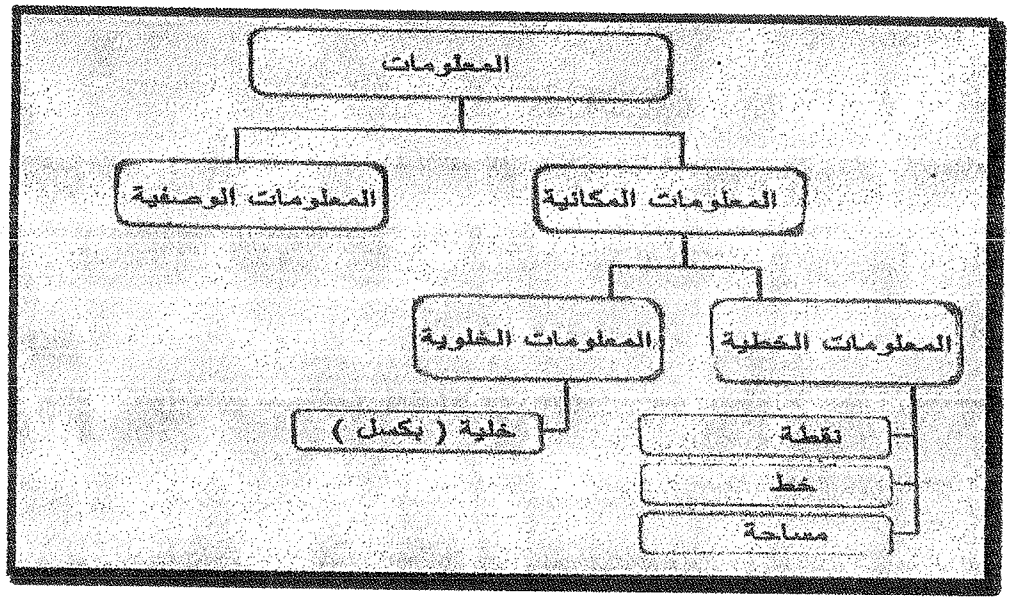
1) ادخال المعلومات الى النظام
2) تخزين المعلومات في النظام
3) المعالجة والتحليل للمعلومات
4) اخراج النتائج

5-8: انواع البيانات والمعلومات في نظم المعلومات الجغرافية:-

نظم المعلومات الجغرافية صممت خصيصا لادارة المعلومات المرتبطة بالمكان الجغرافي كما أشرنا سابقا ، وبمعنى آخر ان المعلومات هي اساس هذه الانظمة، وتعد المعلومات اكثر مكونات انظمة المعلومات الجغرافية كلفة ويتطلب جمعها الكثير من الجهد والوقت ، كما تتطلب وضع معايير لهذه المعلومات، ويجب ان نهتم بالدقة والموثوقية فهي العامل الحاسم في نجاح أي نظام معلومات جغرافي، وتعد قاعدة البيانات والمعلومات في انظمة المعلومات الجغرافية ديناميكية، أي انها خاضعة للتغير المستمر والتحديث مع الزمن، والمعلومات في نظم المعلومات الجغرافية كما يلاحظ في الشكل (5 - 6) تصنف على قسمين رئيسين من أنظمة المعلومات هما:-

اولا - نظام المعلومات المكانية (Spatial Data).

ثانيا - نظام المعلومات الوصفية (Attribute Data).



الشكل (5- 6):- انواع المعلومات في نظم المعلومات الجغرافية

5-8-1: نظام المعلومات المكانية (Spatial Data):-

المعلومات المكانية هي المعلومات التي توضح موقعاً او مكاناً، وهذه المعلومات مرتبطة بموقع ضمن مرجعية مكانية او جغرافية أي مرتبطة بأحداثيات جغرافية، وتشمل كافة العناصر الطبيعية والاصطناعية المتواجدة في منطقة ما، مثل: (حدود مدينة، مبان، طريق، مجرى النهر، خطوط السكة الحديدية، حدود الغابات، الطبقات الجيولوجية، حدود البحيرات، مواقع التضاريس وغيرها). اذ نرجع الى موقع الظاهرة الجغرافية (location) مثل اين تقع الظاهرة وماهي مواصفاتها (characteristics) مثل اسم الطريق، طوله، اتجاهه، حدود السرعة المسموح بها فيه الخ. ان الموقع ايضا يسمي الشكل الهندسي (geometry or shape) وهو عادة يمثل البيانات المكانية (spatial data). وتمثل البيانات المكانية مواقع الظواهر المكانية والتي تكون اما ظواهر متقطعة (discrete features)، او ظواهر مستمرة (Continuous features)، وتتميز الظواهر المتقطعة بانها تكون مميزة ومنفصلة عن بعضها البعض ولا توجد فيها تسجيلات او ملاحظات

مرجعية مثل النقطة، الخط، الشكل المساحي. اما الظواهر المستمرة فهي ظواهر موجودة مكانيا بين تسجيلات او ملاحظات مرجعية مثل خطوط الارتفاعات المتساوية (الخطوط الكنتورية)، خطوط التساقط المطري الخ. وتقوم تقنية ن.م.ج بتمثيل جميع هذه الظواهر المكانية على سطح الارض كظواهر خرائطية على لوح مستوي (الخارطة)، وتعتمد اوتشتمل عملية تسقيط هذه الظواهر من سطح الارض الى الخارطة على عاملين رئيسين هما:-

اولا - نظام المرجعية المكانية او الارضية (Geo-references system).

ثانيا - نماذج البيانات (Data models).

اولا: نظام المرجعية المكانية او الارضية:-

المقصود به ربط المعلومات بالموقع الجغرافي، اذ يرتبط نجاح اي نظام معلومات جغرافي بدرجة دقة المعلومات ونوعيتها، ومن انواع الدقة المطلوبة دقة مطابقتها مع الموقع الحقيقي للمعلومة على الارض. ويستند هذا النظام على نظام الاحداثيات (Coordinate system) والاسقاط (Projections) المناسبين. ويعد فهم هذا النظام اساسيا وحاسما لمستخدمي البيانات المكانية.

ثانيا: نماذج البيانات (Data Models):-

يحدد هذا العامل كيفية تمثيل الظواهر المكانية في ن.م.ج وهناك نوعين رئيسين من البيانات هما:

1- البيانات الخطية (Vector Data Model).

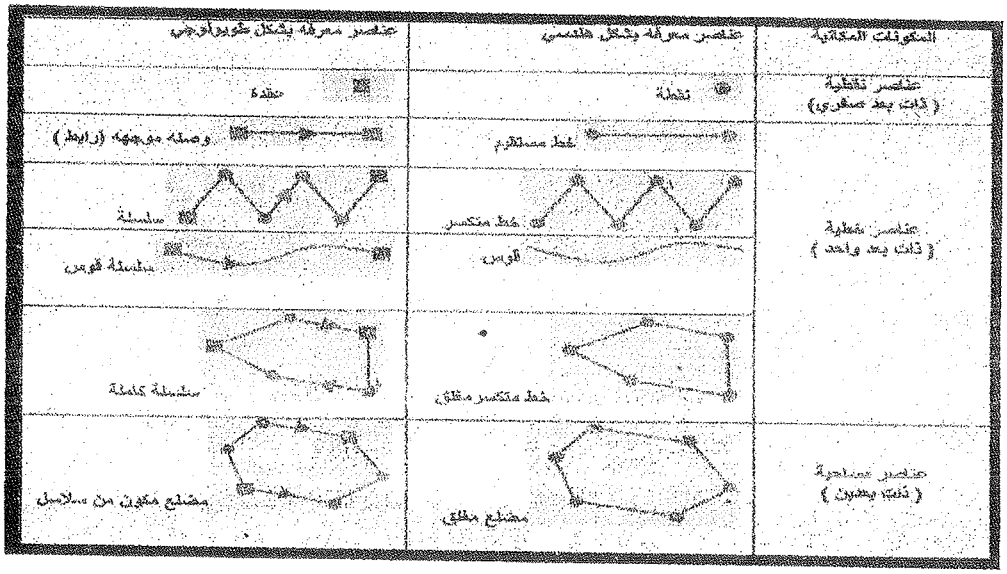
2- البيانات الخلوية (الشبكية) (Raster Data Model)

بشكل عام فان البيانات الخطية تمثل الظواهر المكانية المتقطعة (Discrete features). بينما البيانات الخلوية تكون اكثر ملائمة لتمثيل الظواهر المكانية المستمرة (Continuous features).

وسنأخذ كل نموذج من البيانات او المعلومات المكانية بشيء من التفاصيل.

1- نظام المعلومات الخطية:

المعلومات الخطية هي صيغ او طرق لتمثيل المعلومات المكانية بتراكيب من مكونات اساسية نسميها بالمكونات المكانية البسيطة وهي: (النقطة، الخط والمساحة)، والتي تعرف عدديا وتسمى العلاقات التي تربط بين هذه المكونات بالعلاقات المكانية او الطوبولوجي (Topology) يلاحظ الشكل (5 – 7) والتي سناتي على ذكرها لاحقا.



الشكل (5– 7):- تمثيل المكونات البسيطة بشكل هندسي وطوبولوجي

• النقاط (Points):-

اذا كانت الظاهرة صغيرة لا ترقى لان تمثل بخط وليس لها العرض الكافي لتمثل بمساحة، فأننا نسميها "نقطة" وتكون عديمة البعد او ذات بعد صفري، وهي تحدد مواقع لبعض الظواهر المتواجدة في الطبيعة مثل: (الاشجار، والابار، والمدن في المقاسات الصغيرة،... وغيرها). وتعرف بأحداثيات مرتبطة بالمرجع الجغرافي.

• الخطوط (Lines):-

إذا كانت الظاهرة تبدأ بنقطة وتتبع بقية اجزاء الظاهرة حتى تنتهي بنقطة اخرى

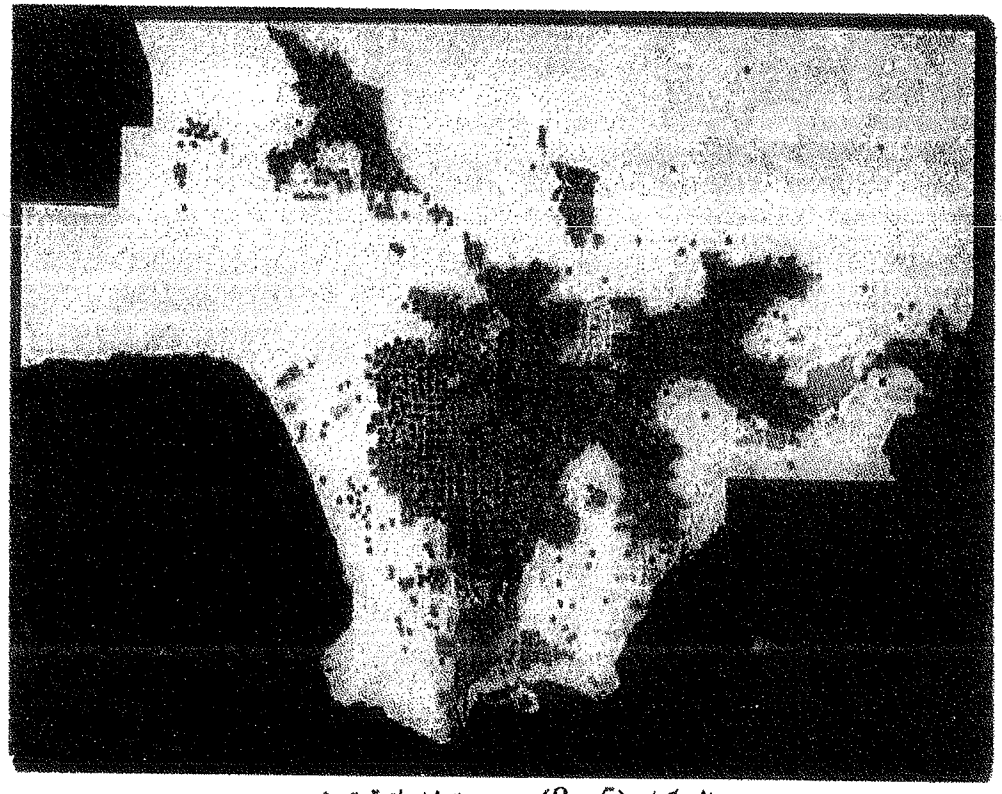
فأننا نسميها "خط"، لذا فانه يتكون من نقطتين على الاقل وهو ذو بعد واحد، وان دقة تمثيل ظاهرة ما تعتمد على كثافة النقاط الوسيطة للخط فيمثل المنحنى بشكل دقيق بزيادة عدد نقاطه الوسيطة، ومن امثلة المعلم التي تمثل بخطوط: (الطرق، الانهار في مقاييس الرسم الصغيرة، سكك الحديد).

• **المساحة (Area):-**

اذا كانت الظاهرة لها عرض أي ذات بعدين فاننا نسميها "مساحة"، وبعض البرامج والكتب تسميها مضلع (Polygon)، وتتكون من عدة خطوط او سلاسل متصلة مع بعض ويكون الشكل مغلقاً، ومن امثلة ذلك: (تمثيل البحيرات، والمباني في مقاييس الرسم الكبيرة، الغابات، استخدامات الاراضي، انواع الاتربة، المناطق الادارية).

2- **نظام المعلومات الخلوية** (Raster Data):

وتسمى احيانا بالمعلومات الشبكية واحيانا اخرى بالمساحية، وهي معلومات جغرافية تمثل على شبكة او مصفوفة من الخلايا او مناطق مساحية صغيرة مربعة الشكل تسمى خلية(Cell) أو بكسل (Pixel)، يصل طول ضلع المربع الواحد الى (0.1 ملم)، وفي التنظيم الخلوي او الشبكي يتم تقسيم سطح الارض الى خلايا ولكل خلية قيمة تعكس نوع المعلم المقابل لها (غابات، ابنية، تربة....الخ)، ومن اقرب الامثلة على هذا النوع من المعلومات صور الاقمار الصناعية يلاحظ الشكل (5 - 8). والخلية (البكسل) هي اصغر وحدة مساحية يمكن تمثيلها وتمييزها او رسمها على الخارطة او الصورة الفضائية، ومن عيوب هذا النوع من المعلومات انه كثيرا مايفتقر الى الدقة في أعطاء صورة صحيحة ودقيقة للانتشار الجغرافي للظواهر الارضية، اذ تكون الشاشة مكونة من مجموعة من الخلايا، وكلما ازداد عدد الخلايا كلما كانت درجة الوضوح والدقة اكبر.



الشكل (5 -8) صورة فضائية توضح

تمثيل المعلومات الخلوية على شاشة الحاسب الآلي

وتتم معالجة هذه المعلومات في برامج خاصة تسمى برامج معالجة الصور(Image processing)، لاستخدامها فيما بعد في نظم المعلومات الجغرافية، وتكون هذه البرامج متخصصة في معالجة البيانات الخلوية وتحسين الصور الرقمية، والتشوهات الاخرى، وكذلك يتم من خلالها دمج او تحسين الدقة من خلال عمليات معقدة.

الجدول (5-3) اهم الفروق بين المعلومات الخطية والمعلومات الخلوية:-

المعلومات الخطية	المعلومات الخلوية
1. تتطلب مساحة قليلة في التخزين	1. تتطلب مساحة كبيرة في التخزين
2. بنية البيانات فيها معقدة	2. بنية البيانات فيها اكثر سهولة
3. لا تعتمد على حجم البكسل في الدقة والوضوح	3. تعتمد على حجم البكسل في الدقة والوضوح
4. تتطلب جهداً ووقتاً كبيرين للحصول عليها	4. لاتتطلب جهداً ووقتاً كبيرين للحصول عليها
5. قوة تحليلة مكانية عالية	5. اقل مقدرة في التحليل المكاني
6. غالباً ما يستعاض عن المواقع برموز	6. غالباً ما تمثل الصور الواقع الفعلي
7. تتكون من نقطة او خط او مساحة	7. تتكون من البكسل (الخلية) فقط
8. المعدات والبرامج ذات تكلفة عالية	8. المعدات والبرامج ذات تكلفة متوسطة نسبياً
9. دقة مكانية عالية	9. دقة مكانية اقل نسبياً

5-8-2: نظام المعلومات الوصفية (Attribute Data):

المعلومات الوصفية هي التي تعبر عن الصفات والحقائق وهي مرتبطة بالمعلومات المكانية، وعرف بعض العلماء المعلومات الوصفية بأنها عبارة عن بيانات جدولية ونصية تهتم بوصف الخصائص الجغرافية للظواهر والمعالم على الخريطة، مثل: (اسم المنطقة، اسم مالك العقار، حالة العقار، عدد السكان، نسبة الرطوبة وغيرها)، ولا بد ان تربط المعلومات الوصفية بالمعلومات المكانية لأن هذه من اهم ميزات نظم المعلومات الجغرافية.

5-8-3: مفاهيم متقدمة وجديدة عن نماذج البيانات الخطية:-

ستطرق الى بعض المفاهيم المتقدمة والجديدة عن البيانات الخطية، ان الاختلاف في نماذج البيانات يعكس التطور والتقدم في تقنية الحاسوب ولكنها بالنسبة الى مستخدمي ن.م.ج تعد مفاهيم جديدة وبيانات جديدة وواجهة مستخدم جديدة. وسنذكرها كما هي بمصطلحاتها الانكليزية لعدم وجود ترجمة مناسبة ودقيقة لها وبما يتوافق مع تطبيقها في النسخة الجديدة لبرنامج ArcGIS10) وتكون هذه البيانات الخطية بعدة نماذج منها:-

1. georelational data model
2. object-based data model
3. topological &nontopological data model
4. simple and composite data model.

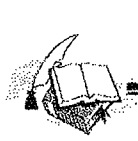
1- georelational data model:-

يستخدم هذا النموذج من البيانات الخطية كنظام منفصل (Split system) لخزن البيانات المكانية والوصفية كل على حدة ومن هذه النماذج Shapefile،Coverage.

2- Object-based data model:-

يستخدم هذا النموذج من البيانات الخطية لخزن كل من البيانات المكانية والوصفية في نظام موحد منفرد (Single system). وتتبنى معظم الشركات المنتجة لبرامج ن.م.ج هذا النموذج من البيانات لتطوير برمجياتها، ومن اهم هذه النماذج ال geodatabase data model المستخدم في برنامج ArcGIS المنتج من شركة ايسري والتي تعتمد عليه في تطوير برمجيات ن.م.ج.

ان هذا النموذج من البيانات يستخدم المواضيع (objects) لادارة البيانات المكانية وصفاتها وتحديد خصائص وسلوك المواضيع المكانية. فعلى سبيل المثال فان نموذج البيانات الذي يسمى (geodatabase data model) مبني على تجميع الآلاف المواضيع (objects)، الخصائص، الاساليب، لذا عندما نستخدم هذا النموذج من البيانات في برنامج ArcGIS فاننا نتفاعل مع هذه المواضيع من خلال واجهة المستخدم (user interface) في البرنامج.



3- Topological &Non topological model:

ان الطوبولوجي يوضح العلاقات المكانية بين الظواهر مثل التقاء خطين في نقطة معينة، او خط باتجاه معين يحتوي على جانب ايسر وجانب ايمن الخ كما ذكرنا سابقا.

ان ال Topological based data model مفيد في تحديد وتصحيح اخطاء الترقيم (digitizing errors) في مجاميع البيانات الجغرافية، ويعد هذا النموذج من البيانات ضروري لمحللي ن.م.ج لان هذه البيانات يكون قد اجري عليها عمليات الطوبولوجي. اما ال Non Topological data model فيمكن عرضها بشكل اسرع من البيانات التي اجري عليها طوبولوجي.

وللتميز بين هذين النموذجين فان بعض دوائر المسح البريطاني تقدم النموذجين بشكل منفصل عن الاخر لتزويد مستخدمي ن.م.ج بالحاجات المختلفة. وعلى نفس النمط فان مستخدمي برامج شركة ايسري يستخدمون نموذج ال Coverage كبيانات اجري عليهاعمليات الطوبولوجي بينما نموذج بيانات ال Shapefiles تكون بيانات خالية من عمليات الطوبولوجي، اما نموذج بيانات ال(geodatabase data gdb) فانها يمكن استخدامها اذا اجري عليها طوبولوجي او لم يجرى عليها اي انها تكون Topological & NonTopological model في نفس الوقت.

4- Simple & Composite data model:

تبنى الظواهر المركبة على الظواهر البسيطة كالنقاط، الخطوط، المضلعات. وتستخدم البيانات المركبة عادة في التحليل المكاني المتقدم،وهناك عدة نماذج من البيانات المركبة منها:

أ- (Triangulated Irregular Network data model;TIN)

ويعد من نماذج البيانات المركبة والتي هي عبارة عن شبكة من المثلثات غير المتطابقة وغير المنتظمة التي تقوم بدور رئيس في تقييم ودراسة التضاريس الارضية. والتي يتم انشاؤها من العقد (النقاط) والحافات (الخطوط).

ب- Region Data Model:

يتيح هذا النوع من نماذج البيانات المركبة في تطابق وتفكيك المركبات المختلفة التي يتم انشاؤها من المضلعات.

ج- Dynamic Segmentation Data Model:

تعد من نماذج البيانات المركبة المهمة والمفيدة في ن.م.ج لانها تستطيع معالجة العلاقات المكانية الاكثر تعقيدا. فمثلا يتيح استخدام هذا النموذج من البيانات تسقيط مناطق الاستراحات ومراكز الخدمات على خارطة الطرق السريعة اعتمادا على النظام الاحدائي.

5-8-4: مصادر البيانات الاولية في ن.م.ج:-

- الخرائط المرسومة (القديمة) (Existing Maps)
- الاحصاءات والتعدادات (Statistics)
- المسح الحقلي والميداني (Field Surveys)
- الصور الجوية والفضائية (Areal Photographs and Satallite Images)
- البيانات الرقمية (Digital Data)
- الارشيف (Archived Data).

5-9: توافق البيانات (Data Compatibility):

تتحدد اهم المعوقات الرئيسة في استخدام ن.م.ج في مواضيع تتعلق بنوعية البيانات المستخدمة فيها، ومن اهم هذه الخصائص النوعية ما يأتي:

1- عمر البيانات	Age of data
2- المقياس	Scale
3- تغطية المساحة	Areal Coverage
4- التفاصيل	Detail
5- صيغة البيانات	Format of data

6- المساقط الكارتوكرافية	Cartographic Progection
7- دقة البيانات	Accuracy of data
8- دقة المواقع	Positional
9- سهولة الحصول على البيانات	Accessibility
10- التكاليف	Costs
11- استمرارية البيانات مع البيانات السابقة والمستقبلية	Continuity with past and future data
12- توافق البيانات مع البيانات الاخرى	Compatibility with other thematic data

ويعد عدم التوافق بين مجاميع البيانات المختلفة في ن.م.ج من اكثر الخصائص النوعية للبيانات اهمية التي يمكن ان تحد من تطبيقات ن.م.ج في المجالات المختلفة، لان المبدأ الاساسي في عمل ن.م.ج يفترض وجود توافق فيزيائي ومنطقي بين البيانات الداخلة في اي نظام معلومات جغرافي. بالنسبة الى التوافق الفيزيائي (Physical Compatibility)، فانه يعني بالجانب الفيزيائي للبيانات، خاصة فيما يتعلق بالتوافق الفيزيائي للبيانات مع الحاسوب اذ يجب ان تكون البيانات بصيغة رقمية، لان عدم التوافق في هذا الجانب سيخلق مشاكل في عملية ادخال البيانات، وفي تحويل البيانات بين انواع نظم بيانات المعلومات الجغرافية المختلفة، خاصة فيما يتعلق بتحويل بيانات النظام الخلوي الى النظام الخطي وبالعكس.

اما بالنسبة الى مشاكل عدم التوافق المنطقي(Logical Compatibility) في بيانات ن.م.ج، فتعود الى تلك المشاكل التي تنشأ في البيانات ولا نستطيع تصحيحها. وعلى سبيل المثال لو اخذنا بيانات تتعلق بتوزيع وتصنيف اراضي الغابات Forested Land والاراضي المفتوحة Open Land ولمنطقة واسعة (على مستوى مقاطعة او جزء كبير من المقاطعة)، فان موضوع عدم التوافق المنطقي للبيانات سيخلق مشاكل شاقة، اذ يتم تجميع البيانات من مصادر لحكومات الولايات او مصادر الحكومات المحلية. وهنا ستظهر

مشكلة عدم التوافق المنطقي، اذ تستخدم كل من هذه الحكومات تعاريف مختلفة للغابات والاراضي المفتوحة، كما ان البيانات ستكون مختلفة في مستوى التفاصيل، والدقة، وتاريخ الحصول على البيانات الخ. ان افضل الحلول لتجنب هذه المشكلة، هو جمع البيانات بشكل مباشر من المنطقة المراد دراستها. ان الشرط الاساسي لنجاح استخدام اي نظام معلومات جغرافي بشكل ناجح هو التأكد من ان البيانات الداخلة الى النظام تكون مناسبة ومتوافقة الى حد مناسب. فعلى سبيل المثال في المناطق صغيرة المساحة نسبياً يتم جمع البيانات مباشرةً من الصور الجوية، وفي بعض الاحيان نجد الصور المناسبة والكاملة التي تغطي المنطقة المراد دراستها، الا ان بعض هذه الصور الجوية ربما تكون ملتقطة بتواريخ مختلفة، او بمقاييس مختلفة،او ان هناك بعض المناطق تغطيها صور جوية بمواصفات عالية والبعض الآخر تغطيها صور جوية بمواصفات رديئة.

اما اذا كانت المنطقة المراد دراستها شاسعة المساحة، فاننا ربما نجد صعوبة بالحصول على مرئيات فضائية تغطي جميع المنطقة وبنفس التاريخ او الفصل السنوي او في خصائص نوعية اخرى، لذا ففي هذه الحالة من الصعوبة تحقيق الحد الادنى من التوافق بين البيانات. يعد التوافق بين البيانات المختلفة من اصعب المشاكل التي تواجه بناء ن.م.ج بسبب التكلفة العالية في الحصول على البيانات وترقيمها وتحديد نجاح وجودة اي نظام معلومات جغرافي. ففي الولايات المتحدة الامريكية يعد بناء ن.م.ج ناجحاً، لان البيانات الامريكية المتمثلة ببيانات الارتفاعات الرقمية، وبيانات التعداد السكاني، وبيانات استعمالات الارض، تعد جميعها بيانات نموذجية ومناسبة وجاهزة لاستخدامها في ن.م.ج، كون جميع هذه البيانات متوافقة من حيث الدقة والخصائص النوعية الاخرى.اما استخدام بيانات الارشيف في ن.م.ج فيؤدي الى عرقلة اداء ن.م.ج للوظائف المصممة لاجله في سرعة التحليل والمقارنة للبيانات خاصة في المناطق الشاسعة، ذلك لان بيانات الارشيف تكون في الغالب مختلفة في التفاصيل، والدقة والتاريخ، وانظمة التصنيف ومختلفة ايضاً في طريقة جمع البيانات.

5-10: قواعد البيانات Data Bases:

تعرف قاعدة البيانات بانها عبارة عن جمع البيانات (Data Collection) تضم بيانات عن ظواهر او موضوعات مختلفة والعلاقات فيما بينها، اذ يتم ترتيب وخزن هذه البيانات وفق نظام او بنية محددة. يشمل تصميم قاعدة المعلومات كل من التصميم الفيزيائي والتصميم المنطقي لها، بحيث يتضمن التصميم الفيزيائي تحديد كيفية ومكان تخزين البيانات ضمن نظام ملفات محدد، اضافة الى اعتبارت اخرى مثل توزيع البيانات على وسائط التخزين وسعات التخزين المطلوبة والنسخ الاحتياطي (مع الاخذ بنظر الاعتبار الحالات الطارئة مثل عطب وحدات التخزين الرئيسية او انقطاع الكهرباء المفاجئ). اما التصميم المنطقي لقواعد المعلومات فيبدأ عادة بتحليل البيانات والمعطيات للوصول الى نموذج افتراضي للعلاقات بين مجموعة البيانات، اذ يتم تحديد المجموعات الرئيسية للبيانات كأن يحدد مثلا ان قاعدة المعلومات ستحتوي على بيانات المدن والحدائق والفنادق، وكل منها يحدد بمجموعة مستقلة فلدينا مجموعة المدن ومجموعة الفنادق ومجموعة الحدائق ثم تحدد البيانات التي ستخزن لكل عنصر من عناصر المجموعة فمثلا بالنسبة لمجموعة الفنادق سيتم تخزين لكل عنصر منها أي لكل فندق، المدينة، الحي، الاسم، عدد الغرف، تصنيف الفندق، اسم الشركة المالكة، رقم هاتف الفندق، سعر الغرف... الخ. ويمكن تخزين معلومات كل مجموعة في عدد من الجداول يلاحظ الشكل (5 - 9)، فمثلاً تصنيف الفندق يكون في جدول ويربط برقم رمزي للتصنيف وكذلك الموقع يربط برقم رمزي للمدينة وذلك لتقليل حجم التخزين المطلوب وبعدم تكرار المعلومات في كل سجل (Record).

جدول مجموعة المدن

رمز المدينة	اسم المدينة	تصنيف المدينة	الكثافة السكانية
1	الرياض	11	6 مليون
2	مكة	22	4مليون
3	المدينة	22	3.5مليون
4	جدة	22	5مليون
:	:	:	:

جدول مجموعة الفنادق

رمز الفندق	اسم الفندق	رمز المدينة	رمز الحي	عدد الغرف	تصنيف الفندق
0125	ماريوت	1	1025	255	1
0126	هليتون	2	2025	423	2
0127	الرياض	1	1047	385	1
0128	اليمامة	3	3087	265	4
:	:	:	:	:	:

جدول تصنيف الفنادق

رمز التصنيف	وصف التصنيف
1	فندق خمس نجوم
2	فندق اربع نجوم
3	فندق ثلاث نجوم
4	فندق نجمتان

الشكل (5 -9) تخزين المعلومات للمجموعة الواحدة في عدة جداول

5-10-1: فوائد بناء قواعد البيانات: (Benefits of Data bases Creation):-

يعد بناء وتصميم قواعد البيانات من اكثر مراحل بناء ن.م.ج تكلفة، اذ يتطلب ذلك تكاليف مادية ووقت وجهد، غير ان بنائها يسهم في نشر المعرفة وزيادة امكانية الاستفادة منها في التطوير والتنمية والبحث. ان ترتيب البيانات وفق بينة مختارة ومصممة بعناية له فوائد عديدة منها:

- سهولة استخدام البيانات في برمجيات وتطبيقات اخرى
- سرعة الوصول الى البيانات بغية استخدامها وتحريرها.
- تجعل المعلومات قابلة للتداول والمشاركة بين الاشخاص والمؤسسات.
- تقلل الخطأ في نقل البيانات والتقليل من تكرار البيانات (او ما يسمى البيانات الفائضة) في التخزين مما يقلل حجم التخزين الكلي.
- توحيد طرق القياس والتخزين مع البيانات Standarization، وهو ما يمنع التباين في تسجيل البيانات ويسهل المقارنة بينها.
- تخزين البيانات ذات الصفة الواحد التي يمكن استخدامها وتحريرها بسهولة.
- اتاحة الطرق لصيانة اجزاء من قاعدة البيانات دون الاخرى.
- المرونة حيث يمكن استخدام البيانات لاغراض لن يتم التخطيط لها في مرحلة تصميم المشروع.
- المركزية في ادارة البيانات التي تؤمن حصول المستخدمين على نفس البيانات رغم التعديلات والاضافة والحذف المتكررة والمتزامنة.
- امكانية اكبر واوسع في حجب بعض البيانات عن بعض المستخدمين.

ويتم الحصول على البيانات التي يتكون منها نظام المعلومات الجغرافي بواسطة عملية الترقيم (تحويل البيانات الى رقمية مخزنة في ذاكرة الحاسوب). ومن المسح الميداني، الجداول، الصور الجوية، المرئيات الفضائية والارشيف... الخ، وقاعدة البيانات في نظم المعلومات هي بمثابة القلب منها. وقاعدة البيانات هي مجموعة من الجداول المكونة من

اعمدة Columns او Fields وصفوف Rows او records تمثل المعلومات المخزنة في القاعدة.

5-10-2: ربط المعلومات (Data Link):

ان مفهوم العلاقة والتاصل والربط بين الاشياء قديم، حيث توصل اليها الانسان من خلال تجاربه وخبرته، فالقرابة والجوار والصداقة هي امثلة على العلاقات بين مجموعة من الاشخاص، والعلاقة يمكن ان تكون بين مجموعتين او اكثر، مثل مجموعة الفنادق الموجودة في المملكة العربية السعودية ومجموعة المدن السعودية، فعلاقة الفنادق مع المدن هي علاقة انتماء، أي في مجموعة الفنادق مثلاً يحفظ اسم الفندق مع معلومات عنه مثل درجة الفندق ورقم الهاتف وعدد الغرف وفي مجموعة المدن يحفظ اسم المدينة والمنطقة الادارية التابعة لها والكثافة السكانية فيها وهكذا، فنقول ان الفندق (هيلتون) في مجموعة الفنادق ينتمي الى مدينة (الرياض) في مجموعة المدن يلاحظ الشكل (5 – 10).

مجموعة الفنادق في المملكة العربية السعودية

رمز الفندق	اسم الفندق	درجة الفندق	عدد الغرف	المدينة التابعة لها
2036	ابراج مكة	5نجوم	300غرفة	مكة
1012	هليتون	5نجوم	225غرفة	الرياض
3215	ميرديان	4نجوم	200غرفة	الخبر

مجموعة المدن في المملكة العربية السعودية

رمز المدينة	اسم المدينة	المنطقة الإدارية	الكثافة السكانية
01	الرياض	منطقة الرياض	4.5مليون
02	مكة	منطقة مكة	2.3مليون
03	الدمام	المنطقة الشرقية	2.1مليون

الشكل (5–10) مفهوم ربط المعلومات في نظم المعلومات الجغرافية

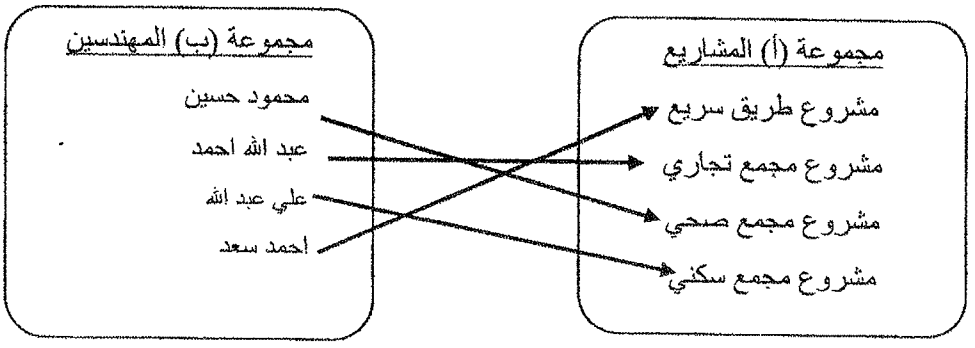
5 – 10 – 3: انواع العلاقات بين المعلومات:

يمكن ان يكون ربط المعلومات باحد الاشكال التالية:-

أ – علاقة عنصر بعنصر One to one:

حيث يرتبط كل عنصر من المجموعة الاولى بعنصر واحد من المجموعة الثانية، كمثال بسيط لنفرض ان مجموعة (أ) عبارة عن المشاريع القائمة الآن لشركة معينة ومجموعة (ب) عبارة عن المهندسين العاملين في هذه الشركة يلاحظ الشكل (5 – 11)،

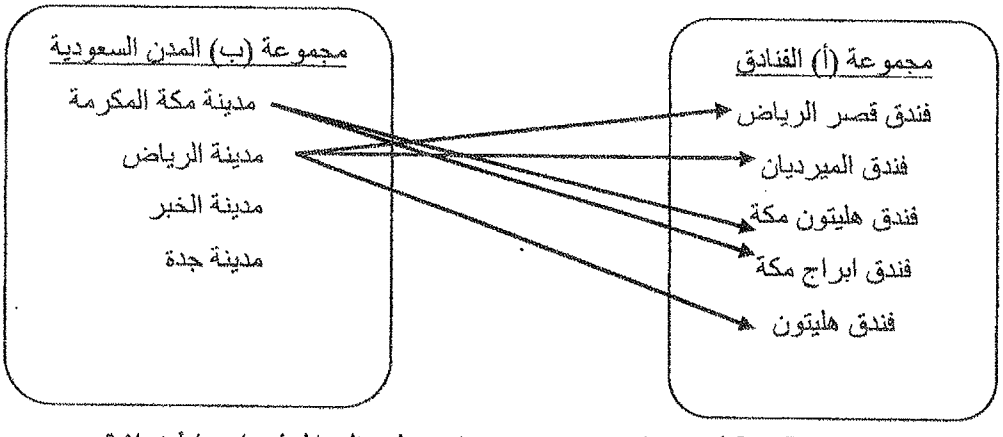
وتريدالشركة ان يشرف كل مهندس واحد فقط على مشروع فقط فتكون العلاقة واحد الى واحد كل مهندس يشرف على مشروع واحد.



الشكل (5 -11) ربط عنصر بعنصر في نظم المعلومات الجغرافية

ب - علاقة عنصر بعدة عناصر One to many:-

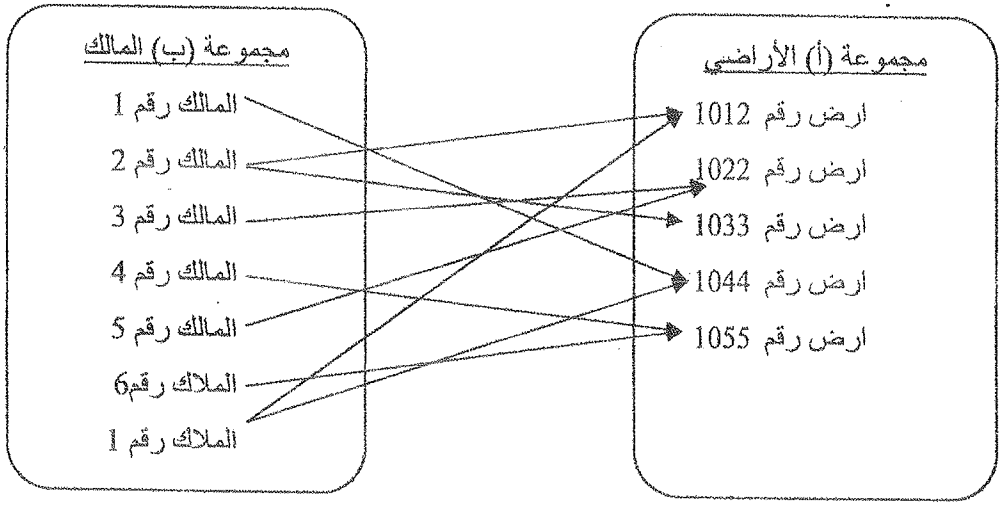
وهي علاقة تربط عنصراً من المجموعة الاولى مع عدة عناصر من المجموعة الثانية، ونفس المثال الذي ذكرناه عن الفنادق والمدن، فالمدينة فيها اكثر من فندق، لذا فالعناصر في مجموعة الفنادق ترتبط بمدينة واحدة في مجموعة المدن يلاحظ الشكل (5- 12).



الشكل (5 -12) ربط عنصر بعدة عناصر في نظم المعلومات الجغرافية

ج - علاقة عدة عناصر بعدة عناصر Many to many:-

وهي علاقة تربط بين كل عنصر من المجموعة الاولى مع عنصر او عدة عناصر من المجموعة الثانية، كما يمكن ان يرتبط كل عنصر من المجموعة الثانية مع عنصر او عدة عناصر من المجموعة الاولى. ومثال ذلك، لنفرض ان المجموعة (أ) عناصرها هي قطع الاراضي، والمجموعة (ب) عبارة عن اسم الملاك، فالعلاقة هنا هي ان المالك يملك القطعة رقم (1) مثلا، فالارض يمكن ان يملكها شخص واحد او عدة اشخاص، كما ان المالك الواحد يمكن ان يملك اكثر من ارض يلاحظ الشكل (5 - 13).



الشكل (5 - 13) علاقة عدة عناصر بعدة عناصر

5- 10- 4: انواع قواعد البيانات:

ان ارتباط قواعد البيانات بالحاسوب يتيح لنا تسميتها بقواعد البيانات الحاسوبية، وهناك العديد من قواعد البيانات الحاسوبية المستخدمة في نظم ادارة المعلومات من اهمها ما يأتي:

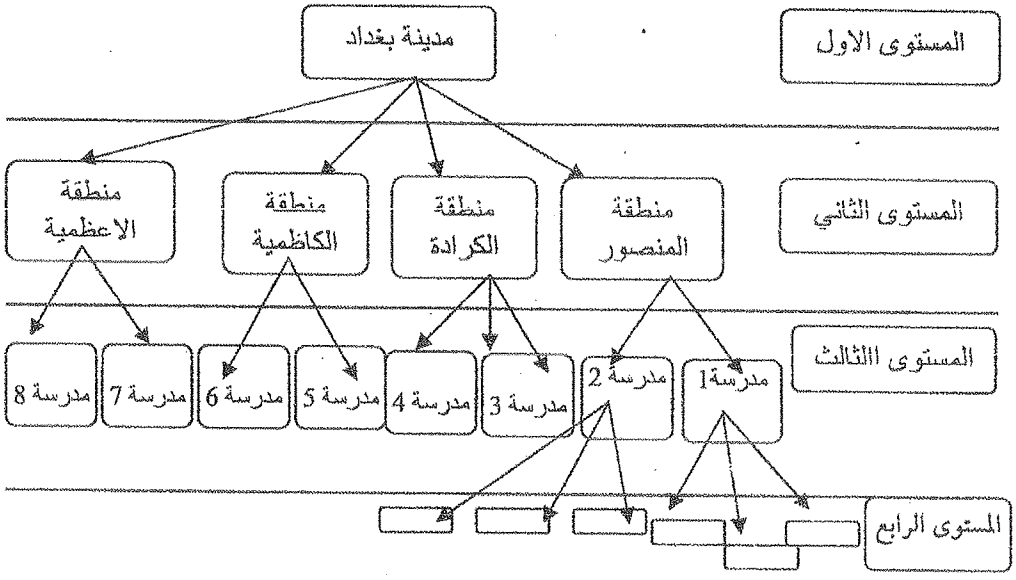
- قواعد بيانات جغرافية (مكانية)
- قواعد بيانية ادارية
- قواعد بيانات سكانية
- قواعد بيانات هندسية
- قواعد بيانات مالية
- قواعد بيانات امنية وغيرها.

ومن الناحية العملية هناك ثلاثة اساليب او انواع رئيسية في تصميم قواعد البيانات Structural Model of Data Bases تختلف في اسلوب بنيتها وتصميمها وهي:

أ. **قواعد بيانات ذات تصميم هرمي** (Hierarchical Model data bases):

وفيها تندرج البيانات حسب درجة اهميتها، اذ تشبه هذه البنية الشكل الهرمي ويبنى على مبدأ (الاب والابن) فيتفرع من المستوى الاول (وهو مستوى الاب) عدة بيانات (وهم مستوى الابن) ويتفرع من المستوى الثاني (الابن اصبح اب) عدة بيانات وهكذا.

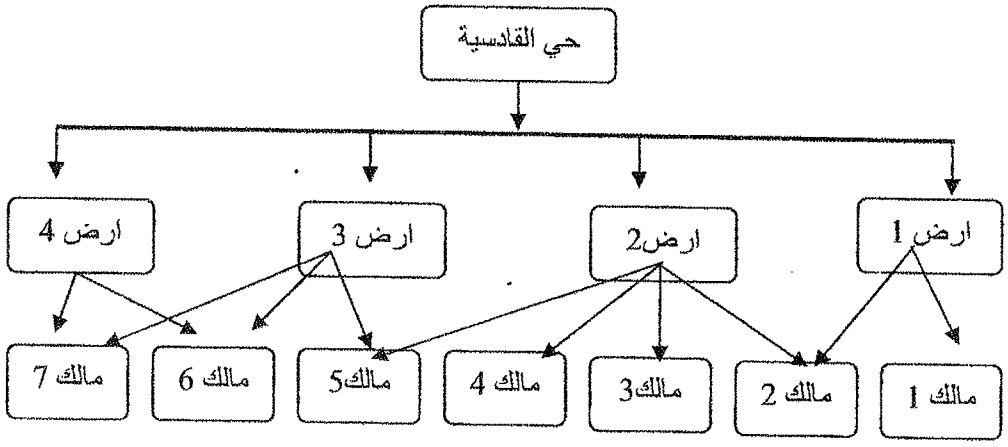
ويلاحظ في الشكل (5 - 14) مثال على البنية الهرمية حيث المستوى الاول هو الاب (المدينة- بغداد) والمستوى الثاني هو الابناء (احياء مدينة بغداد) والمستوى الثالث هو ابناء الابناء (المدارس في كل حي) وهكذا... وتتناسب هذه البنية مع العلاقات من نوع (عنصر بعدة عناصر) التي سبق شرحها في الوحدة السابقة، ولكنه لا يمكن استخدام البنية الهرمية مع علاقة (عدة عناصر بعدة عناصر) دون تكرار البيانات وهي من مساوئ هذه البنية، كما ان اجراء عملية الصيانة او توسعة القاعدة يتطلب اجراء تعديلات مكثفة، لذا لم ينتشر استخدامها في نظم المعلومات الجغرافية الا في بعض التطبيقات الخاصة جدا والقليلة.



الشكل (5-14) التصميم الهرمي لقاعدة المعلومات الجغرافية

ب. **قواعد بيانات ذات تصميم شبكي** (Network Model data bases):-

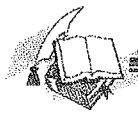
وفيها يتحقق في هذا النوع بالاضافة الى التصميم الهرمي الترابط الشبكي بين البيانات. والاختلاف الاساسي بين البنية الشبكية والبنية الهرمية وهو انه في البنية الشبكية يمكن ربط الابن باكثر من اب وربط الابناء ببعضهم، أي يمكن في البنية الشبكية ربط عنصر من مستوى ادنى بعدة عناصر من مستوى اعلى كما يمكن ربط عنصر بعدة عناصر بنفس المستوى ويكون الشكل (5 – 15) اقرب ما يكون الى شبكة معقدة من الروابط، ويمكن استخدام أي نوع من العلاقات السابق ذكرها في الوحدة السابقة وهي (عنصر بعنصر، عنصر بعدة عناصر، عدة عناصر بعدة عناصر) في البنية الشبكية. والبنية الشبكية صعبة التشكيل ويتطلب استخدام هذه البنية خبرة اكثر، ولهذا ظل استخدامها محدوداً في نظم المعلومات الجغرافية.

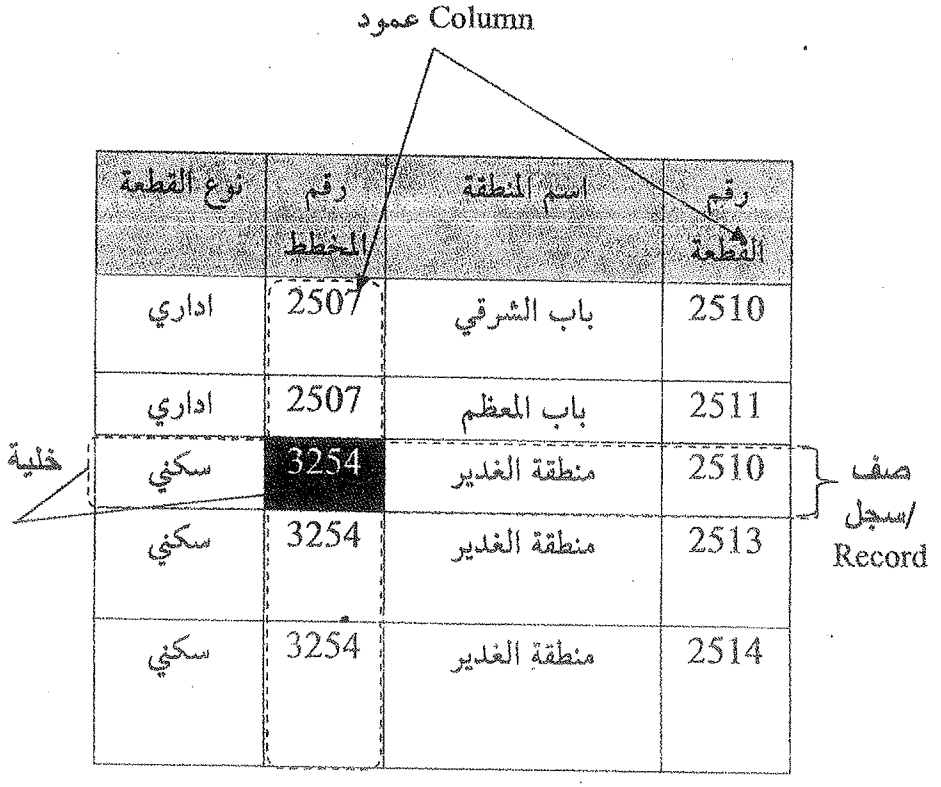


الشكل (5-15) التصميم الشبكي لقاعدة المعلومات الجغرافية

ج. **قواعد بيانات ذات تصميم ترابطي** (Relational Model data bases):-

ويعتمد هذا النوع على جداول متباينة يشكل كل منها ملفاً خاصاً منفصلاً مع وجود الرابط فيما بينها على اساس مفتاح يمكن الاعتماد عليه في البحث داخل قاعدة البيانات. تعتمد البنية الارتباطية على ترتيب البيانات ضمن جداول، والجداول هي وحدة التخزين الاساسية، وأي صف من الصفوف في الجدول يحوي كافة البيانات الخاصة باحد العناصر في الجدول ويسمى سجل (Record)، واي عمود في الجدول يعطي بيانات من نوع واحد او خاصية واحدة لجميع العناصر ويسمى عمود (column) وطبيعة البيانات في عمود واحد تكون واحدة (مثل عدد صحيح او اسم وغيره) ونسمي تقاطع الصف مع العمود بالحقل (Filed) او خلية (Cell) وهي تحوي معلومة عن عنصر محدد مثل اسم ورقم المخطط يلاحظ الشكل (5-16) وتربط هذه الجداول مع بعضها عن طريق ما يسمى بالمفتاح الأولي أو المفتاح الرئيسي (Primary Key).





رقم القطعة	اسم المنطقة	رقم المخطط	نوع القطعة
2510	باب الشرقي	2507	اداري
2511	باب المعظم	2507	اداري
2510	منطقة الغدير	3254	سكني
2513	منطقة الغدير	3254	سكني
2514	منطقة الغدير	3254	سكني

الشكل رقم (5- 16):- السجل والعمود والخلية في جدول المعلومات

5- 10- 5: المفتاح الاولي (Primary Key):

يمكن القول بأن حقل او مجموعة من الحقول معاً في صفوف جدول انها تشكل مفتاحاً اولياً للجدول اذا كانت القيمة في هذا الحقل او مجموعة الحقول معاً متغيرة من صنف لآخر في الجدول، ولا تتطابق قيمها في هذا الحقل او في هذه الحقول مجتمعة في أي صف من صفوف الجدول.

واستناداً لهذا المفهوم نقول انه لا يمكن اعتبار "رقم القطعة" منفرداً كمفتاح اولي للجدول المبين في الشكل (5 - 17)، لان رقم القطعة يمكن ان يتكرر كما في الصف الاول والثالث من الجدول حيث لدينا رقم القطعة "2510" لكننا اذا امعنا النظر في الجدول يتبين لنا انه اذا تطابق رقم القطعة في صفين مختلفين فان كل قطعة ارض تكون في

مخطط مغاير للآخر، وعلى ذلك يمكن ان نقول المفتاح الاولي في هذا الجدول هو رقم القطعة ورقم المخطط معاً، بحيث لا يوجد في المخطط قطعاً ارض لهما نفس الرقم، وبذلك يكون هذا المفتاح الاولي خاص بمعلم واحد فقط لا يتكرر.

وعادة تفرض قيود واشتراطات على المفتاح الاولي من اهمها عدم التكرار وان لا يكون خالية القيمة او ما يسمى (Null)، ففي المثال السابق اذا تركنا حقل رقم القطعة فارغاً او تركنا حقل رقم المخطط فارغاً يختل تعريف العقار، وتتيح بعض البرامج والانظمة المستخدمة حالياً سهولة في تصميم وفرض القيود على الجداول والمدخلات ومثال ذلك اشتراط ادخال رقم تعريفي غير متكرر او تحديد عدد الاحرف او الارقام المدخلة في خلية ما (مثل اسم العقار لا يتعدى 25 حرفاً ورقماً). ومن فوائد توسيع حقول المفتاح الاولي تقبل احتمالية تطابق الحقول في صفين متميزين ولكن لزيادة عدد حقول المفتاح الاولي سلبيات كثيرة، اذ يؤدي الى تكرار تسجيل البيانات في مختلف الجداول، كما سيصعب عمليات البحث عن بعض البيانات، ففي الغالب يحدد مفتاح اولي في حقل واحد لتسهيل ربط الجداول قي قواعد المعلومات الكبيرة، فمثلاً في المثال السابق ممكن ان نضيف حقلاً لرقم تعريفي ويمكنك ان يكون هذا الرقم ناتجاً عن دمج رقم المخطط ورقم القطعة ويكون هذا الرقم التعريفي للقطعة، فأذا اردنا الاشارة لهذه أي جدول اخر يكفي ان نذكر الرقم التعريفي لها فقط وبالتالي يربط جميع معلومات هذه القطعة في الجداول الاخرى.

الرقم التعريفي	رقم القطعة	اسم المنطقة	رقم المحفظة	نوع القطعة
25072533	2510	حي المأمون	2507	اداري
25072534	2511	حي المأمون	2507	اداري
3254235	2510	حي المثنى	3254	سكني
32542536	2513	حي المثنى	3254	سكني
32542537	2514	حي المثنى	3254	سكني

لاحظ اختلاف الرقم التعريفي

الشكل (5-17) مثال على الرقم التعريفي(المفتاح الاولي) لقطع الاراضي

وفي احيان اخرى تكون العلاقات بين جداول المعلومات اكثر تعقيدا وتفصيلا او ماتسمى بالوصلات العلائقية (Relational Joints) والتي تعنى بربط عناصر من جدول اول، أي مجموعة اولى من البيانات، مع عناصر جدول ثاني أي مجموعة ثانية من البيانات وذلك بمقارنة او مطابقة حقول في عمود او عدة اعمدة من الجدول الاول ومقابلاتها مع الجدول الثاني، وغالباً ما تستخدم حقول المفتاح الاولي لعملية المقارنة او المطابقة.ونسمي الحقول في عمود او اعمدة الجدول الثاني التي تم مقارنتها مع حقول عمود او اعمدة الجدول الاولي بالمفتاح الدخيل، وبهذا يمكن ان تكون القيم في حقول مفتاح الدخيل مكررة، وبهذه الطريقة نتمكن من وصل عدة جداول بعضها ببعض للوصول الى مختلف البيانات في هذه الجداول.

5- 10- 6: المراحل الاساسية لبناء قواعد المعلومات الجغرافية:-

يمكن ايجاز المراحل الاساسية لبناء قاعدة المعلومات الجغرافية على الشكل المبسط التالي:

- تحديد الهدف من نظام المعلومات الجغرافي المراد انشاء قاعدة البيانات له، وذلك

باجراء مقابلات مع المسؤولين والمستخدمين للتعرف على الاعمال والتطبيقات التي يقومون بها والمراد تنفيذها في النظام، وغالباً ما تكون هذه الاجتماعات بعيدة عن النمط الفني بحيث تكون متعلقة بالاجراءات الادارية والروتينية لتنفيذ اعمال القسم.

- تحديد العناصر الاساسية التي يجب ان تتضمنها قاعدة المعلومات، وفي هذه المرحلة يكون العمل فنياً اكثر، وذلك بتحليل المتطلبات السابق تحديدها في المرحلة السابقة وتحويلها الى عناصر واضحة ومحددة.
- التصميم الصوري للنظام، والمقصود بالتصميم الصوري هو عبارة عن ترجمة للاهداف والاعمال والتطبيقات المتوفرة في المرحلة الثانية الى نموذج تصميمي يمكن التعرف من خلاله على العلاقة بين هذه العناصر وتصميم البرامج الخاصة لتنفيذ المطلوب من النظام، وتكون هذه النماذج سهلة التغير والتطوير قبل ادخالها الى حيز التنفيذ ويتم التصميم تدريجياً وتطويرها حين التأكد من صلاحيتها اولاً بأول. ومن المهم اختيار وتحديد بعض الاشتراطات على أنواع الحقول في قاعدة المعلومات، ومثال ذلك تحديد مواصفات حقل ورقم هوية مالك الارض مثلاً بحيث لا يقل عن عشرة ارقام وان لا يحتوي على حروف او رموز.
- اختبار التصميم الصوري نظرياً، يعتبر التصميم التصوري لقاعدة المعلومات الجغرافية من اولويات تنفيذ النظام، ونظراً لصعوبة تصميم قاعدة المعلومات الجغرافية والحصول على نتائج مرضية تلقائياً، ويكون من الافضل تنفيذ دراسة تجريبية للتأكد من عدم وجود مشكلات من المحتمل حدوثها في المستقبل قبل تنفيذ المشروع فعلياً وتكون مرحلة التنفيذ التجريبية اختباراً لهذا التصور النظري وتحوله الى واقع، وبالتالي يمكن التعرف على امكانية تنفيذ هذا التصور عمليا وفنياً واجراء التغيرات والتعديلات المناسبة قبل الشروع في تنفيذ وتصميم قاعدة المعلومات الفعلية.

- تطوير الاجراءات المطلوبة، ويمكن في هذه المرحلة ممارسة الاجراءات المطلوبة لتصميم قاعدة المعلومات التجريبية ومدى امكانية تنفيذها وتعديل هذه الاجراءات في حالة صعوبة تحقيق ذلك او تقديم البعض على البعض الآخر حسب الحاجة.
- البحث عن المصادر المعلوماتية، يتم البحث عن المصادر الضرورية ذات العلاقة بالغايات والاهداف الرئيسية والمتوفرة وثم البحث عن مصادر معلوماتية اخرى مثل خرائط الاساس والصور الجوية وتشمل المعلومات المكانية والوصفية.
- فحص مصادر المعلومات، والتحقق من مدى ملائمتها وتلبيتها للشروط والغايات المحددة والمرجوة.
- استخراج المعلومات المطلوبة من المصادر المختارة وترتيب المعاملات في صيغ وقوالب تسمح بادخالها الى النظام.
- ادخال التعديلات والتصحيحات والاضافات اللازمة على المعلومات لتصبح بمرجعية ونوعية متجانسة.
- ادخال المعلومات الى النظام فعلياً.
- تدقيق المعلومات المدخلة والتأكد من صحتها وصحة ادخالها.
- التحقق من سهولة وفاعلية التعامل مع المعلومات المدخلة.
- التجول داخل النظام وعمل استعلامات وتحليلات واستخراج النتائج العددية والورقية في شتى الصور لاختبار النظام فعلياً.
- البدء في استخدام النظام والاستفادة من معلوماته.
- جدولة التحديثات والمتابعة المستقبلية المتغيرة.
- حجم البكسل (الوحدة الصورية) هو أساس دقة الصور بحيث كلما صغر حجم البكسل كلما زادت دقة ووضوح الصورة أي ان الصورة ذات البكسل 1م×1م أكثر وضوحا للمعلم من صورة حجم البكسل فيها 5م ×5م. وعدد الصفوف (Rows) والأعمدة (Columns) إذا ضربت في حجم البكسل تعطينا تغطية المنطقة.

وتتم معالجة هذه المعلومات في برامج خاصة تسمى برامج معالجة الصور (Image Processing) لاستخدامها فيما بعد في نظم المعلومات الجغرافية ومن البرامج المشهورة في معالجة الصور الرقمية او المعلومات الشبكية برنامج (Erdas imgine 8.7) و (برنامج PCI Geomatica)، وهي متخصصة في معالجة وتحسين الصور الرقمية حيث يتم من خلال هذه البرامج عمل التصحيحات اللازمة من حيث التشوهات الناتجة عن التصوير والتشوهات الأخرى، وكذلك يتم من خلالها دمج وتحسين الدقة من خلال عمليات معينة.

5-10-7: إنشاء قواعد البيانات الجغرافية:-

يقتصر تصميم قواعد البيانات الجغرافية على تصميم قواعد البيانات الترابطية (Relational databases Model). وتعتمد قاعدة البيانات الجغرافية على قسمين رئيسيين ومتكاملين من البيانات والتي تم ذكرها سابقا في هذا الفصل وهما:

- البيانات المكانية Spatial data
- البيانات الوصفية Attribute data

وتتميز قواعد البيانات الجغرافية عن غيرها من قواعد البيانات في ارتباطها بالتوقيع المكاني للبيانات والمعلومات الموجودة في الخرائط، الصور الجوية، المرئيات الفضائية، والمرتسمات الهندسية... الخ. ويتطلب ذلك اسس خاصة في تصميم قواعد البيانات الجغرافية منها المعرفة العلمية والفنية لعناصر الخرائط كالنقط والخطوط والمساحات والفائدة التطبيقية منها، والتي تمثل المتطلبات الاولية اللازمة لتصميم هذا النوع من قواعد البيانات. وتعد البيانات المكانية هي الاساس في بناء قواعد البيانات الجغرافية اذ تتحكم في اسلوب تصميمها وطريقة الاستفادة منها.

اما البيانات الوصفية (Attribute data) تسمى البيانات ايضا البيانات غير المكانية (Non spatial data)، أي التي ليس لها بعد مكاني بمعنى اخر ليس لها احداثيات مكانية على الارض، وتسمى احياناً في مصطلحات نظم المعلومات بالصفات (Attributes)

وهي اما معلومات رقمية (كمية) (Quantitative) مثل طول الخط او عرضه او المساحة.. الخ، او معلومات غير رقمية (Qualitative) كالاسماء والعناوين ووصف غير كمي للظواهر.

ويتطلب تصميم وانشاء قواعد البيانات في ن.م.ج عدة خطوات وهي كالآتي:

اولاً: ادخال البيانات المكانية

ثانياً: ادخال البيانات الوصفية.

ثالثاً: الربط بين البيانات المكانية والوصفية

وتعد هذه الخطوات هي الاساس في عمل ن.م.ج.

أولاً: ادخال البيانات المكانية:-

لقد ذكرنا سابقاً بان المقصود بالبيانات المكانية هي تلك العناصر النقطية والخطية والمساحية التي تتكون منها الخرائط، واشرنا بان ادخال هذه البيانات المكانية يتم بواسطة ترقيم الخرائط او ادخالها مباشرة من مصادر رقمية اخرى. ولكي تكون هذه البيانات مناسبة وجاهزة للتحليل بواسطة ن.م.ج فانها تتطلب انجاز عدد من عمليات المراجعة والتعديل والتصحيح المهمة منها ما ياتي:-

1. الطوبولوجي (Topology):- هناك مكونات بسيطة مستخدمة لتحديد العلاقات المكانية للمعلومات المكانية التي تتضمن قواعد بيانات انظمة المعلومات الجغرافية وهي:- (راجع الشكل (5-4) سابقا في هذا الفصل)

- العقد (Nodes): وهي بداية او نهاية الخط او السلسلة.
- السلاسل (Chains): وهي شبيه بالخطوط حيث تبدأ كل سلسة بعقدة وتنتهي بعقدة، وهي مستخدمة لتعيين حدود منطقة ما او عناصر مساحية او خطوط.
- المضلعات (Polygons): وهي حلقات مغلقة حيث تتكون كل حلقة من عدة سلاسل متصلة مع بعضها.

تعرف المكونات المكانية بمفهومين اساسيين الأول: التحديد المكاني الذي يبين

ويحدد الوضعية الهندسية لمعلم موجود في الطبيعة (مثل مدرسة، طريق، حي....) ويسمح بحساب العناصر الهندسية المميزة لهذا المعلم كالطول والمساحة والمحيط، والمفهوم الثاني هو العلاقات الطوبولوجية وهي التي تصف الروابط والعلاقات التي تربط بين هذه المعالم. وقد عرف العالمْ بروجرون (Bergeron) الطوبولوجيا "بأنها فرع من الرياضيات يعالج علاقات الجوار المتواجدة بين الإشكال الهندسية وهي علاقات لاتتأثر بتشوه الإشكال".

ومن اهم العلاقات الطوبولوجية في انظمة المعلومات الجغرافية:-

- **علاقة الارتباط او الاتصال:** وهي التي تحدد اياً من السلاسل مرتبطة بأي من العقد.
- **علاقة الاتجاه:** وهي التي تعرف الاتجاه من عقدة الى عقدة في سلسلة.
- **علاقة الجوار:** وهي التي تحدد اياً من المضلعات على يسار واي منها على يمين السلسلة.
- **علاقة الاحتواء:** وهي التي تحدد المعالم المكانية الواقعة داخل مضلع ما، ويمكن ان تكون هذه المعالم عقدة او سلسلة او مضلعات.

إن مفهوم الطوبولوجيا أو العلاقات المكانية يهتم بتحديد التفاصيل بين محتويات البيانات المكاني (ربط الاماكن مع بعضها البعض)، وتعد الطوبولوجيا من اهم الاعمال التي يجب تطبيقها على البيانات للحصول على بيانات صحيحة وبدون اخطاء، اذ يسمح بالمحافظة على التحام وتماسك المعالم وذلك باستبعاد كل ازدواجية في الخطوات او السلاسل والنقاط او العقد المستخدمة لتعريف المكونات المكانية البسيطة، وبذلك يتم تلافي المعلومات الزائدة بغية انتاج قاعدة معلومات جغرافية متراصة و صحيحة وبدون اخطاء تسهل معها عملية التعديل او التصحيح (Editing)، حيث يتم البحث عن الاخطاء والقيام بتصحيحها وذلك بناءا على علاقة بين الطبقات، فمثلا عند رسم خط من الخطوط يمكن ان نجد ان هناك خطوطا غير موصولة اي هناك خلل بهذه الخطوط كأن تكون هناك فجوة في نهاية الخطوط او نجد خطوط صغيرة زائدة، او عند رسم

الاشكال المساحية (المضلعات) نجد هناك تداخل او فجوات بين هذه المساحات بالاضافة الى اخطاء اخرى. والطوبولوجيا تظهر القوة التحليلية المكانية الكبيرة لهذه النظم بل هو من اهم ما يميز نظم المعلومات الجغرافية (GIS) عن الأنظمة الأخرى سواء كانت أنظمة الرسم بالحاسب (CAD) أو أنظمة إدارة المعلومات (MIS).

وللطوبولوجيا أهمية كبرى لإيجاد الحلول الاقتصادية، كالاستعلام عن منطقة ذات خواص محددة ضمن منطقة ما، كأن يراد الاستعلام عن منطقة في غابة وذات ميل لا يتجاوز 4٪ ولا تبعد أكثر من 200 عن الطريق الرئيسي.

والعلاقات الطوبولوجية لمعلم ما تكمل وصفه الهندسي (أي شكله وتحديد مكانه) وهي مطلوبة في طرق التحليل المكاني، والنظام الذي يحوي قاعدة جغرافية طوبولوجية جيدة يدعم بشكل كبير فعالية نظام المعلومات الجغرافي كأداة مساعدة في اتخاذ القرار وان فاعلية المعالجة للمعلومات تستند بشكل كبير على وصف المعلومات المكانية وعلى خواصها الطوبولوجية كما تعتمد على توفر الدوال (Functions) التي يمكنها معالجة العلاقات المكانية في أنظمة المعلومات الجغرافية. وصحة العلاقات الطوبولوجية تعتمد بشكل كبير على دقة البيانات الجغرافية المستخدمة، وان أي نقص او غياب في المكونات من شأنه إنقاص الجودة في أنظمة المعلومات الجغرافية والتقليل من فعاليتها كأداة لأتخاذ القرار. إضافة إلى إن المعالجة الطوبولوجية هذه هي التي تؤمن جودة عالية لإنتاج الخرائط بالرسم الآلي، مهما كان القياس المستخدم وهي التي تحافظ على التماسك في كل عمليات التعديل (Editing) اللاحقة.

2 – تعديل (تحرير) البيانات المكانية (Editing of Spatial data):-

تعد هذه العملية مكملة لاعمال الطوبولوجي، اذ يتم في هذه العملية تنقيح وتصحيح المشكلات التي تنشأ خلال عملية التصنيف الطوبولوجي وادخال البيانات واهم هذه المشاكل ظهور الزيادات (Overshoots) والنواقص (Undershoots) والتشوهات (Spikes). يتضمن التصحيح او التعديل الآلي استخدام قيم السماح

(Tolerance Value) التي تعرف او تحدد عرض النطاق (Buffer) حول الاهداف المتجاورة، ترتبط قيمة السماح بالدقة التي يمكن ان ترقم بها الموقع. وتتضمن انجاز عملية تصحيح وتنقيح البيانات المكانية عدة وظائف خاصة لربط العناصر مع بعضها البعض، مثل المطابقة (Snap) او التحريك (Move) او الربط (Join)، او الالغاء (Delete) او غيره من الاوامر الموجودة في برامج ن. م. ج.

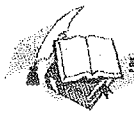
تكون عملية الترقيم والتصحيح احدهما مكملة للاخرى فالترقيم الضعيف يحتاج الى الكثير من عمليات التنقيح والتصحيح، بينما يمكن ان نتجنب الكثير من عمليات التنقيح اذا كان الترقيم جيداً.

3- مطابقة اركان الخرائط (Edge Matching):-

تعد من الخطوات الهامة في عملية التعديل او التصحيح، ففي هذه المرحلة يتم مقارنة وتعديل الظواهر على امتداد حافات لوحات الخرائط المتجاورة تنجز بعض عمليات المطابقة ببساطة من خلال تحريك الاهداف في خط مستقيم وبمقارنة الجوانب والظاهرات المشتركة في اللوحات المتجاورة. اما العمليات الاخرى فانها تربط القطع منطقياً ومفاهيمياً. بحيث تصبح هدف واحد ولا يرى فيها المستخدم أي تقاطع بين هذه القطع وبذلك تنشأ قاعدة البيانات مطابقة لاركان الخرائط وعديمة الندب أي لا يظهر فيها خط الاتصال وتختفي تماماً حافات الواح الخرائط.

ثانيا – ادخال البيانات الوصفية:-

تبدأ هذه المرحلة بعد ادخال البيانات المكانية، وبعد اجراء عمليات التنقيح والتعديل عليها، اذ يتم ادخال البيانات الوصفية (Properties Data) اما عن طريق استخدام لوحة المفاتيح (Key board) مباشرة او تؤخذ من قواعد بيانات رقمية اخرى تؤخذ من الارشيف الرقمي وتربط البيانات الوصفية مع البيانات المكانية بواسطة تعريف (ID) يسمى المفتاح الاولي او المفتاح الرئيسي تحدد في البيانات الوصفية على هيئة جداول تعرف باسم جداول الصفات (Attribute tables).



ثالثاً – الربط بين البيانات المكانية والوصفية:-

بعد ان يتم ادخال جميع البيانات الوصفية يجب ان تربط الى البيانات المكانية (الاهداف المكانية المختلفة) بواسطة المفتاح الاولي ID، تحدد كما ذكرنا سابقاً في البيانات الوصفية على هيئة جداول تعرف باسم جداول الصفات ويتم ربط باستخدام برامجيات ن.م.ج المختلفة. ويتوقف درجة نجاح استخدام أي قاعدة بيانات في ن.م.ج على درجة النجاح في الربط والتفاعل بين البيانات المكانية والوصفية. ان عملية الربط بين البيانات المكانية وغير المكانية في قاعدة بيانات ن.م.ج تنتج لنا قاعدة بيانات ترابطية في ن.م.ج (The GIS Relational Data base)، اذ تسمح لنا هذه القاعدة بطرح الاسئلة المتعلقة بالظواهر المكانية وصفاتها غير المكانية في ان واحد فمثلاً نستطيع الحصول على المعلومات الخاصة عن مكان معين على الخريطة كعدد السكان او المساحة او الطول او العرض... الخ، واذا قمنا بربط هذه المعلومات مع الخريطة او المخططات فاننا نكون قد انتجنا اداة فعالة وقوية تجعل استفساراتنا مدعمة بالتمثيل المكاني او الرسم، وتنتج لنا خرائط تسمى بالخرائط التفاعلية (Interactive Maps).

5-10-7-1: تطبيق على المطابقة الطوبولوجية (العلاقات المكانية):-

تعد عمليات المطابقة الطوبولوجية من اهم عمليات التحليل المكاني في ن.م.ج ويمكن ان توجد هذه العلاقات المكانية بين نفس النوع من البيانات او من انواع بيانات مختلفة منها على سبيل المثال:

- علاقة نقطة – نقطة
- علاقة نقطة – خط
- علاقة نقطة- مساحة
- علاقة خط – خط
- علاقة خط – مساحة
- علاقة مساحة – مساحة

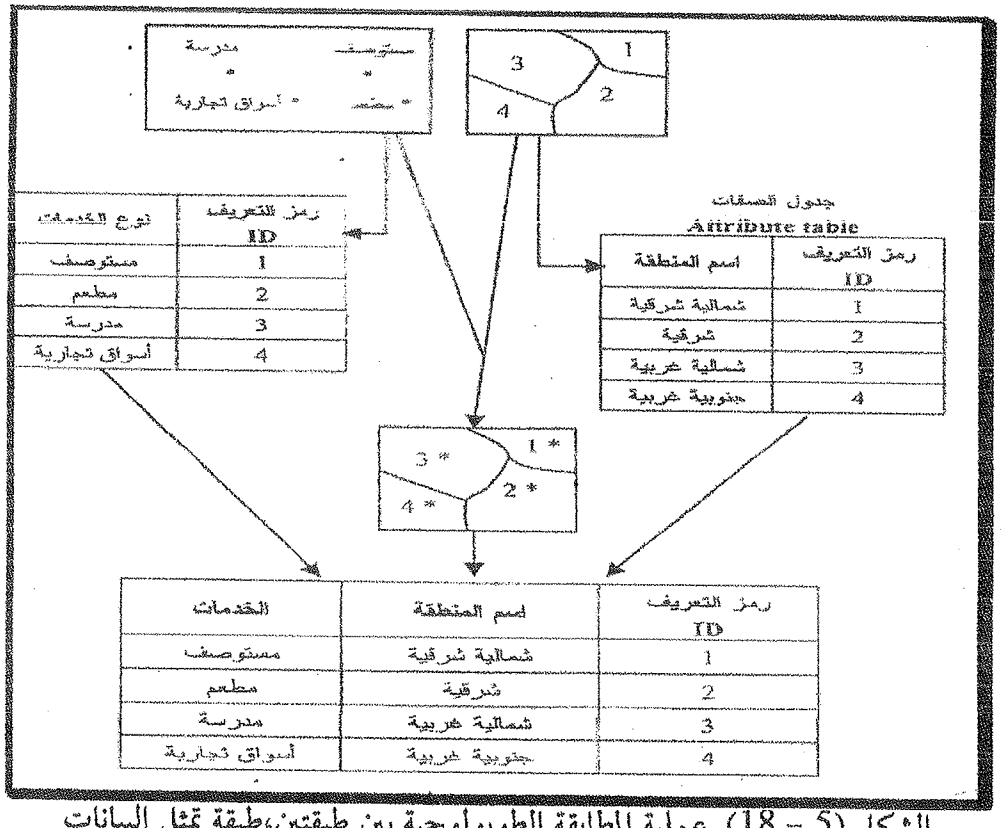
وسنوضح في مثال تطبيقي احد هذه العلاقات المكانية بين البيانات الخطية (المطابقة الطوبولوجية) وقد تم اختبار مثال لتوضيح علاقة نقطة مع مساحة.

المثال (علاقة نقطة - مساحة):

في هذا المثال تتم حالات ملف يمثل بيانات مساحية على ملف يمثل بيانات نقطية تمثل هذه الحالة علاقة نقطة مع مساحة. ويمثل ملف البيانات المساحية الاقالبم الزراعية المختلفة على هيئة مضلعات (Polygons)، ويمثل ملف البيانات النقطية مراكز الخدمات في الاقاليم وتتم عملية المطابقة الطوبرلوجية بين هذين النوعين من البيانات اعتماداً على المرجعية الجغرافية (الاحداثيات الجغرافية).

كما يتم ربط البيانات المكانية مع جداول البيانات الوصفية للنوعين ثم يتم دمجها مع بعضها البعض لينتج لنا جدول يجمع البيانات النقطية مع البيانات المساحية ويتم تمثيل موقعهم الجغرافي على الخريطة لاحظ الجدول النهائي في الشكل (5 - 18).

وتتيح هذه الطريقة في تصميم قواعد البيانات الخطية تخزين معلومات باكبر حجم ممكن وتكون هذه الطريقة سهلة الاستخدام في نظم الية مختلفة، لذلك فان اهميتها التجارية تكون كبيرة لذا يتم استخدامها في ن.م.ج التابعة للشركات التجارية الكبرى اضافة الى استخدامها في الدراسات الاحصائية والاقتصادية والبيئية الخ.



الشكل (5 – 18) عملية المطابقة الطوبولوجية بين طبقتين،طبقة تمثل البيانات المساحية (المناطق) وطبقة تمثل البيانات النقطية (نوع الخدمات)

5-10-7-2: الطرق الحديثة المتبعة في تخزين قواعد البيانات الجغرافية:-

تعد عملية دمج البيانات الخطية والخلوية من اهم المشاكل التي واجهتها عملية بناء وتخزين قواعد البيانات في ن.م.ج، اذ ان معظم البيانات على سطح الارض اصبح مصدرها الصور الجوية والمرئيات الفضائية المخزنة بالنظام الخلوي، والتي تحتاجها النظم الخطية. ان السبيل الوحيد للتخلص من هذه المشكلة هي عملية التحويل من النظام الخلوي الى الخطي عند اخراج البيانات وبسبب المساوئ التي تصاحب هذا التحويل من فقدان المعلومات وتشويهها، ومع التطور الذي حدث في تنظيم المعلومات

وادارتها في النظام الخلوي فقد تم البدأ ببناء قواعد بيانات مهجنة خلوية – خطية (Hybrid Vector – Raster Database) فاصبحت الصور الجوية والمرئيات الفضائية تخزن في ذاكرة الحاسوب بواسطة الماسح الضوئي(Scanner)، ويتم ادخالها على نظم المعلومات الخطية.

ويتم استخدام المرئيات الفضائية كمصدر للبيانات في النظم الخطية، وعادة ما تكون هذه المرئيات متعددة الاطياف (Multispectral Images) من الاقمار الصناعية اللاندسات وسبوت. اما الصور الجوية فتم ادخالها الى نظم المعلومات الخطية، بعد ان يتم التخلص من مشاكل ازاحة التضاريس (Relief Displacement) او التشوه (Distortion)، ويطلق عليها بعد ذلك اسم اورثوفوتو (Orthophoto) فتصبح شبيه الى حد كبير بالخرائط العادية، التي يمكن اجراء كافة القياسات الفوتوجرامترية عليها.

5-10-7-3: التحويل من النظام الخلوي الى النظام الخطي وبالعكس:-

ان معظم محللي ن.م.ج يفضلون في الوقت الحاضر استخدام بيانات النظام الخطي، وبعضهم يستخدمون بيانات النظام الخلوي لعمليات تحليلية مختارة. ان عملية تحويل البيانات من النظام الخلوي الى الخطي وبالعكس يتيح دمج هذين النوعين من البيانات في التحليل، وعلى الرغم من ذلك فان التحويل غير الضروري يسبب كثير من الاخطاء ومن اهم الفوائد التي تدفع محللي ن.م.ج لتحويل البيانات إلى النظام الخطي ما ياتي:

1) تتيح فرصة مناسبة لاستخدام الراسم (Poltter)، لان الرسم يعمل بالنظام الخطي فقط، اذ يرسم الخطوط وهو اسرع واسهل طريقة للرسم.
2) تظهر الخرائط والظواهر المرسومة بشكل منظم وواضح وغير مشوه وبجمالية عالية.
3) تتيح للمحلل مقارنتها مع خرائط خطية اخرى.
4) ستتيح اجراء علاقات تفاعل مكاني دقيقة (الطوبولوجي) Topology.

اما مساوئ تحويل البيانات من النظام الخلوي الى الخطي وبالعكس فهي ما يأتي:

1) ان تحويل البيانات الخلوية الى الخطية يؤدي الى ضياع البيانات نتيجة قيمة واحدة لكل خلية (Pixel)، وعدم مراعاة الاختلاف في القيم داخل الخلية الواحدة، ففي البيانات الخلوية فان القيمة المخصصة للخلية اما تمثل معدل القيمة لجميع اجزائها او قيمة مركز الخلية، وهذا ما يحدث مثلاً في بيانات اللاندسات، وهذا يؤدي بالتالي الى تغيير اشكال الظواهر وتشوبها سواء كانت خطية كالانهار او الطرق.. الخ او اشكال مساحية كمناطق الغابات والمناطق الزراعية..الخ.

2) عملية تحويل البيانات من الخلوية الى الخطية يتضمن اجراء عملية تنعيم الخطوط (Softening)، وهذا يؤدي الى فقدان الدقة وضياع جزء من المعلومات.

3) هناك اخطاء تنجم عن تطبيق المضلعات فوق بعضها البعض، فعند تحويل مساحة المضلع المرسوم بالنظام الخطي الى النظام الخلوي، فانه سيتم فقدان عدد من المعلومات واضافة مناطق جديدة للمضلع الجديد.

ويمكن تلخيص العوامل المؤثرة في اختيار اي من النظامين الخطي او الخلوي بما يأتي:

1- الغاية من تأسيس ن.م.ج فاذا كان الهدف يحتاج الى الدقة مثل انتاج خرائط بجمالية عالية وذات موصفات فنية عالية المستوى، فيحتاج ذلك الى اختيار البيانات الخطية والعكس صحيح.

2- يعتمد على نوعية المعلومات الممثلة فمثلاً اذا كانت انهر/ اودية/ طرق/ سكك حديد..الخ/ فان ذلك يحتاج الى استخدام البيانات الخطية/ اما اذا كانت معلومات عن مساحات الاراضي والغابات والمناطق العمرانية.. الخ، فان ذلك يتطلب استخدام البيانات الخلوية.

3- بحسب الاجهزة والبرامجيات المتوفرة.

5-11: ربط المعلومات بالمواقع الجغرافية:-

ترتبط عملية نجاح نظم المعلومات الجغرافية بدرجة دقة المعلومة ونوعيتها، ومن انواع الدقة المطلوب مراعتها في المعلومة دقة مطابقتها مع الموقع الحقيقي للمعلومة على الارض.

ان اختيار المرجعية الارضية المناسبة (Geo - refrences) ونظام الاحداثيات (Coordinate System) والاسقاط (Projections) المناسبين يلعب دوراً هاماً في تصميم واعداد نظم المعلومات الجغرافية، فالقياسات والمساحات والمواصفات العددية للمعالم الجغرافية المختلفة من حيث الامتداد والاتساع والارتفاع الى جانب ربطها بموقعها الجغرافي الحقيقي على سطح الارض، هي احد متطلبات نظم المعلومات الجغرافية، ويمكننا القول بشكل عام ان جودة النتائج من النظام تتعلق بالطرق المستخدمة لتحديد الموقع المكاني الصحيح للمعلومة.

والمرجعية الارضية هي طريقة او وسيلة تمكننا من تحديد موقع معلن وتميزه عن موقع معلم اخر، ومثال ذلك العنوان، فمجرد معرفة عنوان منزل يمكننا تميزه وتحديده في الطبيعة والوصول اليه مثل حي المأمون محلة رقم كذا زقاق كذا دار كذا، والمثال الاكثر وضوحاً او تحديداً لمكان ما في الكرة الارضية هو نظام الاحداثيات كالاحداثيات الجيوديسية، والاحداثيات الوطنية، والاحداثيات الجغرافية الحقيقية.

5-12: عمليات ن.م.ج (GIS Operations):

يمكن تصنيف عمليات ن.م.ج الى ماياتي:--

اولا: ادخال البيانات المكانية (Spatial data Input)

ثانيا: ادارة البيانات الوصفية (Attribute data management)

ثالثا: عرض البيانات (Data Display)

رابعا: استكشاف البيانات (Data exploration)

خامسا: تحليل البيانات (Data analysis)

سادسا: النمذجة في ن.م.ج (GIS modeling).

سنلقي نظرة عامة على عمليات ن.م.ج وستكون بمثابة عرض اولي لهذه العمليات:-

اولا: ادخال البيانات المكانية Spatial data Input:-

تعد عملية الحصول على البيانات في اي مشروع ن.م.ج من اكثر خطوات المشروع المكلفة ماديا وهناك نوعين رئيسيين من البيانات هما:

1- الحصول على البيانات من المصادر المتوفرة (Existing data) من مصادرها.

2- البيانات البديله (Alternative data) بمعنى انشاء بيانات جديدة (Create new data) من مصادرها الخ.

ويجب على مستخدم ن.م.ج ان يستخدم خطة معينه في البحث في البيانات والمعلومات العامه المتوفرة قبل ان يقرر شراء البيانات من الشركات الخاصة أو انشاء بيانات جديدة، ويمكن انشاء بيانات مكانية جديدة من المرئيات الفضائية، بيانات الـ GPS، المسوحات الحقلية، عناوين الطرق باستخدام عملية العنونة الرقمية (Geocoding)، وملفات الاحداثيات الجغرافية.

ولكن تبقى الخرائط الورقية من اكثر مصادر البيانات شيوعا فباستخدام طريقة الترقيم (Digitizing) بنوعيه، الترقيم اليدوي (Manual Digitizing) او الترقيم بالماسحات الضوئية (Digital Scanning) يمكن ان تحول الخرائط الورقية الى الصيغة الرقمية. وتحتاج الخرائط المرقمه الجديدة الى عملية تصحيح (Editing) وعملية تصحيح هندسي (Geometric Transformation). وتعمل عملية التصحيح على ازالة اخطاء الترقيم (الترميز) التي لها علاقة بموقع البيانات المكانية مثل حذف المضلعات، تشوه الخطوط وازدواجيتها، او عمل علاقات مكانية (طوبولوجي) من خلال معالجة النقوصات او الزيادات او التقوات.. في النقاط والخطوط والمضلعات التي ذكرناها سابقا في هذا الفصل.

اما عملية التصحيح الهندسي على الخارطة المرقمة الجديدة (New digitized map) التي تحتوي على نفس ابعاد الخارطة الاصلية (المصدر) فتعمل على تحويلها الى احداثياتها الجغرافية الحقيقية على سطح الارض. كما تعمل عملية التصحيح الهندسي على تحويل المرئيات الفضائية المسجلة بياناتها بالصيغة الخلوية (صفوف واعمدة) الى مساقط احداثية جغرافية، لان التصحيح الهندسي يعمل على مجموعة من نقاط التحكم لتقليل كمية خطأ التحويل او التصحيح الهندسي الى مستوى معقول.

ثانيا: ادارة البيانات الوصفية (Attribute Data Management):-

يتطلب بناء قاعدة البيانات المكانية في ن.م.ج ادخال البيانات الوصفية والتحقق منها من خلال عملية الترقيم او التصحيح. وعادة تنظم البيانات الوصفية بهيئة جداول قاعدة البيانات الترابطية، اذ تنظم هذه الجداول بشكل صفوف واعمدة، وكل صف (ROW) يمثل الظاهرة المكانية (Spatial feature)، وكل عمود او حقل(Field) يصف خصائص الظواهر المكانية. ويجب ان تقسم الجداول الوصفية في قاعدة البيانات بطريقة تسهل عمليات الادخال، البحث، اعادة العرض، المعالجة، والاخراج. وهناك عنصرين اساسيين في عملية تصميم قاعدة البيانات الترابطية الاول هو المفتاح الاولي او مايسمى المفتاح الاساسي (I D)، والثاني هو نوع البيانات ذات العلاقة، فالمفتاح يؤسس للربط بين التسجيلات (الصفوف) المتوافقة او ذات العلاقة من جدولين.اما نوع البيانات ذات العلاقة (Typed data Relationship) فيكون اساس القاعدة الذي تبين نشاطات او اندماج الجداول بدقة فيما بينها. وعمليا فأن ادارة البيانات الوصفية يشتمل ايضا على مهام مثل اضافة او حذف حقول من الجداول الوصفية او اضافة حقول جديدة من الحقول الموجودة.

ثالثا: عرض البيانات (DATA DISPLY):-

تعد الخرائط من اكثر الوسائل الفعالة في عرض العلاقات بين المعلومات المكانية، لذا فأن انشاء الخرائط يعد من العمليات الروتينية في عمل ن.م.ج، اذ يمكن ان نعمل

الخرائط من اساليب الاستعلام او تحليل البيانات. ويتم تحضير الخرائط لاغراض عرض البيانات ورؤيتها، وهناك عدة عناصر اساسية تستخدم لتحضير الخرائط وعرضها منها على سبيل المثال: العنوان الرئيسي، العنوان الفرعي، دليل الخارطة، اتجاه الشمال الجغرافي، مقياس الخارطة، حدود الخارطة (Border)، الخط اللطيف (Neat line) .....الخ، هذه العناصر تعمل مع بعضها البعض لجلب المعلومات المكانية على الخارطة لقرائتها.

ان الخطوة الاولى في انشاء الخارطة هوجمع عناصر الخريطة، وعادة يوجد في برمجيات ن.م.ج الجاهزة عدة خيارات لعناصر الخارطة الجاهزة يختار المستخدم اي منها من خلال القوائم (Menus) ولوحات الالوان (Palettes) المتوفرة في البرامج ويجب على المستخدم ان يدرك الخيارات الثابتة بشكل تام، فبدون فهم رموز الخارطة مثل الالوان الخ..، فسوف تنتج خارطة ذات مواصفات كارتوكرافية سيئة.

اما الخطوة الثانية فهو تصميم الخارطة والذي هو عبارة عن عملية انشاء جديد والتي لا يمكن بسهولة استبدالها بواسطة الطبعات الثانية اوبترميز الحاسوب. ويجب على منتج الخارطة ان يعمل بفعالية مع التخطيط النهائي للخارطة (Layout) والتدرج المرئي (Visual hierarchy). وكلما كان التصميم ضعيفا فسوف يربك قارئ الخارطة بل وحتى يشوه المعلومات المهمة في الخارطة.

رابعا: استكشاف البيانات (Data Exploration):-

بعد استكشاف البيانات من العمليات التمهيدية والمهيئة لتحليل البيانات، والتي تشتمل على استكشاف الاتجاهات العامة للظواهر المكانية وتعطي نظرة قريبة الى مجموعة البيانات المستخدمة والعلاقات المحتملة بينها. ان عملية الاستكشاف (التجوال) الفعال للبيانات يتطلب اساليب ربط مرئية فعالة ومرنة. وتشتمل برامج ن.م.ج على استكشاف مثالي للبيانات فعرض الخرائط، الاشكال البيانية، والجداول قد يكون بطريقة ضعيفة ولكن هناك مرونه لربطها بالنوافذ، فعندما يختار مجموعة من البيانات في الجدول، فأنها

تلقائيا (اوتوماتيكيا) يتم ابرازها لأضائتها الى المظاهر او المعالم ذات العلاقة بها في الخارطة او الشكل البياني، هذا النوع من الربط التفاعلي يزيد من امكانية المستخدم في معالجة وتأليف للمعلومات.

وبسبب احتواء بيانات المرجعية الجغرافية على بيانات مكانية ووصفية، فأن استكشاف البيانات يمكن ان يصل الى البيانات المكانية والوصفية او الاثنين معا.ان اهمية الخرائط في ن.م.ج يضيف رؤية جغرافية الى نشاطات استكشاف البيانات. فالرؤية الجغرافية (Geographic Visualization) تأتي في سياق المعالجة المرئية للبيانات بالاعتماد على الخرائط والاساليب المعتمدة عليها الخارطة مثل تصنيف البيانات، تجميع البيانات ومقارنة الخرائط.

خامسا: تحليل البيانات (Data Analysis):-

يمكن تصنيف عملية تحليل البيانات في ن.م.ج الى سبع مجاميع رئيسية مهمة هي كالاتي:-

1- تحليل البيانات الخطية (Vector data analysis)
2- تحليل البيانات الخلوية (الشبكية) (Raster data analysis)
3- تحليل التضاريس (Terrain mapping & analysis)
4- الحدود الهيدرولوجية وحدود المشاهدة (Viewshed&Watershed analysis)
5- التقدير التقريبي المكاني (Spatial interpolation)
6- العنونة الرقمية والتقسيم الديناميكي (segmentation Geocoding & dynamic)
7- تحليل المسارات والشبكات (Paths network analysis) .

وسنتطرق بشيء من التفصيل الى هذه الانواع من التحليل لبيانات ن.م.ج:

1- تحليل البيانات الخطيه (Vector Data Analysis):

لايتطلب التحليل في النظام الخطي اعادة تصنيف للقيم كما هو الحال في تحليل البيانات الخلوية حيث تقوم برامج ن.م.ج بتنظيم وترتيب النتائج بصورة اوتوماتيكية،

فعند اجراء عمليات التحليل المكاني التي سنأتي على ذكرها ادناه فان اي طبقة جديدة ستظهر سيتم بشكل اوتوماتيكي وروتيني صنع جداول جديدة في قاعدة البيانات الوصفية لتصف الطبقة الجديدة.

ويشتمل هذا النوع من التحليل على عدة وسائل منها:

أ. التحليل الخطي باستخدام منطق بولين (Boolean Queries):- يتضمن منطق بولين الربط بين المنطق والرياضيات، ويشتمل الاجابة عن الاجابة عن الاسئلة التي لها احتمالان مثل الاجابة على اسئلة تتعلق بوجود ظاهرة او عدم وجود ظاهرة في مكان جغرافي معين. او الاجابات التي تتعلق بالمقارنات والتي تتضمن خيارات مثل (and,or,not..) للاجابة اين توجد ظاهرة كذا وليس ظاهرة كذا الخ. ولتسهيل عملية التحليل يتم حذف كل الظواهر التي لاتدخل في التحليل، وتبقى الظواهر التي سنجري عليها عملية التحليل. ومن طرق التحليل المستخدمة في منطق بولين تقاطع الظواهر، عدم التقاطع، الاتحاد الخ.

ب. النطاقات (Buffering) ويتم من خلال وضع الحدود حول الظواهر وذلك بتحديد مسافة النطاق الذي نرغب بتحديده حول الظاهرة وبخط مستقيم. وغالبا مايعد احد المتطلبات التي تسبق عملية التحليل. ومن فوائد استخدام النطاقات على سبيل المثال لا الحصر تحديد كل المدن التي تقع ضمن 50 كم من نقطة معينة...او يستخدم لاظهار الظواهر كالطرق والمدن التي تقع ضمن نطاق فيضان معين او تحديد مناطق التلوث او مناطق توزيع البريد الخ.

ج- المطابقه (Overlay): وتعد من اهم وسائل ن.م.ج، وتتم من خلال مطابقة الخصائص المكانيه والوصفيه للطبقات المختلفه فوق بعضها البعض لاختبار طبيعة العلاقه بينها وانتاج مخرجات جديدة. وهناك طريقتين للمطابقة:-

أ- الطريقة المرئية، ب- الطريقة المنطقية (غير المرئية).

د - الاحصاءات المكانية والتقارير(Spatial statistics and reporting): ويتم فيها تحليل احصائي رقمي للبيانات يساعد المستخدم في الحصول على جداول احصائية ناتجة عن اجراء قياسات وابعاد مثل اجراء حسابات لمساحات المناطق والحقول، اجراء عمليات حسابيه لكميات الانتاج والمبيعات، اخراج المسافات، ابعاد الطرق، حساب نسب الاراضي الزراعية الخ.

هـ- معالجة الخارطة (Map manipulation):- وهي اساليب متعددة تستخدم لادارة وتغييرالطبقات في قاعدة البيانات، بمعنى آخر اعادة تصنيف البيانات المكانية وعرضها بصورة مختلفة واجراء التعديلات عليها واخراجها بصور مختلفة. مثل ضم مضلعات الى مضلعات اخرى وازالة الحدود بينها، اضافة مضلعات جديدة، اقتطاع اجزاء من الطبقة باستخدام Clip ووضعه فوق طبقة اخرى، وضع قناع Mask للمناطق غير المرغوبة، اجراء عمليات الاحلال (Replace)، اجراء موزاييك بالاعتماد على الاحداثيات، اجراء عملية التدوير للخارطة (Rotation) الخ.

2 – تحليل البيانات الخلوية (Raster Data Analysis):-

ويطلق ايضا على هذا النوع من التحليل تسمية Raster GIS Analysis، اذ يعتمد في تخزين البيانات وتحليلها على الخلايا (Pixels)، ويتم فيه تحديد قيم وارقام للخلايا بحيث تخصص قيمة لكل مجموعة من الخلايا اثناء عملية التخزين. فالخلايا عادة تبدأ من اعلى اليسار ثم الى اليمين ونزولا بالصفوف الى الاسفل. ولكل خلية قيمة تحدد مقدار العنصر او الظاهرة التي تحتويها. ويتم اجراء بعض العمليات الحسابية قبل اجراء عملية تطبيق الخرائط الخلوية فوق بعضها البعض، وذلك لتخصيص قيم جديدة للخلايا الناجمة عن تطبيق الخلايا فوق بعضها البعض.

يمكن تقسيم الوسائل الاكثر شيوعا في تحليل البيانات الخلوية الى ماياتي:-

• العمليات الداخلية (Local operations):-

وتشتمل جوهر عمليات تحليل البيانات الخلوية، اذ يتيح هذا الاسلوب انشاء خلايا جديدة اما من الخلايا المفردة المدخلة او من الخلايا المتعددة المفردة المدخلة، وتحسب القيمة الجديدة للخلية الجديدة بواسطة حساب معدل قيم الخلايا وفقا لقاعدة خلية بخلية (cell by cell). ومن تطبيقاتها التغير في الغطاء النباتي.

• عمليات التجاور (Neighborhood operations):-

ويتم فيها تحديد الخلايا المتجاورة، اذ تشتمل على خلية مركزية وعلى مجموعة من الخلايا المجاورة والمحيطة بها، ويتم فيها اختيار الخلايا المجاورة على اساس بعدها او اتجاهها بالنسبة للخلية المركزية. ومن اشهر الاشكال التي تتكون من هذه العملية المربعات، الدوائر، العمود الحلقي، المخروط... فعلى سبيل المثال فالمربع يحدد بواسطة عرضه وارتفاعه في الخلايا ويمثل بثلاثة خلايا بثلاثة خلايا حول الخلية المركزية. اما الدائرة فتحدد من الخلية المركزية بواسطة نصف القطر.

• عمليات الانطقة (Zonal operations):-

وهي عمليات تقوم بتجميع الخلايا التي لها نفس القيم او الظواهر المتشابهة في مجاميع من الخلايا وتسمى هذه المجاميع (Zones)، وهذه الانطقة اما تكون متجاورة او غير متجاورة، فالانطقة المتجاورة تتصف بارتباط مكاني بينما الانطقة غير المتجاورة فتشتمل على مناطق منفصلة من الخلايا.

• عمليات قياس المسافة الفيزيائية (Physical distance measure operations):-

تتحدد المسافات في ن.م.ج اما كمسافة فيزيائية (Physical distance) اومسافة تكلفة (Cost distance)، فالمسافة الفيزيائية تقاس بخط مستقيم او متعرج، بينما مسافة الكلفة فتقيس كلفة السفر للمسافة الفيزيائية. وهذا مهم في تطبيقات النقل فمثلا سائقي الشاحنات من اكثر المهتمين بالوقت وكلفة الوقود اللازمة لقطع مسافة فيزيائية معينة.

وفي هذه الحالة فان مسافة الكلفة لاتستند فقط الى المسافة الفيزيائية بل على حالة الطريق ومعدلات السرعة. وهناك اساليب اخرى لتحليل البيانات الخلوية التي تقوم بمهام معينة مثل استخلاص البيانات (Raster Data Extraction) والتعميم (Raster Data Generalization).

3 - تحليل الحدود الهيدرولوجية وحدود الرؤيا للتضاريس (Analyses of viewshed and watershed):-

يعد هذا النوع من التحليل المكاني تطبيقات فرعية (Extension) من تحليل التضاريس. يعمل تحليل حدود الرؤيا للتضاريس (viewshed) على تحديد مناطق سطح الارض التي يمكن رؤيتها من نقطة ملاحظة واحده او اكثر. اما تحليل الحدود الهيدرولوجيه فيستطيع ان يستخلص الظواهر التضاريسيه مثل اتجاه جريان المياه، شبكة التصريف المائي وحدود الاحواض المائية.....لاغراض التطبيقات الهيدرولوجية.

4 - التقدير التقريبي المكاني (Spatial Interpolation):-

ان كل من الامطار، تجمع الثلوج، مستوى سطح المياه وظواهر مكانيه (Spatial phenomena) متعددة اخرى تتشابه مع عمليات التحليل والملاحظة في التضاريس، لكنها لاتتشابه مع التضاريس، اذ ان تسجيلات بيانات هذه الظواهر المكانيه محدده فقط في عددقليل من محطات النماذج ويحتاج تركيب السطوح من محطات النماذج المتفرقة الى اجراء عملية التقدير التقريبي المكاني (Spatial interpolation)، هذه العملية تستخدم قيم معلومة لنقاط مختاره لتقدير القيم في النقاط الاخرى (المناطق الموجودة بين المحطات) .. وتشتمل عملية التقدير والتقريب على اساليب مختلفة مثل:

أ- Trend surface models
ب- Thiessen polygons
ج- Kernel density estimation
د- Inverse distance weighted
هـ- Splines

ه- Kriging: وهو اسلوب احصائي ارضي (Geostatisical) شائع لانه يستطيع ان يخمن ويقدر القيم غير المعلومة بالاضافة الى تقدير اخطاء القيم المقدرة.

5- العنونة الرقمية والتقسيم الديناميكي للطبقات (Geocoding and dynamic segmentation layers):-

العنونة الرقمية هي عملية تحويل عناوين الطرق او تقاطعات الطرق الى مظاهر نقطية (Point features) وسناتي لاحقا لشرحها بالتفصيل. اما التقسيم الديناميكي للطبقات فيقوم برسم البيانات المرجعية (Reference data) على النظام الاحداثي، ان كلا من التقنيتين تتشابهان في تسقيط البيانات على النظام الاحداثي من مصادر تفتقد الى الاحداثيات (x,y)، اذ تستخدم هاتين التقنيتين الظواهر الخطيه مثل الشوارع والطرق السريعة كمصادر للمرجعية الجغرافيه. وتعد البيانات المنتجه بهاتين التقنيتين ضروريه في ادخالها كبيانات مهمه الى ن.م.ج لاغراض التحليل المكاني المتقدم. فالبيانات المرقمة جغرافيا (Geocoded data) تكون مهمه ومفيده في رسم خرائط الجريمه وتحليلها، اما البيانات المنتجة باستخدام تقنية التقسيم الديناميكي للطبقات فتعد مفيدة في ادارة وتحديد الطرق السريعة ووضع مراكز الخدمات عليها او محطات الوقوف الخ.

6 - تحليل المسارات والشبكات (Paths and Network analysis):-

يستخدم هذا النوع من التحليل المكاني لايجاد اقل مسارات الطرق تكلفة بين خليتين. اما تحليل الشبكات فهو عباره عن نظام طوبولوجي يربط الظواهر الخطيه (Linear feature) التي تحتوي على صفات مناسبه كحركة الاجسام والسيارات وغيرها مثل استخدامها في تطبيقات تحليل اقصر المسافات التي تستخدم لايجاد اقصر الطرق بين محطتين وقوف في شبكة الطرق. ان كل من تحليلي اختيار اقل مسارات الطرق تكلفة واقصر المسارات متشابهين ولكن يختلفان في التطبيق، فالتحليل المكاني لايجاد اقل مسارات الطرق تكلفة يعتمد على البيانات الخلويه (Raster data)، بينما تحليل اختيار اقصر الطرق يعتمد على البيانات الخطيه (Vector data).

7 - انواع اخرى من التحليل المتقدم في ن.م.ج:-

ا. تحليل التقاربية (Proximity analysis):- يمكن استخدام ن.م.ج في اجراء تحليل التقاربية ويتضمن بصورة اساسية عن ماياتي:-

1- البحث عن اقرب ظاهرة لمكان معين يتم تحديده (مثل اقرب مستشفى الى الجامعة)
2- ايجاد اقرب مكان او افضل مكان (Nearest).
3- ايجاد افضل الطرق لتقديم المساعدة بالنسبة للدفاع المدني والامن العام.
4- تحديد المسافة بالوقت المستغرق في قطع المسافة.
5- ربط المسافة بالمعلومات الوصفية في الجداول مثل تحديد محطة الاطفاء التي تحتوي على عدد معين من رجال الاطفاء، او تحديد اقرب محطة تحتوي على معدات محددة وخاصة للاطفاء.....الخ.
6- معرفة شكل الظواهر او الانشطة وذلك بقياس مدى بعد الظاهرة عن بعضها البعض، فاذا كانت تقع ضمن مسافات معينة يحددها المستخدم فانه يمكن اعتبارها متكتلة او متجمعة، والا فانها تكون متفرقة ومتشتتة عن بعضها البعض.

ب. التحليل الوصفي (Attributes Analysis):

ويسمى ايضا بالتحليل غير المكاني ويشتمل على العمليات التحليلية الرئيسة الاتية:-

1- استعادة او استعراض المعلومات الوصفية (Retrieval or List operation).
2- اجراء تحليل منطقي واحصائي على المعلومات الوصفية (Logical and Mathematical Analysis) كاجراء ترتيب معين للبيانات او ايجاد القيم التي تقل او تزيد عن رقم معين، او اعادة ترتيب القيم في اعمدة الجداول تصاعديا او

تنازليا، وايجاد مختصرات احصائية للمعلومات الوصفية الكمية مثل المعدل، الانحراف المعياري...الخ.

3- اعادة تصنيف المعلومات الوصفية: وكمثال على هذا النوع من التحليل تقليل مجموعات البيانات الوصفية من عشر مجموعات الى ستة وهكذا.

ج. التحليل المكاني والوصفي (Topological &properties Analysis):-

تمكن ن.م.ج من اجراء هذا النوع من التحليل باستخدام طريقتي الخريطة او قاعدة البيانات. ان استخدام طريقة الخرائط لاجراء هذا النوع من التحليل يتم من خلال تحديدالسجلات (Records) في الجدول وربطها بمكانها الجغرافي على الخريطة او العكس اذ يتم تحديد مربع يحتوي على ظاهرة او مجموعة من الظواهر ويتم عرض معلوماتها المكانية والوصفية على الشاشة في وقت واحد.

اما طريقة قاعدة البيانات فتستخدم عند مقارنة عدد من الطبقات المعلوماتية لنفس المنطقة الجغرافية، فمثلا لدينا طبقة تمثل توزيع السكان والثانية للدخل والثالثة للمبيعات ...الخ لنفس المنطقة الجغرافية فانه يسهل مقارنة البيانات من خلال قاعدة البيانات مباشرة دون الحاجة الى استخدام الخرائط واعادة تصنيف قيم الخلايا لاجراء التحليل. ويمكن استخدام الخرائط لتمثيل واظهار نتائج التحليل.

د. العنونة الرقمية (GEOCODING):-

تكلمنا سابقا عن امكانية الحصول على البيانات المكانية (Spatial data) وبالتحديد من عملية ترقيم الخرائط الورقية (Digitizing)، ويمكننا ايضا انشاء بيانات مكانية من عملية العنونة الرقمية (Geocoding) وهي العملية التي يتم فيها انشاء مظاهر مكانية وبالتحديد النقطية من معلومات الصفات مثل اسماء المواقع والعناوين التي تعد الاكثر شيوعا استخداما في عملية العنونة الرقمية او اي معلومات مشابهة. والتعريف باللغة الانكليزية يمكن توضيحه بالاتي:-

GEOCODING:-"The process of creating map features from addresses, place name or similar information.

تسمح عملية العنونة الرقمية باسقاط المواقع على الخارطة من بيانات سهلة ومتوفرة. فعلى سبيل المثال يكون لاحد الاشخاص عمل تجاري خاص فيمكن له شراء خارطة يوضح عليها مواقع زبائنه ومن خلال جدول العناوين للزبائن الموجود عند صاحب العمل يمكن عمل خارطة لعمله.

تتطلب عملية العنونة الرقمية (Geocoding) توفر مايأتي:-

1- جدول العناوين (Addresses table): وهو عبارة عن قائمة العناوين المخزونة على شكل جدول قاعدة بيانات او على شكل ملف نصي (Text file).

2- مجموعة من البيانات المرجعية (Set of reference data) مثل الشوارع، الرمز البريدي(Zips)، خريطة،.....الخ التي يمكن استخدامها لاسقاط او توقيع (Located) العناوين عليها.

3- تصاميم اسقاط العناوين (Styles of Address Locator):- في برامج ن.م.ج تستخدم معلومات العناوين في الجداول الوصفية للبيانات المرجعية لادراك وفهم عملية اين يتم تسقيط العناوين على الخارطة. وهو عبارة عن ملف (File) يحدد تفاصيل البيانات.

4- المرجعية الجغرافية (Geo-Reference data) وطبيعة علاقتها مع صفاتها، كما يحدد تفاصيل جدول العناوين مع صفاتها، اضافة الى تحديد القواعد المختلفة للعنونة الرقمية وقيم السماح.

وتكون مخرجات العنونة الرقمية (Geocoding) على شكل (صيغ برامج ن.م.ج):

1. shapefile
2. (geodatabase class of points):-

ان البيانات الجغرافية التي تجرى عليها عملية العنونة الرقمية تحتوي على جميع صفات جدول الصفات، وكذلك على بعض صفات البيانات المرجعية، وكذلك على بعض الصفات الاختيارية الجديدة مثل الاحداثيات لكل نقطة (X,Y Coordinates).

هـ. مقارنة تحليل البيانات الخطية والخلوية:-

ان تحليل البيانات الخطية والخلوية يمثلان النوعين الاساسيين في تحليلات ن.م.ج ويتم معالجتهما بشكل منفصل، لأن برمجيات ن.م.ج لاتستطيع معالجتها في ان واحد في نفس العملية.ولكن هناك بعض برمجيات ن.م.ج تسمح للمستخدم باستعمال البيانات الخطية في بعض عمليات البيانات الخلوية مثل عمليات قياسات المسافات الفيزيائية،اذ يتم تحويل البيانات الخطية الى بيانات خلوية قبل بدء العملية.ان سهولة تحويل البيانات الخطية الى خلوية وبالعكس قبل عمليات التحليل يسمح باجراء بعض العمليات التحليلية الاخرى مثل المطابقة والنطاقات الخ.

سادسا: النمذجة في ن.م.ج GIS MODELING:-

1 - عمليات النمذجة المكانية:-

ان التطور الطبيعي ل ن.م.ج بدء من الوصف البسيط الى عمليات النمذجة المكانية باستخدام الحاسب لمنطقة جغرافية معينة. والنمذجة المكانية عبارة عن الجمع بين عمليات النمذجة لعمليات محددة متخصصة وعمليات تحليل البيانات لمنطقة جغرافية معينة. ويعتمد تحليل النماذج المكانية المختلفة على برامج متخصصة تستخدم قاعدة البيانات في ن.م.ج كنموذج للواقع ولاغراض وضع الخطط المستقبلية او التوقعات او التنبؤات المستقبلية وغيرها من الاهداف والاعمال والتطبيقات. والنمذجة بتعريفها العام هي:- عملية تعميم الصفات والظواهر لغرض تحديد سلوكها.

2 - تصنيف نماذج نظم المعلومات الجغرافية:

من الصعوبة تصنيف النماذج المستخدمة في ن.م.ج، اذ يمكن تصنيفها على اسس متعددة، مثل اهداف الدراسة، او الطرق المستخدمة والمنطق، لذا تبقى الحدود بين مظاهر التصنيف المختلفة غير واضحة، ومن اكثر التصانيف الشائعة والمستخدمة في تطبيقات تقنية ن.م.ج المختلفة، هو تصنيف النماذج الذي يعتمد على الهدف من تطبيق هذه التقنية. ويشمل هذا التصنيف على انواع النماذج الاتية:-

أ- **النماذج الوصفية والتنبؤية:-** (Descriptive and Prescriptive Models) يعتمد النموذج الوصفي على وصف ظروف البيانات المكانية للمنطقة المراد دراستها.اما النموذج التنبؤي، فيعتمد على التنبؤ المستقبلي عن هذه الظروف فعلى سبيل المثال، لوتم استخدام خرائط متناظرة لمنطقة معينة، واحدة لخريطة النباتات تمثل النموذج الوصفي، وخريطة اخرى للجهد الطبيعي للنباتات تمثل النموذج التنبؤي، نلاحظ بان النموذج الوصفي (خريطة النباتات) يوضح ظروف وانواع النباتات الموجودة، اما النموذج التنبؤي (خريطة الجهد الطبيعي للنباتات) فيتنبأ بمكان وجود النباتات مستقبلا بدون حدوث اضطرابات او تغييرات مناخية.

ب- **النماذج الحتمية والاحتمالية** (DETERMINISTIC & STOCHASTIC MODELS):- ان كل من النماذج الحتمية (الجبرية)، والنماذج الاحتمالية (الاحصائية)، هي عبارة عن نماذج رياضية تمثل معادلات رياضية بمتغيرات ومعايير معينة. ان النموذج الاحتمالي يأخذ بنظر الاعتبار وجود بعض العشوائية في احد المتغيرات او المعايير المعتمدة في النموذج، ولكن نموذج الحتمية لا يأخذ العشوائية في عمله. ونتيجة للعمليات العشوائية في نموذج الاحتمالية، واعتماد هذا النموذج في عمله على الاحتمالات والتخمين، فأن خريطة التنبؤات المنتجة بهذا النموذج تكون غير دقيقة وتشتمل على اخطاء قياسية.

ج- النماذج الثابتة وغير الثابتة (STATIC & DYNAMIC MODELS):- يبين النموذج غير الثابت (الديناميكي) تغييرات البيانات المكانية والتفاعل بين المتغيرات المكونة للنموذج. اما النموذج الثابت (المستقر)، فيبين حالة ثابتة للبيانات المكانية في وقت معين. ويعد عامل الوقت مهما في توضيح تغييرات البيانات المكانية في النموذج الديناميكي. ويفضل استخدام النموذج الديناميكي، في بناء النماذج البيئية مثل نموذج تلوث المياه الجوفية، نموذج علاقة التربة بالمياه الخ.

د- النماذج الاستنتاجية والاستدلالية: (DEDUCTIVE & INDUCTIVE MODELS):- يمثل النموذج الاستنتاجي، النتائج المستحصلة من مجموعة الفرضيات، هذه الفرضيات مبينة اما على نظريات علمية او قوانين فيزيائية. اما النموذج الاستدلالي، فيمثل النتائج المستحصلة من الملاحظة المباشرة والبيانات الاختيارية كالاستبيانات مثلا. ومن التطبيقات الشائعة على استخدام هذين النموذجين، تطبيقات تنبؤ او تخمين المخاطر والاضرار الناجمة عن الانزلاقات الارضية، اذ يستخدم النموذج الاستنتاجي اعتمادا على القوانين الفيزيائية، ويستخدم النموذج الاستدلالي في هذا التطبيق اعتمادا على البيانات التاريخية المسجلة عن الانزلاقات الارضية في المنطقة.

هـ- النماذج المزدوجة (BINARY MODELS):- تستخدم في هذه النماذج العبارات المنطقية، وذلك لاختيار المعالم المكانية من طبقة معلوماتية محددة (بيانات خطية)، او من بيانات خلوية متعددة وتكون مخرجات النماذج المزدوجة بهيئة مزدوجة كالاتي: العدد 1 (حقيقي) يعبر عن المعالم المكانية التي تنسجم مع الصفات المختارة، والعدد 0 (صفر) غير حقيقي يعبر عن المعالم التي ليس لها صفات معينة. ويعتبر النموذج المزدوج احد التطبيقات الفرعية المهمة في الاستفسارعن البيانات، ويستخدم لاستخراج معلومات جديدة من البيانات

الاصلية الموجودة في قاعدة البيانات. يتطلب النموذج المزدوج للبيانات الخطية، دمج البيانات المكانية مع الصفات، اذ يتم استخدامها في عملية الاستفسار للحصول على طبقة معلوماتية جديدة.

13-5:- تمثيل التضاريس خرائطيا وتحليلها (TERRIAN MAPPING AND ANALYSIS):-

يعد تمثيل التضاريس وتموجاتها من العمليات الشائعة لدى مستخدمي ن.م.ج. وقد ابتكر خبراء الكارتوكرافيا تقنيات مختلفة لتمثيل التضاريس والظواهر الارضية مثل:-

1. خطوط الكنتور (خطوط الارتفاعات المتساوية) (Contouring):- حيث يتم صنع خرائط كنتورية من قيم محددة لكل خلية يتم فيما بعد تحويلها الى خطوط الكنتور.
2. المقاطع العمودية (Vertical profiling) والمخططات البيانية (Block Diagrams):- وهي اكثر الطرق وضوحا في اظهار الاختلافات في ارتفاع الاسطح.
3. ظلال التلال او التضاريس(Hill Shading or Relief Shading):- وتوضح كيفية ظهور التضاريس من خلال التفاعل بين الاشعاع الشمسي ومظاهر سطح الارض. اذ يتم استخدام الضوء والظل لاظهار الاشياء او الظواهر الجغرافية بثلاثة ابعاد. وتظهر الخرائط المنتجة بهذه الطريقة الاشكال الارضية بصورة واقعية. وهي تبدو وكانها صورة جوية بسبب الظلال المستخدمة. وتختلف عن الصور الجوية في انها تظهر اشكال السطح دون الغطاء النباتي وغيرها من التفاصيل.
4. تلوين الطبقة (Hypsometric tinting or layer tinting):- وفيها يتم توضيح كتلة الارض بالنسبة للارتفاعات، اذ يتم اعطاء رموز بالوان مختلفة الى انطقة الارتفاعات المختلفة. اذ تعتمد على مفهوم تقدير الاحجام في قضايا الردم والقطع volume Estimation المستخدمة في تقدير كميات الاتربة والصخور اللازم ازالتها او ردمها في اعمال الهندسة المدنية.

5. تقنيات اخرى طور فيها الجيومورفولوجيون قياسات متعددة لسطح الارض اشتملت على المحدارات وتموجات سطح الارض(التحدب والتقعر) واتجاه الانحدار... وتستخدم من الجيومورفولوجيين لوصف اشكال سطح الارض.
6. انتاج خرائط شبكات الصرف المائي (Drainage Network). تتعامل معظم برامجيات ن.م.ج مع قيم الارتفاعات(Z - Values) كبيانات وصفية تمثل بيانات الارتفاعات (Elevation data) للنقاط او مواقع الخلايا بالاضافة الى الاحداثيات (X,Y) لعرض التضاريس والظواهر الارضية بثلاثة ابعاد (3D – View) . ففي البيانات الخلوية فان قيم الارتفاع (Z - Values) تعود الى قيم الخلايا، اما في البيانات الخطية فان قيم الارتفاع تخزن على شكل حقل في جدول الصفات (Attributes Field). ويعد تمثيل التضاريس وتحليلها من اساليب ن.م.ج المميزة لانها تستخدم البيانات الخلوية او البيانات الخطية او الاثنين معا.

وهناك ثلاثة انواع شائعة من البيانات المدخلة (Data Input) للاستشعار عن بعد، وذلك لاغراض تمثيل التضاريس وتحليلها وهي: DTM، DEM، TIN، والتي تم التطرق اليها بالتفصيل في الفصل الرابع من هذا الكتاب .

5-14: بناء مشروع نظام معلومات جغرافي معين:-

تعد تقنية ن.م.ج مهمة ومفيدة لادارة الخدمات المختلفة مثل ادارة الغابات، تحديد مسارات النقل العام، تصميم شبكات الهواتف الخلوية، ادارة المدن، تصميم الطرق، وحتى استخدامها في مكافحة المجاعات..الخ. واستنادا الى الموقع الالكتروني لوزارة العمل الامريكية (www.careervoyages.gov) بخصوص التقنيات الضرورية والملحة في امريكا تبرز تقنية المعلومات المكانية (geospatial technology) كواحدة من اكثر ثلاثة تقنيات مهمة وضرورية في الولايات المتحدة الامريكية في الوقت الحاضر بالاضافة الى تقنيات الbiotechnology & nanotechnology). وتشتمل تقنية المعلومات المكانية كل من الاستشعار عن بعد والفوتوكرامتري والمساحة والخرائط وال GPS بالاضافة الى نظم

المعلومات الجغرافية (GIS) التي تقوم بايجاد علاقات مشتركة (integration) بين جميع التقنيات المكانية المذكورة.

5-14-1: الخطوات الواجب اتباعها عند الشروع في بناء مشروع نظام معلومات جغرافي:-

تشتمل الخطوات والمحاور الواجب اتباعها لاقامة مشروع ن.م.ج على ماياتي:

1- تقييم موضوع المشروع وتكاليفه ووضع خطة التنفيذ.
2- توفر المتطلبات التقنية من الاجهزة والبرمجيات والتقنيات المرتبطة مع ن.م.ج كالانترنت، تقنيات قواعد البيانات، تقنيات الاستشعار عن بعد، تقنيات نظم تشغيل الحاسوب، تقنيات تحديد الموقع العالمي GPS، تقنيات الترقيم الخ..
3- جمع البيانات، واختيار نوع البيانات سواء كانت بيانات خطية او خلوية.

ويفضل استخدام البيانات الخطية (Vector data) للحالات الاتية:

- الظواهر التي تهتم بالشكل والامتداد.
- تمثيل الظواهر الخطية كشبكات الطرق والسكك والكهرباء.الخ
- الحصول على كفاءة عالية للخطوط وخاصة بالنسبة للحدود
- اظهار معطيات نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) ونماذج السطح الرقمية (DTM)..

اما استخدام البيانات الخلوية (Raster data) فتفضل في الحالات الاتيه:

1- الحصول على خرائط سريعة .وقليلة الكلفة مثل المخرجات المعنية بالمساحات كالاراضي الزراعية والغابات وخرائط التوزيعات الجغرافية كخرائط الامطار ودرجات الحرارة الخ.
2- من اجل دمج الخرائط والتحليل السريع.
3- للمقارنة المكانية وبناء النماذج.

4- ادخال البيانات.
5- مرحلة معالجة البيانات وتخزينها.
6- استعادة البيانات.
7- تعديل وتحويل البيانات.
8- مرحلة التحليل المكاني والوصفي للبيانات.
9- اخراج المعلومات والنتائج،وتنوع اخراج وتمثيل النتائج،اي يمكن الحصول عليها كخرائط او تقارير او رسوم بيانية.

5-14-2: اهداف بناء نظام المعلومات الجغرافية:-

وتشتمل على ماياتي:-

1- ادارة المعلومات المكانية.
2- دعم القرارات الاستراتيجية.
3- ربط البيانات المكانية والوصفية مع بعضها البعض والحصول على معلومات جديدة من البيانات والمعلومات الاصلية الموجودة في قاعدة بيانات النظام
4- تحسين اداء العمليات التي تنجزها المؤسسات.
5- استخدام افضل المصادر المعلوماتية المتوفرة.
6- توفير الوقت والجهد وفعالية العمليات.
7- توفير تحليل افضل للبيانات المكانية والوصفية.
8- الحصول على معلومات ثابتة.
9- تنسيق العمل بين الجهات المستفيدة من ن.م.ج.
10- تقديم خدمات افضل للمستفيدين من النظام، كخدمة التحليل التجاري، خدمة تصميم وتطوير البرامج، خدمة تكامل الانظمة، خدمة تصميم الخرائط، خدمة ن.م.ج عبر الانترنت وخدمة ن.م.ج عبر الاجهزة المحمولة ونظم التتبع والملاحة،

ادارة النظم البيئية، ادارة نظم المعلومات السكاني والتعداد السكاني، ادارة نظم معلومات المواصلات والطرق، استخدامها في اختيار افضل المواقع لانشاء المؤسسات الصناعية والخدمية والتجارية، ادارة البنى التحتية الخ.

5 -15: جوانب من تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية:-

5- 15-1: تطبيقات حكومية وخدمية:-

* انتاج الخرائط الطوبوغرافية والموضوعية.
* تقييم ومراقبة حماية البيئة.
* تقييم ومراقبة الثروات الطبيعية.
* اكتشاف المصادر المائية وادارتها.
* أنظمة الملاحة العالمية.
* نماذج وأنماط تمثيل الشبكات (الطرق البرية، والطرق البحرية، والطرق الجوية).
* المناورات العسكرية للطائرات والرادارات.
* شبكات البنى التحتية مثل شبكات المياه، شبكات الصرف الصحي، شبكات الكهرباء وغيرها.
* تطبيقات الهاتف وخدماته.
* تطبيقات الغاز والنفط.
* تطبيقات المواصلات.
* تطبيقات الغابات.

5-15-2 – تطبيقات الصناعات الاهلية الخاصة:-

* تطبيقات التسويق والبيع.
* تطبيقات المخططات العقارية.

* تطبيقات شركات الزيوت.

5-15-3: بعض الامثلة التطبيقية لنظم المعلومات الجغرافية في مجالات جغرافية متنوعة:-

1 – اختيار الموقع الانسب:-

نموذج استخدام نظم المعلومات الجغرافية في اختيار الموقع الافضل:-

يعد اختيار الموقع الافضل هو تحليل مكاني تحتاجه كثير من المؤسسات التجارية والصناعية والخدمية فكل من هذه المؤسسات تضع معايير مكانية واخرى وصفية لاختيار الموقع الافضل لانشاء المؤسسات الخدماتية او الانتاجية (كالمطارات او المجمعات سياحية او المستشفيات او اختيار موقع لانشاء منطقه صناعية او اختيار موقع مجمع سكني الخ).

مثال تطبيقي (1):-

يحتوي نظام معلومات جغرافي معين على بيانات سكنية وبيانات عن ارتفاعات التضاريس وشبكة نظام الصرف المائي والطرق السريعه لمنطقه جغرافية معينه، وذلك لدراسة التاثيرات الحقيقة على تحديد افضل موقع لاقامة مطار جديد من عدة مواقع مقترحه، ولاستكمال قاعدة البيانات لهذا الغرض تم اضافه متغيرات اخرى مثل كلفه انشاء المطار واقامه مدرج المطار مع الاخذ بنظر الاعتبار عنصر الامان وتاثير ضوضاء الطائرات على السكان وغيرها من المتغيرات التي تدخل في هذا النموذج.

ويقوم محلل نظم المعلومات الجغرافية بايجاد مدرج مطار مناسب للطائرات لكل موقع مقترح، ويتم في كل مدرج طائرات تحديد عدد السكان الذين يتاثرون بضوضاء الطائرات، كما يتم الاستفادة من بيانات الارتفاعات لتحديد موقع المدرج المناسب وهكذا مع معلومات الطرق السريعه وربطها مع بيانات السكان، كل هذه البيانات وربطها مع بعضها البعض بعلاقات مكانية يسمح بالتخطيط واتخاذ القرار المناسب لاختيار افضل المواقع، ان هذا النموذج التطبيقي يستطيع ايضا من خلال البيانات المجدولة تخمين او توقع الفوائد والمساوئ لكل موقع من المواقع المقترحه.

2- التخمين او التنبؤ بدرجات الحرارة:-

نموذج استخدام ن.م.ج في تخمين او التنبؤ بدرجات الحرارة:-

يمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تخمين والتنبؤ بالمتغيرات المناخية المختلفة مثل درجات الحرارة وكمية التساقط المطري والرطوبة النسبية وغيرها. ويمكن بمثال تطبيقي افتراضي توضيح آلية او منهجية عمل نظم المعلومات الجغرافية في هذه التطبيقات المناخية اعتماداعلى انشاء قاعدة بيانات جغرافية تشتمل على بيانات مكانية ووصفية للمنطقة المراد دراستها.

مثال تطبيقي (2):-

يحتوي نظام جغرافي معين على بيانات للارتفاعات وبيانات لدرجات الحرارة في محطات مناخية محددة، ولتخمين او التنبؤ بدرجات الحرارة للمواقع البعيدة عن المحطات المناخية، فانه من الضروري استخدام بيانات الارتفاعات لتوقع وتخمين درجات الحرارة في هذه المواقع التي تقع بين المحطات المناخية الموجودة، وكما هو معروف فان هناك علاقه أكيدة ومعروفه بين الارتفاعات ومعدل درجات الحرارة، ان بيانات الارتفاعات تتيح معرفه واستنتاج الانحدار ووجهه المنحدرات المطله على الشمس وبمساعده البيانات المناخية المتوفرة، عن حركة الغيوم والرياح سوف يتم التوصل الى استحصار درجات الحرارة المتوقعه في المواقع المختارة (مثال ذلك فان الانحدارات التي وجهتها باتجاه خط الاستواء تكون اكثر حرارة من الانحدارات التي وجهتها باتجاه الاقطاب)، وهكذا وبالمعرفه النسبية عن درجات الحرارة ودمجها مع بيانات نظم المعلومات الجغرافية سوف نتوصل الى تخمين او توقع درجات الحرارة للمواقع بين المحطات المناخية ومقارنتها ببيانات مناخية لفترات زمنية مختلفة لمعرفة التغيرات المناخية التي حصلت والتنبؤ بالتغيرات المناخية المستقبلية.

3- نظام الخرائط الممكننه لادارة الخدمات لمدينة ما:-

وتعني هذه النظم المعلوماتية باكتساب وتخزين المعلومات المخصصه لعمل خرائط ذات مقاييس كبيرة خاصة في المدن والمناطق الحضرية مثل خرائط استعمالات انشاء

شبكات الكهرباء والمياه والصرف الصحي وشبكات النقل والمواصلات.... الخ من استعمالات المنفعه العامة.

ومن أهم الاستخدامات الشائعه لنظم معلومات ادارة الخدمات لمدينة ما ما ياتي:-

- رسم الخرائط والمخططات لتوضيح الشبكات ونقاط التوزيع وغيرها، بهدف عدم تضاربها أو تقاطعها.
- القيام باعمال الصيانه وتحديد مواقع العطل و العمل المطلوب لاصلاحه.
- اعداد التقارير الشهرية والسنوية التي تقدم عن العملاء واستهلاك الكهرباء او الماء او الهاتف او غيره، مع توضيح حجم الطاقه الاستيعابيه والمستهلكة وعمل الدراسات والمقترحات.
- اعداد القوائم الشهرية والفصلية لجميع العملاء مع توضيح اسمائهم وارقام عداداتهم وغيرها. ربط البيانات المكانية مع البيانات الوصفية بسرعة لتسهيل ادارتها والاستفادة من هذا التفاعل المكاني.

4 – تحديد ودراسة البعد الرابع (4Dimension ; 4D):

ادى التطور السريع في مجال المعرفة والتطور في مجال التقنيات الجغرافية وخاصة في مجال نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد الى دراسة واستخدام التغيرات الزمنية (البعد الزمني) من خلال قواعد البيانات او الموقع الجغرافي التي تم بموجبها ظهور البعد الرابع (4D) الذي اصبح يسمى بالبعد الزمكاني حيث ياخذ متغير الزمن بالاضافة الى متغير المكان، بعد ان كان الاستخدام مقتصرا في مجال البعد المكاني،كالبعد الثاني (2 D) الذي يعتمد على لابعاد (x,y) لرسم الخراط التقليدية والذي تطور بعدها الى استخدام البعد الثالث (3 D) الذي يعتمد على الابعاد (x,y,z) في تطبيقات الدراسات العلمية والجغرافية. ويعطي دراسة وتحديد البعد الرابع امكانية حقيقية في تحديد الاختلاف الزمكاني من وقت لاخر، فعلى سبيل المثال لا الحصر تحديد مساحات ونسب واتجاهات التداخل بين المناطق الحضرية والزراعية من وقت لاخر، اوتحديد حركة الانهار واتجاهاتها من وقت الى اخر.

وتعد اليابان من الدول الرائدة والمتقدمة في دراسة البعد الرابع (البعد الزمكاني) باستخدام ن.م.ج، اذ تم تاسيس برنامج بقدرات وكفاءة عالية في مجال تطبيقات التخطيط الحضري وادارة الكوارث لان التطبيق يمكن ان يحاكي الواقع. ويعتمد البرنامج على تحديث الخرائط بشكل مستمرفي اليابان لتحديد الملامح التاريخية لفترات زمنية مختلفة بهيئة نماذج ثلاثية الابعاد (3D) لتلقي الضوء على كل مرحلة تاريخية مرت بها اليابان خلال فترات زمنية متعددة.

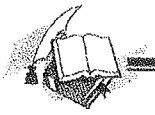
16-5: نظم المعلومات الجغرافية في الوقت الحاضر وآفاقها المستقبلية:-

اصبح من السهولة في الوقت الحاضر ان يدخل معظم مستخدمي وبائعي نظم المعلومات الجغرافية على شبكة المعلومات العالمية الانترنيت(Internet) التي يمكن الدخول اليها بسهولة وبتكلفة قليلة او شبكات الانترانيت (Intranet) المحدد استخدامها للادارات الحكومية والشركات الكبرى، وذلك للاستفادة من خدماتها في مجال الحصول على المعلومات والبيانات والبرمجيات بسرعة كبيرة وجهد وكلفة اقل ومن الامثلة على ذلك ما ياتي:-

أ- الحصول مباشرة على الخرائط والبيانات والبرمجيات من المواقع الالكترونية للشركات العالمية المتخصصه بنظم المعلومات الجغرافية مثل شركة ايسري وشركة انتركراف وغيرها.

ب- الدخول الى موقع العالم المصغر.

ج- ازداد بمرور الوقت الاهتمام بتطوير نظام المعلومات الجغرافي المحمول، اذ بدأت شركات الهاتف النقال بتطوير الاتصالات اللاسلكية تطورا كبيرا، اذ بدأت باحلال النظام الدوري بدلا من نظام الهاتف النقال، وهذا سيتيح امكانية انتقال وتبادل البيانات بحجم وسرعه أكبر. وبدأت الشركات المصنعة للهاتف المحمول والشركات المنتجة للتقنيات الرقمية الشخصية بالسعي لجعل استخدام نظم المعلومات الجغرافية من الأنظمة المحمولة الشائعة وسهلة المنال.



نشاط

الادوات اللازمة للنشاط:- برمجية نظم المعلومات الجغرافية (ArcGIS) والخرائط او الصور الفضائية المصححة المتوفرة لمنطقة معينة.

1 – قم بانشاء طبقة خطية (Line) ضمن (geo database; gdb) و(data set) وترقيم (10) معالم خطية مع اضافة الاسماء ضمن الجدول (English Name) وبطول (50) حرف؟

– قم بانشاء طبقة مساحية (Polygon) ضمن (geo database; gdb) و(data set) وترقيم (10) معالم مساحية مع اضافة الاسماء ضمن الجدول (English Name) وبطول (50) حرف ؟

– افتح برنامج ArcGIS وقم بترقيم الطبقات الاتية من الصور الفضائية المتوفرة:-

أ – طبقة مباني.

ب – طبقة طرق.

ج – طبقة مناطق زراعية.

د – طبقة غابات ان وجدت.

المصادر العربية

1) الداغستاني، نبيل صبحي، 2003، الاستشعار عن بعد: الاساسيات والتطبيقات، دار المناهج للنشر والتوزيع، عمان – الاردن، 473 صفحة.

2) الدويكات، قاسم وعامر الخطيب، 2000، انظمة المعلومات الجغرافية، عمان – الاردن، 320 صفحة.

3) الراوي، ضياء يونس، 1985، المبادئ الاساسية في الجيولوجيا التصويرية، جامعة بغداد، 224 صفحة.

4) سلطان، زكي ابراهيم، 1995، نظم المعلومات واستخدام الحاسب الآلي، دار المريخ، الرياض.

5) الطائي، اياد عاشور، حسن، دلال كاظم، 2002، اعداد خريطة الملائمة البيئية لحصول الشلب في قضاء الكوفة باستخدام الـ GIS، مجلة الاداب، العدد 63 2002 م / ص 421-254.

6) العزاوي، ثائر مظهر، 2008، مدخل الى نظم المعلومات الجغرافية وبياناتها مع تطبيقات لبرنامج ArcView GIS، دار الحامد للنشر والتوزيع، عمان – الاردن، 310 صفحة.

7) العزاوي، ثائر مظهر، 1996، مورفورسوبية ومورفوتكتونية رأس الخليج العربي باستخدام تقنيات التحسس النائي والتحليل الآلي، رسالة دكتوراه، كلية العلوم – قسم الجيولوجيا، جامعة بغداد، 223 صفحة.

8) العزاوي، ثائر مظهر، 2004، تقنية الاستشعار عن بعد كأفضل رؤية في دراسة البيئة الطبيعية، مجلة الاداب، العدد (67)، ص 359 – 380.

9) العزاوي، ثائر مظهر، 2005، نظم المعلومات الجغرافية وعلاقتها ببيانات الاستشعار عن بعد واساليب ادارتها في العراق، مجلة الاستاذ، العدد 53، 2005.

10) العزاوي، ثائر مظهر، والشماع، سميرة كاظم، والدليمي، نور صبحي، 2005، تطبيقات التصوير الجوي ونظم المعلومات الجغرافية في الجغرافية السياحية لمركز قضاء المدائن، المؤتمر العلمي الرابع : التطور المكاني في العراق في ظل الاتجاهات المعاصرة، العراق، جامعة بغداد – المعهد العالي للتخطيط الحضري والاقليمي للدراسات العليا، بغداد 31/ 7 -1/ 8/ 2005 م.

11) عزيز، محمد الخزامي، 1993، نظم المعلومات الجغرافية واستخدامها في التخطيط العمراني، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية، جامعة الكويت، عدد 156، ص1-60.

12) عزيز محمد الخزامي، 2000، نظم المعلومات الجغرافية : اساسيات وتطبيقات للجغرافيين، منشأة المعارف للنشر، الاسكندرية – مصر، 473 صفحة.

13) كبارة، فوزي سعيد (1999): اساسيات وتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، دار الفكر العربي للنشر، بيروت – لبنان، 168 صفحة.

14) النقري، خالد محمد، 1990، تطبيق نظم المعلومات الجغرافية (دراسة تحليلية)، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية (رسائل جغرافية 134)، الكويت، ص 1-57.

15) فرحان، يحيى عيسى،1991، الاستشعار عن بعد وتطبيقاته – الجزء الاول (الصور الجوية)، جمعية عمال المطابع التعاونية، عمان-الاردن، 268 صفحة.

16) محمد، وسام الدين، اساسيات نظم المعلومات الجغرافية، 2008، موقع مجلة التصميم بالحاسوب منتدى http://www.cad magazine.net.Arc Gish .

17) أياد عاشور الطائي، 1998، الاتجاهات الحديثة في علم الخرائط، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، العدد 35، بغداد.

18) جوناثان أبليق، 2005، سطوح الأسناد وإسقاطات الخرائط للاستشعار عن بعد، ترجمة د. ايمن سليمان حسين عيجب، الرياض.

19) الجوهري، يسري، 1997، الخرائط الجغرافية، مكتبة الاشعاع للطباعة والنشر والتوزيع،مصر.
20) حسين صالح عزيز، نظام التعيين الاحداثي العالمي (الجي بي أس GPS)، " شبكة المعلومات الدولية (الانترنيت)، الموقع : http://iridia.ulb.ac.be/hsaleh.
21) خالد بن محمد العنقري،1991، تطبيق نظم المعلومات الجغرافية، الجمعية الجغرافية الكويتية، جامعة الكويت.
22) خضر العبادي، 1980، "الكارتوكرافي ومساقط الخرائط"، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، بغداد
23) سعود المحمد، 2008-2009، "الاستشعار عن بعد"، منشورات جامعة دمشق، كلية العلوم.
24) سميح احمد محمود عودة، 2005، أساسيات نظم المعلومات الجغرافية وتطبيقاتها في رؤية جغرافية، ط1، دار الميسرة للنشر والتوزيع، عمان.
25) سميح أحمد محمود عودة، 1996، ((الخرائط: مدخل الى طرق استعمال الخرائط وأساليب إنشائها الفنية))، دائرة المكتبات والوثائق الوطنية، عمان.
26) شريف فتحي، 2004، ((محطات الدفع المتكاملة في الأعمال المساحية المختلفة))، دار الكتب العلمية، القاهرة.
27) صفية جابر عبد، وبهجت محمد محمد، 2010-2011، الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، الجزء الاول، منشورات جامعة دمشق.
28) صفية جابر عبد، 2008- 2009، "الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية"، منشورات جامعة دمشق.
29) عمر عبد الله القصاب، 2012، ((التصميم الآلي في نظم المعلومات الجغرافية GIS))، ط1، دار الصفاء للنشر والتوزيع، عمان.

30) عمر محمد الخليل، "مقدمة الى نظام التوقيع الكوني GPS"، دار التواصل العربي للطباعة والنشر والتوزيع، دمشق.
31) فتحي عبد العزيز أبو راضي، 1998، المساحة والخرائط – دراسة في الطرق المساحية وأساليب التمثيل الكارتوجرافي، دار النهضة العربية للطباعة والنشر، بيروت.
32) فوزي الخالصي، 1982، ((المساحة المستوية))، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد، كلية الهندسة، بغداد.
33) ماهر عبد الحميد الليثي، 1987، نحو تطوير تدريس الخرائط في الجامعات العربية، مجلة كلية الآداب، جامعة الملك سعود، مجلد 14، العدد الثاني.
34) محمد بن حجلان، "النظام الكوني لتحديد المواقع"، الرياض، 1420 هـ.
35) محمد بن عوض العمري، "البيانات والمعلومات المكانية وتقنيات تحويلها الى هيئة رقمية"، جامعة الملك عبد العزيز، جدة.
36) محمد عبد الجواد محمد علي، 1999، نظم المعلومات الجغرافية، ط1، الرياض.
37) محمد عوض العمري، (2009 م، 1430هـ)، ((الأطالس الالكترونية: المفاهيم، والخصائص وطرق التصميم والنشر، والتطورات، والاتجاهات الحديثة))، مجلة جامعة الملك عبد العزيز، كلية الآداب والعلوم الأنسانية، م 17 ح1.
38) محمد، وسام الدين، 2008، أساسيات نظم المعلومات الجغرافية. موقع مجلة التصميم بالحاسوب منتدى magazine.net,Arc GIS://www.cad.
39) معن حبيب، و أنور الصيفي،2007 – 2008 ، المساحة، منشورات جامعة دمشق، كلية الهندسة، المدنية، دمشق.
40) المملكة العربية السعودية، المؤسسة العامة للتعليم والتدريب المهني والفني، الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، الرفع الطوبوغرافي، مدخل الى الرفع الطوبوغرافي.

41) المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، المملكة العربية السعودية، المساحة، نظام تحديد المواقع الكوني، 1425هـ.
42) المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، الادارة العامة لتعميم وتطور المناهج،المساحة، المدخل الى المساحة، المملكة العربية السعودية، 1425 هـ.
43) ناجي توفيق، 1980، ((المساحة الهندسية))، جامعة بغداد، بغداد.
44) نجيب عبد الرحمن الزيدي، 2007، نظم المعلومات الجغرافية، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، الاردن، عمان.
45) هاشم محمد يحيى المصرف، 1982، "مبادئ علم الخرائط"، مطبعة الاديب البغدادي، بغداد.
46) يوسف إبراهيم عبد العزيز، ومحمد صفوت محمد الحسيني، 2007، ((المساحة))، دار المعرفة، القاهرة.
47) يوسف مصطفى صيام، 2006، مبادئ في التقنيات المساحية الحديثة - المساحة التصويرية: الاستشعار عن بعد – نظم المعلومات الجغرافية، الجامعة الاردنية – كلية الهندسة، الاردن، عمان.
48) يوسف مصطفى صيام، وعبد الله بن محمد القرني، وسعد بن عبد الرحمن القاضي، 1999، ((تغطية مساحية للطرق))، مجدلاوي للنشر والتوزيع، ط1، الأردن، عمان.

المصادر الانكليزية

References:-

1) Al-Masshagbah, A., and Al-adamat, R., 2010, Mapping the land use /land cover changes in the basalt area between 1990 and 2005 using remote sensing and GIS. Jordan of Civil Engineering , 4(3). 272-279pp.
2) Arc G.I.S. Desktop 9.3 software help of progam.
3) Aronoff, stan; 1991, Geographic Information Systems : Management perspective , WdL. Publication, Ottawa, Canada .
4) Barry F. kavanagh. , 2006, ((surveying – principles and Applications)) , 7th Edition by pearsen Education , Inc , New Jersey.
5) Bartolucci I. A., 1979, Digital Processing of Remotely Sensing - Multispectral Data. L.A.R.S. Technical Report 040479, Purdue University ,West Lafayette.IN.
6) Burrough P.A.:1986, Principles of Geographic Information systems for Land Resources Assessment, New York: Oxford , 193pp .
7) Campbell, J.B; 1996 , Introduction to Remote sensing , 2nd Ed. Taylor and Francis L. td , London , 279 pp.
8) Campbell, J.B; 1998, Map use and Analysis; 3Edition , Mc-Graw-e ill companies ,New York.
9) Campbell,J.B., 2010 , Map use and analysis', third edition , wcb\mc graw– hill companies .
10) Cartographic design process (Artistic interpretation with the geodatabse), An ESRI white paper , ESRI, Tuly , 2004.
11) Chang, K.T; 2006, Introduction to Geographic Information Systems , 3 d Ed McGraw Hill International Edition , 433.pp .
12) Congalton, R.G., 1991, A review of assessing the accuracy of remotely sensed data Remote Sensing of Evironment. 37,35-46pp.
13) C.P.LO, Albert k. w. yeun. , 2006, ((concepts and techniques of Geographic Information system)) , prentice – Hall of India private limited , New Delhi.
14) Curran , P. J; 1985 , Principles of Remote Sensing, Longman, London and New York Ltd, 282 pp.

15) Dare , P. and saleh , H., 2000, " GPS Network Design : Logistic Solution Using optimal and near – optimal methods " , Accepted for publication in the journal of geodesy.
16) David E. Davis . , 2003 , ((Exploring your neighborhood and your world·with a GIS , ESRI , California , USA.
17) Demers, M. N; 2002, GIS Modeling in Raster , Now York. Wiley.
18) Eastes, John E; 1982, Remote Sensing and Geographic Information systems Coming of Age in Eighties in Proceedings Pecora VII symposium (B.F. Richason, ed .) . Falls Church VA: American Society of Photogrammetry, pp. 23-40pp.
19) Gorge M, Gomez , Michael , Sconnensch Martin Muller. , 2007 ,(Information technologies in Environmental Engineering : Third International Icsc symposium)) , springer , Berlin , Germeny.
20) Goetz, A.F.H. and Billingsley, F.C. , 1973 , Digital image Ehancement Techniques Used in Some ERTS Application Problems: Third ERTS-1 Symposium, Technical Presentation, v.I, NASA SP-351, P, 1971 -1992.
21) Goodchild,M; 1997, What is Geographic Information Science? NCGIA Core Curriculum in GIS science, science: http://www.ncgia.ucsb,edu/giscehttp://www.ncgia.ucsb,edu/gisce
22) Hoffer . R.M., 1967,Interpretation of Remote Multispectral Imagery of Agricultural Crop, vol. 1. Research Bulletin no. 831 . Agricultural Experiment Station , Purdue University . West Lafayette, I.N.
23) Lillesand. T., Kiefer, R. and Chipman, J., 2004, Remote sensing and image interpretation . 5th ed , New York: Johhn Wiley and sons.
24) Lo, C.P. 1987, Applied Remote Sensing , Longman , New York, 53pp.
25) Kwarteng , A.Y. , and Chavez, P.S.JR,1997, Change detection study of Kuwait City and environs using multi-temporal Landsat Thematic Mapper data International Journal of Remote Sensing, 1, 1651- 1662pp .
26) J. Christopher. , 1998, " Geographical Information system and computer cartography, London.
27) Matthews, H.I., 1972, Application of Multispectral Remote Sensing and Spectral Reflectance Patterns to Soil Survey Research , Ph. D. Dissertation. Pennsylvanian State University , College Station Pa .
28) Menno-jan kraak and ferjan ormeling. , 2003, cartography visualization of geospatial data , 2nd edition.

29) M.J. Kraa kond F.J. ormeling., 2003, "Cartography Visualization of Geospatial data " , 2nd. Edition , London.
30) Moran, E., Skole .D. and Turner, B., 2004, The development of the international land – use and land cover change (LUCC) research program and its links to NASAS land – cover and land use change (LCLUC) initiative. (ED),Land change science :Observing , Monitoring and Understanding Trajectories of Change on the Earth's Surface. Netherlands: Clawer Academic Publishers.
31) N. Michael., 2003, ((Fundamentals of Geographic Information system)) , 2nd Edition , John Wiley and sons , U.S.A.
32) peter A . Burrough., 1993, "The Technologic paradox in soil survey: New ethods and techniques of data capture and handling ITC Journal, VOL , Nether, land.
33) Polcyn, F.C.., and Wagner, T.W., 1974, The Application of Remote Sensing Techniques: Technical and Methodological Issues, NASA Report CR-140674.
34) Rababaa , M., and Al-Bakri, J., 2006, Mapping vegetation pattern and land cover / use in the Dead Sea basin from Landsat TM .
35) Reeves, R.G. (Ed) ,1975, " Manual of Remote Sensing, "2 vol ., American Society of Photogrammetry . Falls Church, Va.
36) RHINO, D; 1990, Understanding Geographic Information Systems, London, Taylor & Francis.
37) Sabins . F.F., 1997 , Remote Sensing Principles and , 3rd . E.d. W.H. Freeman and Company, New York.
38) satellite image. Dirasat: Agricultural science, the University of Jordan, 33(2) .
39) Sidney o. Dewberry , Dewberry Davis , Lissa N. Rauenzhn . , 2008 , Land evelopment haud book , MC Graw – Hall professional , 3d Edition .. 40. Star J, and Estes, J; 1990, Geographic Information Systems : An introduction,Prentice ,Hall, Englewood Cliffs, NJ: Pretice Hall, 303pp.
40) Steede – Terry , k., 2000 , " Integrating GIS and the Global positioning system" , Red land California : ESRI Inc.
41) Tomline, C.D; 1990, Geographic Information Systems and Cartographic Modeling. Englewood Cliffs, NJ; Prentice Hall, 249 pp.

42) Wiliam E. Haxhold, Eric M. fowler Bojan parr., 2004, " Arc GIS and digital city, ahand on approach for local government, ESRI, califorina, V.S.A.
43) Williams, R; 1995, GPS provide digital map of New Zealand "GIS Asia Pacific 95 Conference Proceeding held in Singapore 30 October -2 November. 1995, Singapore: 1995 GIS Asia Pacific Books, A person Professionai Asia Pacific Company .
44) Worrall, Les, ed;1990, Geographic Information Systems: Developments and applications , London, Belhaven Press.
45) Verstappen. 1977a, Remote Sensing in geomorphology, Elsevier, 214pp.
46) Zitan chen, 1995. , Traditional Mapping and GIS , GIS Asia pacific, vol ,no . 41.

مواقع الانترنت :

1) شبكة المعلومات الدولية (الانترنت)، الموقع :-
www.anglelfire.com\myband\hazment\digitamapping.htm
2) شبكة المعلومات الدولية (الانترنيت) الموقع:
أ- منتدى القرية الالكتروني. ب- ويكيبديا الموسوعة الحرة.
3) شبكة المعلومات الدولية (الانترنيت) الموقع: www.ar.wikipedia.org.
4) شبكة المعلومات الدولية (الانترنيت) الموقع: www.hazemsakeek.com.