المحاضرة الأولى

الفصل الأول:

مفهوم التحسس النـائي وأسسـه Concept and Foundations of Remote Sensing

فقرات المحاضرة:

- **مقدمة عن علم التحسس النائي**
- **ما هو التحسس النائي**
- **مراحل التحسس النائي**
- **المميزات الأساسية لمعطيات التحسس النائي**

1-1- المقدمة:

التحسس النائي هو علم قديم حديث وهو من أكثر العلوم تطورا ويعتبر شاملا لمختلف العلوم

بدأ التحسس النائي منذ أن خلق الله عز وجل الإنسان , فجعل له وسيلة الشم والسمع والبصر, فتعتبر العين هي إحدى أجهزة التقاط الصور والعقل هو جهاز المعالجة والتحليل.

هذا العلم أصبح من الوسائل المهمة وخاصة مع بداية تطور آلة التصوير والأفلام ووسائل الطيران المختلفة ومع بداية عصر ارتياد الفضاء بدأ الاهتمام ينصب في استخدام الفضاء كمنصة والأقمار الاصطناعية كوسيلة لحمل ألآت التصوير وأجهزة الالتقاط لمراقبة الكرة الأرضية وجمع المعلومات عنها وتحليلها بواسطة الحاسبات الخاصة وبأجهزة المعالجة والتحليل لتكوين بيانات وصور يمكن الاستفادة منها في التطبيقات والمهمات المختلفة وبتحليل تلك القيم الرقمية على الحاسوب باستخدام برامج خاصة يمَكن من الحصول على معلومات قُيمة.

زاد عدد الأقمار الاصطناعية في مجال الفضاء الخارجي وبالتالي زاد عدد المعلومات التي توفرها الأجهزة المحمولة على متن هذه الأقمار على سطح الأرض .

1-2- ما هو التحسس النائي؟ What is Remote sensing

إن التحسس النائي يعني الاستشعار عن بعد وهو ترجمة شبه حرفية للعبارة الإنكليزية Remote Sensing.

استخدم لفظ التحسس النائي لأول مرة عام 1960 ورغم تنوع وتعدد التعريفات التي صاغها الباحثون لتعريف هذا العلم إلا إنها تتفق فيما بينها على وصفه عبارة عن التقنية التي تسعى الى تجميع المعلومات على الجسام والمظاهر الأرضية دون أن يكون هنالك اتصال فيزيائي مباشر بينه وبين جهاز التقاط المعلومات, مع تطور مفهوم التحسس النائي ظهرت ثلاث تعار يف مختلفة لهذه التقنية:

اولآ- يقصد بالتحسس النائي مجموع العمليات التي تسمح بالحصول على معلومات كمية عن جسم ما على سطح الأرض دون أن يكون هنالك اتصال فيزيائي مباشر بينه وبين جهاز التقاط المعلومات (Sabins,1987).

ثانيا- التحسس النائي هو ذلك العلم والفن الذي يستخدم خواص الموجات الكهرومغناطيسية المنعكسة والمنبعثة من الجسام الرضية للحصول على الصور والمعلومات الخاصة بالموارد الطبيعية المتجددة وغير المتجددة التي يمكن تفسيرها لاستخراج معلومات مفيدة (Kolwell, 1983).

ثالثا- يقصد بالتحسس النائي التأثير المشترك لاستخدام وسائل التحسس النائي الحديثة وأجهزة معالجة البيانات ,نظرية الاتصالات,والتطبيق من ناحية أخرى . وذلك من اجل الحصول على مسح جوي وفضائي لسطح الأرض والتي تسمح لبعض العناصر المكونة لسطح الأرض عن طريق خواصها الطبيعية.

1-3- مراحل التحسس النائي Stage of Remote Sensing

ان التحسس النائي هو سلسلة كاملة يتناول جميع العمليات من التقاط المعطيات Data Accusationوالى النتائج التحليلية Data Analysis ويجرى تجميع المعطيات بواسطة أجهزة الالتقاط (متحسسات وكواشف).
وتشكل المعلومات المسجلة والمرتبطة بالطاقة الكهرومغناطيسية التي يتلقاها المتحسس ما يسمى بالبيان أو المرئية Image.المرئية مرتبطة بانتشار الموجات الكهرومغناطيسية عبر الأوساط المخترقة وبنوعية وحالة الهدف المرسل لهذه الموجات التي يمكن أن تتوقف طاقتها أو ترددها على عدة ظواهر مثل (الانعكاس ,الطاقة المستقبلة,الامتصاص, الحيود,.....الخ) وفي شروط محددة تماما وبما يسمى بمنحني الانعكاس الطيفي للهدف Spectral Reflectance profile والذي هو توزيع الطاقة لتي بعثها الهدف تبعا لطول الموجة.
إن هدف معالجة البيانات الرقمية Digital image processing هو استخراج المعلومات المتعلقة بموضوع معين منها وتقديمها على شكل قابل للاستعمال. وتأتي مرحلة التفسير على نوعين هما طريقة التفسير التصويري البصري وطريقة المعالجة الرقمية, حيث تعتمد الأولى على قدرة المحلل وقوة استنباطه بينما تشمل الطريقة الثانية استعمال الحاسبات للحصول على نتائج أكثر دقة.
وتأتي مرحلة دمج المعطيات للبيانات الفضائية بنضم المعلومات الجغرافية والتي هي عبارة عن تقنية قائمة على استخدام تكنولوجيا الحاسوب كأداة تطبيقية تمكن المستخدم من إدخال, تخزين ,معالجة البيانات والحصول على نتائج نهائية على هيئة رسومات بيانية وخرائط بالإضافة إلى الصور والجداول والتقارير الإحصائية.

1-4-المميزات الأساسية لمعطيات التحسس النائي

The Basic Characteristic of Remote Sensing Data.

يمكن ان نلخص أهم المميزات الأساسية على شكل ستة نقاط رئيسية وهي:
1- تحسين الشمولية المكانية Improved Vantage point
تغطي المرئيات الفضائية مناطق واسعة من سطح الأرض بما يوفر إمكانية للاستكشاف والمقارنة والتعرف على المعالم الأرضية والغطاء النباتي والوحدات التكوينية الإقليمية.

2- قابلية وقف الحدث Capability to stop Action
تختلف معطيات التحسس النائي عن العين البشرية بأنها توقف الحدث في عالم متحرك لهذا تفيد في دراسة الظواهر الديناميكية المتحركة مثل الفيضانات,الحرائق,الزلازل,البراكين وغيرها ومقارنتها مع ذلك قبل وقوعه.

3- ديمومة التسجيل Permanent Recording

الصور الجوية هي من الناحية العلمية سجلات دائمة لأحداث وقعت ويمكن بواسطة الأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض وفق مدار ثابت الأبعاد وبشكل متزامن مع دوران الأرض حول الشمس من الحصول على مرئيات متكررة لنفس المناطق وبفترات زمنية متساوية وبهذا يمكن دراسة التغيرات التي تحدثها الطبيعة او يد الإنسان على سطح الأرض ومتابعة تطورها ثم التأثير على مجراها وتوجهها في المنحني الايجابي المطلوب.

4- اتساع مجال الحساسية الطيفية Broadened Spectral Sensitivity

يمكن لفلم التصوير الجوي أن يرى ويسجل مجالا من طول الموجة ضمن الطيف الكهرومغناطيسي أوسع بنحو مرتين من المجال الذي ترى فيه العين البشرية.

وفي التصوير الفضائي سيكون مجال الاتساع أوسع بكثير.

5- زيادة قوة التمييز المكانية ودقة الأبعاد Increased Spatial Resolution and Geometric Fidelity

إن الانتقاء الصحيح لآلة التصوير ونوع الفلم ومتغيرات الطيران تمكن من تسجيل تفاصيل مكانية بالغة الدقة على الصور الفوتوغرافية والمرئيات الفضائية أكثر مما تراه العين المجردة . إلى جانب أن البيانات للأقمار الاصطناعية هي الأدق في قوة التمييز المكانية ونقل المعلومة الرقمية وحسب نوعية المتحسس المستخدم أثناء عملية المسح.

6- توفير الوقت والجهد Reduced time and Effort

تبقى التكاليف والجهود متواضعة نسبيا فيما إذا ما قورنت مع كثافة المعلومات المتوفرة المتعددة الأطياف إلى جانب توفير الوقت والجهد, الآن أصبحت مرئية فضائية واحدة يمكن أن تغطي مساحة أرضية مقدارها34.000 كم^2.

المحاضرة 2

منصات التصوير

تقسم منصات التصوير الى ثلاثة انواع وفق الحاجة من التصوير او الطريقة التي تم بها التصوير الى :

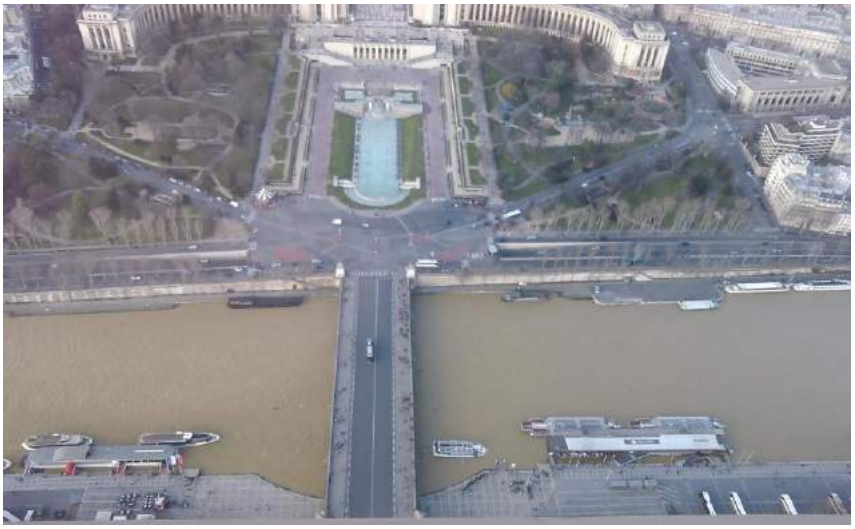
1. منصات ارضية
2. منصات جوية
3. منصات فضائية

1. المنصات الارضية

وتشمل اي تصوير من مرتفعات ولكنها مرتبطة بالارض مثل التصوير من اعلى المباني ومن فوق الجسور او من رافعات متخصصة لرفع الآلات التصوير او من اعلى الابراج ويغلب على هذه الصور ان تكون مائلة وبزوايا تختلف وفق طريقة التصوير.

صورة من سطح بناية ذات طابقين

صورة من اعلى احد الابراج الشاهقة

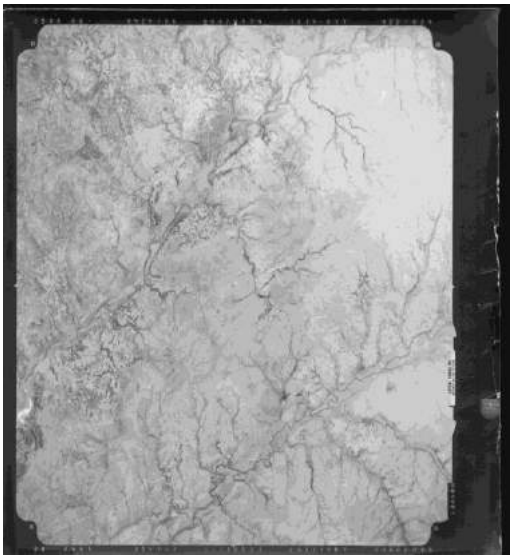


2. المنصات الجوية

وتشمل التصوير من على متن المناطيد والطائرات المتخصصة بالتصوير او حتى من الطائرات الاعتيادية ومن الطائرات الصغيرة المسيرة

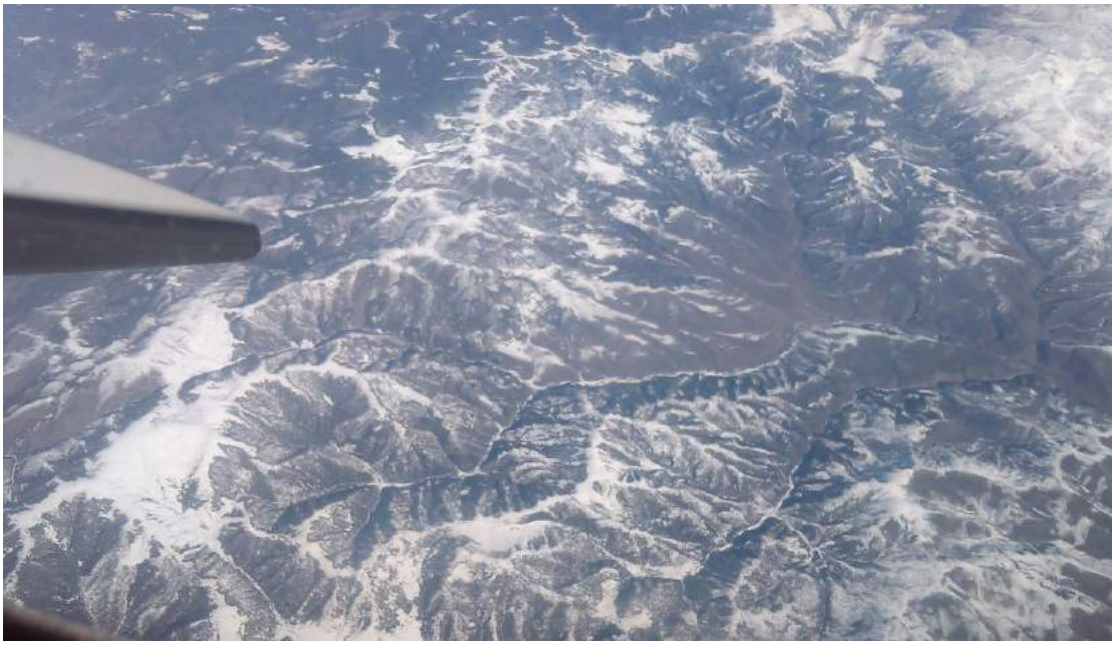
تحليل الصور الجوية

يوجد نوعان من الصور الجوية هما:
1) الصور الجوية العمودية (الرأسية): Vertical Air Photographs
وهي الصور التي تؤخذ عندما يكون المحور الضوئي لآلة التصوير رأسيا قدر الإمكان على سطح الأرض. ولايمكن أن تكون الصورة الجوية عمودية تماما.وإذا وجدت كذلك فإنها مجرد صدفة.لذلك فإن أية صورة يقل ميل محورها عن (3) درجات تعتبر عمودية. والصور الجوية العمودية هي التي يمكن استخدامها في أعمال إنتاج الخرائط.



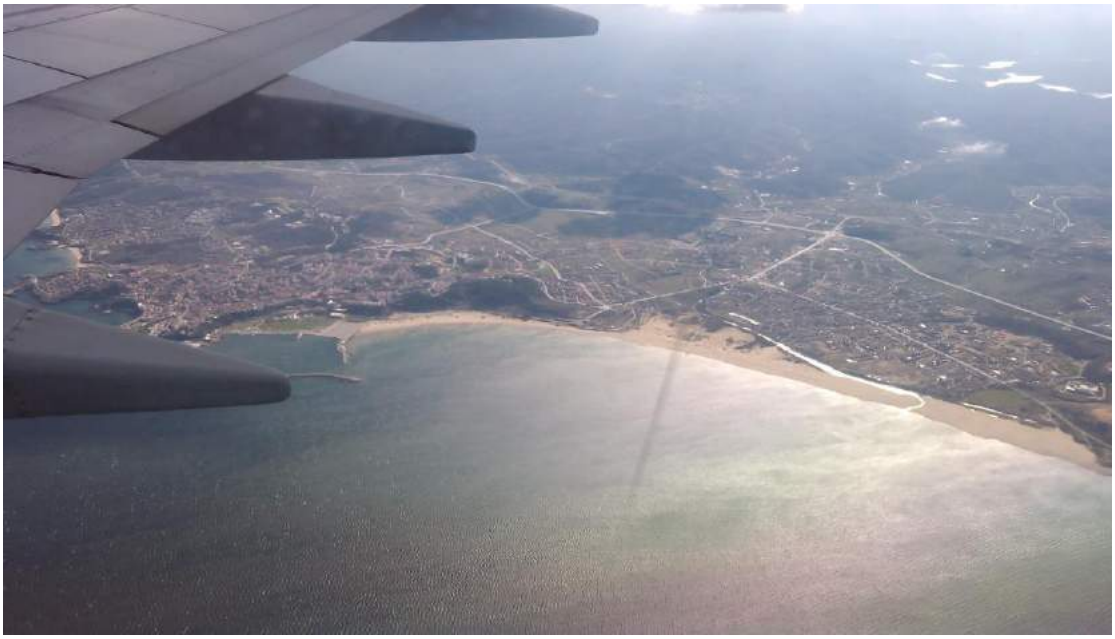
2) الصور الجوية المائلة: Oblique Air Photographs

هي الصور التي تلتقط عندما يكون المحور الضوئي لآلة التصوير مائلا ،وتستخدم عادة في تفسير الصور لأنها تغطي مساحة أرضية أكبر من مثيلاتها العمودية (عند ثبات أبعاد الصورة وارتفاع الطيران والبعد البؤري لعدسة الكاميرا) ويمكن منها ملاحظة بعض التفاصيل التي قد لا تظهر على الصور الجوية العمودية كالعربات تحت الأشجار مثلا. ولا تستخدم هذه الصور التي يزيد ميلها عن (3) درجات في إنتاج الخرائط. وتقسم الصور الجوية المائلة إلى نوعين هما :



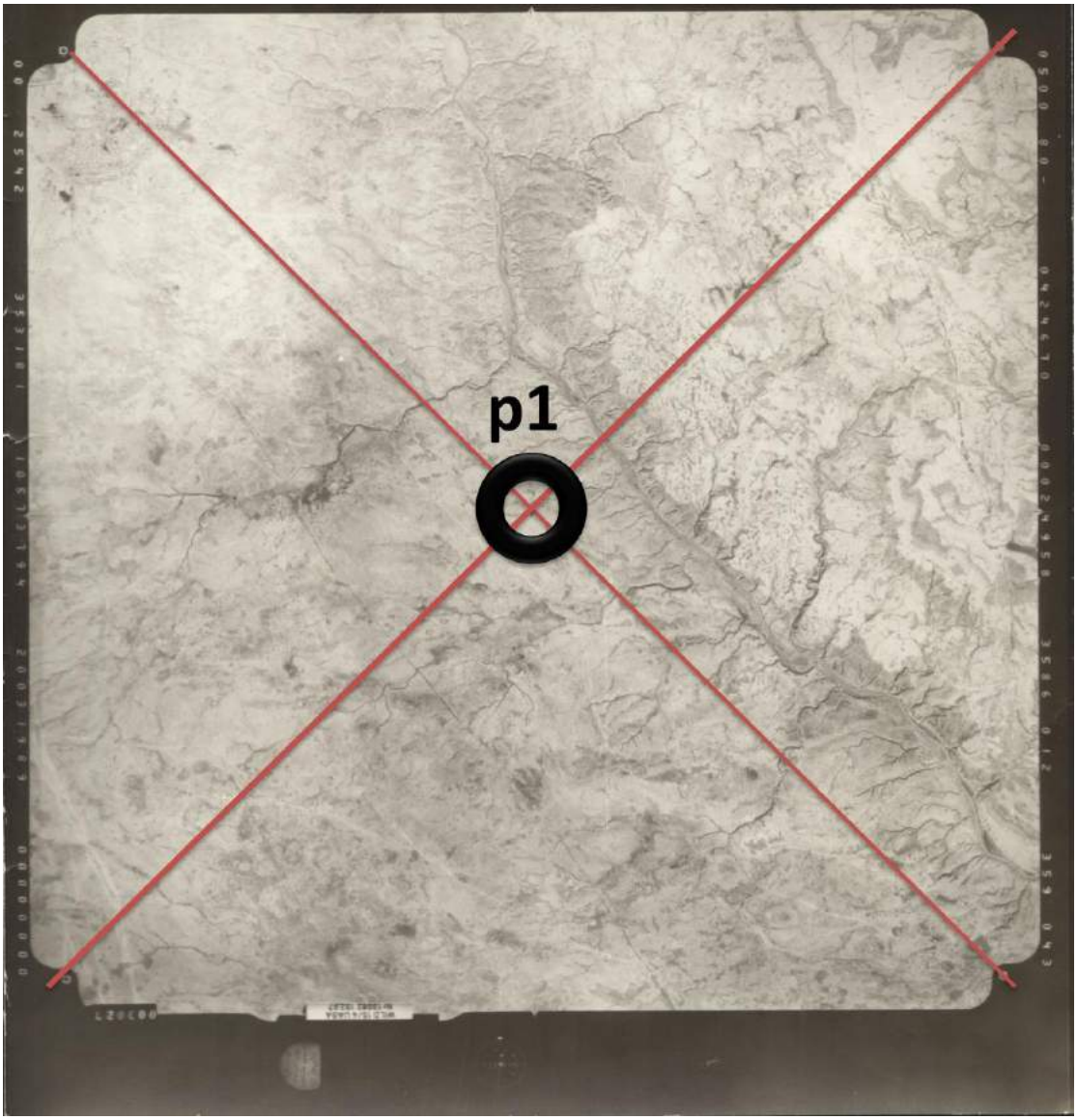
1- الصور الجوية ذات الميل الكبير: هي الصور التي تلتقط عندما يكون المحور الضوئي لآلة التصوير مائلا كثيرا عن الوضع العمودي بحيث تتضمن الصورة الجوية جزءا من الأفق.

2- الصور الجوية ذات الميل القليل : هي الصور التي تلتقط عندما يكون المحور الضوئي لآلة التصوير مائلا عن العمودي أكثر من (3) درجات ولكن لايظهر الأفق على الصورة الجوية



العلامات المرافقة للصور الجوية
هناك العلامات ضرورية لتعيين الصورة نفسها من جهة، كما إنها أساسية لاستنتاج المقياس ولتفسير الصورة من جهة أخرى. ومن هذه العلامات ما يأتي :
1) رقم الصورة : Photo Numberيسهل معرفة موقع الصورة بالنسبة للصور المجاورة.
2) رقم خط الطيران : Flight Line Numberيستدل منه على موقع الصورة بالنسبة لخطوط الطيران.
3) رقم آلة التصوير :Camera Numberوهو ضروريا لمعرفة نوع تشويه العدسات وتعيير آلة التصوير عند التثليث الجوي.
4) تاريخ التصوير :Data Of Exposureويظهر عادة على الصورة الأولى من كل خط طيران.
5) وقت التصوير :Time Of Exposureيظهر وقت التقاط الصورة بالساعة والدقيقة والثانية، لتسهيل عملية تحليل الظلال ومعرفة الفترة الزمنية بين كل لقطة وأخرى لتحديد سرعة الطائرة.
6) ارتفاع الطيران :Flying Heightويستخدم ارتفاع الطيران مع البعد البؤري للعدسة لاستنتاج مقياس الصورة.
7) البعد البؤري لعدسة التصوير :Focal Lengthويستخدم مع ارتفاع الطيران لحساب مقياس الصورة.
8) علامات إطار الصورة :Fiducial Marksتظهر إما في أركان أو في جوانب الصور الجوية، وتستعمل لتعيين موقع النقطة الأساسية للصورة.

9) جهة التصوير أو المؤسسة : Principal Pointحيث يظهر مختصر اسم المؤسسة التي قامت بعملية التصوير



الموزائيك الجوي : Aerial Mosaics

يعد الموزائيك الجوي من أهم الطرائق السريعة للتعرف على سطح الأرض لأغراض الدراسة , حيث يتم إعداده عن طريق تجميع صور متعاقبة لخطي طيران متداخلين أو أكثر لتكوين فسيفساء متكاملة لمنطقة ما . وهناك نوعين من الموزائيك الجوي , يدعى الأول : الموزائيك المربوط

(المسيطر) (Controlled Mosaic) وهذا يحتاج إلى تسقيط نقاط ضبط أرضية (نقاط متواجدة في الصورة والخريطة وعلى الأرض فعلاً) فضلا عن استخدام صور مقومة , حيث تسقط نقاط الضبط على اللوحة الأساسية التي ستجمع عليها صور الموزائيك , بنفس المقياس الذي نسبت إليه الصورة , وتركب الصورة على خارطة الأساس عن طريق مطابقة مواقع نقاط الضبط على الصورة مع نظائرها على خارطة الأساس .

أما النوع الثاني فهو الموزائيك غير المربوط

(Uncontrolled Mosaic) والذي لا يحتاج إلى نقاط ضبط أرضية بل يتم جمع الصور بصورة تقريبية , وبناءً على ذلك فان المقياس لا يكون ثابتا في هذا الموزائيك , ولهذا يجب الأخذ بنظر الاعتبار عند قياس المسافات أو الاتجاهات في كلا النوعين على الرغم من أخذ جميع الاحتياطات في إعدادها , وفي السنوات الأخيرة تم تطوير أسلوب خاص في إنتاج الصور الجوية التي تصنع من الصور المصححة من أخطاء الميل ويطلق على هذا النوع من الصور الجوية أسم الخرائط الفوتوغرافية , والتي تستخدم حاليا في المجالات التطبيقية (الداغستاني , 2004)

الاجهزة الاساسية المستخدمة في تفسير الصور الجوية

يتم الابصار المجسم للصور الجوية , وذلك من خلال جهاز يطلق عليه اسم « **المجسام** » (Stereo Scope) ويوجد منه عدة أنواع:

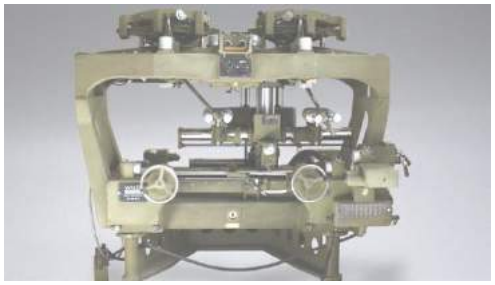
1. المجسام ذو العدسات : ويسمى ايضا بالمجسام الجيبي (Pocket Stereo Scope) لكونه صغير الحجم ويمكن حمله وهو اكثر انواع الاجهزة شيوعاً.

ومن اهم عيوب المجسام ذو العدسات (الجيبي)
ان الصورتين المتداخلتين يجب ان تكونا متقاربتين بحيث لا تزيد المسافة الفاصلة بين الصورتين عن قاعدة الابصار لذلك لا يستطيع المفسر ان يرى كامل المساحة المجسمة بدون طي احدى الصورتين

2. المجسام ذو المرايا : يتمكن هذا الجهاز من ابصار كامل لمنطقة التداخل بصورة مجتمعة في ان واحد دون الحاجة لطي الصورتين وذلك باستخدام مجموعة من المواشير والمرايا , لتفصل خطي نظر كل من عيني المفسر والفائدة الثانية هي امكانية تكبير النموذج المجسم للتضاريس الارضية لمرتين او اربع مرات عن طريق وضع مكبرات والفائدة الثالثة هي امكانية استخدام ادوات القياس بسهولة تحت المجسام ذو المرايا

3. المجسام الماسح المقرب : وهو ذو تصميم متطور والفائدة العلمية لهذا التصميم وجود وحدات تكبير بنسبة 5 : 1 القادرة على التكبير لحد 30 مرة ويمكن تزويده ايضا بوحدات جانبية كوحدة المجسام المزدوج التعليمي حيث يستطيع استخدامه من قبل الخبير والمتعلم في وقت واحد يمكن تدوير العدسة العينية بمقدار 360 درجة وهو مزود بالية لتحريك حقل الرؤية عبر كامل منطقة التداخل المجسمة في الصور دون تحريك الصور او المجسام اما نقطة الضعف الرئيسة في هذا التصميم هي انه جهاز كبير جدا بحيث يصعب حمله كما ان كلفته عالية مقارنة بانواع الاجهزة الاخرى. الصفحات 166 – 173 من كتاب **مبادئ التحسس النائي وتفسير المرئيات** د. حكمت الداغستاني

4. اجهزة الرسم المساحية : صممت هذه الاجهزة لنقل التفاصيل والمعلومات التي تتعلق بارتفاع الاجسام والظواهر التي توضحها الصورة كما هو الحال عند انشاء الخرائط الطبوغرافية



مقياس الصور الجوية
Scale of Arial Photographs

مقياس الصور الجوية يمثل النسبة بين المسافة على الصورة والمسافة الحقيقية على الارض مقدرة بمقياس وحدة الطول

عندما يكون سطح الارض مستويا (قليل التضاريس) فان اي خط على السطح السالب للفلم يكون افقياً وموازياً لنظيره على الارض اما في الحالة الثانية عندما يكون فوق ارض ذات تضاريس مختلفة يكون المقياس على الصور متفاوتا الى حد ما، وبمعنى اخر فان بعد الاجسام عن السطح السالب يكون متفاوتا ايضا.

وبالتالي يكبر مقياس الصورة بزيادة الارتفاع ويصغر المقياس بتناقص الارتفاع وغالبا ما يثبت في هذه الحالة على الفلم السالب معدل مقياس الصورة.

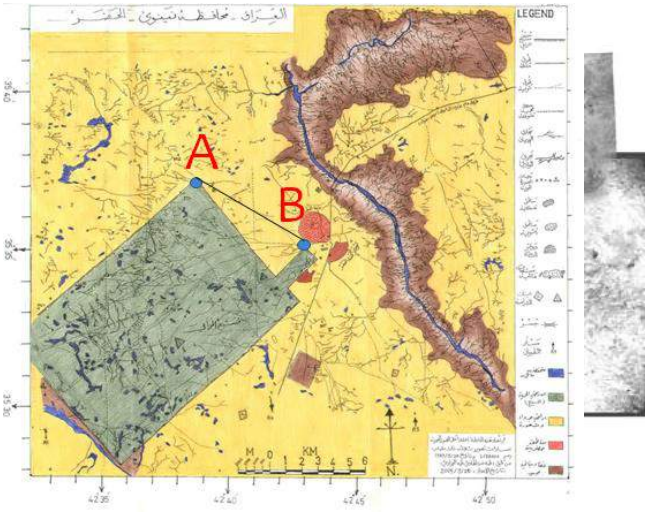
امثلة متنوعة لحساب مقياس الرسم

يمكن حساب مقياس الصورة الجوية في حال توفر خريطة عن المنطقة الظاهرة في الصورة وذلك بقياس ظاهرة واضحة على الخريطة والصورة معاً

يمكن اتباع الخطوات الاتية لحساب مقياس رسم الصورة الجوية:

1. نحدد نقطتين على الصورة والخريطة
2. نقيس المسافة بين النقطتين على الخريطة
3. نحسب طول المسافة على الطبيعة بالاستعانة بمقياس رسم الخريطة
4. نقيس المسافة على الصورة الجوية
5. نستخرج مقياس الصورة بالطريقة التالية:

$$\text{مقياس الصورة} = \frac{\text{المسافة على الصورة}}{\text{المسافة على الخارطة}} \times \text{مقياس الرسم}$$



مثال 1: لنفرض ان المسافة على الخريطة بين نقطتين واضحتين هي 4سم وان مقياس الخريطة هو (1 : 20,000) وان طول المسافة على الصورة بين نفس النقطتين هي 8سم فما هو مقياس الصورة؟

$$\text{مقياس الصورة} = \frac{\text{٨ سم}}{\text{٤ سم}} \times \frac{\text{١}}{\text{٢٠,٠٠٠}}$$

$$\text{مقياس الصورة} = \frac{\text{٢}}{\text{٢٠,٠٠٠}}$$

$$\text{مقياس الصورة} = \frac{\text{١}}{\text{١٠,٠٠٠}} = \text{١ : ١٠,٠٠٠}$$

القياسات من الصور الجوية

1. قياس المسافات
2. قياس المساحات وتشمل

أ. باستخدام جهاز البلانيميتر ب. طريقة شبكة النقاط

3. قياس الارتفاعات
4. قياس ميل الطبقات

من ص 184الى ص 192 من كتاب مبادئ التحسس النائي المنهجي للدكتور حكمت الداغستاني

1. قياس المسافات : يمكن اجراء قياس المسافات بصورة مباشرة على الصور الجوية باستخدام اي من ادوات القياس المعروفة , والتي تختلف في دقتها وثمنها ومدى توفرها.

يستخدم المقياس المتري العادي (المسطرة) لقياس اطوال الصدوع والحواجز التركيبية وغيرها من المظاهر الجيومورفولوجية على الصورة مباشرة عندما لا يتطلب المقياس دقة كبيرة.

ويزيد مقدار الدقة اذا ما اجريت القياسات تحت المنظار المجسم وبمعدل عدة قراءات

2. قياس المساحات : تحتل القياسات المساحية اهمية بارزة في علم الجيومورفولوجي ويخضع قياس المساحات المباشر من الصور الجوية لأخطاء ناجمة عن تغيير مقياس الصورة بسبب تباين تضاريس الارض.

وهناك عدة نماذج رياضية لتعديل الاخطاء في قياس المساحات والناجمة عن تباين مقياس الصورة والتضرس وميلان الطائرة اثناء المسح الجوي.

ومن طرائق قياس المساحات هي :

أ. باستخدام جهاز البلانيميتر ب. طريقة شبكة النقاط

3. قياس الارتفاعات : وتتضمن طريقة قياس طول ظل الحواجز التركيبية او مكاشف الصدوع الذي يظهر على الارض المجاورة .

ويتطلب تنفيذ هذه الطريقة معرفة زاوية سقوط اشعة الشمس بالنسبة للسمت اثناء المسح الجوي بينما تكون هذه الزاوية مسجلة على مرئيات الاقمار الاصطناعية وقت التقاط المرئية.

4. قياس ميل الطبقات : عندما يكون الاتجاه الافقي للطبقات واضحاً في الصورة فانه يمكن قياس فرق الارتفاع والمسافة الافقية بين النقطتين لمكشف الطبقة الصخرية.

وتجدر الاشارة الى ان المحلل يجب ان يقوم بالتحقيق الميداني بعد الانتهاء من مرحلة تفسير الصور وذلك بمقارنة التقديرات لميل الطبقات وسمكها.

وبدون التحقق الميداني بدقة التحليل الجيولوجي والجيومورفولوجي للوحدات الصخرية والجيومورفولوجية والتراكيب الجيولوجية في المنطقة غير مكتمل.

4-2 النسيج

يعد النسيج من المعالم المهمة في الصورة لإعطائه معلومات وافرة عن ماهية الاجسام في الصورة الذي يتحدد عبره نوعية المعالم في مرئيات الاقمار الصناعية مثل الماء والابنية والشوارع وغيرها. ويعد النسيج من المعلومات المكانية (Spatial Informartion) المهمة في تطبيقات معالجة الصور الرقمية، ويعبر عنه بمقدار التباين في تدرجات اللون الرمادي في وحدة مساحة الصورة، وعندما يكون التباين قليلاً يقال أن النسجة ناعمة أو متجانسة بينما يطلق على النسجة بأنها خشنة عندما يكون التباين كبيراً لتمييز الظواهر التي تشكلها ومن صفات الظواهر المكانية حجم الظاهرة والظل وتدرجات اللون الرمادي للصورة (Lillesand و Kiefer, 1987). ويعرف بالنسيج غالباً بأنه مقياس لخشونة أو لنعومة الصورة (النوري , 2004). فهي انماط متكررة تتشكل نتيجة إدراك نظام الرؤية البشري لاختلافات الشدة والكثافة اللونية, وعملية تصنيف انماط الاجسام تصبح سهلة إذا تم تمييز وتفريق كل نسيج عن غيرها من النسجات ويمكن أن نصف خواص النسيج بمصطلحات كمية مثل الخشونة (coarseness), التجانس (homogeneity) والعلاقة المكانية للشدة اللونية داخل الصورة (Acharya و Ray, 2005). ويمكن تعريف نسيج الصورة بأنه مجموعة من القياسات المحسوبة خلال معالجة الصورة والمصممة لقياس نسيج الصورة وتعطي معلومات عن الترتيب المكاني للألوان وللشدة اللونية للصورة فتحليل النسيج يحاول أن يحدد انواع حدسية للنسيج توصف بمصطلحات مثل الخشونة, النعومة, الملساء و غير المستوية وتكون دالةً للاختلافات المكانية للشدة اللونية للبكسلات فمثلا: إن الخشونة تشير إلى الاختلافات في قيم الشدة أو المستويات الرمادية (Poorani وآخرون, 2013).

ومن أجل القيام بعملية التصنيف لابد من الاستفادة من خصائص مكونات الصورة وقيم كل بكسل فيها لذلك فإن من أهم الامور التي لابد من القيام بها هي تحليل نسيج الصورة، وتحليل النسيج هو استعمال خصائص الصورة وتخمين لها وتساعد في عملية تمييز النسيج (Acharya و Ray, 2005). وعبر تحليل النسيج يتم استخلاص مجموعة من السمات (features) التي تدخل بشكل متجه (vector) إلى الة متجه الداعم (SVM) للقيام بعملية التصنيف.

2-5 الاقمار الفضائية

يعد أسلوب التفسير البصري للمرئيات من الطرائق التقليدية المهمة في تفسير معطيات التحسس النائي وله خصوصياته ، التي تشمل مرحلتين متكاملتين، مرحلة فصل أو تمييز أغطية الأرض التي غالبا ما تحتاج إلى طرائق معالجة الصورة لغرض تمييزها، ومرحلة تحديد هوية الغطاء الأرضي (Identification) باعتماد تدرج الألوان التي تظهر في المرئية وربطها في بعض الأحيان بالظواهر الطبيعية التي تحتاج إلى معرفة وخبرة في الخصائص الطيفية للغطاء الأرضي. ويتأثر تطبيق المرحلتين في كمية المعلومات الأرضية ونوعيتها المتوفرة للمشهد المراد دراسته (البكوع, 2004).

وقد قامت العديد من الدول بتبني إرسال الاقمار الصناعية إلى الفضاء الخارجي وذلك لالتقاط شتى المعلومات لمناطق مختلفة من سطح الارض وذلك عبر متحسسات محمولة على هذه الاقمار وذلك رغبة من هذه الدول في معرفة المزيد عن المناطق التي تقع ضمن مدارات اقمارها التي كانت لاغراض مختلفة منها تجسسية أو للانواء الجوية أو لمراقبة التغييرات البيئية على سطح الارض. إذ أعطت هذه الاقمار كمية كبيرة جداً من المعلومات المتواصلة والدقيقة التي تعني الباحثين والخبراء في السيطرة على مشاكل تدهور البيئة والتغلب عليها، ولاسيما تدهور الأراضي المتمثلة بالتربة فضلاً عن الغطاء النباتي والتصحر (الخالد ، ٢٠٠١).

ولقد وقع الاختيار على استعمال صور (مرئيات) الاقمار الصناعية للأسباب الآتية:

أ. **الشمولية:** تعد من أهم سمات المرئيات الفضائية وذلك لتغطيتها مساحات شاسعة من سطح الارض وبقنوات طيفية عدة (حسب القمر المستعمل) الامر الذي يجعل بالإمكان الإحاطة بمنطقة كبيرة كما هو الحال مع منطقة دراستنا وبلقطة واحدة وحسب. فمثلاً المرئيات الفضائية الناتجة عن القمر الصناعي الأمريكي ((لاندسات (Landsat) تغطي مساحة (٣٤٠٠٠) كيلومتراً مربعاً.

ب. **القدرة التمييزية:** ونقصد بها قدرة التمييز الطيفي والمكاني والزماني للمرئيات الفضائية إذ إن خاصية الاجسام الارضية في قيامها بعكس أشعة الشمس وبأطوال موجية مختلفة جعلت بالإمكان أن تقوم الاقمار الصناعية بتسجيل قنوات طيفية متعددة وبنظام بصري واحد وغالباً ما تشمل الاطوال الموجية من فوق البنفسجية إلى المايكروية مما أعطاها القدرة على إظهار المعلومات الطيفية بشكل أفضل (الشكرجي، 2004). وتمتاز المكونات البيئية, ومنها النباتات والمحاصيل الحقلية , بالاختلاف في الاستجابة الطيفية (Spectral Response), وهذا الاختلاف في الاستجابة سببه الاختلاف في الخصائص الكيماوية والفيزياوية والفسيولوجية لهذه المكونات فانعكاسية الماء تكون عالية في الاطوال الموجية القصيرة بينما

انعكاسية التربة تزداد مع زيادة الطول الموجي, أما النبات فإن انعكاسيته تتغير مع الطول الموجي حسب تركيب ورقة النبات ومستوى الرطوبة فيها, مما جعل قدرتها على تسجيل الإشعاعات المنعكسة منها في المجالات الطيفية كثيرة وهذه القدرة جعلت من تمييز مكونات البيئة ممكناً (الجوادي, 2006).

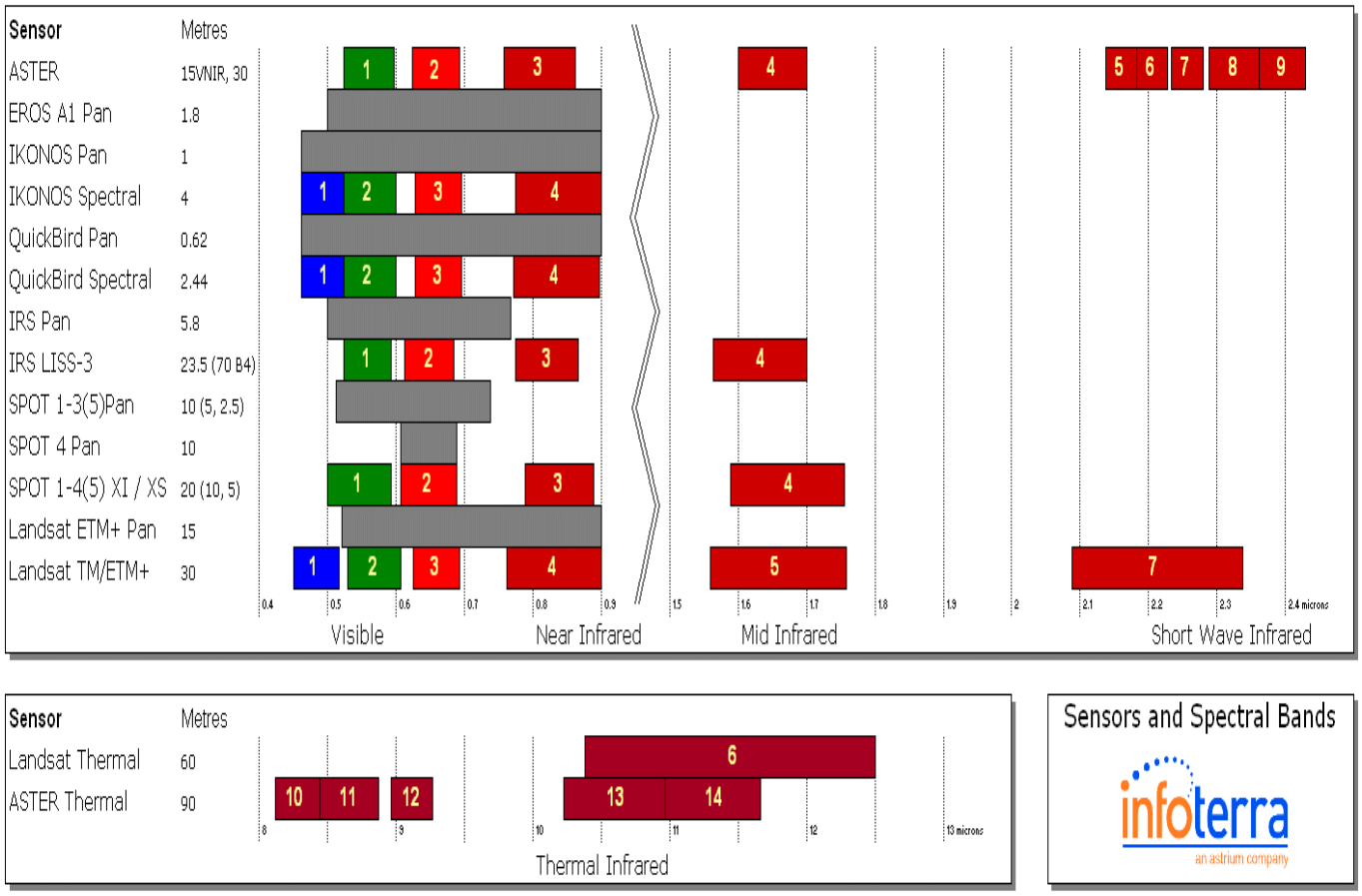
ويوضح الشكل(2-8) الاطوال الموجية المقاسة بمتحسسات القمر الصناعي (لاندسات)

ب-1 التمييز الزماني: ونقصد به إمكانية رصد التغييرات البيئية لمنطقة معينة بصورة تكرارية وعلى مُدد زمنية مختلفة قد تمتد لعشرات السنوات مما يمكننا من مراقبة الاختلافات لتلك المنطقة من ناحية تدهور الاراضي أو اختلاف النشاط الإنساني مثل ازدياد الطرق و الابنية وغيرها، فمثلاً يمكن الحصول على بيانات القمر (لاندسات (Landsat)) كل (16) يوماً.

ب-2 التمييز المكاني: وهو المساحة على الارض التي يستطيع المتحسس التقاطها وتختلف من قمر لآخر ومن متحسس لآخر وعلى القمر نفسه فالقمر (لاندسات) والمبين في الشكل رقم (2-9) تكون فيه قدرة الماسح متعدد الأطياف (Multispectral Scanner) تصل إلى (80) مترا مربعاً , وتصل في الماسح (TM) إلى (30) متراً مربعاً وللماسح نفسه تختلف القدرة من قناة لأخرى إذ تبلغ (30) متراً للقنوات (1-5 , 7) أما القناة السادسة فتبلغ (60) متراً في حين تكون القدرة للقناة الثامنة 15 متر.

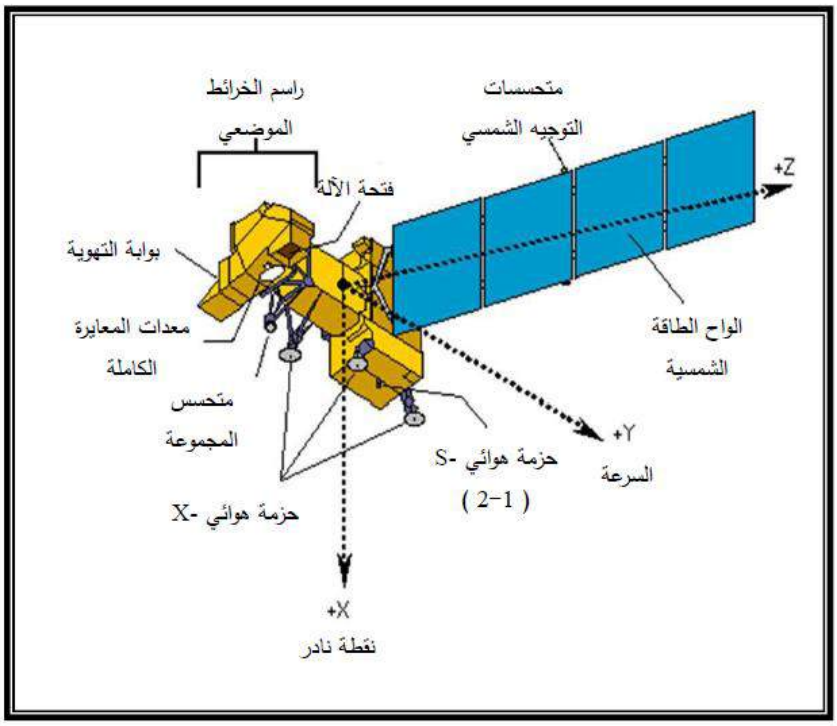
2-5-1 القمر (لاندسات)

منذ العام 1960 قام برنامج (لاندسات) باطلاق 6 حملات ناجحة لمراقبة سطح الارض وامتدت على مدى اكثر من 50 سنة في سابقة لامثيل لها. وكان اول قمر صناعي حقيقي من نوع لاندسات تم اطلاقه من قبل الولايات المتحدة الامريكية في عام 1972, لاحقا تم اطلاق اربع اقمار اخرى من (لاندسات) وقد احتوت اقمار (لاندسات) جميعها على المتحسس (MSS) وراسم الخرائط الغرضي (TM) ومتحسس حراري للقناة تحت الحمراء. ثم تلا ذلك اطلاق القمر لاندسات 6 ثم لاندسات 7 والذي تميز باحتوائه ايضا على الماسح متعدد الاغراض (MSS) وراسم الخرائط الغرضي المحسن (ETM) (Loveland و Dwyer , 2012). والشكل (2-9) يوضح القمر (لاندسات 7).



الشكل (2–8) الاطوال الموجية مقاسة بمتحسسات (لاندسات)

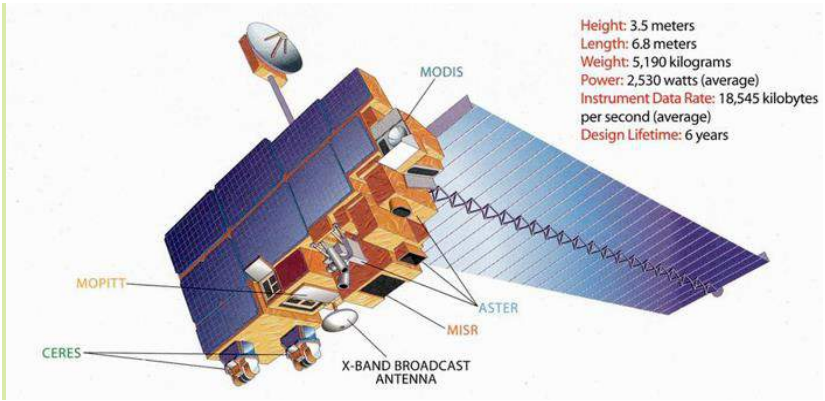
(الطائي, 2008) عن المصدر http://www.infoterra.co.uk.bandcomds.htm



الشكل (2-9) القمر الصناعي (لاندسات 7) (الطائي, 2008).

2-5-2 القمر (تيرا)

قامت وكالة الفضاء الامريكية nasa باطلاق القمر (تيرا Terra) ضمن نظام مراقبة الارض (EOS), وبتاريخ 18-12-1999 بدأ القمر (تيرا) بجمع المعلومات عن التغيرات المناخية للأرض. ويحمل (تيرا) خمسة متحسسات لدراسة التفاعلات بين الغلاف الجوي والاراضي والمحيطات والمتحسسات هي (MODIS , MISR , CERES , ASTER و MOPITT) (NASA , 2014) (NASA, 2014), والشكل (2-10) يوضح القمر (تيرا).



الشكل (2-10) القمر الصناعي (تيرا)

كيفية عمل الرادار

يستخدم الرادار موجات الراديو بدلاً من الموجات الصوتية؛ بسبب قدرتها على الوصول إلى مسافاتٍ أبعد، وقدرتها على أداء عملها حتّى عندما تكون ضعيفة، ولفهم طريقة عمل الرادار يمكن استخدام الرادار الكاشف عن الطائرات كمثال، حيث يقوم الرادار بتشغيل الجهاز الذي يُطلق موجات الراديو ذات التردد العالي لمدّة ميكروثانية، ثمّ يُغلق الجهاز الذي يبث الموجات، و يُشغّل الجهاز المستقبل للصدى المرتد، حيث يقوم بقياس الوقت المستغرق لوصول الصدى، فمثلاً إذا كانت سرعة موجات الراديو حوالي 1000 قدم/ميكرو ثانية ≈304.8 م/ميكرو ثانية، فإنّه يمكن قياس المسافة نحو الطائرة بدقةٍ كبيرة، وفي حال وجود معداتٍ خاصة لضبط الإشارات فإنّه يمكن تحديد سرعتها بدقةٍ أيضاً.[1]

أمّا بالنسبة لأجهزة الرادار الأرضية فإنّها تتأثر بعدّة عوامل مقارنةً مع أجهزة الرادار الجوية، فعند إطلاق إشارات الرادار فإنّه قد يستقبل الأصداء من العديد من الأجسام كالمباني أو حتّى من الجبال، ولتجنب ذلك فإنّ أجهزة الرادار لدى الشرطة تكون عادةً من نوع Doppler، حيث تكون أشعة الرادار مركزةً على نحوٍ ضيقٍ لتصطدم بسيارةٍ واحدةٍ فقط، وقد تستخدم تقنية الليزر لقياس سرعة السيارات حالياً، وتُسمّى تقنية lidar، حيث تعتمد على استخدام الضوء بدلاً من موجات الراديو.[1]

التعريف بالرادار

الرادار هو جهاز استشعارٍ كهرومغناطيسي يستخدم للتتبع، وتحديد المواقع، والتعرف على أجسامٍ متنوعةٍ من مسافاتٍ بعيدة، وقد يستطيع الرادار تحديد حجم هذه الأجسام وشكلها أيضاً، ويعتمد مبدأ عمله على بثّ الطاقة الكهرومغناطيسية باتجاه أهدافٍ محددة، ومراقبة الأصداء العائدة منها، وقد تكون هذه الأهداف طائرات، أو سفن، أو مركبات فضائية، أو سيارات، أو حتّى طيور، وتتميز أجهزة الرادار عن أجهزة الاستشعار البصرية، وأجهزة الأشعة تحت الحمراء في قدرتها على الكشف عن الأجسام البعيدة بدقةٍ حتّى في حال وجود ظروفٍ جويةٍ عسيرة.[2]

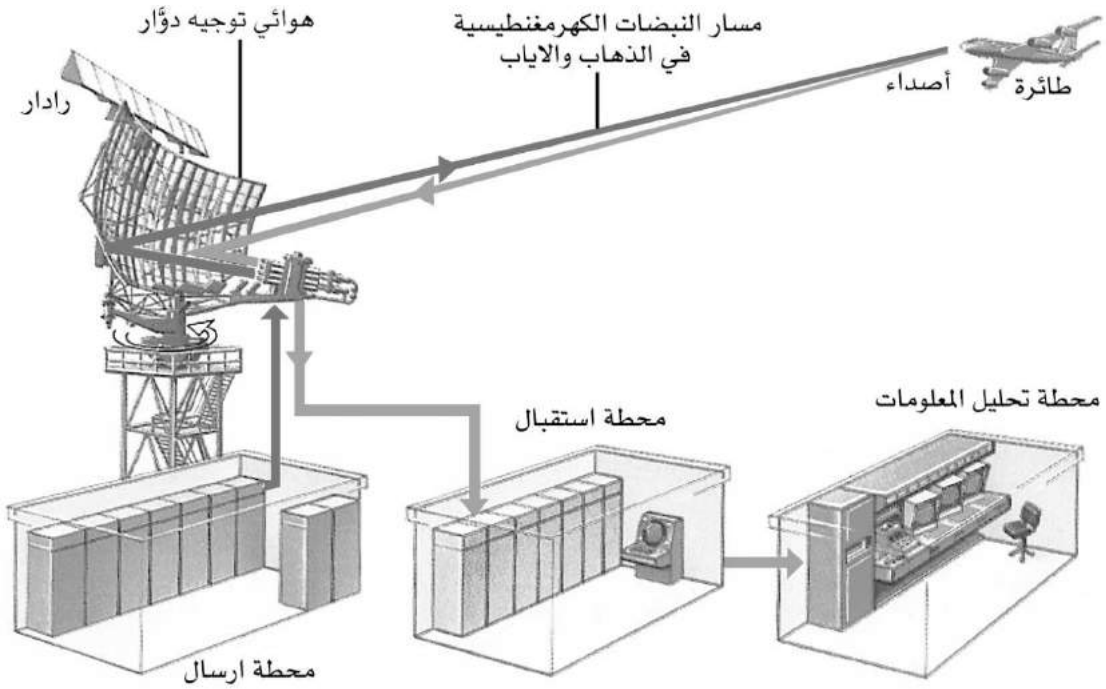
رادار دوبلر (بالإنجليزية: Doppler) هو رادار متخصص في تحديد سرعة الأجسام، ويستند مبدأ عمله على العلم بأنّ الموجات التي ينتجها الجسم ستتجمع عند اقتراب الفرد أو الجهاز منها، وستنتشر عند ابتعاده عنها، مثل الرادار المستخدم لمراقبة سرعة السيارات.[٣]

أنواع أجهزة الرادار

هناك عدّة أنواعٍ من أجهزة الرادار التي تختلف باختلاف استخدامها، ومنها ما يأتي:[٤]

- أجهزة الرادار البحرية، تستخدم لتحديد اتجاه السفن والمسافة بينها لتجنب اصطدامها، وتحديد مواقعها في البحر بالاعتماد على مراجع ثابتة كالجُزر.
- أجهزة الرادار الجوية، يتمّ تجهيز الطائرات بأجهزة الرادار، وذلك لتجنب إعاقة مسارها، ولتحديد قراءات الارتفاع الجوي بدقة.
- أجهزة الرادار في أنظمة توجيه الصواريخ، تستخدم في الطائرات العسكرية لتحديد وجهات الصواريخ.
- أجهزة الرادار في البحوث البيولوجية، مثل تلك المستخدمة لتتبع أنماط هجرة الحيوانات والطيور.
- أجهزة الرادار الخاصة بالطقس، تستخدم لزيادة دقة التنبؤ

بالحالة الجوية.



الاستشعار عن بعد

ما هو الاستشعار عن بعد المستخدمة؟

الاستشعار عن بعد هو وسيلة للحصول على معلومات حول الكائنات المختلفة على هذا الكوكب، دون أي اتصالات جسدية معها.

Image Source: cimss.ssec.wisc.edu

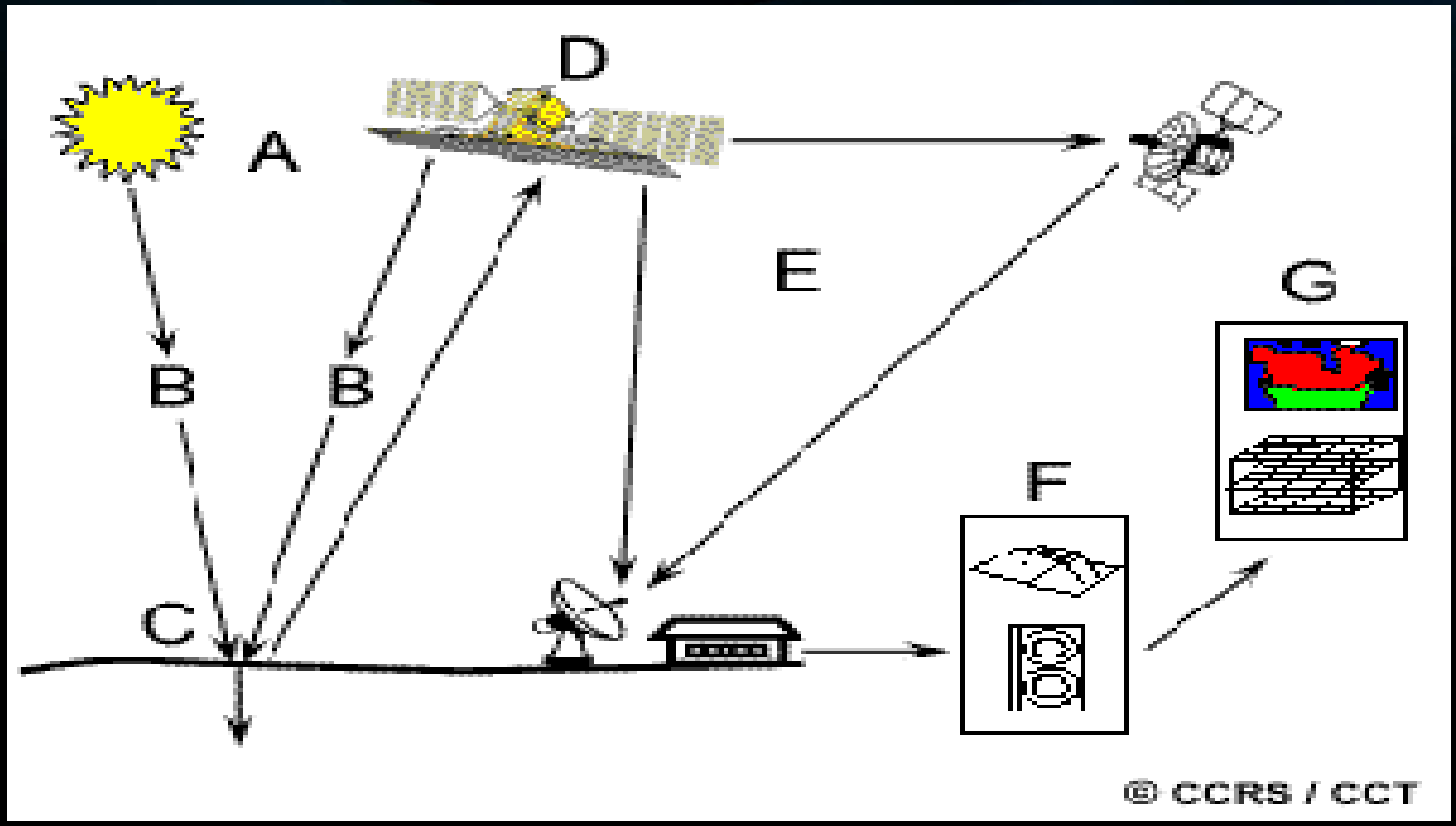
ما هو الاستشعار عن بعد؟

الاستشعار عن بعد هو تقنية لأخذ الإشعاع الكهرومغناطيسي للحصول على البيانات الجغرافية المكانية غير المباشرة التي من شأنها سحب معلومات أكثر أو أقل للاشياء والكائنات على سطح الأرض والبحار والهواء.

مزايا الاستشعار عن بعد

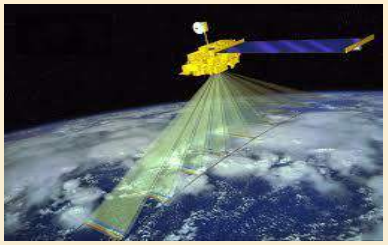
- توفر إطلالة على المنطقة الكبيرة
- يقدم المعلومات الجغرافية المرجعية والمعلومات الرقمية
- معظم أجهزة الاستشعار عن بعد تعمل في كل موسم، كل يوم، في كل ساعة وحتى في الطقس الصعبة

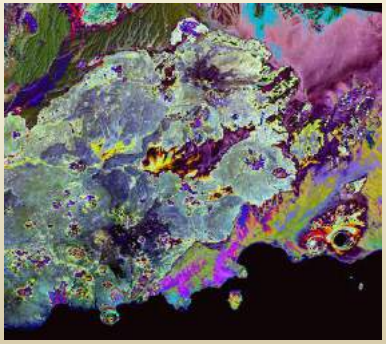
عناصر الاستشعار عن بعد

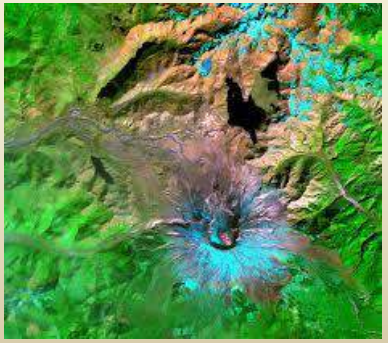


Source:staff.aub.edu.lb

البيانات المستشعرة عن بعد







Landsat/Ikonos/Quickbard/Aster

صور الأقمار الصناعية

وتتكون صور الأقمار الصناعية من صور جمعتها السواتل.

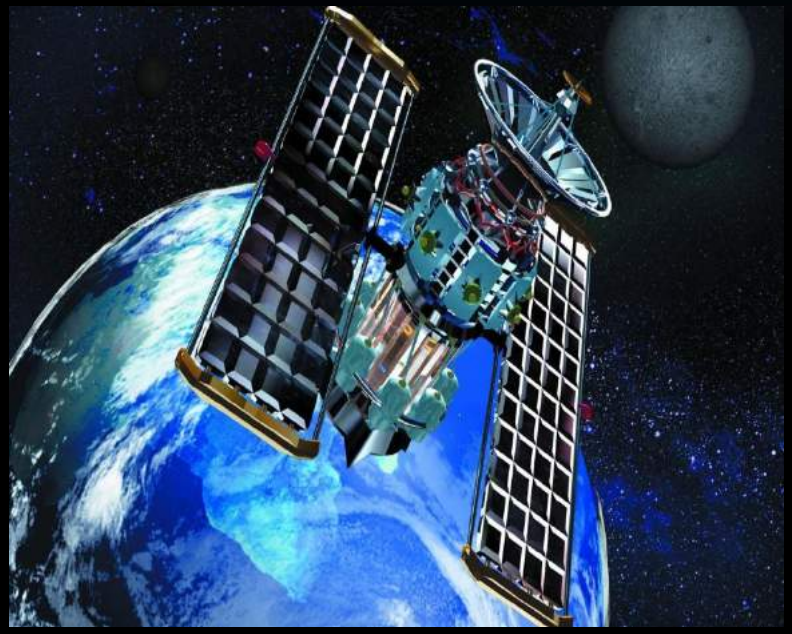
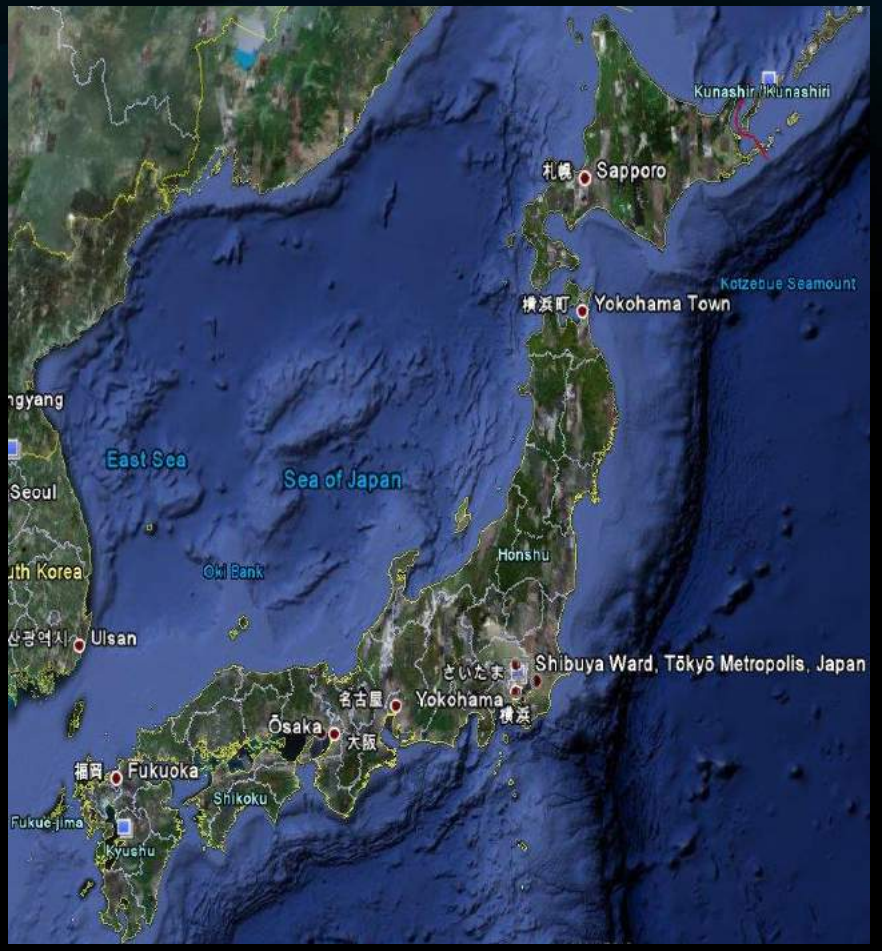


Image Source: www.wonderwhizkids.com



Japan Satellite View
Image Source: www.loneotaku.net

تقدم السواتل عرضا عالميا

ما الذي تعطيه صور القمر الصناعي؟

- معلومات عن الغطاء الأرضي، استخدام الأراضي، السوائل، المناظر الطبيعية والبنية التحتية

-التخطيط ورصد التغييرات والتنبؤ في المستقبل

تطبيق الاستشعار عن بعد

التحضر والنقل

التخطيط العمراني

شبكة الطرق والتخطيط للنقل

توسع المدينة

حدود المدينة حسب الوقت

ترسيم الأراضي الرطبة

Image source: www.ldeo.columbia.edu

Image source: www.geospectra.net

تطبيق الاستشعار عن بعد

الزراعة

ويشمل تطبيق الاستشعار عن بعد في الزراعة ما يلي:

- تصنيف المزارع - تصنيف المزرعة - تقييم حالة المزرعة - تقدير الزراعة - رسم خرائط خصائص الأراضي الزراعية - رسم خرائط لممارسات إدارة الأراضي

© Wageningen UR 2002

تطبيق الاستشعار عن بعد

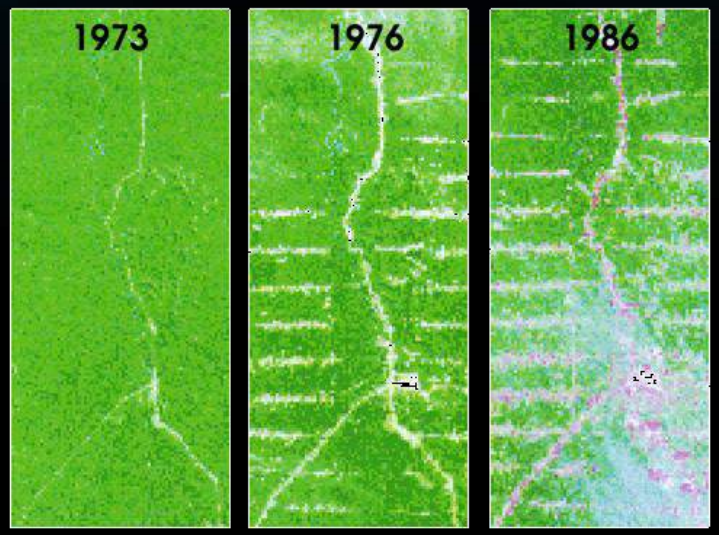
إدارة الموارد الطبيعية

الغابات: التنوع البيولوجي، والغابات، وإزالة الأحراش

إدارة مصادر المياه

التقييم البيئي

تفشي الآفات / الأمراض



Md. Bodruddoza Mia

صورة الأقمار الصناعية لإزالة الغابات

مقارنة صورة جوية (أسفل) مع صورة رادار (أعلى) لإزالة الغابات على طول الطريق

© Wageningen UR 2002

تطبيق الاستشعار عن بعد

استخدام الأراضي

ويعني الغطاء الأرضي أي غطاء سطحي على الأرض يمكن أن يشمل الغطاء النباتي أو البنية التحتية الحضرية أو المياه أو البحيرة أو الجبل أو شبكات النقل أو المباني أو غيرها. وتتعلق السمات التي تقاس بتقنيات الاستشعار عن بعد بالغطاء الأرضي، الذي يمكن الاستدلال منه على استخدام الأراضي.

رسم الخرائط

يمكن إنشاء خرائط مختلفة من البيانات المستشعرة عن بعد أمرا فعالا للغاية. ومن لضروري وضع خرائط لعناصر الاستشعار والمنهجيات لتوليد الأطروحات المستشعرة عن بعد من أجل رسم الخرائط. وهناك طريقتان رئيسيتان لتوليد بيانات الارتفاع هما:

1- تقنيات مجسمة بواسطة صور

2- قياس التداخل الراداري

Radar image of a continuously clouded area

Map with the road network

© Wageningen UR 2002

أنواع السواتل

السواتل الثابتة بالنسبة إلى الأرض

الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض هو أحد السواتل التي تحصل على بيانات عن بعد، وتقع على ارتفاع حوالي 36 000 كيلومتر مباشرة فوق خط الاستواء.

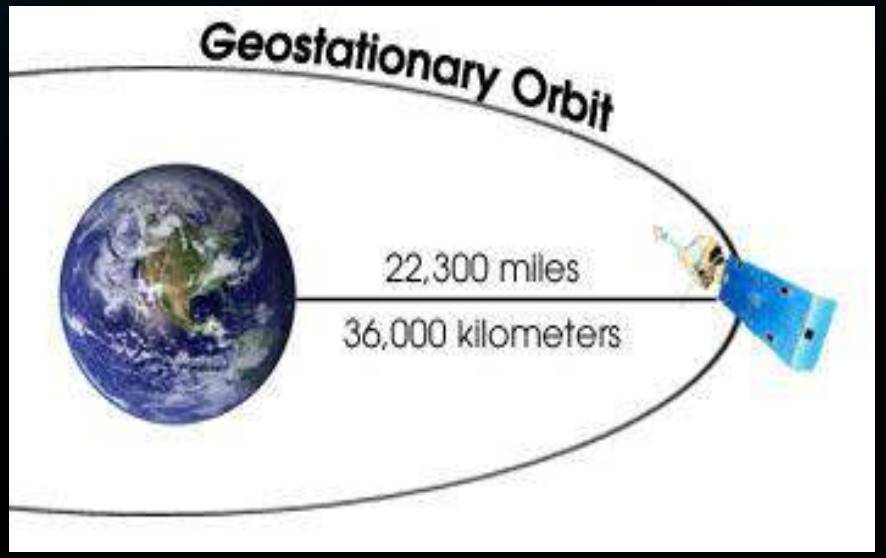


Image Source: cimss.ssec.wisc.edu

أنواع السواتل

السواتل المدارية القطبية

هو قمر صناعي يقع بالقرب من القطبين.
يستخدم هذا القمر الصناعي في الغالب لرصد الأرض مع مرور الوقت.

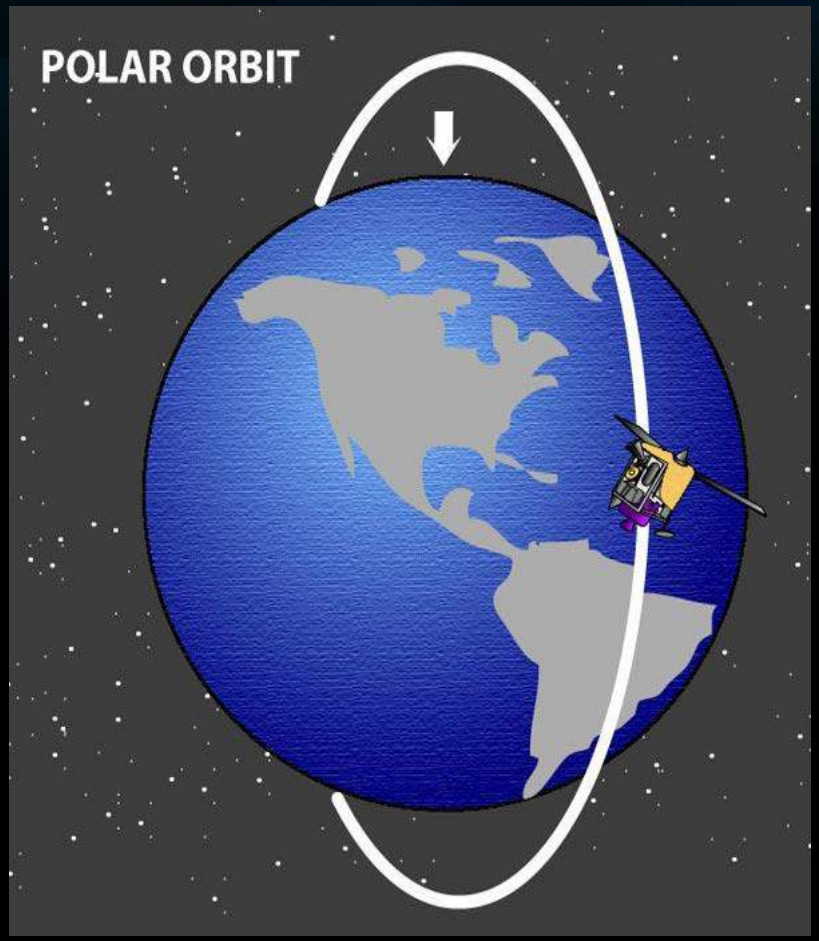


Image Source: globalmicrowave.org

بعض برامج معالجة الصور

- ERDAS Imagine
- ENVI
- ILWIS
- ArcGIS

الفصل الأول

الخرائط التقليدية و الرقمية

تعد الخريطة من أقدم الوسائل التي أبتكرها الإنسان منذ ألاف السنين ليرسم من خلالها مظاهر المكان الذي يعيش به ويضع بها المعلومات التي يريد أن يحتفظ بها لنفسه أو ينقلها لغيره. أي بلغة عصرنا الحالي فأن الخريطة هي قاعدة بيانات متعددة الأغراض Multi-purpose Database للمكان و البيئة من حولنا. بالرغم من أن الجغرافيون هم أول من أبتكر الخرائط و اهتموا بتطويرها إلا أن علم الخرائط يقوم علي إسهامات العديد من التخصصات العلمية مثل الهندسة المساحية والتصوير الجوي والرياضيات و الإحصاء والحاسب الآلي.

مع التقدم التقني الهائل الذي شهده القرن الماضي فقد تغيرت النظرة العامة للخريطة، فلم يعد مصطلح "الخريطة" يعني الخريطة الورقية المطبوعة Paper or printed maps فقط بل تم ابتكار الخرائط الرقمية أو خرائط الحاسوب Digital maps وأيضا تم تطوير الخرائط المحمولة Portable maps (الموجودة في الأجهزة الالكترونية المحمولة يدويا مثل الجوالات أو الموبايلات أو أجهزة تحديد المكان الجي بي أس) والخرائط الفراغية أو الافتراضية Space maps (الخرائط الموجودة علي شبكة الانترنت مثل خرائط الجوجل). ولم تعد الخرائط تختص فقط بتمثيل مظاهر أو معالم سطح الأرض بل تم تطوير خرائط لأعماق البحار و المحيطات وخرائط لمجال الجاذبية الأرضية وخرائط للمجال المغناطيسي للأرض، بل أن الخرائط قد تعدت كوكب الأرض ذاته ليصبح لدينا خرائط للأجرام السماوية الأخرى.

١-١ الخريطة الورقية و الخريطة الرقمية

تعرف الخريطة علي أنها: تمثيل مصغر لسطح الأرض - أو جزء منه - مبني علي أساس رياضي خاص، ويظهر توزيع و حالة وعلاقات المعالم الطبيعية والبشرية باستخدام رموز خاصة منتقاة لوظيفة كل خريطة.

في بداية المعرفة البشرية قام الإنسان برسم الخريطة علي لوحات من الصلصال (الخرائط البابلية) ثم علي ورق البردي (الخرائط المصرية القديمة) ثم علي جلد الحيوانات إلي أن تم اختراع الطباعة مع بدء عصر الثورة الصناعية في أوروبا. في منتصف القرن العشرين الميلادي تم ابتكار أجهزة الكمبيوتر (الحاسوب أو الحاسبات الآلية) والذي كان من أهم تطبيقاته ظهور الخرائط الرقمية أو خرائط الحاسوب. تعتمد الخرائط الرقمية علي التعامل مع برامج حاسوبية متخصصة لرسم وإعداد الخرائط، ومعظم هذه البرامج سهلة الاستخدام ولا تحتاج لتدريب طويل وتقوم فكرتها الأساسية علي أن المستخدم لديه الأساس النظري و العلمي الذي يمكنه من إعداد الخريطة بصورة سليمة و علمية. وبناءا علي هذا الافتراض فأن البرنامج يضم العديد من الخيارات – في كل خطوة من خطوات إعداد الخريطة – وعلي المستخدم أن يحدد الخيار المناسب طبقا للأسس العلمية السليمة. وهنا تظهر أهم مشاكل الخرائط الرقمية.

إن إعداد و صناعة الخريطة علما في حد ذاته ويسمي علم الكارتوجرافيا Cartography له أسسه و مبادئه و نظرياته. كلمة الكارتوجرافيا مكونة من مقطعين: كارتو بمعني خريطة و جرافيا بمعني رسم، أي أن الكارتوجرافيا هي علم و فن و تقنية إعداد الخرائط. يدرس علم الكارتوجرافيا طرق معالجة البيانات المكانية التي تم قياسها في الطبيعة و كيفية تمثيلها تمثلا هندسيا سليما علي الخريطة (سواء كانت ورقية أو رقمية). ينقسم هذا الهدف إلي جزأين: أولا

كيفية التعامل مع الخصائص الهندسية لهذه القياسات المساحية (من حيث وحداتها و أنواعها ونظم القياسات المختلفة) وطرق تحويلها إلي رسم مصغر (مقياس رسم الخريطة)، ثانيا الأساليب الإحصائية لتقسيم البيانات المطلوب إظهارها علي الخريطة. أي أن راسم الخريطة mapmaker لا بد أن يلم بأساسيات علم المساحة و علم الإحصاء. فان لم يكن كذلك فأن المنتج النهائي (الخريطة) لن تكون سليمة تماما من الناحية العلمية. لكي نوضح هذا المفهوم الهام في دراسة الخرائط الرقمية فنأخذ مثالا بسيطا: إذا أردنا إعداد خريطة رقمية لمدينة مكة المكرمة علي سبيل المثال وقمنا بالحصول علي خريطة أحياء مكة المكرمة من أمانة (أي محافظة) العاصمة المقدسة وأيضا خريطة للطرق و الشوارع من وزارة النقل و المواصلات. فإذا قمنا فعلا باستخدام أحد برامج رسم الخرائط وتم إعداد ملف لكل خريطة منهما وعند ضم الملفين في مشروع واحد وجدنا أن هناك إزاحة (فرق إحداثيات) بين نفس المواقع الجغرافية في كلتا الخريطتين أو الملفين، هل نقول أن أحد الملفين به خطأ؟ أم أين تكمن هذه المشكلة؟ ربما يكون السبب الرئيسي لهذا الاختلاف هو أن كل خريطة لها نظام إحداثيات أو مرجع جيوديسي مختلف عن الآخر، فمثلا الخريطة الأولي مرسومة باستخدام المرجع الجيوديسي العالمي WGS84 بينما الخريطة الثانية مرسومة علي المرجع الوطني السعودي (عين العبد ١٩٧٠) فإذا قمنا بضم الخريطتين معا فلن تنطبق المعالم المتشابهة بكل تأكيد بسبب اختلاف المراجع. فان لم يكن راسم الخريطة mapmaker ملما بهذا الأساس العلمي (اختلاف المراجع) فلن يستطيع حل هذه المشكلة بالطبع. ولذلك فأن تعلم (و إتقان) أحد برامج رسم الخرائط الرقمية لا يغني المتخصص عن دراسة الأسس النظرية الهندسية والجغرافية لعلم الخرائط (والتي سنستعرضها تفصيلا في الفصول القادمة).

أيضا يجب علي راسم الخرائط أن يلم أيضا بمبادئ علم المساحة وطرق القياسات الميدانية لأن هذه القياسات هي التي سيعتمد عليها إنشاء الخريطة مطبوعة كانت أو رقمية، وإلا سيقع في بعض المشاكل و الأخطاء. فعلي سبيل المثال إذا قيست مسافة في الطبيعة (بأي وسيلة مساحية) فأن المسافة التي سيتم رسمها علي الخريطة لن تساوي نفس المسافة المقاسة! يرجع السبب في هذا الاختلاف إلي أن المسافة المقاسة في الطبيعة تكون هي المسافة المباشرة أو المسافة المائلة بين النقطتين، بينما تعد الخريطة مسقط أفقي لسطح الأرض مما يدل علي أن المسافة علي الخريطة هي المسافة الأفقية بين النقطتين. وكلما زاد فرق الارتفاع بين النقطتين في الطبيعة كلما زاد الفرق بين قيمتي المسافة المائلة و المسافة الأفقية، ويكون هذا الفرق كبيرا في المناطق مختلفة التضاريس أو المناطق الجبلية بينما تصغر قيمته في المناطق المنبسطة أو المستوية. فمثلا إذا كانت المسافة المائلة بين نقطتين ١٠٠٠ متر وكان فرق الارتفاع بينهما ٥٠ متر فأن المسافة الأفقية ستكون ٩٩٨.٧٥ متر، بينما إن كان فرق الارتفاع بين النقطتين ٢٠ مترا فقط فأن المسافة الأفقية ستكون ٩٩٩.٨٠ مترا. وبالطبع إن كانت الأرض مستوية تماما (فرق الارتفاع يساوي صفر) فأن المسافة الأفقية ستساوي قيمة المسافة المائلة.

١-٢ خرائط الحاسوب و نظم المعلومات الجغرافية

يلتبس الكثيرون ويخطأون في تحديد الفرق بين تقنية خرائط الحاسوب Computer Mapping وتقنية نظم المعلومات الجغرافية Geographic Information Systems المعروفة اختصارا باسم GIS. يؤدي هذا الالتباس إلي أن معظم المستخدمين يدعون أنهم متخصصون في نظم المعلومات الجغرافية بينما هم في حقيقية الأمر متخصصين في الخرائط الرقمية أو خرائط الحاسوب. كذلك توجد عدة رسائل أكاديمية في الجامعات العربية ويضم عنوان الرسالة فقرة "باستخدام نظم المعلومات الجغرافية" لكن عند مطالعة محتويات الرسالة نجدها تتضمن فقط إنشاء الخرائط الرقمية ولا تمس جوهر تقنية نظم المعلومات الجغرافية.

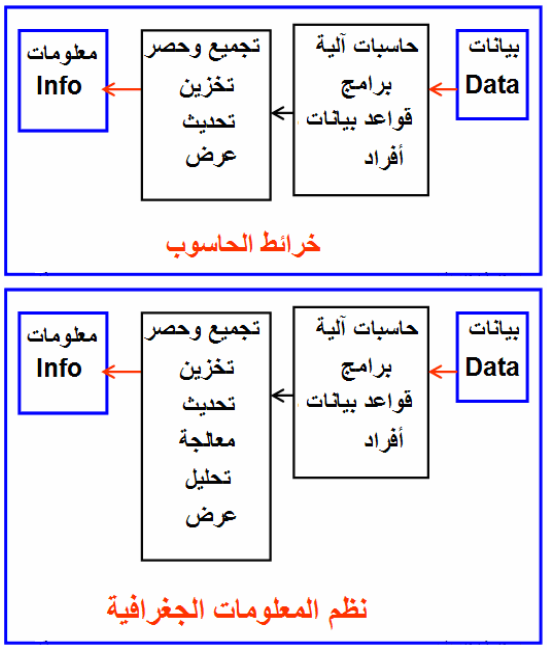
وربما يعود هذا اللبس – في جزء منه – إلي أن برامج الحاسوب تكون واحدة في كلا التطبيقين، فيمكن مثلا استخدام برنامج Arc GIS في إعداد الخرائط الرقمية مع أنه في الأساس برنامج لنظم المعلومات الجغرافية.

تعرف نظم المعلومات الجغرافية بعدة طرق منهم تعريف مؤسسة ESRI الأمريكية (معهد بحوث النظم البيئية) : نظم المعلومات الجغرافية هي مجمع متناسق يضم مكونات الحاسب الآلي و البرامج و قواعد البيانات والأفراد المدربين ويقوم هذا المجمع بحصر دقيق للمعلومات المكانية و غير المكانية و تخزينها و تحديثها و معالجتها و تحليلها و عرضها. يكاد هذا التعريف ينطبق جزئيا علي تقنية خرائط الحاسوب، إلا في جزء واحد فقط ألا وهو معالجة و تحليل البيانات. لإعداد خريطة رقمية فالمستخدم - المدرب تدريبا جيدا - يحصل علي البيانات المطلوبة (سواء البيانات المكانية أو البيانات غير المكانية) من عدة مصادر ثم يقوم بإدخال هذه البيانات للكمبيوتر باستخدام البرامج المتخصصة ويخزنها في قواعد بيانات رقمية ثم يتبع الأساليب الكارتوجرافية السليمة لإعداد الخريطة الرقمية المطلوبة.

إن الهدف الرئيسي من تقنية الخرائط الرقمية هو استخدام الأجهزة الحديثة لإعداد نسخة رقمية من بيانات تم الحصول عليها من خرائط قديمة (مطبوعة كانت أو رقمية) أو من مرئيات فضائية و صور جوية أو بيانات تم قياسها في الطبيعة (بأجهزة المساحة الأرضية أو أجهزة النظام العالمي لتحديد المواقع المعروف باسم GPS) ثم تخزين كل هذه البيانات المتعددة في بيئة رقمية داخل الكمبيوتر لكي يتم إعداد خريطة رقمية تمثل معالم المنطقة المطلوب دراستها. أما تقنية نظم المعلومات الجغرافية GIS فتشمل كل ما سبق – الخرائط الرقمية – بالإضافة إلي معالجة البيانات (تنفيذ عمليات حسابية و إحصائية لاشتقاق معلومات جديدة) ثم تحليل هذه البيانات (تحليلا إحصائيا و تحليلا مكانيا) بهدف دراسة مشكلة معينة في موقع جغرافي محدد بهدف الوصول إلي فهم توزيع الظاهرة قيد الدراسة سواء مكانيا أو في قيمتها المطلقة ومن ثم محاولة الوصول إلي حلول جديدة لهذه المشكلة.

لتوضيح هذا الفرق الرئيسي بين خرائط الحاسوب و نظم المعلومات الجغرافية فلنأخذ مثالا بسيطا: لإنشاء خريطة لتوزيع مواقع المدارس في مدينة مكة المكرمة فسيقوم المتخصص في الخرائط الرقمية بإنشاء خريطة أساس للمدينة (من خرائط ورقية مثلا) ثم سيقوم بتحديد مواقع المدارس في الطبيعة (بأجهزة GPS علي سبيل المثال) ثم سيقوم بتجميع البيانات غير المكانية للمدارس (نوع المدرسة و المرحلة التعليمية و عدد الطلاب ...الخ) ثم سيقوم بإنشاء قاعدة بيانات رقمية لهذه البيانات المكانية و غير المكانية للمدارس في مدينة مكة المكرمة. ومن ثم يمكن لهذا المستخدم إنشاء عدد من الخرائط الرقمية (وطباعتها بعد ذلك) لتوزيع المدارس في مكة المكرمة سواء جميع المدارس أو خريطة لتوزيع المدارس في كل مرحلة تعليمية معينة وكذلك خرائط موضوعية كمية لتوزيع عدد الطلاب و عدد المعلمين في كل مدرسة ... وهكذا. فان قام المستخدم بكل هذه الخطوات فيكون قد أدي عمله تماما كراسم خرائط رقمية. أما المتخصص في نظم المعلومات الجغرافية فسيكون لديه عدة أهداف أو خطوات أخري قبل أن يكمل هذا المشروع التطبيقي. فعلي سبيل المثال فعلي هذا المتخصص أن يدرس نمط توزيع المدارس في هذه المنطقة الجغرافية وهل هو نمط منتظم يغطي كافة أنحاء المدينة أم نمط متجمع في بقعة محددة، وبالتالي يحدد إن كانت هناك حاجة لإنشاء مدارس جديدة في هذه المدينة لكي يصبح توزيع المدارس منتظما ويلبي حاجة كافة سكان المدينة أم لا. كما أن هذا المتخصص في نظم المعلومات الجغرافية – ربما – سيقوم أيضا بدراسة موقع كل مدرسة وهل هو يلبي الاشتراطات والمواصفات المتعارف عليها لمواقع المدارس أم لا. ومن خلال التحليلات المكانية يقوم بتحديد معامل ملائمة لكل مدرسة ليقيس من خلاله درجة ملائمة موقع المدرسة

للمواصفات المكانية المحددة، وبالتالي يقوم بإعداد تقرير عن المدارس المقامة في مواقع غير آمنه من الناحية الهندسية و البيئية. وربما قام متخصص نظم المعلومات الجغرافية أيضا بالمضي قدما - في دراسته لهذه الظاهرة – ليحدد أنسب المواقع الجغرافية المناسبة لإنشاء مدارس جديدة في هذه المنطقة سواء من حيث حاجة سكان أحياء المدينة أو من حيث اختيار مواقع ملائمة توافي متطلبات مواصفات إنشاء المدارس. أيضا سيقوم هذا المتخصص بمحاولة التنبؤ الإحصائي المستقبلي لعدد المدارس المطلوبة بعد عدة سنوات وإعداد توقعات بمواقع و أنواع المدارس. وخلاصة القول – من هذا المثال البسيط – أن إعداد خرائط رقمية أيا كان نوعها و عددها وألوانها المبهرة الجميلة هو تطبيق لتقنية خرائط الحاسوب وليس استخداما كاملا أو علميا لوظيفة نظم المعلومات الجغرافية.



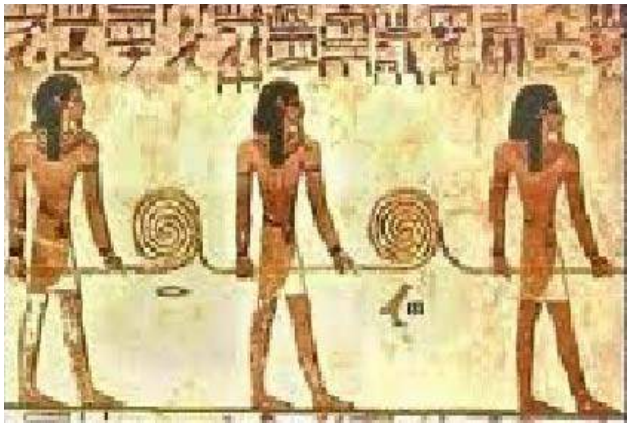
شكل (١-١) الفرق بين خرائط الحاسوب و نظم المعلومات الجغرافية

١-٣ التطور التاريخي للخرائط

عرفت البشرية الخرائط ربما قبل أن تعرف الكتابة ! فقد وجدت بعض الآثار القديمة التي تدل علي أن الشعوب البدائية تمكنت من الرسم علي الجلود رسما بسيطا لبعض الطرق للوصول لمواقع معينة. أما أقدم الخرائط المعروفة فتعود للحضارة البابلية في العراق (حوالي ٢٥٠٠ عام قبل الميلاد) حيث أنشأت الخرائط كأساس لتقدير الضرائب وكانت ترسم علي لوحات من الصلصال المحروق. توجد في متحف آثار جامعة هارفارد الأمريكية أقدم خريطة بابلية معروفة باسم "خريطة جاسور" التي تم اكتشافها في مدينة جاسور شمال بابل وهي عبارة عن لوح من الصلصال مساحته ٧ × ٩ سنتيمتر موضحا عليها جزء من نهر و ما يحيط به من مرتفعات و تلال.

شكل (١-٢) خريطة بابلية قديمة

أسهمت الحضارة الفرعونية في مصر القديمة إسهاما قويا في تطور علم الخرائط حيث برع قدماء المصريين في علوم المساحة و الفلك و الرياضيات. أيضا كان الهدف الأساسي من وضع الخرائط حينئذ هو تقدير الضرائب علي الأراضي الزراعية، إلا أن قدماء المصريين كانوا يرسمون الخرائط علي ورق البردي المعرض للتلف سريعا مما جعل الخرائط المصرية القديمة نادرة في وجودها حتى اليوم. أقدم الخرائط المصرية المعروفة موجودة في متحف تورينو ويعود تاريخها إلي عام ١٣٢٠ قبل الميلاد وتوضح موقع أحد مناجم الذهب في جنوب مصر وما يحيط بهذه المنطقة من معالم جغرافية مثل الطرق و الأنهار و الجبال.



شكل (١-٣) قياس المسافات بالحبل بهدف رسم الخرائط عند قدماء المصريين

أيضا ساهمت الحضارة الصينية القديمة في علم الخرائط إسهاما فاعلا حيث قام العالم "بي هيسين" في حوالي عام ٢٢٧ قبل الميلاد بوضع أسس لعلم صناعة الخرائط (علم الكارتوجرافيا) عند صنع الخرائط لكافة مناطق الحضارة الصينية التي امتدت من إيران غربا إلي اليابان شرقا. ربما ترجع البداية الحقيقية العلمية للكارتوجرافيا إلي الحضارة الإغريقية التي بنيت علي مبادئ المساحة و الفلك و الرياضيات التي عرفتها الحضارات البابلية و الفرعونية و الصينية ثم محاولة رسم خرائط للعالم كله (المعروف في ذلك الوقت). ومن أشهر الخرائط العالمية الإغريقية "خريطة هيرودوت" جوالي عام ٥٠٠ قبل الميلاد و"خريطة ايراتوستين" حوالي ٢٠٠ عام قبل الميلاد وهو الذي شغل منصب أمين مكتبة الإسكندرية في ذلك الوقت وقام

بأول محاولة علمية لحساب محيط الأرض. أما رائد علم الكارتوجرافيا العلمية فهو العالم الكبير "بطليموس" – حوالي ١٠٠ عام قبل الميلاد - والذي ظلت نظرياته عن الجغرافيا و الخرائط قائمة لمدة أربعة عشر قرنا حتى حلت مكانها نظريات نيوتن في العصر الحديث.

شكل (١-٤) خريطة بطليموس

عني الدين الإسلامي منذ بدايته بالعلم علي اختلاف أنواعه و مذاهبه وحث المسلمين علي التعلم و طلب العلم مهما بعد المكان. ومع ازدياد رقعة الدولة والحضارة الإسلامية أهتم علماء المسلمين بعلوم الخرائط و الجغرافيا و الفلك و الرياضيات، فقاموا أولا بترجمة الكتب والنظريات الجغرافية السابقة إلي اللغة العربية ثم قاموا بالإبداع العلمي و تطوير هذه الأسس بصورة علمية دقيقة للغاية. فقد قام العالم الإسلامي الكبير "محمد بن موسي الخوارزمي" بوضع الأسس الرياضية لعلم الجغرافيا في كتابه "صور الأرض" في النصف الأول من القرن التاسع الميلادي. تجدر الإشارة إلي أن الحضارة الأوروبية قد أنصف إسهامات هذا العالم الكبير وتخليدا له فقد تم إطلاق أسم خوارزم Algorithm علي عملية و خطوات تطوير برامج الكمبيوتر. كما قام "أبو زيد أحمد بن سهل البلخي" بإعداد أطلس يضم مجموعة من الخرائط وهو المعروف باسم أطلس البلخي أو أطلس الإسلام. أما أشهر صناع الخرائط المسلمين فهو "أبو حسن علي المسعودي" والذي تعتبر خريطته أدق الخرائط العربية التي تحدد معالم العالم في ذلك الوقت، وأيضا العالم الكبير احمد بن عبد الله الإدريسي - في النصف الأول من القرن الثاني عشر الميلادي - والذي يعد كتابه "نزهة المشتاق في أخبار الآفاق" من أعمدة الكتب الجغرافية النفيسة وأحتوي الكتاب علي خريطته الشهيرة للعالم.

شكل (١-٥) خريطة العالم للإدريسي

مع بدء عصر النهضة في أوروبا تم ترجمة الكتب العربية إلي اللغات الأوروبية ومن ثم انتقلت أسس الجغرافيا والخرائط التي سادت الحضارة الإسلامية إلي أوروبا، وبدأ العلماء في تحسين الخرائط القديمة وإضافة المعالم والمناطق الجغرافية التي لم تكن معروفة سابقا وتوالت ظهور الخرائط في الدول الأوروبية فيما بين عامي ١٤٢٥م و ١٤٦٠م. وظهرت الطباعة في هذه الفترة مما ساعد علي إنتاج مئات بل آلاف الخرائط بسهولة لم تكن معروفة فيما قبل حيث كانت الخرائط تعتمد علي الرسم اليدوي. ويعد "جيرار ميريكاتور" من أشهر علماء الكارتوجرافيا في أوروبا بعد بطليموس حيث صنع خريطة لأوروبا في عام ١٥٥٤م وأعقبها بنشر خريطته للعالم في عام ١٥٦٩م (٩٧٦ هـ) ثم ظهر الجزء الأول من الأطلس الذي قام بإعداده في عام ١٥٨٥م.

تميزت صناعة الخرائط مع بداية القرن التاسع عشر الميلادي بالدقة مع قيام الدول بإجراء عمليات مساحية منتظمة لقياس معالم سطح الأرض وخاصة في قارة أوروبا، مع بدء الحكومات في الاعتماد علي الخرائط في مجالات الإدارة والحكم وإدارة الموارد الطبيعية. يعد الاعتماد علي التصوير الجوي في إنشاء الخرائط من أهم أسباب تطور صناعة الخرائط في القرن العشرين حيث توفر الصور الجوية كما هائلا من البيانات المكانية في وقت سريع و بتكلفة مناسبة. وفي عام ١٨٩١م (١٣٠٨ هـ) ناقش المؤتمر الجغرافي الدولي الخامس أول فكرة إنشاء خرائط تغطي العالم كله بمقياس رسم ١ : ١،٠٠٠،٠٠٠ (لذلك سميت الخرائط المليونية) إلا أن المشروع لم يتم اعتماده وتحديد تفاصيله التنفيذية إلا في عام ١٩١٣م في المؤتمر الجغرافي الدولي في باريس بحضور ٣٤ دولة علي أن تقوم الجهة الحكومية المسئولة عن المساحة و الخرائط في كل دولة بتنفيذ وإعداد هذا النوع من الخرائط.

أما عن مدينة مكة المكرمة فقد ظهرت في خرائط بطليموس وتحديدا في الخريطة السادسة من خرائط قارة آسيا في كتابه "الجغرافيا". أما الخرائط الإسلامية – مثل الخريطة المأمونية للعالم التي وضعت في عهد الخليفة المأمون في القرن الثاني الهجري (التاسع الميلادي) – فقد اعتمدت علي وضع مكة المكرمة في مركز الخريطة احتراما لقدسيتها و موقعها في قلوب المسلمين. من أقدم الخرائط التفصيلية لمدينة مكة المكرمة خريطة الرحالة السويسري "بوركهارت" في عام ١٨١٤م (١٢٢٩ هـ) و الخريطة التي أنشأتها هيئة أركان الجيش العثماني في عام ١٨٨٠م (١٢٩٨ هـ) بمقياس رسم ١: ٢٠٠٠ وتمثل تفاصيل معالم المدينة المقدسة من شوارع و أزقة و مباني والقلاع العسكرية التي تحيط بالمدينة. وفي عام ١٩٦٤م (١٣٨٤ هـ) بدأ إنتاج الخرائط المعتمدة علي التصوير الجوي وتم إنتاج عدة خرائط بمقاييس رسم مختلفة للمدينة المقدسة. كما قامت الإدارة العامة للمساحة العسكرية بوزارة الدفاع والطيران ومنذ عام ١٩٨٥م (١٤٠٦ هـ) بتطوير عدة خرائط طبوغرافية لمكة المكرمة.

عام ١٤٨٢ م (٨٨٧ هـ)

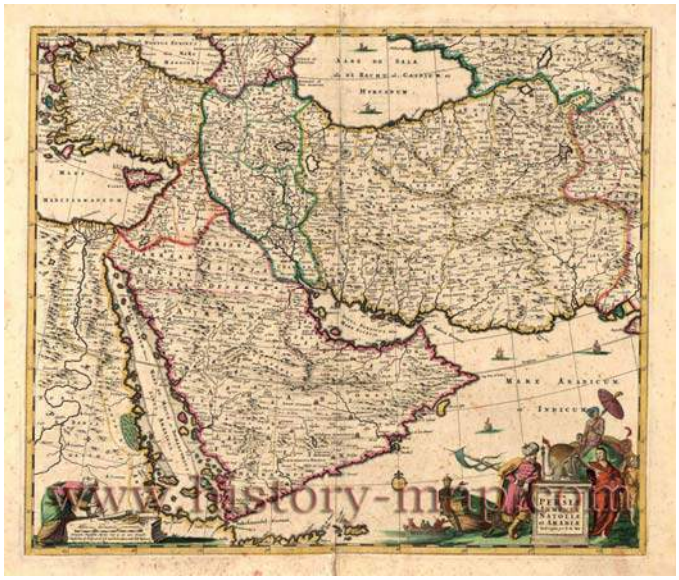
عام ١٥٦٥ م (٩٧٢ هـ)

عام ١٦٦٤ م (١٠٧٤ هـ)

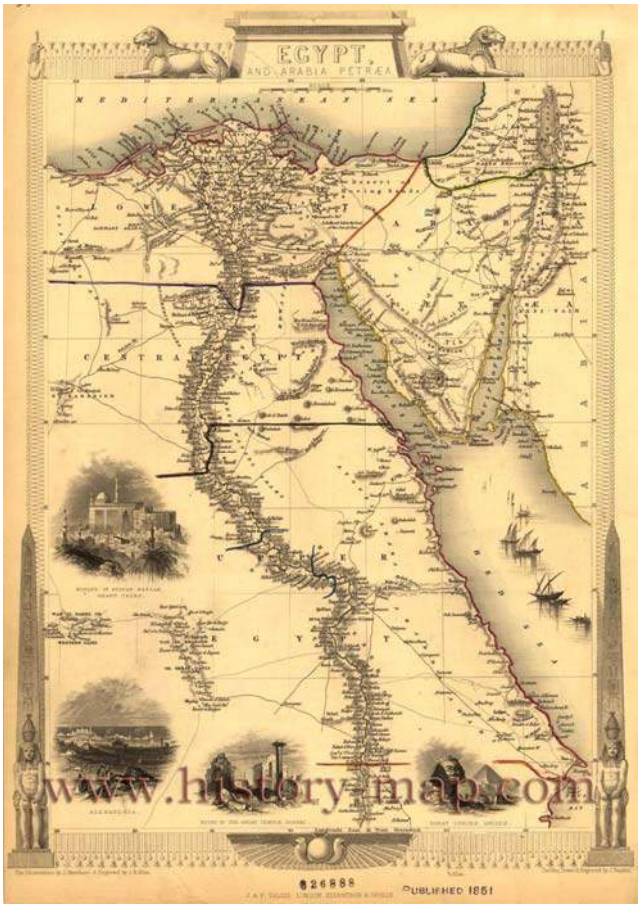
عام ١٧١٦ م (١١٢٨ هـ)

عام ١٨٠٨ م (١٢٢٣ هـ)

شكل (١-٦) نماذج للخرائط التاريخية للعالم

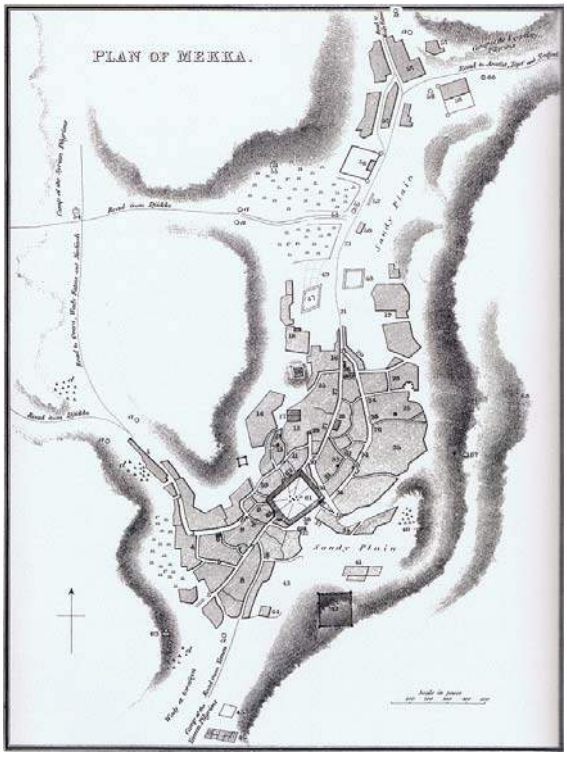


خريطة عام ١٦٦٦م (١٠٧٦ هـ) لشبة الجزيرة العربية



خريطة عام ١٨٥١ م (١٢٦٧ هـ) لمصر

شكل (١-٧) نماذج للخرائط التاريخية للعالم العربي



عام ١٨١٤ م (١٢٢٩ هـ)

عام ١٨٨٠ م (١٢٩٨ هـ)

شكل (١-٨) نماذج للخرائط التاريخية لمدينة مكة المكرمة

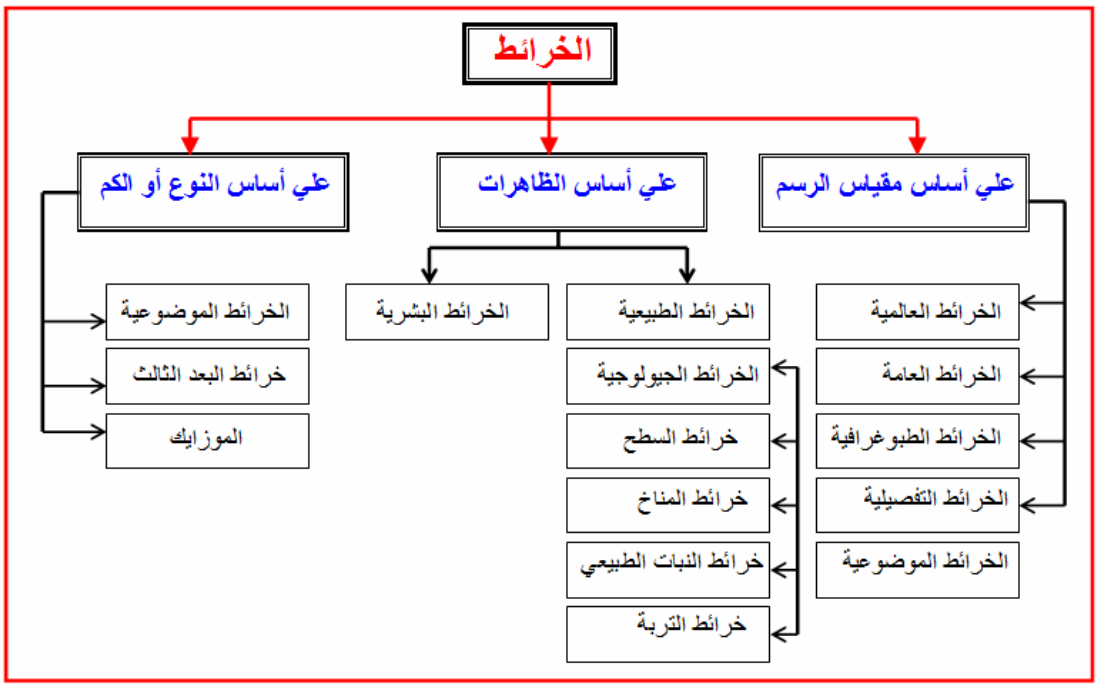
الفصل الثاني

أنواع وأساسيات الخرائط

تعد الخريطة من أهم الأدوات العلمية و التقنية للعاملين والمتخصصين في عدد كبير من المجالات تضم علي سبيل المثال المهندسين و الجغرافيين و المخططين. اكتسبت الخريطة أهميتها من كونها قاعدة بيانات ضخمة (مطبوعة كانت أو رقمية) لمنطقة جغرافية من سطح الأرض. من هنا فأن الإلمام بأنواع الخرائط و دراسة أساسياتها دراسة تفصيلية يعدا مطلبا جوهريا لكل من يتعامل معها.

٢-١ أنواع الخرائط

يختلف الكثيرون حول تصنيف أو تقسيم الخرائط إلي أنواع محددة وربما يرجع هذا الاختلاف إلي اختلاف وجهات النظر نحو الخريطة ذاتها طبقا لمستخدميها وطريقة التعامل معها. بصفة عامة يمكن تصنيف الخرائط بناءا علي عدة أسس: (١) التصنيف بناءا علي مقياس الرسم، (٢) التصنيف بناءا علي الظاهرات أو المعالم الموجودة في الخريطة (التصنيف بناءا علي الاستخدام)، (٣) التصنيف بناءا علي كيفية تمثيل الظاهرة إن كان تمثيلا نوعيا أو كميا.



شكل (٢-١) أنواع الخرائط

٢-١-١ أنواع الخرائط بناءا علي مقياس الرسم

لا يمكن تمثيل العالم أو جزء منه علي قطعة من الورق تمثيلا حقيقيا بنفس الأبعاد، ومن ثم فأن الخريطة تعرف علي أنها "تصغير" لسطح الأرض والمعالم الموجودة به. وتسمي نسبة التصغير هذه بمقياس الرسم والذي لا بد أن يكتب علي الخريطة حتى يمكن الاستفادة منها وإلا أصبحت الخريطة مجرد رسم كروكي. وبناءا علي قيمة مقياس الرسم يمكن تصنيف الخرائط إلي عدة أنواع:

(أ) الخرائط العالمية أو الأطالسية:

الخرائط التي تظهر مساحات كبيرة من سطح الأرض ولذلك فهي ذات مقياس رسم صغير (العلاقة عكسية بين مقياس الرسم و مساحة المنطقة الجغرافية الممثلة علي الخريطة). يكون مقياس رسم هذا النوع من الخرائط ١ : مليون (وهنا تسمي الخرائط المليونية) أو أكثر. وغالبا تستخدم هذه الخرائط في الأطالس والكتب المدرسية ووسائل الإيضاح حيث أنها لا تضم الكثير من التفاصيل.

(ب) الخرائط العامة أو الجغرافية:

الخرائط التي ترسم بمقياس رسم صغير يقل عن ١ ، ٥٠٠،٠٠٠ وبذلك فهي تسمح ببيان حيز مكاني كبير بهدف إعطاء صورة عامة للمكان وأهم ما يميزه من ظواهر كبري.

(ج) الخرائط الطبوغرافية:

الخرائط ذات مقياس الرسم المتوسط (يزيد عن ١ : ٥٠٠،٠٠٠ و لا يقل عن ١ ، ٢٥،٠٠٠) مما يجعلها تظهر حيزا مكانيا أصغر من الخرائط العامة وتسمح أيضا بظهور بعض التفاصيل المكانية مثل القرى و المدن و طرق المواصلات والبحيرات و الغابات و الجزر. يري البعض أن أنسب مقياس رسم للخرائط الطبوغرافية هو ١ ، ٥٠،٠٠٠

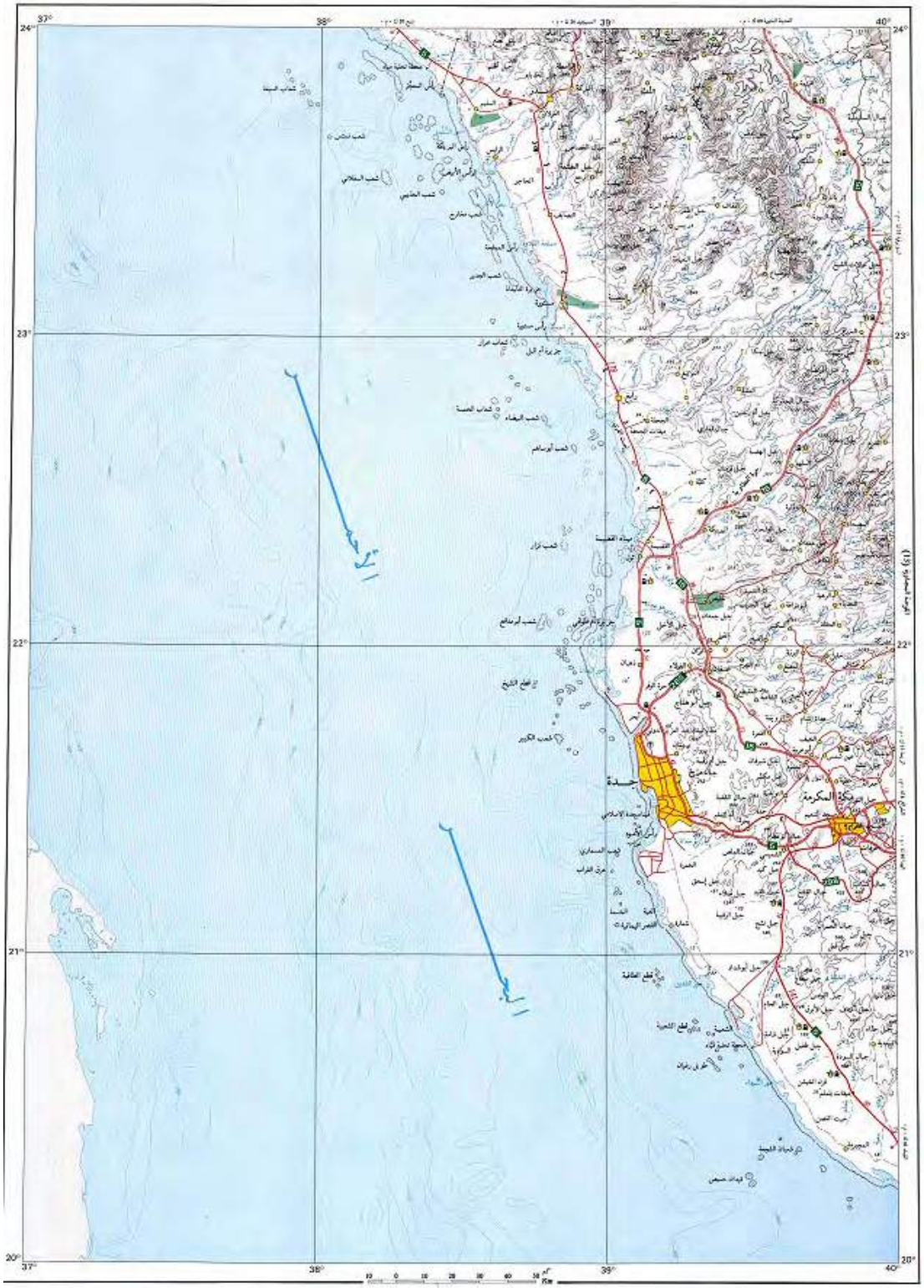
(د) الخرائط التفصيلية أو الكادسترالية:

الخرائط ذات مقياس الرسم الكبير (يزيد عن ١ : ١٠،٠٠٠) وبالتالي فهي تسمح بإظهار التفاصيل داخل حيز مكاني محدود المساحة. تنقسم الخرائط التفصيلية إلي نوعين: (١) الخرائط التفصيلية الزراعية (وتسمي في مصر بخرائط فك الزمام) ويكون مقياس رسمها غالبا ١ : ٢٥٠٠ وتهدف لبيان ملكيات و حدود قطع الأراضي في المناطق الريفية، و(٢) الخرائط التفصيلية المدنية (وتسمي في مصر بخرائط تفريد المدن) ويكون مقياس رسمها أكبر من ١ : ٥٠٠ وهي التي تظهر المظاهر الحضرية داخل المدن مثل المباني و الشوارع و خطوط المواصلات و المقابر.

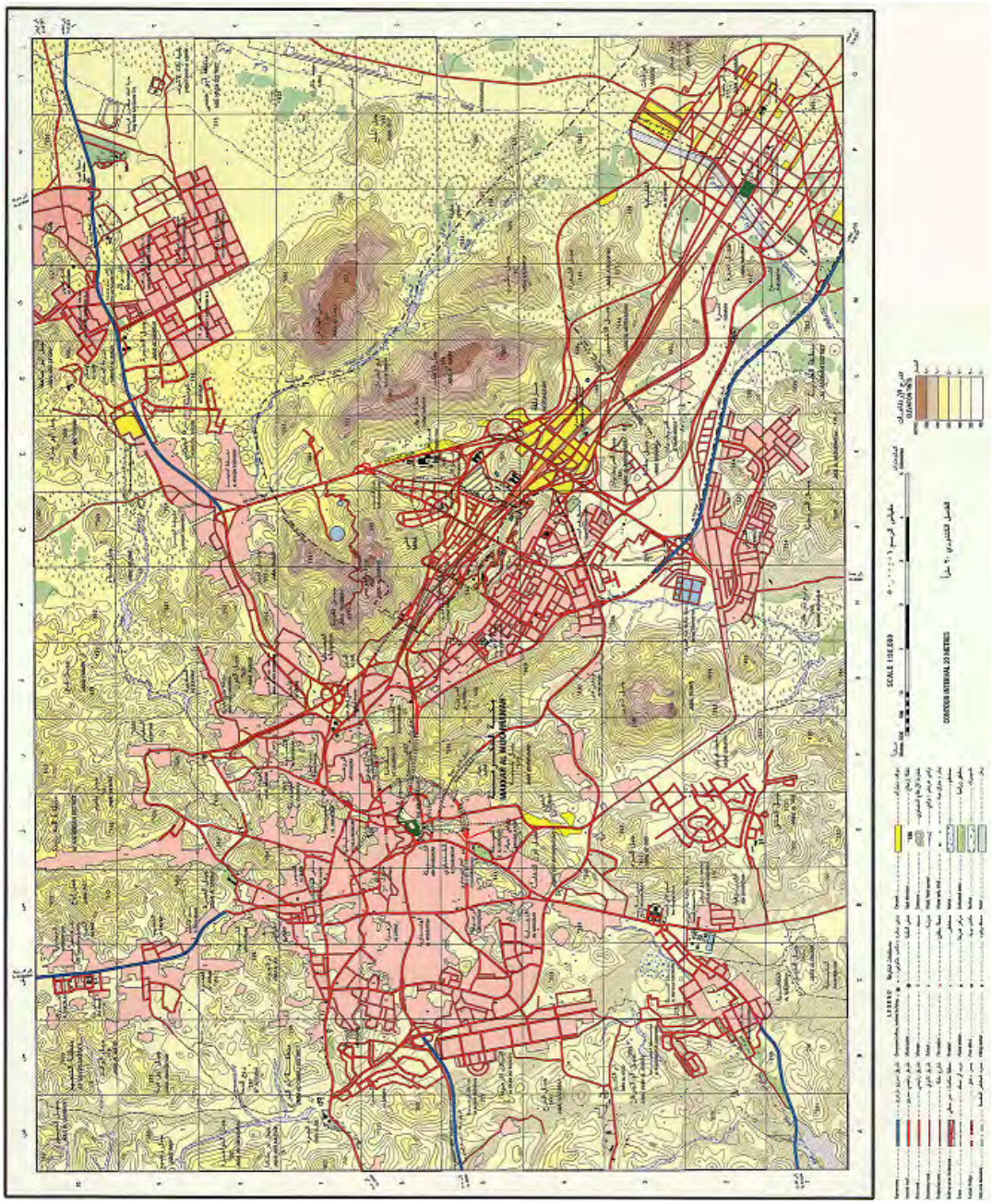
(ذ) الخرائط الموضوعية:

الخرائط التي تهتم بإبراز موضوع واحد (ظاهرة محددة) علي الخريطة، وقد يكون موضوع الخريطة ظاهرة طبيعية أو بشرية. لا يوجد مقياس رسم محدد لهذه الخرائط إنما يعتمد اختيار مقياس رسمها علي مساحة المنطقة الجغرافية الممثلة علي الخريطة.

شكل (٢-٢) خريطة أطالسية للمملكة العربية السعودية بمقياس رسم ١ : ٤،٠٠٠،٠٠٠



شكل (٢-٣) خريطة مليونية لجنوب غرب المملكة العربية السعودية



شكل (٢-٤) خريطة طبوغرافية لمدينة مكة المكرمة بمقياس رسم ١ : ٥٠،٠٠٠

٢-١-٢ أنواع الخرائط بناءا على نوع الظاهرات

يمكن تقسيم الخرائط بناءا علي محتواها و الظواهر الممثلة بها (وأيضا بناءا علي الغرض الذي أنشئت الخريطة من أجله) إلي قسمين رئيسين وهما الخرائط الطبيعية و الخرائط البشرية.

تتناول **الخرائط الطبيعية** تمثيل المظاهر الطبيعية في بقعة جغرافية محددة وتشمل الخرائط التالية:

١. الخرائط الجيولوجية: توضح أنواع الصخور و أعمارها و طبيعة التكوينات الصخرية، وتمثل الخرائط الجيولوجية أساسا لفهم سطح الأرض ويتم استخدامها في الدراسات المتعلقة بالثروة المعدنية و مصادر الطاقة و مصادر المياه الجوفية وأيضا في إقامة المشروعات الهندسية المختلفة.

٢. الخرائط الكنتورية أو خرائط السطح: توضح الارتفاعات والانخفاضات في سطح الأرض وطبيعة الانحدارات والميول. تعد الخريطة الكنتورية من أهم أنواع الخرائط المستخدمة في إنشاء المشروعات الهندسية من طرق و جسور و سكك حديدية و شبكات الري و الصرف.

٣. الخرائط المناخية: الخرائط التي توضح عناصر المناخ المختلفة من حرارة و ضغط و رياح و أمطار وكذلك الخرائط التي تمثل الأقاليم المناخية المختلفة.

٤. الخرائط النباتية: توضح الأنماط النباتية المختلفة كالحشائش بأنواعها و الغابات، وتعرف هذه الخرائط أيضا باسم خرائط الأقاليم النباتية.

٥. خرائط التربة: تظهر الأنواع المختلفة للتربة في حيز مكاني معين.

تهتم **الخرائط البشرية** في الأساس بدراسة السكان من حيث العدد و النوع و التطور و التوزيع وأوجه نشاطهم المختلفة وكل الظواهر التي نتجت من فعل الإنسان. ومن أمثلة هذه الخرائط:

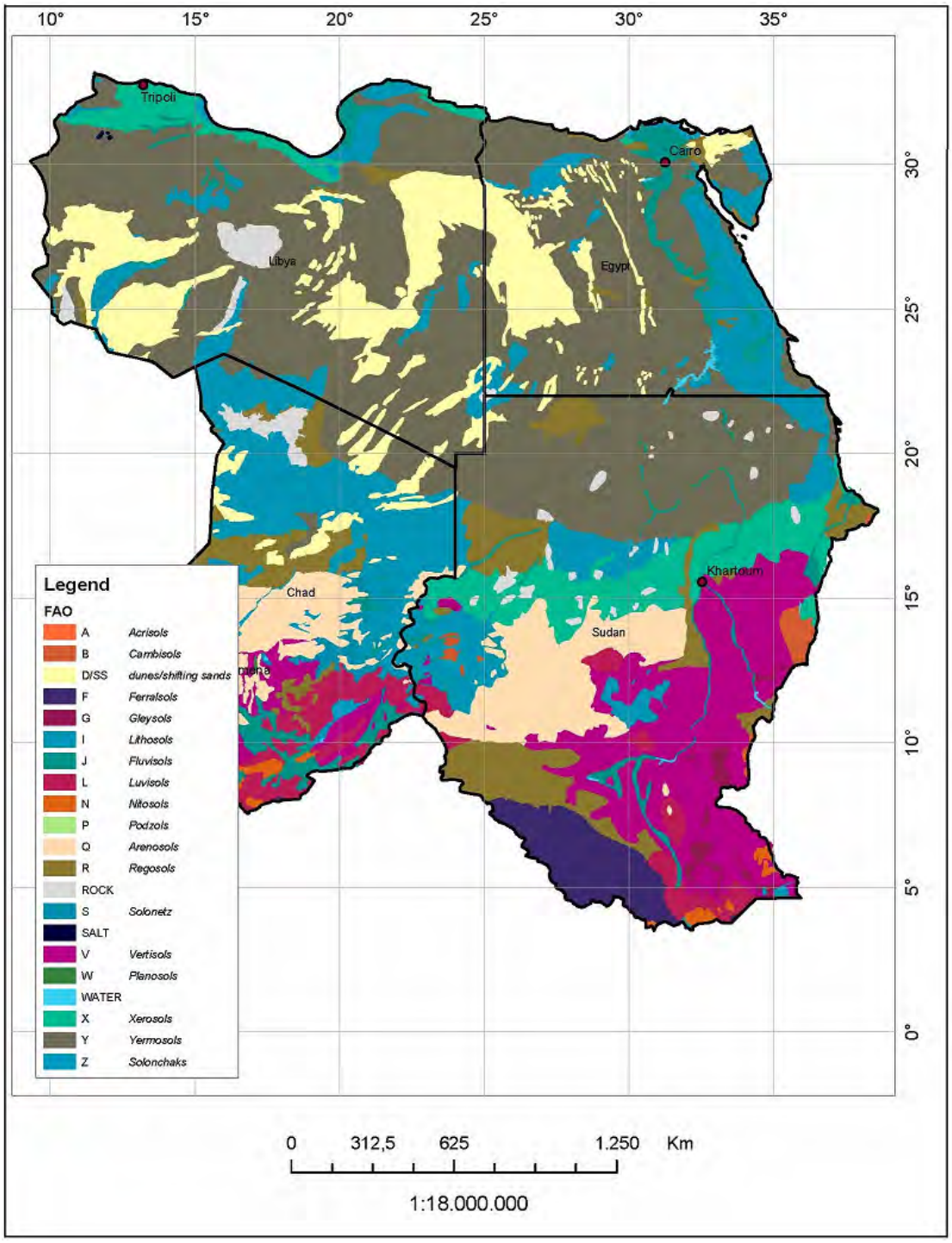
١. خرائط استعمالات الأراضي: تمثل أهم أنواع الخرائط البشرية إذ أنها تبين الاستخدامات الفعلية للأراضي سواء الزراعية أو الصناعية أو الخدمية ...الخ.

٢. الخرائط الإدارية: تظهر الحدود الإدارية علي اختلاف أنواعها سواء كانت لمحافظات أو مدن أو أحياء.

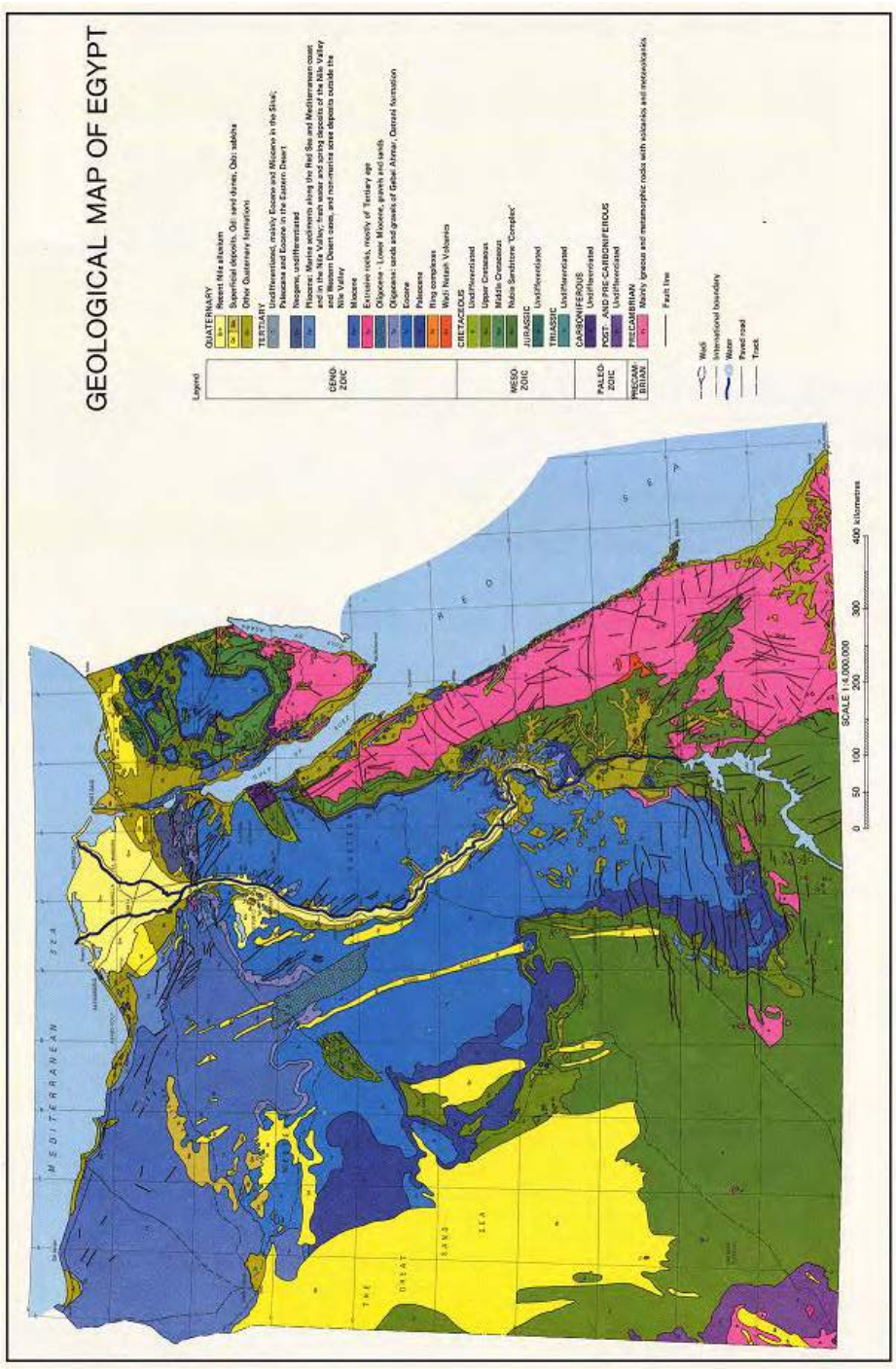
٣. خرائط السكان: توضح الظاهرات السكانية المتعددة مثل التوزيع و النمو و الهجرة و التركيب السكاني.

٤. الخرائط الاقتصادية: منها الخرائط الزراعية والخرائط الصناعية و الخرائط التعدينية وخرائط النقل و المواصلات.

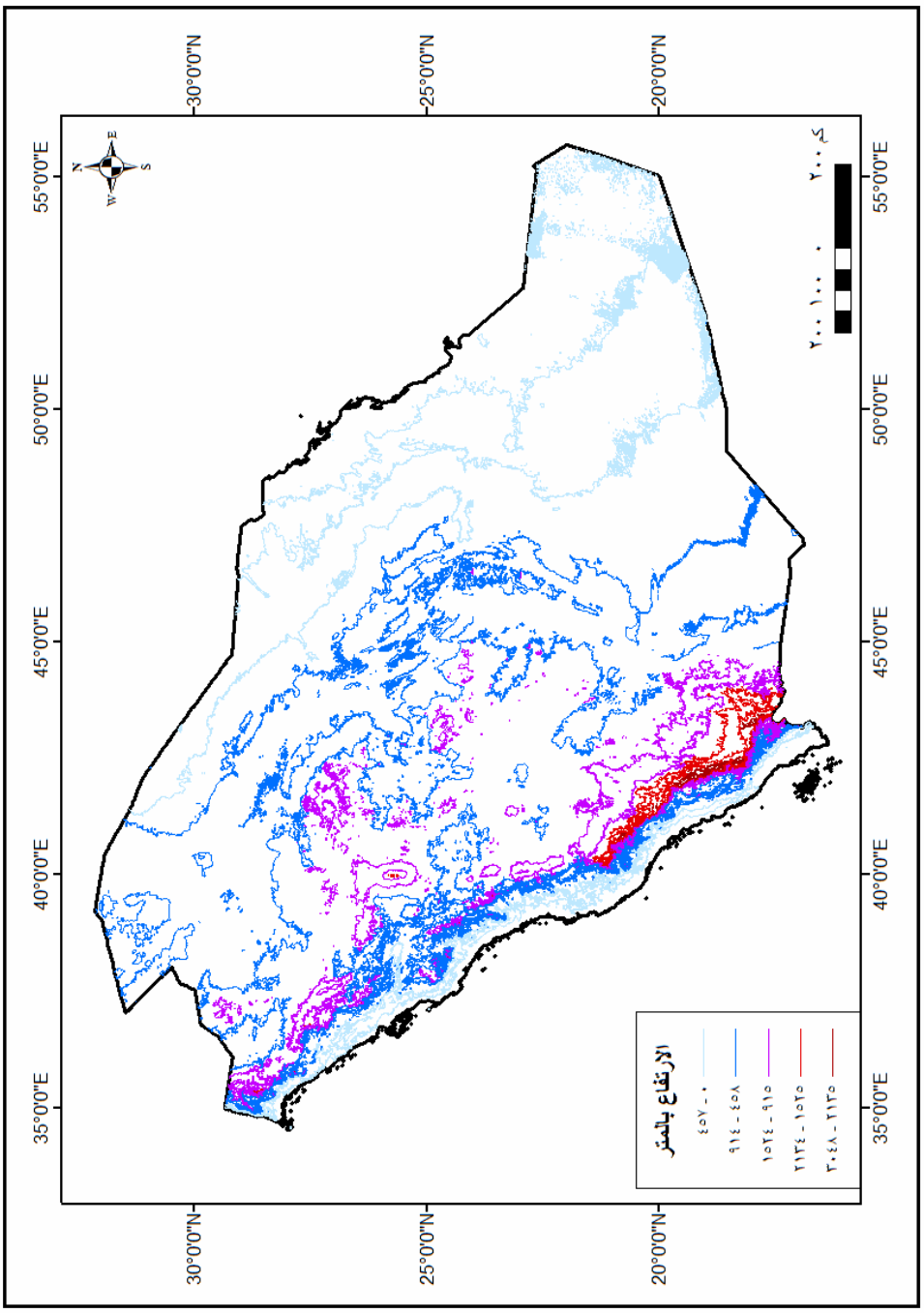
٥. الخرائط السياسية: توضح الوحدات السياسية (الدول) والأقاليم و الاتحادات و الكتل السياسية والاندماجات والقوي السياسية و المياه الإقليمية و الحدود الدولية.



شكل (٢-٥) خريطة تربة لشمال شرق أفريقيا



شكل (٢-٦) خريطة جيولوجية لمصر



شكل (٢-٧) خريطة كنتورية للمملكة العربية السعودية

٢-١-٣ أنواع الخرائط بناءا على أساس النوع أو الكم

(أ) الخرائط الموضوعية:

تهتم الخرائط الموضوعية (أو الخرائط الخاصة) بتمثيل الظواهر الطبيعية و البشرية إما بأسلوب نوعي أو أسلوب كمي. إن كان الهدف من تمثيل الظاهرة هو إبراز أنواعها المختلفة وتوزيعاتها المكانية فتسمي الخريطة الموضوعية النوعية. أما في حالة كون الخريطة توضح نوع و حجم (قيمة) الظاهرة وتوزيعاتها المكانية فتسمي الخريطة الموضوعية الكمية. أيضا تسمي الخرائط الموضوعية الكمية باسم الخرائط الموضوعية الإحصائية حيث أنها تعتمد علي الطرق الإحصائية لتمثيل البيانات العددية علي الخريطة، ولا يحتاج هذا النوع من الخرائط إظهار الكثير من البيانات الطبيعية أو المكانية (مثل الأنهار و شبكه الطرق و المواصلات) علي الخريطة حيث ينصب الاهتمام هنا علي الاختلافات الكمية للظاهرة.

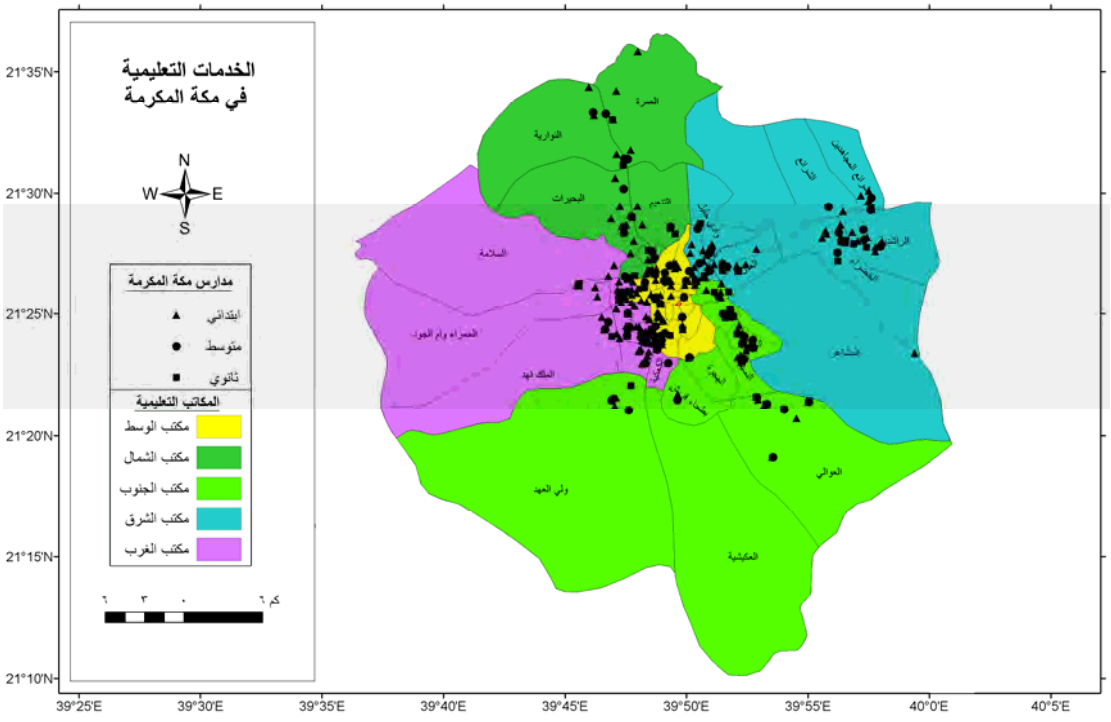
تشمل الخرائط النوعية عددا كبيرا من الأنواع – بناءا علي نوع الرموز المستخدمة في تمثيل الظاهرات – ومنها: خرائط الكوروبلث (للتوزيع الكمي) وخرائط الظلال أو خرائط الألوان (للتوزيع النوعي) وخرائط النقاط وخرائط الدوائر النسبية و خرائط الأعمدة البيانية وخرائط خطوط التساوي.

(ب) خرائط البعد الثالث 3D أو خرائط المجسمات:

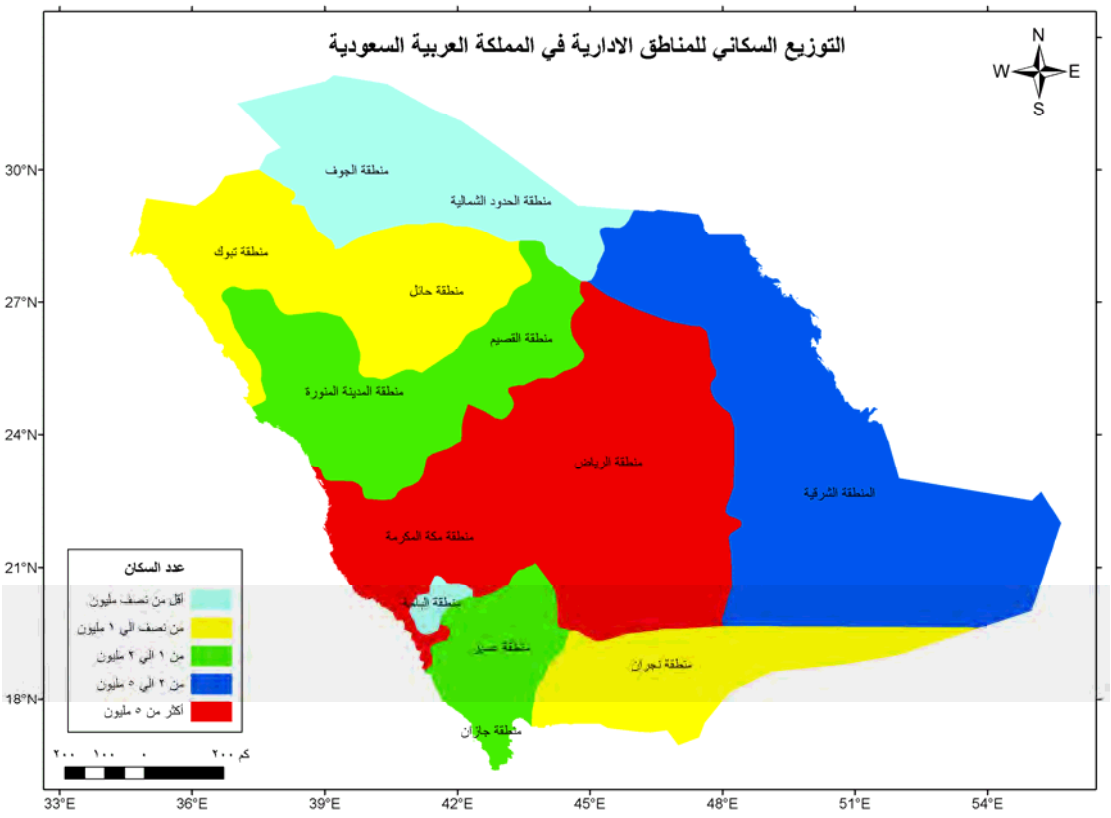
حيث يتم تمثيل سطح الأرض بأبعاده الثلاثة في صورة مجسمة. حاليا أصبح هذا النوع من الخرائط شائع الاستخدام خاصة مع انتشار برامج الكمبيوتر المتخصصة في إنتاجه (مثل برنامج Surfer وبرنامج Global Mapper).

(ج) الموزايك أو الفسيفساء:

تجميع مجموعة من الصور الجوية أو المرئيات الفضائية معا في صورة واحدة تغطي منطقة جغرافية كبيرة وتظهر تفاصيل معالمها المكانية. فإذا أضفنا إلي هذه الصورة المجمعة بعض المعلومات غير المكانية (مثل أسماء الشوارع وأسماء المعالم المهمة بالمنطقة) فيطلق عليها أسم الخريطة المصورة العمودية Ortho Map.



شكل (٢-٨) خريطة موضوعية نوعية

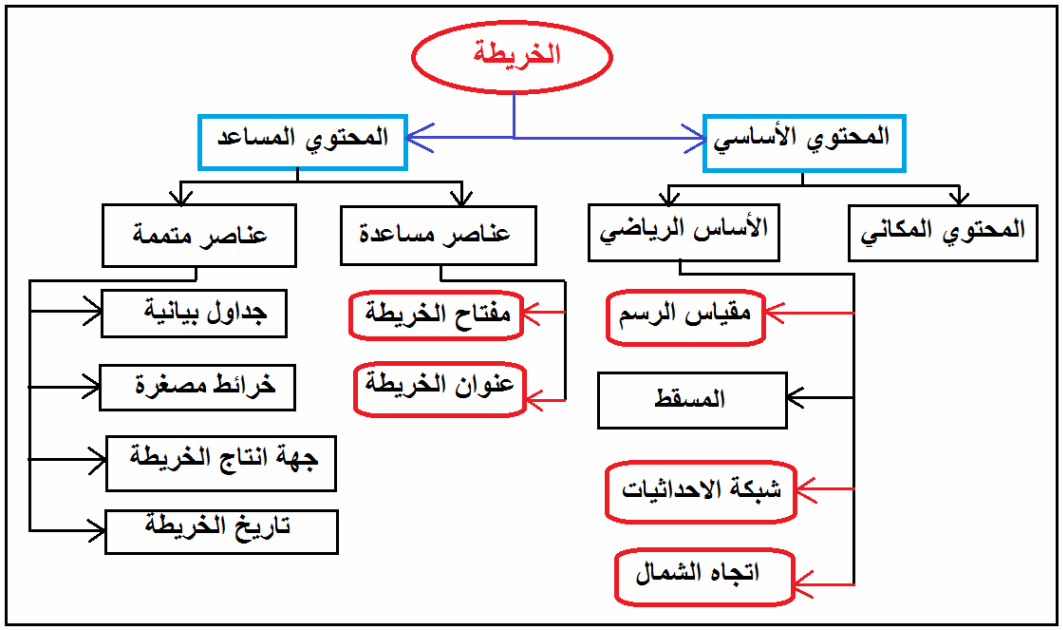


شكل (٢-٩) خريطة موضوعية كمية

٢-٢ أساسيات الخريطة

يمكن تقسيم محتويات الخريطة إلي قسمين: محتوي أساسي و محتوي المساعد. يضم المحتوي الأساسي للخريطة (١) المحتوي المكاني أو الجغرافي والذي يظهر المعالم و الظاهرات الجغرافية في المنطقة الممثلة علي الخريطة، (٢) الأساس الرياضي الذي بنيت عليه الخريطة. تشمل عناصر الأساس الرياضي للخريطة كلا من مقياس رسم الخريطة و المسقط (طريقة تحويل السطح الكروي للأرض إلي سطح مستوي علي الخريطة) و شبكة الإحداثيات وأيضا اتجاه الشمال الذي من خلاله يمكن توجيه الخريطة جغرافيا. أما المحتوي المساعد للخريطة (الذي يساعدنا في قراءة الخريطة و تفسيرها و استخدامها) فينقسم إلي جزأين أيضا وهما العناصر المساعدة مثل مفتاح و عنوان الخريطة و العناصر المتممة مثل اظهر بعض الجداول البيانية الإحصائية و إظهار خريطة مصغرة تحدد موقع هذه البقعة الجغرافية الظاهرة علي الخريطة في منظور جغرافي أوسع وأيضا بيانات تاريخ إنتاج الخريطة و الجهة التي أصدرتها.

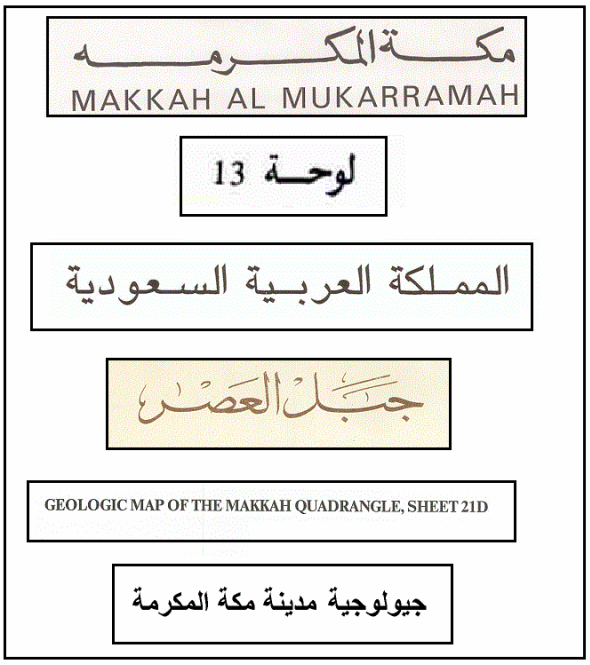
تتكون أساسيات الخريطة من **خمسة عناصر** هم: مقياس الرسم ، اتجاه الشمال ، شبكة الإحداثيات ، مفتاح (أو دليل) الخريطة ، عنوان الخريطة. قد يري البعض أن اتجاه الشمال من الممكن ألا يعد من أساسيات الخريطة حيث يمكن بسهولة استنتاجه من شبكة إحداثيات الخريطة.



شكل (٢-١٠) محتويات الخريطة

٢-٢-١ عنوان الخريطة

كما أن لكل كتاب عنوان فأن كل خريطة يجب أن تحمل عنوانا يعد هو البوابة الرئيسية لها وهو الذي يدل علي موضوع أو محتوي الخريطة. قد يحمل عنوان الخريطة أسم الإقليم الذي تغطيه أو أسم أهم مركز عمراني بها أو أسم الظاهرة الممثلة بالخريطة أو رقم الخريطة. يجب أن يتم اختيار عنوان الخريطة بحيث يوضح الغرض الذي من أجله أنشأت هذه الخريطة بصورة واضحة و مختصرة، وأن يكون بخط و حجم واضح للقراءة بسهولة. جرت العادة أن يوضع عنوان الخريطة في الجزء العلوي منها وغالبا يكون في منتصف الخريطة.



شكل (٢-١١) أمثلة لعنوان الخريطة

٢-٢-٢ اتجاه الشمال

يعد اتجاه الشمال عنصرا أساسيا من عناصر الخريطة وخاصة لتوجيه الخريطة في الموقع والتعرف علي الظاهرات الميدانية والعلاقات المكانية بينهم.

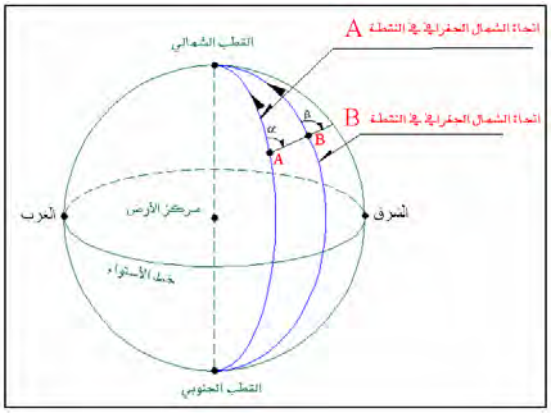
أتفق العاملون بالمساحة والخرائط منذ مئات السنين علي اعتبار اتجاه الشمال هو الاتجاه المرجعي Reference Direction عند قياس الاتجاهات في الطبيعة وأيضا في الخريطة. لكن يوجد نوعين من أنواع اتجاه الشمال:

(أ) الشمال المغناطيسي Magnetic Meridian :

هو الاتجاه الذي تحدده أبره مغناطيسية حركة الحركة كاملة الاتزان وليست تحت أي تأثير مغناطيسي محلي. فإذا تركت هذه الإبرة حركة الحركة (دون أية عوامل تؤثر عليها) فأنها ستتجه ناحية اتجاه الشمال الذي يطلق عليه أسم الشمال المغناطيسي. وهذه هي الفكرة التي بنيت عليها أجهزة البوصلة المغناطيسية التي يمكن استخدامها في الطبيعة لتحديد اتجاه الشمال. لكن أهم مشاكل الشمال المغناطيسي أنه غير ثابت (غير متوازي عند مجموعة من النقاط) بل أنه يتغير عند نفس النقطة من عام لآخر.

(ب) الشمال الجغرافي Geographic or True Meridian:

هو الاتجاه أو الخط الواصل بين أي نقطة وكلا القطبين الشمالي و الجنوبي للأرض. الشمال الحقيقي هو اتجاه ثابت غير متغير ويتم تحديده من خلال الأرصاد و القياسات الفلكية ، وحيث أنه ثابت وغير متغير فهو المستخدم في إنشاء الخرائط.



شكل (٢-١٢) اتجاه الشمال

زاوية الاختلاف Declination Angle:

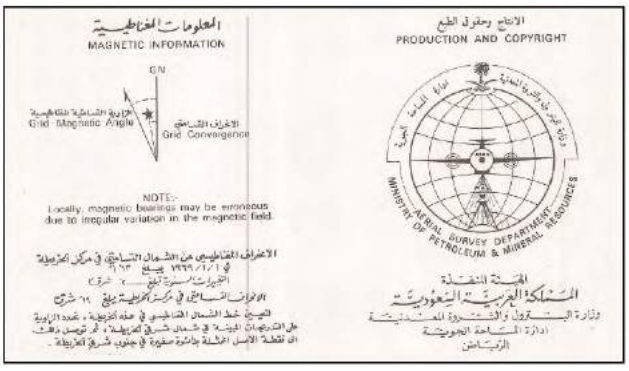
يطلق أسم زاوية الاختلاف علي الزاوية المحصورة بين اتجاهي الشمال المغناطيسي و الجغرافي عند نقطة معينة في زمن معين. فإذا كان الشمال المغناطيسي شرق الشمال الجغرافي فتكون إشارة زاوية الاختلاف موجبه ، وإذا كان الشمال المغناطيسي غرب الشمال الجغرافي فتكون إشارة زاوية الاختلاف سالبة:

الانحراف الجغرافي = الانحراف المغناطيسي ± زاوية الاختلاف (٢-١)

حيث:

+ إن كانت زاوية الاختلاف شرقا
- إن كانت زاوية الاختلاف غربا

وغالبا توضع زاوية الاختلاف علي الخريطة لتحدد قيمتها و اتجاهها عند إنشاء الخريطة:



شكل (٢-١٣) مثال لمعلومات زاوية الاختلاف علي خريطة

تتغير زاوية الاختلاف بطريقة منتظمة في عدة دورات علي مدار : (أ) تغير كل ٣٠٠ سنة تقريبا ، (ب) تغير سنوي ، (ج) تغير يومي.

مثال:

تم قياس الانحراف المغناطيسي لخط في عام ١٩٩٤م ووجد أنه يبلغ ٣٠' ٥٤° ووجد أن زاوية الاختلاف في عام ١٩٩٠م تبلغ ٣٠' ١٧° شرقا وتتغير سنويا بمعدل ٣' للغرب. أحسب الانحراف الحقيقي لهذا الخط؟

بما أن زاوية الاختلاف للشرق فتجمع قيمتها ، بينما تطرح قيمة التغير السنوي لأنه للغرب:

الانحراف الحقيقي = ٣٠' ٥٤° + [٣٠' ١٧° - (٣' × ٤ سنوات)]
= ٣٠' ٥٤° + [٣٠' ١٧° - ١٢']
= ٣٠' ٥٤° + [١٨' ١٧°]
= ٤٨' ٧١°

يمكن معرفة قيمة زاوية الاختلاف من خلال مواقع بعض الجهات المتخصصة علي شبكة الانترنت مثل موقع الوكالة الأمريكية للمحيطات والمناخ المعروفة باسم NOAA في الرابط التالي:

http://www.ngdc.noaa.gov/geomagmodels/Declination.jsp

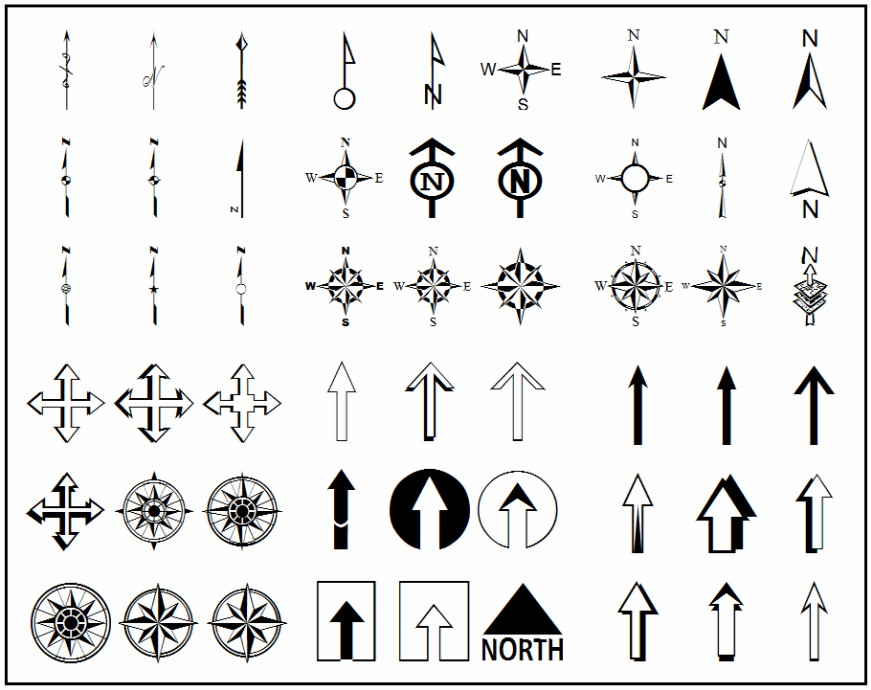
القيم التالية تمثل زوايا الاختلاف لبعض المواقع في يوم ١/١/ ٢٠١٢ م:

المدينة	الموقع الجغرافي التقريبي		زاوية الاختلاف
	خط الطول	دائرة العرض	
مكة المكرمة	٣٩.٨٢٥° شرقا	٢١.٤٢٦° شمالا	١٥ '٠٢° غربا
المدينة المنورة	٣٩.٦١١° شرقا	٢٤.٤٥٦° شمالا	١٤ '٢٩° غربا
القاهرة	٣١.٢٢٩° شرقا	٣٠.٠٥٨° شمالا	١١ '١٥° غربا

(ج) الشمال الاختياري أو المفروض Arbitrary or Assumed Meridian:

في حالة عدم معرفة الراصد في الطبيعة لأيا من اتجاهي الشمال المغناطيسي أو الجغرافي فأنه يقوم بافتراض اتجاه شمال لكي يبدأ منه أعمال القياس المساحي (غالبا يكون اتجاه أحد خطوط العمل المساحي) كاتجاه مرجعي مفروض لهذا العمل. ولاحقا قد يتمكن الراصد من معرفة العلاقة بين هذا الشمال الاختياري والشمال الحقيقي ومن ثم يقوم بتصحيح قياساته لينسبها إلي اتجاه الشمال الحقيقي.

توجد عدة أشكال لاتجاه (أو سهم) الشمال علي الخرائط وغالبا يوضع اتجاه الشمال في أعلي الخريطة سواء علي اليمين أو اليسار.



شكل (٢-١٤) أمثلة لاتجاه الشمال

٢-٢-٣ مقياس الرسم Scale

يستحيل رسم أي موقع علي سطح الأرض بنفس أبعاده علي مساحة مماثلة من الورق (الخريطة) ولذلك فأن أبسط تعريف للخريطة هو أنها صورة مصغرة لسطح الأرض. نسبة التصغير هذه هي التي تسمي "مقياس الرسم" أي أنه نسبة بين ما يتم رسمه علي الخريطة وما يمثله علي سطح الأرض. يعرف مقياس الرسم علي أنه النسبة العددية الثابتة بين أي بعد مقاس علي الخريطة و نفس البعد مقاسا في الطبيعة. فمثلا إذا كان لدينا طريق مرسوم علي الخريطة كخط طوله ٠.٢ متر بينما هذا الطريق في الطبيعة يبلغ طوله ٣٠٠٠ متر، فأن مقياس الرسم يكون: ٠.٢ / ٣٠٠٠ أو ٠.٢ : ٣٠٠٠ أي أن كل ٠.٢ متر علي الخريطة تمثل ٣٠٠٠ متر في الطبيعة. نلاحظ أن مقياس الرسم ليس له وحدات معينة ويرجع ذلك إلي أنه مجرد "نسبة". ففي المثال السابق يمكن أن نقول أن كل ٠.٢ متر علي الخريطة تمثل ٣٠٠٠ متر في الطبيعة، وأيضا يمكن أن نقول أن كل ٠.٢ سنتيمتر علي الخريطة تمثل ٣٠٠٠ سنتيمتر في الطبيعة. وبصفة عامة نقول أن مقياس الرسم – هذا - يعني أن كل ٠.٢ وحدة علي الخريطة يقابلها ٣٠٠٠ وحدة في الطبيعة. جرت العادة علي أن تكون قيمة البسط في مقياس الرسم تساوي الواحد حتى يسهل فهم مقياس الرسم والتعامل معه، فمثلا بدلا من المقياس ٠.٢/٣٠٠٠ نستخدم الصورة ١/١٥٠٠٠.

تتمثل أهم فوائد مقياس الرسم علي الخريطة في إمكانية قياس أي مسافة (أو مساحة) علي الخريطة (بالمسطرة) ثم استخدام مقياس الرسم في معرفة الطول الحقيقي لهذه المسافة في الطبيعة. كما يمكننا مقياس الرسم – في حالة قياسنا طول أي ظاهرة في الطبيعة - أن نحسب طول هذه الظاهرة علي الخريطة لكي نقوم برسمها.

مثال ١:

قيس طول خط علي خريطة مقياس رسمها ١ : ١٠،٠٠٠ فبلغ طوله ٤.٦ سنتيمتر. أحسب الطول الحقيقي لهذا الخط علي الطبيعة؟

طالما أن مقياس رسم الخريطة هو ١ : ١٠،٠٠٠ فهذا يدل علي أن:

كل ١ وحدة علي الخريطة = ١٠،٠٠٠ وحدة في الطبيعة

وبذلك يمكننا القول أن:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠،٠٠٠ سنتيمتر في الطبيعة

لكننا في الطبيعة نقيس المسافات بالأمتار أو بالكيلومترات وليس بالسنتيمتر، وحيث أن المتر = ١٠٠ سنتيمتر فيمكننا إعادة كتابة المعادلة السابقة بصورة أخري:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠٠ متر في الطبيعة

الآن نسأل أنفسنا: إذا كان لدينا خط طوله ٤.٦ سنتيمتر علي الخريطة فماذا سيكون طوله الحقيقي في الطبيعة؟

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠٠ متر في الطبيعة
٤.٦ سنتيمتر علي الخريطة = ؟ متر في الطبيعة

الطول الحقيقي = ٤.٦ × ١٠٠ ÷ ١ = ٤٦٠ متر

مثال ٢:

إذا كان طول الطريق من مكة المكرمة إلي المدينة المنورة ٤١٠ كيلومتر، كم سيكون طوله علي خريطة مقياس رسمها ١ : ١٠٠٠،٠٠٠ (خريطة مليونية)؟

طالما أن مقياس رسم الخريطة هو ١ : ١٠٠٠،٠٠٠ فهذا يدل علي أن:

كل ١ وحدة علي الخريطة = ١٠٠٠،٠٠٠ وحدة في الطبيعة

وبذلك يمكننا القول أن:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠٠٠،٠٠٠ سنتيمتر في الطبيعة

وحيث أن الكيلومتر = ١٠٠،٠٠٠ سنتيمتر (أي أن مليون سنتيمتر = ١٠٠٠،٠٠٠ ÷ ١٠٠،٠٠٠ = ١٠ كيلومتر) فيمكننا إعادة كتابة المعادلة السابقة بصورة أخري:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠ كيلومتر في الطبيعة

الآن نسأل أنفسنا: إذا كان لدينا طريق طوله ٤١٠ كيلومتر في الطبيعة فماذا سيكون طوله عند رسمه علي الخريطة؟

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠ كيلومتر في الطبيعة
؟ سنتيمتر علي الخريطة = ٤١٠ كيلومتر في الطبيعة

الطول علي الخريطة = ٤١٠ × ١ ÷ ١٠ = ٤١ سنتيمتر

تختلف مقاييس الرسم طبقا للهدف من رسم الخريطة ذاتها وأيضا مساحة المنطقة المكانية (الجغرافية) التي توضحها الخريطة ومساحة الورقة التي سترسم عليها الخريطة. كمثال اذا كان لدينا قطعة أرض تبلغ أبعادها ٥٠٠ × ٢٠٠ متر ونريد أن نرسمها علي قطعة ورق أبعادها ٥٠ × ١٠٠ سنتيمتر، فما هو مقياس الرسم المناسب لرسم الخريطة علما بأننا سنترك هامش حوالي ٢ سنتيمتر في كل جوانب الورقة؟

صافي أبعاد الورقة = (٥٠-٤) ، (١٠٠ -٤) = ٤٦ × ٩٦ سنتيمتر

مقياس الرسم الطولي = ٩٦ سم / (٥٠٠ × ١٠٠) سم = ١ / ٥٢١

مقياس الرسم العرضي = ٤٦ سم / (٢٠٠ × ١٠٠) سم = ١ / ٤٣٤

بما أن مقياس الرسم يجب أن يكون ثابتا للخريطة كلها فأن المقياس ١ : ٥٢١ هو الذي سيسمح برسم قطعة الأرض في حدود الورقة المتاحة (حيث أنه المقياس الأصغر). لكن هذا المقياس غير شائع الاستخدام بالإضافة لصعوبة العمليات الحسابية له عند توقيع الأبعاد، لذلك نلجأ لأقرب مقياس شائع و متداول وهو ١ : ٥٠٠.

٢-٢-٣-١ أنواع مقاييس الرسم

تصنف مقاييس إلي نوعين أساسين هما المقاييس الكتابية و المقاييس الخطية.

مقاييس الرسم الكتابية Numerical Scale:

يتم كتابة مقياس الرسم مباشرة كنص علي الخريطة، ومع أن هذه الطريقة أسهل في تحديد (معرفة) مقياس رسم الخريطة بسرعة إلا أنها تتأثر بعمليات تكبير أو تصغير الخريطة. فمثلا إذا تم كتابة مقياس الرسم نص " ١ : ١٠٠٠ " علي خريطة ثم قمنا بتكبير هذه الخريطة فأن هذا النص سيظل كما هو علي الخريطة ولن يتغير، وبالتالي سيصبح مقياسا خاطئا علي الخريطة المكبرة. كما أن المقاييس الكتابية تزيد من صعوبة تحويل الطول علي الخريطة إلي ما يقابله في الطبيعة لأنها تتطلب عملية حسابية (بعكس مقاييس الرسم الخطية). لذلك فمن الأفضل عدم الاكتفاء بوضع مقياس رسم كتابي فقط علي الخريطة وإنما وضع كلا نوعي مقاييس الرسم (أو الاكتفاء بالمقياس الخطي).

تكتب مقاييس الرسم الكتابية في عدة صور منها:

الصورة المباشرة: سنتيمتر لكل ١٠٠٠ متر
الصورة الكسرية: ١ / ١٠٠٠
الصورة النسبية: ١ : ١٠٠٠

يمكن معرفة بعض خصائص مقاييس الرسم الشهيرة وما تمثله من وحدات من الجدول التالي:

مقياس الرسم	١ سنتيمتر علي الخريطة يمثل في الطبيعة	١ كيلومتر في الطبيعة يمثل علي الخريطة
١ : ١،٠٠٠،٠٠٠	١٠ كيلومتر	٠.١ سنتيمتر
١ : ٥٠٠،٠٠٠	٥ كيلومتر	٠.٢ سنتيمتر
١ : ٢٥٠،٠٠٠	٢.٥ كيلومتر	٠.٤ سنتيمتر
١ : ١٠٠،٠٠٠	١ كيلومتر	١ سنتيمتر
١ : ٥٠،٠٠٠	٠.٥ كيلومتر	٢ سنتيمتر
١ : ٢٥،٠٠٠	٠.٢٥ كيلومتر	٤ سنتيمتر
١ : ١٠،٠٠٠	٠.١ كيلومتر	١٠ سنتيمتر
١ : ٥،٠٠٠	٥٠ متر	٢٠ سنتيمتر
١ : ٢٥٠٠	٢٥ متر	٤٠ سنتيمتر

مقاييس الرسم الخطية (البيانية) Graphical Scale:

في هذا النوع يبدو مقياس الرسم في شكل خط مرسوم ومقسم إلي عدة أقسام، ومن أهم مميزاته سهولة معرفة الطول الحقيقي للظاهرة بمجرد استخدام المسطرة ودون الحاجة لأية عمليات حسابية. كما أم مقاييس الرسم الخطية (المرسومة) ستتأثر بعملية التصغير و التكبير بنفس النسبة التي ستتأثر بها الخريطة ذاتها، مما يجعل مقياس الرسم الخطي سيظل مقياسا صحيحا مهما كبرت أو صغرت الخريطة الأصلية. لا يوجد اتفاق علي طول محدد لمقياس الرسم الخطي علي الخريطة إنما يعتمد اختيار طول مقياس الرسم الخطي علي مدي التناسب بينه و بين أبعاد الخريطة ذاتها، فلا يصح أن يكون مقياس الرسم الخطي كبيرا جدا علي الخريطة وأيضا لا يمكن أن يكون صغيرا جدا بدرجة تجعل الاستفادة منه صعبة.

أنواع مقاييس الرسم الخطية:

توجد عدة أنواع لمقاييس الرسم الخطية، وغالبا يستخدم تعبير "دقة مقياس الرسم" ليعبر عن قيمة أقل وحدة يمكن قراءتها علي مقياس الرسم. فمثلا إذا قلنا أن دقة مقياس رسم خطي تساوي ٥ أمتار فهذا يدل علي أن أقل وحدة (جزء مرسوم) علي مقياس الرسم الخطي سيمثل ٥ أمتار في الطبيعة.

(أ) المقياس الخطي البسيط:

عبارة عن خط مستقيم مقسم إلي وحدات متساوية من وحدات القياس علي الخرائط (السنتيمتر أو البوصة) تمثل أطوالا موجودة علي الطبيعة من وحدات القياس علي الطبيعة (الأمتار أو الكيلومترات). ويبدأ مقياس الرسم الخطي البسيط بالصفر دائما.

مثال:

صمم مقياس رسم خطي بسيط لخريطة مقياس رسمها العددي هو ١ : ٥٠،٠٠٠ ؟

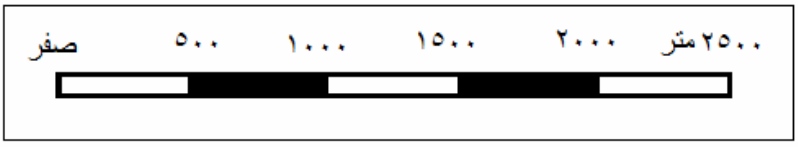
مقياس الرسم المطلوب = ١ : ٥٠،٠٠٠

أي أن: كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ٥٠،٠٠٠ سنتيمتر علي الطبيعة.

وحيث أن المتر = ١٠٠ سنتمتر فان:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ٥٠،٠٠٠ ÷ ١٠٠ = ٥٠٠ متر علي الطبيعة.

نبدأ - باستخدام المسطرة - برسم خط علي الخريطة طوله (مثلا) ٥ سنتيمترات ونقسمه إلي ٥ أجزاء متساوية كلا منهم يبلغ طوله سنتيمتر واحد. نبدأ بترقيم الخط من أقصي اليسار (أو اليمين) بالرقم صفر، فيكون الرقم عند نهاية السنتيمتر الأول هو ٥٠٠ متر (طبقا لقيمة مقياس الرسم المطلوب)، وبكون الرقم عند نهاية السنتيمتر الثاني هو ١٠٠٠ متر ، وهكذا حتى يكون الرقم الأخير في نهاية الخط هو ٢٥٠٠ متر. حتى لا يكون المقياس عبارة عن خط فقط نقوم بتحويله إلي عدة مستطيلات ثم لإضفاء وضع جمالي عليه نقوم بتلوين الأجزاء المتتالية بالونين الأبيض و الأسود علي الترتيب.



شكل (٢-١٥) مقياس رسم خطي بسيط

(ب) المقياس الخطي الدقيق:

مقياس خطي أكثر دقة من المقياس الخطي البسيط حيث يمكننا من قياس وحدات تقل عن الوحدة الرئيسية في المقياس البسيط. ففي المثال السابق فأن دقة هذا المقياس (أقل وحدة يمكن قياسها مباشرة) تبلغ ٥٠٠ متر، فماذا إذا أردنا قياس وحدات أصغر؟

مثال:

صمم مقياس رسم خطي دقيق لخريطة مقياس رسمها العددي هو ١ : ٥٠،٠٠٠ ليقرا بدقة ١٠٠ متر؟

نبدأ أولا بتصميم المقياس الخطي البسيط (كما سبق):

مقياس الرسم المطلوب = ١ : ٥٠،٠٠٠

أي أن: كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ٥٠،٠٠٠ سنتيمتر علي الطبيعة.

وحيث أن المتر = ١٠٠ سنتمتر فان:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ٥٠،٠٠٠ ÷ ١٠٠ = ٥٠٠ متر علي الطبيعة.

ثم نقوم برسم المقياس البسيط كما في المثال السابق.

دقة المقياس المطلوبة في المثال الحالي = ١٠٠ متر

حيث أن ١ سم = ٥٠٠ متر في المقياس البسيط فأن:

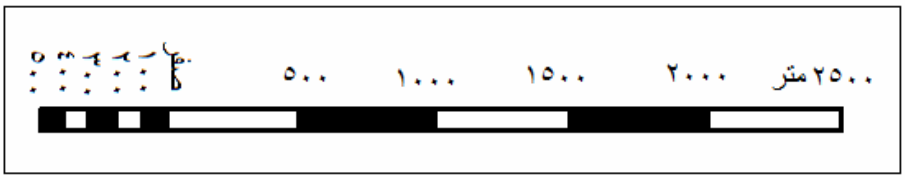
عدد الأقسام الفرعية = طول الجزء في المقياس البسيط ÷ دقة المقياس
= ٥٠٠ متر ÷ ١٠٠ متر = ٥ أقسام.

الآن نقوم برسم وحدة جديدة (١ سنتيمتر) علي يسار صفر المقياس البسيط ثم نقسمها إلي ٥ أقسام فرعية:

طول كل جزء فرعي = طول وحدة المقياس البسيط ÷ عدد الأقسام الفرعية المطلوبة

طول كل جزء فرعي = ١ سنتيمتر ÷ ٥ = ٢ ملليمتر

ثم نلون هذه الأقسام الفرعية باللونين الأبيض والأسود. أول جزء من الأجزاء الفرعية سيمثل ١٠٠ متر، والجزء الثاني سيمثل ٢٠٠ متر، وهكذا حتى يكون الرقم في نهاية المقياس الدقيق هو ٥٠٠ متر (أي نفس قيمة الوحدة الرئيسية علي المقياس البسيط).



شكل (٢-١٦) مقياس رسم خطي دقيق

(ج) المقياس الخطي الشبكي:

هو مقياس أكثر دقة من المقياس الخطي الدقيق. ففي المثال السابق فأن دقة هذا المقياس الخطي الدقيق تبلغ ١٠٠ متر، فماذا لو أردنا أن نزيد دقة المقياس لتصبح ٢٠ مترا؟ نري في هذا المثال أن الوحدة الفرعية للمقياس الدقيق تبلغ طولها ٢ ملليمتر وتمثل ١٠٠ متر علي الطبيعة، فإذا

أردنا أن تصبح دقة المقياس ٢٠ متر فهذا يعني أننا سنضطر لتجزئة هذه الوحدة الفرعية الي ٥ أجزاء جديدة، وهذا صعب من الناحية العملية أن نقسم ٢ ملليمتر إلي ٥ أجزاء متساوية حيث سيكون طول هذا الجزء الفرعي = ٢ ملليمتر ÷ ٥ = ٠.٤ ملليمتر، بينما المسطرة العادية التي نستخدمها في الرسم لا يوجد بها أقسام أقل من الملليمتر الواحد.

تعتمد فكرة مقياس الرسم الشبكي علي إنشاء شبكة من مقاييس الرسم الدقيقة في اتجاه رأسي، أي وجود عدد من المقاييس الدقيقة مركبة فوق يعضها البعض.

مثال:

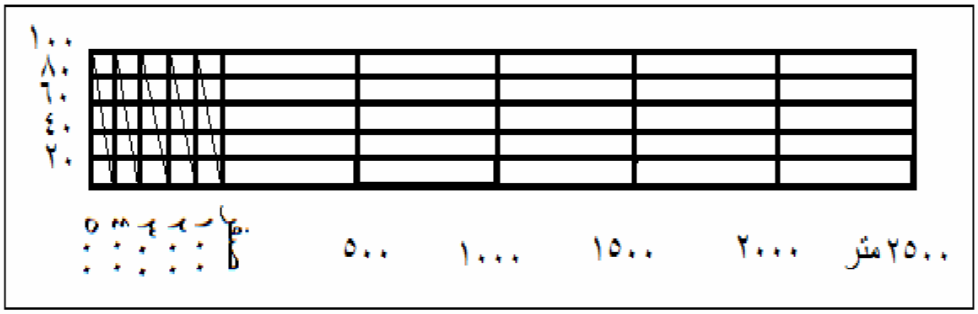
صمم مقياس رسم خطي شبكي لخريطة مقياس رسمها العددي هو ١ : ٥٠،٠٠٠ ليقرا بدقة ٢٠ متر؟

نقوم أولا بتصميم ورسم المقياس الخطي الدقيق (بدقة ١٠٠ متر) كما في الخطوات السابقة.

عدد الأقسام الفرعية الجديدة المطلوبة = دقة المقياس الدقيق ÷ الدقة المطلوبة للمقياس الشبكي

= ١٠٠ متر ÷ ٢٠ متر = ٥ أقسام.

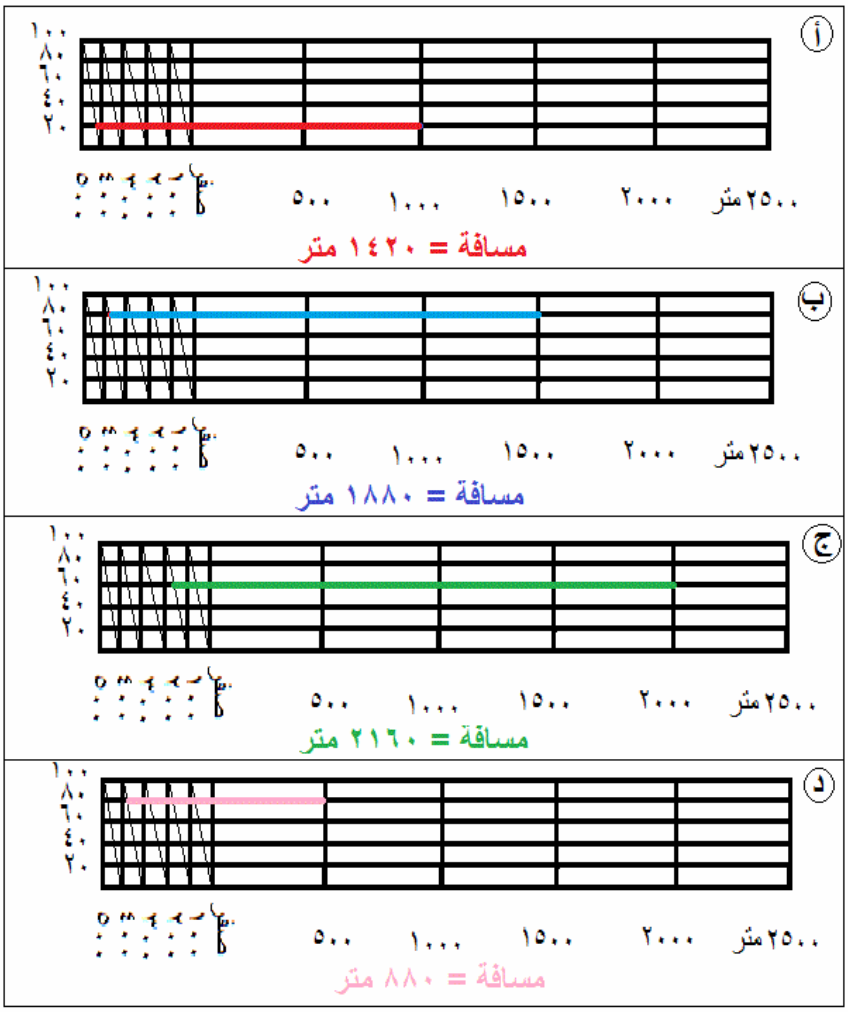
نقوم الآن بتكرار المقاس الدقيق خمسة مرات لأعلي (كما لو كان هناك ٥ من المقاييس الدقيقة مركبة فوق بعضها البعض) لنحصل علي شبكة. يكون الرقم المكتوب عند المقياس الرأسي الأول ٢٠ متر (الدقة المطلوبة للمقياس الشبكي) وعند المقياس الرأسي الثاني ٤٠ متر وعند المقياس الرأسي الثالث ٦٠ متر وعند المقياس الرأسي الرابع ٨٠ متر وعند المقياس الرأسي الخامس والأخير ١٠٠ متر (أي نفس دقة المقياس الخطي الدقيق). ثم نقوم بتوصيل طرفي كل جزء من الأجزاء الفرعية للمقياس الدقيق بخطوط مائلة.



شكل (٢-١٦) مقياس رسم خطي شبكي

عند إجراء قياس علي المقياس الخطي الشبكة نستخدم أقرب جزء من المقاييس الخمسة الرأسية للحصول علي قيمة المسافة علي الطبيعة، والأمثلة التالية توضح بعض القياسات للمقياس الخطي الشبكي. ففي الجزء الأعلى (أ) قمنا بقياس مسافة بالمسطرة علي الخريطة – المسافة باللون الأحمر – ثم نقوم بوضع هذا الجزء من المسطرة علي المقياس الشبكي ونحرك المسطرة علي المقاييس الرأسية الخمسة حتي تنطبق علي أيا منهم. نبدأ بقراءة المسافة فنجد أنها تتكون من ثلاثة أجزاء: من صفر إلي ١٠٠٠ علي المقياس الخطي البسيط + من صفر إلي ٤٠٠ علي

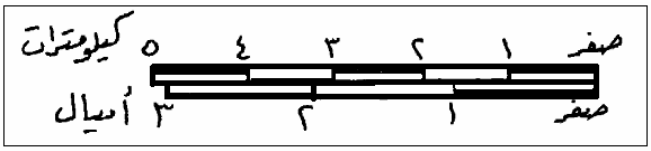
المقياس الخطي الدقيق + الجزء عند ٢٠ متر علي أول مقياس رأسي، وبالتالي فأن مجموع هذه الأجزاء الثلاثة = ١٤٢٠ مترا. بينما في الجزء (ب) من الشكل نجد أن المسافة = ١٥٠٠ متر علي المقياس البسيط + ٣٠٠ متر علي المقياس الدقيق + ٨٠ متر علي المقياس الرأسي الرابع، فتصبح المسافة المقاسة ١٨٨٠ مترا.



شكل (٢-١٧) استخدام مقياس رسم خطي شبكي

(د) المقياس الخطي المقارن:

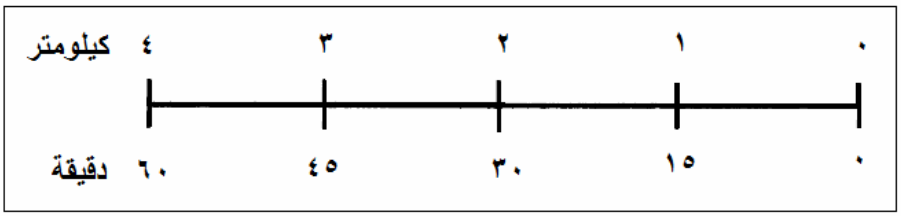
هو مقياس خطي قد يكون بسيطا أو دقيقا أو شبكيا، لكنه مقسم من جهتين لتمثل كل جهة نوعا من وحدات القياس الطولية. مثلا يقيس المقياس بوحدات الكيلومترات (وأجزاؤها) من جهة وبقيس بوحدات الأميال (وأجزاؤها) من الجهة الأخرى. لكن هذا النوع من مقاييس الرسم لم يعد شائع الاستخدام حاليا، ومن الممكن أن نستعيض عنه بمقياسي رسم يمثل كلا منهما نوعا محددا من وحدات القياس الطولية.



شكل (٢-١٨) مقياس رسم خطي بسيط مقارن

(ذ) المقياس الخطي الزمني:

يشبه مقياس الرسم الخطي المقارن إلا أنه يتكون من وحدات قياس طولية من جهة ووحدات قياس زمنية من الجهة الأخرى. وكان مستخدما قديما من قبل رجال الاستطلاع و الاستكشاف في الجيوش للتعرف علي تحديد مواقعهم التقريبية و خطوط سيرهم حيث أن هذا المقياس يربط بين المسافة و الزمن.



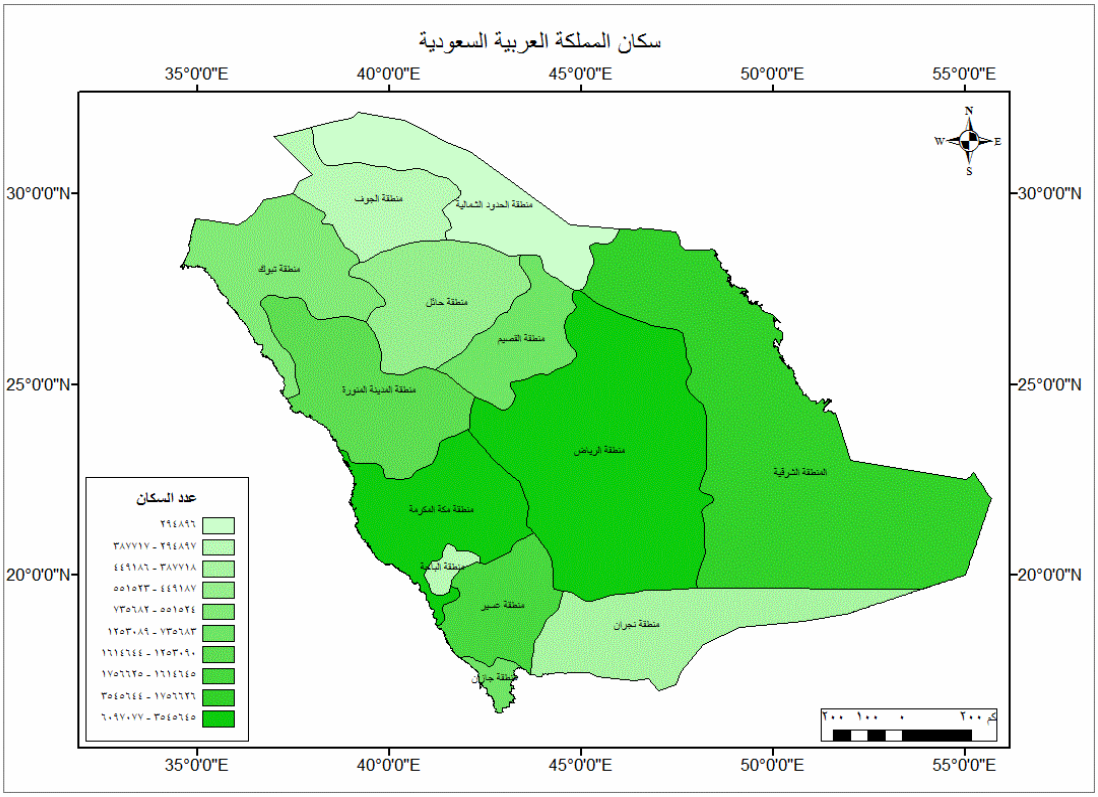
شكل (٢-١٩) مقياس رسم خطي زمني

٢-٢-٤ مفتاح الخريطة

تعرف الخريطة علي أنها تمثيل مصغر لسطح الأرض مرسوم باستخدام رموز خاصة، ولذلك فأن مفتاح الخريطة هو ترجمة لهذه الرموز الظاهرة علي الخريطة لكي يسهل فهم و تفسير الخريطة و ما تمثله من ظاهرات مكانية. يعتمد نجاح الخريطة علي نجاح مصممها في اختيار الرموز السهلة و المعبرة، فالرموز علي الخريطة تدل علي:

- مواقع الظاهرات الجغرافية
- أشكال الظاهرات الجغرافية
- نمط انتشار الظاهرات الجغرافية
- ديناميكية الظاهرات الجغرافية

حديثا زاد اعتماد الخرائط علي استخدام الألوان بكثرة وخاصة مع رخص أسعار الطابعات الملونة، إلا أن استخدام الألوان في الخرائط يجب ألا يكون مجرد إضفاء الشكل الجمالي عليها إنما يتم استخدام الألوان بصورة تجعل تصميم الخريطة متوازنا بين موضوعها و كيفية تفسير الظاهرات الممثلة علي الخريطة. فعلي سبيل المثال فالخريطة التالية تمثل توزيع السكان في المناطق الإدارية للمملكة العربية السعودية، وقد تم استخدام درجات متعددة للون الأخضر فقط. إن العين البشرية لا تستطيع التمييز و التفرقة بين ٦-٨ درجات مختلفة من نفس اللون، مما يجعل عملية الإدراك البصري و تفسير هذه الخريطة عملية صعبة للغاية.

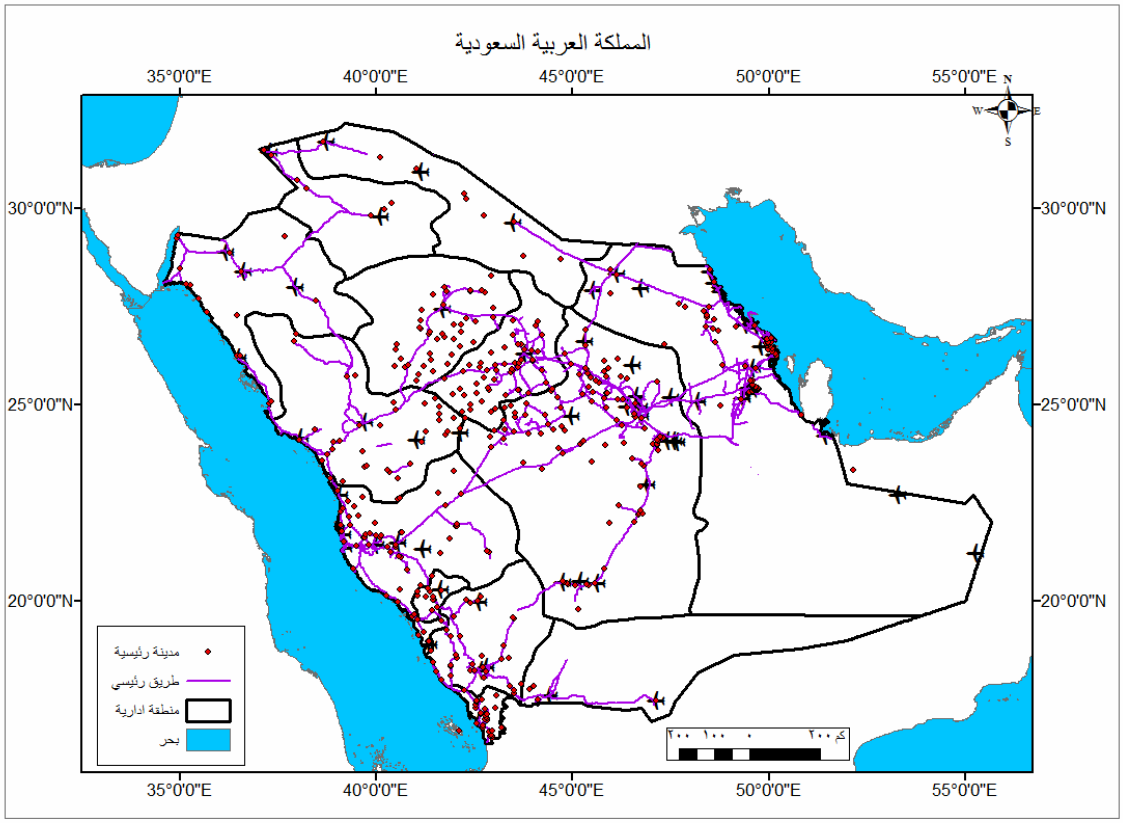


شكل (٢-٢٠) نموذج للاستخدام السيئ للألوان في الخرائط

يتم رسم الظاهرات الجغرافية (التفاصيل المكانية والمعلومات غير المكانية) علي الخريطة من خلال ٣ صور:

- النقطة
- الخط
- المضلع

في الشكل التالي تم تمثيل المناطق الإدارية للمملكة العربية السعودية وأيضا تمثيل البحار باستخدام المضلعات، وتم تمثيل المدن الرئيسية بالمملكة وكذلك المطارات باستخدام النقاط، وتمثيل الطرق الرئيسية بالمملكة باستخدام الخطوط.

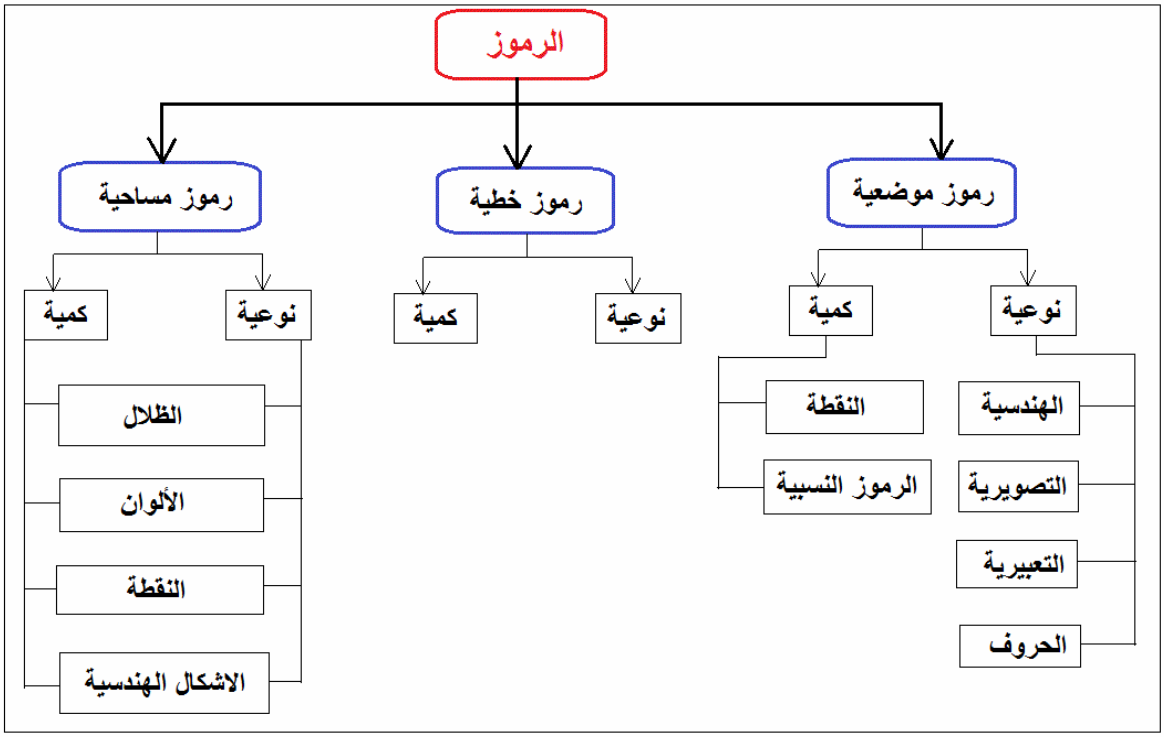


شكل (٢-٢١) أنواع المظاهر الجغرافية علي الخريطة

وبناءا علي ذلك التمثيل للظاهرات فأن الرموز المستخدمة في الخرائط تنقسم أيضا إلي ٣ أنواع من الرموز:

- الرموز النقطية أو المكانية
- الرموز الخطية
- الرموز المساحية

وفي كل نوع من هذه الأنواع الرئيسية يوجد قسمين فرعين للرموز النوعية)لتمثيل نوع الظاهرة) والرموز الكمية (لتمثيل نوع و حجم أو قيمة الظاهرة).



شكل (٢-٢٢) أنواع الرموز علي الخرائط

٢-٢-٤-١ الرموز النقطية أو الموضعية:

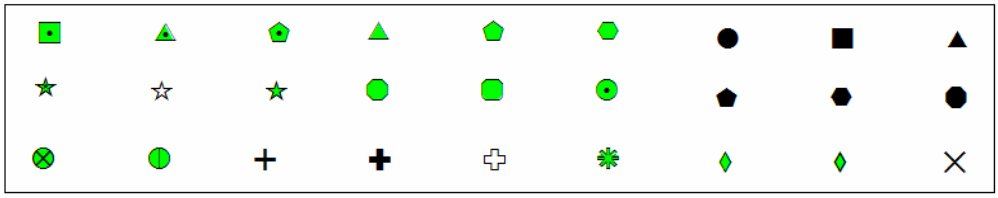
تتكون من مجموعتين فهي إما رموز نوعية أو رموز كمية.

أولا: الرموز النقطية أو الموضعية النوعية:

تنقسم إلي عدة أنواع فرعية:

(أ) الرموز الهندسية:

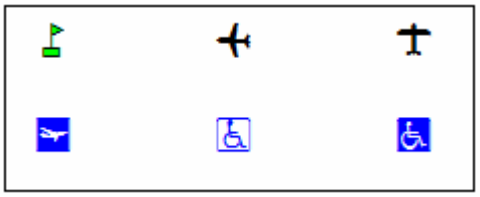
هي أشكال هندسية صغيرة مثل النقطة و الدائرة و المربع و المستطيل و المثلث و المعين و متوازي الأضلاع ... الخ تحدد موقع الظاهرة علي الخريطة. كما يمكن تغيير ألوان كل رمز للحصول علي رموز موضعية أخري. وفي حالة الخرائط الموضوعية الكمية فأن حجم الرمز يكون دالا علي قيمة الظاهرة، فمثلا كلما كبر حجم الدائرة في خرائط توزيع السكان كان ذلك دالا علي زيادة عدد سكان هذه المنطقة الجغرافية.



شكل (٢-٢٣) رموز موضعية هندسية

(ب) الرموز التصويرية:

عبارة عن صور صغيرة لنوع الظاهرات التي ترمز لها، إلا أن هذا النوع من الرموز مستخدم فقط في الخرائط السياحية والتعليمية.



شكل (٢-٢٤) رموز تصويرية

(ج) رموز الحروف الأبجدية:

عبارة عن حروف (عربية أو انجليزية) تمثل علي الخرائط لتبين مواضع و نوع الظاهرات التي تمثلها، مثل استخدام حرف H للدلالة علي موقع مستشفي. أيضا فأن هذا النوع من الرموز غير مستحب في الخرائط الجغرافية و الهندسية بصفة عامة.

(د) الرموز التعبيرية:

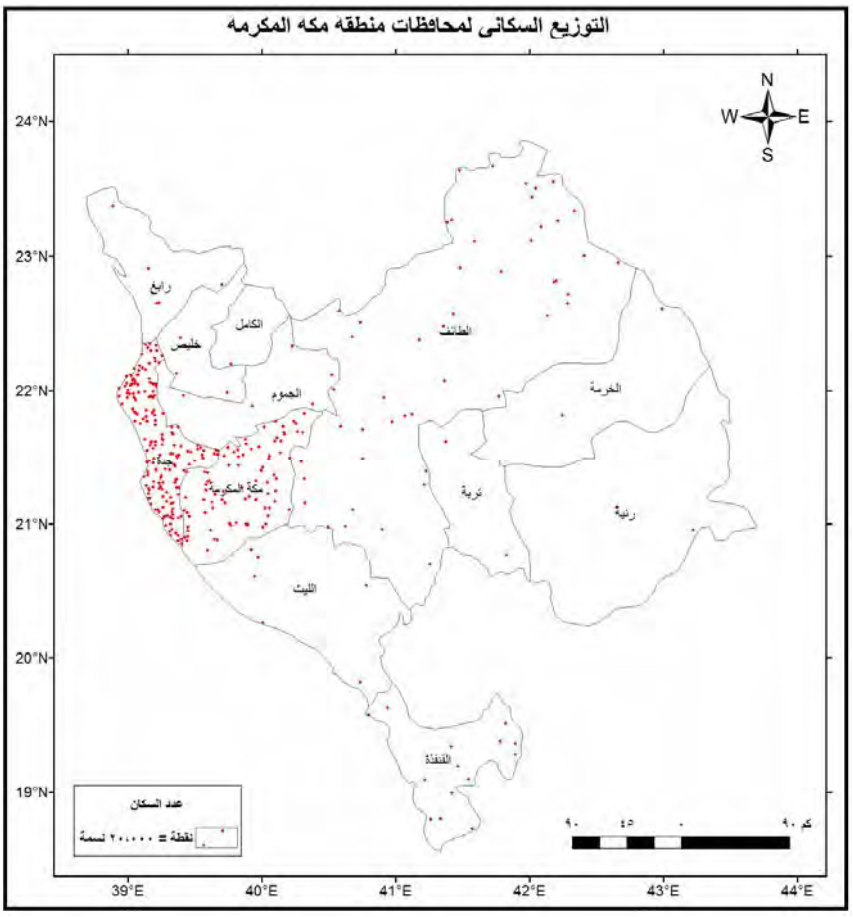
عبارة عن رسوم (صغيرة) تعبر عن التي ترمز لها بصورة فنية، مثل رسم صورة جمل للتعبير عن مناطق المراعي. أيضا من غير المستحب استخدام هذا النوع من الرموز في الخرائط الجغرافية و الهندسية.

ثانيا: الرموز النقطية أو الموضعية الكمية:

تتكون من نوعين رئيسين هما رموز النقطة و الرموز النسبية:

(أ) رموز النقطة:

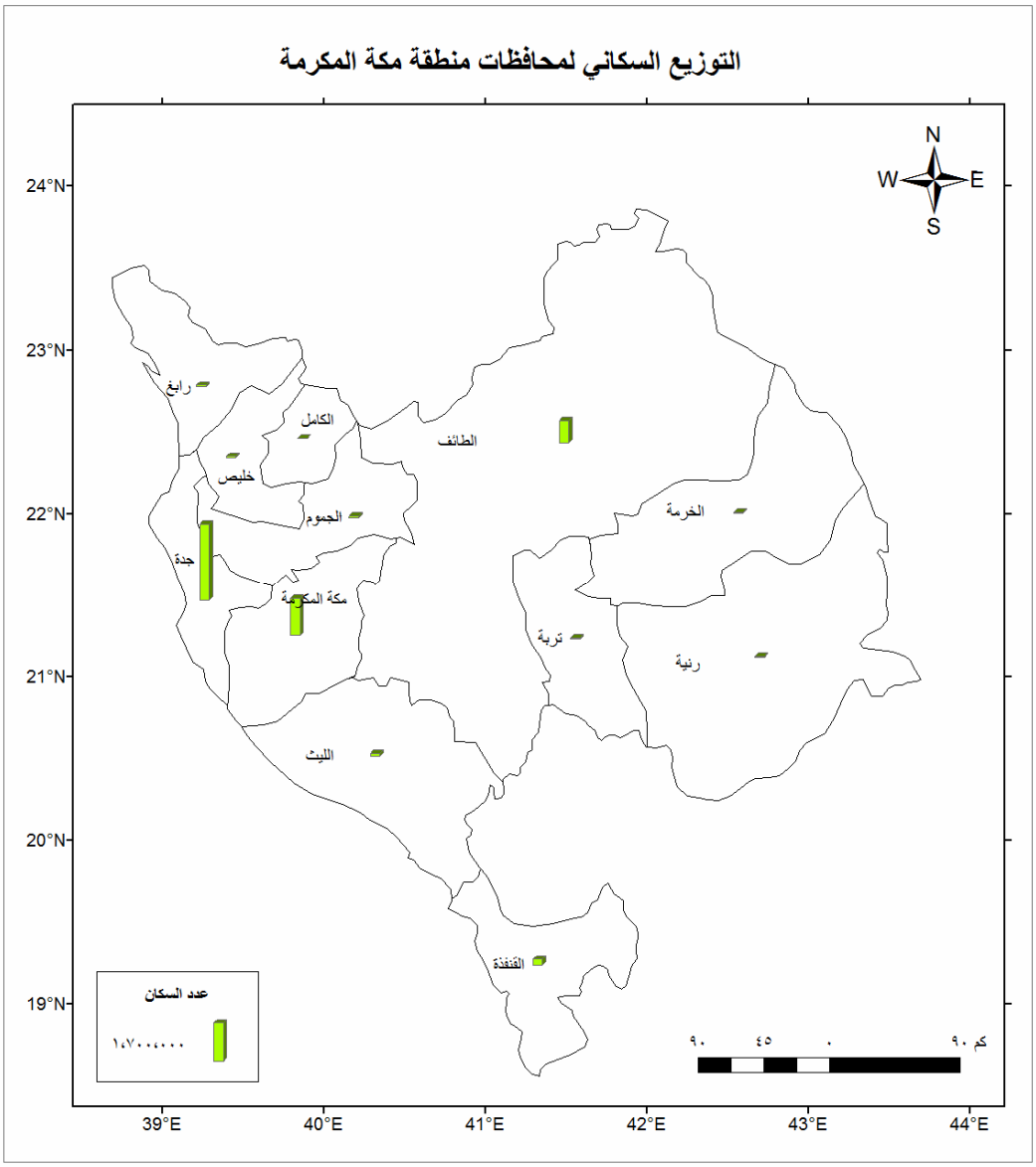
يتم استخدام رمز النقطة للتعبير عن قيمة محددة للظاهرة المطلوب تمثيلها علي الخريطة، وبناءا علي قيمة الظاهرة في منطقة معينة يتم حساب عدد النقاط التي ستوضع داخل هذه المساحة علي الخريطة. فمثلا عند استخدام رموز النقاط في تمثيل عدد السكان في أحياء مدينة مكة المكرمة فأننا نحدد القيمة التي ستعبر عنها النقطة الواحدة (وليكن مثلا ٢٠ ألف نسمة)، ثم نقسم عدد سكان كل حي من أحياء المدينة علي قيمة النقطة الواحدة فنحسب عدد النقاط التي تعبر عن سكان كل حي وهذا النوع من الخرائط يسمي خرائط النقاط أو خرائط الكثافة.



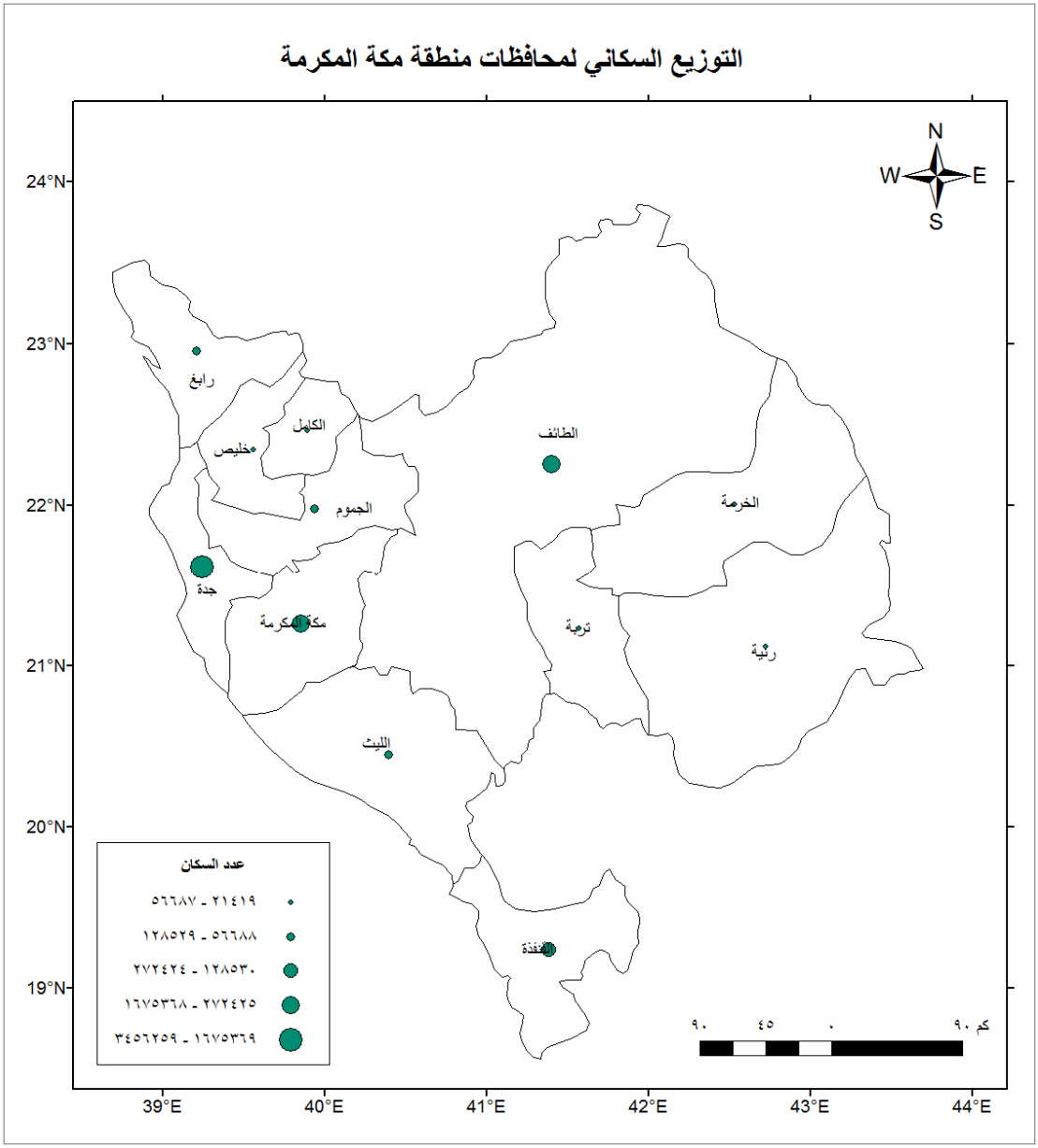
شكل (٢-٢٥) نموذج لخرائط النقاط أو خرائط الكثافة

(ب) الرموز النسبية:

في هذا النوع من الخرائط يتم التعبير عن قيمة الظاهرة باستخدام الرموز الموضعية الهندسية (الدائرة و المربع و المثلث و المستطيل ... الخ) بصورة نسبية للدلالة عن التغيرات الكمية بين مفردات الظاهرة. فمثلا يمكن التعبير عن عدد سكان محافظات منطقة مكة المكرمة الإدارية باستخدام الأعمدة بحيث يكون طول العمود معبرا عن القيمة النسبية لعدد السكان في كل محافظة. أيضا يمكن استخدام رمز الدائرة لتمثيل عدد السكان بحيث يكبر حجم الدائرة كلما كبر عدد السكان في كل محافظة. تعطي طريقة الرموز النسبية صورة سريعة للقارئ عن التغيرات النسبية لقيمة الظاهرة الممثلة علي الخريطة و التباين أو الاختلاف المكاني (الجغرافي) لتوزيع هذه الظاهرة.



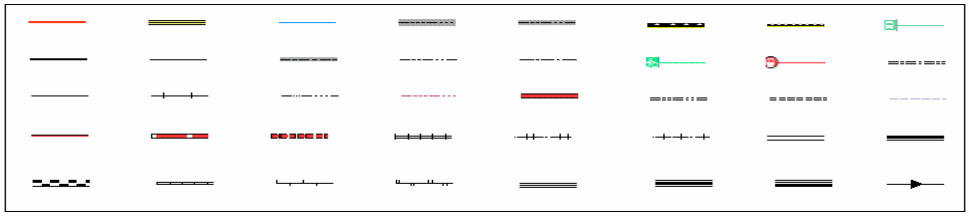
شكل (٢-٢٦) نموذج لخرائط الأعمدة النسبية



شكل (٢-٢٧) نموذج لخرائط الدوائر النسبية

٢-٢-٤-٢ الرموز الخطية:

تستخدم الرموز الخطية للتعبير عن الظاهرات التي لها امتداد طولي في الطبيعة مثل الأنهار و الطرق و الشوارع و شبكات المياه و الصرف الصحي وخطوط نقل البترول والأنفاق و الحدود السياسية والحدود الإدارية ...الخ. في حالة استخدام الرموز الخطية للتعبير عن الظاهرات الكمية فأن سمك (عرض) الخط يدل علي قيمة الظاهرة، فكمثال يمكن تغيير سمك الخطوط المعبرة عن الطرق بحيث يمثل سمك الخط عرض الطريق وبذلك يمكن التفرقة بين الطرق السريعة و الطرق العادية و الشوارع الداخلية. أيضا يمكن استخدام الألوان المتعددة للحصول علي رموز خطية جديدة لنفس الخط المرسوم علي الخريطة.



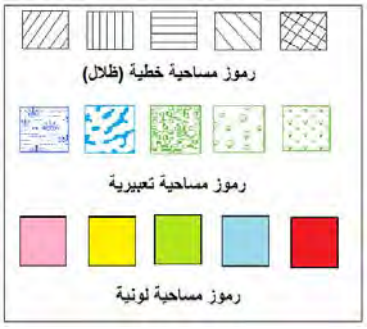
شكل (٢-٢٨) رموز خطية

٢-٢-٤-٣ الرموز المساحية:

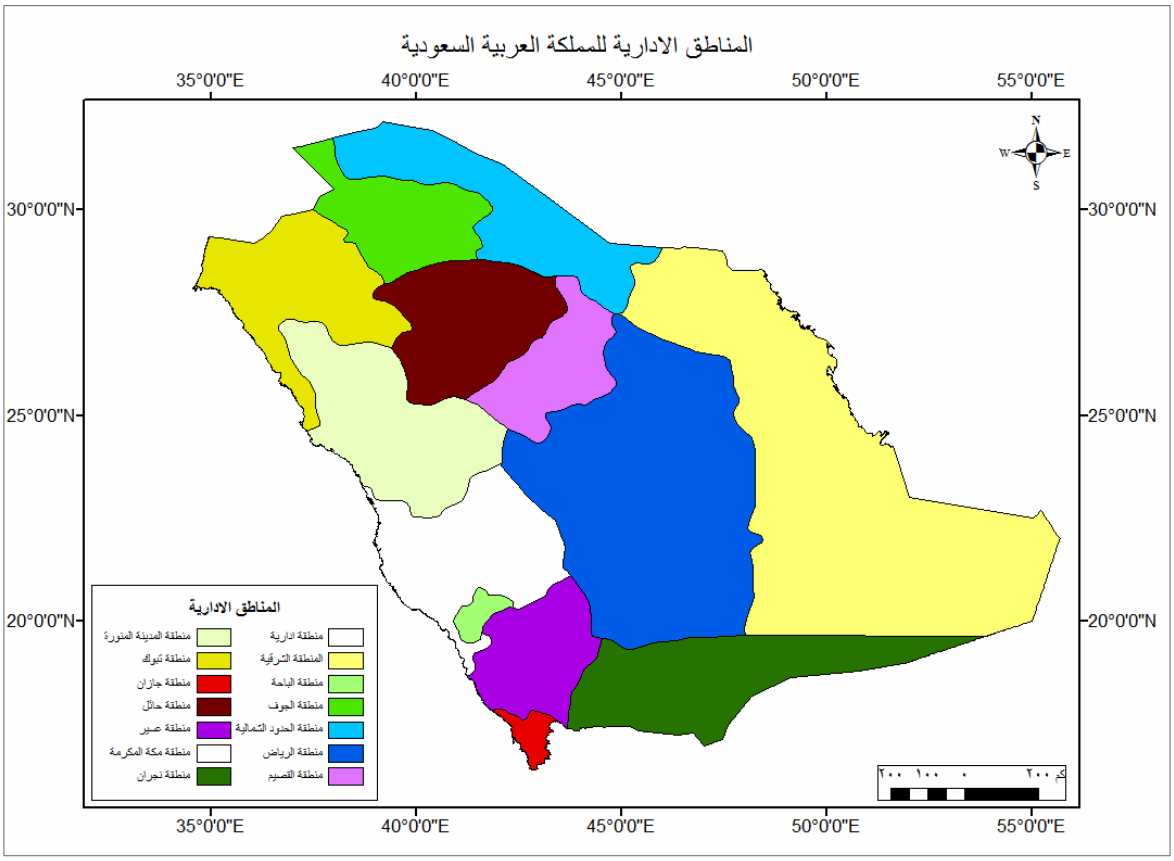
تستخدم الرموز المساحية للتعبير عن نوع وكمية الظاهرات التي لها مساحة علي الخريطة (وأيضا في الطبيعة) مثل الأحياء داخل المدينة و المزارع والسبخات ومناطق الرعي و المناطق الصناعية والسكنية... الخ. تعتمد الرموز المساحية علي ملئ المضلع المرسوم علي الخريطة برمز معين يعبر عن هذا النوع من الظاهرات.

عند تمثيل الظاهرات المكانية تمثيلا نوعيا علي الخرائط فهناك عدة طرق للرموز المساحية منها:

- رموز مساحية نوعية خطية (طريقة التظليل أو الظلال).
- رموز مساحية نوعية تعتمد علي الألوان.
- رموز مساحية نوعية نقطية.
- رموز مساحية نوعية تستخدم الأشكال الهندسية.
- رموز مساحية نوعية تعبيرية.



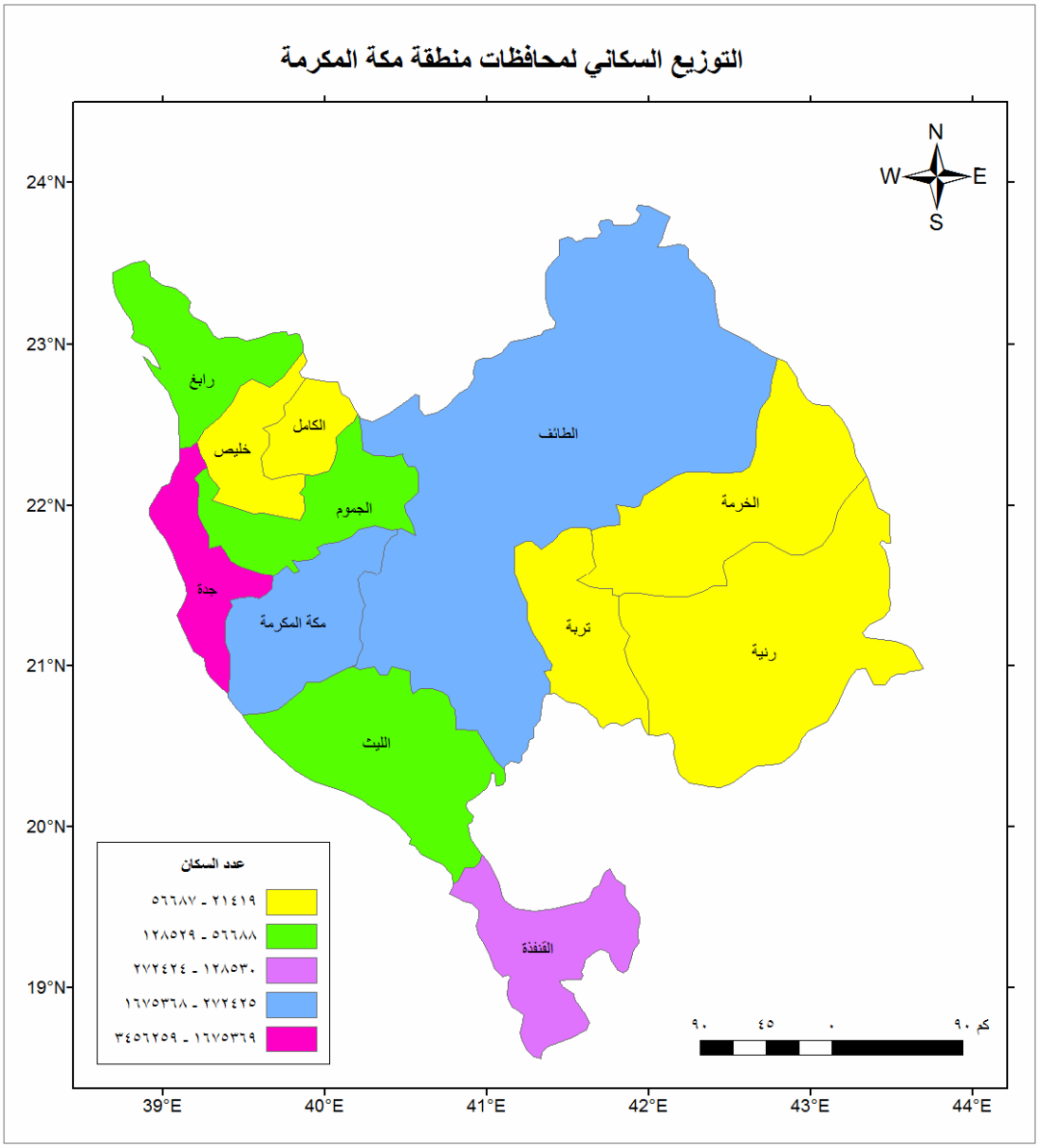
شكل (٢-٢٩) رموز مساحية نوعية



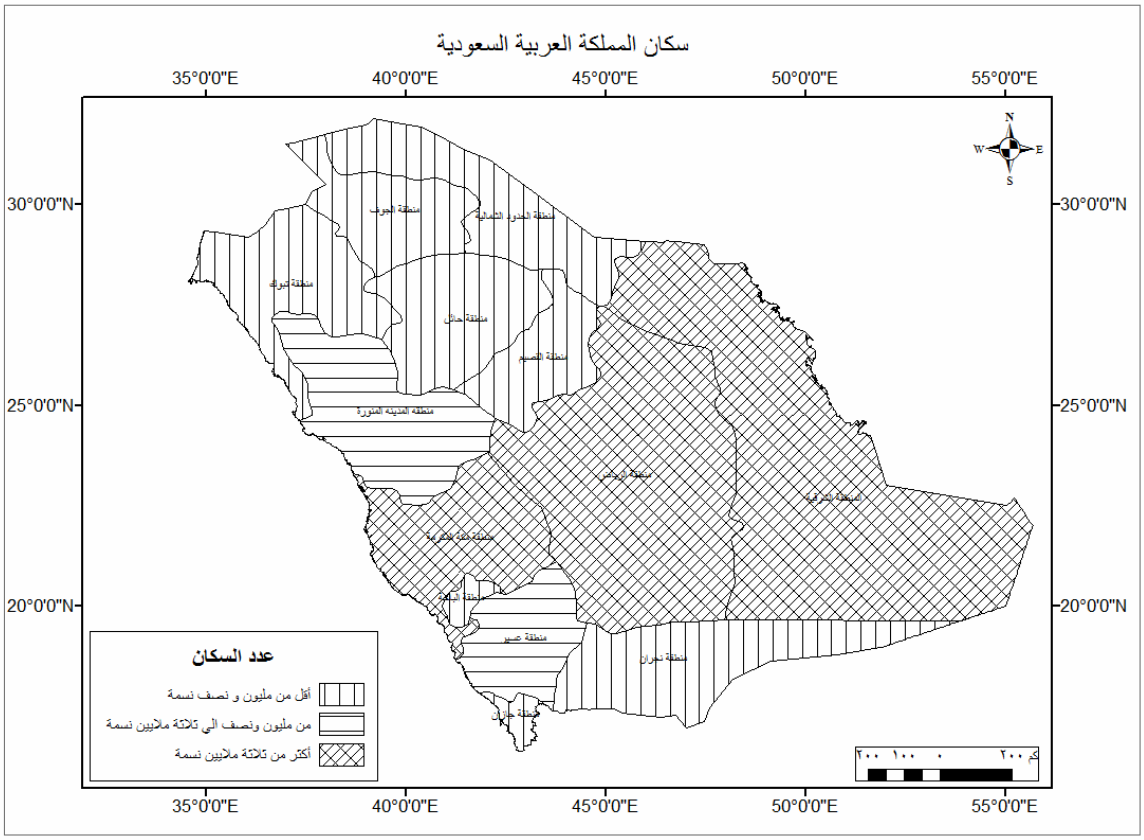
شكل (٢-٣٠) نموذج لطريقة التمثيل النوعي باستخدام الألوان

أيضا عند تمثيل الظاهرات المكانية تمثيلا كميا علي الخرائط فهناك عدة طرق للرموز المساحية منها:

- رموز مساحية نوعية خطية (طريقة التظليل أو الظلال).
- رموز مساحية نوعية تعتمد علي الألوان.
- رموز مساحية نوعية نقطية.
- رموز مساحية نوعية تستخدم الأشكال الهندسية.



شكل (٢-٣١) نموذج لطريقة التمثيل الكمي باستخدام الألوان

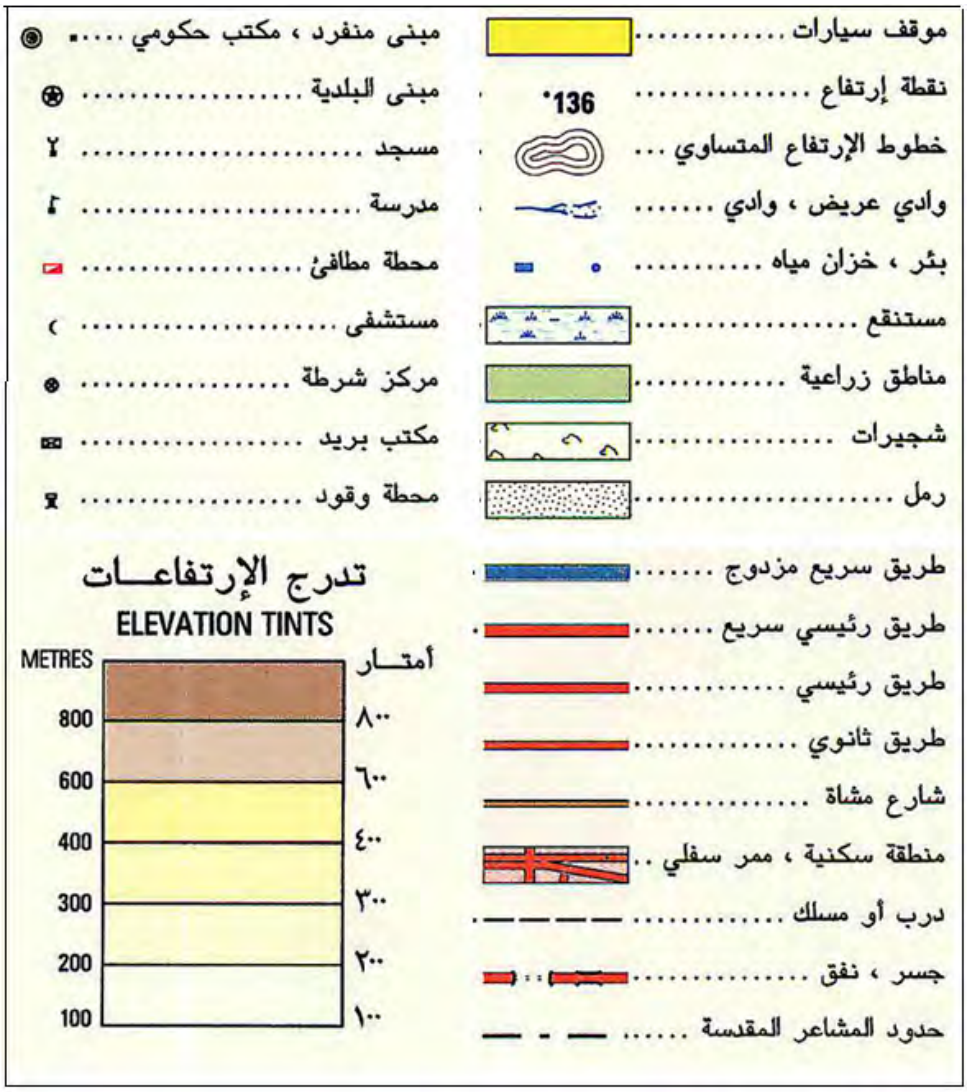


شكل (٢-٣٢) نموذج لطريقة التمثيل الكمي باستخدام الظلال

٢-٢-٤-٤ بعض نماذج مفتاح الخريطة

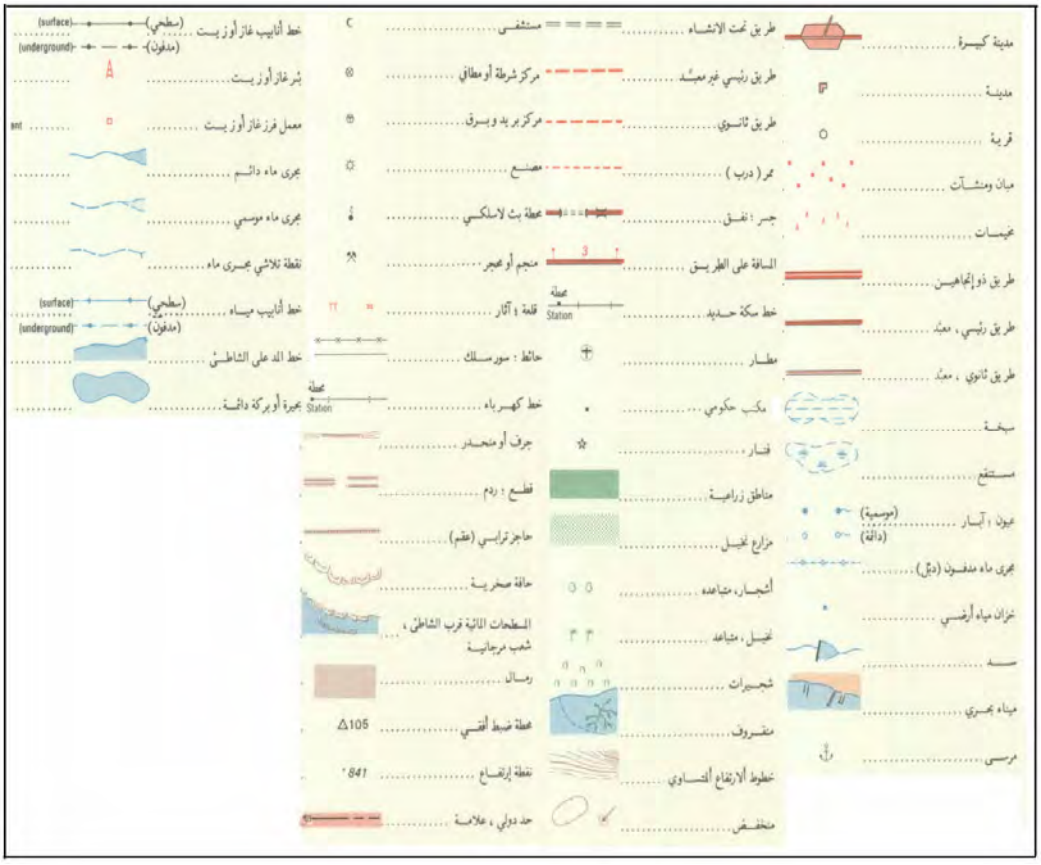
تقوم الجهات المسئولة عن إنتاج الخرائط في كل دولة بوضع و تصميم مفاتيح قياسية للخرائط طبقا لنوع الخريطة و مقياس رسمها. قد تختلف الرموز المستخدمة في مفتاح الخريطة من دولة لأخرى، إلا أن الاستفادة من هذه النماذج القياسية تزيد من خبرة مصمم الخريطة. الأشكال التالية تعطي نماذج لمفاتيح الخرائط في كلا من جمهورية مصر العربية و المملكة العربية السعودية والولايات المتحدة الأمريكية.

شكل (٢-٣٣) نموذج لمفتاح الخريطة المليونية في السعودية

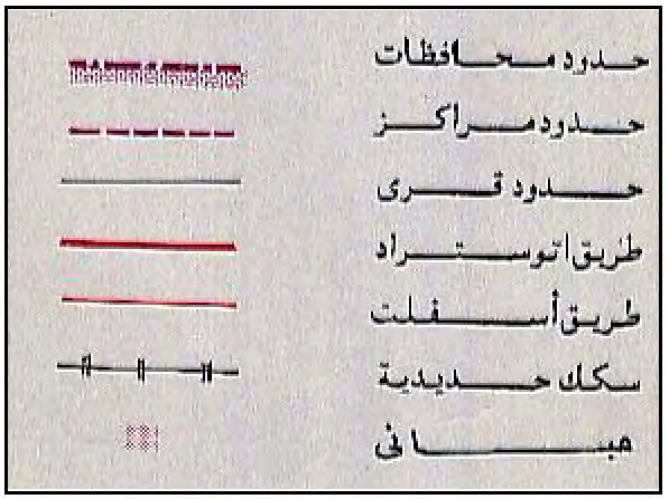


شكل (٢-٣٤) نموذج لمفتاح الخريطة الطبوغرافية مقياس رسم ١ : ٥٠،٠٠٠ في السعودية

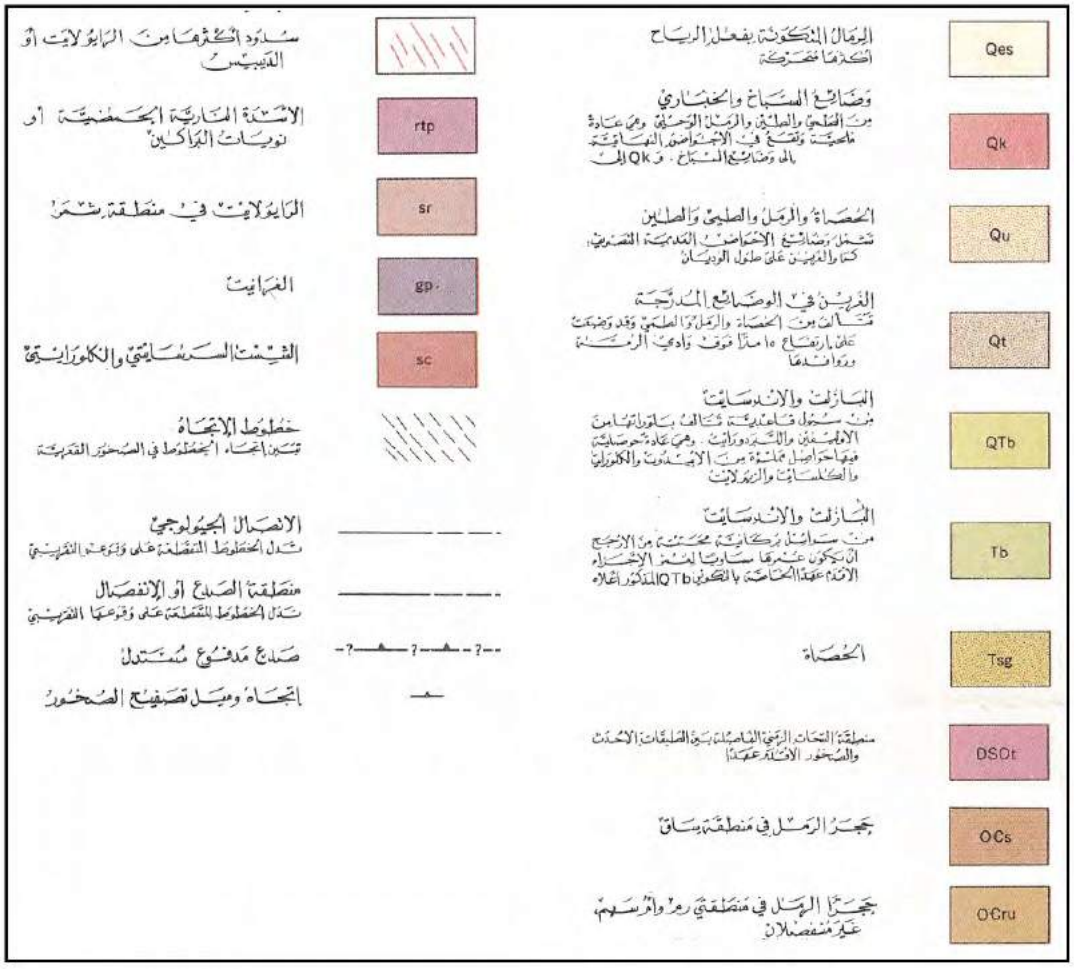
شكل (٢-٣٥) نموذج لمفتاح الخريطة العامة مقياس رسم ١ : ٤،٠٠٠،٠٠٠ في السعودية



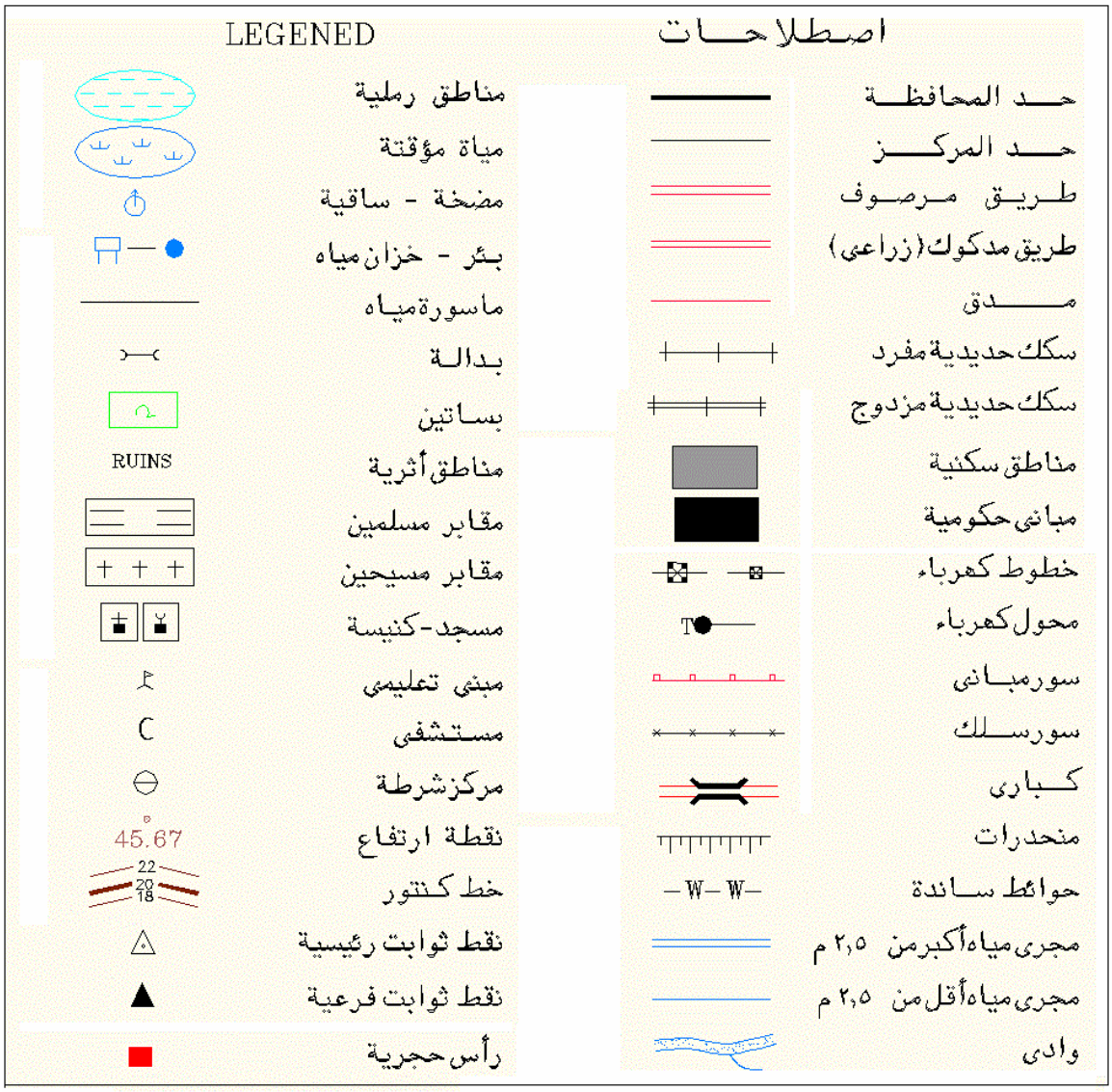
شكل (٢-٣٦) نموذج لمفتاح الخريطة العامة مقياس رسم ١ : ٢٥٠،٠٠٠ في السعودية



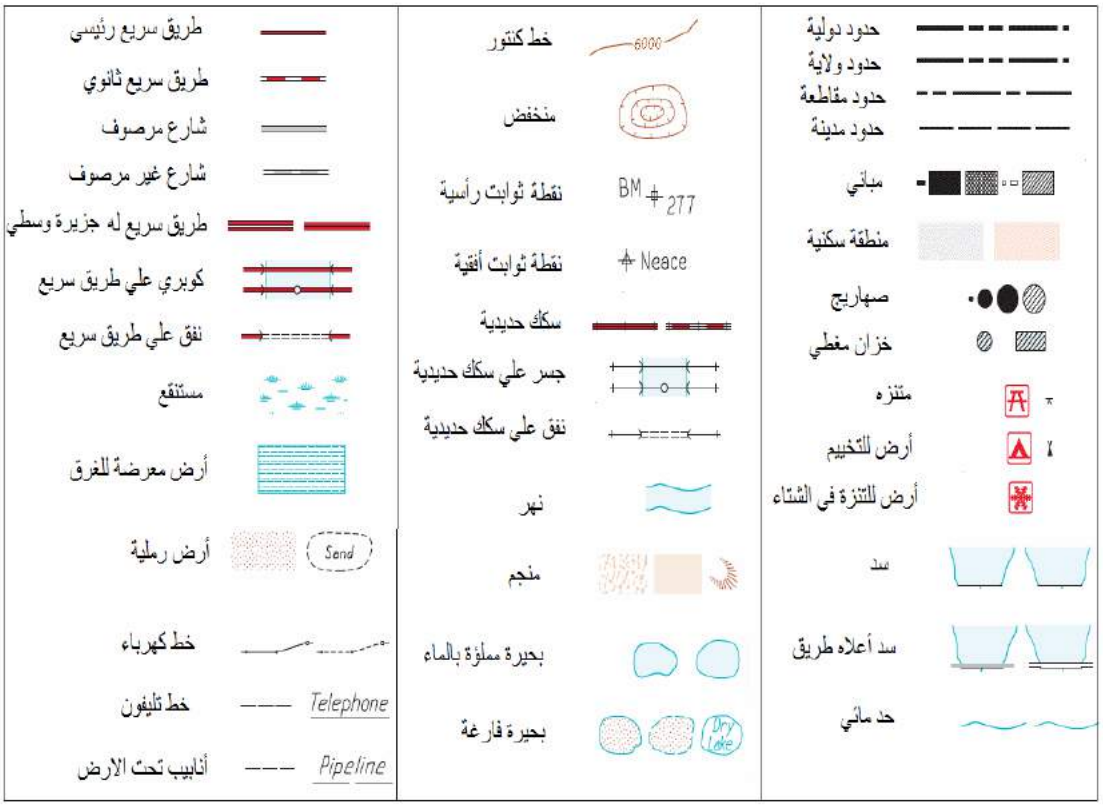
شكل (٢-٣٧) نموذج لمفتاح الخريطة العامة مقياس رسم ١ : ٢٠٠،٠٠٠ في مصر



شكل (٢-٣٨) نموذج لمفتاح الخريطة الجيولوجية مقياس رسم ١ : ٥٠٠،٠٠٠ في السعودية



شكل (٢-٣٩) نموذج لمفتاح الخريطة التفصيلية مقياس رسم ١ : ٥٠٠٠ في مصر



شكل (٢-٤٠) نموذج لمفتاح الخريطة الطبوغرافية مقياس رسم ١ : ٢٥،٠٠٠ في أمريكا

تقدم جامعة ميتشجان الأمريكية مقترحا لاستخدام الألوان في خرائط استعمالات الأراضي كما في الجدول و الشكل التاليين:

استخدام الأراضي	اللون
الاستخدامات السكنية	الأصفر
الاستخدامات التجارية و الخدمات (التجارية و الحكومية)	البرتقالي
الاستخدامات الصناعية	الأحمر
خدمات المواصلات والنقل	الأسود
الآبار ومناطق الاستخراج	البني
المناطق المفتوحة و الترفيهية	الأرجواني
المناطق الزراعية	الأخضر الفاتح
المراعي	الأبيض
الغابات	الأخضر
الصنوبريات	الأخضر الداكن
المناطق المائية (بحيرات و خزانات و سدود)	الأزرق
المناطق المبللة بالمياه	الأزرق الفاتح
الأراضي القاحلة والكثبان الرملية	البيج

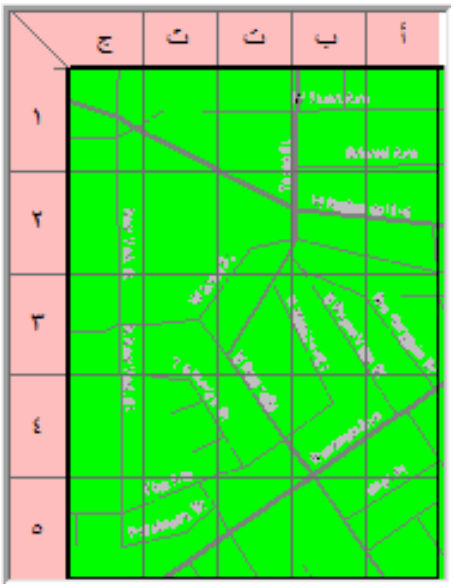
شكل (٢-٤١) نموذج لمفتاح خريطة استعمالات الأراضي في أمريكا (نموذج جامعة ميتشجان)

٢-٢-٥ شبكة الإحداثيات

تعد شبكة الإحداثيات من أهم أساسيات الخرائط فهي التي تحدد الموقع الجغرافي (أو المكاني) لمعالم الخريطة، و منها يمكن استنتاج اتجاه الشمال وأيضا يمكن استنتاج وحساب مقياس رسم الخريطة (إن لم يكونا ظاهرين عليها).

توجد ثلاثة أنواع من الإحداثيات المستخدمة في الخرائط:

(أ) الإحداثيات الجغرافية وتتكون من خطوط الطول و دوائر العرض
(ب) الإحداثيات المسقطة أو الإحداثيات المترية X,Y أو س ، ص
(ج) الإحداثيات التعليمية وهي تقسيم الخريطة إلي مربعات تأخذ الأعمدة أسماء الحروف بينما تأخذ الصفوف أرقام بحيث يكون علي الخريطة أسم (حرف و رقم) يحدد موقع كل مربع علي الخريطة. هذا النوع لا يعد من الإحداثيات الجغرافية أو الهندسية، إنما يستخدم فقط كإحداثيات مبسطة للخرائط السياحية و التعليمية.



شكل (٢-٤٢) الإحداثيات التعليمية

نظرا لأهمية و تعدد أنواع و نظم الإحداثيات المستخدمة في الطبيعة و في الخرائط فسيتم شرحها بالتفصيل في الفصل القادم.

٢-٣ نظم ترتيب الخرائط في مصر و السعودية

٢-٣-١ نظم ترتيب الخرائط في مصر

في جمهورية مصر العربية تعد الهيئة المصرية العامة للمساحة هي الجهة الحكومية الأساسية لإنتاج الخرائط الجغرافية و الطبوغرافية و التفصيلية بكافة مقاييس الرسم ولكافة أنحاء الجمهورية. كما توجد بعض الجهات الأخرى (حكومية و خاصة) تنتج بعض أنواع الخرائط لمناطق محددة في الجمهورية، منها علي سبيل المثال الهيئة العامة للمساحة الجيولوجية و المشروعات التعدينية التي تنتج الخرائط الجيولوجية لمصر.

(أ) الخرائط ذات مقاييس الرسم الصغيرة والمتوسطة:

١. رسمت الخريطة الأساسية لمصر بمقياس رسم ١ : ٢،٠٠٠،٠٠٠ وطبعت علي لوحة واحدة تمثل مصر و الدول المجاورة لها وتظهر بها المعالم الجغرافية الرئيسية من أنهار و جبال وأيضا التقسيم الإداري لمصر.

٢. تغطي مصر ستة خرائط من الخرائط المليونية (مقياس رسم ١ : ١،٠٠٠،٠٠٠) والتي تغطي الخريطة الواحدة ٦ درجات من خطوط الطول و ٤ درجات من دوائر العرض. سميت هذه الخرائط بأسماء أهم المعالم الجغرافية بها فجاءت أسماء الخرائط:

أ- الإسكندرية NH35
ب- الداخلة NG35
ت- العوينات NF35
ث- القاهرة NH36
ج- أسوان NG36
ح- وادي حلفا NF36

أما الجزء الجنوبي الشرقي من مصر فيظهر في الخريطة المليونية المعروفة بأسم مكة المكرمة.

تطبع كل خريطة مليونية علي ورقة تبلغ أبعادها ٥٩ سنتيمتر شرقا و ٤٥ سنتيمتر شمالا.

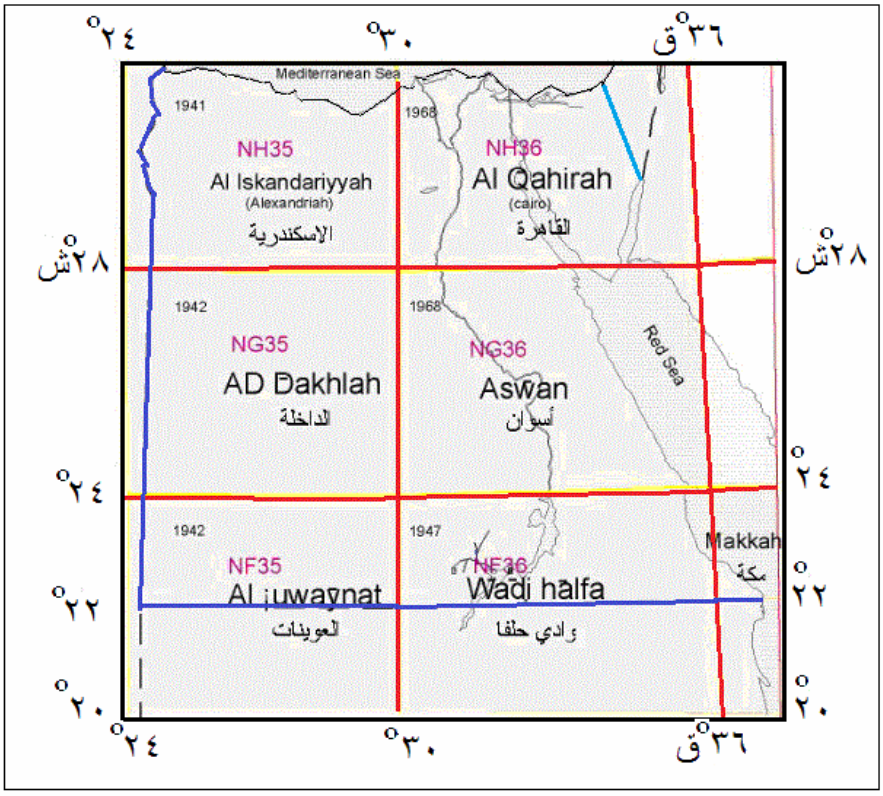
طبقا للمواصفات العالمية فأن الألوان المستخدمة في هذه الخرائط تتكون من:
- اللون الأسود: المدن و السكك الحديدية
- اللون الأحمر: الطرق
- اللون الأزرق: الترع و الوديان وحدود البحار وتدرج الأعماق.
- اللون البني: تضاريس الأرض ذات الارتفاعات من ٥٠٠ إلي ١٠٠٠ متر.
- اللون الأخضر: تضاريس الأرض ذات الارتفاعات من صفر إلي ٢٠٠ متر.
- اللون الأصفر: تضاريس الأرض ذات الارتفاعات من ٢٠٠ إلي ٥٠٠ متر.

٣. تغطي مصر ٢١ خريطة من الخرائط ذات مقياس رسم ١ : ٥٠٠،٠٠٠ والتي تغطي الخريطة الواحدة ٣ درجات من خطوط الطول و ٢ درجة من دوائر العرض.
- تقسم الخريطة المليونية إلي ٤ أركان، ويكتب رقم الخريطة المليونية ويتبعه من جهة اليمين أسم الربع الواقع به الخريطة. فمثلا خريطة القاهرة المليونية أسمها

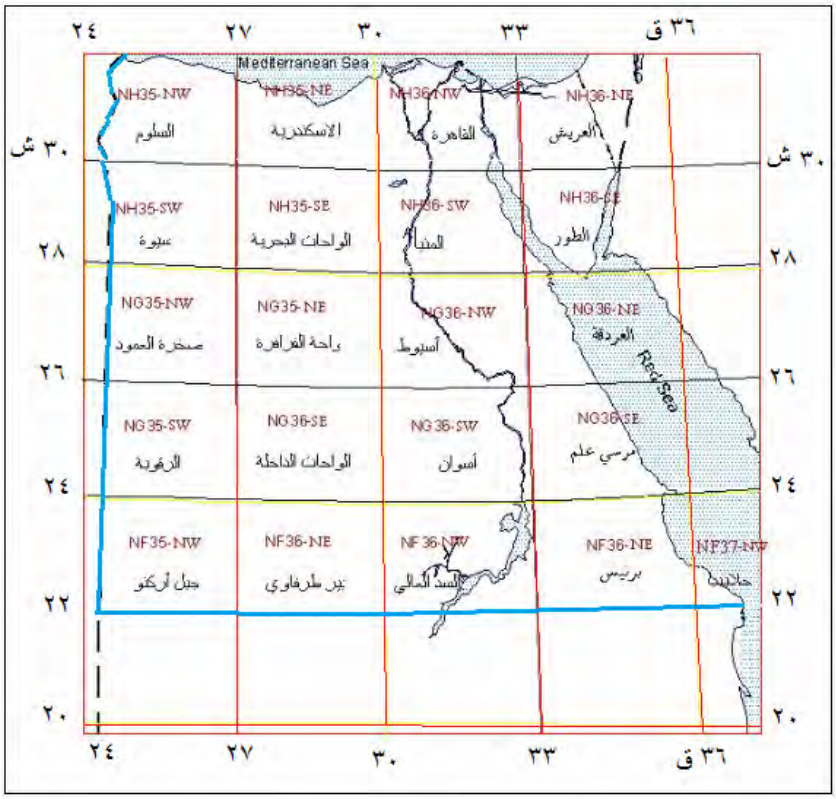
NH36 فيتم تقسيمها إلي ٤ أركان: الشمال الشرقي NH و الشمال الغربي NW و الجنوب الشرقي SE والجنوب الغربي SW، وتأخذ خرائط ١ : ٥٠٠،٠٠٠ في هذه المنطقة أرقام NH36-NE (العريش) و NH36-NW (القاهرة) و NH36-SE (الطور) و NH36-SW (المنيا).

- سميت هذه الخرائط بأسماء أهم المعالم الجغرافية بها فجاءت أسماء الخرائط: العريش، القاهرة، الإسكندرية، السلوم، الطور، المنيا، الواحات البحرية، سيوة، الغردقة، أسيوط، الفرافرة، صخرة العمود، مرسي علم، أسوان، الداخلة، الرقوبة، حلايب، برنيس، السد العالي، بئر طرفاوي، جبل أركنو.

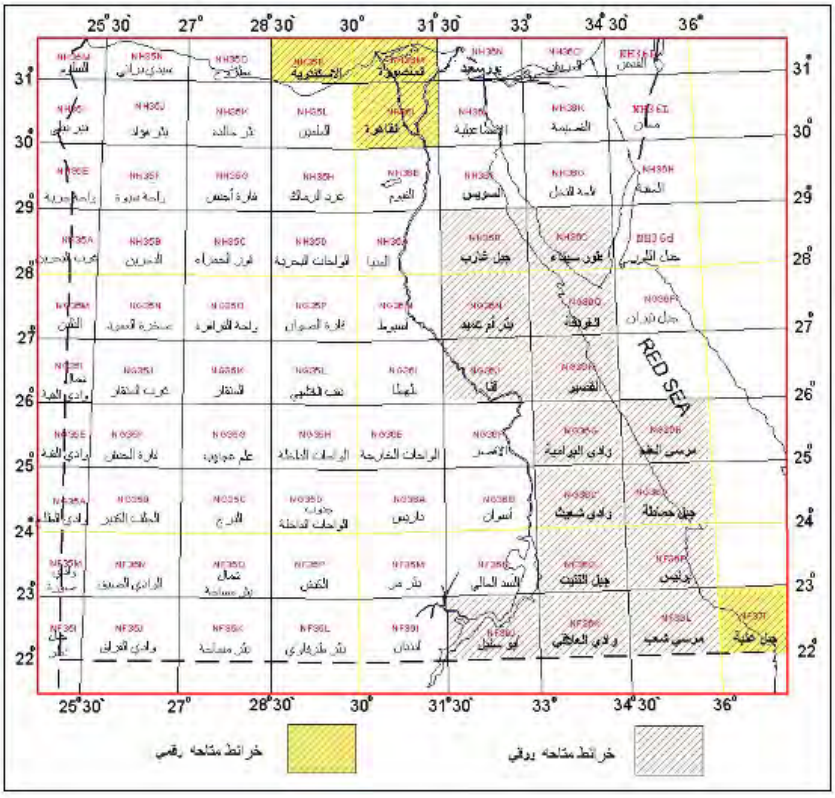
٤. تغطي مصر ٨٠ خريطة من الخرائط ذات مقياس رسم ١ : ٢٥٠،٠٠٠ والتي تغطي الخريطة الواحدة ١.٥ درجة من خطوط الطول و ١ درجة من دوائر العرض. لم تكتمل كل هذه الخرائط للجمهورية، والبعض منها متاح ورقيا بينما بعضها متاح أيضا في صورة رقمية.



شكل (٢-٤٣) دليل الخرائط المليونية في مصر



شكل (٢-٤٤) دليل خرائط ١ : ٥٠٠،٠٠٠ في مصر

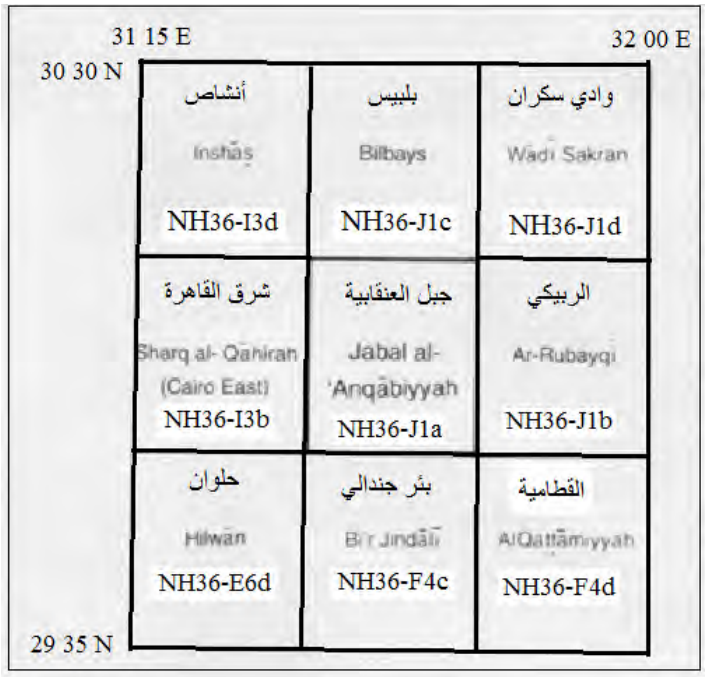


شكل (٢-٤٥) دليل خرائط ١ : ٢٥٠،٠٠٠ في مصر

٥. توجد بعض الخرائط مصر ذات مقياس رسم ١ : ١٠٠،٠٠٠ والتي تغطي الخريطة الواحدة ٣٠ دقيقة من خطوط الطول و ٤٠ دقيقة من دوائر العرض. والمتاح من هذه الخرائط هو ما يغطي الأراضي الزراعية في الدلتا و محافظات جنوب مصر حتى أسيوط.

٦. تغطي مصر ١٥٣١ خريطة من الخرائط ذات مقياس رسم ١ : ٥٠،٠٠٠ والتي تغطي الخريطة الواحدة ١٥ دقيقة من خطوط الطول و ١٥ دقيقة من دوائر العرض (جوالي ٢٥ كيلومتر شرقا و ٢٧ كيلومتر شمالا).

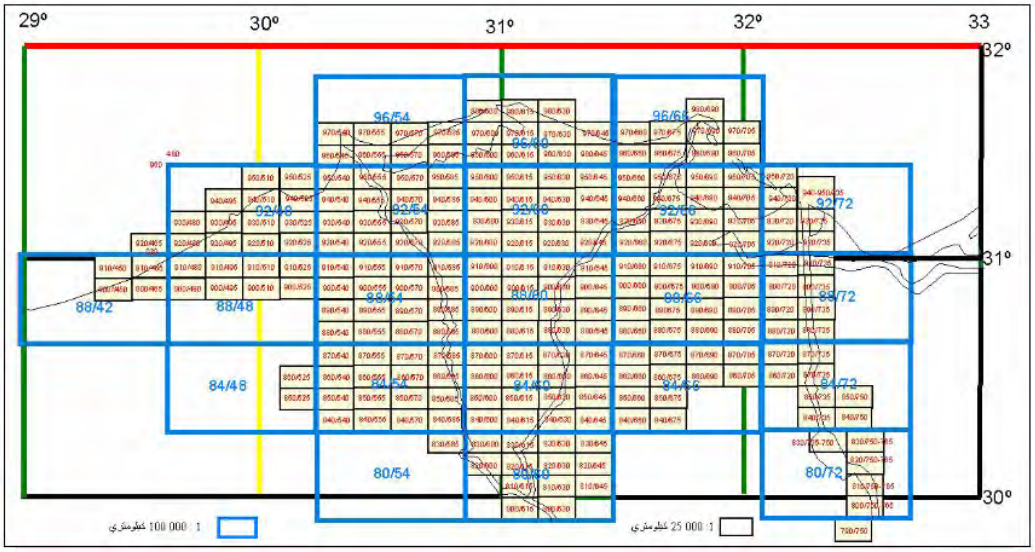
- لم تكتمل كل هذه الخرائط للجمهورية، والمتاح منها حتى الآن حوالي ٤٤٥ خريطة تشمل الوجه البحري و الوجه القبلي و الصحراء الشرقية.
- تبلغ أبعاد الخريطة الواحدة ٥١ × ٥٥ سنتيمتر.
- تطبع خرائط ١ : ٥٠،٠٠٠ بعدة ألوان تتكون من:
  - الأسود: للمعالم الحضرية
  - الأحمر: للطرق والمدن و القرى
  - الأزرق: الترع و البرك و المصارف والبحيرات
  - البني: لخطوط الكنتور
  - الأخضر: للأراضي الزراعية
- تحتوي هذه الخرائط علي المعالم الجغرافية التالية:
  - التضاريس: خطوط الكنتور و نقاط الارتفاع و نقاط الثوابت الأرضية
  - النقل: الطرق و السكك الحديدية و الكباري و الاتفاق
  - المعالم الصناعية (المناجم و المحاجر) و التجمعات السكنية و الحدود السياسية وحدود المحافظات و حدود المراكز
  - الأراضي المزروعة و الأراضي المستصلحة و الأشجار ومحطات الصرف و معالجة المياه
  - الأماكن التاريخية
  - المياه: الأنهار و البحيرات والسدود و الآبار و العيون المائية
  - المرافق: خطوط ومحولات الكهرباء (الضغط العالي) وخطوط التليفونات و الغاز
- يتكون نظام ترقيم هذه الخرائط كالآتي:
  - تقسم الخريطة المليونية إلي ١٦ خريطة مقياس رسمها ١ : ٢٥٠،٠٠٠ وترقم بالحروف الانجليزية الكبيرة من A إلي P ، مثلا: NH36-M
  - تقسم كل خريطة ١ : ٢٥٠،٠٠٠ إلي ٦ خرائط ١ : ١٠٠،٠٠٠ ترقم بالأرقام من ١ إلي ٦ ، مثلا NH36-M2
  - تقسم كل خريطة ١ : ١٠٠،٠٠٠ إلي ٤ خرائط ١ : ٥٠،٠٠٠ ترقم بالحروف الانجليزية الصغيرة من a إلي d ، مثلا NH36-M2a
- يكون الفاصل الكنتوري في هذه الخرائط ١٠ متر للأراضي الصحراوية و ١ متر في الأراضي الزراعية.



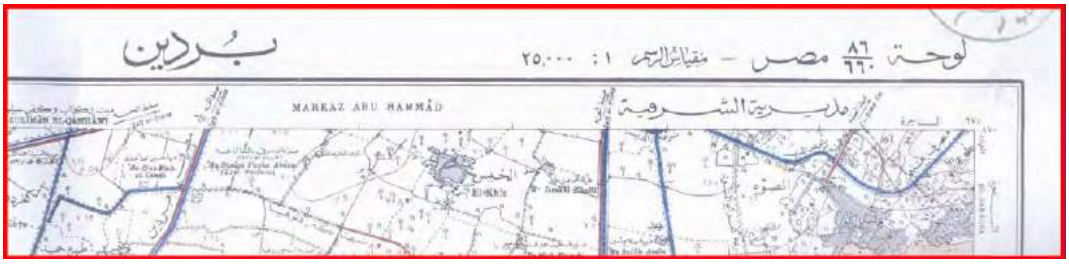
شكل (٢-٤٦) مثال لترقيم الخرائط ١ : ٥٠،٠٠٠ في مصر

شكل (٢-٤٧) جزء من دليل خرائط ١ : ٥٠،٠٠٠ في مصر

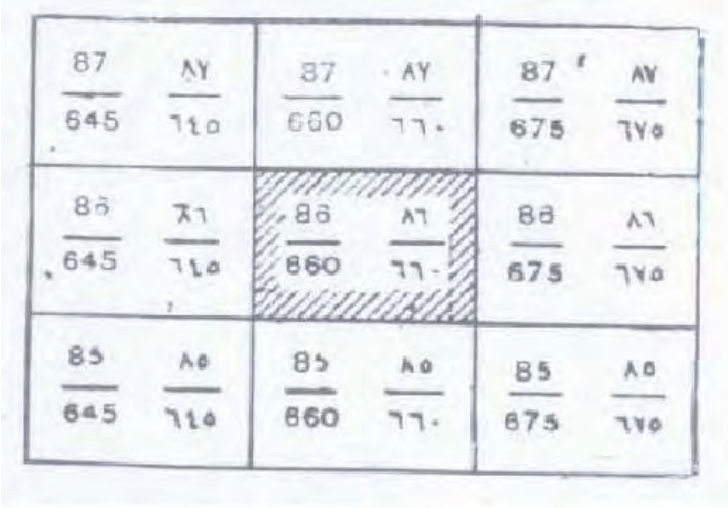
٧. متاح في مصر ٤٩١ خريطة فقط من الخرائط ذات مقياس رسم ١ : ٢٥،٠٠٠ والتي تغطي الخريطة الواحدة ١٥ كيلومتر شرقا و ١٠ كيلومتر شمالا، تغطي الأراضي الزراعية لوادي النيل من شمال الدلتا حتى أسوان جنوبا (أوقف العمل بهذا المقياس منذ عام ١٩٦٧م).
   - تبلغ أبعاد الخريطة الواحدة ٦٠ × ٤٠ سنتيمتر.
   - تطبع خرائط ١ : ٢٥،٠٠٠ بعدة ألوان تتكون من:
     - الأسود: للمعالم الحضرية
     - الأحمر: للطرق والمدن و القرى
     - الأزرق: الترع و البرك و المصارف والبحيرات
     - البني: لخطوط الكنتور ونقاط الارتفاعات
     - الأخضر: للأراضي الزراعية
     - الرمادي: للمساحات والمناطق السكنية
     - البني الفاتح: لمناطق الرمال
   - يتكون نظام ترقيم هذه الخرائط من بسط و مقام يعبران عن الإحداثيات الكيلومترية للركن الجنوبي الغربي للخريطة: يكون البسط هو قيمة الاحداثي الشمالي بعشرات الكيلومترات بينما يكون المقام هو قيمة الاحداثي الشرقي بالكيلومترات. مثال: الخريطة ذات الإحداثيات (الركن الجنوبي الغربي) ٥٥٥، ٩٤٠ كيلومتر يكون رقمها ٥٥٥/٩٤.



شكل (٢-٤٨) جزء من دليل خرائط ١ : ٢٥،٠٠٠ لشمال الدلتا في مصر



شكل (٢-٤٩) مثال لجزء من خريطة ١ : ٢٥،٠٠٠ في مصر

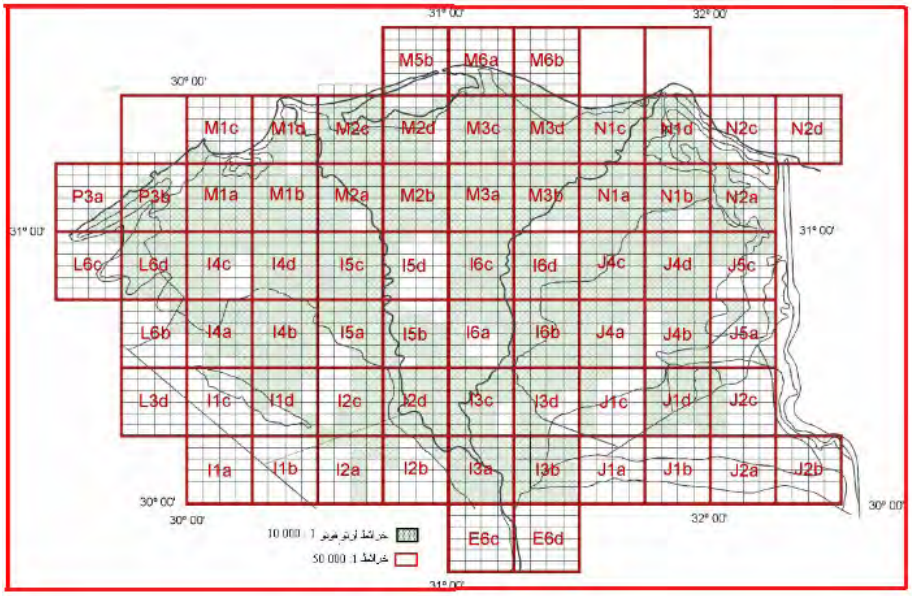


شكل (٢-٥٠) مثال لترقيم خرائط ١ : ٢٥،٠٠٠ في مصر

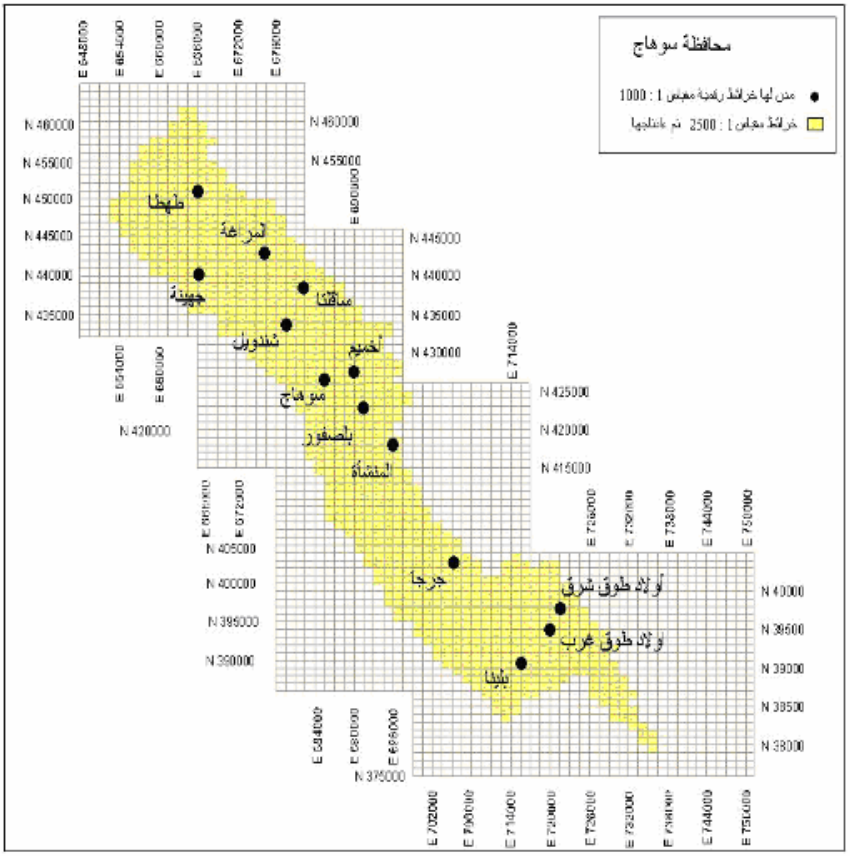
(ب) الخرائط ذات مقاييس الرسم الكبيرة:

تغطي المناطق المعمورة من مصر عدة أنواع من الخرائط التفصيلية كما في الجدول التالي:

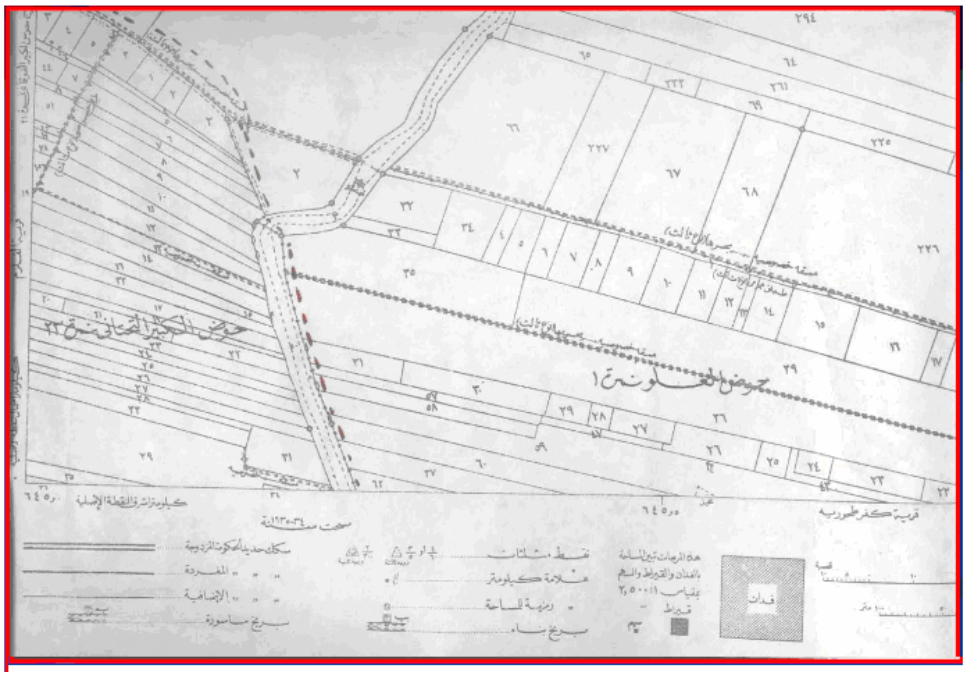
مقياس الرسم	نوع الخريطة	طول المنطقة بالكيلومتر	عرض المنطقة بالكيلومتر
١ : ١٠،٠٠٠	تفصيلية	٦	٤
١ : ٥،٠٠٠	تفصيلية	٣	٢
١ : ٢٥٠٠	فك الزمام (المناطق الزراعية)	١.٥	١
١ : ١٠٠٠	تفريد مدن (داخل المدن)	٠.٦	٠.٤
١ : ٥٠٠		٠.٣	٠.٢



شكل (٢-٥١) جزء من دليل خرائط ١ : ١٠،٠٠٠ لشمال الدلتا في مصر



شكل (٢-٥٢) جزء من دليل خرائط ١ : ٢٥٠٠ لمحافظة سوهاج في مصر



شكل (٢-٥٣) مثال لجزء من خريطة ١ : ٢٥٠٠ في مصر

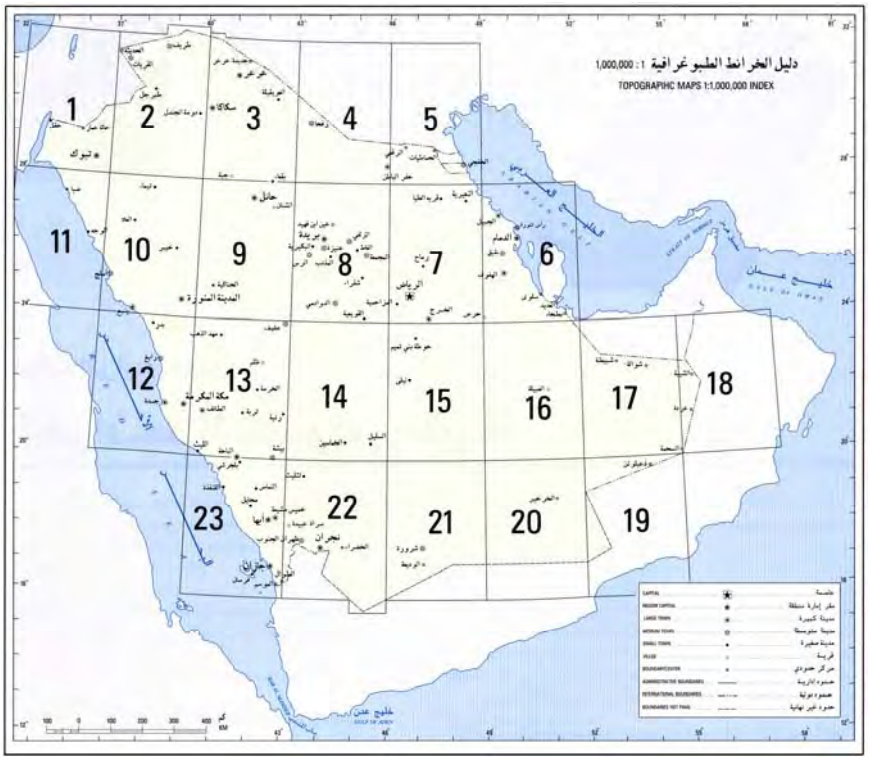
٢-٣-٢ نظم ترتيب الخرائط في السعودية

تعد الإدارة العامة للمساحة العسكرية بوزارة الدفاع الطيران أكبر الجهات المنتجة للخرائط الجغرافية في المملكة العربية السعودية. كما قامت بعض الجهات الحكومية الأخرى بإنتاج بعض الخرائط الطبوغرافية لبعض مناطق المملكة مثل وزارة الشئون البلدية و القروية – وكالة الوزارة لتخطيط المدن، و إدارة المساحة الجوية بوزارة البترول و الثروة المعدنية. كما تقوم هيئة المساحة الجيولوجية السعودية بإنتاج الخرائط الجيولوجية في المملكة. أيضا يقوم معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج و العمرة بجامعة أم القرى سنويا بإنتاج خرائط للمشاعر المقدسة (مني و مزدلفة و عرفات) بمدينة مكة المكرمة. كذلك توجد بعض الشركات الأهلية (مثل شركة الفارسي) التي تنتج بعض خرائط المدن الكبرى في المملكة سواء خرائط مطبوعة أو خرائط رقمية علي CD.

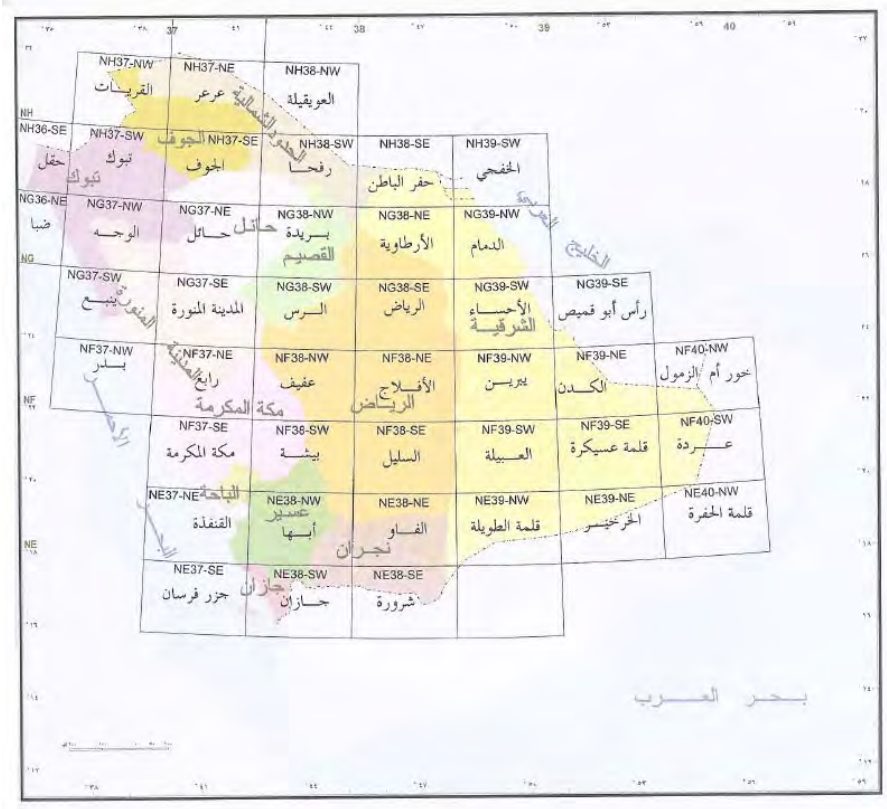
١. تعد أحدث الخرائط الجغرافية للمملكة العربية السعودية هي تلك الخريطة التي أنتجتها الإدارة العامة للمساحة العسكرية بوزارة الدفاع و الطيران بمقياس رسم ١ : ٤،٠٠٠،٠٠٠ في عام ١٤٣٢ هـ / ٢٠١١ م. تغطي الخريطة كامل حدود المملكة مع الدول المجاورة وتظهر بها أهم المعالم الطبوغرافية للمملكة من مدن و طرق رئيسية والمطارات والمناطق الزراعية و الحدود الدولية والأودية الرئيسية بالإضافة إلي تضاريس الأرض.

٢. يبلغ عدد الخرائط الطبوغرافية المليونية التي تغطي المملكة العربية السعودية ٢٣ خريطة تغطي المنطقة بين خطي طول ٣٤ و ٥٨ درجة شرقا وبين دائرتي عرض ١٦ و ٣٢ درجة شمالا. تغطي الخريطة الواحدة عدد ٣ درجات من خطوط الطول و ٤ درجات من دوائر العرض. ويتم ترقيم الخرائط بأرقام تبدأ من ١ إلي ٢٣ كما هو موضح بالشكل التالي.

٣. يبلغ عدد الخرائط الطبوغرافية التي تغطي المملكة العربية السعودية بمقياس رسم ١ : ٥٠٠،٠٠٠ عدد ٤٣ خريطة. والتي تغطي الخريطة الواحدة ٣ درجات من خطوط الطول و ٢ درجة من دوائر العرض.
   - تقسم الخريطة المليونية إلي ٤ أركان، ويكتب رقم الخريطة المليونية ويتبعه من جهة اليمين أسم الربع الواقع به الخريطة. فمثلا الخريطة المليونية المسماة NH37 فيتم تقسيمها إلي ٤ أركان: الشمال الشرقي NH و الشمال الغربي NW و الجنوب الشرقي SE والجنوب الغربي SW، وتأخذ خرائط ١ : ٥٠٠،٠٠٠ في هذه المنطقة أرقام NH37-NE (عرعر) و NH37-NW (القريات) و NH37-SE (الجوف) و NH37-SW (تبوك).
   - سميت هذه الخرائط بأسماء أهم المعالم الجغرافية بها فجاءت أسماء الخرائط علي سبيل المثال: المدينة المنورة، مكة المكرمة، تبوك، الجوف، حائل، أبها، الرياض.



شكل (٢-٥٤) دليل الخرائط المليونية في المملكة

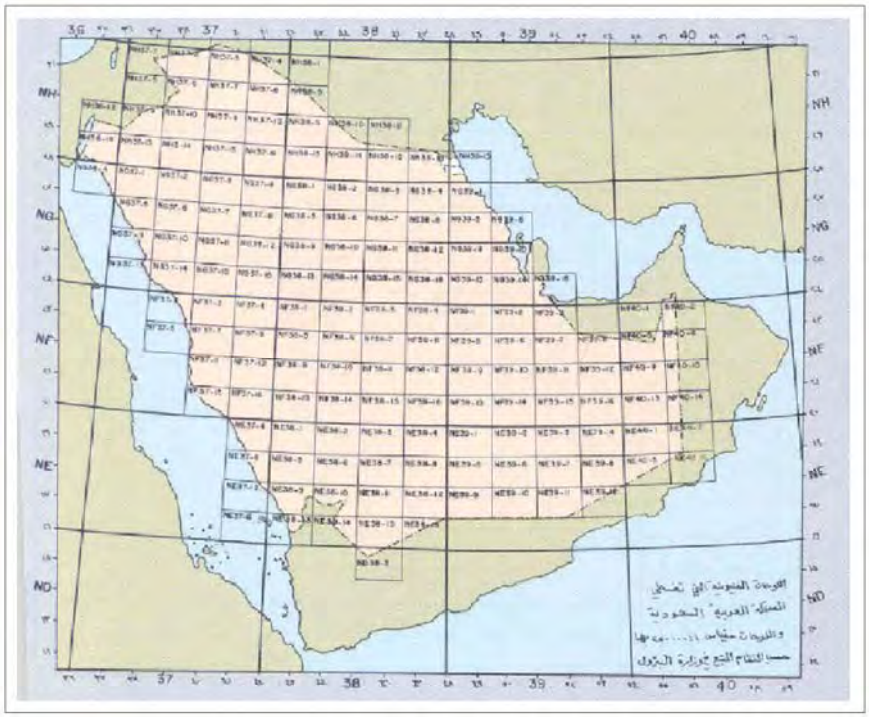


شكل (٢-٥٥) دليل الخرائط ذات مقياس الرسم ١ : ٥٠٠،٠٠٠ في المملكة

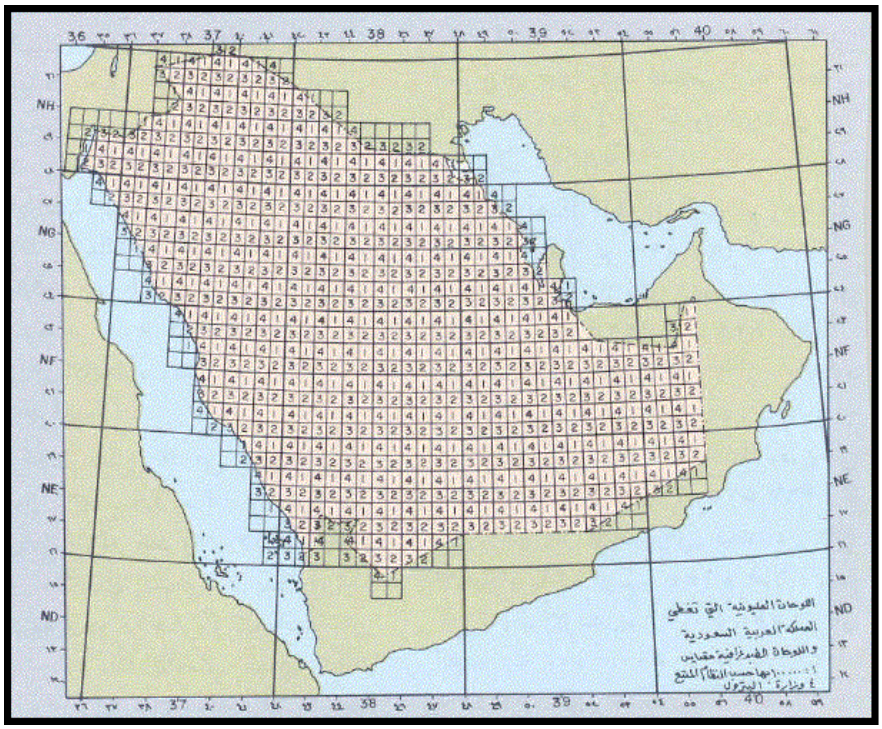
٤. يبلغ عدد الخرائط الطبوغرافية التي تغطي المملكة العربية السعودية بمقياس رسم ١ : ٢٥٠،٠٠٠ عدد ١٥٥ خريطة. والتي تغطي الخريطة الواحدة ١.٥ درجات من خطوط الطول و ١ درجة من دوائر العرض.
- تقسم الخريطة المليونية إلي ١٦ خريطة بمقياس ١: ٢٥٠،٠٠٠ وترقم الخرائط من ١ إلي ١٦ بدءا من الركن الشمالي الغربي من الخريطة المليونية ومن الغرب إلي الشرق. ويكتب رقم الخريطة المليونية ويتبعه من جهة اليمين رقم الخريطة. مثلا الخريطة ١ : ٢٥٠،٠٠٠ التي بها مدينة الرياض هي رقم NG38-16.

٥. لم تنتج خرائط طبوغرافية ذات مقياس رسم ١ : ١٠٠،٠٠٠ (نغطي الواحدة ٠.٥ درجة من خطوط الطول و ٠.٥ درجة من دوائر العرض)، إلا أنه تم اعتماد أسلوب لترقيمها (تعتمد عليه أرقام خرائط ١ : ٥٠،٠٠٠). تسمي كل خريطة بإحداثيات الركن الجنوبي الغربي للمربع الممتد ١ × ١ درجة وتقع به الخريطة، ثم يقسم كل مربع إلي ٤ أقسام تسمي بالأرقام من ١ إلي ٤ بدءا من الربع الشمالي الشرقي وفي اتجاه حركة عقرب الساعة، ثم يضاف هذا الرقم إلي الاحداثي الجنوبي الغربي للمربع. فمثلا تقع مدينة الرياض في المربع الذي إحداثياته عند دائرة عرض ٢٤ درجة شمالا و خط طول ٤٦ درجة شرقا، ويكتب هذا المربع: 4624 أي درجة الطول علي اليسار ودائرة العرض علي اليمين. وعند تقسيم هذا المربع إلي ٤ أقسام فأن مدينة الرياض ستقع في المربع الجنوبي الشرقي (أي المربع رقم ٢) وبالتالي فأن خريطة الرياض من مقياس الرسم ١ : ١٠٠،٠٠٠ يكون أسمها 4624-2.

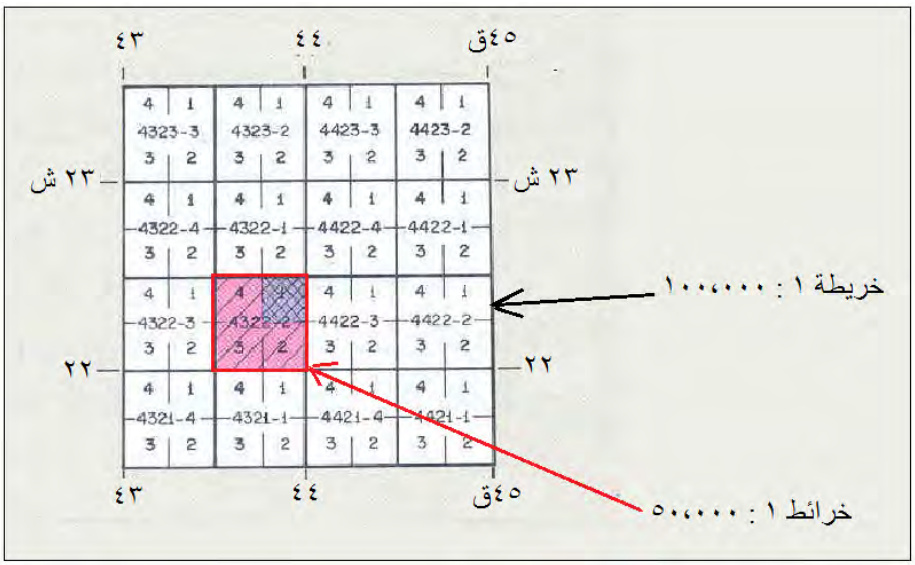
٦. الخرائط الطبوغرافية ذات مقياس الرسم ١ : ٥٠،٠٠٠ ، والتي تغطي الخريطة الواحدة ١٥ دقيقة من خطوط الطول و ١٥ دقيقة من دوائر العرض.
- تقسم الخريطة ١ : ١٠٠،٠٠٠ إلي ٤ خرائط بمقياس ١: ٥٠،٠٠٠ وترقم الخرائط من ١ إلي ٤ بدءا من الركن الشمالي الشرقي وفي اتجاه حركة عقارب الساعة. ويضاف هذا الرقم إلي أسم الخريطة ١ : ١٠٠،٠٠٠. مثلا تقع مدينة الرياض في المربع **الثالث** (الجنوبي الغربي) من أقسام الخريطة ١ : ١٠٠،٠٠٠ وبالتالي فيكون أسم خريطة الرياض من مقياس رسم ١ : ٥٠،٠٠٠ هو 4624-2**3**.



شكل (٢-٥٦) دليل الخرائط ذات مقياس الرسم ١ : ٢٥٠،٠٠٠ في المملكة



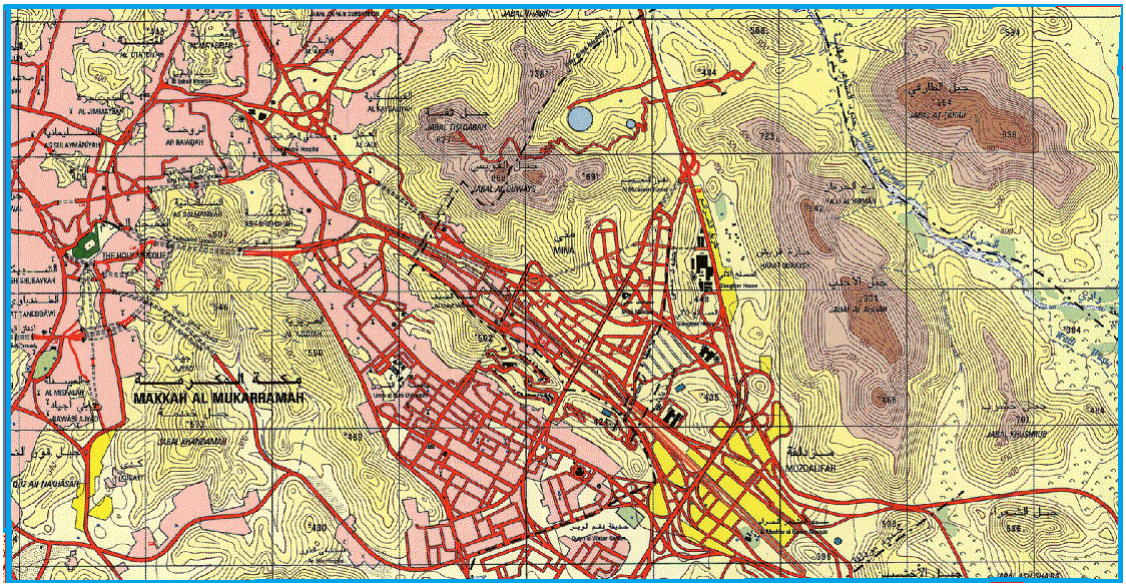
شكل (٢-٥٧) دليل الخرائط ذات مقياس الرسم ١ : ٥٠،٠٠٠ في المملكة

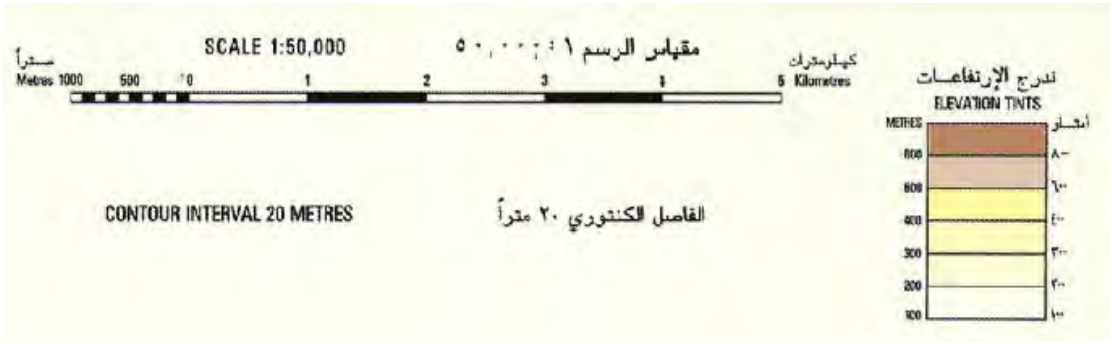


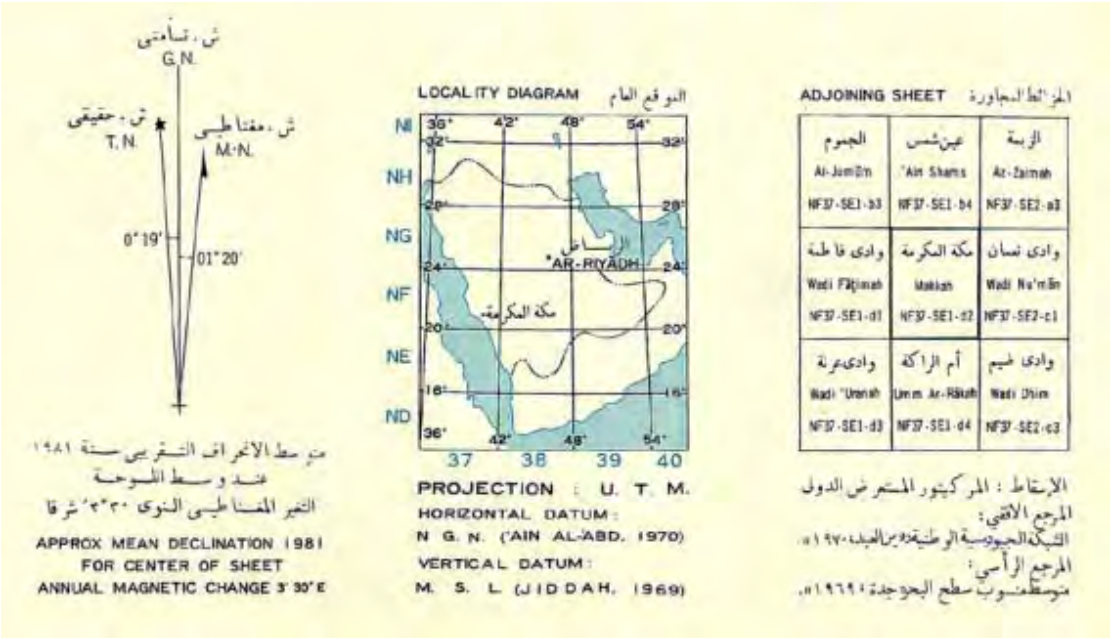
شكل (٢-٥٨) مثال لترقيم الخرائط ذات مقياس الرسم ١ : ٥٠،٠٠٠ في المملكة

أهم ما يميز الخريطة الطبوغرافية ١ : ٥٠،٠٠٠ في المملكة الآتي:

- أبعاد الخريطة ٥٠ سنتيمتر في اتجاه الشرق و ٥٥ سنتيمتر في اتجاه الشمال.
- تغطي الخريطة تقريبا ٦٩٣ كيلومتر مربع من الأرض.
- يوجد إطاران علي الخريطة:
  - الإطار الداخلي به تدريج كل ٥ دقائق من خطوط الطول و دوائر العرض، أي أن الخريطة تحتوي علي ٩ مربعات فلكية طول ضلع المربع الواحد ٥ دقائق.
  - الإطار الخارجي وتظهر عليه الإحداثيات الكيلومترية، وتكتب الكيلومترات الكاملة كل ١٠ كيلومتر بينما تكتب آحاد و عشرات الكيلومترات فقط كل ٢ كيلومتر.
- يكتب عنوان الخريطة في وسط الجزء العلوي منها، وعلي يمينه المسمي الاحداثي باللغة العربية وعلي يساره المسمي الاحداثي باللغة الانجليزية.
- في وسط الجزء السفلي من الخريطة يوجد مقياس الرسم الخطي الدقيق ويقيس إلي كيلومترات صحيحة و دقته ١٠٠ متر. كما يوجد أيضا مقياس رسم آخر بقيس إلي أميال صحيحة و دقته ٥٠٠ ياردة.
- علي يمين مقياس الرسم بيانات عن الاتجاهات (الانحرافات) الجغرافية والمغناطيسية والعلاقة بينهما (زاوية الاختلاف) وتاريخ رصدها وقيمة التغير السنوي لها واتجاهه. كما توجد معلومات عن المسقط المستخدم (UTM علي اليبسويد هايفورد) وأيضا مرجع الشبكة الجيوديسية (عين العبد ١٩٧٠) ومرجع الأبعاد الرأسية (وهو متوسط سطح البحر عند مدينة جدة).
- علي يسار مقياس الرسم يوجد رسم تخطيطي لنظام ترقيم اللوحات و دليل اللوحات المجاورة.
- علي يمين الخريطة يوجد مفتاح الخريطة والذي يتضمن قائمة بمصطلحات و رموز الظواهر الجغرافية الطبيعية والبشرية الظاهرة في الخريطة.
- الفاصل (أو الفترة) الكنتورية تبلغ ٢٠ متر، ويرسم خط كنتور المئات الصحيحة من الأمتار بخط أكثر سمكا.
- تتكون ألوان الظاهرات الجغرافية علي الخريطة من:
  - الكثبان الرملية: اللون البني
  - الظواهر المائية (مجاري الأودية و البرك و السبخات): اللون الأزرق
  - المناطق الزراعية: اللون الأخضر
  - المناطق السكنية و الطرق: اللون الأحمر.
- تظهر تصنيفات الطرق علي الخريطة كالتالي:
  - الطرق الرئيسية: خط سميك متصل أحمر
  - الطرق الثانوية: خط مقطع رفيع أحمر
  - المدقات والدروب الصحراوية: خط مقطع رفيع أسود







شكل (٢-٥٩) مثال لأجزاء من خريطة ١ : ٥٠،٠٠٠ في المملكة (جزء من مدينة مكة المكرمة)