الجمهورية العربية السورية
منشورات جامعة دمشق
كلية الآداب والعلوم الإنسانية

الخرائط الموضوعية (Thematic Maps)

الدكتورة
صفية جابر عيد
أستاذ في قسم الجغرافية

الدكتورة
يارا سهيل الويش
مدرسة في قسم الجغرافية

جامعة دمشق

1448 – 1447
2026 – 2025

الخرائط الموضوعية (Thematic Maps)

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

منشورات جامعة دمشق
كلية الآداب والعلوم الإنسانية
قسم الجغرافية

الخرائط الموضوعية (Thematic Maps)

الدكتورة
صفية جابر عيد
أستاذ في قسم الجغرافية

الدكتورة
يارا سهيل الويش
مدرس في قسم الجغرافية

جامعة دمشق
1448-1447
2026-2025

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

فهرس الموضوعات

الموضوع	رقم الصفحة
المقدمة	9
الفصل الأول: مفاهيم عامة في علم الكارتوغرافية	11
1-1-تعريف علم الكارتوغرافية (علم الخرائط)	12
1-2-علاقة علم الكارتوغرافية بالعلوم الأخرى	16
1-3-الخرائط الجغرافية العامة وخصائصها	19
1-4-أنواع الخرائط الجغرافية	20
الفصل الثاني: تاريخ الخرائط الموضوعية	29
2-1 -لمحة تاريخية	30
2-2-مفهوم الخرائط الموضوعية	35
2-3-مصادر معلومات الخرائط الموضوعية	36
الفصل الثالث: الخرائط الموضوعية (تصنيفها، محتوها)	41
3-1-تصنيف الخرائط الموضوعية بحسب المضمون أو المحتوى	42
3-1-1-تصنيف الخرائط الموضوعية (الخاصة) بحسب وظيفتها	47
3-1-2-تصنيف الخرائط الموضوعية بحسب المقياس	49
3-1-3-تصنيف الخرائط الموضوعية بحسب المساحة	50
3-1-4-تصنيف الخرائط الموضوعية بحسب طريقة رسمها (طريقة الرسم الجغرافي)	51
3-2-محتوى الخرائط الموضوعية	52
3-2-1-المحتوى العام أو الأساسي	53
3-2-2-المحتوى المساعد	54
3-2-3-المحتوى المتمم	54
3-2-4-المحتوى الخاص	54
الفصل الرابع: أنماط البيانات الجغرافية	57
4-1-البيانات الجغرافية النقطية	58
4-2-البيانات الخطية	65

4-3-البيانات المساحية	66
الفصل الخامس: طرائق التمثيل الكمي المستخدمة في الخرائط الموضوعية	71
5-1-الرموز المساحية ذات التوقيع المكاني (الفعلي) وطرائق حسابها	72
5-2-الرموز المساحية الكارتوديا غرامية	73
5-3-الرموز الحجمية	81
5-4-الرموز الخطية البسيطة والمركبة	93
الفصل السادس: طرائق التمثيل النوعي المستخدمة في الخرائط الموضوعية	103
6-1-أساسيات	104
6-2-أساليب التمثيل الكارتوغرافي في الخرائط الموضوعية	104
6-2-1-أسلوب الرموز الموضعية (التواقيع المكانية)	104
6-2-1-1-أسلوب الرموز الحرة	114
6-2-1-2-أسلوب الرموز الخطية	116
6-2-1-3-أسلوب الرموز المساحية	117
6-2-2-الأسلوب النوعي لتمثيل المظاهر الجغرافية مساحية الانتشار (النطاقات أو البقع)	121
6-2-3-طريقة النقاط	129
6-2-4-طريقة خطوط القيم المتساوية	147
6-2-5-طريقة خطوط الحركة	154
6-2-6-طريقة الكارتوغرام	168
6-2-7- طريقة الكارتوديا غرام	183
الفصل السابع: كارتوغرافية الحاسب	193
7-1-تعريف الخريطة الرقمية والخريطة الورقية	198
7-2-أهمية كارتوغرافية الحاسب	200
7-3-نقاط التشابه بين الخرائط التقليدية (الورقية) والخرائط الحاسوبية (الرقمية)	207
7-4-الخرائط التفاعلية	209

الفصل الثامن: الوسائل الجديدة في الاستشعار عن بعد كمصادر لتصميم الخرائط الموضوعية	219
8-1-الصور الجوية (الخريطة الصورة)	220
8-2-صور التوابع الصنعية والخرائط الموضوعية الناتجة عنها	235
8-3-نماذج الارتفاع الرقمي والمرئيات الستريوسكوبية	244
8-4-تحديث الخرائط باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد	256
8-5-الحصول على المعلومات من مصادر الاستشعار عن بعد ودورها في وضع الخرائط الموضوعية	263
الفصل التاسع: وضع الخريطة الموضوعية	275
9-1-الخريطة الموضوعية	276
9-2-المحتوى والتصميم والإخراج	277
9-3-وضع الخريطة الموضوعية بالطرائق التقليدية	279
9-4-وضع الخريطة الموضوعية حاسوبياً (باستخدام البرمجيات المختصة)	280
فهرس المصطلحات	309
فهرس الأشكال	313
فهرس الخرائط	319
فهرس الجداول	323
فهرس الصور	325
المراجع باللغة العربية	327
المراجع باللغة الإنجليزية	329
المراجع باللغة الإيطالية	331
المراجع باللغة الروسية	333

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المقدمة

يُعد علم الكارتوغرافية علماً له مشكلاته وكيانه الخاص به، في الوقت الحاضر، ولم يُعد فرعاً من فروع علم الجغرافية، مع أن الخريطة لغة وركيزة أساسية لفهمها، ومن غيرها من الصعب فهم الجغرافية.

وعلم الخرائط اختلف حالياً في طبيعته ومنهجه عن علم الجغرافية، لكن يحتاج الكارتوغرافي إلى إلمام بعلوم كثيرة ومهارات عدة حتى يكون كارتوغرافياً ناجحاً، فعليه أن يجمع بين العلوم الرياضية والموهبة الفنية والمعرفة الجغرافية الواسعة، وذلك لأنه يحتاج إلى استعمال العمليات الرياضية والإحصائية والجوانب الفنية التي تخرج الخريطة في صورة منتج نهائي يجمع بين العلم والفن.

فضلاً على ذلك يجب على واضع الخرائط فهم المساقط وتحويلاتها وفهم المناسب منها لكل خريطة بحسب هدفها والغاية التي وُضعت لتحقيقها.

وازداد الاهتمام بعلم الخرائط في دول العالم المختلفة بعد الحرب العالمية الثانية، وتطورت أساليب وضعها، وتعددت وسائل الحصول على بياناتها بدءاً من بيانات الأقمار الصناعية والصور الجوية وبيانات نظام تحديد المواقع العالمي، فضلاً على وصول التقانات الحديثة في وضعها ولاسيما الحاسب في تطوير البرمجيات المختلفة لإدخال بيانات الخرائط وترميزها وتصنيفها، وتلوينها وإخراجها بالشكل الأمثل، ولاسيما برمجيات نظم المعلومات الجغرافية وغيرها من البرمجيات.

يتضمن هذا الكتاب تسعة فصول؛ شمل الفصل الأول مفاهيم عامة في علم الكارتوغرافية. أما الفصل الثاني فقد احتوى عرضاً لتاريخ الخرائط، لاسيما الخرائط الموضوعية، وتناول الفصل الثالث الخرائط الموضوعية (تصنيفها ومحتواها) وتصنيفها بحسب مقياسها وبحسب المساحة المرسومة وبحسب طريقة رسمها، أما محتواها فقد شمل المحتوى الجغرافي العام، والمحتوى المساعد، والمتمم.

وتناول الفصل الرابع أنماط البيانات الجغرافية التي يتم تُمثَّل في الخرائط، وهي البيانات المتمركزة والبيانات التي تنتشر في الطبيعة على شكل خطوط والبيانات المساحية.

أما الفصول الأخرى فقد شملت أساليب تمثيل الخرائط الموضوعية، وتناول الفصل الأخير استخدام الحاسب في وضع الخرائط الموضوعية.

وزُوِّد الكتاب بالخرائط الضرورية والأشكال التوضيحية وفهرس المصطلحات العربية والإنكليزية، آملين أن يكون إضـــافة إلى المكتبة العربية والمختصـــة بالجغرافية والكارتوغرافية ومســـتخدميها أيضاً.

أخيراً نشـكر الزملاء الأسـاتذة الذين تفضـلوا بمراجعة هذا الكتاب قبل طباعته، لهم منا جزيل الشكر والعرفان بالجميل، والشكر موصـول للمدقق اللغوي، وللعاملين في الطباعة الذين أسـهموا بإخراج هذا الكتاب إلى حيز الوجود.

والله ولي التوفيق....

المؤلِّفتان

د. يارا سهيل الويش

مدرس في قسم الجغرافية

أ.د. صفية جابر عيد

أستاذ في قسم الجغرافية

الفصل الأول

مفاهيم عامة في علم الكارتوغرافية
General concepts in cartography

1-1-تعريف علم الكارتوغرافية (علم الخرائط).

1-2-علاقة علم الكارتوغرافية بالعلوم الأخرى.

1-3-الخرائط الجغرافية العامة وخصائصها.

1-4-أنواع الخرائط الجغرافية.

الفصل الأول: مفاهيم عامة في علم الكارتوغرافية

1-1-تعريف علم الكارتوغرافية (علم الخرائط):

يُعد علم الخرائط علماً قديماً؛ إذ بدأ مع بداية وجود الإنسان، وارتبط به ارتباطاً وثيقاً، وتدلُّ الأبحاث والاكتشافات على أنّ الإنسان قد رسم الخرائط بالفِطرة، حتى قبل معرفته الكتابة، وهذا ما عُثر عليه في رسومات الإنسان القديم التي ما زالت محفوظة في المغارات والجبال والكهوف؛ فقد رسم الإنسان البيئة المحيطة به كالأنهار، والبحار، والجبال، والتلال برموزٍ وأشكال بدائية، وتطوّرت هذه الرسومات بعد أن عرف الكتابة لإدراكه أهميّتها لأنها تظهر المكان بما يحتويه من مظاهر، ولذلك رسم معالمها على الألواح الطينيّة والخشبيّة، وعلى جلود الحيوانات التي يصطادها، وعلى ورق نبات البُردى برموز تصويرية بحسب إمكاناته.

يُعرَف علم الخرائط (Cartography) بأنه العلم الذي يتناول الأسس النظرية وأساليب وضع الخرائط وإنتاجها واستخدامها ووسائلها. وهو علم وفن رسم الخرائط، ولغة للتعبير عن العلاقات المكانية، ويتجلى فن الكارتوغرافية ليس في مرحلة إعداد الخرائط فحسب، بل في استعمال الرموز والألوان والنصوص التي تُعد مهمة جداً في الكارتوغرافية الموضوعية. أما **الكارتوغرافي** فهو: الشخص الذي يُعد الخرائط ويرسمها ويُخرجها.

يتكون مصـــطلح الكارتوغرافية(Cartography) من مقطعين، هما: (Carte) وتعني الخريطة و(Graphy) وتعني الرسم، وهي في اليونانية (Graphos)، فيكون التعريب الحرفي للمفهوم رسم الخرائط، وبقي هذا المفهوم ســـائداً حتى عهد قريب، وبقيت مهمة الكارتوغرافية والكارتوغرافيين محصـورة في رسـم الخريطة، ولكن بعد تطور هذا العلم وعدم اقتصـاره على تقنيات رسـم الخرائط صـــار علماً مســتقلاً له مادته التي يأخذها من علوم مختلفة، ويتعامل معها بأســاليبه الخاصـــة ليخرجها خريطة مُعدَة للاستخدام.

ففي منتصـف القرن العشـرين اتسـع مجال الكارتوغرافية وشـمل كثيراً من الجوانب. لذلك اختلفت الآراء حول دور علم الخرائط (الكارتوغرافية) وطبيعته، فهناك من يعده وســـيلة أو قناة لنقل المعلومات فحسب، أو وعاءً لحفظ المعلومات توضـع فيه وتؤخذ منه، وهناك من يجد في الخرائط لغة خاصـة تسـتعمل الرموز بدلاً من الأحرف وتتميز باختصـارها المعلومات المكتوبة، على حين

يجد آخرون في علم الخرائط علماً معرفياً يتضمن طريقة بحث خاصة تعتمد على الرسم للتعرف على الواقع وحل مشكلاته، فضلاً عن أن الخرائط وعاء لحفظ المعلومات وقناة لنقلها ولغة رمزية خاصة.

إن التطور السريع لعلم الخرائط المواكب للتطور العلمي والتقني الذي قادته الثورة العلمية التقنية التي تجتاح العالم جعل هذا العلم يتميز بكل المواصفات التي يراها العلماء في الخرائط. وفي القرن العشرين اعتمدت اللجنة المشتركة العالمية للكارتوغرافيين التي انعقدت في نيسان عام 1972 مفهوماً آخر ينص على أن الكارتوغرافية علم وفن وطرائق وضع الخرائط.

يشمل علم الكارتوغرافية الإجراءات المتعلقة بإعداد الخرائط بدءاً من تهيئة الخرائط الأساسية في الحقل بأساليب المساحة المستوية والطبوغرافية، وباستخدام وسائل المساحة إلى لحظة طباعتها ونشرها، والتطور الكبير الذي حدث بعد الثورة المعلوماتية في مجال التقنيات العلمية الحديثة في المساحة والحاسبات الإلكترونية ووسائل التصوير والمسح الجوي (كطائرات الدرون) والمسح الفضائي كمرئيات الأقمار الصناعية، كل ذلك كان أشبه بثورة في صناعة الخرائط التي تطورات كثيراً، وبفضل المعدات الحديثة التي أُدخلت في صنعها فضلاً على الذكاء الصنعي الجغرافي في المدة الأخيرة. ومن ثم صار علم الكارتوغرافية من أهم فروع الجغرافية باستخدامه الرسم الآلي للخرائط اعتماداً على نظم المعلومات الجغرافية لإنتاج الخرائط وزيادة دقتها وخفض تكاليفها ومرونتها؛ أي استخدام الإمكانات التحليلية للحاسب الآلي.

والعلم في الكارتوغرافية لا يعني أنه علم تجريبي كعلم الفيزياء والكيمياء، بل علم يستخدم الأساليب العلمية في تحليل البيانات أو المعطيات الجغرافية من جهة، ويستخدم القوانين والوسائل العلمية في تمثيل هذه المظاهر من جهة ثانية. أما الفن في الكارتوغرافية فيعني أنه لم يعد يقتصر على تلوين الخرائط كما كان في السابق، بل يعتمد على اختيار الرموز التي تناسب كل ظاهرة وتمثيل المظاهر على شكل رموز، ثم اختيار الألوان المناسبة وتلوين الخرائط. ولكن التقنية هي استخدام وسائل وأجهزة مختلفة في وضع الخرائط وتحريرها وإخراجها، لذلك فعلم الخرائط هو فرع علمي يقدم خدماته لعدد كبير من العلوم التي تهتم بالبعد الجغرافي (المكاني) للظواهر التي تدرسها، وجميع الخرائط المعروفة تمتلك بعداً جغرافياً برسمها للمكان، فهي جغرافية بدرجة معينة، وإن كان موضوعها الأساسي غير جغرافي.

والخريطة هي صورة مصغرة، لأنها صورة مرئية تمثل العلاقات المتبادلة بين الإنسان والبيئة، وتُعرَف أيضاً بأنها حصيلة طريقة علمية وفنية منظمة، يُمثَل بوساطتها سطح الأرض الكروي أو جزء منه على سطح مستو وفق مقياس رسم معين، حيث ينظم العلاقة المتبادلة بين الأبعاد على الخريطة وما يمثلها على الطبيعة، ومسقطه محدد ينظم نقل المعلومات من السطح الكروي الى السطح المستوي (الخريطة) ورموز تعبر عن التفاصيل الطبيعية والبشرية لسطح الأرض. كان رسم الخرائط تقليدياً باستخدام القلم والورق، ولكن مع انتشار الحواسب الآلية تطور هذا الفن، ولاسيما بفعل ظهور عدد من البرامج التي تساعد على معالجة الخرائط بدقة وفعالية معتمدة على ما يسمى بـ (نظم المعلومات الجغرافية Geographic Information Systems) ومن أهم هذه البرامج؛ ARC GIS و QGIS.

تمثل الخرائط أداة فعالة توضح مجموعة من الحقائق العلمية التي تتناول العلاقة القائمة بين الإنسان والبيئة التي تمثل مجال اهتمام المختصين من العلوم المختلفة؛ فهي وسيلة بيانية تعرض عليها نتائج الدراسات الميدانية وخلاصة الأبحاث الجغرافية التي تتمثل في شكل توزيعات وعلاقات مكانية، ويُشتق منها كثير من البيانات الأساسية أو يضاف اليها إذا كانت بصيغة رقمية. تُمثل الخرائط المكان أياً كان اتساعه من منطقة صغيرة إلى سطح الكرة الأرضية بكامله، مبينة حالة الظواهر الجغرافية في هذا المكان في وقت معين، وتعطي الخرائط بذلك شكلاً شمولياً للمكان المرسوم، وتمثل الصفات النوعية والكمية للظواهر، وتسمح بتحديد مواقع (إحداثيات) نقاط سطح الأرض المرسومة، وقياس الأبعاد والمساحات والارتفاع والحجم، وتبين علاقات الظواهر المكانية، وطبيعة توزعها في المكان وخصائصها.

هذه الصفات التي تتميز بها الخرائط تبين مدى أهميتها، وتثبت تفردها بتمثيل هذا الكم من الصفات المتعلقة بالظواهر ببساطة واختصار شديدين، ولذلك استخدمت الخرائط على نطاق واسع عند الشعوب والحضارات المختلفة منذ آلاف السنين.

إن دراسة أي ظاهرة أو مجموعة ظواهر موجودة على سطح الأرض يتطلب تحليل العلاقة فيما بينها وأماكن انتشارها وعلاقتها مع غيرها، إضافة إلى الشكل الذي تتخذه، وإن أي خريطة هي مجموعة من الرموز، بمعنى: إنها تمثيل رمزي لجزء أكبر من سطح الأرض الذي تدور عليه أحداث طبيعية وأنشطة بشرية، ولكن بصرف النظر عن توزع الرموز المستخدمة في تمثيل الظواهر الجغرافية على الخرائط الخاصة يمكن دمجهما في ثلاث مجموعات رئيسية هي:

- رموز مكانية – موضعية (Local symbols): تُدعى أحياناً رموز الموقع، وتُستخدم في إظهار مواقع المظاهر الجغرافية وأماكنها بدقة.
- رموز خطية (Line symbols): تُستخدم لتمثيل المظاهر الخطية التي تمتد في الطبيعة بشكل طولي كالأنهار والطرقات وغيرها.
- رموز مساحية (Area symbols): تُستخدم لتمثيل الظواهر المنتشرة على شكل مساحات كتوزع الصخور والترب واستعمالات الأرض.

وتختلف هذه الرموز لأنها قد تكون رموزاً نوعية تُشير إلى نوع الظاهرة، أو رموزاً كمية تشير إلى مقدار الظاهرة، أوقد تكون الرموز كمية ونوعية تشير الى النوع والكم معاً.

ومن الصعب وجود حدود واضحة بين أقسام الكارتوغرافية، لكن يصنفها الكارتوغرافيون كما يأتي:

1-علم الخرائط: ويشمل المعرفة الأساسية للخرائط: أنواعها وتقسيماتها، وخصائصها، وعناصرها ومحتواها، ومعرفة هذا الجزء ضرورية لكل مهتم بالخرائط من الكارتوغرافين والمستخدمين والباحثين.

2-الكارتوغرافيا الرياضية: هذا النوع من الكارتوغرافية يبحث في القوانين والأسس الرياضية، والإمكانات المتعددة المساعدة في تحويل سطح الأرض إلى سطح مستوٍ، فمن المعروف أن للأرض شكلاً شبه كروي (إهليلج) وفي أثناء تحويل هذا السطح بشكل كامل أو جزئي إلى لوحة مستوية يتعرض للتمزق، لذلك فإن هذه القوانين تحول دون هذا التمزق.

3-رسم الخرائط وتحريرها: ويشمل الوسائل المساعدة في رسم الخرائط على لوحات، واختيار الرموز الاصطلاحية والألوان المناسبة التي يظهر خلالها إظهار المعطيات الجغرافية المختلفة.

4-إخراج **الخرائط:** يهتم هذا الجزء بتقانات الطباعة والإخراج من خلال مجموعة من العمليات تبدأ بإسقاط الخريطة الذي يرتبط بالهدف ووظيفة الخريطة، ثم إسقاط المحتوى، وبعد ذلك الإخراج التقني وغيرها.

ويمكن اختصار ميزات الخرائط التي تدل على أهميتها بما يأتي:

1. تدل الخريطة على المكان المرسوم من دون الحاجة إلى الذهاب والاطلاع على هذا المكان.
2. تُعد الخرائط دليلاً لحاملها في المنطقة المرسومة لمعرفة الاتجاه، وإجراء القياسات للوصول إلى الهدف المنشود.
3. تستخدم الخرائط في وضع مخططات التنمية، ومخططات المشاريع المزمع إقامتها

على الطبيعة، وتساعد المخطط على إنجاز مهامه بسرعة وكفاءة وتكلفة قليلة.

4. تُستخدم الخرائط في التعليم والتعلم، سواء أكان التعليم في المدارس أم المعاهد والجامعات، أم كان تعلماً ذاتياً لزيادة المعارف الشخصية، وتستخدم بوصفها مراجع ثقافية أو سياحية، أوتُستخدم في الدعاية لسياسة ما أو بلد ما أو لنشاط اقتصادي أو اجتماعي.
5. الخرائط مصدر للمعلومات في المجال العسكري وقيادة الجيوش، ومعرفة العوامل والظروف الطبيعية والبشرية التي تقف عائقاً أو مساعداً للأنشطة العسكرية والأعمال الحربية.
6. أداة من أدوات البحث العلمي، وطريقة من طرائقها، فالخريطة أداة ووسيلة لنقل المعلومات وحفظها، ومن جهة أخرى فإننا نحصل من الخريطة دائماً على معلومات أكثر وأفضل من المعلومات التي مُثّلت عليها، ولذلك تسهم الخرائط في زيادة المعارف الموجودة للظواهر الجغرافية والمكانية الأخرى.
7. تُقدم معلومات عن كيفية توزع الظواهر في الحيز المكاني، وعن العلاقات التي يمكن فهمها من خلال تجاور هذه الظواهر مع بعضها مع بعض أو تباعدها.

إن أهمية علم الكارتوغرافية في المعرفة الجغرافية الخاصة، أو المعرفة العامة للإنسان تُساعد في الوصول إلى نتيجة تعبر عن هذه الأهمية، ومفادها أن المعرفة الجغرافية لمكان ما تقترن دائماً بدرجة تطور الخرائط التي توضع لهذا المكان، وأن الخرائط الجيدة هي سمة أي بحث جغرافي أصيل، وبالنسبة إلى المعرفة العامة فعلى أي مثقف أن يتعامل مع الخرائط كما يتعامل مع مصادر الثقافة الأخرى المعروفة.

1-2-علاقة علم الكارتوغرافية بالعلوم الأخرى

قد تكون الخرائط جغرافية بموضـــوعها، أو قد يتعلق موضـــوعها بعلم آخر كالتاريخ والجيولوجية والهندســـة وغيرها من العلوم، لذا يرتبط علم الخرائط بهذه العلوم بدرجات مختلفة تتعلق بمدى اســتخدام هذه العلوم للخرائط واعتمادها عليها، ومن هذا المنطلق يمكن عد الجغرافية أكثر العلوم اهتماماً بالخرائط، وعلى العكس يمكن عد علم الخرائط علماً جغرافياً قبل كل شـــيء لارتباطه بالمكان، وهو مادة البحث الجغرافية الأولى.

يرتبط علم الخرائط بعلوم كثيرة بعلاقات قديمة ووطيدة، وتتطور هذه العلاقات تبعاً لتطور علم الخرائط نفسه، وتطور هذه العلوم المرتبط بالثورة العلمية – التقنية والذكاء الصناعي الذي يجتاح العالم ويأتي بالجديد كل يوم.

ويمكن تقسيم علاقات علم الخرائط (الكارتوغرافية) مع العلوم الأخرى إلى مجموعتين رئيستين:

- الأولى؛ مجموعة العلوم التي تأخذ منها الكارتوغرافية أكثر مما تعطي.
- الثانية؛ مجموعة العلوم المستفيدة من علم الخرائط.

المجموعة الأولى تشمل:

علم الكارتوغرافيا والرياضيات (Geography and mathematics): تساعد الرياضيات علم الخرائط على إيجاد القوانين الرياضية المطلوبة لإسقاط السطح الكروي (الإهليلجي) للأرض على سطح مستو، وحساب المقياس وحساب أبعاد الرموز وغير ذلك، بالإضافة إلى إسهام الرياضيات في تطويع تقنيات الحاسب الآلي لوضع الخرائط بوساطته، وإعداد ما يسمى بالنماذج الرياضية للخرائط.

علم الكارتوغرافية وعلم المساحة (الجيوديزيا Geodesy): الذي يدرس شكل سطح الأرض وأبعاده وأساليب القياسات عليه، وهذا يمنح علم الخرائط المعلومات المطلوبة لرسم المكان بأبعاده الصحيحة.

علاقة علم الكارتوغرافية بعلم التصوير (Photography): إن ظهور التصوير الجوي ثم التصوير الفضائي أديا إلى ظهور الاستشعار عن بعد، وظهور علم يهتم بإجراء القياسات من خلال الصور نفسها هو الفوتوغرامتري (Photogrammetry)، الذي يهتم بإجراء القياسات على الصور نفسها، حيث يؤدي التقاطع بين القياسات المساحية والقياسات على الصور إلى ما يُعرف بالدراسة الطبوغرافية، وتُعد أساساً لوضع أنواع الخرائط المختلفة. ويفيد علم المساحة الفضائية (Space photogrammetry) في وضع الخرائط والنماذج ثلاثية الأبعاد.

علم الكارتوغرافية ونظم المعلومات الجغرافية ((Geographic information system (GIS): تكمن القوة الحقيقية لنظم المعلومات الجغرافية في قدرتها التحليلية، واتخاذ أفضل القرارات.

يُعد علم الكارتوغرافية (علم الخرائط) من أهم فروع علم الجغرافيا؛ فمنذ نجاح استخدام الحاسب الآلي في مجال الرسم أخذت الكارتوغرافية مسلكاً تنفيذياً جديداً إذ يطلق عليه الخرائط الرقمية،

تشكل جانباً مهماً في مجال نظم المعلومات الجغرافية ولاسيما ما يتفق مع العرض البياني الأمثل للبيانات والخرائط. ويمكن سرد ما تقدمه الكارتوغرافية في المراحل المختلفة لإنجاز نظم المعلومات الجغرافية في النقاط الآتية:

1–تتحدد المعلومات المكانية بوساطة النقاط والخطوط والمساحات، ويخضع كل عنصر منها إلى أساليب فنية خاصة كالحجم، والشكل واللون وطريقة الرسم وقواعد التوقيع المكاني بما يتفق مع محتويات الخريطة الأخرى.

2–تقدم الكارتوغرافية جانباً مهماً في مجال إعداد قواعد البيانات الجغرافية، وهو مساقط الخرائط (Map Projections)؛ إذ توضح أنواع المساقط وطرائق رسمها وكيفية استخدامها.

3–تهتم الكارتوغرافية بقواعد الإخراج الفني للخرائط وتحديد الشكل الأنسب لمفتاح الخريطة (Map Legend) ومكانه الصحيح، وشكل الإطار الخارجي والداخلي للخريطة، والموقع الأفضل لعنوان الخريطة، وهذه القواعد الفنية تُعد من أهم متطلبات عرض المعلومات الخرائطية في نظم المعلومات الجغرافية.

5–الرموز (Symbols) التي تُعد من أهم عناصر الخريطة، ولاسيما في مجال تمثيل خرائط التوزيعات؛ فالرموز تختلف بحسب النوع، إذ هنالك رموز هندسية، ورموز تصورية، وعليه فإن نظم المعلومات الجغرافية تستمد أسس اختيار الرموز ورسمها من علم الكارتوغرافية.

أما **المجموعة الثانية** المستفيدة من علم الخرائط فيأتي في مقدمتها فروع الجغرافية وعلوم الأرض الأخرى، حيث تقدم هذه العلوم المادة التي ستمثلها الخرائط، ويعمل علم الخرائط بأسلوبه على تنظيم هذه المعطيات وإيجاد العلاقات فيما بينها، ويخرجها بوساطة منظومة الرموز التي يستخدمها في خرائط.

وتُقدم هذه العلوم، كعلوم الأرض المادة التي يقوم عليها علم الخرائط الذي يعمل بأسلوبه على تنظيم تلك المعطيات، وإيجاد العلاقات فيما بينها، لتُخرج على هيئة خرائط بوساطة منظومة الرموز التي يستخدمها؛ مثلاً: يعطي علم الجيولوجية معلومات عن أنواع الصخور ومواقع تكشفاتها وأعمارها، ويُعد واضعو الخرائط وينفذون الخرائط الجيولوجية التي يحتاج إليها الجيولوجيون أنفسهم في دراساتهم اللاحقة للطبقات وأنواع الصخور، ويربطون بالخرائط بين التكشفات الصخرية وأشكال التضاريس ودرجة انحدارها وأعمارها وكثافة الشبكة المائية وغيرها.

أما **علاقة علم الخرائط بالفن** فقد كانت مجال تضارب في الآراء، وقد عدت الجمعية الكارتوغرافية البريطانية علم الخرائط فناً وعلماً وتقنيات، وعارضت المدرسة السوفيتية (السابقة) هذا الرأي

معتبرة أن الإنتاج الكارتوغرافي الذي ظهر في عصر النهضة في أوروبا اتسم فعلاً بمزايا فنية كثيرة، منها رسم الأشكال النباتية والحيوانية والإنسانية والزخرفية على الخرائط، ورسم عدد غير قليل من هذه الخرائط لتزيين الجدران والخزائن في القصور، ولكن هذه الطريقة الفنية في رسم الخرائط لم تستمر لأنها غير عملية في ظل إنتاج الخرائط الغزير، وضرورة تعبير هذه الخرائط عن المزايا الكمية للمظاهر المرسومة.

يحتاج رسم الخرائط إلى معرفة تقنيات الرسم، ولكن لا يمكن الخلط بين رسم الخرائط والرسم الهندسي مع أنهما مشتركان في عدد من القواعد المتعلقة برسم الخطوط والرموز واختيار المظاهر الواجب تمثيلها، وتحديد درجة الانتقاء والتعميم.

إن استخدام الألوان والرموز والرسم نفسه لا يخص العلم وحده أو الفن وحده، ولا يميز أحدهما من الآخر، فالعلم يعكس الواقع بوساطة قرائن ومفاهيم علمية، أما الفن فيعكس الواقع بقرائن فنية لا تخضع لقواعد علمية، بل لقواعد فنية. إن الرموز والأشكال والألوان المستخدمة في الخرائط تمتلك مدلولات ومفاهيم علمية، لذا هي ليست فناً باستثناء خرائط الدعاية التي تنفذ من مواد مختلفة بطريقة تهدف إلى جذب النظر، كتلك التي تنفذ من الحجر أو المصابيح الكهربائية أو الخيوط. لكن واضع الخرائط يجب أن يلم بالرسم، ويتمكن منه ليستطيع رسم خرائط مؤدية للغرض الذي وضعت من أجله، ولكي تبدو هذه الخريطة منسقة وجميلة بالإضافة إلى دقتها.

1-3-الخرائط الجغرافية العامة وخصائصها

تحتوي **الخرائط الجغرافية العامة** (General maps) مظاهر جغرافية متنوعة كالتضاريس، وخطوط السواحل، والمسطحات المائية، وبعض مظاهر النبات والمظاهر البشرية كتوزع المناطق السكنية، والمظاهر الاقتصادية كطرق المواصلات وغيرها، وتدعى الكبيرة ومتوسطة المقياس منها بالخرائط الطبوغرافية. وتُعرف الخرائط الجغرافية العامة بأنها: الخرائط التي ترسم سطح الأرض بما عليه من مظاهر طبيعية وبشرية واقتصادية بدرجة واحدة من الانتقاء والتعميم؛ أي من دون أن تبرز مظهراً من هذه المظاهر وتهمل غيره أو تذكره بتفصيل أكثر من غيره.

ويمكن تصنيفها في مجموعات بحسب مقياسها:

- المخططات الطبوغرافية التي تُراوح مقاييسها بين 1/500 و1/10000.
- الخرائط العامة الطبوغرافية التفصيلية (كبيرة المقياس) تُراوح مقاييسها بين 1/10000 و1/200000.

- الخرائط العامة الطبوغرافية (متوسطة المقياس) تُراوح مقاييسها بين 200000/1 و1000000/1
- الخرائط الجغرافية العامة صغيرة المقياس أو الطبوغرافية الشاملة للدول أو لجزء من الكرة الأرضية تقل مقاييسها عن 1000000/1

تُستخدم الخرائط الطبوغرافية كبيرة المقياس في المؤسسات والشركات التي تهتم بالدراسات المكانية التفصيلية، وتُصدر وتُخرج على شكل خرائط منفردة. أما الخرائط ذات المقاييس المتوسطة فتوضع على مستوى الأقاليم الكبيرة أو الدول على أساس الخرائط الكبيرة المقياس، أما الخرائط الصغيرة المقياس فتحتوي نفس المظاهر التي تحتوي عليها الخرائط كبيرة المقياس ولكنها شديدة التعميم، وتختص غالباً برسم الدولة كاملة أو القارة أو جزء من قارة.

خصائص الخرائط الجغرافية العامة:

1. عنوان الخريطة يدل على اسم المنطقة المرسومة.
2. ترسم جميع المظاهر فيها بنفس الدرجة من الدقة (الانتقاء والتعميم).
3. تبين المظاهر الأرضية التي يمكن مشاهدتها أو تثبيتها على سطح الأرض.
4. يستخدم عند رسمها نمط واحد ثابت من الرموز المساحية والخطية والموضعية.
5. هي خرائط جغرافية حصراً.

تُعد الخرائط الطبوغرافية أساساً للخرائط الموضوعية، ومن دون الخرائط الطبوغرافية والخرائط الجغرافية العامة الأخرى لا يمكن التفكير بالخريطة الموضوعية. ولكن قرار رسم أية خريطة يحتاج إلى تحديد وظيفتها، والهدف من وضعها ومقياسها ومحتواها الرئيس بالدرجة الأولى، ثم تحديد خريطة الأساس ومصدر المعلومات المطلوبة.

1-4-أنواع الخرائط الجغرافية

يُعد علم الجغرافية من أكثر العلوم اعتماداً على الخرائط واستخداماً لها والإسهام في عملها، حيث ينظر كثير من الناس في الوقت الحاضر إلى الخريطة على أساس أنها وسيلة جغرافية يمكن استخدامها والاستفادة عند طلاب المعرفة الجغرافية أو غيرهم.

تزايد عدد الخرائط الموجودة حالياً كماً ونوعاً أضعاف المرات عن الخرائط التي رُسمت منذ القدم حتى نهاية الحرب العالمية الثانية، ويمكن تقسيم الخرائط إلى أنواع مختلفة كما يأتي:

أولاً: تصنيف الخرائط بحسب الموضوع:

تشترك الخرائط الجغرافية جميعها بعدد من المواصفات الأساسية، فجميع الخرائط تُبنى على أساس رياضي، ولها محتوى جغرافي، لكن هذا المحتوى قد يكون شاملاً جميع العناصر الواردة في الرسم التوضيحي تحت هذا العنوان، وتسمى الخرائط في هذه الحالة **خرائط جغرافية عامة (General Geographic Maps)**، وقد تحتوي الخريطة عدداً محدوداً من عناصر هذا المحتوى الجغرافي، أو مظاهر جغرافية طبيعية أو بشرية أخرى لم ترد مع العناصر المدرجة، فتسمى في هذه الحالة **الخرائط الموضوعية (Thematic Maps)**، ويمكن تعريفها بأنها الخرائط التي ترسم مظهراً واحداً أو عدداً قليلاً من المظاهر بدرجة معينة من الدقة والتفصيل لإبراز هذه المظاهر دون غيرها.

إن الفرق الأساسي بين الخرائط الجغرافية العامة وخرائط الموضوعات الخاصة هو أن محتوى الخريطة العامة يشمل عدداً كبيراً من المظاهر الجغرافية التي يمكن رؤيتها أو معرفة مواقعها على الطبيعة مباشرة، وبالمقابل تركز الخرائط الموضوعية على مظهر جغرافي واحد، أو مظهرين لتبيان حالة هذه المظاهر وتوزعها وعلاقاتها بدرجة معينة من الدقة والتفصيل، سواء أكانت هذه المظاهر مرئية أم محسوسة أم مجردة. يمكن تمييز الخرائط العامة والموضوعية من حيث طرائق الرسم المستخدمة، فهناك تنوع كبير في طرائق رسم الخرائط الموضوعية وعددا كبير من الرموز المستخدمة فيها مقارنة مع الخرائط الجغرافية العامة التي تتكرر فيها أساليب الرسم وتتشابه.

ثانياً: تصنيف الخرائط بحسب مقياس رسمها:

ترتبط درجة تفصيل المعلومات المتضمنة في الخريطة بمقياسها، فكلما كبر المقياس سمح بإبراز مظاهر جغرافية أكثر وازدادت دقة الرسم، وهذا يؤثر بدوره على طريقة وضع الخريطة، ويحدد المجال الذي يمكن أن تستخدم الخريطة فيه. فمن المعروف أنه كلما صغر المقياس زادت درجة التصغير وقل المحتوى الجغرافي الذي يمكن رسمه على الخريطة، وهذا يدفع إلى استخدام رموز أصغر وأقل تتناسب ودرجة التصغير (المقياس).

تتنوع الخرائط أيضاً بحسب مقياس الرسم الذي استخدم في أثناء رسمها وتوقيع المعلومات عليها، استناداً إلى ذلك تقسم الخرائط إلى ثلاثة أقسام، هي:

- **خرائط ذات مقياس رسم صغير:** وتعرف هذه المجموعة من الخرائط باسم (الخريطة المليونية)، ومن الأمثلة المهمة للخرائط التي تنطوي تحت لواء هذا النوع (خرائط الأطالس، والخرائط الحائطية) ويبدأ مقياس الرسم في العادة من (1/ مليون) ثم يتدرج في الصغر حتى (1/ 2000000، 5000000/1)، وهذا يعني أن كل وحدة قياسية على الخريطة يعادلها مليون أو أكثر من نفس الوحدات على الطبيعة.
- **خرائط ذات مقياس رسم متوسط:** من أمثلة هذا النوع (الخرائط الطبوغرافية)، التي تكون بدايتها في العادة من مقياس رسم 500000/1 وتصل إلى 100000/1.
- **خرائط ذات مقياس رسم كبير:** في الغالب يزيد مقياس رسمها على 100000/1، وهناك:
- **خرائط كبيرة المقياس:** مقاييسها تُراوح بين 100000/1 و25000/1 وترسم مثل هذه الخرائط عادة لمناطق ذات مساحة محدودة للقرى أو المدن الصغيرة أو لجزء أو أكثر من المدن الكبيرة
- **الخرائط التفصيلية:** وهي الخرائط التي يزيد مقياسها على 25000/1، وهي إما:

❖ **خرائط تفصيلية مدنية (حضرية):** تختص برسم مراكز المدن أو ضواحيها فقط، ويوضح على هذا النوع من الخرائط بعض الظواهر البشرية، مثل: الشوارع والمساجد والمدارس ومراكز الشرطة ومحطات السكك الحديدية، ويظهر على هذه الخرائط أحياناً بعض الظواهر الطبيعية مثل المجاري المائية والمرتفعات.

❖ **خرائط تفصيلية زراعية:** تشبه النوع السابق؛ إذ يكون مقياس رسمها كبيراً، وتحوي تفاصيل دقيقة خاصة بالملكيات الزراعية أو الريفية قنوات الري الرئيس والفرعية والمنازل الريفية والأكواخ.

ثالثاً: الخرائط بحسب الهدف الذي ترسم من أجله :

قسَم رويز (Raisz) الخرائط الجغرافية بحسب الأهداف التي رسمت من أجلها إلى أربعة عشر نوعاً، من أهمها ما يأتي:

- **خرائط الموقع (Location Maps):** تهدف هذه الخرائط إلى بيان موقع إقليم أو ظاهرة ما بالنسبة إلى الأقاليم أو الظواهر الأخرى، مثل: أحواض الأنهار وطرق المواصلات والسلاسل الجبلية.
- **الخرائط السياسية (Political Maps):** لا تختلف هذه الخرائط عن غيرها كثيراً من حيث إظهار مواقع بعض الظواهر الطبيعية والبشرية بالنسبة إلى بعضها بعضاً، ولكنها إضافة إلى ذلك تهدف إلى توضيح مواقع الحدود السياسية وحدود الإمارات والمقاطعات والولايات والمدن وغيرها، والهدف الأساسي للخرائط السياسية هو إظهار الأسماء الجغرافية التي تذكر في المادة العلمية أو المعاهدة أو المقال الذي ترافقه تلك الخريطة.
- **خرائط الطقس (Weather Maps):** توضح هذه الخرائط حالة الجو في منطقة ما أو داخل إقليم معين خلال فترة محدودة من الزمن تُراوح ما بين بضع ساعات وبضعة أسابيع.
- **خرائط المناخ(Climatic Maps):** تُبين هذه الخرائط الحالة المناخية في منطقة ما على أساس متوسطات قياس الظواهر المناخية خلال مدة طويلة تكون في الغالب ثلاثين عاماً على الأقل، ومن عناصر المناخ التي تُمثَل على مثل هذه الخرائط: كمية الهطل ومواسم سقوطه، و درجات الحرارة، واتجاهات الرياح ومناطق الضغط الجوي.

رابعاً: الخرائط بحسب سعة المكان المرسوم: تُقسم إلى:

- خرائط العالم.
- خرائط القارات، وخرائط المحيطات.
- خرائط الأقاليم الجغرافية الكبرى.
- خرائط الدول، وخرائط البحار.
- خرائط المناطق أو أجزاء المناطق أو الدول، وخرائط الشـــواطئ والتجمعات المائية الصغيرة.

عادةً كلما اتسع المكان المرسوم على الخريطة صغر مقياس الرسم، وقلت التفاصيل المرسومة، والعكس صحيح فإن الحيز الجغرافي الصغير يرسم عادة بمقاييس أكبر من المناطق الكبيرة، وهذا يسمح برسم تفاصيل أكثر (تنخفض درجة الانتقاء والتعميم).

خامساً: تصنيف الخرائط بحسب وظيفتها Classed by function:

تؤدي وظيفة الخريطة دوراً أساسياً في تحديد محتواها، وفي اختيار طريقة رسمها وتحديد مقياسها أحياناً، وهذا يجعل تحديد وظيفة الخريطة أهم خطوة من خطوات تصميمها ووضعها، لأنه سوف يحدد مجال استعمالها ومستعمليها وطرائقهما.

وتصنف الخرائط الجغرافية بحسب وظيفتها إلى:

أ –**الخرائط المدرسية والتعليمية:** وهي الخرائط المخصصة للأهداف التعليمية في مراحل الدراسة المختلفة، سواء أكانت هذه الخرائط جداريه، أم محتواة في أطالس تعليمية أم في الكتب الدراسية. ويتميز هذا النوع من الخرائط بملاءمته للمستوى التعليمي الموضوع له، فالخرائط المخصصة لتلاميذ المدرسة الابتدائية تمتاز ببساطتها وقلة محتواها، وكلما ارتقى مستوى التلاميذ (المرحلة الإعدادية والمرحلة الثانوية) أصبحت الخرائط الموضوعة للطلبة أدق وأكثر تفصيلاً، وأكثر اعتماداً على رموز تجريدية، بدلاً من اعتمادها على الرموز التعبيرية البسيطة في المراحل الأولى للتعليم. وبشكل عام فإن الخرائط التعليمية ترتبط من حيث محتواها بالموضوعات الجغرافية المطروحة في الكتب المنهجية الدراسية، ولا تخرج عنها عادة، وقد تُعد برامج لتدريب الطالب على تمثيل المعطيات الواردة في النص على خرائط صماء معدة سلفاً.

إن وضع الخرائط التعليمية لا يكون ببساطة كما يتصور بعضهم، فالمعلومات الزائدة قد تشتت ذهن الطالب في تفاصيل تنسيه المطلوب منه، فيعسر عليه فهمه، ومن جهة أخرى إن وضع هذه الخرائط يحتاج إلى عناية فائقة في اختيار المحتوى واختيار الرموز المعبرة ببساطة ووضوح، ويجب أن تكون رموزها وألوانها جذابة، والدقة في وضع الرموز في الأماكن الصحيحة لوجود الظاهرة، والرسم الصحيح للمظاهر وصحة المعلومات الواردة أمور ذات أهمية بالغة، لأن ما يتعلمه الطالب في سنواته الأولى يصعب تغييره – إذا كان غير صحيح – في مراحل الدراسة اللاحقة.

والخرائط التعليمية التي تزوَد بها الكتب الدراسية تكون صغيرة المقياس عادة وقليلة المحتوى، وتحتفظ الخرائط الجدارية على الرغم من كبر مقياسها بمحتوى قليل مثلها في ذلك مثل خرائط الكتب، لكن الرموز التي ترسم على الخرائط الجدارية تكون كبيرة لتبدو واضحة لعين المشاهد من مسافة بعيدة نسبياً.

أما الخرائط التعليمية لطلبة المرحلة الثانوية والمرحلة الجامعية فتكون أغنى بالمعلومات من خرائط المراحل الأدنى، وذلك يتناسب والموضوعات المذكورة في كتبهم الدراسية ومراجعهم

العلمية التخصصية، والخرائط التعليمية عندما يزداد محتواها ودقتها تقرب من الخرائط الاستعلامية.

ب –خرائط الدعاية والإعلام: وهي خرائط تخصص لعامة الناس، سواء ما يوضع منها على صفحات الجرائد والمجلات، أو ما يعرض على شاشات التلفزيون لتوضيح ظاهرة أو موقع أو حدث، أو ما تزين به أجنحة المعارض وصالات مكاتب الشركات والطيران والدعايات السياحية والسياسية وغيرها.

ونظراً إلى أن هذه الخرائط مخصصة للقارئ العادي الذي يكتفي بإلقاء نظرة عابرة سريعة في معظم الأحيان، فإن خرائط الدعاية والإعلام يجب أن تركز على رسم المظاهر المطلوب إيصالها إلى القارئ بشكل يلفت انتباهه إليها مباشرة من خلال اختيار الرمز المناسب والحجم والشكل واللون، ويجب أن تتميز الخريطة بالجاذبية، وتخدم الهدف الذي وضعت من أجله.

وقد توضع خرائط الدعاية بشكل تعبر فيه الرموز المرسومة عن الخصائص النوعية والكمية للمظاهر التي تمثلها، وتزود بعض الخرائط بمعلومات رقمية ورسوم بيانية تغني فهم القارئ عن المنطقة المرسومة، وهذا ما نراه على الخرائط السياحية التي يمكن إدخالها في خرائط الدعاية التي تحتوي أحياناً تفاصيل كثيرة تهم السياح.

ويزداد الاهتمام بخرائط الإعلام التي تشاهد على صفحات الجرائد والمجلات وشاشات التلفاز، وتتطور التقنيات المستخدمة في وضع هذه الخرائط، ولاسيما بعد استخدام الحاسب في وضع خرائط نشرات الأحوال الجوية ونشرات الأخبار المرئية، وتبقى السمة المميزة لهذه الخرائط هي بساطة الشكل وجاذبيته ومحدودية المضمون.

ج– الخرائط الاستعلامية: يتميز هذا النوع من الخرائط بغزارة محتواه (كثرة التفاصيل) ودقة الرسم، على العكس من الخرائط التعليمية وخرائط الدعاية والإعلام، لأن الهدف من هذه الخرائط هو إعطاء أكبر قدر من المعلومات عن المكان والموضوع المرسوم، ومع استخدام مقاييس صغيرة أو متوسطة في وضع هذه الخرائط فإن محتواها من المعلومات يكون أكبر بكثير مما رأيناه في الأنواع السابقة المرسومة لمكان بعينه بالمقياس نفسه، وصغر المقياس في هذه الخرائط لا يلغي إلا تلك التفصيلات التي لا يمكن قراءتها بسبب صغر الرموز المعبرة عنها؛ فهذه الخرائط تمتاز بغزارة التفاصيل ودقة المعلومات، ولذلك فهي تصلح لاستخدامها في استنباط المعلومات الخاصة بالموقع والكمية والشكل من الخريطة مباشرة، ومن أمثلة هذه الخرائط ما يرسم في الأطالس الوطنية، والخرائط الجغرافية العامة والخاصة التفصيلية.

د- خرائط الأبحاث العملية والبحث العلمي: تشـــبه هذه الخرائط من حيث غزارة محتواها ودقتها الخرائط الاستعلامية، ولكنها تختلف عنها في الهدف الذي توضع من أجله؛ فالخرائط الاستعلامية توضع لاستخدامها في غرض يتطلب معلومات دقيقة عن ظاهرة جغرافية ممثلة على هذه الخرائط (أي إنها لا توضـــع من أجل هدف محدد واحد، بل يمكن اعتبارها متعددة الأغراض)، في حين توضع خرائط الأبحاث العملية والبحث العلمي لخدمة مجال محدد من البحث أو لدراسة مكان ما دراســـة تفصـــيلية في مشـــروع يتعلق بهذا المكان، وهذا يوافق مجالات التخطيط لتنمية الموارد الطبيعية والبشرية والمحافظة عليها أو استثمارها.

وتخدم هذه الخرائط الأبحاث العلمية الدقيقة حول الظواهر الجغرافية، فتقدم المعلومات المطلوبة وطريقة البحث للوصول إلى الجديد.

وتوضع هذه الخرائط بمقاييس مختلفة بحسب المكان المرسوم والظاهرة المدروسة وهدف الدراسة أو الخطة. وتتميز هذه الخرائط بالسعي إلى رسم الظواهر بأكبر قدر من التفصيل والعمق والشـــمول، مبينة الخصـــائص النوعية والكمية لها. ومثال ذلك الخرائط الجيولوجية والتكتونية المخصصة لدراسة الثروات الباطنية، أو المخصصة لأعمال الإنشاءات كالطرق والسدود والمدن وغيرها...

ويُلحظ أن هذا النوع من الخرائط يوضع للإفادة منه في مجال محدد، ومن قبل أشخاص محدودي العدد، ولذلك فإنها لا تطبع وتنشـــر بأعداد كبيرة، ولا تطرح في الأســـواق للتداول، على عكس الأنواع الأخرى السابقة.

سادساً: تصنيف الخرائط بحسب الموضوع Classed by subject matter

تتنوع الخرائط بتنوع المظاهر الجغرافية التي توضع من أجلها، مع أنها جميعاً تُصنف بحسب المقياس، وتندرج تحت عناوين الخرائط العامة أو الخرائط الغرضية، لكن من المفيد أحياناً تصنيف الخرائط بحسب موضوعها، إذ نجد عدداً لا حصر له من الموضوعات التي تحتويها الخرائط (كخرائط الترب، والخرائط الجيولوجية، وخرائط المناخ، وخرائط المواصلات، وخرائط الكان وغيرها).

سابعاً: تصنيف الخرائط بحسب شكل الاستخدام Classed by used form

تقسم الخرائط بحسب شكل استخدامها إلى:

- خرائط يدوية: توضع للاستخدام الفردي بحجم يُمكن من حملها والتعامل معها.
- خرائط جدارية: وهي أكبر حجماً من الخرائط اليدوية، وتوضع لمجموعة من

المستخدمين طلاباً كانوا أم أفراداً.

- خرائط نصية أو خرائط الكتب: هي الخرائط الموجودة في الكتب أو المجلات، ويستخدمها كل طالب.
- خرائط الأطالس: هي مجموعة من الخرائط التي توضع لهدف معين، وتقسم إلى؛ أطالس مدرسية وأطالس عامة، وأطالس المواصلات، والسياحة، وأطالس التاريخ، والأطالس القومية، وغيرها.

ثامناً: تصنيف الخرائط بحسب شكل الإخراج

تُقسم الخرائط بحسب شكل إخراجها إلى ثلاثة أقسام:

1. خرائط منفردة: توضع بحسب هدف محدد لمرة واحدة، مثلاً: خريطة السياحة لسورية.
2. خرائط على شكل مجموعة: هي خرائط مفردة تُوضع لمنطقة كبيرة المساحة بمحتوى واحد؛ مثلاً الخرائط الطبوغرافية لدولة ما، أو خرائط الأقاليم لدولة ما.
3. خرائط على شكل سلسلة: تحوي عدداً كبيراً من الخرائط المفردة لمنطقة ما بموضوعات مختلفة أو محتوى متنوع؛ مثلاً الخرائط الطبيعية والبشرية والاقتصادية لدولة ما.

ثامناً: تصنيف الخرائط بحسب المحتوى الجغرافي: تُقسم إلى:

الخرائط الطبيعية: هي خرائط تتناول الظواهر الطبيعية لمكان محدد، ومنها:

- **الخرائط الجيولوجية:** حيث يظهر فيها طبقات الأرض.
- **الخرائط الكونتورية:** هي خرائط تضم خطوط القيم المتساوية، وتمثل المعالم الطبوغرافية.
- **خرائط الطقس والمناخ:** تختص بالحالة الجوية للمنطقة المرسومة على الخريطة.

الخرائط البشرية: هي خرائط تختص بالجانب البشري، ومن بينها:

- **خرائط عسكرية:** تبين تحركات الجيوش والمواقع العسكرية.
- **خرائط سياحية:** تساعد السياح على معرفة المواقع الأثرية والسياحية المهمة.
- **خرائط تاريخية:** توضح كل ما يخص حقبة تاريخية معينة من الزمن.
- **خرائط نقل:** توضح شبكة النقل ووسائل النقل العام المختلفة.

الخرائط الاقتصادية ويوضح هذا النوع من الخرائط الأنشطة الاقتصادية المختلفة في نطاق جغرافي كالزراعة والصناعة والتعدين...

تاسعاً: تصنيف الخرائط وفقاً لطريقة تمثيل الظواهر، وتشمل:

- **خرائط البعد الثالث:** وهي خرائط تهتم بالمرتفعات، ومنها الخرائط المجسمة والكنتورية بالاعتماد على مرئيات فضائية ستريوسكوبية، أو صور بانورامية ملتقطة بوساطة الطائرات المسيرة كالدرون (Drone).
- **خرائط المرئيات الفضائية والصور الجوية:** هي الخرائط التي يتم التقاطها من القمر الصناعي أو الطائرات.

عاشراً: تصنيف الخرائط بحسب شكل المنتج النهائي للخريطة: تُصنف إلى:

- **خرائط ورقية:** وهي الخرائط المرسومة على ورق.
- **خرائط رقمية:** تُرسم بطريقة رقمية على الحاسب ويمكن تعديلها وتصميمها وتحليل المعلومات الواردة فيها باستخدام برامج مخصصة كنظام المعلومات الجغرافي (GIS).

الفصل الثاني

تاريخ الخرائط الموضوعية

The history of thematic maps

2-1 -لمحة تاريخية.

2-2-مفهوم الخرائط الموضوعية.

2-3-مصادر معلومات الخرائط الموضوعية.

الفصل الثاني: تاريخ الخرائط الموضوعية

2-1-لمحة تاريخية:

عرف الإنسان الرسم وكان لغته الأولى، فإذا أراد التعبير عن شيء ما رسمه، فعُرفت الأبجديات التصويرية (الهيروغليفية)، ومن الثابت أنه انتقل من الرسم المجرد لما حوله إلى رسم هذه الموجودات في إطارها المكاني أي في علاقاتها المكانية بعضهما مع بعض، وبذلك يُعتقد أن الإنسان دخل مرحلة ما يسمى برسم الخرائط. لم يكن وضع الخرائط القديمة تسجيلاً لصراع الإنسان وكفاحه من أجل فهم بيئته فقط، ولكنه كان يعكس موقفه منها في اعتقاده وتطوره في الأزمنة المختلفة.

ولا يستطيع أحد أن يحدد بدقة تاريخ وضع أولى الخرائط التي رسمها الإنسان، لأن دراسة تاريخ الخرائط يعتمد أساساً على الخرائط القديمة التي وصلت إلى أيامنا هذه، وعلى النصوص الجغرافية التي تذكر وجود خرائط لمناطق من سطح الأرض. وأدت العوامل الطبيعية كالرطوبة والمياه والهزات الأرضية، والعوامل البشرية كالتخريب المتعمد والحرائق المتعمدة والغزوات وعدم تحمل المادة التي رسمت عليها الخرائط إلى عدم وصول كثير من الآثار المتعلقة بالخرائط إلى أيامنا هذه، أو عدم اكتشاف كثير منها حتى الآن.

لكن بشكل عام إن تاريخ الخرائط موغل في القدم، ويُعتقد أنه يعود إلى آلاف السنين، ابتداءً من الرسم على الكهوف إلى الحضارات البابلية واليونانية، ثم العصور الوسطى وانتهاءً بالعصور الحديثة، حيث صورت لوحات الكهوف القديمة والنقوش الصخرية ملامح المناظر الطبيعية كالتلال والجبال، ويعتقد علماء الآثار أن هذه اللوحات كانت تُستخدم للتنقل في المناطق التي أظهروها إضافةً إلى تصوير المناطق التي زارها الإنسان.

وأولى الخرائط الورقية التي حدَدها رسَامو الخرائط كالخرائط التي تُستخدم للملاحة وتصوير مناطق معينة من الأرض، وأنشأها اليونانيون في وقت مبكر. ويسود اعتقاد أن أناكسيمندر Anaximanderكان من أوائل رسامي الخرائط من اليونانيين القدماء الذي رسم خريطة للعالم المعروف. انظر **الشكل (1)**.



شكل (1): خريطة العالم لأناكسميندر

كانت طرق الحرير عنصراً أساسياً وراء كثير من التبادلات الثقافية والتجارية التي حصلت بين الشرق والغرب، وهذا أدى إلى الاندماج بين الحضارات المختلفة ومشاركة المعرفة والعلم والخبرات بينها، وشملت هذه المعارف؛ الفلسفة والرياضيات، وعلم الفلك بالإضافة إلى علم الجغرافية ورسم الخرائط.

وأسهم علم رسم الخرائط في إظهار الأنشطة الثقافية وإعطاء صورة ورؤية عن العالم في تلك الأزمنة، لأنه يظهر عمق تلك التبادلات التجارية والثقافية وأهميتها من خلال أربع خرائط قديمة كبرى؛ هي: خريطة العالم لبطليموس(150م)، وخريطة العالم الإسلامي(1154م)، والأطلس الكاتالوني (1375م)، إضافة الى خريطة العالم الكورية (1402م).

وخريطة العالم اليونانية–الرومانية المعروفة باسم خريطة بطليموس العالمية هي أول خريطة وُضعت في عام 150م، وضعها كلاوديوس بطليموس*، وهو أحد الجغرافيين من مدينة الاسكندرية. كانت خريطة بطليموس غير واضحة على نحو صحيح، حيث يُلحظ أنه مُثل المحيط الهندي على شكل بحر واسع داخل اليابسة، في حين وُضع موقع نهري إندوس وجانج على نحو صحيح. **انظر**

* كلاوديوس بطليموس: هو رياضي وعالم فلك وجغرافيّ. وُلد نحو سنة 87 م، ألف كثيراً من الأطروحات العلمية، كان لإثنين منها لهما تأثير كبير في العلوم؛ أولهما هو كتاب المجسطي، والآخر هو كتاب الجغرافية، ويُعد الأخير تجميعاً للمعرفة الجغرافية للعالم اليوناني الروماني. ويعد عمل بطليموس استمرارية لتطور طويل في العلوم القديمة يقوم على ملاحظة النجوم والأعداد والحساب والقياس.

الشكل (2). ومع ذلك استند المستكشفون والبحارة إلى هذه الخريطة قروناً عدة، وظلت خريطة بطليموس الأداة الأكثر فاعلية للمعلومات الجغرافية التي كانوا يمتلكونها في ذلك الوقت.

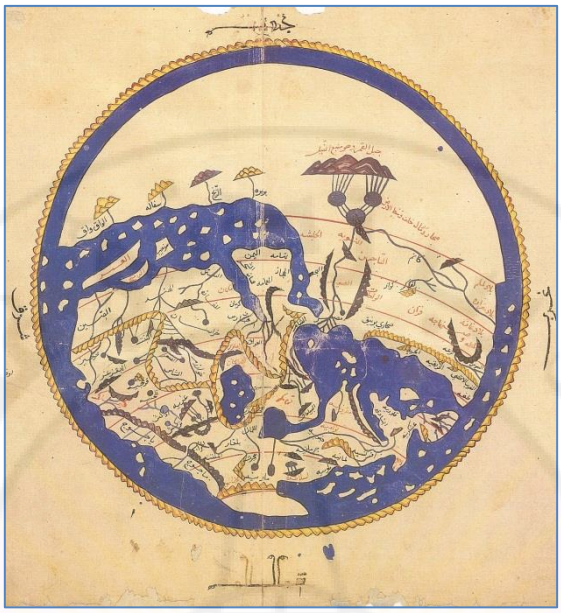


شكل (2): خريطة العالم التي رسمها بطليموس

وكان بعض المسلمين أيضاً موهوبين في علم الجغرافية، كالإدريسي* في القرن الثاني عشر، حيث تمكن من إعطاء معرفة أفضل للأراضي في الشرق الأقصى.

ومع الرغم من أنّ هناك اكتشافات مهمة تثبت أنّ بعض الخرائط رُسمت قبل الميلاد، فإنّ أول خريطة فعلية للعالم قد رسمها الشريف الإدريسي عام 1154م **الشكل (3)**، ويُقصد بالفعلية أي إنها تشمل جميع دول العالم، وتظهر الحدود والتضاريس بشكل قريب لما نعرفه اليوم.

* الإدريسي: **أبو عَبد الله مُحَمَّدٌ بن مُحَمَّدٌ الإدْرِيسي**؛ عالم عربي (وُلد عام 1100م)، ويُعد من كبار الجغرافيين ومن مؤسسي علم الجغرافية الحديث، وكتب في الأدب والنبات ودرس الفلسفة والطب والنجوم في قرطبة. استُخدمت مصوراته وخرائطه في سائر كشوف عصر النهضة الأوربية، حيث لجأ إلى تحديد اتجاهات الأنهار والبحيرات والمرتفعات، وضمنها أيضاً معلومات عن المدن الرئيسة، بالإضافة إلى حدود الدول.

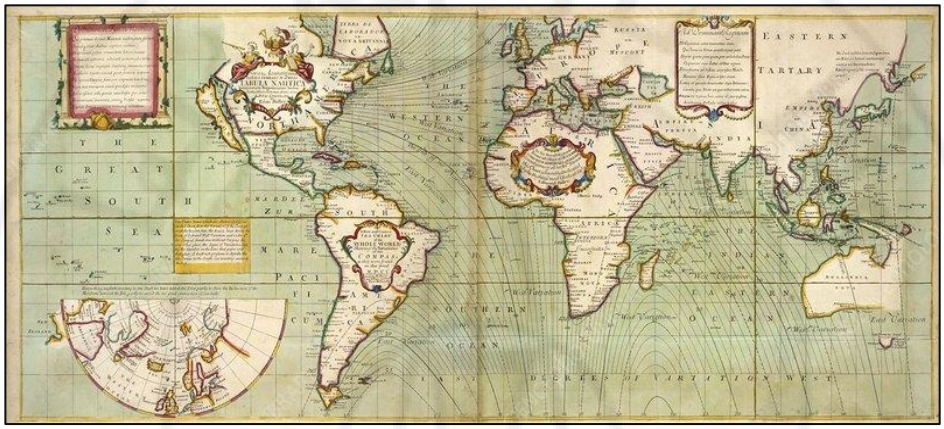


شكل (3): خريطة العالم التي وضعها الإدريسي

وأشار عالم الكارتوغرافية الروسي المعروف ساليشف(Salishev.K.A) إلى أن بلاد الرافدين ومصر هما أول من عرف الخرائط ورسمها، والسبب يعود إلى قدم الحضارات في هاتين المنطقتين، واعتمادهما على الزراعة المروية التي تطلبت تقسيم الأراضي بدقة وشق قنوات الري، وتقسيم حصص المياه بين هذه الأراضي، وفرض الضرائب عليها، ولم يكن بإمكانهم دائماً إعطاء وصف دقيق لكل هذه الأعمال الهندسية، والمواصفات المساحية من خلال الكتابة فقط، بل كانت تزود برسوم كارتوغرافية توضح النصوص المكتوبة.

أما الخرائط الموضوعية فهي قديمة قدم الخرائط بشكل عام حيث تعود أقدم خريطة من هذا النوع إلى نحو عام (1200 ق.م) رسمها قدماء المصريين، وكانت توضح مخططاً لمنجم لاستخراج الذهب في صحراء مصر الشرقية، ثم جاءت خرائط الطرق الرومانية ومنها لوحة بوتنغر المعروفة. ولكن التطور الحقيقي للخرائط الموضوعية بدأ في القرن السادس والسابع عشر؛ ففي عام 1700م وضع إدموند هالي Edmond Haley خريطة المجال المغناطيسي للأرض، انظر **الشكل (4)**. وفي عام 1701م وضع أول خريطة تبين خطوط الميول المتساوية لأطلس المحيطات، أما كريستوفر باك Christopher Backe فقد وضع خريطة جيولوجية لجزء من

بريطانيا، ثم وضـــع كارل ريتر Carl Ritter أطلســاً مع ســتَ خرائط لأوروبا تبين الأحوال الجغرافية الطبيعية والســكان والإنتاج. وفي عام 1817م وضـــع ألكســندر فون هامبولت Alexander von Humboldt خرائط الحرارة المتساوية لفصول السنة للجزء الشمالي من الكرة الأرضـــية. وفي عام 1826م وضـــع ليبولد فون بوخ Leopold von Buch خريطة لألمانيا تُظهر البنية الجيولوجية للأرض مؤلفة من (42) لوحة.



شكل (4): خريطة المجال المغناطيسي للأرض، إدموند هالي عام 1700م

ولكن شهد العصر الحديث خطوات متسارعة ليس لإنتاج الخرائط الموضوعية فقط بل لتعليمها أيضـاً؛ فقد وضـع إيمهوف Imhof طرائق تمثيل القيم المتسـاوية وطَورها في الأعوام (1956، 1961، 1962، 1963م)، فضـلاً عن أن طريقة التمثيل بوسـاطة رموز المجمعات المسـاحية تعود إلى بلفتزر Pillevizer عام 1964م، ولكن أهدى ارنبرغر Arnberger للكارتوغرافية العالمية كتاباً حول الخرائط الموضوعية، وبذل قصارى جهده لتقديم المعلومات لكل العاملين في مجال الكارتوغرافية، وعُدَ كتابه أساساً لما وضعه خلفه فت Witt عام 1970م، الذي قدم عملاً من أهم الأعمال في مجال الخرائط الموضـوعية بعنوان (الكارتوغرافية الموضـوعية وأسـاليبها، اتجاهاتها، مهامها، ومشكلاتها)، ثم تتالت الكتب التي تتحدث عن الخرائط الموضوعية وأساليب وضـــعها، مثلاً: **التخريط الإحصـــائي** Statistical mapping لدكنســون Dikinson عام 1963م، أما روبنســون Robinson فقد وضـــع كتابه المشـــهور عناصـــر الكارتوغرافية Elements of Cartography عام 1959م وعدله ســـت مرات، مبيناً فيه أهم الأســـاليب الكارتوغرافية المعتمدة في وضع الخرائط.

2-2-مفهوم الخرائط الموضوعية:

تُظهر الخرائط عدداً لا حصر له من مظاهر سطح الأرض، أو الموضوعات المرتبطة بها، وقد تكون هذه الخرائط نتاجاً للمسح الطبوغرافي أو للبيانات الإحصائية، أو الأبحاث العلمية، أو تخدم التعليم، أو التخطيط الإقليمي، أو الاقتصاد الوطني، وغير ذلك...

وتُعد الخرائط وسائل لا يمكن الاستغناء عنها في الوقت الحاضر والمستقبل، كونها وسيلة تعليمية للتلاميذ والطلاب في المراحل التعليمية المختلفة، ووسيلة توضيحية للسياح، وأداة توجيه مساعدة في الأغراض العسكرية كلها. أما بالنسبة إلى الجغرافيين فهي وسيلة وأداة أساسية للأعمال الجغرافية النظرية والتطبيقية، ووثيقة علمية بالغة الأهمية، فضلاً عن أنها أداة استعلامية للمختصين بعلوم الأرض والإحصائيين.

يُستخدم في العالم أكثر من مصطلح للدلالة على مسمى واحد، منها مصطلح (Thematic maps) الذي نُقل إلى العربية باسم الخرائط الموضوعية، وأحياناً الخرائط الغرضية، ويُستخدم مصطلح (Special maps) بمعنى الخرائط الخاصة، ومصطلح (Distribution maps) أي خرائط التوزيعات، وتختلف معاني هذه المصطلحات في اللغات الأوروبية، وتختلف أيضاً في اللغة العربية، بل إن تعريب المصطلح الواحد ليس ثابتاً عند كل من عرَب، وذلك في ظل غياب توحيد المصطلحات، وتعدد الاجتهاد بعدد المعرّبين. لكن الاعتماد على الترجمة الحرفية للمصطلحات لا يؤدي في كثير من الأحيان إلى مصطلح دقيق يعبر عن المحتوى العلمي للعلم المعبر عنه، وقد يكون من المتعذر في أحيان أخرى تعريب كلمة بكلمة، إذ ينبغي تعريب المفهوم وليس عدد الكلمات. ولا بد من الاعتراف بأن الموضوع الخرائطي الذي نتحدث عنه له تسميات مختلفة ومفاهيم مختلفة في الدول المتقدمة التي نأخذ منها، ومن المناسب استيعاب هذه المفاهيم جميعها قبل التصدي لمسألة المصطلح العربي المقابل للمصطلح الأوروبي.

إننا نتحدث هنا عما يجب أن تسمى به الخرائط التي تمثل ظاهرة جغرافية واحدة أو عدداً قليلاً من المظاهر الجغرافية الطبيعية أو البشرية أو الاقتصادية، وذلك من أجل تمييزها من الخرائط الجغرافية العامة التي اتُفق على تعريفها بأنها الخرائط التي تبين مجموعة كبيرة من المظاهر الطبيعية والبشرية والاقتصادية بنفس الدرجة من الانتقاء والتعميم، فهل نسمي هذه الخرائط بحسب محتواها أم بحسب طريقة وضعها، أم بحسب شكل الرموز التي تستخدم للتمثيل فيها؟ وقد تعددت التسميات فعلاً بحسب هذه المعايير، ولكن التسمية يجب أن ترتبط بالمحتوى وليس بالطريقة وشكل الرموز المستخدمة في الرسم.

وبالعودة إلى مفهوم الخرائط الجغرافية العامة، وارتباط تسـميتها بمحتواها، وارتباط الاسـم الذي يكتب على الخريطة بالموقع الجغرافي المرسـوم، وارتباط الاسـم الذي يكتب على الخرائط التي تمثل مظهراً أو عدداً قليلاً من المظاهر باسم الظاهرة الرئيسة الممثلة على الخريطة، فإن تسمية هذه الخرائط يجب أن يرتبط بمحتوى الخريطة وليس بطريقة وضـعها، ومثلاً: إن إطلاق تسـمية خرائط التوزيعات لا تعبر عن ماهية هذه الخرائط، وتسمية الخرائط الغرضية ليست دقيقة، لأنها لا تعبر عن المحتوى، بل تعبر عن وظيفة الخريطة، أما تسمية الخرائط الموضوعية فإنها تحتاج إلى تدقيق لغوي فقط، حيث جرت الأذن على اسـتخدام غير صـحيح لكلمة موضـوعي، بمعنى مُنصـف، أما تعبير الخرائط الخاصـة فقد جاء ليُعبر عن خلاف الخرائط العامة، ولكنها لم تعبر عن ارتباطها بالمحتوى على نحو واضح.

انطلاقاً مما تقدم، من الواضـح أن اختيار أحد هذه المصـطلحات آنفة الذكر لن يكون سـليماً تماماً، أما اختيار مصطلح جديد مختلف عن المصطلحات المتداولة في المراجع العربية فسيؤدي إلى تشويش جديد لدى القارئ والدارس، ولذلك سيُعتمد المصطلح الأقرب، وهو مصطلح الخرائط الموضوعية، أو خرائط الموضوعات الخاصة؛ وقد يُستخدم تعبير الخرائط الموضوعية أو الخرائط الخاصة فقط داخل النص بهدف الاختصار فقط.

2-3-مصادر معلومات الخرائط الموضوعية:

تُوضع الخرائط الموضوعية بالاعتماد على معطيات مكانية مختلفة، منها؛ إحصائية ترتبط بنقاط أو مسـاحات من سـطح الأرض المرسـوم، ومنها نوعية تحدد نوع الظاهرة التي يجب تمثيلها وصفتها، وتُعد المصادر الآتية من أهم مصادر المعلومات للخرائط:

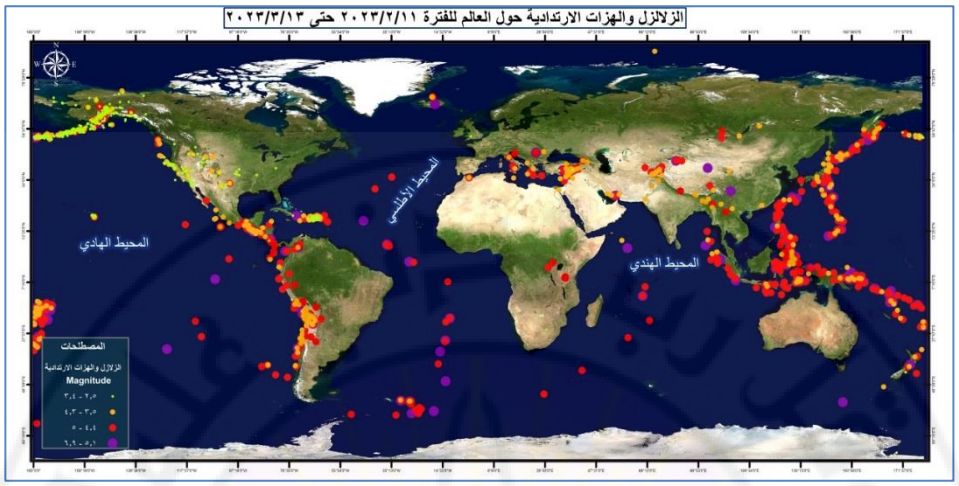
1-الخرائط الموضـوعية بوصـفها أسـاسـاً لإنتاج خرائط موضـوعية جديدة: تُعد الخرائط الموضوعية مصدراً مهماً لوضع خرائط خاصة جديدة واشتقاقها. مثلاً: وضع خريطة صغيرة المقياس من خريطة كبيرة المقياس، معممة كارتوغرافياً، أو اسـتنتاج خريطة جديدة من مجموعة من الخرائط الموضـوعية من خلال تشـكيل نتائج جديدة للبحث وربطها مع بيانات إحصـائية معينة، ووضع خريطة جديدة، ولكن عند استخدام الخرائط الموضوعية أساساً أو مصدراً لخرائط خاصة جديدة يجب مراعاة ما يأتي:

- أن تكون الخريطة المستخدمة من نفس النوع ولنفس الفترة الزمنية.

- عند استخدام الخرائط الإحصائية (السكانية، الاقتصادية، البشرية) يجب أن يُراعى عند استخدامها تغيير الإحصاءات وتجديدها، أما الخرائط الطبيعية التي تتغير مظاهرها على نحو بطيء فتُجدد خلال فترات طويلة، كخرائط المناخ، وخرائط الغطاء الجليدي، في حين أن خرائط المظاهر شبه الثابتة، والخرائط الجيولوجية، والخرائط التكتونية، لا تُغيَر إلا إذا قدمت الأبحاث نتائج جديدة.

2-المعطيات الإحصائية: إن البيانات سواء أكانت مطلقة (معطيات عن استخدام الأرض، والإنتاج، والاستهلاك، وأعداد الإصابات والوفيات حول العالم بفايروس كورونا، وعدد الزلازل وشدتها حول العالم... وغيرها **(انظر الخريطة (1))**، أم مشتقة (متوسط درجات الحرارة، وكثافة السكان في الكيلومتر المربع، ومتوسط دخل الفرد) التي تقدمها المراكز الإحصائية والمعاهد تُعد من أهم المصادر لوضع الخرائط الخاصة، وبخاصة الخرائط الإحصائية، والبشرية والاقتصادية، وغيرها.

غالباً توضح الخرائط الإحصائية نتائج الإحصاءات، ودقة هذا النوع من الخرائط متعلق بدقة نتائج الإحصاء الذي يعاني ضعف الدقة في كثير من دول العالم، بالإضافة إلى ذلك فإن نوعية الإحصاءات متعلقة برتبة المكان (المستوى الذي وضعت على أساسه البيانات هل هو مساحة كبيرة أم صغيرة: دولة، محافظة، منطقة، وحدة إدارية صغرى، وحدات مساحية أخرى)، وكلما تدنت رتبة المكان ازدادت الدقة، أي إن البيانات والخرائط التي توضع على مستوى ناحية أو منطقة أدق من التي توضع على مستوى المحافظة.



خريطة (1): الزلازل والهزات الارتدادية حول العالم في الفترة بين 2/11 حتى 3/13 من العام 2023م، وضعت بالاعتماد على بيانات الرصد الزلزالي لمرصد أوكلاهوما في أميركا

3-نتائج الأبحاث والدراسات الحقلية بوصفها مصدراً من مصادر الخرائط الموضوعية: تُعد الأبحاث الاقتصادية والبشرية والاجتماعية والزراعية، ونتائج الدراسات العلمية الجيولوجية، والجيومورفولوجية، ودراسات الترب، والنبات، والمناخ، والحيوان وغيرها من الأبحاث ذات الطبيعة المكانية (أي التي تتناول معطيات عن موقع ما) مصدراً للمعطيات التي يمكن تحويلها إلى خرائط موضوعية (خاصة)؛ فمثلاً تتطلب كثيراً من الدراسات والأبحاث مراقبة الظاهرة في فترات زمنية مختلفة، في هذه الحالة يجب أن تكمل النتائج من خلال المراجع والعمل المخبري، ثم توضع للمقارنة مع المعطيات في فترة أخرى، ثم تُستخلص علاقات من خلال هذه الدراسات وتُوضع في خرائط، مثلاً: (العلاقة بين متوسط الهطل، وارتفاع التضاريس فإن تمثيل هذه النتائج في خرائط يُعد أفضل وسيلة للمقارنة ولتوضيح نتائج الأبحاث).

4- الصور الجوية أساساً للخرائط الموضوعية Aerial photos: تُعد الصور الجوية في الوقت الحاضر أساساً مهماً لوضع الخرائط الخاصة، حيث يخدم التصوير الجوي بالدرجة الأولى الخرائط الطبوغرافية التي تُوضع وتُجدد استناداً إلى معطيات التصوير الجوي، بالإضافة إلى ذلك يوضع على أساسها خرائط الصور Photo maps ، وترتبط دقة الخريطة بمقياس الصورة ومحتواها وقدرة المفسر على تحليلها، وتُستخدم الصور الجوية الرأسية Ortho photos في وضع الخرائط، وهنا نجد أن الصور كبيرة المقياس (أكبر من 30000/1) يمكن تفسيرها على

نحو جيد واستخدامها في وضع الخرائط، لذلك يحتاج الكارتوغرافي إلى عدد كبير من الصور الجوية لوضع خريطة لمنطقة كبيرة المساحة.

بدأ حديثاً استخدام صور الطائرات المسيرة كالدرون (Drone) والتي هي آلات حديثة نسبياً توجه عن بعد أو تبرمج مسبقاً لطريق تسلكه. في الغالب تحمل آلات تصوير لأداء مهامها وتُزوَد بعدد كبير من الحسّاسات، مثل حساسات المسافة (فوق الصوتية والليزرية) وحساسات التوجيه والتوازن بالإضافة إلى كثير من الحسّاسات التي تتعلق بوظيفة الطائرة.

مثلاً: الطائرات المزوّدة بحساسات الحرارة تكون ذات فائدة كبيرة في التطبيقات الأمنية وعمليات المراقبة، في حين أن الطائرات المجهّزة بحساسات طيفيّة تستطيع إنجاز مسح واسع لسطح المنطقة (الهدف) وتحديد أنواع المعادن وحتى المناطق الصالحة للزراعة فيها. تُصوَر مساحة ضيقة جداً في زمن محدد، وتستطيع تصوير مساحات أكبر تصل إلى 35 كم في كل جانب، يمكن استخدامها في الرؤية المجسمة، وهي في الواقع من الاختراعات الرائدة في الآونة الأخيرة في مجال البرمجة والتحكم عن بعد، سُخَرت هذه التقنية في كثير من المجالات المدنيّة كعمليات البحث والإنقاذ ومراقبة حركات المرور والطقس ومكافحة الحرائق والنمذجة ثلاثية الأبعاد ووضع الخرائط الموضوعية ثلاثية الأبعاد.



صورة (1): طائرة الدرون مع ملحقاتها

5-المعطيات الفضائية Satellite data: تشمل المرئيات الفضائية والمعطيات الرقمية كنماذج الارتفاع الرقمي (DEM)، **انظر الشكل (5)**؛ إذ أن تقدم علوم الفضاء وإطلاق السواتل الخاصة

بموارد سطح الأرض قدم فائدة كبيرة للخرائط الموضوعية، حيث قدمت هذه التقنيات بيانات دقيقة جداً في وقت قصير لأي ظاهرة موجودة على سطح الأرض. مثلاً: تُقدم السواتل الأمريكية من نوع لاندسات مشهداً للمكان المراد تمثيله على خريطة في سبع أقنية طيفية في زمن لا يزيد على 25 ثانية، وبقدرة تمييز أرضية كبيرة للمظاهر الجغرافية وذلك بحسب الماسح المستخدم، ثم ربط هذه المعطيات بنظام المعلومات الجغرافية Geographic Information System (GIS)، أو استخدام نظم تحديد المواقع الشامل Global Positioning System (GPS).

وتوفر المرئيات الفضائية الستريوسكوبية إمكانية وضع الخرائط الموضوعية ثلاثية الأبعاد. حيث يُعتمد على برامج متخصصة كتطبيق (LPS) في برنامج (Erdas Imagine) لمعالجة الصورة الفضائية الستريوسكوبية وعمل الموديلات الرياضية والتحليلات المناسبة لإنشاء مجسم ثلاثي الأبعاد للمنطقة وتمثيله على الخريطة.



شكل (5): الخريطة الصورة Sentinel-2* لمحافظة طرطوس بدقة 10 م، (موقع وكالة الفضاء الأوروبية ESA)

* Sentinel-2: هو قمر صناعي أوروبي لتصوير الأرض، أطلقته وكالة الفضاء الأوروبية في 7 آذار 2017م كجُزء من برنامج كوبرنيكوس الفضائي. يتميز هذا القمر الصناعي باحتوائه على أجهزه لمسح رقعة واسعة من الأرض بحيث تكون الصُور عالية الدقة بسبب التصوير متعدد الأطياف الذي يحتوي على 13 حزمة طيفيَّة.

الفصل الثالث: الخرائط الموضوعية (تصنيفها، محتواها)
Thematic maps (classification and content)

3-1-تصنيف الخرائط الموضوعية بحسب المضمون أو المحتوى:

3-1-1-تصنيف الخرائط الموضوعية بحسب وظيفتها.

3-1-2-تصنيف الخرائط الموضوعية بحسب المقياس.

3-1-3-تصنيف الخرائط الموضوعية بحسب المساحة.

3-1-4-تصنيف الخرائط الموضوعية بحسب طريقة رسمها
(طريقة الرسم الجغرافي)

3-2-محتوى الخرائط الموضوعية:

3-2-1-المحتوى العام أو الأساسي.

3-2-2-المحتوى المساعد.

3-2-3-المحتوى المتمم.

3-2-4-المحتوى الخاص.

الفصل الثالث: الخرائط الموضوعية (تصنيفها، محتواها)

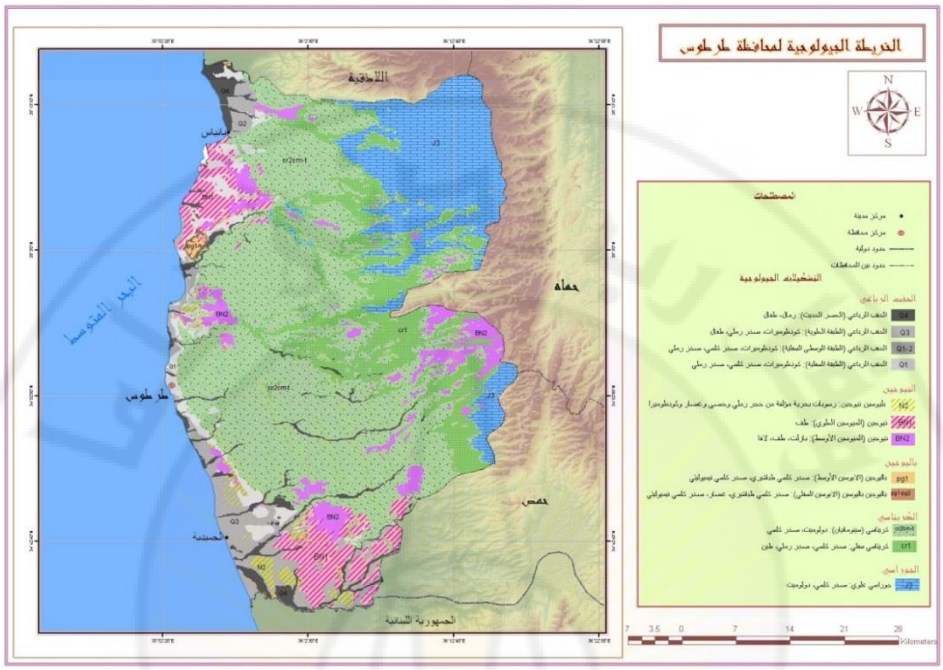
3-1-تصنيف الخرائط الموضوعية بحسب المضمون أو المحتوى:

إن محتوى الخرائط الموضوعية وشكلها يتعلق بشكل أساسي بنوعية المعلومات التي تعتمد عليها وكميتها، وبالمقياس المحدد للرسم، ولا تستطيع الكارتوغرافية العامة وحدها أن تستخرج كل الأساليب والوسائل المطلوبة للرسم، لذلك تتساعد كل فروع الكارتوغرافية لصناعة خرائط جيدة.

وتتنوع الخرائط الموضوعية بتنوع المظاهر الجغرافية Geographical phenomena؛ فهناك عدد لا حصر له من هذه الخرائط. وتُصنف الخرائط بحسب محتواها في المجموعات الآتية:

أ-خرائط المظاهر الطبيعية؛ وتشمل:

- خرائط التضاريس، وتضم انحدار التضاريس، وخطوط الارتفاع والميول والظلال وغيرها.
- الخرائط الجيولوجية، وتشمل تطبق الصخور والتراكيب الصخرية، والحركات التكتونية **انظر الخريطة (2)**، وخرائط البراكين، وتوزع الصخور، والخرائط المرتبطة بها كالخرائط الجيومورفولوجية، والخرائط الجيوفيزيائية والهيدروجيولوجية وغيرها ...
- خرائط التربة، وتشمل؛ أنواع الترب، وأعمارها، وتركيبها، ومحتواها من الرطوبة وغيرها.
- خرائط المياه، وتشمل عدداً كبيراً من الخرائط؛ مثلاً: المياه السطحية، والمياه الجوفية، والجموديات، والتركيب الكيمائي للمياه، وتلوث المياه، وخرائط البحار، والتيارات المائية، وغيرها.
- الخرائط المترولوجية، والمناخية كخرائط الحرارة، والأمطار، وخرائط الضغط الجوي والرياح، وعدد أيام الضباب، والأقاليم المناخية.
- خرائط النبات، خرائط النبات الطبيعي، والمناطق النباتية، وتغير الغطاء النباتي، والمناطق النباتية. **انظر الخريطة (3)**.
- خرائط الحيوان، وتشمل؛ مجموعات الحيوانات، وحركة الحيوانات الدائمة والمؤقتة.



خريطة (2): جيولوجية محافظة طرطوس في الجمهورية العربية السورية



خريطة (3): أهم النباتات الطبية في الولايات المتحدة الأميركية

ب–الخرائط البشرية: وتشمل المجموعات الآتية:

- الخرائط السكانية وتشمل توزع السكان، وكثافتهم، والتركيب العمري والنوعي والمهني لهم، والترتيب الاجتماعي. **انظر الخريطة (4).**
- خرائط الصحة، أنواع الأمراض وتوزعها، وأعداد المرضى، والمشافي وغيرها.
- خرائط الهجرة: وتشمل؛ الهجرة الداخلية والخارجية، وحركة السكان الداخلية والخارجية.
- خرائط اللغة: أنواعها وتوزعها.
- خرائط الأجناس، والقوميات، وتوزعها.
- خرائط الديانة: توزع الأديان أنوعها، والأعداد في كل ديانة.
- خرائط الثقافة، والتعليم.
- الخرائط السياسية، والإدارية، والأحزاب.



خريطة (4): تمثيل ثلاثي الأبعاد للكثافة السكانية العالمية للعام 2022م

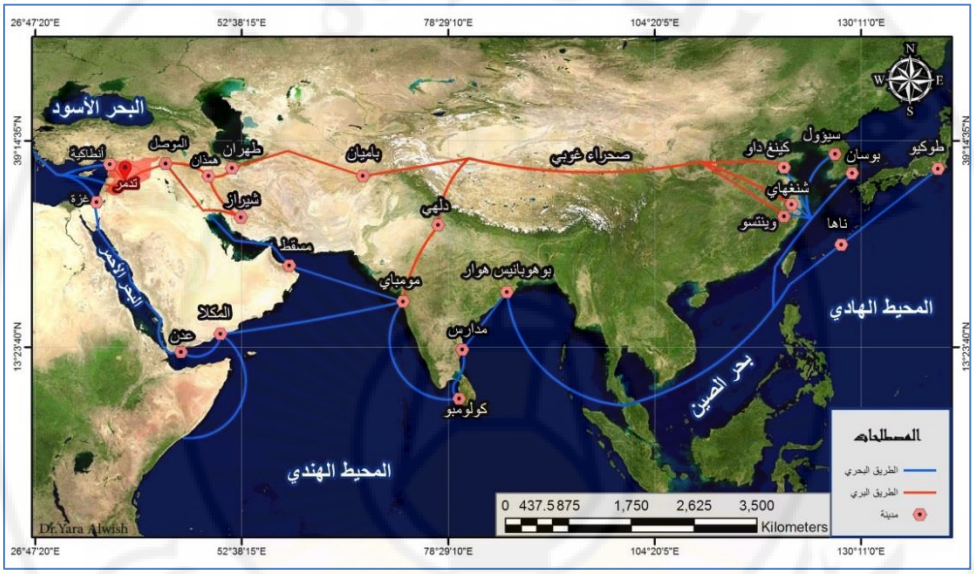
ج–الخرائط الاقتصادية الزراعية والصناعية: وتشمل:

- خرائط اقتصاد الغابات.
- استعمالات الأراضي.
- خرائط الزراعة بأنواعها، وخرائط تربية الحيوان.
- الخرائط الصناعية: (خرائط المعامل أنواعها، وتوزعها، وأنواع الصناعات، وإنتاجها).
- مصادر الطاقة، وأنواعها، وكمياتها.

- خرائط التجارة وخرائط النقل البري والبحري والجوي وغير ذلك من الخرائط.

د-الخرائط التاريخية: وتشمل:

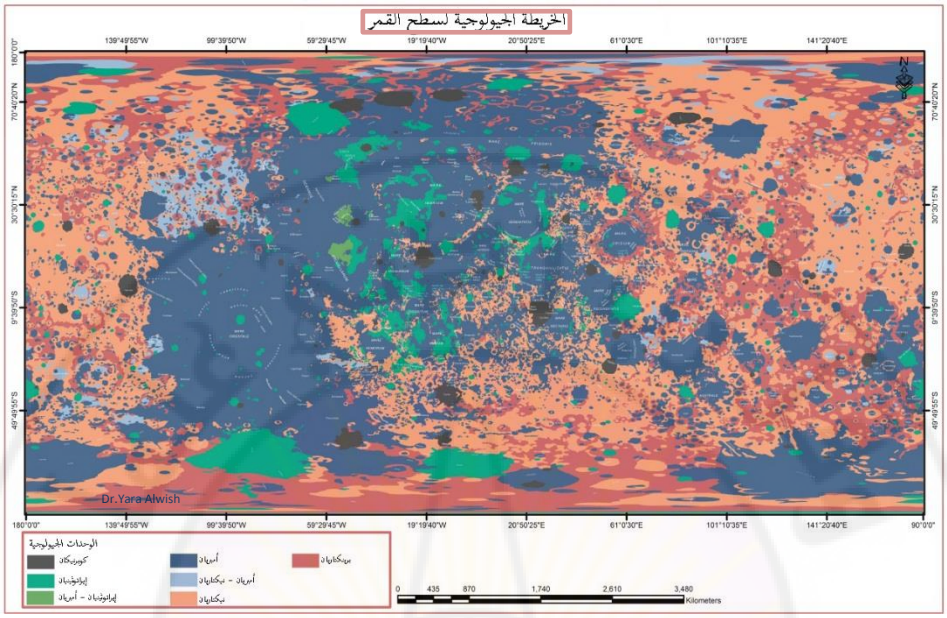
- خرائط الحضارات القديمة.
- خرائط تاريخ الحروب، ومواقع المعارك، وخطوط سير الجيوش.
- تاريخ الشعوب، وتاريخ الاقتصاد والنقل والتجارة وتاريخ الثقافة وغيرها. **انظر الخريطة (5).**



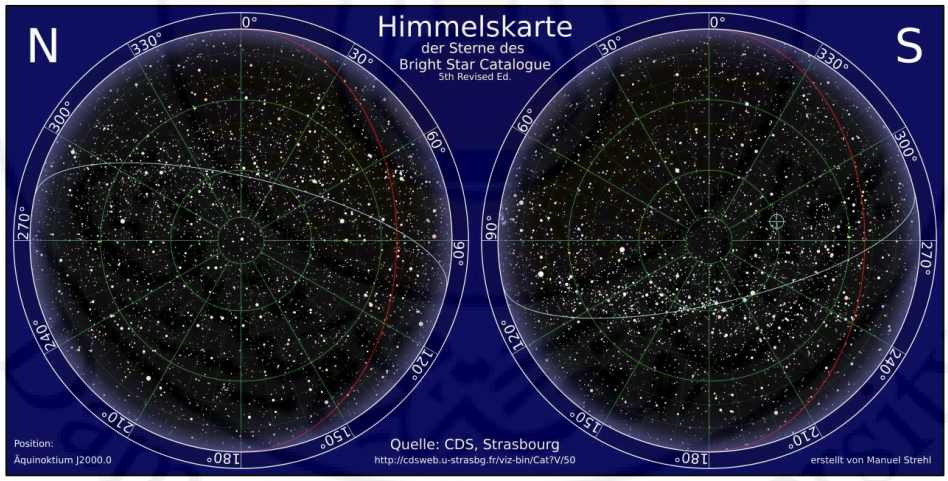
خريطة (5): الطرق البرية والبحرية لطريق الحرير التجاري

هـ-خرائط التخطيط: وتشمل مخططات المدن، والتخطيط الإقليمي، والتخطيط الصناعي والزراعي.

و-خرائط الكواكب الأخرى: وتشمل خرائط للنجوم والكواكب الأخرى، والنظام الشمسي، وخرائط سطح القمر وحركته. **انظر الخريطتان (6) و(7).**



خريطة (6): جيولوجية سطح القمر



خريطة (7): الكرة السماوية التي توضح مواقع النجوم، القبة السماوية الشمالية (يساراً)، والقبة السماوية الجنوبية (يميناً)

3-1-1-تصنيف الخرائط الموضوعية بحسب وظيفتها:

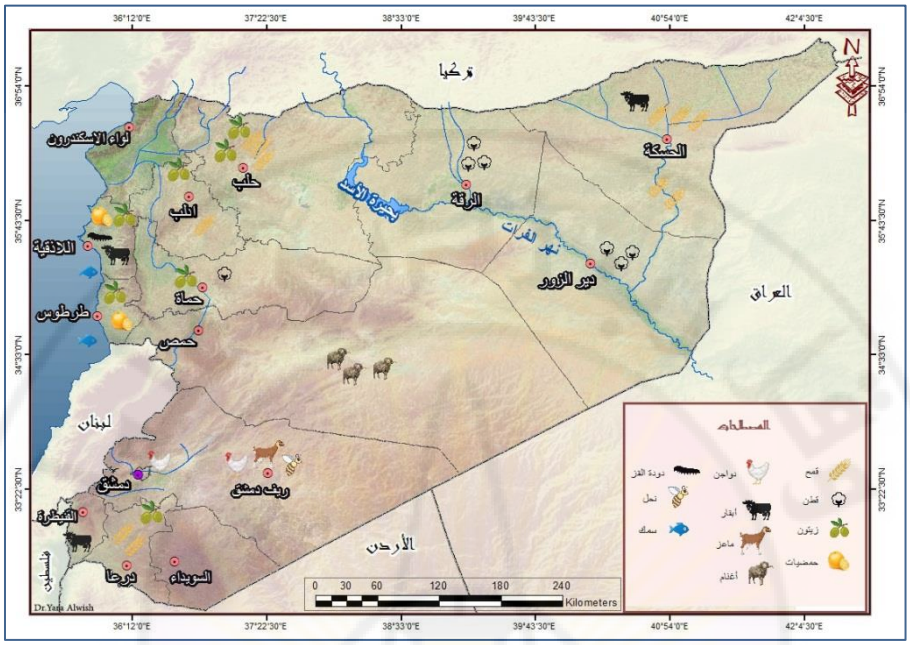
تُصنف الخرائط الخاصة بحسب الغاية أو هدف الاستعمال الذي توضع من أجله في المجموعات الآتية:

أ-**الخرائط التعليمية:** سواء أكانت أطالس أم خرائط جدارية، أم خرائط تتضمنها الكتب التعليمية، تُوضع لأهداف تعليمية في المراحل التعليمية المختلفة، وتكون خرائط مبسطة، دقيقة، وسهلة وجذابة يُستعمل فيها الرموز التصويرية في المراحل التعليمية الأولى لشد انتباه التلاميذ من جهة، وسهولة فهمها من جهة أخرى، وتتميز أيضاً بارتباطها المباشر بالمادة التعليمية الواردة في النصوص المكتوبة في الكتب التعليمية. **انظر الخريطة (8)**

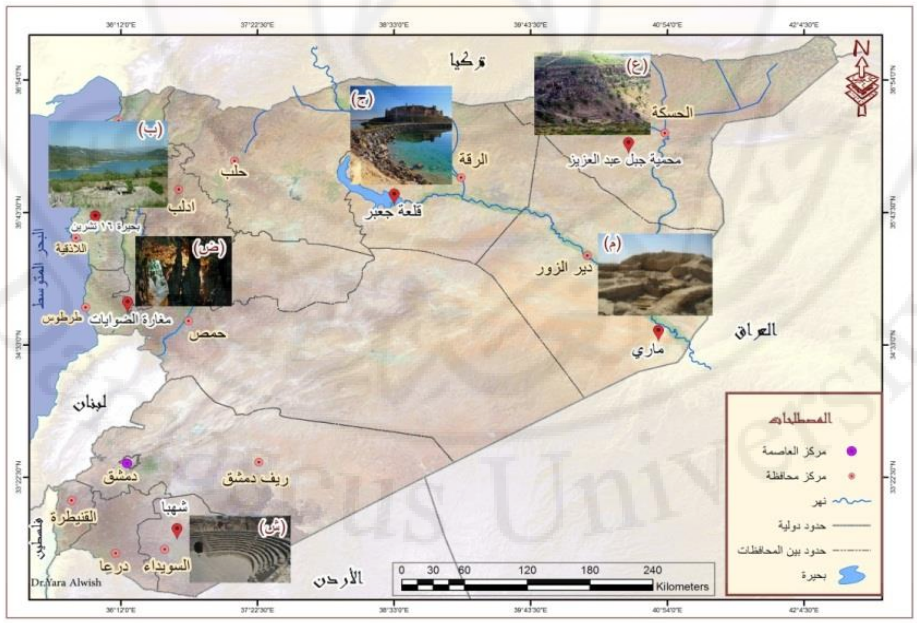
ب-**الخرائط السياحية والدعائية:** يُخصص محتواها للسياح وخدمة الأغراض السياحية والدعائية الأخرى، ومن ثمّ تكون بسيطة واضحة، جذابة، وتحتوي معلومات كافية للغرض السياحي أو الدعائي (توجد في المعارض الدعائية). **انظر الخريطة (9)**.

ج-**خرائط المشاريع التطبيقية والبحث العلمي:** وهي خرائط تخصص للدارسات العلمية والمشاريع، وتوضع من أجلها حصراً، تكون دقيقة، وتفصيلية وكبيرة المقياس.

د-**الخرائط الاستعلامية:** وهي خرائط توضع لأغراض متعددة، تتميز بغزارة محتواها، ودقة تنفيذها، بحيث يمكن استعمالها بوصفها مرجعاً موثوقاً في الأغراض المختلفة، بما في ذلك أغراض البحث العلمي والتخطيط للمشاريع التطبيقية.



خريطة (8): خريطة تعليمية توضح توزع الثروة النباتية والحيوانية في المحافظات السورية



خريطة (9): الخريطة السياحية للجمهورية العربية السورية

3-1-2-تصنيف الخرائط الموضوعية بحسب المقياس:

ميز Billevizer عام 1964م الخرائط العامة من الخرائط الموضوعية -الخاصة من حيث المقياس معتبراً أن الخرائط التي مقياسها 200000/1 وما فوق هي خرائط طبوغرافية، والعناصر الطبوغرافية تُمثَّل تمثيلاً تفصيلياً، وتكون واضحة للقارئ، أما الخرائط ذات المقاييس الأصغر فهي خرائط خاصة تحتوي أساساً طبوغرافياً بالإضافة إلى محتواها الأساسي، أما الخرائط التي مقاييسها أكبر من 5000/1 فهي خرائط خالية من العناصر الطبوغرافية. ولكن تميز الخرائط العامة من الخرائط الموضوعية على أساس المقياس لا يبدو منطقياً، إذ إن المقياس لا يحدد المحتوى، بل إن المحتوى هو الذي يحدد الاسم والصفة التي تعطى للخريطة. أما تصنيف الخرائط الموضوعية على نحوٍ مستقلٍ عن العامة وفق المقياس فهو ممكن، ويطابق التصنيف العام للخرائط كما ورد في فقرة سابقة، إذ يتعلق مقياس الخريطة دائماً بالمساحة المرسومة، ويجب على الكارتوغرافي أن يغير أبعاد الخريطة بحسب الغرض أو الهدف الذي توضع من أجله، وبما يتناسب ومساحة المنطقة المراد تمثيلها. (إذا كانت لوحة الخريطة صغيرة والمساحة المرسومة كبيرة، يُستعمل مقياس صغير مناسب، مثال: خريطة للعالم مرسومة على لوحة بحجم ورقة الكتاب العادي)، وإذا رُسم جزء من منطقة (مثلاً: مساحة لا تزيد على 1كم^2) على لوحة بنفس الأبعاد السابقة ينتج لدينا خريطة كبيرة المقياس.

وبحسب كثير من الكارتوغرافيين تقسم الخرائط الخاصة بحسب مقياسها إلى:

أ-مخططات تزيد مقاييسها على 10000/1.

- خرائط كبيرة المقياس: تُراوح مقاييسها بين 10000/1 و200000/1.
- خرائط متوسطة المقياس: تُراوح مقاييسها بين 200000/1 و1000000/1.
- خرائط صغيرة المقياس: مقاييسها أصغر من 1000000/1.

يؤثر مقياس الخريطة في محتواها من المعطيات المكانية من حيث كمية المعطيات، ومن حيث درجة تفصيلها، فكلما كان المقياس كبيراً ازدادت مساحة الخريطة، وصار ممكناً استعمال عدد أكبر من الرموز التي تدل على المظاهر المرغوب بتمثيلها، وكلما صغر المقياس صارت المساحة العامة للخريطة أصغر، فيضطر واضع الخريطة إلى تقليل عدد الرموز الموضوعة عليها، وتقليل أبعاد هذه الرموز، وتبسيط شكلها العام، أي تطبيق درجة أعلى من **الانتقاء والتعميم** على المظاهر المرسومة.

وقد يؤثر محتوى الخريطة (موضـوعها) في اختيار المقياس، فالخرائط التي تبين معدل درجات حرارة الهواء ومتوسـط الهطل تمثل بمقياس أصـغر بكثير مما يتطلبه تمثيل التضـاريس لنفس المنطقة المعنية بالرسـم، ذلك لأن توزيع محطات الرصـد الجوي لا يكون كثيفاً، ولأن التغير في كميات الأمطار (أو المعطيات المناخية الأخرى) لا يكون سـريعاً أو فجائياً كما هي الحال بالنسبة إلى التضاريس أو المراكز البشرية، وتفرض وظيفة الخريطة أحياناً المقياس الذي يجب اعتماده في وضعها فالخرائط الجيولوجية (الستراتوغرافية) التي تُستخدم في الأعمال الحقلية يجب أن توضع بمقاييس كبيرة، أما التي تُستعمل في الدراسات النظرية وغير الاختصاصية فقد تكون مقاييس متوسطة أو صغيرة، ولكن عندما تخصص للتعليم، كما في الأطالس أو الكتب المدرسية، فقد يُصـغر المقياس، ويرتبط محتوى الخريطة بالمادة العلمية الواردة في الكتاب التعليمي، وهذا يعني دمج الترسـبات القديمة يعضـها مع بعض في الأعمار المختلفة في لون واحد، وهذا يعد تعميماً شديداً يضر بالخريطة لكنه يجعلها أبسط، في هذه الحالة يمكن تمثيل الحركات التكتونية لمناطق واسعة من العالم فقط، فضلاً على أن وضع الخرائط التعليمية الجدارية يستدعي التبسيط والتقليل من المحتوى (أي؛ زيادة في درجة الانتقاء والتعميم) واسـتعمال رموز كبيرة، بغية توفير رؤية محتوى الخريطة بوضوح من مسافة بعيدة نسبياً.

3-1-3-تصنيف الخرائط الموضوعية بحسب المساحة:

تُصنف الخرائط بحسب انتشار المظهر الجغرافي في الطبيعة، وذلك لأن المظاهر الجغرافية تظهر في الطبيعة بأشكال مختلفة، أو ترتبط بحدود منطقة معينة، منها ما ينتشر على شكل مساحات كبيرة أو صغيرة مثلاً: الغابات، والنباتات، والمحاصيل الزراعية، والضغط الجوي، وتوزع درجات الحرارة، والترب... وغيرها، أي أنها مظاهر ذات انتشار مساحي، وتُمثَّل بطرائق التمثيل المساحي في معظم الأحيان.

وهناك كثير من المظاهر الجغرافية التي تكون مرتبطة بمكان محدد؛ أي إنها مظاهر تُبين المواقع الفعلية للظاهرة، وتكون في الطبيعة على شكل تجمعات معينة أو تكون متمركزة في مناطق معينة **(المظاهر ذات الانتشار النقطي أو الموضعي المحدود المساحة)**، وأفضل الأمثلة لذلك تمركز السكان في مناطق معينة كبيرة كالمدن، وأماكن صغيرة كالقرى. فضلاً على ذلك هناك مظاهر جغرافية متمركزة على شكل نقاط في أماكن محددة على سطح الأرض، كالمناجم، والآبار، والمعامل وغيرها. في هذه الحالة يتم استخدام طرق تمثيل تبين المواقع الفعلية لهذه المظاهر.

عدا عن ذلك هناك مظاهر تنتشر في الطبيعة على شكل خطوط أي تمتد طولياً، سواء أكانت خطوط منتظمة، وغير منتظمة، متعرجة أو انسيابية كالصدوع أو خطوط تقسيم المياه، والمجاري المائية، وطرق المواصلات، وخطوط نقل الطاقة، والاتصالات الهاتفية. تكون هذه المظاهر قد تكون ثابتة أو متحركة، مثلاً: حركة الرياح، والتيارات البحرية، وهجرة الطيور، ومنها ما هو منقول بوسائل أخرى كنقل البضائع والركاب **(المظاهر ذات الانتشار الخطي)**.

3-1-4-تصنيف الخرائط الموضوعية بحسب طريقة رسمها (طريقة الرسم الجغرافي):

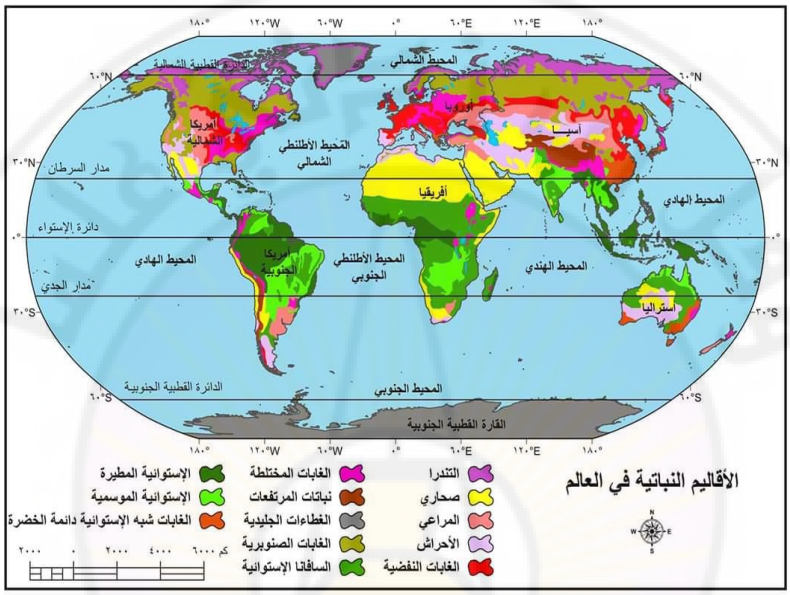
تختلف طرائق الرسم الكارتوغرافية في قدرتها على إظهار الخصائص الكمية أو النوعية للظاهرة المرسومة، ولذلك تُختار طريقة الرسم تبعاً لطبيعة المعطيات المتوافرة أو تبعاً لوظيفة الخريطة. وفي حال توافر جميع أشكال المعطيات تتحكم وظيفة الخريطة بنوع الرموز وشكلها ومقدار الدقة في تمثيلها. إذا كان الهدف من وضع الخريطة إظهار مقدار الظاهرة سواء أكانت ذات انتشار مساحي أم متمركزة، أم ذات انتشار خطي، وكان الهدف إظهار المساحة التي تنتشر عليها أشجار الزيتون مثلاً، لا بد من اختيار إحدى الطرائق الكمية للتعبير عن ذلك.

وإذا كان الهدف هو إظهار شكل توزع الظاهرة بالإضافة إلى تبيان مقدار الظاهرة، فيجب البحث عن طريقة الرسم التي تُبين التوزع المساحي من جهة، والمقدار من جهة أخرى، وتُصنف طرائق تمثيل المظاهر الجغرافية بما يأتي:

- طرائق تُبين أنواع المظاهر الجغرافية، ومواقعها الفعلية، وكيفية انتشارها، وحدود انتشارها.
- طرائق تُبين نوع المظاهر ومقاديرها فقط.
- طرائق تبين أنواع المظاهر ومقاديرها وحركتها واتجاهها.
- طرائق تُبين الأنواع والمقادير ولا تُبين المواقع الفعلية.

أخيراً تحتوي المراجع مفاهيم أخرى لأنواع الخرائط الموضوعية **كالخرائط التحليلية Analytical maps، والخرائط التركيبية Synthetic maps**؛ فالخرائط التحليلية هي خرائط تُظهر عنصراً واحداً أو أكثر من العناصر الجغرافية في حالة ما؛ مثلاً: (خرائط الهطل المطري، وخرائط الكثافة السكانية) من غير ربط هذا العنصر بغيره وتقييم حالته بالنظر إلى علاقته بسواه، والخرائط التركيبية تمثل مظاهر جغرافية متشابكة، وقد تمثل العلاقات القائمة بين العناصر المرسومة، كعناصر

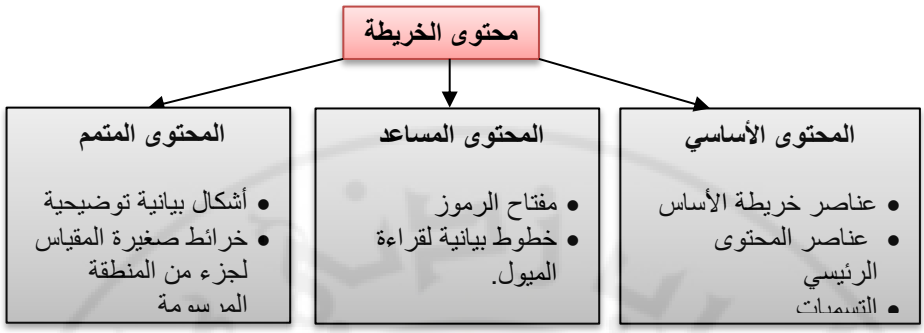
اللاندشافت (الأقاليم الطبيعية، والأقاليم المناخية، والأقاليم الاقتصادية، وخرائط خصوبة التربة، وصلاحية الأرض للبناء، وغير ذلك. **انظر الخريطة (10)**. ولفهمها يجب أن يكون مفتاحها تفصيلياً.



خريطة (10): الأقاليم النباتية الطبيعية في الوطن العربي

3-2- محتوى الخرائط الموضوعية:

تتميز الخرائط الجغرافية العامة من الخرائط الموضوعية بوجود محتوى أساسي وآخر مساعد وثالث مُتمم فيها، ويمكن تمثيل هذا المحتوى في **الشكل (6)**.



شكل (6): محتوى الخريطة

3-2-1- المحتوى العام أو الأساسي:

عناصر خريطة الأساس: تُعد الخرائط الطبوغرافية أساساً مهماً للخرائط الموضوعية –الخاصة، وهذا يتضح مما يأتي:

- تُشكل المظاهر الجغرافية الممثلة على الخرائط الطبوغرافية موضوعات خاصة أو محتوىً أساسياً يُمثل تمثيلاً تفصيلياً؛ فمثلاً: تُمثل المجاري المائية، والبحيرات، والينابيع وغيرها، تمثيلاً مستقلاً بحيث تعد عنصراً أساسياً في الخريطة الخاصة بالمياه والشبكة المائية.
- يمكن تمثيل التضاريس التي تعد أيضاً من العناصر المهمة في الخرائط الطبوغرافية، بوصفها عنصراً أساسياً في خريطة موضوعية.
- ويُمثل الغطاء النباتي أيضاً بوصفه واحداً من العناصر الرئيسة الداخلة في الخريطة الجغرافية العامة، على خريطة خاصة بالغطاء النباتي، وهذا ينطبق على طرق المواصلات، والمناطق الآهلة بالسكان وسواها.

ومن ناحية أخرى قد تُستخدم الخرائط الطبوغرافية بكاملها بوصفها خريطة أساس تُرسم فوقها عناصر الجيولوجية والجيومورفولوجية والنباتية، حيث تُعد الخرائط الطبوغرافية وسيلة مساعدة في الدراسات الحقلية، ولاسيما الخرائط الطبوغرافية التفصيلية كبيرة المقياس 25000/1 وحتى 100000/1 (Imhof 1972) التي تُوضع على أساسها الخرائط الموضوعية، وتُرسم مباشرةً في الحقل فوق الخرائط الطبوغرافية.

بالإضافة إلى ما تقدم فإن عناصر الخريطة الطبوغرافية تدخل فرادى ومجتمعة عند رسم أي خريطة موضوعية خاصة، أياً يكن موضوعها، ويخضع اختيار العناصر اللازم استخدامها كجزء

من خريطة الأساس إلى قواعد تتعلق بالمحتوى الأساسي للخريطة، فتبيان السكان على خريطة ما يتطلب خريطة أساس تحتوي مواقع وتسميات المراكز السكانية المطلوبة، وطرق المواصلات الواصلة إلى هذه المراكز، وقد يكون رسم الشبكة المائية الرئيسة ضرورياً لارتباط التجمعات السكانية بالمظاهر المائية (سواحل، ووديان، وأنهار، وبحيرات)، أما رسم خريطة مخصصة لمعدلات الهطل السنوية، فإنه يتطلب خريطة أساس تحتوي ارتفاعات التضاريس، والشبكة المائية، ومواقع محطات الرصد الجوي، والمراكز السكانية الرئيسة.

3-2-2-المحتوى المساعد:

هو مجموعة العناصر التي تُساعد في قراءة المظاهر التي تم تمثيلها على الخريطة وفهمها. ومنها:

أ-**المفتاح:** يُعد مفتاح الخريطة جزءاً لا يتجزأ منها، ولا يمكن تصور خريطة جيدة من دون أن تمتلك مفتاحاً جيداً، يُعبر بسهولة ودقة عن المحتوى الجغرافي للخريطة.

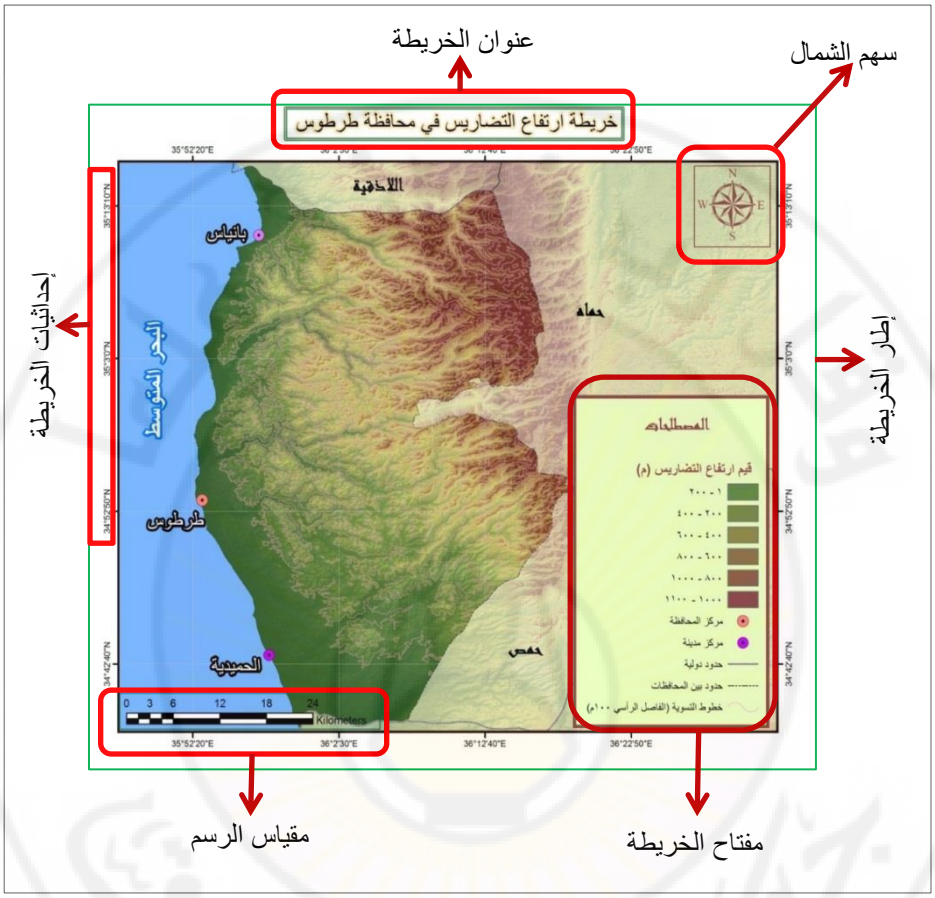
ب-بيانات مساعدة في تحديد موقع المنطقة المرسومة من سطح الكرة الأرضية كاسم الخريطة الدال على اسم المنطقة، بالإضافة إلى وجود خطوط بيانية تساعد على قراءة الميول. وتشمل المقاييس الخطية التي تساعد في معرفة الأطوال على الطبيعة، والأشكال التي تحدد الزوايا بالنسبة إلى الشمال المغناطيسي، وتحديد الاتجاه، وبعض المعلومات عن المؤسسة التي وضعت الخريطة وتاريخ وضعها.

3-2-3-المحتوى المتمم:

يشمل أشكالاً بيانية توضيحية، أو مقاطع مجسمة لجزء من المنطقة المرسومة، أو خرائط صغيرة المقياس للمنطقة المرسومة أو لجزء منها وُضع في فترة سابقة، بالإضافة إلى بعض الشروحات التي تُغني محتوى الخريطة.

3-2-4-المحتوى الخاص:

ويُقصد به جميع المظاهر الجغرافية المراد إظهارها على الخريطة الموضوعية، ينعكس اسمها على اسم الخريطة كالمعدلات السنوية أو الشهرية للرطوبة النسبية، وتوزع المحميات الطبيعية في سورية، وغير ذلك...



شكل (7): عناصر المحتوى الأساسي للخريطة

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الرابع: أنماط البيانات الجغرافية
The types of geographical data

4-1-البيانات الجغرافية النقطية.

4-2-البيانات الخطية.

4-3-البيانات المساحية.

Damascus University

الفصل الرابع: أنماط البيانات الجغرافية

تتنوع البيانات الجغرافية بتنوع المظاهر الجغرافية، ولكن يمكن دمج هذه البيانات في ثلاث مجموعات رئيسة؛ هي:

4-1-البيانات الجغرافية النقطية:

تُدعى أيضاً **بالبيانات المكانية – الموضعية Local data** ويرتبط هذا النوع من البيانات بمكان أو موقع معين من سطح الأرض بشكل منعزل أو متجمع في مساحة صغيرة نسبياً، ومن ثم كل الإحصاءات التي تبين مكاناً ما تُوصف بأنها بيانات مكانية – موضعية، مثل: موقع مدينة، موقع منجم، موقع مصنع، موقع سد، مدرسة، قلعة، وغيرها.. ومع أن الرمز الذي يدل على هذه المظاهر يحتل مساحة محدودة ويقع مركزه على الموقع الحقيقي للمظهر، لكن الرمز يخرج في كثير من الأحوال على المساحة التي تشغلها الظاهرة.

وأي خريطة هي مجموعة من الرموز Symbols، بمعنى: إن الخريطة كلها تمثيل رمزي لمنظر أكبر من سطح الأرض الذي تدور عليه أحداث طبيعية وأنشطة بشرية، ولكن هذا لا يعني أن يُنظر إلى الخريطة على أنها تمثيل رمزي فقط.

بالنسبة إلى الرموز المكانية – الموضعية، تُدعى أحياناً برموز الموقع Local symbols، وهي رموز تُستخدم في إظهار مواقع أو أماكن المظاهر الجغرافية بدقة. وهي:

1-الرموز الهندسية Geometrical symbols:

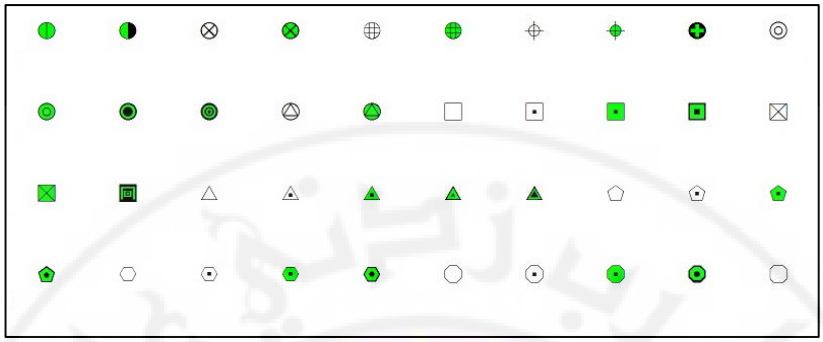
تُقسم إلى مجموعتين رئيستين:

الأولى: بسيطة سهلة الرسم وحساب الأبعاد والمساحة، مثل: العمود والدائرة والمربع والمثلث والمستطيل والمكعب والكرة، **والثانية:** معقدة كالخماسي وسداسي الأضلاع والمضلعات غير المنتظمة والأشكال الحجمية الأخرى. وتُستخدم هذه الرموز بتكرار رسمها في مواقع وجود المظاهر في الخرائط المختلفة الخاصة والعامة، مبينة المواقع الفعلية للمظاهر المرموز لها، وتبين نوع الظاهرة، وقد تبين كميتها وتركيبها وتطورها سواء كانت المظاهر الممثلة منفردة أو متجمعة، كمراكز المدن والقرى، والقلاع، ومحطات توليد الطاقة، والمعامل، ومواقع المعارك، والأبنية.

مثلاً: عند استخدام الدوائر لتحديد أنواع المعامل، تلوّن الدائرة التي تدل على مصانع السيارات بلون يختلف عن اللون المستخدم للدلالة على معامل صناعة القطارات، أو الطائرات أو غيرها. كما يتم استخدام الرموز الهندسية بحسب الهدف من وضع الخريطة. على سبيل المثال، إذا كان الهدف من وضع الخريطة إظهار القليل من الاختلافات بين الأنواع، يمكن تمثيل كل مظهر برمز هندسي مختلف عن الآخر.

وبشكل عام تتميز الرموز الهندسية بما يلي:

- البساطة في الشكل.
- صغر المساحة التي تحتلها هذه الرموز على الخريطة.
- سهولة الرسم.
- يمكن تمييز رمز هندسي من آخر بسهولة.
- سهولة تشكيل مجموعات من هذه الرموز.
- إمكانية زيادة هذه الرموز وتنويعها من خلال استخدام الرموز في داخلها.
- تبين الرموز الهندسية الموقع الفعلي للظاهرة **انظر الشكل (8)**، لأنه من السهل تحديد مركز أي رمز هندسي، لأن الموقع الذي بوضع الرمز فيه يجب أن يكون دقيقاً تماماً، ويُسمح بخطأ لا يتجاوز +– 2 ملم عن الموقع الفعلي للظاهرة، ولكن غالباً ما تكون مساحة هذه الرموز أكبر من أبعاد الظاهرة على الطبيعة، ولذلك يطلق عليها بعضهم اسم **الرموز الخارجة على المقياس، أو الرموز الحرة**. وهذا نجده واضحاً في الخرائط صغيرة المقياس. عدا عن ذلك فإن جزءاً كبيراً من هذه المظاهر التي تُمثل بوساطة هذه الرموز يخضع لعملية الانتقاء والتعميم وذلك بحسب مقياس الخريطة.
- وأخيراً، إن استخدام الرموز الهندسية لإظهار نوع الظاهرة يختلف باختلاف نوع الظاهرة وباختلاف طريقة التمثيل الكارتوغرافي، فضلاً عن أن مساحة الرمز تتعلق بمساحة الخريطة.



شكل (8): بعض أشكال الرموز الهندسية

2-الرموز **التصويرية Pictorial symbols**:

تُعد الرموز التصويرية صوراً مصغرة للمظاهر الجغرافية المختلفة أو رسوماً تبين الأشكال الحقيقية للمظاهر المراد تمثيلها أو لجزء منها. وتُوضع في الموقع الذي يحتله المظهر الجغرافي، حيث تأخذ المظاهر المتشابهة رموزاً موحدة، وهذه الرموز مفيدة جداً وكثيرة الاستخدام، غالباً ما نجدها في الخرائط المدرسية، والسياحية، وخرائط الدعاية والإعلان، حيث تُستخدم عادة لمعرفة نوع الظاهرة ومنظرها الحقيقي كمواقع المراكز الأثرية والسياحية، والمصانع، ويُوضع الرمز في مكان وجود الظاهرة، وتتميز بسهولة فهمها ولا تحتاج إلى مفتاح لتفسير رموزها، ولكنها تحتاج إلى مساحات كبيرة من الخريطة بالمقارنة مع الرموز الهندسية، لذلك تُستخدم غالباً في الخرائط كبيرة المقياس، أو تلك التي لا تزدحم بالمظاهر التي تحتاج إلى ترميز، حيث لا ينصح باستخدامها إذا كانت المظاهر كثيرة أو مكررة في الخريطة.



شكل (9): بعض أنواع الرموز التصويرية

يُحدد الموقع الفعلي للظاهرة في أثناء استخدام الرموز التصويرية أو التعبيرية التي تتميز بقاعدة عريضة، بحيث يكون منتصف الخط الأساسي للقاعدة هو موقع الظاهرة الفعلية على الطبيعة (مثلاً: المداخن، والتماثيل، والطواحين الهوائية)، أما عند استخدام الرموز التي تتميز بقاعدة عمودية رفيعة، فتكون نقاطة الرأس للزاوية اليمنى من القاعدة هي الموقع الفعلي للظاهرة على الطبيعة، أما عند استخدام الرموز المشتقة من الرموز الهندسية (دمج الرموز الهندسية بعضها مع بعض) يجب أن يكون مركز الرمز السفلي هو موقع الظاهرة الفعلي في الطبيعة، مثلاً: المعامل التي تعلوها المداخن، وأماكن العبادة، المباني السكنية البرجية، والأبراج الكهربائية. ولكن يحدث تغيير على هذه القواعد إذا كان وضع الرمز التصويري أو التعبيري سيغطي مظاهر أخرى، أو كانت هذه الرموز ستتقاطع بعضها مع بعض، أو اضطر واضع الخريطة لتحميل عدد أكبر من الرموز في موقع لا يتسع لهذا العدد، فيتم اللجوء في هذه الحالة إلى تغيير موقع الرمز بالنسبة لموقع الظاهرة، مع الإشارة إلى موقعها برمز هندسي بسيط، وقد تستخدم الأسهم لتحديد الموقع الفعلي للظاهرة الممثلة، إذا ابتعد الرمز عن الموقع. غير أن اللجوء إلى هذا الحل يجب أن يكون بعد استنزاف إمكانية تصغير الرموز أو اختصار عددها بما لا يضر بمحتوى الخريطة، وإمكانية قراءتها.

3-الرموز التعبيرية:

هي رموز مبسطة قريبة من شكل الظاهرة أو رمز مستوحى من نوع الظاهرة، تستخدم هذه الرموز على نحو كبير في الخرائط الزراعية والاقتصادية، أو خرائط الثروة والأنواع الحيوانية. **انظر الخريطة**

(11)، وخرائط الغابات، وتستخدم كثيراً في تمثيل المناطق التي تتداخل فيها المحاصيل الزراعية؛ مثلاً: مناطق تداخل محصول القطن مع الذرة، فيستخدم جوزة القطن رمزاً تعبيرياً لتمثيل مناطق القطن، وكوز الذرة لتمثيل مناطق زراعة الذرة.

وتُعد هذه الرموز حلاً وسطاً بين الرموز التصويرية والرموز الهندسية المجردة، لأنها تأخذ أشكالاً مبسطة من المظاهر الجغرافية، ويمكن إظهار كمية الظاهرة الممثلة بشكل اعتباطي (كبيرة، متوسطة، صغيرة)، وتُستخدم هذه الرموز في الخرائط كبيرة المقياس، حيث تتميز بسهولة تمثيلها، وعدم الحاجة إلى مساحات كبيرة كالرموز التصويرية. ولكنها تتصف بمساوئ عدة منها:

- صعوبة إيجاد رموز تعبيرية كافية لتمثيل جميع المظاهر المراد تمثيلها على الخرائط.
- الحاجة إلى مفتاح لتفسير الرموز المستخدمة، وهذا يتطلب مساحةً كبيرةً من الخريطة.
- عدم الدقة في التعبير عن الصفات الكمية والنوعية للظاهرة.



خريطة (11): انتشار أشهر الأنواع الحيوانية حول العالم، (Diter Braun, 2018)



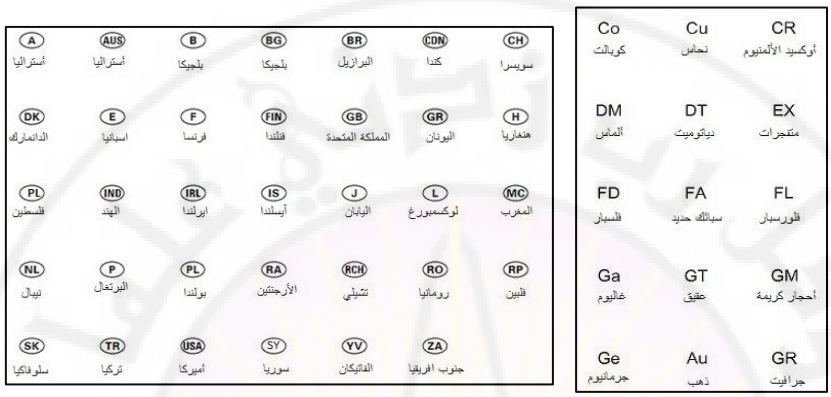
شكل (10): بعض أنواع الرموز التعبيرية

4-رموز الحروف الأبجدية والأرقام Literal and numeral symbols:

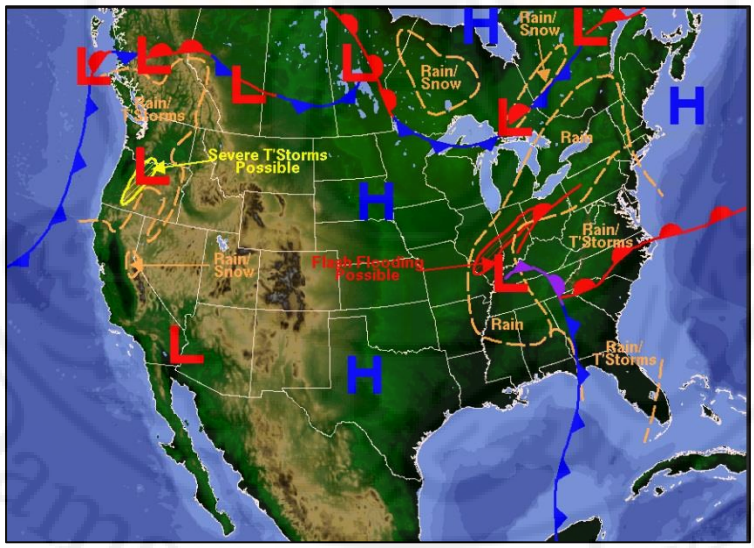
تُستخدم الحروف الأبجدية (عربية وأجنبية) على شكل حروف مفردة أو متكررة **انظر الخريطة (12)**، والأرقام على شكل رموز مكانية تدل على مواقع المظاهر الجغرافية ونوعها في الخرائط، ولاسيما في خرائط الثروة المعدنية، وفي المجال الكيميائي، وذلك باستخدام الحروف اللاتينية للعناصر الكيميائية عادة الحرف الأول والثاني من اسم العنصر، ونادراً ما تكون هذه الرموز مفسرة في المفتاح. وبقي استخدام هذا النوع من الرموز في تمثيل المظاهر الجغرافية محدوداً، للأسباب الآتية:

- قد تختلط حروف هذه الرموز بحروف أسماء المظاهر الجغرافية التي يضطر الكارتوغرافي لكتابتها على الخرائط مثل: اسم نهر، أو إقليم أو مدينة أو غير ذلك.
- لا تشير بدقة إلى موقع الظاهرة الجغرافية، ولاسيما إذا كان الرمز المستخدم يتألف من أكثر من حرف واحد.

- وجود كثير من المظاهر الجغرافية التي تبدأ تسميتها بالحرف نفسه، مثل: المنغنيز، المغنيزيوم وغير ذلك.



شكل (11): بعض أنواع رموز الأحرف



خريطة (12): التنبؤ بالطقس في الولايات المتحدة ليوم 2017/7/4 م

4-2-البيانات الخطية:

تُوصف بعض البيانات الجغرافية على أنها بيانات خطية Linear data، وذلك إذا كانت تصف مظاهر تنتشر في الطبيعة بأشكال طولية تختلف في طولها وشكلها، وعرضها، مثل: طريق، نهر، خطوط تقسيم المياه، أنابيب نقل الطاقة، وغيرها. ويُرمز لها عادةً على الخرائط برموز يُطلق عليها رموز خطية، قد تعبر عن موقع الظاهرة وامتدادها ونوعها وبعض صفاتها الكمية.

فخط الساحل وخطوط ارتفاعات التضاريس هي خطوط وهمية تتساوى القيمة على كل منها، ولكنها غير موجودة على الطبيعة على شكل خطوط، سوى خط الساحل، ولكن يمكن تحديد موقعها، وكذلك خطوط الحرارة والضغط المتساوية.

وهناك كثير من الرموز الخطية المشابهة للمظاهر الجغرافية الموجودة في الطبيعة وتستخدم لتمثيل المظاهر الخطية التي تمتد في الطبيعة بشكل طولي كالأنهار، والطرقات.

أما بالنسبة **إلى الرموز الخطية بوصفها رموزاً مكانية (نوعية):** تُستخدم الرموز الخطية النوعية لتمثيل المظاهر الجغرافية التي تتميز بامتداد كبير في الطبيعة وعرض قليل، كالحدود السياسية للدول، والمجاري المائية، وطرق المواصلات، وشبكات الصرف الصحي.

تبين هذه الرموز الطول الحقيقي والموقع الفعلي للظاهرة، ولكن عرض هذه المظاهر غالباً ما يُكبَر، وذلك بحسب المقياس، مثلاً: طريق مواصلات يبلغ عرضه في الطبيعة 10 أمتار يجب أن يُمثل على خريطة مقياسها 1/ مليون بعرض مقداره 0,01 ملم، ولكن رسم هذا الخط بهذا العرض يدوياً يُعد أمراً مستحيلاً، فإذا مُثّل برمز خطي عرضه 0,5 ملم فهذا يعادل 50 ضعفاً لما يجب أن يكون عليه.

أما تمثيل المظاهر الخطية التي تنتشر بعضها بجانب بعض كطرق المواصلات التي تحاذي الأنهار والسكك الحديدية وأنابيب النفط والغاز، فتمثيل هذه المظاهر الخطية مع بعضها يؤدي إلى زحزحتها من مكانها الفعلي على الطبيعة، وإلى المبالغة في عرض المنطقة التي تشغلها.

وتُعد هذه الخرائط من أكثر الخرائط انتشاراً، إذ لا نجد خريطة تخلو من الحدود السياسية، أو الإدارية، أو المجاري المائية، أو طرق المواصلات، حيث يُرسم الخط في المكان الذي تنتشر فيه الظاهرة بشكل فعلي، مع بعض الإزاحة أحياناً، ويُحدد نوع الظاهرة من خلال لون الخط أو ثخانته، أو شكله، وتُستخدم الرموز الخطية النوعية في خرائط منفصلة، أو مع رموز أخرى. **انظر الشكل (12).**



شكل (12): بعض أنواع الرموز الخطية

4-3-البيانات المساحية:

تتميز البيانات المساحية (Area data) بأنها تصف مظاهر جغرافية تنتشر على مساحة معينة، وتشغل حيزاً مساحياً واضحاً على الخريطة مثل: الغابات، والترب، والأراضي الزراعية، وأنواع الصخور والرسوبيات، والأحواض المائية السطحية والجوفية، وغيرها.

تستخدم الرموز المساحية لتمثيل المظاهر التي تنتشر على شكل مساحات في الطبيعة. تختلف هذه الرموز في أشكالها وأنواعها أيضاً حيث تُقسم إلى:

- رموز **نوعية (تُشير** إلى نوع الظاهرة الممثلة).
- رموز **كمية** (تُشير إلى كمية الظاهرة الممثلة).
- رموز **كمية ونوعية:** (تُشير إلى النوع والكم معاً).

أ-الرموز المساحية يوصفها رموزاً نوعية:

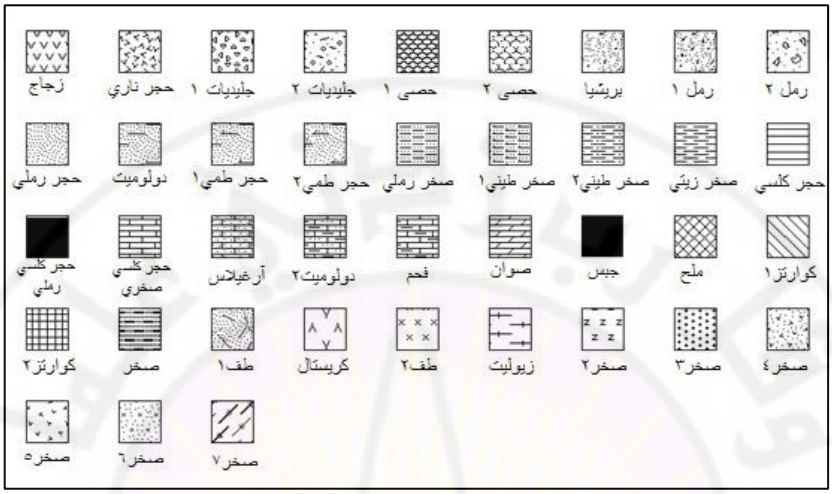
يمكن استخدام الرموز المساحية لتمثيل المظاهر الجغرافية التي تنتشر على شكل مساحات في الطبيعة، (إما على شكل مساحات محددة بخط يُعبر عن الحدود الفاصلة بين الظاهرة وما يحيط بها، وإما مساحات ملونة، وإما مهشرة)، وقد تكون هذه الرموز منتظمة الشكل (كالرموز

المستخدمة في تمثيل البساتين، وأشجار الفاكهة، والمروج، وكروم العنب، وغيرها.)، أو قد تكون رموزاً غير منتظمة؛ مثلاً: الرموز المستخدمة في تمثيل الغابات حديثة التشجير، أو الغابات الطبيعية **انظر الشكل (13)**. ولكن يجب ألا يُستخدم رمز واحد فقط في نفس المساحة بل عدد من الرموز.

هذا النوع من الرموز يبين نوع الظاهرة الجغرافية، فنجد النقاط العشوائية غير المنتظمة تستخدم لتمثيل المناطق التي تنتشر فيها الرمال الصحراوية، والحصى، والتكوينات الجيولوجية. **الشكل (14)**، أما الرموز المساحية الصغيرة فتُستخدم لتمثيل نباتات معينة كالتوندرا أو بعض أنواع الأشجار، أو الغابات، وتُستخدم أشكال منقطة لإظهار مناطق تجمع الثلج، أو رموز أخرى لتمثيل المستنقعات، أو النقاط منتظمة التوزيع أو الألوان لتمثيل مجموعات الترب **انظر الشكل (15)**، أو مجموعات الصخور وغيرها...



شكل (13): بعض أنواع الرموز المساحية لتمثيل الأنواع النباتية والغابات



شكل (14): بعض أنواع الرموز المساحية لتمثيل التكوينات الجيولوجية



شكل (15): بعض أنواع الرموز المساحية اللونية لتمثيل الترب

ب-الرموز المساحية بوصفها رموزاً كمية:

هي رموز تبين مقادير المظاهر الجغرافية والاختلافات في هذه المقادير، قد تكون رموزاً خطية (الخطوط التي تبين ارتفاع الأرض أو كثافات السكان) أو مساحية (الرسوم البيانية التي تبين مساحات الأراضي المروية)، أو مكانية كمية (النقاط التي تبين عدد السكان). في هذه الحالة يجب على الكارتوغرافي أن يُحول المقادير إلى بيانات أخرى مختصرة مرتبطة بالمكان، تُحول بأبعاد الخريطة أو بحسب مقياسها، حيث يمكن أن تكون رموزاً ببعد واحد كالخطوط، أو رموزاً مساحية ببعدين أو حجمية بثلاثة أبعاد. **انظر الشكل (16).** وأكثر الخرائط الموضوعية شيوعاً هي الخرائط الإحصائية Statistic maps التي تحتوي رموزاً صغيرة تبين مقادير المظاهر الجغرافية، قد تكون مقادير مطلقة أو مقادير متدرجة.



شكل (16): بعض أنواع الرموز المساحية ثلاثية الأبعاد

وأكثر الرموز الكمية استخداماً هي الرموز التي تبين موقع الظاهرة بالإضافة إلى مقدارها، وتُدعى **برموز الموقع الكمية Local quantity symbols.**

والهدف الرئيس لرموز الموقع الكمية هو إظهار الاختلافات الكمية للمظاهر الجغرافية المتمركزة في موقع جغرافي محدد، وذلك من خلال أبعاد الرموز المستخدمة، وبتنوع المظاهر الجغرافية المتمركزة أو المتجمعة تتنوع الخرائط، ويؤدي المقياس دوراً رئيساً في تحديد نوع الرمز المستخدم (طولياً أو مساحياً أو حجمياً) لتمثيل الظاهرة، سواء أكان رمزاً موحداً أم أكثر من رمز.

واختيار شـــكل الرمز يتعلق بنوع الظاهرة، ومقياس الخريطة، والهدف من الخريطة أو مجال استخدامه، وطبيعة المعطيات المتوافرة عن المظاهر الجغرافية، لذلك يجب مراعاة ما يأتي:

- عنـد توافر أنواع قليلـة من المظـاهر الجغرافيـة، وبمقـادير كبيرة تُختـار الرموز الهندســـية البســـيطة لتمثيل هذه المقادير، مثلاً: اســـتخدام الدوائر أو النقاط أو المثلثات أو المربعات، أو المســتطيلات وغيرها، ذلك لأنها لا تمثل إلا مســاحات صغيرة من الخريطة، ويُعد إخراجها من الناحية التقنية أمراً سهلاً.
- إذا كانت المظاهر الجغرافية المراد تمثيلها على الخريطة متنوعة، وبمقادير صغيرة أو الاختلافات بين المقادير غير واضـــحة، يمكن اســـتخدام رموز تعبيرية كمية بحيث يدل كل رمز على مكان الظاهرة ومقدارها من جهة إذا كانت الخرائط المراد رسمها كبيرة المقياس، أما إذا كانت الخرائط صغيرة المقياس فلا ينصح باستخدام هذا النوع من الرموز للأسباب السابق ذكرها.
- يختار الكارتوغرافي الرموز الهندســية (النقاطة الكمية، المثلث، للمظاهر الجغرافية التي لا تتميز بأشـــكال خاصـــة في الطبيعة، أما المظاهر الجغرافية التي تتخذ أشـــكالاً معينة (المســـاجد، الكنائس، المعابد وغيرها)، فتُمثَّل برموز تصـــويرية وتعبيرية.
- من المفضـــل عدم اســـتخدام الرموز الهندســـية والتعبيرية والحروف في خريطة واحدة.
- إذا كانت المظاهر متشـابهة في النوع أو الاسـتخدام، فيُسـتخدم شـكل الرمز ولونه لتبيان المظاهر الجغرافية.

الفصل الخامس: طرائق التمثيل الكمي المستخدمة في الخرائط الموضوعية

The qualitative representation methods used in thematic maps

5-1-الرموز المساحية ذات التوقيع المكاني (الفعلي) وطرائق حسابها.

5-2-الرموز المساحية الكارتوديا غرامية.

5-3-الرموز الحجمية.

5-4-الرموز الخطية البسيطة والمركبة.

الفصل الخامس: طرائق التمثيل الكمي المستخدمة في الخرائط الموضوعية

تُعد مهمة تحويل المعطيات الرقمية إلى رموز كارتوغرافية تُعبر عن نوع الظاهرة ومقدارها وتركيبها وتوزعها في المكان من أهم المراحل التي يمر بها واضع الخريطة قبل أن تصبح صالحة للاستخدام. ولا شك في أن تحديد المقياس وطريقة استخدام الخريطة ووظيفتها، ثم إخراجها بالشكل المناسب لكل وظيفة ومقياس تفرض اختيار طريقة التمثيل الكارتوغرافي وأسلوب التمثيل الكمي وشكله.

وسنستعرض فيما يأتي طرائق تحويل القيم الكمية للظواهر إلى رموز لها أبعاد تُعبر عن هذه الكميات.

5-1-الرموز المساحية ذات التوقيع المكاني (الفعلي) وطرائق حسابها:

يكثر استخدام الرموز الهندسية في التمثيل الكارتوغرافي، بسبب إمكانية الربط الدقيق بين أبعاد الرموز ومقدار الظاهرة الممثلة. ولا بد من التذكير بأن الرموز الهندسية تقسم إلى: بسيطة ومعقدة بحسب سهولة رسمها وحساب أبعادها على الخرائط. وتُقسم الرموز الهندسية البسيطة إلى:

رموز طولية: يمثل طول الرمز مقدار الظاهرة بمقياس الخريطة.

رموز مساحية: مساحة الرمز تعادل مساحة الظاهرة بمقياس الخريطة.

رموز حجمية: يعبر حجمها عن مقدار الظاهرة بمقياس الخريطة.

تتعدد أساليب التمثيل الكمي أيضاً بحيث تربط بعض الأساليب بين أبعاد الرمز ومقدار الظاهرة (التمثيل المطلق المستمر) ربطاً كاملاً، والأساليب التي تصنف قيم المعطيات في فئات تعبر عن متوسط كل فئة برمز له أبعاد تتناسب تناسباً كاملاً مع وسطي الفئة (التمثيل المطلق المتدرج)، وأساليب تعتمد على الربط النسبي بين مقدار الظاهرة، وأبعاد الرمز الذي يعبر عنها وتُسمى بالتمثيل الاعتباطي. ولكل من هذه الأساليب ميزاتها وعيوبها، والحالات المسوغة لاستخدامها دون سواها.

5-2-الرموز المساحية الكارتوديا غرامية:

التعامل مع الأرقام الكبيرة عند تحويلها إلى رموز لها أبعاد تتناســـب ومقياس الخريطة، تتطلب عملية اختصـار لهذه القيم أو اختصـار لأبعاد الرموز الممثلة لها، ويجب أن يحدد الرقم الذي يتم اختياره لاختزال القيم عليه ويُدعى (**العدد الأولي**) ويُرمز له في المعادلات بالحرف (ع).

طرائق تحديد العدد الأولي:

أولاً: اختيار العدد الأولي المستخدم في رمز مربع:

إذا فرضــنا وجود القيم (عدد الســكان) كما في الحقل الثاني من **الجدول (1)**. لتحويل هذه القيم إلى رموز مربعة فإن أضـــلاع المربعات ســـتكون كما هو في العمود الثالث، وهذه الأرقام كبيرة حتى إن كانت وحدة القياس بالمليمتر.

جدول (1): عدد سكان بعض مناطق محافظة طرطوس

المنطقة	عدد السكان / نسمة
طرطوس	220000
صافيتا	110000
بانياس	100000

لذلك جرى البحث عن طرائق لاختصـــار المقادير قبل تحويلها أو بعده إلى أبعاد الرموز، ومن هذه الطرائق:

أ-طريقة تقسيم القيم الناتجة (الجذور التربيعية) على رقم مدور:

اختيار عدد أولي (10000) مثلاً: تُقسَم الجذور على 100.

ض = √ م / ع

حيث: (م): مقدار الظاهرة،

(ع): العدد الأولي فتكون النتائج كما يأتي:

طول ضلع المربع (ض) = $\sqrt{220000/10000}$ = 4,69 ملم.

طول ضلع المربع (ض) = $\sqrt{110000/10000}$ = 3,31 ملم.

طول ضلع المربع (ض) = $\sqrt{100000/10000}$ = 3,16 ملم.

ب-حساب الأضلاع بطريقة النسبة والتناسب وتُعد هذه الطريقة من أكثر الطرائق شيوعاً، من خلالها يمكن ربط المقادير بعضها ببعض، إذ تُرتب الإحصاءات تصاعدياً بعد الحصول على الجذر التربيعي لتصبح كما يأتي:

المنطقة	عدد السكان / نسمة	الجذر التربيعي
بانياس	100000	316,2
صافيتا	110000	331,6
طرطوس	220000	469

يتم تحديد قيمة معينة لأقل القيم السابقة، وهي (بانياس) في الجدول السابق، وتُعطى طول ضلع مفترض وليكن (4 مم)، بحيث يكون مناسباً لمقياس الرسم. وبناءً على ذلك يُحدد قيم المعطيات السابقة من خلال النسبة والتناسب كما يأتي:

إذا كانت بانياس 316,2 تُعادل مربعاً ضلعه 4 مم

فإن صافيتا تُعادل (331,6x 4) /316,2 = 4,1 مم

وطرطوس: (496 x 4) / 316,2 = 6,2 مم

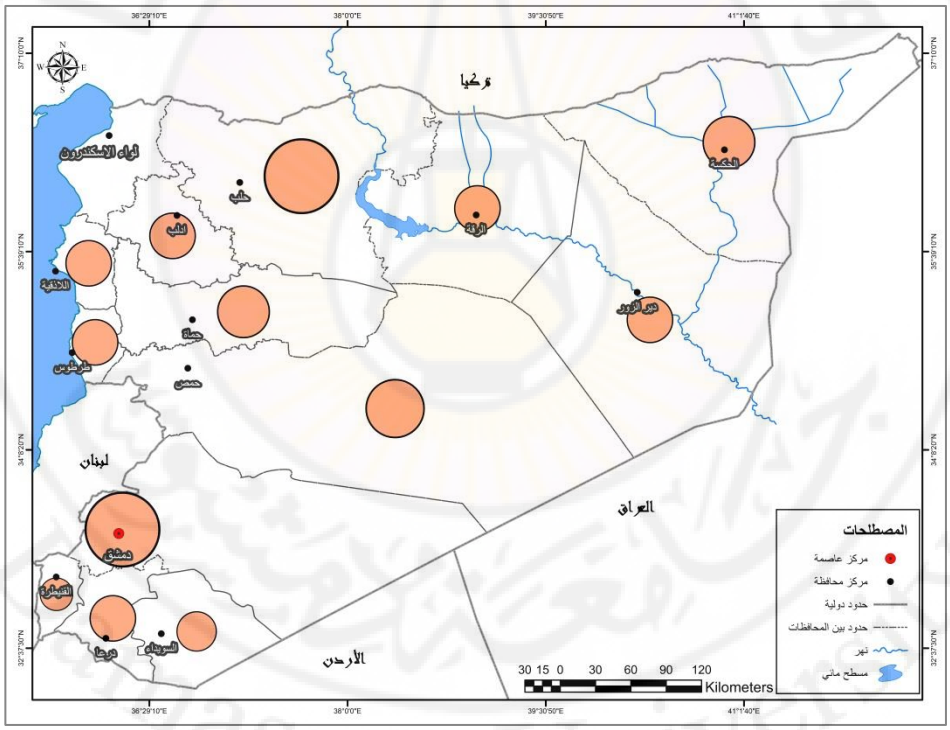
ولكن هذه الطريقة تحتاج إلى إجراء هذه العملية لكل قيمة، لذلك عندما تكون القيم كثيرة كما هي في **الجدول (2)** فهي ستأخذ وقتاً طويلاً:

جدول (2): عدد سكان محافظات سورية عام 1994م

المحـافظة	أعداد السكان عام 1994 / نسمة	الجذر التربيعي	الضلع
القنيطرة	45000	212	2
السويداء	300000	548	6
الرقة	518000	718	8
دير الزور	599000	774	9
درعا	616000	785	9
طرطوس	669000	818	9
اللاذقية	834000	913	11
ادلب	937000	968	11
الحسكة	1030000	1015	12

حماه	1116000	1056	12
حمص	1301000	1141	14
حلب	2856000	1690	21
دمشق	3003000	1732,9	22

ج–نختار أصغر قيمة وهي هنا (القنيطرة)، ويؤخذ الجذر التربيعي، ثم يتم يُحدد طول ضلع معين لها وليكن (2 مم)، ثم تُقسَم أصغر القيم (القنيطرة) على (2 مم) أي: 2/212 = 106، ثم تُقسم كل القيم على الرقم (106) فتُصبح النتائج كما في العمود رقم (4). وتُمثَّل المربعات (أو الدوائر النسبية) في أماكنها الصحيحة كما في **الشكل (17)**.



شكل (17): حساب قطر الدوائر بطريقة النسبة والتناسب

د–طريقة جيمس فلانري[*]:

تحتوي الطريقة السابقة بعد تنفيذها مشكلة في الإدراك البصري، أي إن مستخدم الخريطة لا يستطيع أن يدرك العلاقة الإحصائية بين القيم التي جرى مضاعفتها بناءً على أحجام الدوائر، لذلك اعتمد فلانري على إظهار العامل البصري في مساحات الدوائر الممثلة على الخريطة، فمثلاً الدائرة التي تمثل (200000 نسمة)، يُفترض أن تكون ضعف الدائرة التي تمثل (100000 نسمة)، لكن هذا لا يظهر واضحاً عندما يتم النظر إلى الدائرتين والسبب في ذلك هو تحويل القيم ذات البعد الواحد إلى أشكال مساحية ذات بعدين على شكل دائرة، لذلك استخرج جيمس فلانري الجذور التربيعية باستخدام اللوغاريتم، أي الحصول على لوغاريتم القيم المراد تمثيلها، للحصول على جذور تربيعية معدلة وذلك باتباع الخطوات الآتية:

1–إيجاد لوغاريتم الأعداد المطلوب تمثيلها.

2–ضرب كل لوغاريتم برقم ثابت وهو (0,57)

3–إيجاد العدد المقابل للوغاريتم (10^x). بحيث (X) هو قيمة (اللوغاريتم * 0,57) كما في **الجدول (3):**

جدول (3): طريقة جيمس فلانري لتمثيل أعداد السكان

المحـافظة	أعداد السكان عام 1994 / نسمة	اللوغاريتم	اللوغاريتم * 0,57	العدد المقابل للوغاريتم
القنيطرة	45000	4,65	2,65	446,6
السويداء	300000	5,74	3,27	1862,08
الرقة	518000	5,71	3,27	1862,08
دير الزور	599000	5,77	3,28	1905,46
درعا	616000	5,78	3,29	1949,84
طرطوس	669000	5,82	3,31	2041,73
اللاذقية	834000	5,92	3,37	2344,22

[*] J. Flannery: أستاذ جامعي في قسم الجغرافية عمل لمدة أحد عشر عاماً في جامعة بنسلفانيا، ثم خمسة وعشرين عاماً في جامعة ويسكنسن– ميلووكي حيث ارتقى إلى منصب أستاذ جغرافي متخصص في رسم الخرائط. وقد ورد ذكره في العديد من كتب رسم الخرائط. توفي بتاريخ 1987/2/27.

إدلب	937000	5,87	3,31	2344,22
الحسكة	1030000	5,01	2,85	707,94
حماه	1116000	6,04	3,44	2754,22
حمص	1301000	6,11	3,48	3019,95
حلب	2856000	6,45	3,67	4677,35
دمشق	3003000	6,47	3,68	4786,30

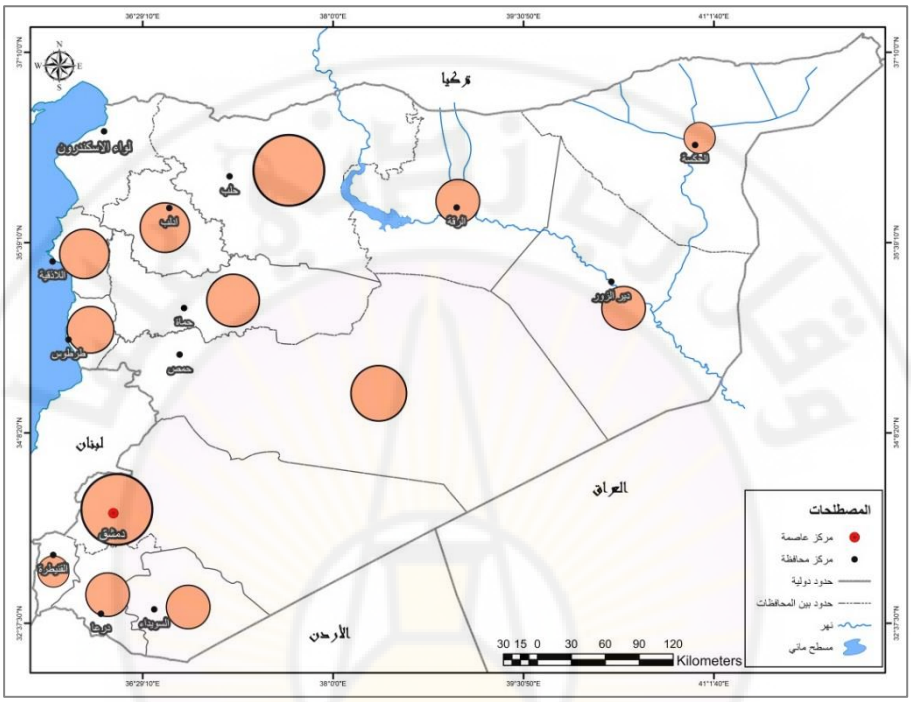
4-اختيار وحدة قياسية لأنصاف الأقطار، يجري اختيارها على أن تكون بين أكبر قيمة وهي (3003000) وأصغر قيمة (45000) لنفترض أنها (600000).

يتم أخذ لوغاريتم (600000) = 5,77، ثم 5,77 * 0,57 = 3,28، واللوغاريتم المقابل لـ 3,28 = 1905,46 وهو ما يُسمى بالوحدة القياسية.

5-الحصول على أنصاف أقطار الدوائر: التي هي حاصل قسمة العمود الخامس في الجدول (العدد المقابل للوغاريتم) على الوحدة القياسية، لتُصبح كما يأتي:

المحافظة	نصف قطر الدائرة
القنيطرة	0,23
السويداء	0,97
الرقة	0,97
دير الزور	1
درعا	1,02
طرطوس	1,07
اللاذقية	1,23
إدلب	1,23
الحسكة	0,37
حماه	1,44
حمص	1,58
حلب	2,45

دمشق	2,51



شكل (18): حساب أقطار الدوائر بطريقة جيمس فلانري

هـ-التمثيل المطلق المستمر:

يُقصد به الحصول على رموز هندسية تُعبر تعبيراً دقيقاً عن مقدار الظاهرة، بحيث يؤثر أي تغيَر في مقدار الظاهرة في أبعاد الرمز، ومن ثم يمكن استخراج مقدار الظاهرة من خلال أبعاد الرمز، لذلك فإن هذا الأسلوب من التمثيل الكمي يُطبق عند استخدام الرموز الهندسية التي يسهل استخراج أبعادها أو مساحتها أو حجمها.

- تحويل المقادير الكمية إلى رموز طولية:

إذا كان عدد طلبة السنة الثانية في قسم الجغرافية هو 800 طالباً، وكان المطلوب تمثيل هذا العدد بعمود فكم يكون ارتفاع هذا العمود؟ هل يُرسم 800 سنتيمتراً أم مليمتراً أم غير ذلك؟ والجواب: يمكن اعتماد أي وحدة للقياس شرط أن تتناسب الأبعاد المراد رسمها وأبعاد الخريطة،

حيث لا يمكن رسم عمود طوله 800 سم على ورقة ذات الأبعاد 21 * 29,7 سم، ولكن يمكن رسم عمود طوله 0,8 سم على نفس الورقة.

أما عندما يكون المطلوب رسم مجموعة من الأعمدة الخاصة مثلاً بأعداد السكان في مراكز المحافظات السورية، وتقدر بمئات الآلاف أو الملايين، على خريطة صماء لسورية مقياسها 3/1 مليون، فسوف يكون هناك صعوبة في رسم أعمدة يصل طولها إلى 800 ملم، لذلك يجب التفكير بطريقة تختصر القيم، ومن ثم أبعاد الرموز الممثلة لها، بفرض أن كل واحد ملم من طول العمود يعادل عشرة أشخاص، وفي هذه الحالة يصبح طول العمود الممثل لطلبة السنة الثانية 80 ملم بدلاً من 800 ملم. أما بالنسبة إلى المقادير الكبيرة كأعداد السكان في المدن أو الدول فتزداد درجة الاختصار **(أي: ما تمثله وحدة الطول أو المساحة أو الحجم من مقدار الظاهرة** – العدد الأولي).

العوامل المؤثرة في اختيار العدد الأولي: ترتبط درجة اختصار مقدار الظاهرة الذي يتم تمثيله بوحدة الطول أو المساحة أو الحجم عادةً بكل من **مقدار الظاهرة**، حيث يُضطر لزيادة العدد الأولي كلما كانت المقادير المراد تمثيلها كبيرة، وقد بدا واضحاً في المثال المذكور أعلاه، أن تمثيل المقادير الكبيرة يحتاج إلى درجة اختصار أكبر.

مثال: إن تمثيل عدد السكان البالغ 10000 نسمة في حي سكني ما على مخطط للمدينة مرسوم على ورقة تبلغ أبعادها 20 × 30 سم ويضم عدة أحياء أخرى يقتضي ألا يزيد طول العمود على 10 سم، ومن ثم يمكن القول: إن كل سنتيمتر من طول العمود يمكن أن يعبر عن 1000 نسمة، ولكن إذا كان في هذه المدينة أحياء يصل عدد سكانها إلى 100000 نسمة لا يمكن اعتماد نفس نسبة الاختصار لأن العمود سوف يبلغ طوله 100 سم، ولن يكون رسمه ممكناً بأبعاد الورقة. ولذلك لا بد هنا من تكبير العدد الأولي كي يصبح طول العمود مقبولاً بالنسبة لأبعاد الرسم. كما يؤثر **مقياس الرسم** على اختيار العدد الأولي بصورة مباشرة، فالمقياس الكبير يعني توفير مساحة أكبر للرسم، ومن ثم إمكانية اختيار عدد أولي صغير للحصول على رموز كبيرة نسبياً، أما المقياس الصغير فيفرض الاعتماد على رموز أصغر يستوعبها الرسم، وبالتالي يكون العدد الأولي أكبر. وأخيراً تؤثر **وظيفة الخريطة** في اختيار العدد الأولي أو نسبة الاختصار فالخرائط قليلة التفاصيل التي تعدّ لأغراض تعليمية أو دعائية، وتلك التي تعد خرائط جدارية تُقرأ من بعد، يجب أن تكون الرموز التي تتضمنها واضحة وكبيرة نسبياً. أما الخرائط

الاستعلامية وخرائط البحث العلمي التي تحتوي كثيراً من التفصيلات فإن اعتماد رموز صغيرة فيها يكون مناسباً، وهذا يؤدي إلى اختيار أعداد أولية كبيرة نسبياً.

واستناداً إلى ما سبق يمكن تحويل المقدار الكمي إلى رمز طولي باستخدام المعادلة الآتية:

طول الرمز (ل) = مقدار الظاهرة (م) ÷ العدد الأولي (ع)

تحويل المقادير الكمية إلى رموز مساحية: تُعبر مساحة الرمز في هذه الحالة عن مقدار الظاهرة، بحيث يمكن القول: إن **مقدار الظاهرة = مساحة الرمز** مصغراً بمقياس الخريطة، ولكن مقدار الظاهرة يُختصر دائماً على عدد أولي يعبر عن وحدة المساحة المعتمدة في الرمز، فتصبح المعادلة:

مساحة الرمز (س) = مقدار الظاهرة (م) ÷ العدد الأولي (ع)

ولكن الرموز المساحية التي تُستخدم في الرسم، هي مربعات أو دوائر أو مثلثات وغيرها من الرموز الهندسية البسيطة، ولكل من هذه الأشكال طريقة في حساب أبعادها انطلاقاً من المساحة، فالمعلوم أن مساحة المربع = الضلع × الضلع، وأن مساحة الدائرة = π ر2 ومساحة المثلث = القاعدة × الارتفاع ÷ 2

فإذا كانت مساحة الرمز تعبر عن مقدار الظاهرة فإننا نستطيع وضع المعادلة الآتية بالنسبة للمربع: مقدار الظاهرة = الضلع × الضلع، فإذا كنا نختصر مقدار الظاهرة (م) على عدد أولي (ع) فإن المعادلة تصبح:

م / ع = الضلع × الضلع، ومنه يُحسب ضلع المربع بالمعادلة:

ض = $\sqrt{}$ (م ÷ ع)

أما إذا اختيرت الدائرة رمزاً أنسب للتمثيل بسبب سهولة رسمها، وسهولة تحديد مركزها، وموقع الظاهرة التي تدل عليها بالمقارنة مع المربع، فإن المعادلة تصبح:

م / ع = π ر2 ومنه:

نصف القطر (ر) = $\sqrt{}$ (م ÷ (ع .π))

ملحوظة: يلجأ بعض واضعي الخرائط إلى تبسيط العملية الحسابية بالنسبة إلى الدائرة، ويستعيضون عنها بمعادلة المربع، ولكن لحساب القطر(ق) = $\sqrt{}$ (م ÷ ع)، بحجة التبسيط،

وحجة أن المقادير التي تقسم على عدد ثابت لا يتغير تناسبها بعضهما مع بعض، ومن ثم لا يتغير تناسب الرموز المنبثقة عن هذه المقادير. لكن الدوائر التي يُحصل عليها نتيجة هذه العملية الحسابية تختلف عن الدوائر التي يتم الحصول عليها من معادلة نصف القطر؛ فهي أصغر من الدوائر التي تعبر المساحة فيها عن مقدار الظاهرة، ويبقى التعبير صحيحاً حتى لو تم تغيير شكل الرمز. فمثلاً: مدينة عدد سكانها 100000 نسمة لتمثيل هذا العدد بمربع يتم تطبيق المعادلة: ض = √ (م ÷ ع)، فإذا كان العدد الأولي المختار هو 1000، سيكون الضلع:

ض = √ (100000 ÷ 1000) = 10 ملم (يمكن تغيير وحدة القياس بحسب مقياس الخريطة)، وسيكون قطر الدائرة المحسوبة بنفس المعادلة 10 ملم أيضاً، بينما سيكون نصف قطر الدائرة التي تعادل مساحتها مساحة المربع:

ر = √ (100000 ÷ (1000 × 3.1416) = 5.6 ملم، وسيكون قطرها 11.2 ملم بدلاً من 10 ملم التي حُصل عليها بمعادلة القطر المساوي لضلع المربع، وفي حال اعتماد طريقة القطر المشار إليها فإن تصنيف الرموز الحاصلة على أنها رموز مساحية موضوعة بأسلوب التمثيل المطلق المستمر غير صحيح، بل يصح إدراجها في أسلوب التمثيل النسبي – الاعتباطي (العشوائي).

5-3-الرموز الحجمية

تُستخدم الرموز الحجمية لتمثيل المقادير الكمية عندما يكون الفرق بين أعلى قيمة وأدنى قيمة كبيراً جداً، وعند تحويل المقادير إلى رموز حجمية يمثل حجم الرمز في هذه الحالة مقدار الظاهرة، ولا شك في أن الخريطة المرسومة على سطح مستو لا تظهر الحجم إلاّ من خلال الرسم الفراغي الذي يوضح البعد الثالث للرمز الحجمي. وغالباً ما يُستخدم المكعب والكرة للتمثيل الحجمي، مع الأخذ بالحسبان أن رسم الكرة سيكون على شكل دائرة قد تظهر عليها بعض الظلال للتعريف بها ككرة، وقد تُرسم كدائرة عادية.

يُحسب طول ضلع المكعب بالمعادلة:

ض = ∛(م ÷ ع)

أما بالنسبة إلى الكرة فحيث إن حجمها = 3/4 π ر مكعب = م ÷ ع، فإن نصف قطر الكرة يُحسب بالعلاقة:

$$ر = \sqrt[3]{(3 م \div ع (4 \times \pi))}$$

أما عن مسـوغات الانتقال من التمثيل الطولي إلى التمثيل المسـاحي ثم التمثيل الحجمي، فنظراً إلى أنه يمكن تصـغير الرمز المرسـوم أو تكبيره باختيار عدد أولي مناسـب! فتكمن الإجابة عن هذا التسـاؤل في أن التباعد بين القيم هو الذي يفرض الانتقال، وليس صـغر القيم أو كبرها، فالمقادير المتقاربة بعضها من بعض بقيمتها (كبيرة كانت أم صغيرة) يمكن تمثيلها تمثيلاً طولياً، باختيار عدد أولي مناسـب، أما المقادير المتباعدة بعضـها عن بعض من حيث قيمها، فإن تمثيلها طولياً لن يكون مناسـباً لمقياس الخريطة، أو لإمكانية اسـتيعاب الرموز الناتجة، وقراءتها بسهولة من مستخدم الخريطة. والمثال الآتي يوضح هذه الفكرة:

يبلغ عدد سـكان مدينتين: الأولى مليون نسـمة، والثانية عشـرة آلاف نسـمة، والمطلوب تمثيلهما على خريطة لسورية بمقياس 1/ 3 مليون، فإذا اختير العدد الأولي 5000، واعتمد على التمثيل الطولي، فسـيكون طول العمود الذي يعبر عن المدينة الكبيرة 200 (ملم مثلاً)، وسـيكون طول العمود الذي يُعبر عن سكان المدينة الصـغيرة 2 ملم، حيث يُلحظ من جهة صـعوبة إيجاد مكان متسع مناسب لرسم الرمز الأول، في خين سيكون الرمز الثاني صغيراً جداً.

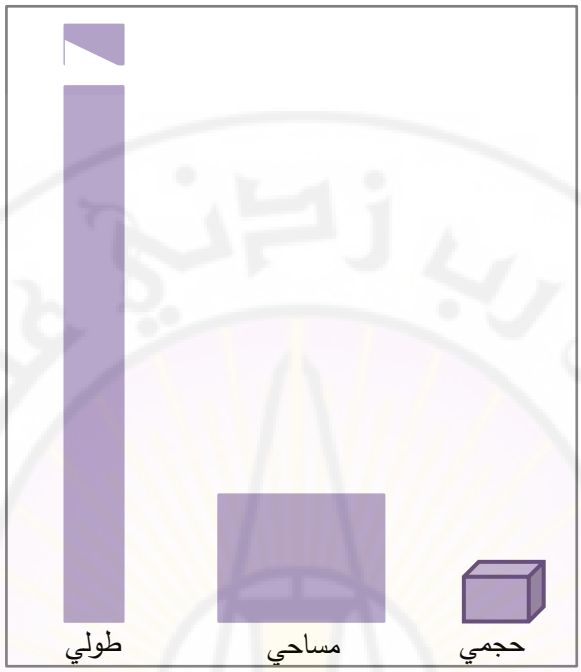
أما إذا اعتمدنا على التمثيل المسـاحي باعتماد نفس العدد الأولي، فإن طول ضـلع المربع الذي يعبر عن عدد سكان المدينة الكبيرة:

$$ض = \sqrt{1000000 \div 5000} = 14,14 \text{ ملم}$$

وسيكون ضلع المربع الذي يعبر عن سكان المدينة الصغيرة:

$$ر = \sqrt{(10000 / 5000)} = 1,4 \text{ ملم}$$

يُلحظ هنا أن أبعاد الرمز المعبر عن المدينـة الكبيرة انخفض من 200 ملم إلى 14,14 ملم، على حين انخفضـت أبعاد الرمز المعبر عن سـكان المدينة الصـغيرة من 2 إلى 1,4 ملم، فلم يتأثر المقدار الصـغير عند الانتقال من الرموز الطولية إلى المساحية كما تتأثر المقادير الكبيرة، وهذا ما يحدث أيضـاً عند الانتقال من الرموز المسـاحية إلى الرموز الحجمية. **(انظر الشـكل (19))** الذي يبين العلاقة بين الرموز المعبرة عن نفس المقدار عند الانتقال بين التمثيل الطولي والمساحي والحجمي.



شكل (19): العلاقة بين الرموز المعبرة عن نفس المقدار عند الانتقال بين التمثيل الطولي والمساحي والحجمي

التمثيل المطلق المتدرج:

بينت الفقرة السابقة طريقة تحويل المقادير الكمية للظواهر المكانية إلى رموز طولية ومساحية وحجمية، حيث يُمثَل كل مقدار برمز يعبر عنه تماماً ويرتبط به. لكن الاعتماد على هذا الأسلوب مع وجود أعداد كبيرة من المعطيات، أو عند وضع الخرائط التي لا تتطلب دقة عالية في التمثيل، وأيضاً في حالة توقع التغير المستمر في مقدار الظاهرة، يصبح التمثيل المطلق المستمر أقل قيمة، وأقصر عمراً بالرغم من دقته في التعبير عن مقدار الظاهرة المرتبط بتاريخ محدد. لذا يُعد التمثيل المطلق المتدرج البديل المناسب لأنه يعتمد على تقسيم القيم إلى فئات، ثم التعبير عن وسطي كل فئة برمز يُكرر رسمه في كل المواقع التي تنتمي قيمها إلى نفس الفئة، فمثلاً: لو افترضنا وجود خمس مدن يُراوح عدد سكانها بين 25 و 50 ألف نسمة، جُمعت في فئة واحدة، يجري اختيار رمز يعبر عن وسطي هذه الفئة، وهو 37500 نسمة، تُحسب أبعاده

بوصفه رمزاً طولياً أو مساحياً أو حجمياً، كما هي الحال في التمثيل المطلق المستمر، ثم يُكرر رسم الرمز في مواقع المدن الخمس الداخلة في هذه الفئة.

ولكن يجب أن يهتم واضع الخريطة بمسألة تقسيم المقادير إلى فئات اهتماماً واضحاً، إذ إن التقليل من عدد الفئات أو الزيادة منها يخضع عادة لقواعد منطقية ولكنها غير صارمة، وتتحكم بها وظيفة الخريطة، وتباعد المقادير بعدد الفئات. ولكن يجب ألا يقل عدد الفئات عن ثلاث، ولا يزيد على ثماني فئات، إلاّ في بعض الحالات الخاصة التي يسوغها الباحث أو واضع الخريطة. وبشكل عام فإن التباعد بين المقادير يفرض زيادة عدد الفئات، أما اقتراب المقادير بعضها من بعض، فيجعل زيادة عدد الفئات غير ضروري. ويلجأ واضع الخريطة المخصصة لأغراض بحثية إلى زيادة عدد الفئات لرفع دقتها، ولكن الخرائط التي توضع لأغراض دعائية أو تعليمية مبسطة لا تستدعي عدداً كبيراً من الفئات. وانطلاقاً مما تقدم يمكن أن يختلف عدد الفئات لنفس الغرض ولنفس المقادير من واضع خريطة إلى آخر، وتختلف حدود الفئات بحسب التقدير الشخصي، ولكن يجب أن يبقى هذا الاختلاف محدوداً.

يعتمد بعض الكارتوغرافيين الطريقة الآتية في تقسيم القيم إلى فئات:

- تُرتب المقادير تصاعدياً.
- الحصول على المتوسط الحسابي = مجموع القيم ÷ عددها.

حيث يُستخدم المتوسط بوصفه عدداً أساسياً لتقسيم الإحصاءات المطلوب تمثيلها إلى قسمين: قيم كبيرة وقيم صغيرة.

تكون فئة القيم الصغيرة أقل من العدد الأساسي (المتوسط الحسابي)، أما فئة المقادير الكبيرة فتكون أكبر من المتوسط الحسابي.

- الحصول على متوسط الفئة الصغيرة = مجموع مقادير الفئات الصغيرة ÷ عددها.
- الحصول على متوسط الفئة الكبيرة = مجموع مقادير الفئات الكبيرة ÷ عددها.
- حساب متوسط كل فئة من الفئتين الكبيرة والصغيرة، ويُعد فاصلاً بين فئتين جديدتين، ومن ثم يصبح لدينا أربع فئات، ويمكن زيادة عدد الفئات بحسب معايير أخرى.

ويعتمد بعضهم أيضاً طريقة جيمس فلانري لإيجاد أنصاف أقطار الدوائر المقابلة لمتوسطات الفئات، وتُصغر القيم الناتجة (الجذور) بإحدى الطرق.

فإذا كان مجموع القيم المراد تمثيلها 21377000 (مجموع السكان في سورية للعام 2011م) موزعين على 14 محافظة **انظر جدول (4)**، فإن المتوسط يكون : 21377000 ÷ 14 = 1526928,57

جدول (4): عدد سكان المحافظات السورية للعام 2011 م

المحافظة	عدد السكان للعام 2011م
دمشق	1754000
حلب	4868000
حمص	1803000
حماه	1628000
اللاذقية	1008000
دير الزور	1239000
الرقة	944000
إدلب	1501000
درعا	1027000
طرطوس	797000
الحسكة	1512000
السويداء	370000
القنيطرة	90000
ريف دمشق	2836000

المصدر: المكتب المركزي للإحصاء

يقسم هذا المتوسط القيم إلى فئتين؛ تضم الفئة الصغيرة القيم التي تقل عن المتوسط، وتضم المحافظات الآتية (القنيطرة، السويداء، طرطوس، الرقة، اللاذقية، درعا، دير الزور)، وتضم الفئة الكبيرة باقي المحافظات الأخرى.

ثم يتم حساب متوسط الفئة الصغيرة: مجموع القيم ÷ 7 = 5475000 ÷ 7 = 782,14

ونميز من الفئة الكبيرة عدداً من القيم التي تقترب من المتوسط الحسابي تضم كلاً من (إدلب، الحسكة) فندخلها في فئة خاصة يُحسب متوسطها:

مجموع المقادير ÷ عددها = 3013000 / 2 = 1506,50

أما القيم الكبيرة الأخرى فتضم (حماه، دمشق، ريف دمشق، حمص، حلب) يُحسب متوسطها الحسابي:

متوسط الفئة = 12889000 / 5 = 2577,80

لكن العمل بهذه الطريقة يؤدي إلى جعل حدود الفئات غير مدورة.

وعند تقسيم المقادير إلى فئات يمكن أن نحصل على فئات متصلة بعضهما ببعض، وذات مدى ثابت لكل منها، فتُسمى مجموع الفئات **(السلم المستمر ذو المدى الثابت)** كما هي الحال في المثال الآتي:

من 1 – 100

من 100 – 200

من 200 – 300

من 300 – 400

من 400 – 500

فالمدى هنا ثابت (100) والاستمرار قائم، لأن الحد الأعلى في كل فئة هو الحد الأدنى للفئة الآتية. أما إذا كان المدى لكل الفئات واحداً، ولكن المقادير كانت متناثرة بحيث وجد واضع الخريطة أنه ليس هناك قيم في بعض الفئات المتسلسلة، فيحذفها، فإن مجموع الفئات الناتجة تسمى سلماً متقطعاً بمدى ثابت، كما هي الحال في المثال الآتي:

من 1 – 100

من 100 – 200

من 300 – 400

من 600 – 700

حيث يُلحظ أن عدم وجود قيم بين 200 و300، وبين 400 و600 أدى على إلغاء الفئات التي تغطي هذا المجال. وفي أحيان أخرى يضطر واضع الخريطة إلى جعل مدى الفئة غير ثابت، فيزيده مرة وينقصه مرة أخرى مع وجود اتصال بين الفئات، أو عدم وجود هذا الاتصال، وتؤدي طبيعة توزع القيم دوراً في تحديد حدود الفئات، لا سيما بعض القيم المنفردة التي يُفضل ضمها إلى الفئات المجاورة بدلاً من وضعها في فئة خاصة، فإن تغير مدى الفئات وكانت الفئات متصلة يُسمى تدرج الفئات باسم **(السلم المستمر ذو المدى المتغير)** كما في المثال الآتي:

من 1 – 100

من 100 – 250

من 250 – 400

من 400 – 500

من 500 – 750

الاتصال في هذا السلم قائم لأن الحد الأعلى في كل الفئات هو الحد الأدنى في الفئة التي تليها، والمدى متغير، لأنه يكون 100 في الفئة الأولى، ليصبح 150 في الفئة الثانية و250 في الفئة الأخيرة. أما إذا فرضت القيم عدم الاتصال إضافة إلى عدم انتظام المدى، فإن السلم الذي نحصل عليه يُسمى **السلم المتقطع بمدى متغير أو السلم الحر**، كما هي الحال في المثال الآتي:

من 1 – 100

من 200 – 350

من 350 – 450

من 500 – 750

في الحالات الأربع المذكورة آنفاً تُرتب المقادير الواجب تمثيلها ترتيباً تصاعدياً أو تنازلياً، ثم يقرر واضع الخريطة عدد الفئات ومداها، وحدودها في ضوء دراسته للمقادير، وتحديده لوظيفة الخريطة. أما جرى بوساطة الحاسب باستخدام برنامج (GIS) مثلاً المختص برسم الخرائط، فغالباً ما يفرز البرنامج القيم إلى فئات بعدد محدد ومدى ثابت بغض النظر عن كون حدود هذه الفئات ذات أرقام مدورة أو عشرية. وتعمل بعض البرامج بناءً على إعدادات خاصة يضعها المستخدم بفرز المقادير إلى فئات بحيث يكون عدد المقادير متساوياً في كل فئة. ولكن معظم البرامج تسمح بتدخل المستخدم بحيث يُعدل عدد الفئات، وحدودها بما يتناسب أكثر من توزع المعطيات ومقاديرها، وإعطاء حدود مدوَّرة لها.

التمثيل النسبي والاعتباطي:

يتميز أسلوبا التمثيل المطلق المستمر والمتدرج بارتباط كامل بين المقدار والرمز الذي يمثله، من خلال قواعد رياضية صارمة شُرحت سابقاً. لكن كثيراً من الخرائط تُوضع لأغراض توضيحية، لتعطي مستخدميها فكرة منطقية عن المقادير والتباين النسبي لها، كما هي الحال في الخرائط التعليمية والدعائية التي لا يستدعي العمل بها استنتاج المقادير انطلاقاً من الرموز الدالة عليها، ولذلك تُختصر بعض العمليات الرياضية أو تُبسط، ولا سيما عند استخدام الرموز المساحية أو الحجمية، فبدلاً من القول: إن مساحة الرمز أو حجمه يُعبر عن مقدار الظاهرة، فإن ضلع المربع أو قطر الدائرة أو قطر الكرة هو الذي يعبر عن مقدار الظاهرة، فتوضع رموز تُعبر عن مقادير محددة كما في التمثيل المطلق المستمر، أو رموز تُعبر عن فئات كما هي الحال في التمثيل المطلق المتدرج، ولكن هذه الرموز لا ترتبط بالمقادير التي تمثلها بمعادلة المساحة أو الحجم، بل بعلاقة تشبه علاقة الرموز الطولية (الأعمدة) مع تطبيقها على الأضلاع أو الأقطار. وتتباين أبعاد الرموز تبعاً لتباين المقادير في بعض الأحيان تبايناً منطقياً، من دون الأخذ بالعلاقة الرياضية على أساس الارتفاع أو الضلع أو القطر. وتوضح فكرة التمثيل النسبي والاعتباطي في الأمثلة الآتية:

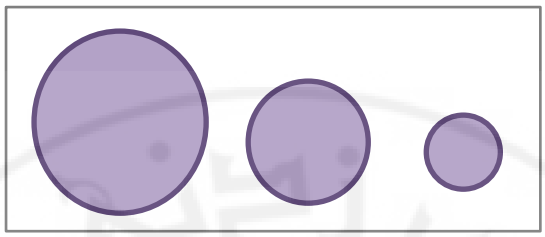
مثال (1): بلغ إنتاج معامل السكر في دولة ما الأرقام الافتراضية الآتية (ألف طن):

المعمل رقم (1): 144

المعمل رقم (2): 196

المعمل رقم (3): 36

افترض العدد الأولي 1000 طن، فإن ضلع المربع الذي يمثل كلاً من هذه المقادير سيكون 12، 14، 6 ملم على التوالي، وهذا ما يُسمى بالتمثيل المطلق المستمر، أما إذا اعتُمدت الدوائر واعتُمدت هذه الأرقام أقطاراً لها، فإن هذه الدوائر تُعبر على نحو نسبي عن المقادير، ولكن ليس بشكل مطلق بوصفها رموزاً مساحية. أما إذا مُثلت هذه المقادير بدوائر تبلغ أقطارها 6، 8، 4، أو دائرة متوسطة، دائرة كبيرة، دائرة صغيرة على الترتيب، فإن الرموز في هذه الحالة لا ترتبط بقاعدة رياضية، بل ترتبط بقاعدة منطقية فقط، أي: الرمز الكبير يُعبر عن المقدار الأكبر، والمتوسط عن المتوسط، والصغير عن الصغير. **انظر الشكل (20).**



شكل (20): تدرج الرموز بحسب الحجم

ولا شك في أن التمثيل النسبي والاعتباطي يسهل كثيراً من عمليات وضع الخرائط، ويُعد كافياً في كثير من الحالات التي لا تتطلب دقة قابلة للقياس، ولكنه غير مناسب في الحالات التي تتطلب ربطاً كاملاً بين الرمز والمقدار الذي يعبر عنه، ولا بد في هذه الحالة من الاعتماد على أسلوبي التمثيل المطلق المستمر والمطلق المتدرج.

الدوائر النسبية (The Proportional Circles):

يُعبر هذا النمط من التمثيل عن العلاقة النسبية بين مقدار الظاهرة ومساحة الدائرة التي تمثل هذا المقدار، وإن أي تغير في مقدار الظاهرة يقابله تغير نسبي في القطر والمساحة. وتختلف الدوائر النسبية عن دوائر الرموز المساحية بأنها تعتمد من جهة على علاقة مساحة الدائرة بمقدار الظاهرة، ولكن هذه العلاقة تنتهي عند وضع الرموز المعبرة عن هذه المقادير، بإهمال العدد الثابت π عند حساب أنصاف أقطار الدوائر، ولذلك فإن التناسب الذي يبقى هو التناسب بين مساحات الرموز التي تعبر عن مقادير مختلفة، ويُوضح ذلك من خلال المثال الآتي:

في طريقة الرموز المساحية الدائرية سابقة الذكر يُحسب نصف القطر باتباع القاعدة الرياضية:

مساحة الدائرة = π ر^2

فإذا كان لدينا مدينة عدد سكانها 144000 نسمة فإنه يُعبر عنها بدائرة مساحتها 144 سم^2 (أي يُختصر مقدار الظاهرة على عدد أولي قدره 1000)، فيكون نصف قطرها:

ومنه نصف القطر (ر) = $\sqrt{}$ (مقدار الظاهرة / (العدد الأولي * π)

(ر) = $\sqrt{}$ (144000 / (1000 * π)) = 6,77 سم

أما وفق طريقة الدوائر النسبية فيُهمل π بوصفه رقماً ثابتاً، لأن المهم هنا تناسب الرموز المعبرة عن مقادير مختلفة بعضـــهما مع بعض ومع المقادير التي تمثلها، لذلك ســـواء أدخلت π أم لا ستبقى العلاقة ثابتة، وبالتالي يتم حذفه لتسهيل العمليات الحسابية للمقادير الإحصائية.

فإذا كان لدينا مدينتان أعداد الســـكان فيهما: 1000000، 2000000 على التوالي، والمطلوب تمثيلهما بدائرتين مساحتهما تتناسب وعدد السكان، يجب أن تكون مساحة الدائرة الثانية ضعف مساحة الدائرة الأولى، وإذا قُسمت هذه المقادير أو تم ضربها بقيمة واحدة ستبقى النسبة بينهما صحيحة. وهكذا يتم حساب نصف القطر لكل من المدينتين كما يلي:

نصف القطر (ر) = جذر (مقدار الظاهرة / العدد الأولي)

(تم اختيار العدد (10000) كعدد أولي)

الأولى: ر= √ (1000000 ÷ 10000) = 10 ملم

الثانية: ر= √ (2000000 ÷ 10000) = 14.14 ملم

أما إذا طُبقت طريقة الرموز المساحية الدائرية فإن أنصاف الأقطار ستصبح كالتالي:

الأولى: ر = √ (1000000 ÷ (10000 × π)) = 5.64 سم

الثانية: ر = √ (2000000 ÷ (10000 × π)) = 7.98 سم

يُلاحظ أن أنصاف الأقطار في الرموز المساحية أصغر بكثير مما هي عليه في الرموز الدوائر النسبية، وتُعادل النصف تقريباً، ولذلك يمكن تقريب الدوائر النسبية من الدوائر المساحية بجعل ناتج الحساب للدوائر النسبية معادلاً للقطر بدلاً من نصف القطر، كما في المعادلة الآتية:

القطر (ق) = √ (مقدار الظاهرة ÷ العدد الأولي). ومع ذلك فإن حســـاب مســـاحة الدائرة عن طريق القطر لن يؤدي إلى معرفة القيمة الحقيقية للظاهرة الممثلة.

الرموز المركبة (الدوائر الكمية النوعية)

تُستخدم الدوائر البسيطة في تمثيل المجموع الكلي للظاهرة، ولكن قد نحتاج في كثير من الأوقات إلى التعرف على بيانات تفصيلية ومتنوعة عن الظاهرة، وذلك من خلال تقسيم الدائرة إلى أقسام عدة كل قســم يبين فئة من الظاهرة، فعندما يُطلب تمثيل أعداد الســكان مثلاً تُرســم دائرة أحادية (دائرة بسـيطة)، ولكن إذا أردنا إظهار نسـبة الذكور والإناث فسـنحتاج إلى دائرة مركبة تبين هذه النسبة. وهناك طريقتان لتمثيل بنية الظاهرة أو مكونات الظاهرة، هما:

- **استخدام النسبة المئوية:**

النسبة المئوية لكل جزء من مكونات الظاهرة = الجزء x 100 / المقدار الإجمالي للظاهرة

مثلاً:

النسبة المئوية للإناث في محافظة دمشق = عدد الإناث x 100 / المجموع الكلي لسكان محافظة دمشق

= 100 x 849000 / 1754000

= % 48,40

انظر الجدول (5) الذي يوضـح أعداد الإناث والذكور في محافظات الجمهورية العربية السورية للعام 2011م.

جدول (5): أعداد الإناث والذكور في محافظات الجمهورية العربية السورية بتاريخ 2011/12/31

المحافظة	ذكور / نسمة	إناث/ نسمة	المجموع/ نسمة	المساحة / كم^2	الكثافة السكانية ن / كم^2
دمشق	860000	894000	1754000	1599	1096,94
حلب	2359000	2509000	4868000	18500	263,14
ريف دمشق	1376000	1460000	2836000	18032	157,28
حمص	881000	922000	1803000	42223	42,7
حماة	799000	829000	1628000	8883	183,27
اللاذقية	499000	509000	1008000	2297	438,83
إدلب	734000	767000	1501000	6097	246,19
الحسكة	751000	761000	1512000	23334	64,8
دير الزور	611000	628000	1239000	33060	37,48
طرطوس	393000	404000	797000	1892	421,25
الرقة	451000	493000	944000	19616	48,12
درعا	506000	521000	1027000	3730	275,34

السويداء	189000	181000	370000	5550	66,67
القنيطرة	44000	46000	90000	1861	48,36
المجموع	10453000	10924000	21377000	186674	114,52

المصدر: المكتب المركزي للإحصاء

عند الحصول على النسبة المئوية توزع داخل كل دائرة باستخدام المنقلة المئوية التي تُقسم إلى 100 جزء، وبوساطتها نمثل النسب المئوية المراد إظهارها على الخريطة، على أن تكون نقاطة الصفر الواقعة في أعلى المنقلة المئوية (في موقع الرقم الذي يمثل الساعة 12، ويربطها بالمركز خط عمودي توزع النسب إلى يمينه (باتجاه عقارب الساعة) هي بداية توزيع النسب.

- **طريقة التوزيع بالدرجات**

في هذه الحالة يُقسم محيط الدائرة إلى 100 جزء، وكل جزء يعادل 3.6 درجة، لأن الدائرة مقسمة إلى 100 جزء، والجزء الواحد من قوس الدائرة يعادل 3.6 درجة، أو نستخرج عدد الدرجات التي يمثلها كل جزء من المعادلة الآتية:

عدد درجات كل جزء = (الجزء x 360) / المجموع الكلي للظاهرة.

مثلاً: النسبة المئوية للإناث في محافظة دمشق =

(360 x 894000) / 1754000 = 183,48 درجة

وبعد الحصول على كل الدرجات التي تمثل مكونات الظاهرة، تُوزع في كل دائرة من الدوائر باستخدام المنقلة.

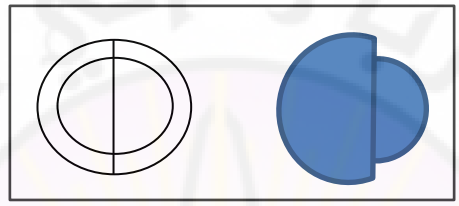
سواء أكان التوزيع بالدرجات أم بالنسب المئوية، يجب تمثيل أعلى النسب أولاً، والبداية في التقسيم تكون من يمين نقاطة الصفر في أعلى الدائرة.

التعبير عن تطور الظاهرة: تُستخدم الدوائر لإظهار تطور ظاهرة في فترتين زمنيتين مختلفتين أو أكثر في نفس المكان، وهنا يمكن أن يُستخدم نصف دائرة بدلاً من دائرة كاملة على أن تُمثَّل كل ظاهرة في نصف دائرة.

وتُنفذ هذه الدوائر على الشكل الآتي:

- تحديد أنصاف أقطار الدوائر للظاهرتين بطريقة واحدة، ويُستخدم أيضاً رقم أولي موحد.
- لتصغير أنصاف الأقطار.

- رســـم دائرتين في مركز واحد بحيث تمثل إحداهما الظاهرة الأولى، وتمثل الدائرة الأخرى الظاهرة الثانية، ويُشـــترط أن تكون الدائرتان متداخلتين، لهما مركز واحد، ثم تُصنف الدائرتان تصنيفاً عمودياً.
- يُزال نصف الدائرة الكبرى من يمين الخط المنصف، ويُزال نصف الدائرة الصغرى من يسار الخط المنصف كما هي في **الشكل (21)**.



شكل (21): تحديد أنصاف أقطار الدوائر

إذا كان الهدف تمثيل المقدار الكلي للظاهرة فيمكن الإبقاء على الدائرتين من دون تنصـــيف أو إزالـة لأي جزء، لأنـه يكفي أن تظلـل الـدائرة التي تمثـل الظـاهرة الأقـدم بلون داكنٍ أكثر من الأخرى، ولكن إذا كان المراد تمثيل مكونات الظاهرتين فلا بد من تنصيف الدائرتين وإزالة نصف كل منهما.

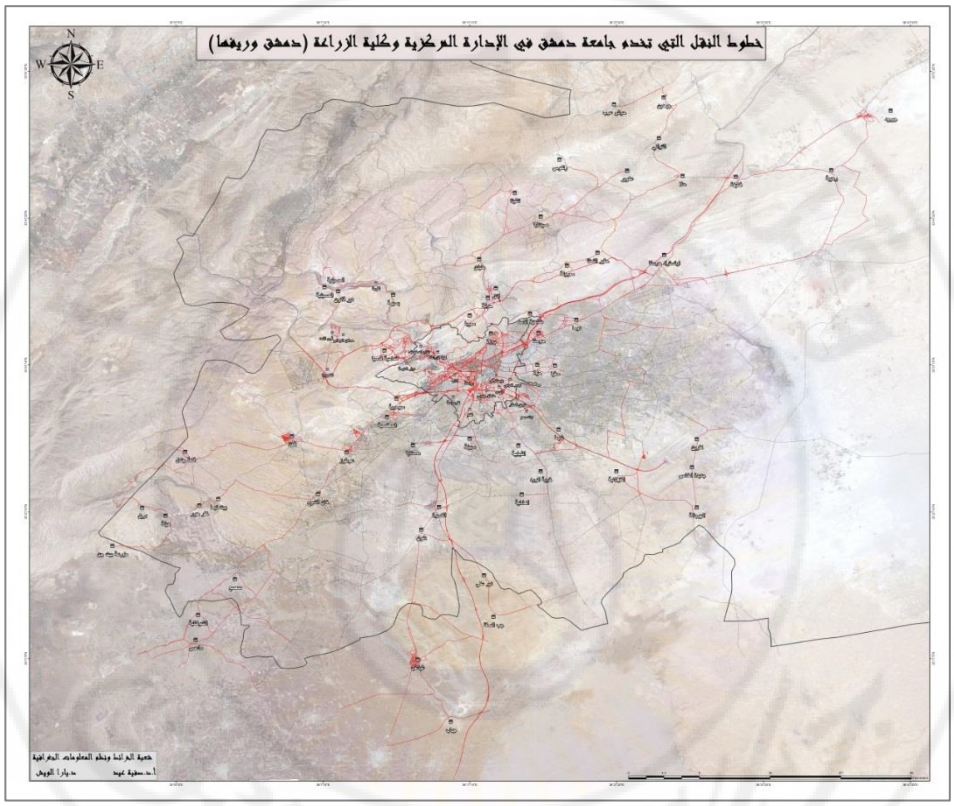
لكن التقسيم في نصف الدائرة يختلف عن التقسيم في داخل الدائرة الكاملة، ذلك لأن تمثيل النسبة المئوية أو عدد الدرجات هنا يجب أن يُقسم على 2 لأن تمثيل الظاهرة سيكون على نصف دائرة فقط، وليس دائرة كاملة.

5-4-الرموز الخطية البسيطة والمركبة

تُشـير الرموز الخطية إلى المظاهر ذات الشـكل الخطي مثل طرق المواصـلات بأنواعها **(انظر الخريطة 13)**، والشـبكة المائية، وخطوط الحدود، ولذلك فمن الصـعب وجود خريطة تخلو من الرموز الخطية، ولكن بعض الخرائط ترسم المظاهر الخطية بوصـفها محتوياً رئيسـاً، أي تختص بتمثيل المظاهر الخطية معتمدة على مجموعة من الرموز التي ترسم بها هذه المظاهر.

ولا بد من الإشـــارة إلى أن الرموز الخطية تُعبر عن نوع الظاهرة الممثلة، وتُعبر عن موقعها أيضـــاً، حيث يجب أن يُطابق عادةً موقع الرمز على الخريطة مع موقع الظاهرة الخطية على الطبيعـة، ومن ثم فـإن هـذه الرموز تُعبر عن الطول التقريبي للظـاهرة الخطيـة، بحيـث يمكن

الحصـــول على طول الظاهرة على الطبيعة من خلال قياس طولها على الخريطة وتحويله وفق المقياس تقريباً، وقد تُعبر الرموز الخطية عن عرض الظاهرة أو اتســـاعها، وذلك من خلال عرض الرمز، ولكن هذا التعبير لا يرتبط بمقياس الخريطة في معظم الأحيان.



خريطة (13): خطوط نقل موظفي جامعة دمشق

التعبير عن نوع الظاهرة بالرموز الخطية:

يُعبر الرمز الخطي عن نوع الظاهرة من خلال شـــكله أو لونه أو من خلالهما معاً، فالشـــبكة المائية مثلاً تُصـــنف إلى دائمة ومؤقتة، وطبيعية وصـــنعية (قنوات)، حيث يُعبر عادةً عن المجاري الدائمة بخطوط مســـتمرة مفردة أو مزدوجة، أما المجاري المؤقتة فيُعبر عنها بخطوط متقطعة تكون قطعها صغيرة في حالة المجاري الفرعية الصغيرة، وتتحول إلى قطع أكثر استطالة

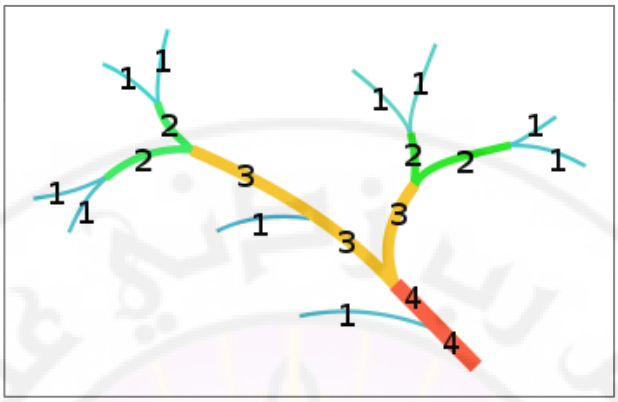
عندما تصبح هذه المجاري أكثر اتساعاً وأهمية **(انظر الشكل (22)** الذي يوضح رسم المجاري المائية).



شكل (22): رسم المجاري المائية

وتتميز المجاري الطبيعية من الصنعية بأن الطبيعية تمتلك تعرجات أو أكواعاً مرتبطة بالتضاريس وبنوعية التربة، على حين تكون المجاري الصنعية على شكل خطوط مستقيمة أو متكسرة أو قليلة التعرج بالمقارنة مع المجاري الطبيعية. ويختلف عرض الخط المستمر الذي يُعبر عن المجرى الدائم من خط واحد رفيع بدءاً من 0,1 ملم تزداد ثخانته مع ازدياد غزارة المجرى وعرضه، ويمكن أن يتحول الرمز إلى خط مزدوج تعبر المسافة بين جانبيه عن عرض النهر، وتلون هذه المسافة باللون الأزرق عند استخدام الألوان في رسم الخريطة.

وعندما تُرسم المجاري المائية بحسب الرتب فإنها تُعطى لوناً وثخانةً مختلفة؛ كما في **الشكل (23)**.



شكل (23): رسم المجاري المائية بحسب الرتب

أما الرموز الخطية المعبرة عن أشكال الحدود فتكون مختلفة على الخرائط من حيث شكل الخط ومن حيث الألوان المستخدمة، وغالباً يمكن تمييز الحدود الدولية بثخانة أكبر وتقطيعات خاصة تميزها من أشكال الحدود الأخرى (حدود المقاطعات، المحافظات، المناطق، النواحي، القرى). ويمكن استخدام هذه النماذج من أشكال الحدود أو سواها للتعبير عن حدود الأقاليم الطبيعية أو البشرية أو الاقتصادية. حيث يُلحظ أن الرموز الخطية تأتي مرافقة أو جزءاً من طرائق الرسم الأخرى، كطريقة النطاقات التي ترسم حدود النطاقات فيها باعتماد أحد أشكال رسم الحدود. كما تعتمد أشكال الرموز الخطية بوصفها محدداً للمناطق مختلفة الأنواع في طريقة التمثيل النوعي، مثل: خرائط الأقاليم المناخية والنباتية وسواها. ولكن استخدام هذه الرموز الخطية، لا يجعل الخريطة مرسومة بطريقة الرموز الخطية طريقةً مستقلة مثل خريطة الشبكة المائية، بل يعني أن الرموز الخطية نفسها يمكن أن تكون مستقلة كطريقة رسم، ويمكن أن تكون مساعدة مع طرائق أخرى.

وتُعد طرق المواصلات البرية من المظاهر التي تُرسم بالرموز الخطية باستخدام خطوط متقطعة أو مستمرة، مفردة أو مزدوجة، بلون واحد أو بأكثر من لون بحيث يتم التعبير عن الخصائص الكمية والنوعية للطرق المعبر عنها فالطرق الترابية يمكن التعبير عنها بخطوط متقطعة سوداء أو بنية في حال استخدام الألوان، والطرق المعبدة تُقسم بحسب درجة الطريق (دولية، أولى، ثانية، ثالثة، رابعة) أو بحسب كونه طريقاً واحداً باتجاهين أم طريقاً مزدوجاً أم طريقاً رئيسياً،

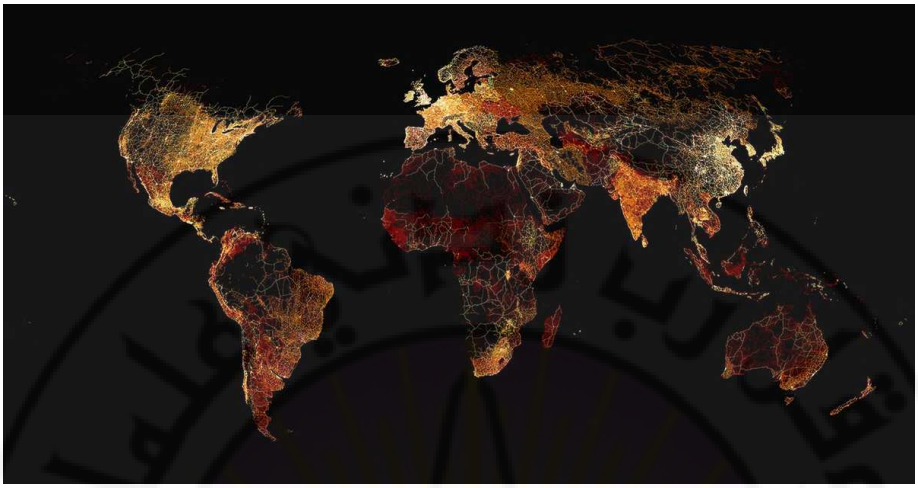
فرعياً، وذلك بحسب طبيعة المعطيات المتوافرة أو وظيفة كل خريطة. **(انظر الشكل (24)** الذي يوضح أشكال رسم المظاهر الخطية).



شكل (24): بعض أشكال الرموز الخطية، GIS Symbol Library

أنشأ أدام سيمينغتون (Adam Symington) من موقع (Python maps) خريطة تكشف عن شبكة الطرق السريعة على كوكب الأرض وتوضح طرق العالم بحسب القارة. ووفقاً للخريطة فإن طول شبكة الطرق في العالم يبلغ نحو 21 مليون كيلومتر، منها ما نسبته 14% في الولايات المتحدة وحدها.

وتغطي شبكة الطرق هذه الطرق السريعة الرئيسة والطرق الريفية، بحسب الخريطة التي نشرت على موقع (Visual capitals). **انظر الخريطة (14)**



خريطة (14): شبكة الطرق السريعة في العالم

ولإنشاء الخريطة استخدم سيمينغتون مشروع جرد الطرق العالمية، الذي يتضمن بيانات من الحكومات، ومعاهد البحوث، والمنظمات غير الحكومية، وصُنفت الطرق في واحدة من أربع فئات ورُمزت بالألوان وفقاً لذلك.

وتظهر الطرق الرئيسة (الطرق السريعة متعددة الممرات) باللون الأبيض على الخريطة، وتظهر الطرق الثانوية (الطرق السريعة الممهدة والمرتفعة حركة المرور) باللون الأصفر. وفي الوقت نفسه تُميز الطرق الثلاثية (الطرق السكنية الممهدة أو غير الممهدة) والطرق المحلية باللون الأحمر على الخريطة.

وأوضح موقع Visual capitalist أن هذا التصنيف سمح بفحص العلاقات بين البنية التحتية للطرق والتنمية والثروة والتوزيع السكاني. **انظر الخريطة (15)**



خريطة (15): حركة النقل البحري التجاري عالمياً

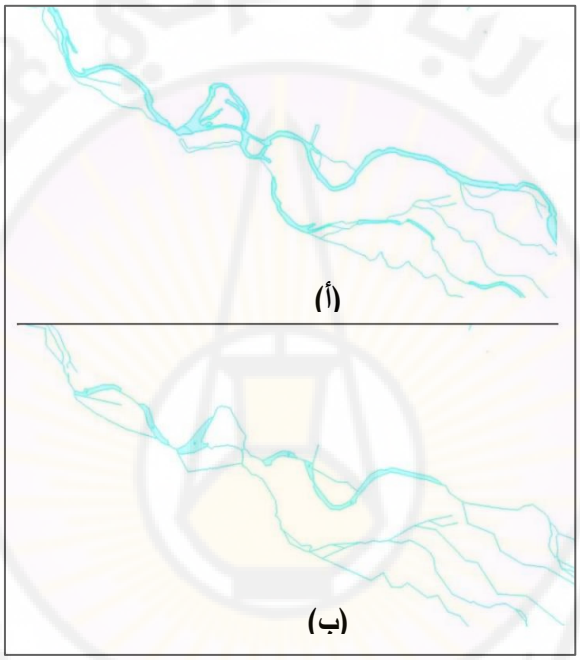
أما السكك الحديدية فتُرسم إما على شكل خط متصل مفرد وإما على شكل خط مزدوج مقطع، ويمكن أن تُضاف شرطات عرضانية على الخط، متناوبة أو غير متناوبة لتمييز السكك الحديدية من طرق السيارات، أو لتمييز السكك الحديدية الضيقة من السكك العريضة، أو للتمييز بين السكك المفردة والسكك المزدوجة.

ويُعبر عن أنابيب نقل النفط والغاز والمشتقات النفطية والمياه العذبة وخطوط نقل الطاقة الكهربائية مختلفة التوتر وخطوط الهاتف وغير ذلك من المظاهر الخطية برموز خطية مناسبة لكل نوع.

العلاقة بين الرموز الخطية وطول الظاهرة:

ترتبط دقة تعبير الرموز الخطية عن طول الظاهرة أو امتدادها في المكان بمقياس الخريطة وبوظيفتها؛ فالمقياس الكبير يسمح بدقة أكبر في رسم المظاهر وتفصيلات أكثر في كل مظهر، فعند السير في طريق ما غالباً ما يُصادف منعطفات لا تُرى جميعها على الخريطة، وعند تتبع مجرى مائي على الطبيعة فإنه يُصادف أكواعٍ وانعطافات لا تُرى على الخرائط، وعلى نحو عام فإنه يُلحظ عند المقارنة بين خريطتين لموقع واحد بمقياسين مختلفين أن الخريطة الأكبر مقياساً تضم تفصيلات أكثر من الأكواع والمنعطفات، ولذلك فإن طول الرمز الخطي الذي رُسمت به هذه المظاهر الخطية، يكون أقرب إلى الواقع بعد التحويل بحسب المقياس، من الخريطة

الأصغر مقياساً. وتسمى عملية تبسيط الشكل (حذف الأكواع الصغيرة والإبقاء على الكبيرة في كل مرة نتحول بها إلى مقياس أصغر) **عملية التعميم**؛ هذه العملية تشتد مع صغر المقياس كما تشتد في الخرائط التي لا تستدعي تفصيلات كثيرة. **انظر الشكل (25)** التي تعبر عن دور التعميم في تغيير العلاقة بين طول الظاهرة على الطبيعة، وطولها المحسوب من الخريطة بحسب المقياس وبحسب الوظيفة.



شكل (25): دور التعميم في تغيير العلاقة بين طول الظاهرة على الطبيعة، وطولها المحسوب من الخريطة بحسب المقياس وبحسب الوظيفة

مع الأخذ بعين الاهتمام أن شكل الرمز الخطي ومدى تعرجه له دور رئيس في تحديد العلاقة بين طول الرمز المحسوب من الخريطة وطوله على الطبيعة، فالمجرى المائي شديد التعرج على الطبيعة سوف يتعرض لعملية تعميم (حذف بعض التفاصيل) حتى في المقاييس الكبيرة، وقد تصل العلاقة بين طوله المحسوب من الخريطة وطوله الحقيقي على الطبيعة ½ في الخرائط صغيرة المقياس. أما إذا كان المظهر الخطي مستقيماً فإن العلاقة بين طول الرمز المعبر عنه على الخريطة وطوله الحقيقي على الطبيعة سيبقى ثابتاً مع تغير المقياس.

العلاقة بين عرض الرمز الخطي وعرض الظاهرة:

لا تُعبر الرموز الخطية غالباً عن عرض الظاهرة من خلال المقياس، وذلك لأن معظم الرموز الخطية تمتلك عرضاً أكبر بكثير من عرض المظاهر التي تمثلها، فإذا افترضنا رمزاً يمثل سكة حديدية على خريطة ذات مقياس 1/ مليون، رُسم بخط عرضه 0,2 ملم فقط، فهذا يعني أن يعادل شريطاً يبلغ عرضه على الطبيعة 200 متر، ولكن عرض السكة الحديدية مع جوانبها لا يتجاوز خمسة أمتار، أي أن عرض الرمز يعادل أربعين ضعفاً من عرض السكة الحديدية. وإذا أخذنا طرق السيارات أو المجاري المائية فإننا سنصل إلى نتائج مشابهة. أما بالنسبة إلىخطوط الحدود، فقد تكون من تلك التي يمكن رؤيتها على الطبيعة كبعض الحدود بين الدول، المثبتة على الطبيعة من خلال الأسلاك الشائكة أو الخنادق، وخطوط مرور دوريات حرس الحدود وطرق المواصلات والسكك الحديدية، أو من خلال المناطق العازلة التي لا يمارس فيها نشاط اقتصادي لسكان المناطق المجاورة، أو من خلال المظاهر الطبيعية الخطية كالأنهار، حيث سيكون رسم هذه الحدود مرتبطاً بالمظاهر المرئية الموجودة عليها، والتي غالباً ما تشغل عرضاً أقل من عرض الرمز الخطي الذي يعبر عن الحدود. أما الحدود الإدارية وحدود الأقاليم البشرية والاقتصادية، وحدود الأحواض المائية، فهي غالباً من النوع الذي لا يصادف بالعين المجردة على سطح الأرض، بل يمكن تحديدها على هذا السطح، ولكن لا عرض لهذه الحدود، ومع ذلك فإن الرمز الذي يعبر عنها يأخذ عرضاً ما بعد تحويله بحسب مقياس الخريطة.

من جهة أخرى تصادف على بعض الخرائط رموز وأرقام ملحقة بالرموز الخطية تشير هذه الرموز أو الأرقام إلى بعض المزايا الكمية أو النوعية للمظاهر الخطية، كأن نجد رموزاً محددة لأجزاء من الطرق وأرقاماً تدل على المسافة الفاصلة بين هذه الرموز، وغالباً ما تُلحظ هذه التوضيحات على الخرائط السياحية، التي يُشاهد عليها أحياناً رموز رقمية تدل على رقم الطريق الذي يبين نموذجاً من هذه الرموز الإضافية.

أما في الخرائط التي ترسم المجاري المائية فقد نصادف رموزاً رقمية تدل على عرض المجرى أو على صلاحيته للملاحة، أو رموزاً رقمية تدل على العمق الأعظمي لغاطس السفن*♦التي يمكن

* الغاطس: هو الجزء المغمور من أي جسم طاف على سطح سائل، وهو بالنسبة إلى السفن الجزء الذي يكون تحت الماء، يزداد مع ازدياد وزن السفينة أو حمولتها، ويكون الغاطس في السفن النهرية أقل مما هو عليه في السفن البحرية، نظراً إلى قلة عمق المجاري المائية بالمقارنة مع البحار، ولذلك فإن تحديد الغاطس الأعظمي والمناطق الصالحة للملاحة على الخرائط يعد ضرورياً بالنسبة إلى خرائط التي تستخدم في الملاحة النهرية.

أن تبحر في تلك المجاري أو الأقنية المائية، وقد تظهر الأجزاء الصـــالحة للملاحة من المجاري المائية بلون مختلف عن المناطق الأخرى، أو بعرض مختلف.

وختاماً فإن الرموز الخطية تعد جزءاً مهماً من مكونات الخريطة الجغرافية العامة، مثلما تعد جزءاً من أي خريطة موضـوعية خاصـة، بالإضـافة إلى إمكانية أن تعبر عن المحتوى الرئيس للخريطة فتكون بذلك طريقة مســـتقلة تبرز مظهراً واحداً أو عدداً من المظاهر الجغرافية خطية الشكل.

الفصل السادس: طرائق التمثيل النوعي المستخدمة في الخرائط الموضوعية

The quantitative representation methods used in thematic maps

6-1- أساسيات.

6-2-أساليب التمثيل الكارتوغرافي في الخرائط الموضوعية.

6-2-1-أسلوب الرموز الموضعية (التواقيع المكانية).

6-2-1-1-أسلوب الرموز الحرة.

6-2-1-2-أسلوب الرموز الخطية.

6-2-1-3-أسلوب الرموز المساحية.

6-2-2- الأسلوب النوعي لتمثيل المظاهر الجغرافية مساحية الانتشار (النطاقات أو البقع).

6-2-3- طريقة النقاط.

6-2-4- طريقة خطوط القيم المتساوية.

6-2-5- طريقة خطوط الحركة.

6-2-6- طريقة الكارتوغرام.

6-2-7- طريقة الكارتودياغرام.

الفصل السادس: طرائق التمثيل النوعي المستخدمة في الخرائط الموضوعية

6-1-أساسيات:

تُعد طريقة التمثيل النوعي (Qualitative presentation) عن نوع الظاهرة، من دون الإشارة إلى قيمتها أو حجمها باستخدام الرموز النوعية. قد تكون الرموز تصويرية كالهلال الذي يشير إلى الجامع، والصليب الذي يشير إلى الكنيسة، ورمز سكة الحديد الذي يشير إليها.

هناك شرط أساسي في تصميم تلك الرموز، وهو أن كل رمز يمثل ظاهرة معينة يجب أن يختلف ويتميز عن رموز الظواهر الأخرى، وهذا يتطلب عناية ودقة عند اختيار تلك الرموز، ويجب أن يكون حجم الرمز متناسباً مع مقياس الخريطة.

6-2-أساليب التمثيل الكارتوغرافي في الخرائط الموضوعية:

يمكن استخدام الرموز المكانية لتمثيل الظواهر والمعالم التي لها موقع محدد، وليس لها امتداد حدودي(Territorial extent)؛ فالنقاطة يمكن أن تشير إلى قرية والصليب إلى كنيسة، والهلال إلى مسجد، والسيف إلى موقع معركة وهكذا.

تُستخدم الرموز المكانية في أنواع عدة من الخرائط الموضوعية ولكنها شائعة الاستخدام في الخرائط التي تمثل ظواهر اقتصادية مثل توقيع المصانع بأنواعها المختلفة على الخرائط. أو إظهار مواقع الموارد المعدنية. وهذه الرموز إما أن تكون هندسية (مربعات ودوائر ومثلثات...وغيرها) وإما تصويرية (صور حيوانات أو نباتات....).

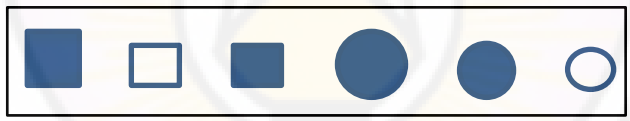
6-2-1-أسلوب الرموز الموضعية (التواقيع المكانية)

تُعبر الرموز المستخدمة في هذه الطريقة عن الظواهر ذات الانتشار النقطي أو محدودة المساحة، أي تلك الظواهر التي لا تشغل حيزاً كبيراً من سطح الأرض، بحيث تعبر هذه الرموز عن نوع الظاهرة، وموقعها بدقة، وقد تعبر أيضاً عن كميتها وتركيبها وتطورها، بالاعتماد على رموز هندسية بسيطة ومركبة وعلى شكل مجمعات وعلى رموز تعبيرية أو تصويرية. ويمكن أن نطلق على هذه الرموز اسم (**رموز الموقع**)، لأن السمة الأساسية لها هي التعبير عن الموقع. وقد أطلق عليها أيضاً اسم (الرموز الحرة)، تعبيراً عن تحررها من مقياس الرسم، لأن الرموز التي تُرسم لا ترتبط

بالمقياس ارتباطاً مباشراً، وقد سماها ساليشف (Salishev) قبل ذلك الرموز الخارجة على المقياس.

6-2-1-1-أسلوب الرموز الحرة:

تُعد المراكز البشـرية من أهم المظاهر الجغرافية التي تمثل بهذه الرموز، إلاّ إذا كانت مرسـومة بمقياس كبير بحيث يبدو المخطط الداخلي لهذه المراكز، وفي هذه الحالة فإن الرموز الحرة تعبر عن الظواهر النقطية داخل المراكز البشـرية مثل المدارس، والكليات الجامعية، والمعاهد، ومراكز البريد، والهاتف، ومراكز الشرطة، والمستشفيات، ومحطات الوقود، وغير ذلك من المظاهر، أما على الخرائط المتوسـطة والصـغيرة المقياس فتُسـتخدم رموز هندسـية بسـيطة للتعبير عن المراكز البشرية، كأن تُستخدم دائرة صغيرة فارغة للدلالة على المزارع، ودائرة صغيرة مملوءة للدلالة على القرى، ورموز أخرى للدلالة على مراكز النواحي والمناطق والمحافظات ثم العواصـم وهكذا. **انظر الشـكل (26)**، وتُسـتخدم رموز هندسـية أو تعبيرية للدلالة على مظاهر مثل: المناجم، والينابيع، والآبار، والمعامل، والمواقع الأثرية، وغيرها.



شكل (26): رموز حرة

وكل هذه الرموز التي غالباً ما تُصـــادف على الخرائط الجغرافية العامة، وفي أســـاس الخرائط الموضوعية – الخاصة، تدخل في إطار ما يُسمى الرموز الموضعية (الحرة).

لكن هذه الرموز أيضاً تدل بشكل أساسي على الموقع الذي توجد فيه الظاهرة بدقة، حيث ينطبق مركز الرمز على المكان الحقيقي الذي توجد فيه الظاهرة، وتدل هذه الرموز أيضـــاً على نوع الظاهرة، وعلى موقعها في التصـنيف بحسـب الأهمية، ولكن الرموز الموضـعية (الحرة) لا تقف عند هذا الحد من التعبير عن الظواهر محدودة الانتشـــار (الموضـــعية)، بل تعبر في كثير من الأحيان عن كمية الظاهرة في موقعها الحقيقي، كأن يُعبَر عن عدد ســـكان المركز البشـــري، إضـــافة إلى التعبير عن موقعه بجعل الرمز مرتبطاً بمقدار الظاهرة (عدد الســـكان)، فالمركز الصـغير يُعبر عنه برمز صـغير، والمركز الكبير برمز كبير متناسـب معه تناسـباً رياضـياً كاملاً

باعتماد أسلوب التمثيل المطلق المستمر، أو تناسباً رياضياً جزئياً كما هي الحال في التمثيل المطلق المتدرج، أو تناسباً منطقياً فقط كما هي الحال في التمثيل الاعتباطي، وقد تعبر هذه الرموز أيضاً عن تركيب الظاهرة بتقسيم الرمز إلى أجزاء وقطاعات، وقد تُظهر أيضاً تطور كمية الظاهرة في فترات زمنية مختلفة.

أنواع الرموز الحرة:

❖ **الرموز الهندسية البسيطة:**

يسمح استخدام هذه الرموز بالدلالة الدقيقة على موقع الظاهرة الممثلة، وذلك بسبب سهولة تحديد مركز الرمز الهندسي، حيث يجب أن يرتبط مركز الرمز بالموقع الحقيقي للظاهرة، ويغلب استخدام كل من الدائرة والمربع بين هذه الأشكال الهندسية، وذلك بسبب سهولة رسمهما وتقسيمهما إلى قطاعات أو أجزاء. وبالمقارنة بين هذين الشكلين يتبين أن رسم الدائرة وتقسيمها أسهل من رسم المربع، لأن رسم الدائرة لا يحتاج إلى معرفة نصف قطرها الذي يحدد مرة واحدة بوساطة الفرجار ثم ترسم الدائرة. أما رسم المربع فيستدعي تحديد أربع أضلاع متساوية تماماً، وأربع زوايا قائمة تماماً، وهناك أيضاً صعوبة في ضبط اتجاه واحد للمربعات التي ترسم على خريطة واحدة، على حين لا تحتاج الدوائر إلى هذا الضبط. ومع سهولة رسم الدوائر وتقسيمها إلى قطاعات، لكن الاعتماد عليها دائماً يقلل من التنوع الذي يجب أن تحتويه الخريطة، لكي تكون سهلة القراءة وأكثر جاذبية، ومن هذا المنطلق فإن تنويع الرموز المستخدمة على خريطة واحدة، أو في سلسلة من الخرائط يعد أمراً ضرورياً حتى إن اقتضى ذلك مزيداً من الجهد والصعوبات.

من جهة أخرى فإن الرموز الموضعية الهندسية قد تكون طولية، وقد تكون مساحية أو حجمية، مطلقة أو نسبية أو اعتباطية.

الرموز الطولية: عند استخدام الرموز الطولية على شكل أعمدة، فإن مركز الظاهرة يجب أن يقع في منتصف قاعدة العمود، أو على زاويته السفلى اليسرى أو اليمنى، وذلك بحسب المكان والاتجاه الأنسب للرسم، وفي هذه الحالة فإن العمود يعبر عن كمية الظاهرة، ولكن التعبير عن الموقع يكون منوطاً برمز هندسي آخر كدائرة صغيرة أو نقاطة وغيرها مما يدل على موقع الظاهرة. ولا بد من الإشارة أيضاً إلى أن الرمز الطولي يشير إلى مقدار الظاهرة من خلال طوله، أما عرضه فلا معنى له ولا قيمة، ولكن إعطاء عرض للعمود يتناسب مع مقياس الخريطة

والمساحة المتاحة للرسم يحسِّن من منظر الخريطة، ويسمح بتلوين أو تهشير العمود وبتقسيمه عند الحاجة إلى أجزاء للدلالة على تركيب الظاهرة، ولذلك ينبغي دراسة عرض العمود بحيث لا يبدو عريضاً أو ضيقاً بشكل غير مناسب لمقياس الخريطة، ولعدد الرموز الموضوعة عليها.

أما تحويل المقادير الكمية إلى أعمدة فقد تعرضنا لها في الفصل السابق، حيث طول العمود يُحسب بتقسيم مقدار الظاهرة على عدد أولي افتراضي يعبر عما تمثله وحدة الطول من مقدار الظاهرة:

طول العمود (ل) = مقدار الظاهرة (م) ÷ العدد الأولي (ع)

وهذه الطريقة من الحساب توافق أسلوب التمثيل المطلق المستمر، وتُستخدم أيضاً عند اعتماد أسلوب التمثيل المطلق المتدرج، بعد تقسيم المقادير إلى فئات، وحساب وسطي كل فئة ثم تطبيق المعادلة السابقة على كل وسطي من أوساط الفئات. ومن الواضح هنا أنه في أسلوب التمثيل المطلق المستمر يُحسب طول العمود لكل مقدار على حدة، بينما في أسلوب التمثيل المطلق المتدرج، يُحسب طول العمود لكل فئة، ويُكرر رسمه في مواقع المقادير الداخلة في نفس الفئة.

أما **الأعمدة المركبة:** فتُستخدم للتعبير عن التركيب الكمي للظاهرة الممثلة، كما في المثال الآتي:

إنتاج مصفاة للنفط يتوزع بين مواد خفيفة ومواد ثقيلة وغازات مقدراً بآلاف الأطنان (2 مليون، 3مليون، 0,5 مليون، على التوالي) يكون المجموع الذي سيعبر عنه بعمود واحد تُوضع قاعدته عند موقع المصفاة هو 5,5 مليون طن، وعلى فرض أنه اختير الرقم 250 ألف طن عدداً أولياً يعبر عن 1 ملم على الخريطة

فإن الطول الإجمالي للعمود سيكون: ل = 5500000 ÷ 250000 = 22 ملم

أما الجزء الذي يعبر عن المواد الخفيفة فسيكون ارتفاعه: 2000000 ÷ 250000 = 8 ملم

يعبر عن المواد الثقيلة: 3000000 ÷ 250000 = 12 ملم

ويكون الجزء الخاص بالغازات: 500000 ÷ 250000 = 2 ملم.

وبقياس هذه المقادير بحسب تسلسلها على جدار العمود الإجمالي يُحصل على العمود المركب المطلوب. **انظر الشكل (27)**



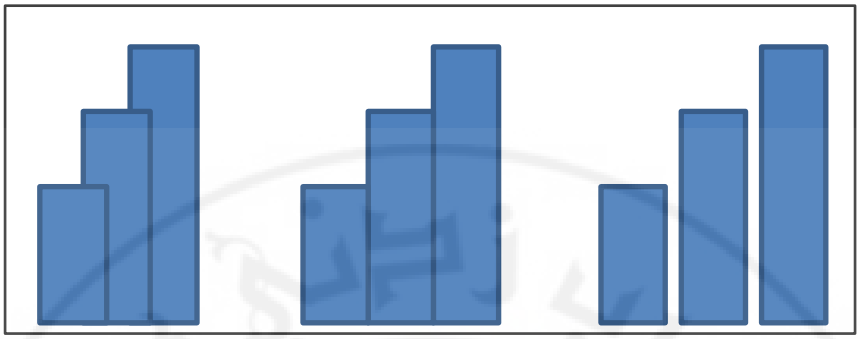
شكل (27): رمز عمود مركب

<u>استخدام الأعمدة للتعبير عن تطور الظاهرة:</u>

بفرض أن إنتاج أحد المعامل تطور خلال عشـــر ســـنوات، وكان المطلوب تمثيل هذا التطور للأعوام 1990، 1995، 2000م على الخريطة التي يظهر عليها موقع المعمل، فإنه يُســـتخدم عدد أولي واحد لكل المقادير، ثم تُمثل على الخريطة بإحدى الطرق الآتية:

- أعمدة منفصلة: إذا كان المقياس وموقع الرمز يسمح بذلك.
- أعمدة متصلة (متلاصقة): إذا ضاقت المسافة لرسم الأعمدة المنفصلة.
- أعمدة متراكبة: إذا كانت المساحة المخصصة للرسم ضيقة. **(انظر الشكل 28)**

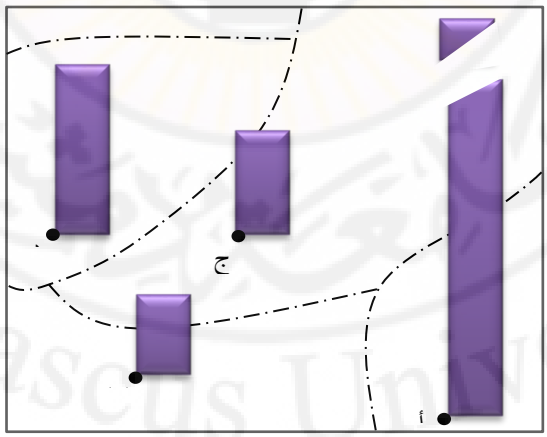
ويجب أن يؤخذ بالحســـبان أنه بالإمكان التقليل من عرض العمود بما يتناســـب مع المقياس، ويجب تلوين الأعمدة بلون محدد لكل ســـنة من الســـنوات الممثلة، على أن يبقى اللون ثابتاً لكل المعامل الممثلة على الخريطة. وفي كل الأحوال يجب أن يكون موقع الظاهرة على زاوية العمود الذي يمثل السنة الأقدم، سواء جاءت الأعمدة الآتية على يمين العمود الأول، أو على يساره، مع ضـــرورة العمل على جعل الأعمدة الآتية في جهة ثابتة (على اليمين أو على اليســـار في كل الخريطة، وإن لم تتوافر هذه الإمكانية يمكن تغيير جهة الأعمدة الأخرى).



شكل (28): أنواع رموز الأعمدة

ويمكن في بعض الحالات جعل الأعمدة بعيدة عن الموقع، مع وجود سهم يشير إلى موقع الظاهرة، وذلك في حال عدم التمكن من وضع الأعمدة في الموقع الصحيح الذي يشير إلى مكان الظاهرة.

ويحدث في بعض الحالات أن يكون طول العمود كبيراً بحيث لا تستوعبه الخريطة، سيما إذا كان موقع الظاهرة قريباً من الحد الأعلى للخريطة، وفي هذه الحالة يمكن قطع العمود قبل بلوغه إطار الخريطة، كما في **الشكل (29)**، وذكر المقدار الذي يشير إليه العمود المقطوع، في الأعلى.

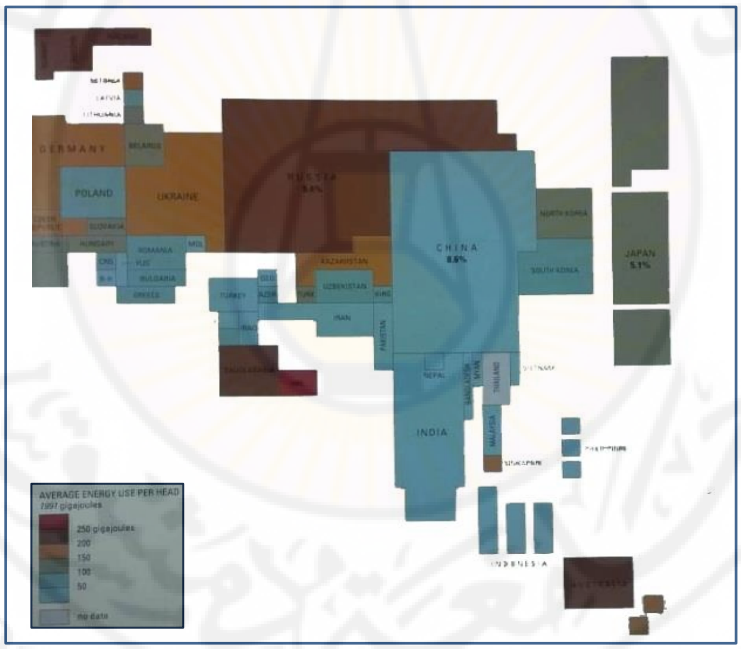


شكل (29): طرائق تمثيل المظاهر بوساطة الأعمدة بحسب مساحة الخريطة

وفي هذا الإطار أيضــاً يمكن تجاوز مشـكلة امتداد الأعمدة عمودياً، بجعل اتجاه جميع الأعمدة على الخريطة، ولا يُفضل رسم الأعمدة باتجاهات مختلفة على خريطة واحدة.

❖ **مجمعات الأشكال الهندسية:**

يُستخدم في بعض الأحيان عدد من الأشكال الهندسية الصغيرة للتعبير عن كمية الظاهرة أو تركيبها، توضع مصفوفة بعضها بجانب بعض لتشكل مربعاً أو مستطيلاً كاملاً أو ناقصاً من أحد أطرافه، كما هي الحال في **الخريطة (16)**. وتعد الميزة الرئيسة لهذه الطريقة من التعبير عن الكمية والتركيب هي: إمكانية حساب مقدار الظاهرة الإجمالي، وكمية كل نوع فرعي داخل فيها بسهولة، وذلك بعد الأشكال الهندسية الصغيرة، ومعرفة المقدار الذي يعبر عنه كل رمز منها.



خريطة (16): كمية استهلاك الوقود بطريقة مجمعات الأشكال الهندسية

طريقة وضعها:

ترتبط مجمعات الأشكال الهندسية بالموقع كما هي الحال مع بقية الرموز الهندسية البسيطة، ولكن مركز الرمز لا ينطبق على موقع الظاهرة كما هي الحال في المربع والدائرة والكرة، بل يقع على أحد أطراف مجموعة الأشكال الهندسية، كما هي الحال بالنسبة إلى لأعمدة، ولذلك فإن مجمعات

الأشكال الهندسية تذكر بالتمثيل البياني (الدياغرامي) المرتبط بموقع معين، ويعبر كل رمز هندسي صغير عن مقدار معين من الظاهرة، يمكن أن يُطلق عليه اسم **الوزن الكمي للرمز**، ثم يُحصل على عدد الرموز بتقسيم مقدار الظاهرة على وزن الرمز كما يأتي:

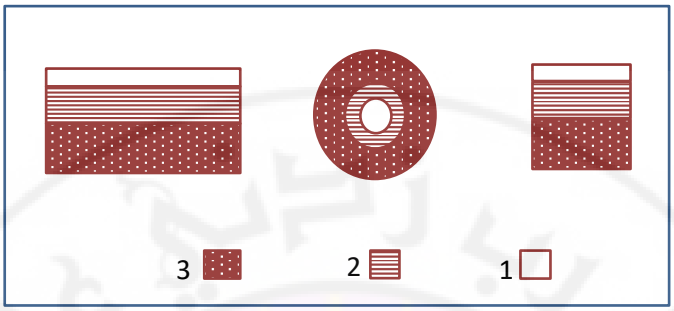
عدد الرموز = مقدار الظاهرة الإجمالي ÷ وزن الرمز

وبنفس الطريقة تُحسب حصة مركبات الظاهرة من العدد الإجمالي للرموز. ومن أجل إظهار التركيب ويمكن اللجوء أيضاً إلى ألوان أو شبكات مختلفة لنفس الأشكال الهندسية المعتمدة (للمربعات، أو الدوائر، أو المثلثات.)، كما يمكن اللجوء إلى تغيير نوع الشكل الهندسي بالانتقال مثلاً: (عند تمثيل أنواع المشتقات النفطية المنتجة في إحدى المصافي) من المربعات التي تمثل المواد النفطية الثقيلة، إلى المثلثات التي تمثل المواد النفطية الخفيفة، ثم إلى الدوائر التي تمثل المواد الغازية.

وتبقى مشكلة المقادير المتبقية من تقسيم قيمة الظاهرة أو أجزائها على وزن الرمز، التي قد تَّعادل نصف الوزن أو أكثر أو أقل، هل تُهمل هذه القيم أم نمثلها بطريقة ما؟ والجواب: أنه يُمثل نصف رمز حداً أدنى، ولذلك فإنه يتم تقريب المقادير المتبقية إلى ما يعادله رمز واحد كامل أو إلى ما يعادله نصف رمز على النحو التالي:

- إذا كان المتبقي أقل من الربع: يهمل.
- إذا راوح المتبقي بين الربع وثلاثة الأرباع: يعطى قيمة النصف ويُرسم.
- إذا كان المتبقي أكثر من ثلاثة أرباع: يعطى قيمة الرمز الكامل ويُرسم.

أما ترتيب الرموز الهندسية الصغيرة عند موقع الظاهرة فيكون بأشكال متعددة، ويرتبط هذا الترتيب بالمساحة المتاحة للرسم قرب الموقع المطلوب، فإذا كانت المساحة مناسبة لتجميع الرموز بشكل مربعات على يمين الموقع أو يساره، فإنه يُلجأ إلى هذا الشكل من التوزيع. أما إذا ضاقت المساحات حول الموقع فيتم تجميع الرموز على شكل مستطيلات أو أعمدة، قد تأخذ الاتجاه من الأسفل إلى الأعلى (وهو الشائع) وقد تأخذ اتجاه يمين – يسار. ويُفضل عادةً اعتماد عرض واحد للمستطيلات مع أطوال مختلفة ترتبط بمقدار الظاهرة في كل موقع. ويعد اللجوء إلى أكثر من طريقة في ترتيب الرموز على نفس الخريطة نقاطة ضعف في إخراجها الكارتوغرافي. ولا بد من التنويه إلى أن مجموع الأشكال الهندسية لا تشكل مربعات أو مستطيلات كاملة في معظم الأحيان. **(انظر الشكل (30))** الذي يبين أنماطاً مختلفة من مجمعات الأشكال الهندسية وطرائق تجميعها.

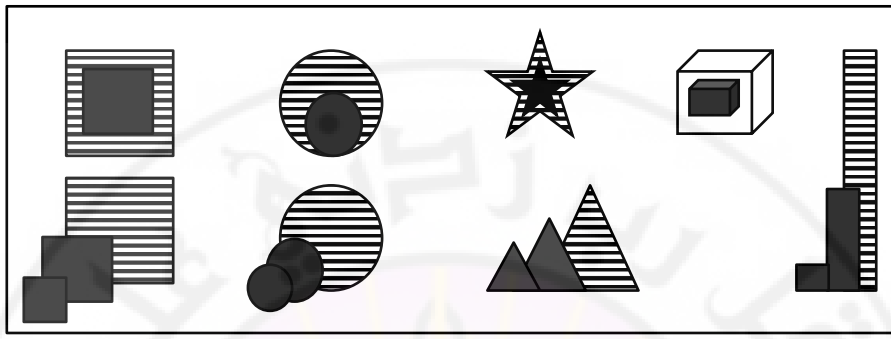


شكل (30): رموز مجمعات الأشكال الهندسية

❖ **استخدام الرموز التعبيرية:**

الرموز التعبيرية كما ورد سابقاً رسوم مبسطة تعبر عن المظهر المراد تمثيله بشكل مشابه له أو لأحد أجزائه. يمكن أن تُعبر الرسوم المبسطة عن نوع الظاهرة وموقعها، وقد تُعبر أيضاً بشكل نسبي عن مقدارها وتطورها، ولكن هذه الرموز لا تستطيع التعبير عن تركيب الظاهرة. والتعبير عن الموقع لا يكون دقيقاً إلاّ إذا اعتمد رمز هندسي صغير للتعبير عن الموقع، يوضع الرمز التعبيري بجانبه للدلالة على وجود الظاهرة في هذا الموقع، كأن يُوضع رمز هندسي لمدينة، ويوضع بجانبه رمزٌ يعبر عن وجود مصنع ما أو جامعة أو غير ذلك. علماً أن الرمز التعبيري يمكن أن يعبر عن الموقع، كأن يُوضع رمز على شكل طائرة ليعبر عن موقع المطار وصفته (محلي –دولي، كبير – صغير).

ومن أجل تمثيل كمية الظاهرة برموز تعبيرية يجري عادة فرز المقادير إلى كبيرة ومتوسطة وصغيرة أو كبيرة وصغيرة، ويعطى للرموز عدد مواز من القياسات وتثبت الرموز المستخدمة في المفتاح. أما تمثيل تطور الظاهرة بالرموز التعبيرية فهو نادر عادة، غير أنه ممكن بطريقة نسبية وذلك باتخاذ قياسات مختلفة للرموز التعبيرية (صغيرة، متوسطة، كبيرة) مع استخدام ألوان مختلفة للسنوات المراد التعبير عن الكمية الظاهرة فيها. **(انظر الشكل 31)**



شكل (31): رموز هندسية لمثيل الظواهر المتغيرة

❖ **استخدام الرموز التصويرية:**

تُستخدم الرموز التصويرية في خرائط الرموز الموضعية (الحرة) للتعبير عن الظاهرة وموقعها، ولكن يقتصر استخدام هذا الأسلوب على الخرائط الدعائية، وأهمها الخرائط السياحية، حيث تكون الغاية الأساسية من هذه الرموز لفت نظر قارئ الخريطة على المظاهر، وإعطائها نوع من الجاذبية، على تقدير أن هذه الرموز تصور الجزء الأكثر تعبيراً أو جاذبية، وغالباً ما توضع هذه الخرائط بالألوان لزيادة جماليتها. لكن الرموز التصويرية لا تستطيع التعبير عن مقدار الظاهرة أو تركيبها أو تطورها، وتأخذ حيزاً كبيراً من الخريطة، ما يؤدي إلى تغطية مظاهر أخرى أحياناً، أو إلى الإقلال من المحتوى المرسوم، ولا يتقيد واضعو الخرائط بهذه الطريقة بأبعاد ثابتة للرموز، بل قد تكون الرموز التصويرية متباينة في أبعادها، وألوانها، **انظر الخريطة (17).**



خريطة (17): أهم الوجهات السياحية في إيطاليا

وتتنوع المظاهر المرسومة بين مواقع طبيعية أو أثرية أو مواقع خدمات سياحية مختلفة، وتوضع خرائط خاصة بالدعاية لبعض المنجزات والمشاريع الإنمائية لتزود بها النشرات الدعائية والمعارض. ومن أجل الدلالة على موقع الظاهرة فقد تترافق الرموز الهندسية الصغيرة الدالة على الموقع مع الرموز التصويرية، كما قد تزود هذه الرموز بأسهم تدل على الموقع إذا كان بعيداً عن الرمز. **(انظر الخريطة 18).**



خريطة (18): أهم المعالم الأثرية في مصر

❖ **استخدام الأحرف بوصفها رموزاً موضعية:**

لكن هذه الرموز تعبر عن الظواهر ذات الانتشار المساحي أكثر مما تعبر عن المظاهر ذات الانتشار النقاطي– الموضعي، ولذلك فإن استخدامها يعد محدوداً ببعض الظواهر التي يمكن فهمها من خلال الأحرف، كأن نشير إلى مواقع مناجم الثروات المعدنية بالحروف اللاتينية الدالة على الفلزات والمعادن، مثل: الحديد والألمينيوم والفحم الحجري والفوسفات وغيره، ويمكن الدلالة مثلاً على مواقع الشركات المشهورة المصنعة للتقانات المختلفة، كالتقانات الحاسبية على خريطة الدولة المصنعة لها، مثل منشآت شركة (IBM) وشركة مايكروسوفت (MS) وشركة كومباك (Q) وغير ذلك .. **انظر خريطة (19).**



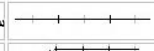
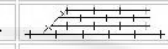
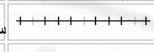
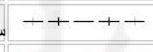
خريطة(19): أهم شركات البناء في الولايات المتحدة الأميركية للعام 2017م

6-2-1-2-أسلوب الرموز الخطية:

تُستخدم هذه الرموز لإظهار طبيعة المظاهر الخطية ونوعها، كالطرق والأنهار وحدود المناطق، من دون الإشارة إلى أي قيمة كمية لها.

وهناك كثير من أشـــكال الرموز الخطية؛ فمثلاً هناك ثلاثة أنواع من رموز الحدود: الخطوط المتقطعة، والخطوط المنقطة، والشـرطة مع النقطة، وتختلف ثخانة هذه الخطوط بحسـب أهمية الظاهرة التي تمثلها ونوعها. أما رموز الطرق فهي خطوط متقطعة بحســب رتبة الطريق ونوعه، فيمكن أن يكون رمز الطريق عبارة عن خطين متوازيين بثخانة محددة وبتباعد محدد، ويمكن أن يكون الرمز على شـكل خط متصـل أو متقطع. إن شـكل الخطوط وثخانتها يعتمد على مقياس رسم الخريطة، ويمكن أيضاً استخدام الألوان لتمييز أنواع الطرق ورتبها.

أما سكة الحديد فرمزها بسيط، وهو خط تقطعه شطبات صـغيرة. **(انظر الشكل (32))**. وفيما يتعلق بالأنهار والأودية، فإن شـــكل الخط يعتمد على طبيعة النهر والوادي، فالأنهار دائمة الجريان يُستخدم في تمثيلها الخطوط المتصلة التي ترق عند المنابع وتزيد عند سماكتها بالاتجاه نحو المصب، أما الأودية الجافة والموسمية فإنها تُمثل بخطوط متقطعة تزيد سماكتها بالاقتراب من المنابع.

سكة حديدية – مسار متعدد	
سكة حديدية – مسار أحادي	
جوانب سكة حديدية	
سكة حديدية – نقل سريع	
سكة حديدية – قيد الإنشاء	
سكة حديدية – مهجورة	
سكة حديدية على الطريق	
محطة سكة حديدية	

شكل (32): أشكال رسم رمز سكة الحديد

6-2-1-3-أسلوب الرموز المساحية:

يغلب استخدام الرموز المساحية على وضع الخرائط، وذلك بسبب سهولة تنفيذ الخريطة ودرجة اختصـــار المقادير التي تُمثل، حيث تمثل مســـاحة الرمز الإجمالية مقدار الظاهرة بعد تحديد ما تمثله وحدة المساحة من مقدار الظاهرة (أي تحديد ما اصطلح على تسميته العدد الأولي)، حيث يحدد ضلع المربع بالمعادلة:

$$\text{ضلع المربع (ض)} = \frac{\text{مقدار الظاهرة (ب)}}{\text{العدد الأولي (ج)}}$$

ويُحدد نصف قطر الدائرة بالمعادلة:

$$\text{نصف القطر (ر)} = \frac{\text{مقدار الظاهرة (ب)}}{\text{العدد الأولي (ج)} \times \pi}$$

وفي كلا الحالتين فإن مركز المربع أو مركز الدائرة يجب أن ينطبق على الموقع الحقيقي لوجود الظاهرة.

أما التعبير عن تركيب الظاهرة باستخدام المربع فيكون على الشكل الآتي:

إن مساحة **المربع** الإجمالية تعبر عن مجموع الظاهرة، ولذلك يجب معرفة كم يعادل الجزء من مساحة المربع، ثم يُحسب كم يكون طول هذه المساحة وعرضها داخل المربع الإجمالي، حيث من المناسب أن تُتخذ قاعدة المربع (الجهة السفلى منه) ليكون طولاً ثابتاً لجميع الأجزاء المستطيلة، ويُحسب العرض فقط لهذه الأجزاء، كما هو موضح في المثال الآتي:

إذا كان المقدار الإجمالي لإنتاج إحدى مصافي النفط هو 5 مليون طن، منها:

2 مليون طن من المشتقات الثقيلة،

2500000 طن من المشتقات الخفيفة،

500 ألف من المشتقات الغازية،

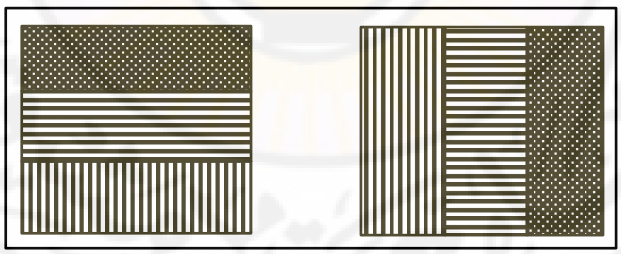
فإذا كان العدد الأولي هو: 50000، فهذا يعني أن ضلع المربع الذي يعبر عن الكمية الإجمالية هو: جذر 5000000 ÷ 50000 = 10 ملم ومساحته 100 ملم^2، ومساحة قطاع المشتقات الثقيلة سيكون 40 ملم^2، والمشتقات الخفيفة: 50 ملم^2، والغازية 10 ملم^2.

فإذا اعتمدنا طولاً واحداً لهذه القطاعات وهو ضلع المربع (القاعدة) فإن ارتفاعات هذه القطاعات ستكون على التوالي: 40÷ 10 = 4 ملم للمشتقات الثقيلة، 50 ÷ 10 = 5 ملم للمواد الخفيفة، 10 ÷ 10 = 1 ملم للمواد الغازية، ويصبح الشكل كما يأتي (**الشكل (33)**). وبطريقة أخرى يمكن عد قاعدة المربع بداية للتقسيم والضلعين المتعامدين معها بمنزلة عمود يعبر عن مقدار الظاهرة الإجمالي، فنطبق العلاقة الآتية لحساب ارتفاع كل قطاع على حدة:

الكمية الإجمالية للظاهرة= طول العمود (ضلع المربع)

الجزء المطلوب من الظاهرة = س

ومنه: س = (الجزء × طول العمود) ÷ الكل



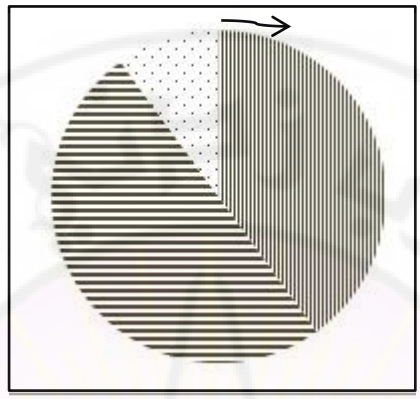
شكل(33): التعبير عن تركيب الظاهرة داخل مربع

أما تقسيم **الدائرة** إلى قطاعات فيعد أسهل من تقسيم المربع، وذلك لأنه يكفي معرفة المقدار الإجمالي والأجزاء لحساب زاوية القطاع لكل جزء على النحو الآتي:

زاوية القطاع = (الجزء × 360) ÷ الكل

ولكن بداية تقسيم الدائرة إلى قطاعات لا يبدأ في كل مرة من جهة مختلفة، ويغلب في معظم المراجع المختصة، بدء التقسيم من أعلى الدائرة باتجاه عقارب الساعة، ولكن نجد أحياناً تقسيماً

يبدأ من يمين الدائرة (الشرق) وباتجاه عقارب الساعة. ويتطلب عملية تقسيم الدائرة إلى قطاعات استخدام منقلة مناسبة لقياس الزوايا. **(انظر الشكل (34))**



شكل (34): التعبير عن تركيب الظاهرة داخل دائرة

وفي استخدام الرموز المساحية للتعبير عن تطور ظاهرة ما، فإن العمل لا يبدو مختلفاً عما رأيناه في الرموز الطولية من حيث الرموز المنفصلة والمتصلة والمتراكبة، ولكن الخاصية التي تميز الرموز المساحية عند التعبير عن تطور ظاهرة ما هي: أن موقع الظاهرة يقع في مركز الرمز الذي يدل على المرحلة الأولى للتطور.

أما بالنسبة إلى **استخدام الرموز الحجمية:**

فلا يختلف التمثيل الحجمي عن التمثيل المساحي إلا من حيث اعتماد المعادلات الخاصة بالحجم، وحالات إظهار البعد الثالث في أثناء الرسم، ولكن الميزة الرئيسة للتمثيل الحجمي هي الاختصار الكبير لأبعاد الرموز الدالة على المقادير الكبيرة، ولذلك فهي تستخدم في الحالات التي يكون الفرق فيها كبيراً جداً بين المقادير الممثلة.

الرموز في مفتاح الخريطة:

يعد المفتاح جزءاً أساسياً من الخريطة، يجب أن يعبر عن محتواها الجغرافي بدقة؛ فإذا كانت الخريطة **تمثل أنواعاً مختلفة** فيجب أن تظهر هذه الأنواع بنفس أشكال الرموز المستخدمة للتعبير عن النوع والموقع والكمية، ولكن وضع الرموز المعبرة عن النوع تكون ذات أبعاد ثابتة، لا علاقة لها بالكمية. أما **التعبير عن الكمية** فيجب أن يظهر في المفتاح على شكل مجموعة من الرموز المنفصلة أو المتلاصقة أو المتراكبة أو المتداخلة، ففي حال اعتماد أسلوب التمثيل المطلق المستمر

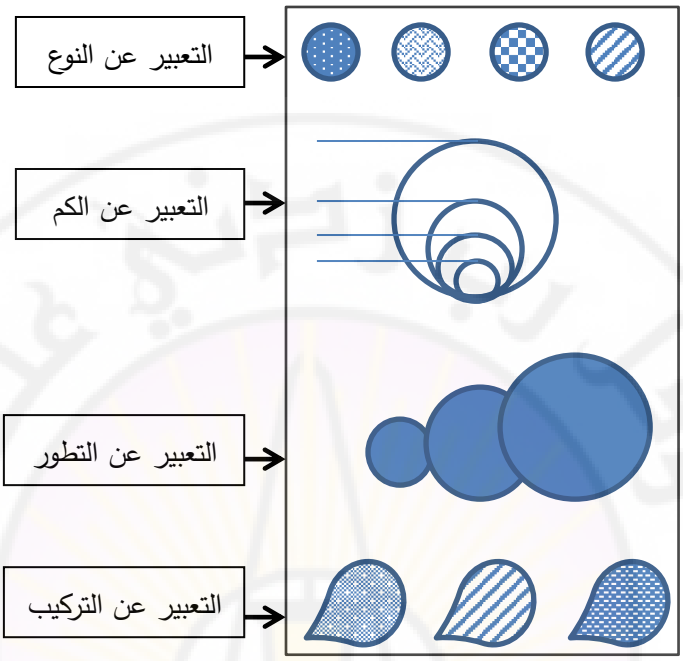
تؤخذ قيم مدورة تعبر عن المقادير الصغيرة والمتوسطة والكبيرة للظاهرة الممثلة على الخريطة، وتحول هذه القيم المدورة إلى رموز بنفس الطريقة ومع نفس العدد الأولي الذي استخدم في الخريطة. أما في حال اعتماد أسلوب التمثيل المطلق المتدرج فتؤخذ الرموز الخاصة بكل فئة، وحُسبت على أساس متوسط كل فئة، وتوضع في المفتاح. وإذا تضمنت الخريطة توضيحاً **لتركيب الظاهرة** توضع قطاعات من أعمدة أو مربعات أو دوائر في المفتاح بنفس الألوان أو الشبكة المستخدمة في الخريطة، وتُكتب أسماء الأنواع الفرعية بجانب كل رمز. أما إذا تضمنت الخريطة رموزاً تدل على **تطور الظاهرة** في تواريخ متعددة، وأعطي كل تاريخ لوناً أو شبكةً لكل تاريخ، فإن التاريخ يظهر في المفتاح على الشكل الآتي:

تُرسم مجموعة من الرموز المستخدمة في الخريطة لتبيان الظاهرة المتطورة (دوائر، مربعات، أعمدة) بعدد مراحل التطور المأخوذة، وتُعطى نفس الألوان أو الشبكة المعطاة لها في الخريطة، مع ذكر المرحلة أو التاريخ الخاص بكل رمز.

الكتابة في المفتاح:

فيجب تمييز العناوين الرئيسة من الفرعية من حيث حجم الخط، كما يجب المحافظة على اتساق الكتابة ووضوح ارتباطها بالرموز المجاورة. ويجب أخيراً ترتيب الرموز في المفتاح بحسب أهمية الظاهرة الممثلة، مع الأخذ بعين الاهتمام أن الرموز الأولى يجب أن تعبر عن المحتوى الأساسي للخريطة الذي يعطيها اسمها بوصفها خريطة، ثم يجري الانتقال إلى عناصر المحتوى المساعد الموجودة في خريطة الأساس، كالشبكة المائية وطرق المواصلات، بل إن هذه الرموز تصبح غير ضرورية على كل خريطة، عندما يُوضع سلسلة من الخرائط التي يجمعها غلاف واحد، حيث تُوضع الرموز العامة في مقدمة هذه الخرائط.

عند ترتيب رموز المحتوى الأساسي في المفتاح، توضع الرموز الدالة على النوع ثم الرموز الدالة على الكمية، فالرموز الدالة على التركيب، فالرموز الدالة على تطور الظاهرة. **(انظر الشكل(35))**.



شكل (35): ترتيب الرموز داخل المفتاح

6-2-2-الأسلوب النوعي لتمثيل المظاهر الجغرافية مساحية الانتشار (النطاقات أو البقع):

يُعرف **النطاق** بأنه مساحة محددة من سطح الأرض تنتشر فيها ظاهرة ما، وقد يكون نطاق انتشار ظاهرة ما متصلاً ومستمراً على مساحة متصلة، وقد يكون انتشار الظاهرة متبعثراً أو متقطعاً.

وتُعد الخرائط التي ترسم نطاقات الانتشار من الخرائط التي تبين النوع وكيفية الانتشار، ولكنها ليست من الطرائق الإحصائية التي تبين الكمية أو النسبة بدقة. ويمكن عد طريقة النطاقات مخصصة لرسم الظواهر ذات الانتشار المساحي من دون تحديد الخصائص الكمية، عدا المساحة التي يشغلها النطاق على الخريطة، وتُحسب بالاستعانة بمقياس الخريطة، أي إنها تبين كلاً من النوع ومنطقة الانتشار.

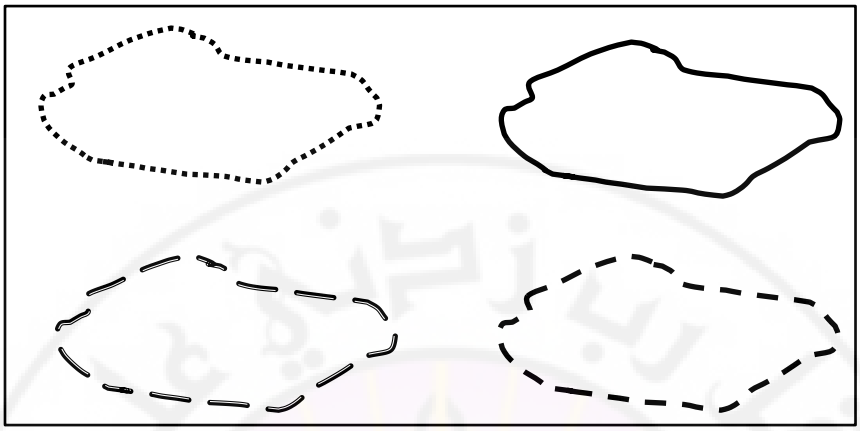
النطاق النسبي والنطاق المطلق: هناك مفهومان للنطاق بحسب كيفية وجود الظاهرة داخل النطاق وخارجه، فإن كان النطاق يحدد المناطق الرئيسة لانتشار الظاهرة، ويغفل المناطق الثانوية لوجودها يطلق عليه اسم النطاق النسبي، كنطاق انتشار زراعة الزيتون في سورية الذي يضم المناطق الرئيسة لزراعته ويهمل المناطق الثانوية.

أما إذا شمل النطاق جميع مناطق الانتشار الطبيعي للظاهرة، بحيث لا نجد الظاهرة بشكل طبيعي خارج هذه الحدود، فيُطلق عليه اسم النطاق المطلق، وذلك مثل نطاق انتشار دب الباندا في شرقي آسيا، ونطاق انتشار حيوان الكنغر في أستراليا.

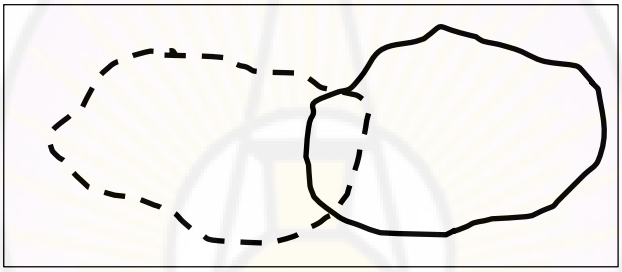
أشكال رسم النطاق:

يمكن الاكتفاء برسم حدود النطاق للتعبير عن مناطق انتشار ظاهرة ما، مع الأخذ بعين الاهتمام أن حدود النطاق النسبي يجب ألا تكون بخط متصل، على تقدير أن للظاهرة المرسومة وجوداً (ولو بنسبة قليلة) خارج هذه الحدود. أما رسم حدود النطاق المطلق فيمكن أن تكون بخط متصل. انظر **الشكل (36)** الذي يبين بعض أشكال حدود النطاقات.

ولا بد من الإشارة إلى أن النطاقات يمكن أن تتقاطع بعضها مع بعض، لوجود أكثر من ظاهرة في نفس الموقع، ولكل منها نطاقها الخاص، حيث تُرسم حدود كل نطاق بشكل مختلف عن حدود النطاق الآخر كما هي الحال في **الشكل (37)**.

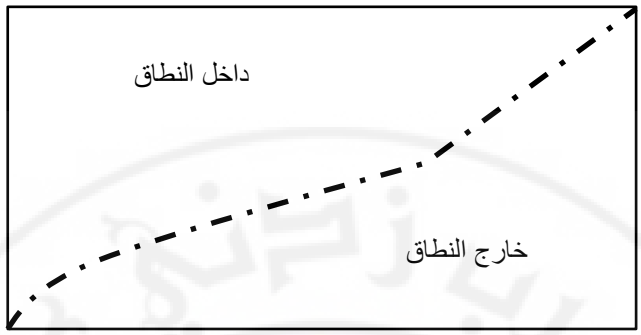


شكل (36): أشكال حدود النطاقات



شكل (37): نطاقات متقاطعة

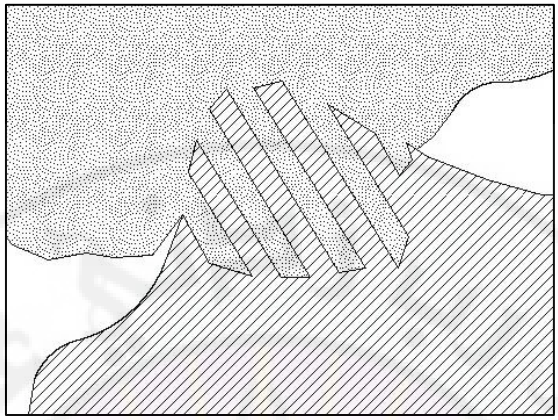
ومن جهة أخرى فإن نطاق انتشـــار بعض الظواهر قد يخرج خارج حدود الخريطة (المنطقة المرســـومة)، بل قد يمر الخط المحدد لنطاق ما في الخريطة، ومن ثم يقســـمها إلى منطقتين؛ واحدة توجد فيها الظاهرة، والأخرى تخلو منها، وفي هذه الحالة فإن استخدام شكل الحدود كخط متصل أو متقطع، لا يكفي للإشارة إلى المنطقة المشغولة بالظاهرة، ولا بد من إضافة إشارات إلى حدود النطاق تدل على الجهة التي تنتشر فيها الظاهرة، انظر **الشكل (38)**.



شكل (38): نطاق انتشار الظواهر

لكنَ رسم النطاقات بحدودها فقط ليس الطريقة الوحيدة لتمثيل النطاقات، حيث يلجأ واضعو الخرائط في كثير من الأحيان لتلوين النطاقات أو تظليلها، وذلك من أجل لفت انتباه القارئ إلى المحتوى، وإعطائها شكلاً أكثر تعبيراً وجاذبية؛ ففي حال استخدام الألوان يجب على واضع الخريطة الانتباه إلى العلاقة بين اللون والظاهرة المرسومة، فالتعبير عن مجموعة من مناطق انتشار عدد من المحاصيل الزراعية يتطلب استخدام ألوان مختلفة، تناسب هذه المحاصيل، كأن يجري اختيار اللون الأصفر الذهبي للقمح واللون الأخضر المزرق للخضار الورقية، واللون الأحمر للبندورة وهكذا...

لكن رسم عدد من النطاقات الملونة المتقاطعة بعضها مع بعض يحمل نوعاً من الصعوبة، ولا نمثل أكثر من نطاقين متقاطعين ملونين على نفس الخريطة، وفي حال وجود أكثر من نطاقين متقاطعين، فإنه يُلجأ إلى الشبكات لتغطية النطاق الثالث، على حين تُمثَّل التقاطع بين النطاقين الملونين على النحو الموضح في **الشكل (39)**.



شكل (39): طريقة الشبكات لتغطية النطاق الثالث الناتج عن تقاطع نطاقين

ويمكن حل مشـــكلة التقاطع بين النطاقات باســـتخدام حدود النطاقات المختلفة بدلاً من الألوان والشبكات، أو بالمشاركة معها لإظهار عدد أكبر من النطاقات على خريطة واحدة.

ومن أمثلة النطاقات المتقاطعة مثلاً تقاطع نطاق زراعة الزيتون مع كل من نطاق زراعة الحمضـــيات في مناطق الســـهول الســـاحلية، ومع نطاق زراعة التفاحيات في المناطق الجبلية الساحلية المرتفعة. ويمكن ذكر تداخل نطاق زراعة الشعير على هوامش البادية مع نطاق زراعة القمح، حيث من المعروف أن القمح يزرع بعلاً في المناطق الأكثر أمطاراً، ويزرع الشـــعير في المناطق المجاورة الأقل أمطاراً، والمتاخمة للبادية. ومن المظاهر البشـــرية يمكن ذكر المناطق الانتقالية التي تضـــم جماعات تنتمي إلى عروق بشـــرية متجاورة كالأجزاء الجنوبية الغربية من الســـودان التي تعد منطقة انتقالية بين الجماعات العربية والجماعات الزنجية، والمناطق الواقعة في جنوبي تركيا التي يقطنها العرب والأتراك، ثم يجاور هذه المنطقة نطاق انتشـــار العرب في الجنوب والأتراك في الشـــمال. ومن المظاهر الطبيعية: تتداخل في كثير من الأحيان مناطق انتشـار الجماعات النباتية؛ فالمعروف أن الغابة النفضـية تقع إلى الجنوب من الغابة المخروطية في أوروبا، وهناك بين النطاقين منطقة انتقالية تنتشر فيها الأشجار المخروطية والنفضية.

استخدام الرموز التعبيرية في طريقة النطاقات:

يمكن الاستعاضة عن الألوان أو الشبكات والحدود بوضع رموز تعبيرية صغيرة تُنشر نشرها في المناطق التي تنتشر فيها الظاهرة، كأن نضـع رموزاً على شكل سـنابل القمح في مناطق انتشـار زراعة القمح، وزهرات القطن في مناطق انتشـار زراعة القطن، وشـكل شـجرة الزيتون في مناطق

زراعة الزيتون، وهكذا... ويمكن تمييز هذه الرموز عما نستخدمه في طريقة الرموز الموضعية – الحرة بأن الرموز الموضعية تدل على موقع الظاهرة ذات الانتشار النقطي، وليس على الظواهر المساحية التي تختص بها النطاقات، والرموز التعبيرية الموضعية قد تعبر عن الكمية بشكل مبسط، لكن الرموز التعبيرية الدالة على منطقة انتشار ظاهرة ما لا تدل على الكمية بل تدل فقط على منطقة الانتشار، وهذا ما يمكن تمييزه في المفتاح الذي يظهر في الفرق بين تعريف كل نوع من الرموز.

استخدام الكتابات والحروف في التعبير عن النطاقات:

تستخدم الكتابات والحروف للتعبير في بعض الأحيان عن مناطق انتشار الظاهرة المعبر عنها كتابة أو برمز حرفي، وفي كل الأحوال فإن الكتابة أو الرمز الحرفي يجب أن يغطي مكان انتشار الظاهرة ذات الانتشار المساحي، حيث يجب الانتباه إلى أن استخدام الرموز الحرفية للتعبير عن مظاهر نقطية يجعل هذه الرموز في الرموز الموضعية الحرة ، كأن نشير إلى مواقع مناجم الثروات المعدنية أو آبار المياه والنفط ، ولكن عندما نشير بالحروف إلى حقل واسع للنفط، أو بالكتابة إلى منطقة انتشار زراعة ما، أو شعب ما، فإن هذه الحروف والكتابات تبقى داخل طريقة النطاقات، انظر **الشكل (40)**.



شكل (40): رموز الكتابات والأحرف

استخدام شبكة النقاط في طريقة النطاقات:

يمكن الاستعاضة عن شبكة الخطوط بشبكة من النقاط في طريقة النطاقات، وهنا قد يلتبس فهم هذه النقاط في كونها شبكة تغطي منطقة انتشار الظاهرة (النطاقات)، أم إنها نقاط تبين توزع كمية الظاهرة في منطقة ما (طريقة النقاط)، أو أنها شبكة تبين نسبة الظاهرة أو كثافتها في منطقة ما (طريقة النسب المساحية – الكارتوغرام). ومن أجل تمييز الشكل الواحد والمعاني المختلفة للنقاط في الطرائق الثلاث، لا بد من معرفة خصائص كل طريقة من طرائق الرسم

الكارتوغرافي ذات العلاقة. فالنقاط تبين توزع وكمية الظاهرة، وعندما تبين الكمية فمن خلال تحديد وزن للنقاطة، ويوضح هذا الوزن في مفتاح الخريطة. أم النقاط التي نستخدمها بوصفها شبكة في طريقة النسب المساحية (الكارتوغرام) فإنها تعبر عن كثافة الظاهرة في الوحدة المساحية أو نسبتها، ولذلك نجدها مرتبطة بحدود الوحدات المساحية، ونجد لها قيمة نسبية تظهر في مفتاح الخريطة، حيث سنجد مساحات مستطيلة تبين الكثافات المختلفة للنقاط، وتحدد هذه الكثافات على شكل أرقام (فئات عادة) في المفتاح. أما النقاط المستخدمة لتغطية مناطق انتشار ظاهرة ما فلا نجد في المفتاح ما يدل على قيمة كمية لها، لأنها بلا قيمة كمية، ومهمتها إظهار مناطق انتشار الظاهرة، وربما إظهار تباين هذا الانتشار، من دون أن تبين أي دلالة كمية للظاهرة.

إظهار طبيعة انتشار الظاهرة في نطاق الانتشار:

تبين بعض الخرائط الموضوعة بطريقة النطاقات كيفية انتشار الظاهرة في النطاق، وذلك عن طريق زيادة الكثافة اللونية، أو كثافة الشبكة، أو كثافة النقاط الموزعة داخل النطاق. لكن استخدام هذه الطريقة ليس شائعاً بسبب ما يمكن أن تحمله من اختلاط في فهم الخريطة، فزيادة الكثافة اللونية وكثافة الشبكة للتعبير عن تباين انتشار الظاهرة سوف يقرب الخريطة من طريقة النسب المساحية (الكارتوغرام)، لأن هذا التمثيل ينضوي على تمثيل كمي ما ولو بطريقة اعتباطية. أما استخدام النقاط فإنه يقرب هذه الطريقة من طريقة التوزيع الجغرافي للنقاط، والفرق الذي يبقى بين الطريقتين هو إظهار أو عدم إظهار الكمية التي تعبر عنها كل نقاطة.

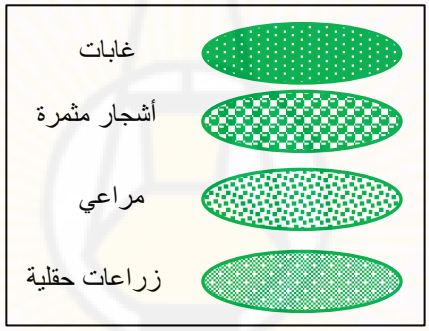
<u>مراحل وضع الخريطة بطريقة النطاقات ومتطلباتها:</u>

لا تعتمد خريطة النطاقات على معطيات إحصائية، بل تعتمد على معلومات تدل على مناطق انتشار الظواهر، وكثافة هذا الانتشار أحياناً. ولذلك فإن واضع الخريطة بهذه الطريقة يحتاج إلى خريطة أساس تحتوي العناصر المساعدة على تحميل مناطق انتشار الظاهرة المراد تمثيلها، والمظاهر المساعدة على فهم هذا التوزع وربطه بالعوامل الأخرى المؤثرة والمتأثرة، فإن رسم خريطة تعبر عن مناطق زراعة القطن، يتطلب معرفة مشاريع المياه السطحية، بل معرفة أوضاع المياه الجوفية أيضاً، على تقدير أن زراعة القطن زراعة مروية في كل المناطق، ولذلك فإن رسم الشبكة المائية السطحية، وتحميل طرق المواصلات الرئيسة، والمراكز العمرانية الرئيسة، يعد جزءاً مهماً من خريطة الأساس.

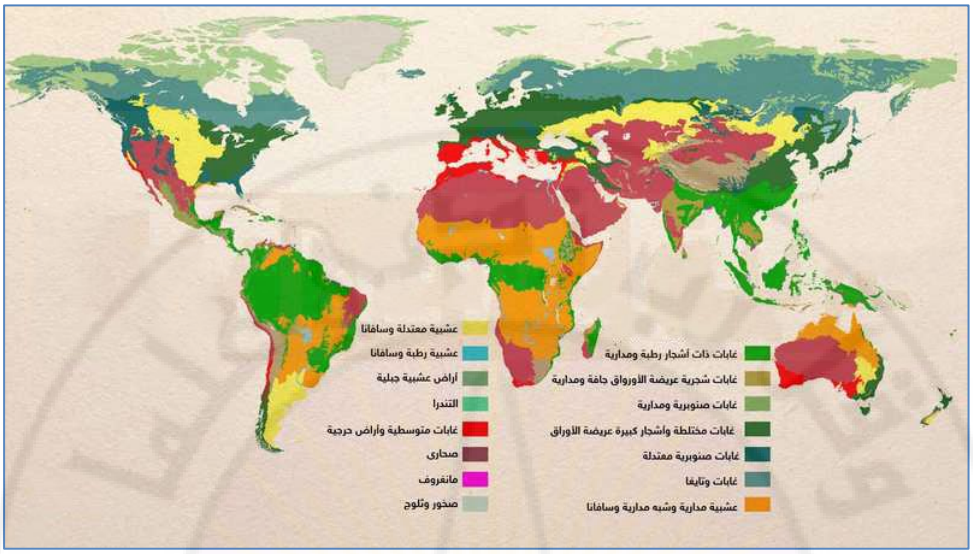
لكن تحديد هذه العناصر المساعدة لا يغني عن المعلومات الأساسية المطلوبة لرسم خريطة مناطق زراعة القطن، وهي المعلومات التي تدل على مناطق زراعة القطن بدقة، وقد تُستخدم من أجل تحديد هذه المناطق خرائط كبيرة المقياس، أو صور جوية وفضائية، كما قد يلجأ إلى التقارير والدراسات الميدانية، والمخططات العقارية، ومعلومات الإحصاء الزراعي.

وبعد تحديد مناطق انتشار الظواهر المراد تمثيلها يحدد واضع الخريطة شكل التمثيل المناسب، سواء أكان ألواناً أم شبكات أم كتابات.

ولا بد بعد استخدام الألوان أو الشبكات على الخريطة من تصميم مفتاح مناسب يضم الرموز المستخدمة للتعبير عن النطاقات المختلفة من حيث النوع، والكثافات الممثلة داخل النطاقات. انظر **الشكل (41)** الذي يبين تصميم المفتاح الخاص بطريقة النطاقات ومحتواه و**الخريطة (20)** التي توضح نطاق انتشار الغابات حول العالم.



شكل (41): تصميم المفتاح الخاص بطريقة النطاقات ومحتواه



خريطة (20): نطاق انتشار الغابات حول العالم

6-2-4- طريقة النقاط:

النقطة رمز هندسي صغير يستخدم لإظهار موقع الظاهرة ونوعها ومقدارها، وتعد خرائط النقاط من أفضـــل الخرائط التي تبين المقادير المطلقة للمظاهر الجغرافية المختلفة، والتي تبين مناطق انتشارها. وتُستخدم النقاط من خلال:

تكرار النقطة الواحدة (بحجمها وقيمتها) في المناطق التي تنتشـــر فيها الظاهرة، ومن ثم يمثل العدد الإجمالي للنقاط المجموع الكلي لمقدار الظاهرة المطلوب توزيعها.

مثال: تبين النقاط توزيع عدد الســـكان في بلد ما، فلكل نقطة قيمة عددية معينة (كل نقطة = 500 نســـمة مثلاً)، وقد تعبر مواقع النقاط عن المواقع الحقيقية أو التقريبية لانتشـــار الظاهرة، بحيث تعطي مســـتخدم الخريطة انطباعاً بأن هناك مناطق تزدحم فيها الظاهرة، وتقل في مناطق أخرى، ومن ثم قد تظهر النقاط التوزع الفعلي للظاهرة في الطبيعة، وهنا المقادير قد تُمثل بنقاط ذات وزن وقطر واحد، وقد تُمثل بنقاط ذات أوزان وأقطار مختلفة.

طريقة وضع خرائط النقاط

نظراً إلى أن خريطة النقاط تُعد من أبسط أنواع الخرائط الكمية المكانية، وأكثرها استخداماً. فإنه تُمثَل بوساطتها المقادير أو الأعداد المطلقة بنقاط ذات قطر منتظم تتوزع في أماكن انتشار الظاهرة بحيث تُعطى لكل نقطة مدلولاً كمياً أو قيمة معينة يتم اختيارها بشكل مناسب، **يسمى وزن النقطة.** مثلاً: كل نقطة تعادل 1000 نسمة، أو 500 هكتار، بحيث تُمكن القارئ من التعرف على مقادير المظاهر وأماكن انتشارها، ويمكن تعريف **وزن النقطة بأنه المقدار الكمي الذي تعبر عنه النقاطة الواحدة.**

ومع بساطة خرائط النقاط في الشكل، لكن طريقة وضعها تعد من أعقد الطرائق، ويعود السبب إلى ضرورة تحديد العلاقة بين وزن النقطة، وقطرها، والمساحة التي تحتلها على الخريطة أحياناً، بالإضافة إلى توزيع النقاط في أماكنها الصحيحة، لذلك لا بد من إيجاد حل لكل هذه المشكلات قبل وضع خريطة النقاط.

مراحل وضع خريطة النقاط:

يتطلب إنشاء خريطة النقاط العناصر الآتية:

- الإحصاءات الخاصة بالظاهرة المراد توزيعها موزعة بحسب الوحدات الإدارية للمنطقة المراد وضع خريطة لها، وهذه الإحصاءات قد تتوافر في المراكز الإحصائية الحكومية، أو الدوائر الرسمة، أو بنوك المعلومات، أو تُجمع مباشرة.
- خريطة أساس للمنطقة تحتوي الوحدات الإدارية، إذ من المعروف أنه كلما كانت الإحصاءات المتوافرة موزعة على أساس الوحدات الإدارية الصغرى (المناطق، النواحي) كانت الخريطة أدق، وهذا يعني أنه كلما كبر مقياس الخريطة كانت الخريطة أقرب إلى الحقيقة، لأن هذا يتيح إمكانية رسم النقاط في مواقعها الصحيحة.
- حساب عدد النقاط المطلوبة في كل وحدة إدارية من خلال تقسيم مقدار الظاهرة في الوحدة الإدارية على وزن النقاطة:

عدد النقاط = مقدار الظاهرة (م) / وزن النقاطة (ن)

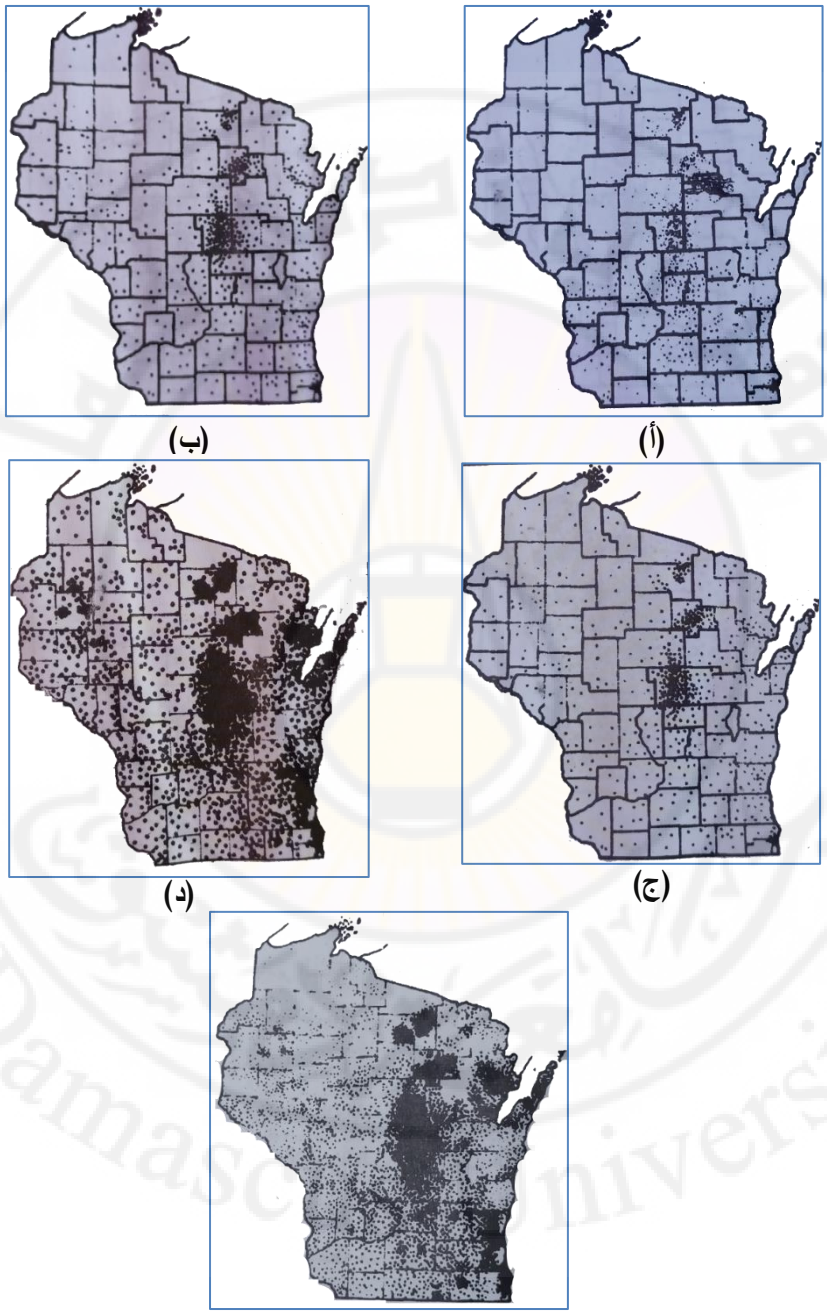
- اختيار وزن النقطة (قيمة النقطة) The value of the Dot
- اختيار قطر النقطة ومساحتها Selection the size of the Dot

- كيفية توزيع النقاط على الخريطة Distribution of the Dot

وتعد العناصر الثلاثة الأخيرة الأهم في وضع هذا النوع من الخرائط.

اختيار وزن النقطة (قيمة النقطة)

يجب أن يكون اختيار وزن النقطة دقيقاً، فعند النظر إلى **الشكل(42)** يحتوي أشكال تم إنشاؤها جميعاً من نفس المعطيات، مع تغيير عدد النقاط فيها وقطرها؛ حيث تظهر هذه الخرائط المساحات المزروعة بالبطاطا في ولاية ويكنسون الأمريكية Wisconsin، ففي الخريطة الأولى اختيرت النقاط صغيرة جداً، وبالتالي فإن توزيع النقاط يبدو متناثراً وقليل الأهمية، والنقاط غير مرئية، أما في الخريطة الثانية فتظهر النقاط كبيرة جداً، ومن ثم اندمجت النقاط بعضها مع بعض وشكلت بقعة سوداء، وظهرت النقاط بشكل كبير وأعطت الخريطة انطباعاً عاماً بأن كثافة الظاهرة مرتفعة جداً. وظهرت المنطقة وكأنها لا تحتوي إلا محصول البطاطا، وليس فيها أي مكان لانتشار أية ظاهرة أخرى، أما الخريطة الثالثة فتظهر عدداً قليلاً من النقاط، يوحي بأن المنطقة فقيرة جداً بهذه الظاهرة، على حين تتزاحم النقاط في الخريطة الرابعة وتندمج في بعض الأماكن، ويصعب عد هذه النقاط، أما الخريطة الخامسة فتبدو بشكل أفضل، وذلك لأن وزن النقطة اختير بعناية حيث يظهر التوزع المكاني للظاهرة بالإضافة إلى إمكانية معرفة مقداره، ومقارنة المناطق التي تقل فيها الظاهرة أو تتزاحم، لأن اختيار وزن مناسب للنقطة له دور أساسي في تحديد شكل الخريطة، والمعلومات التي تقدمها عن الظاهرة، واختلاف مقاديرها من منطقة إلى أخرى.



(أ) (ب)

(ج) (د)

(هـ)

شكل (42): اختيار وزن النقطة

وفي الحقيقة يكون التمثيل دقيقا وصـــحيحاً إذا مُثَل كل مقدار أو قيمة من الظاهرة بنقطة، ولكن هذا الأمر يبدو مستحيلاً.

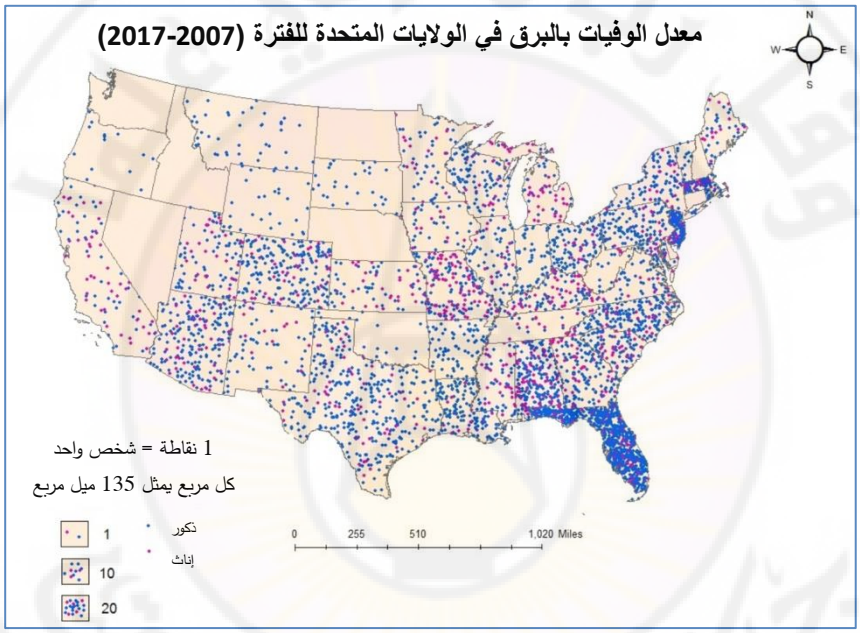
مثلاً: إذا كان لدينا المقادير الآتية: 10000، 20000، 40000، تمثل أعداد السكان في ثلاث مناطق، والمطلوب تمثيل كل نسمة بنقطة فهذا يعني أن واضع الخريطة سيحتاج إلى 10000 نقطة في الإقليم الأول، و20000 نقطة في الثاني، و40000 نقطة في الإقليم الثالث. وهذا العمل شـــاق جداً وغير قابل للتنفيذ عملياً، وإذا نفذ آلياً ســتتعذر قراءة الخريطة، لذلك لا بد من إيجاد وزن مناسب للنقاطة يتم على أساسه تقليل عدد النقاط التي يجب تمثيلها على الخريطة. والوزن هو القيمة التي يتم على أســاســها تقليل عدد النقاط من خلال تقسيم المقادير الإجمالية للظاهرة على الوزن، بحيث نحصل على عدد النقاط، التي تعكس التوزع الحقيقي أو شبه الحقيقي للظاهرة، وتعكس العلاقة بين عدد النقاط والقيم الإجمالية للظاهرة.

ومثلاً: إذا كان الوزن الذي جرى اختياره لتقسيم المقادير الســابقة هو 1000، فإن الإقليم الأول ســـيحتوي 1000/10000 =10نقاط، والإقليم الثاني 1000/20000 = 20 نقطة، والثالث 1000/40000 = 40 نقطة، فالعلاقة بين عدد النقاط تظهر نفس العلاقة بين القيم، حيث يتبين أن القيمة في الإقليم الثاني هي ضــعف القيمة في الإقليم الأول، والقيمة في الإقليم الثالث هي ضــعف القيمة للإقليم الثاني، وعدد النقاط في الثالث ضــعف الثاني، وفي الثاني ضــعف الأول.

إن اختيار وزن كبير للنقاطة قد يُســـهل عملية التمثيل، لكنه لا يقدم فكرة صـــحيحة عن توزع الظاهرة، وبخاصـــة في الأماكن التي تقل فيها الظاهرة، واختيار أوزان صـــغيرة قد يُظهر التوزع الحقيقي للظاهرة وبخاصـــة في الأماكن التي تقل فيها الظاهرة، لكن تمثيل النقاط في المناطق المزدحمة يُصبح أمراً صعباً، ولا سيما إذا كانت المساحة المتوفرة لتمثيل النقاط صغيرة، فينتج عن ذلك تلاحم، أو اندماج للنقاط. لذلك يتم اللجوء أحياناً إلى اختيار أكثر من وزن للنقطة، وذلك بحسب كثافة الظاهرة، ومقدارها على الخريطة الواحدة.

ويعرض إيمهوف مثالاً لاختيار أكثر من وزن للنقطة، **انظر الخريطة (21)**. خريطة ســويســرا التي وضعت بمقياس 500000/1، وتحتوي أشكالاً عدة من النقاط لكل منها مدلول يختلف عن الآخر، ومن ثم استطاع واضع الخريطة أن يُبين أماكن ازدحام السكان، والأماكن التي تخلو من السكان تقريباً.

إن اختيار الوزن يجب ألا ينتج عنه عددٌ كبيرٌ من النقاط بحيث تعطي الخريطة انطباعاً ليس صحيحاً عن انتشار الظاهرة فتبدو كثيفة جداً، أو قليلة جداً، ومن ثم تفقد الخريطة خصائصها الرئيسة. لذلك فإن اختيار وزن النقطة يجب أن يكون على أساس إظهار المناطق التي تتركز فيها الظاهرة من خلال ازدحام النقاط في المناطق الأكثر ازدحاماً بالظاهرة، والمناطق التي تتبعثر فيها النقاط هي المناطق التي تقل فيها الظاهرة.



خريطة (21): معدل الوفيات بالبرق في الولايات المتحدة في الفترة (2007–2017)، عن Shayna fever، وكالة الأرصاد الجوية الأميركية

يرتبط اختيار وزن النقطة بما يلي:

- مقادير الظاهرة المراد تمثيلها: حيث يكبر الوزن مع كبر المقادير، ويصغر بصغرها.
- مقياس الخريطة: كلما كبر المقياس صغر الوزن، والعكس صحيح.
- وظيفة الخريطة: فالخرائط التي توضع في الأطالس الوطنية الاستعلامية تحتوي تفصيلات أكثر من الخرائط الدعائية وأكثر من الخرائط الجدارية، ومن

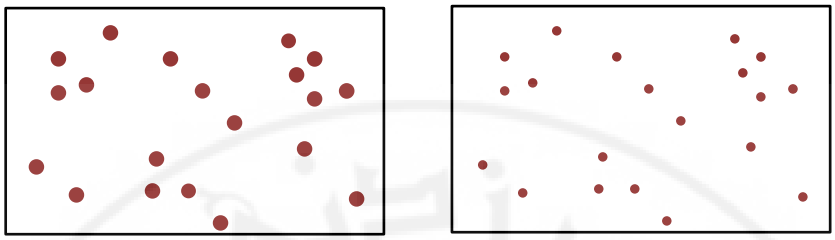
ثمَ فإن زيادة التفصـــيل في الخريطة الناتج عن طبيعة اســـتخدامها يؤثر في تحديد عدد النقاط ووزنها وأبعادها.

أبعاد النقطة أو مساحتها The size of the dot

يُعد اختيار المساحة المناسبة للنقطة عاملاً أساسياً في توضيح توزع المظاهر الجغرافية المراد تمثيلها، بالإضافة إلى إظهار الاختلافات في كثافة الظاهرة ومقدارها. وبشكل عام يرتبط اختيار مساحة النقطة بالعوامل الآتية:

1. **وزن النقطة:** الذي ينتج عنه عدد النقاط المطلوب تمثيلها على الخريطة، فكلما قل وزن النقطة، وزاد عدد النقاط يجب أن تقل مساحة النقاطة، كي تبقى إمكانية استيعابها على الخريطة قائمة.
2. **مقياس الخريطة:** كلما كبر المقياس تزيد المســـاحة المتاحة للرســـم، وبالتالي كبرت مساحة النقطة، والعكس صحيح.
3. **وظيفة الخريطة:** فالخرائط التعليمية والدعائية والجدارية عامة يجب أن تكون نقاطها واضـــحة بحيث يمكن تمييزها بســـهولة، أما الخرائط الاســـتعلامية، وخرائط التطبيقات والأبحاث فيمكن أن تكون النقاط فيها صـــغيرة نســـبياً، بغية اســـتيعاب عدد أكبر من الرموز والعناصر.

وبشـكل عام يجب ألا تكون مسـاحة النقطة كبيراً جداً إلى الحد الذي يعطي انطباعاً سـيئاً (ولا سيما إذا كانت الخرائط صـغيرة المقاييس)، هذا بالإضـافة إلى أن زيادة مساحة النقطة يؤدي إلى اندماج أو تلاحم النقاط بعضـــها مع بعض، ويعطي انطباعاً بأن الكثافات مفرطة، بعكس الحقيقة. وإذا كانت مسـاحة النقطة صـغيرة، تبدو الظاهرة مشـتتة وبلا أهمية، وأشـكال التوزيع تصـــبح غير مرئية، وفي كلتا الحالتين تعطي الخريطة انطباعاً غير صـــحيح مع أن البيانات المستخدمة في كلا الخريطتين واحدة **(انظر الشكل 43)**.

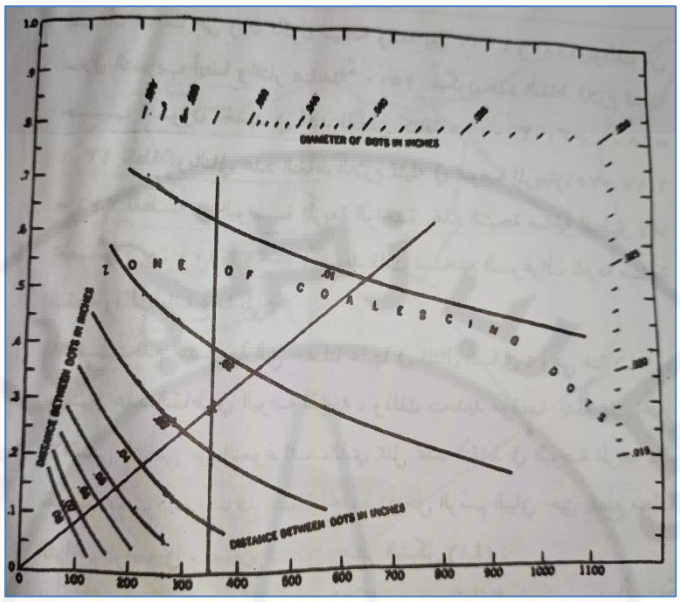


شكل (43): اختلاف مساحة النقطة بحسب مقياس الخريطة

فالمهم عند تمثيل مظاهر كمية غير مساحية كتوزع السكان، أو الثروة الحيوانية، ومقدار الإنتاج، يكون اختيار مساحة النقطة أمراً صعباً، ويعتمد على التجريب لاختيار مساحة النقاطة المناسبة التي ترتبط بوزن النقطة أيضاً، ولحل مشكلة الوزن المناسب مع مساحة النقطة المناسبة يُستعان بالنموغراف Nomograph الذي اخترعه وطوره البروفسور J.Ross.Macky.

(النموغراف: هو رسم تقني يهدف إلى إظهار العلاقة بين وزن النقطة وحجمها وبين النسبة في كثافة النقاط في الإنش المربع الواحد) مع تغير العلاقة بين مساحة النقاطة وقيمتها، يمكن لمنشئ الخريطة أن يختار أفضل علاقة يعتقد أنها ستمثل خصائص التوزيع المطلوب.

انظر الشكل (44).



شكل (44): النموغراف

يبين الرسم محوراً أفقياً في الأسفل يمثل عدد النقاط في البوصة المربعة (الإنش) المربع، وتبدأ من 100 وتنتهي 1100 نقطة، والمحور العمودي الأيسر يبين مجموع مساحات النقاط في البوصة المربعة (كثافة النقاط)، أي: ما تغطيه النقاط السوداء من مساحة البوصة المربعة الواحدة، ويبين كل من المحور العمودي الأيمن، والمحور الأفقي العلوي، مساحات النقاط المستخدمة، أو قطر القلم المستخدم في التمثيل، وتبدأ من 0,015 حتى 0,70، وفي الوسط هناك خطوط عريضة منحنية قليلاً تبين المسافة بين النقاط في البوصة المربعة الواحدة بحسب موقع الاختيار، بالإضافة إلى ذلك هناك منطقة في وسط النموغراف تُدعى منطقة تزاحم النقاط، أو التحام النقاط، وهي المنطقة التي تبين تلاحم النقاط في البوصة المربعة.

يُستخدم النموغراف بطرائق عدة لعل أفضلها وأسهلها هي الطريقة المعروضة بالمثال الآتي:

إذا أردنا تطبيق هذه الطريقة يجب ما يأتي:

1. الحصول على الإحصاءات الخاصة بالظاهرة بحسب الوحدات الإدارية، وهي هنا إحصاءات سكانية تبين أعداد السكان في الجمهورية العربية السورية موزعة بحسب المحافظات، كما في **الجدول (6)**.
2. الحصول على خريطة أساس لسورية تحتوي الحدود الإدارية لمناطق توزع الظاهرة.

3. ترتيب الظاهرة تنازلياً.

جدول (6): حساب عدد النقاط لتمثيل أعداد سكان المحافظات السورية، 2011م

المحـافـظة	أعداد السكان 1994	عدد النقاط
دمشق	3003000	1201 *
حلب	2856000	
حمص	1301000	
حماه	1116000	
الحسكة	1030000	
إدلب	937000	*
اللاذقية	834000	
طرطوس	669000	
درعا	616000	
دير الزور	599000	
الرقة	518000	
السويداء	300000	*
القنيطرة	45000	

4. اختيار ثلاث قيم؛ الأولى: من القيم المرتفعة شـديدة الكثافة (دمشـق)، الثانية: من القيم المتوسـطة متوسـطة الكثافة (إدلب)، الثالثة: من القيم المنخفضـة (السـويداء) قليلة الكثافة.
5. تحديد هذه المناطق على الخريطة، ثم قياس مساحة أكبر المناطق، وهي هنا دمشق عن طريق تغطيتها بشبكة مربعات، أو قياسها آلياً.
6. اختيار وزن أولي ما، وليكن 20000 وتقسيم المقادير الثلاثة المختارة على هذا المدلول، وذلك لمعرفة عدد النقاط التي يجب تمثيلها في كل وحدة إدارية. ويشـترط أن تكون

النتيجة لعدد النقاط محصـورة بين 100، و1100 في الإنش المربع، وهي الأرقام التي يبدأ وينتهي فيها النموغراف، وذلك كما يأتي:

- بعد قياس مساحة دمشق 14 سم2 (2.17) بوصة مربعة تُعطى وزناً تجريبياً لها وليكن (20000)
- عدد النقاط المطلوب تمثيله في أشـــد الأقاليم كثافة هو 3003000÷ 20000 = 150 نقطة.
- عدد النقاط المطلوب تمثيلها البوصـــــة المربعة الواحدة (150 ÷ 2.17 = 69 نقاطة)، وهذا يعني أن النتيجة متطرفة ولا ينطبق عليها الشـــرط المذكور في الفقرة الســـابقة. وهذا يعني أن الوزن الذي جرى اختياره غير مناســـب لذلك يجب أن يتم البحث عن وزن تكون نتيجته واقعة بين 100، و1100، وذلك من خلال التجريب أيضـاً، ويجري اختيار هنا مثلاً 2500 فيكون عدد النقاط المطلوب تمثيلها بحسب الوزن الجديد في أشـد المناطق كثافة هو 3003000 ÷ 00 25= 1201 نقطة، ومن ثم عدد النقاط اللازم تمثيله في البوصة المربعة (751÷ 2.17 = 346 نقطة في البوصـــة المربعة الواحدة. هذه النتيجة صـــالحة للتطبيق لأنها محصـــورة بين 100، و1100، بعد ذلك يُســتخدم النموغراف لمعرفة مســاحة النقطة وذلك باتباع ما يأتي:

❖ تُســتخدم النتيجة التي حُصـــل عليها في المثال الســـابق، وهي هنا 346، وتبين عدد النقاط في البوصـة المربعة، وذلك بتحديد موقعها بدقة على المحور الأفقي السفلي من النموغراف الذي يمثل عدد النقاط في البوصة المربعة، ثم نقيم عموداً من موقع النقاطة المحددة (داخل الرسم البياني حتى يقطع منطقة التزاحم الواقعة في منتصف الشكل.

❖ من الزاوية اليسرى من بداية الشكل، ومن نقطة الصفر يُرسم خط مائل بحيث يتقاطع مع العمود المقام ســـابقاً. نقطة التقاطع هذه تبين عرض رأس القلم المطلوب لتمثيل النقطة، ومن ثم مساحة النقطة، ويظهر كثافة النقاط في البوصـة المربعة الواحدة، بعد ذلك نســـتطيع معرفة إذا كان عرض رأس القلم مناســـباً، وتزاحم النقاط في البوصـــة المربعة صـالحاً. إذا كان مناسباً نحافظ على مدلول النقطة، ونغيره إذا لم يكن مناسباً، حيث يجري التقليل من التزاحم إذا كان شديداً أو زيادته إذا كان قليلاً.

❖ يُســـتخدم القلم الذي اختير لتمثيل النقاط في الأقاليم الثلاثة المختارة التي تمثل أعلى القيم وأوسطها وأقلها.

بعد الانتهاء إذا كانت النتيجة مناســـبة يُطبق القلم والوزن على جميع المناطق، وإذا كان هناك تزاحمٌ غير مرغوب فيه فيجب تغيير القلم والوزن. ولتسهيل معرفة أقطار النقاط المختلفة المذكورة بالبوصـة والموجودة في الرسم البياني للنموغراف تُحول إلى مليمترات لسـهولة التعامل معها. كما في **الجدول (7)**

جدول (7): الوحدات القياسية بالبوصة وما يقابلها بالميليمتر

القطر بالبوصة	ما يقابله بالميليمتر	القطر بالبوصة	ما يقابله بالميليمتر
0.016	0.4	0.040	1.0
0.020	0.5	0.044	1.1
0.024	0.6	0.048	1.2
0.028	0.7	0.052	1.3
0.032	0.8	0.060	1.5
0.036	0.9	0.070	1.8

وعلى كل حال؛ إن الرســم البياني الذي قدمه Macky لا يُعد حلاً قاطعاً لمشــكلة وزن النقاطة ومساحتها، بل هو عامل مساعد فقط، ويمكن تطبيق هذه الطريقة عند وضـع خريطة النقاط عند اعتماد مبدأ التوزيع الهندســي للنقاط، أو عندما تتوزع الظاهرة بانتظام داخل الوحدات المســاحية (الإدارية) التي ترتبط بها المعطيات. أما في حال تباين التوزع ضــمن الوحدات الإدارية، والرغبة في توزيع النقـاط توزيعـاً جغرافيـاً يعبر عن التوزع الحقيقي أو التقريبي للظـاهرة، فـإن الطريقـة السـابقة لا تصـلح للاعتماد على مسـتوى هذه الوحدات المسـاحية (الإدارية)، بل يمكن اعتمادها للمناطق التي تشـتد فيها كثافة الظاهرة، لمعرفة الحد الأعلى من عدد النقاط التي يمكن وضــعها في وحدة المسـاحة، والحد الأقصــى لمسـاحة النقاط في تلك المناطق، ويبقى الشـرط الأسـاسـي لتحديد عدد النقاط وأقطارها هو عدم تقاطعها بعضها مع بعض، بحيث تفقد إمكانية عدّها.

ربط مساحة النقطة بوزنها وبمقياس الخريطة:

يلجأ واضـــعو الخرائط أحياناً إلى ربط مســـاحة النقطة بوزنها وبمقياس الخريطة، عندما تُمثل مظاهر مساحية، كالمساحات المزروعة بالحبوب، والمساحات المزروعة بالقطن، وغيرها. والغاية الرئيســة من اعتماد هذه الطريقة إعطاء فكرة واقعية عن مســاحة المناطق التي تشــغلها الظاهرة وفق المقياس المعتمد للرسـم. وهناك طريقتان لهذا الربط؛ الأولى: بافتراض وزن للنقطة ثم معرفة المســـاحة والقطر المقابلين على الخريطة، والثانية: تعتمد على قطر النقطة أولاً في البداية، ثم استنتاج الوزن المقابل، وسوف نستعرض هاتين الطريقتين ونختار الأنسب منهما:

1- الطريقة الأولى تعتمد على وزن النقطة: مثال: لدينا خريطة لســـورية مقياســـها 1:3000000، والمطلوب تمثيل توزع المسـاحات المزروعة بالقمح، واختير وزنٌ للنقطة على أســـاس العدد المناســـب من النقاط، فكان هذا الوزن 1000 هكتار. والمطلوب استنتاج مساحة النقطة وقطرها على الخريطة.

كل 1 سـم على هذه الخريطة يعادل 30 كم، وأن كل 1 ملم يعادل 3 كم، ومن ثم كـل 1 ملم مربع على الخريطـة يعـادل 9 كم مربع على الطبيعـة، وهـذه المســاحة تعادل 900 هكتار، ومنه كل 1000 هكتار تعادل: 1000 × 1 ÷ 900 = 1,11 ملم مربع. ونظراً إلى أن النقطة دائرة صـغيرة، فإن مسـاحتها = π ر مربع، ومنـه: ر مربع = 1.11 ÷ π = 0,3536 ومنـه ر = 0,5947 ملم، ويكون القطر 1,189 ملم، والمشكلة التي تظهر هنا هي كيفية رسم النقاط التي تمتلك هذا القطر، وهي مشكلة غير قابلة للحل بالأساليب اليدوية، وستكون بلا جدوى عند تطبيقها آلياً، لأن قراءة المستخدمين للخريطة لن تكون قراءة آلية في معظم الأحيان.

2- الطريقة الثانية تعتمد على قطر النقطة: إن الانطلاق من قطر مناســـب قابل للتمثيل اليدوي والقراءة البصـرية العادية، والقياس البسـيط، يحل مشـكلة الربط على نحو جيد، ولكنه سـيؤدي إلى اعتماد أوزان غير مدورة للنقاط (أي: لن تنتهي الأوزان بأصـفار)، بل قد تكون أي رقم؛ مثلاً: لو أردنا اختيار قطر للنقطة وهو 0.5 ملم، فكم ســـيكون وزنها على الخريطة المحددة قبل قليل؟

إن مساحة النقطة التي يبلغ قطرها 0.5 ملم هو: (0,25) مربع × π = 0.1963 ملم^2. فإذا كان كل 1 ملم مربع على الخريطة يعادل 900 هكتار، فإن مساحة هذه النقطة على

الطبيعة ستكون: 0,1963 × 900 = 176.7 هكتار، وهو وزن النقطة المطلوب.

أما وزن النقطة التي يبلغ قطرها 1 ملم على هذه الخريطة فتُحسب كما يأتي:

مساحة النقطة على الخريطة: (0,5) مربع × π = 0,7854 ملم مربع، تعادل على الطبيعة 706,86 هكتار.

حساب حجم النقطة المئوية

تبين النقاط نسبة مئوية معينة على الخريطة، وليس بيانات مطلقة، إذا أردنا تطبيق ذلك على مساحة معينة مؤلفة من ستة أقاليم، يتوزع أعداد السكان فيها كما يأتي:

جدول (8): حساب حجم النقطة بوصفها نسبة مئوية

الأقاليم	أعداد السكان	النسبة المئوية
1	100000	% 22.2
2	70000	% 15.5
3	55500	% 12.3
4	134600	% 29.9
5	65000	% 14.4
6	25500	% 5.7
المجموع	**450600**	**% 100**

تُحسب النسبة المئوية لكل إقليم بتطبيق المعادلة الآتية:

(عدد السكان في الإقليم × 100) ÷ المجموع الكلي للسكان

ثم يجري اختيار وزن كمي للنقطة على أساس النسبة المئوية؛ مثلاً: 1 % يعادل نقطة واحدة، وفي هذه الحالة ستحتوي الخريطة 100 نقطة فقط، أو أن كل 1% يعادل 5 نقاط، ومن ثم تحتوي الخريطة 500 نقطة. المهم يجب أن تظهر الفروقات واضحة بين الأقاليم، والفروقات هنا مرتبطة بالعلاقة بين توزيع النسب الفعلية للمظاهر في كل إقليم، أي إن عدد النقاط على الخريطة في كل وحدة إدارية تعبر عن النسبة المئوية لسكان هذه الوحدة من المجموع العام.

توزيع النقاط Distribution of the Dot

بعد اختيار وزن النقطة وحساب مساحتها، ومعرفة عدد النقاط المناسبة، توزع النقاط على خريطة معدة لذلك؛ فمن وجهة النظر العلمية قد تكون الخريطة المثالية هنا هي الخريطة المرسومة بمقياس كبير، وبياناتها معروفة بحيث يُمكن تمثيل كل نقطة في مكانها الصحيح. لكن المألوف أن تكون الخرائط الخاصة بمقاييس صغيرة، لذلك تعد مشكلة توزيع النقاط أصعب من مشكلة وزن النقطة، ومساحتها، لذلك هناك طريقتين لتوزيع النقاط.

أولاً: طريقة التوزيع الهندسي للنقاط:

في هذه الطريقة توزع النقاط بالتساوي داخل مساحات الوحدات الإدارية، وهذا يعني توزيع المظهر الجغرافي بالتساو أيضاً، علماً أن المظاهر الجغرافية لا تتوزع بالتساوي في الطبيعة إلاّ بالمصادفة، أو بتدخل بشري صارم.

ويعتمد أسلوب التوزيع الهندسي للنقاط على نشر النقاط الخاصة بكل وحدة المساحة كاملة بحيث تكون المسافات بين النقاط متساوية، ولذلك تهيأ شبكة من الخطوط المتقاطعة عند تنفيذ الخريطة، وترسم النقاط على التقاطعات، بعد حساب دقيق للمسافات الفاصلة بين الخطوط، بحيث يُحصل على عدد من التقاطعات يعادل عدد النقاط الواجب وضعها في كل وحدة مساحية. وبلا شك فإن هذه الطريقة لا تبين أية فروقات في تركز المظاهر الجغرافية داخل الوحدة المساحية، ولا سيما إذا كان المظهر الجغرافي يتركز في مناطق ويتبعثر في مناطق أخرى. ولا تبين الأماكن الفعلية لانتشار المظاهر الجغرافية، فتعطي بذلك انطباعاً مشوهاً عن الانتشار. ولكن تزداد مصداقية هذه الطريقة من التوزيع كلما جرى الانتقال من الوحدات المساحية الكبرى إلى الوحدات الصغرى (من مستوى المحافظات إلى مستوى المناطق، وإلى مستوى النواحي) إذ إن التباين بين أجزاء الوحدات الصغرى يغدو أقل. ولكن المشكلة تبقى مستمرة إذا تضمنت الوحدات المساحية الصغيرة مناطق متباينة في احتوائها للظاهرة المرسومة، مثل: الوحدات التي تضم أراضي واقعة في وادٍ نهري في منطقة جافة، وأراضي أخرى مجاورة قاحلة، كما هي الحال في وادي النيل ووادي الفرات الأوسط.

وتتميز هذه الطريقة بأنها سهلة التنفيذ، وتُمكن من معرفة المقادير، ولا سيما في المناطق التي يكون انتشار الظاهرة فيها قليلاً.

هنا نجد أن الحدود الإدارية تُعد عنصـراً أسـاسـياً في هذا الطريقة، لكن تباين كثافة النقاط على طرفي الحدود يعبر عن مدى التضـليل في فهم طريقة انتشـار الظاهرة المرسـومة، وكأن الحدود لها دور في ارتفاع كثافة الظاهرة أو انخفاضـها، لكن الواقع يشـير إلى أن الحدود قلما تؤدي هذا الدور، لا سيما إذا كانت إدارية.

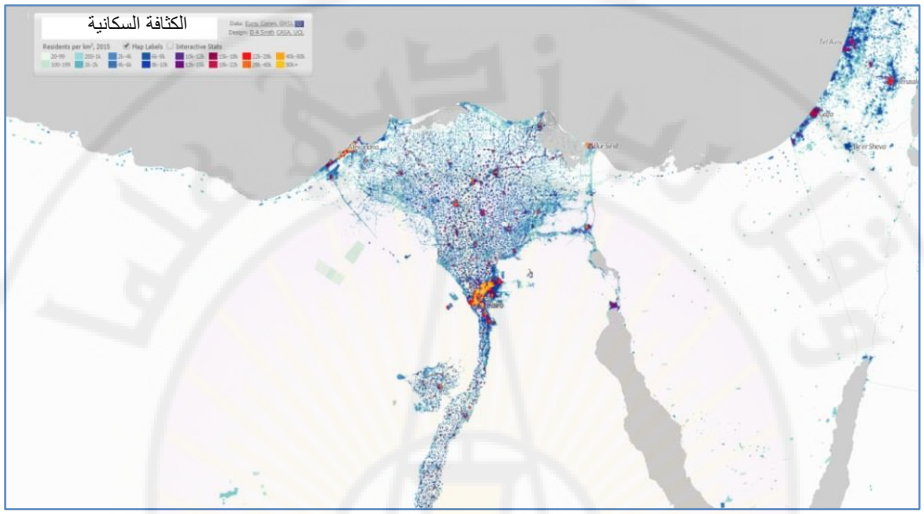


خريطة (22): توزع السكان حول العالم للعام 2016م

ثانياً: طريقة التوزيع الجغرافي:

المقصود بهذه الطريقة توزيع النقاط على الخريطة في المناطق الفعلية التي تنتشر فيها المظاهر الجغرافية، وليس توزيعها في المسـاحة كاملة، وتعتمد هذه الطريقة بالدرجة الأولى على معرفة واضع الخريطة بالمنطقة الجغرافية على نحو جيد، وتوافر مصادر مرجعية أخرى لتوضيح أماكن انتشار الظاهرة، كالصور الجوية، والخرائط الطبوغرافية، وخرائط خاصة أخرى، كخرائط استخدام الأرض، أو الخرائط الزراعية، أو غيرها... وتُوزع النقاط وفقاً لهذه الطريقة في المواقع الفعلية لانتشـار الظاهرة، كما يحدث عند تمثيل المراكز البشـرية الريفية، عند الاعتماد على خرائط تبين هذا الانتشار بدقة، وقد يُكتفى بتوزيع النقاط في المواقع التقريبية لانتشار الظاهرة. ولكن المشكلة الأسـاسـية في وضـع النقاط في المواقع الحقيقية لانتشـار الظاهرة هي إمكان اسـتيعاب نفس المنطقة لعدد النقاط الممثل للكمية الإجمالية، وهنا لا بد من العودة إلى قواعد اختيار وزن النقطة

وقطرها، وعلاقة ذلك بمقياس الخريطة. ولا بد أيضـــاً من اللجوء إلى طريقة الأوزان المختلفة للنقاط.



خريطة (23) توزع السكان في دلتا النيل

استعمال الأوزان المختلفة للنقاط:

يستدعي تمثيل مقادير مختلفة متمركزة في نقاط محددة من سطح الأرض، وتركز الظاهرة في مساحات ضيقة من سطح الأرض اللجوء إلى طريقة الأوزان المختلفة التي تُستعمل حصراً في حال اعتماد التوزيع الجغرافي للنقاط، إذ يُقســـم المقدار الإجمالي للظاهرة بين وزنين أو ثلاثة أوزان، وذلك بحســب تقدير واضــع الخريطة، ويُراعى في هذه الحالة التناســب بين أوزان النقاط وأقطارها؛ إذ تُوزع النقاط الكبيرة عادةً في مناطق ازدحام الظاهرة، وفي المواقع المنعزلة التي تضم مقداراً كبيراً متجمعاً (قرية كبيرة في منطقة قليلة السكان، مساحات زراعية مروية في واحة في منطقة جافة ...).

مثال: بلغ عدد سكان الأرياف في محافظة حمص 1200000 (افتراضـي)، ولأن السكان لا يتوزعون توزعاً منتظماً، بل يتوزع نصـــفهم في الجهة الغربية من حمص، وثلثهم بين حمص وحدود البادية، والباقي في البادية، فإنه يمكن أن نخصـــص للنقاط الكبيرة نحو نصـــف المقدار،

وليكن 600 ألف نسمة، وللنقاط المتوسطة ثلث النصف الثاني (200 ألف نسمة) والباقي للنقاط الصغيرة. ولكن توزيع هذه النقاط في الوحدة المساحية يجب ألاَ يكون فجائياً بحيث نستعمل النقاط الكبيرة أولاً في المناطق المكتظة، ثم ننتقل فجأة إلى النقاط المتوسطة فالصغيرة، بل يحدث كثيراً أن تتداخل النقاط الكبيرة والمتوسطة والصغيرة بعضها مع بعض، بنسب واضحة وترتيب منطقي، يناسب قدر المستطاع ترتيب توزع قيم الظاهرة في مناطق انتشارها. ولو اختيرت أوزان النقاط 10000، 5000، 2000، لكان عدد النقاط الكبيرة:

600000 ÷ 10000 = 60 نقطة، وعدد المتوسطة: 200000 ÷ 5000 = 40 نقطة، وعدد النقاط الصغيرة: 400000 ÷ 2000 = 200 نقطة

خصائص طريقة النقاط:

- تُعد النقاط من أكثر الرموز استعمالاً في وضع الخرائط، سوّاء أكانت خرائط لمظاهر طبيعية، أم بشرية، أم اقتصادية. إذ **تعبر النقاط عن نوع الظاهرة وتوزعها وكميتها.**
- تُعد من أدق طرائق رسم الخرائط من حيث إمكان تمثيل المقادير الكمية، والتعرف إلى هذه المقادير من تعداد النقاط على الخريطة ومعرفة وزنها.

السلبيات والصعوبات التي تعانيها طريقة النقاط:

- يستدعي وضع الخريطة بهذه الطريقة جهداً كبيراً، لا سيما عند اتباع طريقة التوزيع الجغرافي، وكثيراً ما يجد المبتدئون صعوبة في توزيع النقاط سواء أكان توزيعاً جغرافياً أم هندسياً، وينتج عن ذلك التحام النقاط بعضها مع بعض في المناطق المزدحمة أحياناً، نتيجة الخطأ في اختيار وزن النقاطة، أو اختيار مساحتها أو قطرها، ومن ثم يصعب عد النقاط ومعرفة مقادير الظاهرة، وتفقد الخريطة أهميتها الكمية.
- ربما لا تعطي خريطة النقاط التي استُعمل فيها التوزيع الجغرافي انطباعاً مرئياً صحيحاً، إذا كان عدد معين من النقاط في مساحة ما محاطاً بمنطقة أشد كثافة،

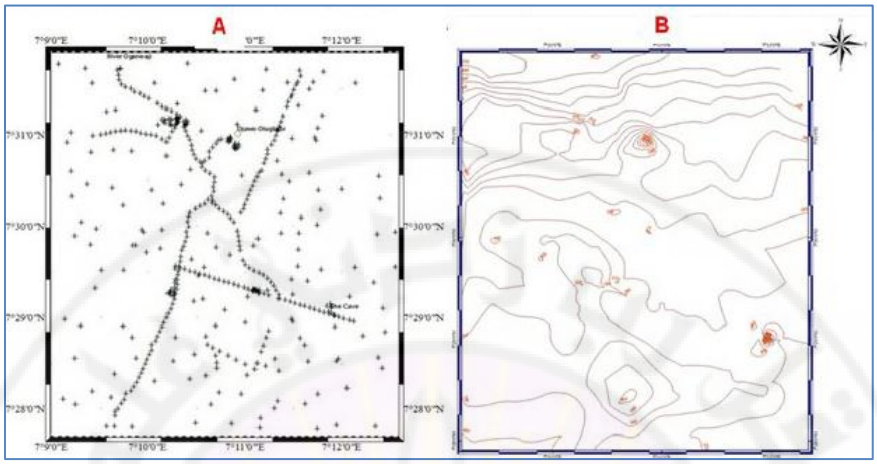
فإن الكثافة في هذه المســـاحة تبدو أقل مما تبدو عليه إذا كانت محاطة بمنطقة أقل كثافة، وتعد هذه الحالة، واحدةً من حالات الخداع البصري.

- عند توزيع النقاط توزيعاً هندســـياً فإن الانطباع الذي تعطيه كثافة النقاط في الوحدات المساحية، هو انطباع كاذب في معظم الأحيان، فضـلاً على أن التباين في الكثافة بين الوحدات المســـاحية المتجاورة لا يعني التغير المفاجئ في كثافة الظاهرة بين هاتين الوحدتين.

6-2-4- طريقة خطوط القيم المتساوية

تُعرَف **خطوط القيم المتساوية بأنها: الخطوط التي تصل بين النقاط التي لها نفس القيمة؛ أي إن جميع نقاط هذا الخط لها قيمة واحدة تتكرر في كل نقطة؛ مثلاً: خط الارتفاعات المتساوية يتكون من النقاط التي لها نفس الارتفاع، وخط الحرارة المتساوية الذي يتكون من النقاط المتجاورة لها نفس درجة الحرارة، وهكذا.**

ومما تقدم يبدو أن الخطوط ذات القيم المتساوية رموز تعبر عن ظواهر ذات انتشار مساحي عامة، ولكن مقدار الظاهرة أو نسبتها متغير، بحيث لا يمكن التعبير عن كل تغير برمز خاص؛ مثلاً: لا يمكن التعبير عن ارتفاع كل نقطة من نقاط سطح الأرض برقم خاص، ولكن يُختار عادةً نقاط سطح الأرض مجموعة تُمثل برموز نقطية ويوضع ارتفاعها عن سطح البحر إلى جانب هذه النقاط، ويُلجأ إلى رسم خطوط الارتفاعات المتساوية بفارق ثابت بين ارتفاع كل خط والخط الذي يليه **انظر الشكل (45)**، وينطبق نفس المثال على تباين كثافة ظاهرة ما مثل كثافة السكان، أو بالنسبة إلى ظاهرة مستمرة على سطح الأرض، مثل درجة حرارة الهواء، والضغط الجوي والرطوبة النسبية، وغيرها من عناصر الطقس.



شكل (45): خطوط القيم المتساوية

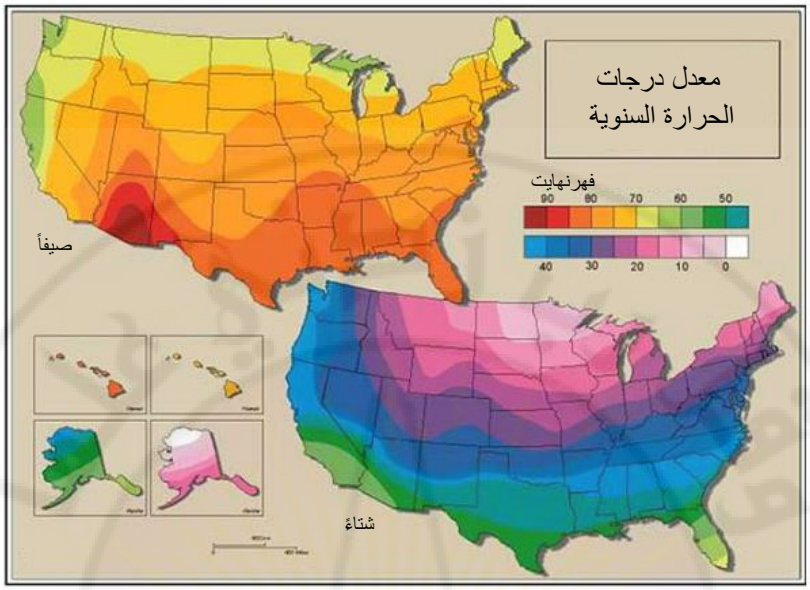
أنواع خطوط التساوي:

تذخر المراجع الأجنبية بدراسة هذا الموضوع، ولكل منها وجهة نظر خاصة بالنسبة إلى خطوط التســـاوي، ومع ذلك يمكن القول: إن هناك اتفاقاً بين الكارتوغرافيين على تمييز المصـــطلحات الآتية:

1-العدد المتســـاوي (Isarithm): هو الخط الذي يصـــل بين كل النقاط التي لها نفس القيمة العددية، وبعضهم يُفضل استخدام Isoline ليكون اسماً شاملاً لكل أنواع خطوط التساوي.

2-خطوط القيم المتســـاوية: التي تبين توزيع القيم الحقيقية المطلقة (قيم الارتفاع)، وتوزيع القيم المشتقة التي تكون عند نقطة ما (المتوسط الشهري لدرجة الحرارة) وتدعى Isometric lines، أو Isotherms خطوط الحرارة المتساوية، أو خطوط الضغط المتساوي Isobars وغيرها، وتوضع أيضاً خطوط الكثافة السكانية المتساوية Isopleths.

عند وضع خريطة بطريقة الخطوط ذات القيم المتساوية، سواء أكانت القيم المتوافرة مرتبطة بنقاط من سـطح الأرض (توزع درجات الحرارة) **انظر الخريطة (24)**، أم أن المظاهر تمثل مقادير نسبية مرتبطة بمساحة معينة: تمثيل كثافة مظهر من المظاهر الجغرافية أو نسبته، فإنه يُستخدم نفس الأسلوب تقريباً.



خريطة (24): معدل درجات الحرارة السنوية صيفاً وشتاءً في الولايات المتحدة الأميركية

<u>أولاً: خرائط القيم المتساوية لظواهر مرتبطة بسطح الأرض:</u>

مثال: وضـــع خريطة معدل كمية الهطل في محافظة طرطوس في الجمهورية العربية السورية)، لإنجاز هذه الخريطة يجب اتباع ما يأتي:

1-الحصول على معدل الهطل في محطات الرصد المختلفة في محافظة طرطوس.

2- إعداد خريطة أساس تحتوي مواقع محطات الرصد، ثم تسجيل معدل الهطل في كل محطة في موقع المحطة.

3-تحديد مقدار الفاصل الرأسي بين الخطوط، ومن ثم تحديد عدد الخطوط المطلوب رسمها، وتحديد الفرق بين المقادير التي تمثلها الخطوط، وذلك بحسب الغاية التي توضع من أجلها الخريطة أو ما يناسب مقياس الخريطة، وبحسب المقادير المتوفرة.

4- وصل مواقع محطات الرصد بعضها مع بعض بخطوط مستقيمة متقطعة.

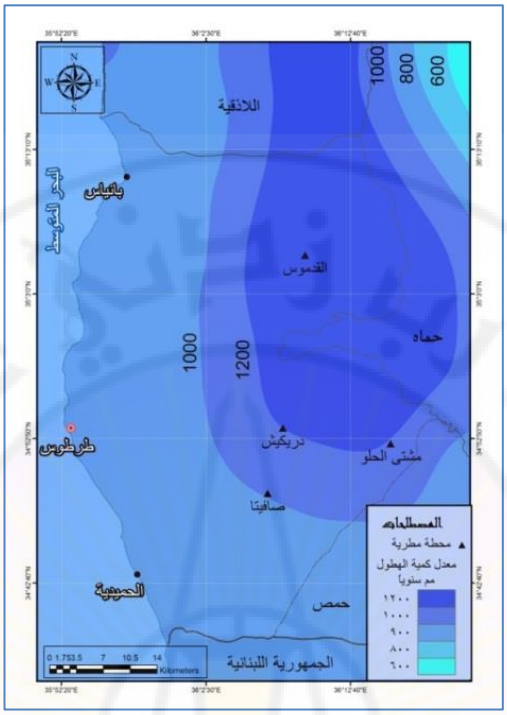
5-تحديد المواقع التي يمر بها كل خط من خطوط القيم المتساوية، اعتماداً على القيم المسجلة بجانب كل محطة من المحطات على تقدير أن تناقص القيم بين المحطات أو تزايدها يحدث بانتظام على طول المسافة الفاصلة بين المحطات، إلاّ في بعض الحالات التي يقدرها الباحث، ويكون فيها للعوامل المحلية الأخرى دورٌ في تغيير

انتظام التغير بين المحطات، مثل: أثر عامل التضاريس على التسريع بتناقص درجات الحرارة أو ارتفاع معدل الهطل.

6-وصـــل النقاط المتســـاوية في قيمة الهطل بعضـــها مع بعض على شـــكل خطوط منحنية متناغمة بعضـها مع بعض، مع ضـرورة ملاحظة أن رسـم الخطوط يفضـل أن يبدأ من خط توجد له قيم كثيرة تشير إليه على خريطة الأساس، ولا يُبدأ بالخطوط التي يكون لها قيمة واحدة معبرة عنها. ثم تُرســـم الخطوط التي لها دلالات كمية أقل على غرار الخطوط الأولى.

7-تلوين المناطق أو المســـاحات الموجودة بين الخطوط المتســـاوية أو تظليلها بتدرج لوني مناسب، ويمكن الاستعاضة عن تلوين المساحات ما بين الخطوط برسم الخطوط فقط، وتحديد قيمها بالأرقام فوق كل خط، مع ضـــرورة الانتباه إلى اختيار تدرج لوني مناسـب للظاهرة المرسـومة؛ فرسـم خريطة للأمطار يتطلب اختيار ألوان رطبة للمناطق غزيرة الأمطار، وألوان جافة للمناطق قليلة الأمطار **انظر الخريطة (25)**، كأن يُستخدم تدرجات الأزرق للمناطق الرطبة، والانتقال منها إلى الأخضر المصفر مروراً بالأخضر فالأصفر للمناطق الجافة. أما في خريطة خطوط الحرارة المتساوية فيجري اختيار ألوان باردة (تدرجات الأزرق للمناطق الباردة)، وألوانٍ دافئة أو حارة للمناطق الدافئة والحارة (صفراء، برتقالية) وهكذا.

8-وضـع مفتاح مناسـب للخريطة يتضـمن مسـاحات مسـتطيلة منتظمة تعبر كل واحدة منها عن القيمة الخاصة بالمساحات الفاصلة بين خطين متجاورين.



خريطة (25): معدل كمية الهطول (ملم/سنوياً) في محافظة طرطوس (2010-2016م)

ثانياً: وضع خرائط القيم المتساوية لكثافة السكان في منطقة ما

تُستعمل خطوط القيم المتساوية لوضع خرائط الكثافة السكانية Density maps، ولكن استعمال محدود، وذلك باتباع ما يأتي:

1-حساب كثافة السكان ضمن الوحدات الإدارية، ذلك بتقسيم عدد السكان في كل وحدة إدارية على مساحة الوحدة الإدارية.

2-إعداد خريطة عمل تحتوي حدود الوحدات الإدارية التي حُسب كثافاتها، وتُوضع نقطة استناد في الوسط الهندسي لكل وحدة إدارية.

3-وضع مقدار الكثافة في نقاطة الاستناد الخاصة بكل وحدة إدارية، ثم اتباع المراحل التي شُرحت مسبقاً سواء اختيار الفاصل الرأسي أو الرسم أو التظليل والتلوين.

4-يمكن اتباع طريقة أخرى أيضاً لوضع خرائط الكثافة بطريقة الخطوط ذات القيم المتساوية، وذلك بالاعتماد على شبكة من المربعات المتساوية التي تشمل كامل المساحة المرسومة، ثم حساب كثافة الظاهرة في كل مربع بتقسيم مقدار الظاهرة على مساحة المربع،

واعتماد مراكز هذه المربعات كنقاط استناد تُثبت فيها القيم الخاصة بهذه المربعات، ثم تُرسم الخطوط وفق الطريقة المعتادة. لكن لا بد من إعطاء الملحوظات حول استعمال هذه الطريقة، وهي؛ **أولاً: إظهار التباين الشديد بين قيم الكثافة للمربعات المتجاورة يؤدي إلى رسم خطوط تعبر عن جميع القيم الفاصلة بين القيمتين المتناقضتين المتجاورتين، ثانياً: إن اختيار أضلاع كبيرة للمربعات سوف يسهل رسم الخريطة، ولكنه يقلل من دقتها، والعكس صحيح فإن تصغير أضلاع المربعات يزيد من دقة الخريطة، ولكنه يؤدي إلى تباين كبير في قيم الكثافة للمربعات المتجاورة. وهذه الملحوظات تنطبق على الوحدات الإدارية وأخذ الكثافات على مستواها.**

مشكلات وضع خريطة خطوط القيم المتساوية:

يُواجه الكارتوغرافي بعض المشكلات في أثناء وضع خريطة القيم المتساوية، منها:

أولاً: موقع نقطة الاستناد (نقاطة المراقبة أو التحكم Control Point):

إن اختيار نقاطة الاستناد ليس صعباً عندما تعتمد الظاهرة على قيمة حقيقية أو قيم مشتقة في نقاط محددة؛ فموقع كل نقطة رصد هو موقع نقطة الاستناد أو نقطة تحكم كما هي الحال في خرائط التضاريس contour map، فنقاط الاستناد هي نقاط الارتفاع لكن الأمر يكون صعباً أكثر عند تمثيل مقادير إحصائية، فتُحدد قيمها المشتقة، كما في خريطة كثافة السكان، لأن البيانات تكون مشتقة من البيانات الإحصائية الخاصة بالتقسيمات الإدارية، أو من البيانات الخاصة بوحدات مساحية قياسية كالكيلومتر المربع أو الهكتار، إذ يمكن تغطية خريطة توزيع السكان بالنقاط الكمية بشبكة من المربعات، مساحة كل منها كيلومتر مربع واحد، تُحسب كثافته في كل مربع، ثم تُسجل هذه الكثافة في منتصفه فتصير نقطة استناد، وتُرسم على أساسها خطوط التساوي. هذا إذا عُدَ أن توزيع السكان منتظماً في المساحة، لأن موقع نقاطة الاستناد سيكون في مركز هذه المساحة، أما إذا كان التوزيع غير منتظم داخل الوحدة المساحية فيجب تحديد مركز للتوزيع غير المنتظم يُدعى مركز الثقل center of gravity، داخل الوحدة المساحية، وهذا يحتاج إلى جهود كبيرة تتلخص بما يأتي:

1. توزيع عدد السكان بطريقة النقاط الكمية داخل الوحدات المساحية توزيعاً جغرافياً.

2. يُرسم خط مستقيم (شمال – جنوب)، بحيث يقسم هذا الخط النقاط المنتشرة داخل الوحدة إلى قسمين متساويين.
3. يُرسم خط مستقيم آخر متعامد مع الخط الأول، ويقسم النقاط بالتساوي شمال وجنوب الخط، ومن ثم تكون نقطة تقاطع الخطين هي أقرب نقاطة إلى مركز الثقل السكاني، وتُعد نقطة الاستناد في الوحدة المساحية.
4. تُرسم خطوط التساوي بنفس الطرائق السابقة.

ثانياً: تحديد الفاصل الرأسي بين الخطوط:

تُعد مشكلة اختيار الفاصل الرأسي بين خطوط التساويIsarithmic interval من أهم المشكلات التي يواجهها واضع هذا النوع من الخرائط، عادةً يكون من السهل رسم الخطوط بفاصل رأسي ثابت ولا سيما في خرائط التضاريس وخرائط المناخ، ولكن المشكلة أعقد في كثير من الأحيان حين يكون هناك تفاوتٌ بين القيم الإحصائية، ولا سيما عندما يكون المطلوب تمثيل المظاهر البشرية، لأنه قد يُصادف تغيرات فجائية بلا تدرج بين القيم، أي قد تختفي القيم المتوسطة نهائياً، فضلاً على ذلك قد نجد تفاوتاً كبيراً بين القيم الكبيرة والصغيرة، ومن ثم فإن اختيار فاصل ثابت يُعد أمراً غير مرغوب فيه. وقد قدم روبنسون حلاً لهذه المشكلة، وهو: رسم منحنى تكراري متجمع للقيم الإحصائية الموجودة لدينا، يساعد في اختيار الفاصل الرأسي.

يمكن توضيح ذلك في المثال الآتي. وهو رسم خريطة لكثافة السكان في مدينة الدوحة، لكي نرسم هذه الخريطة يجب تنفيذ الإجراءات الآتية:

- إعداد خريطة أساس للمدينة تحتوي الحدود الإدارية، ثم الحصول على بيانات للكثافة السكانية في الكيلومتر المربع الواحد في كل قسم، ومن ثم نحصل أيضاً على مساحة كل قسم بالكيلومتر المربع.
- تمثيل قيم الكثافة السكانية على الخريطة بطريقة من الطرائق المعروفة، ولتكن طريقة النقاط.
- ترتيب البيانات الخاصة بكثافة السكان والمساحة في كل قسم إداري، وأيضاً المساحة المتجمعة، بحيث تُرتب الأقسام

رسم منحني تكراري متجمع من هذه البيانات على ورقة مليمترية على محورين ص،ع بحيث تكون قيم الكثافة السكانية على المحور الرأسي، وقيم المساحة المتجمعة على المحور الأفقي، ثم يُرسم المنحنى التكراري على شكل خط بياني، ثم يُحلل شكل هذا المنحني، من حيث

الانحناءات، وبعد ذلك يُحدد الفاصـــل الرأســـي، وهناك ثلاث طرائق لتحديده بمســـاعدة هذا المنحني، وهي:

1. تقسيم قيم الكثافة إلى أقسام متساوية.
2. تقسيم قيم المساحة المتجمعة إلى أقسام متساوية.
3. تقسيم قيم الكثافة على المنحني إلى قطاعات أو أجزاء من الانحدار المنتظم.

ولكل طريقة من هذه الطرائق إيجابياتها وسلبياتها، ولا تصلح أي منها لكل الحالات، الأولى منها تسـمح بسـهولة المقارنة، والثانية توزع البيانات توزعاً متسـاوياً على الخريطة، ولكنها تفتقر إلى خاصـية المقارنة، والثالثة تقدم تفاصـيل الاختلافات المحلية، ولكنها تفتقر إلى خاصـتي: المقارنة والتوزيع المتساوي.

المهم إذا كان المنحني التكراري متدرجاً بانتظام، فيمكن اختيار فاصـل رأسـي حسـابي منتظم بين الخطوط، أما إذا كان المنحني يحتوي كثيراً من الانحناءات الشـديدة، فيجب أخذ هذه الانحناءات بالحسبان، ويمكن اختيار فاصل متدرج. لذلك يتعلق اختيار الفاصل الرأسي بين الخطوط بعوامل أساسية عدة، وهي:

- الفرق بين أعلى قيمة وأدنى قيمة للمظاهر المراد تمثيلها.
- مقياس الخريطة: إذ يصـغر الفاصـل الرأسـي كلما صـغر مقياس الخريطة، ويكبر كلما كبر المقياس.
- نوعية البيانات الإحصائية.

تُعد خرائط الخطوط ذات القيم المتسـاوية من الخرائط الصـعبة في مرحلة الوضـع، ولكنها سـهلة الفهم والاســـتعمال، وتُعبر تعبيراً جيداً عن المظاهر الممثلة ســـواء أكانت مظاهر أرضـــية كالتضاريس، أم جوية كعناصر المناخ والطقس، أم بشرية كالكثافات السكانية.

6-2-5- طريقة خطوط الحركة (Dynamic Symbols):

رموز الحركة: هي الرموز التي تُعبر عن المظـاهر المتحركـة أو المنقولـة، ســـواء أكـانت هذه الحركة على مســارات خطية محددة ســلفاً كطرق المواصــلات والســكك الحديدية، أم كانت في أنـابيب نقل النفط والغاز، أم في المجاري المائيـة، وفي مســـارات الطيران والخطوط البحريـة المعروفة، أو كانت حركة عريضـــة النطاق بلا مســارات مســبقة، كحركة الجيوش على جبهات القتال، وهجرة الطيور والحيوانات في مســارات عريضـــة في أثناء انتقالها الموســمي، ومســارات

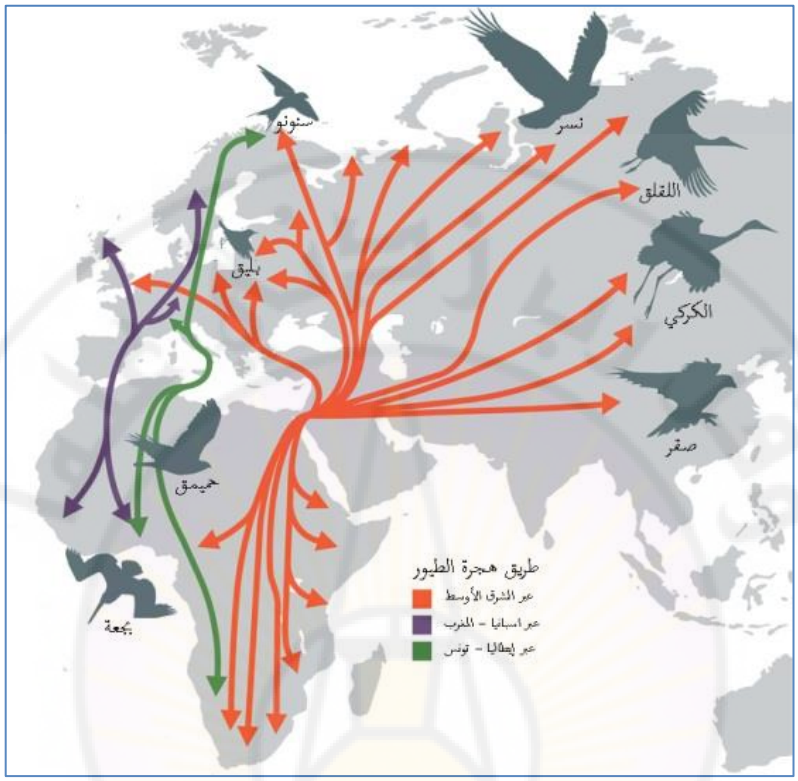
ضـــيقة النطاق كحركة الرحالة على اليابس أو في عرض البحار، متنقلين من مكان مجهول إلى آخر. ولا بد عند الحديث عن هذه الرموز من تمييز نوعين رئيسين:

المظاهر المتحركة بنفسها: كالطيور المهاجرة، والطائرات والسيارات والقطارات.

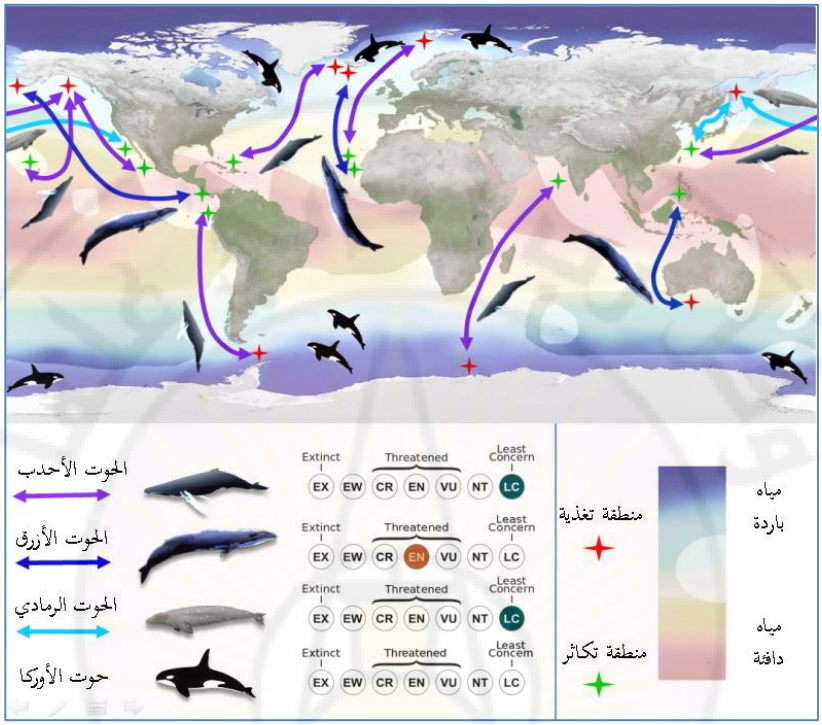
والمظاهر المنقولة بآليات النقل: كالركاب والبضـــائع في وســـائط النقل المختلفة، والنفط والغاز والماء التي تضخ في الأنابيب، والتيار الكهربائي والمكالمات الهاتفية التي تمر في الأسلاك.

أشكال رموز الحركة:

يتطلب تمثيل المظاهر المتحركة والمنقولة المختلفة، استعمال أشكال مختلفة من الرموز، ويتطلب أيضـــاً إظهار المعطيات الكمية والنوعية لهذه المظاهر، وأشـــكالاً وأســـاليب مختلفة من التمثيل الكارتوغرافي أيضـــاً. وانطلاقاً مما تقدم نجد أن تمثيل المظاهر المنقولة على طرق المواصـــلات يتطلب اســـتخدام رموز ترتبط بهذه الطرق للدلالة على أن النقل حدث على هذه المســـارات، فتُســـتعمل في هذه الحالة رموز تُدعى **الأشـــرطة**، ولكن عند تمثيل هجرة الطيور، فإن تحديد المسار الدقيق يكون صعباً لا سيما أن السراب المنتمية إلى نفس النوع تستعمل مسارات متقاربة، وأحياناً متباعدة، ولذلك فإن اختيار نمط من **الأسـهم** القصـيرة يعبر تعبيراً أفضـل عن هذه الهجرة **انظر الخريطة (26)**، وهذا ينطبق أيضـاً على حركة التيارات البحرية، وهجرة الأسـماك والحيتان **خريطة (27)**، وغير ذلك. أما تمثيل ظواهر كمسار طائرة في رحلتها من بلد إلى آخر، أو مسار سـفينة من مرفأ بحري إلى آخر ســالكة مســاراً معيناً فمن الأفضــل أن يجري بخط يُطابق هذا المسار المحدد أو غير المحدد سلفاً، وتدعى الخطوط المستخدمة في هذه الحالة **خطوط الحركة**.



خريطة (26): هجرة الطيور



خريطة (27): هجرة الحيتان حول العالم

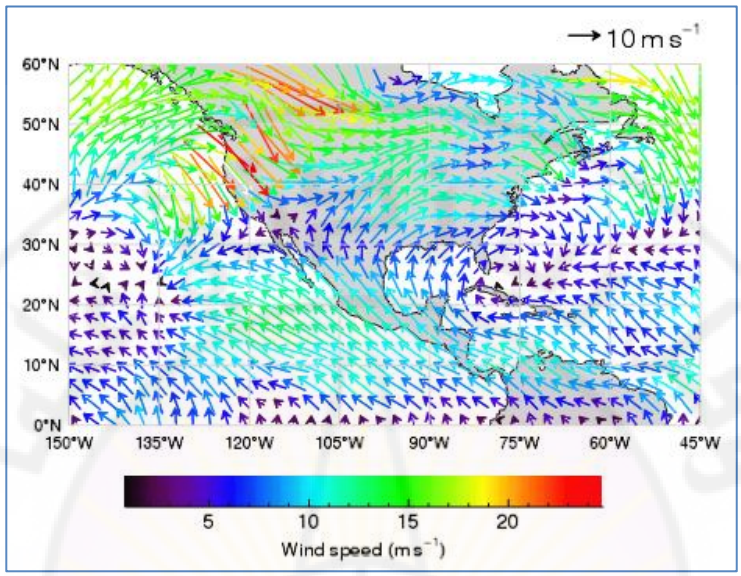
الصفات النوعية والكمية التي تعبر عنها رموز الحركة:

تُعبر هذه الرموز –كما كل الرموز– عن **نوع الظاهرة**، ويأتي هذا التعبير إما من خلال شكل الرمز وإما من خلال لونه، وتعبر هذه الرموز أيضاً عن **اتجاه الحركة**، وتعد هذه الخاصية الصفة الأساسية التي تميز رموز الحركة من سواها من طرائق التمثيل الكارتوغرافي، حيث ينتهي كل رمز من رموز الحركة عادةً برأس سهم، أو يرافق رمز الحركة غير الموجه سهم ليعبر عن اتجاه الحركة. وتعبر رموز الحركة أيضاً عن **مسار الحركة** من خلال ارتباط الرموز بمسار محدد سلفاً كطرق المواصلات، أو من خلال مجموعة الرموز (الأسهم مثلاً) التي يبدأ رسمها من مكان انطلاق حركة الظاهرة، وينتهي رسمها عند مكان توقفها، أو بداية حركتها الجديدة، لكن بعض رموز الحركة تكتفي بالإشارة فقط إلى مكان انطلاق الظاهرة ومكان وصولها من دون الاهتمام بمسارها، عندما لا يكون إظهار هذا المسار مهماً بالنسبة إلى مستخدم الخريطة، مثل:

خطوط الحركة التي تشـــير إلى رحلات الطيران بين المطارات، فغالباً ما يُكتفى برســـم خطوط مسـتقيمة أو منكسـرة تصـل بين مطار الانطلاق ومطار المقصـد **انظر الخريطة (28)**، عندما توضـــع الخرائط للزبائن في مكاتب الطيران، ولكن هذا المســـار يُحدد بدقة على خرائط الملاحة الجوية التي يزود بها الطيارون الذين يقودون الرحلات الجوية. وقد تُعبر رموز الحركة أيضاً عن **كمية الظاهرة**، وذلك من خلال الربط بين عرض الرمز ومقدار الظاهرة، وسـنجد ذلك في طريقة الأشـرطة، وقد يُسـتعاض عن الكمية بالشـدة أو التكرار كما هي الحال بالنسـبة إلى لأسـهم التي تعبر عن شـــدة الرياح **انظر الخريطة (29)**، وتكرار حدوثها بحســـب اتجاه هبوبها. وأخيراً فإن رموز الحركة يمكن أن تعبر عن **تركيب الظاهرة**، كما هي الحال في الأشـــرطة التي تبين أنواع المواد المنقولة على مسار معين من مسارات الحركة.



خريطة (28): رحلات الطيران بين المطارات 2010م



خريطة (29): سرعة الرياح

أولاً: الأسهم:

تُستعمل هذه الرموز في تمثيل المظاهر التي تتحرك بنفسها، كحركة الرياح أو التيارات البحرية، وهجرات الطيور والحيوانات البحرية وغيرها. يمكن من خلال هذه الرموز أن تُبين اتجاه الحركة والمسافة التي تقطعها، واتجاه الحركة. فمن خلال اتجاه السهم نتعرف على اتجاه الحركة؛ ومن خلال عرض السهم نتعرف على سرعة الحركة، أما طول السهم فيدل على استمرارية الحركة أو ديمومتها أومرات تكرارها، ويمكن إظهار نوع الظاهرة المتحركة من خلال لون السهم أو شكله. و**الشكل (46)** يبين بعض أشكال رسم الأسهم.



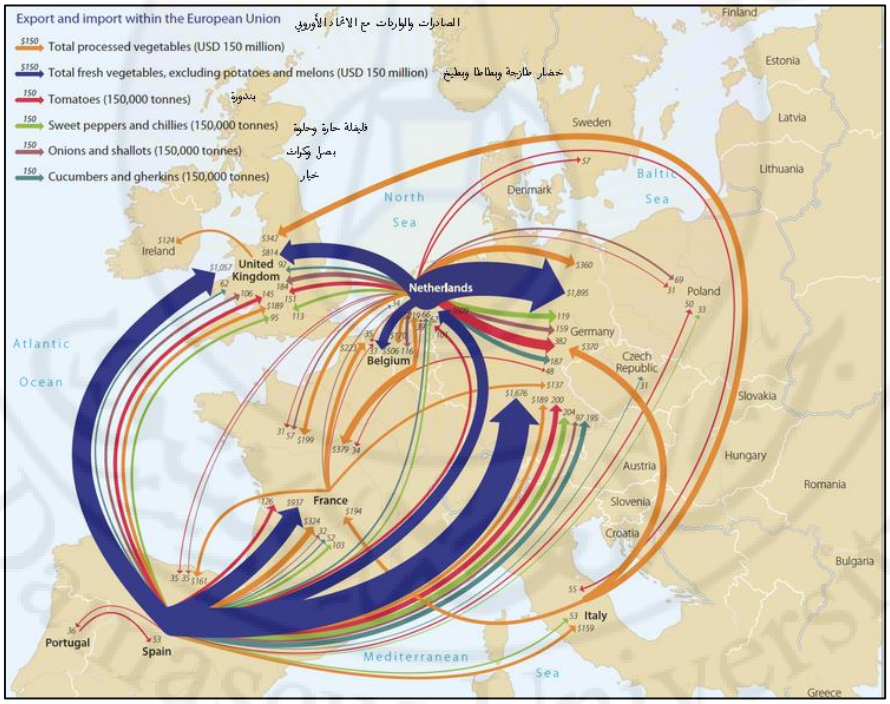
شكل (46): بعض أشكال رسم الأسهم في الخرائط

أما عند استخدام الأسهم في تمثيل هجرة السكان فإن عرض السهم يعبر عن مقدار كمي للظاهرة المراد تمثيلها، أو يعبر عن تغيرات الظاهرة في فترات زمنية مختلفة.

طريقة رسم الأسهم:

لوضـــع خريطة تبين هجرة السـكان بين المدن لا بد من توافر الإحصـــاءات التي تدل على عدد السـكان الذين يهاجرون من منطقة إلى أخرى، ثم يُحسـب عرض السـهم من خلال تقسـيم العدد على عدد أســاســـي (يكون عدداً مدوراً ويعادل عرضـــاً معيناً من عرض الســـهم 1مم مثلاً لكل 1000 مهاجر)، ثم يُرسم السهم بحيث تبين بداية السهم مقدار الظاهرة المراد تمثيلها.

ويمكن تطبيق نفس الطريقة على كمية البضـــائع المنقولة. **انظر الخريطة (30)** التي توضـــح صادرات إسبانيا وارداتها من الخضار إلى دول الاتحاد الأوربي الأخرى.



خريطة (30): صادرات إسبانيا من الخضار وارداتها إلى دول الاتحاد الأوربي الأخرى

ثانياً: الأشرطة:

تُستخدم الأشرطة لتمثيل المقادير الكمية للظاهرة المنقولة من مكان إلى آخر، قد تكون مظاهر منقولة باتجاه واحد كحركة نقل النفط الخام في أنابيب النفط، أو مظاهر منقولة باتجاهين، كحركة ذهاب وإياب، أو حركة تصدير واستيراد كحركة نقل المنتجات الصناعية وحركة نقل الركاب وغيرها.

وتُعد الأشرطة التي تبين مقادير الظاهرة المنقولة باتجاه واحد أبسط الأشرطة وتُدعى: الأشرطة البسيطة أو الأحادية، أما الأشرطة التي تبين مقادير الظاهرة المنقولة باتجاهين أو تبين بالإضافة إلى ذلك تركيب الظاهرة (تنوع المواد المنقولة) فتُدعى بالأشرطة المركبة.

- **الأشرطة البسيطة (الأحادية):**

يُقصد بهذا النوع أن الحركة أحادية الاتجاه، من الداخل إلى الخارج، أو العكس من المكان أو إليه، أو أن المقادير المتحركة المراد تمثيلها غير معروفة الاتجاه؛ في هذه الحالة يُرسم الشريط على طرفي محاور انتقال الظاهرة. ولتمثيل هذا النوع من الخرائط لا بد من الإجراءات الآتية:

1. الحصول على خريطة أساس تبين أماكن انتقال الظاهرة أو طرقها ولتكن طرق المواصلات.
2. الحصول على الإحصاءات التي تبين مقادير الظاهرة المتنقلة.
3. معرفة أصغر القيم وأكبر القيم بعد ترتيب الإحصاءات، وذلك لمعرفة المدلول الكمي الذي نستخدمه لمعرفة عرض الشريط.
4. اختيار العدد الأولي (ما يمثله كل ميليمتر من عرض الشريط) بحسب مقدار المظاهر، ومقياس الخريطة ويجب أن يكون رقماً مدوراً، ويعادل قيمة معينة من عرض الشريط، وليكن 1ملم لكل 5000 طن مثلاً: إذا كانت المظاهر المتحركة سلعاً صناعية أو زراعية. وهناك طريقتان لاختيار العدد الأولي أو المدلول:

الطريقة الأولى: تفترض عدداً أولياً مدوراً يؤدي إلى رسم أشرطة متناسبة في عرضها مع مقياس الخريطة، ولا يُوصل عادةً إلى الرقم المناسب من المحاولة الأولى، بل يستدعي ذلك التجريب العدد الأولي المفترض مع المقادير الخاصة بالمسارات ذات القيم العظمى وذات القيم الصغرى.

الطريقة الثانية: تعتمد على تحديد عرض أعظمي لأكبر المقادير المنقولة على المسارات، يتناسب ومقياس الخريطة، ثم تقسيم المقدار الأعظمي لهذا المسار على عرض الشريط، فيُحصل على

العدد الأولي، الذي لا يكون رقماً مدوراً في هذه الحالة، ولذلك يُقرَب العدد الناتج إلى أقرب عدد مدور، ويؤخذ على أنه العدد الأولي.

مراحل رسم الأشرطة:

1-اختيار عدد أولي (مدلول) مناسب لتمثيل المقادير بشكل مطلق، أو لتمثيل المقادير بشكل متدرج بتقسيمها إلى فئات، وذلك بحسب طبيعة المعطيات.

2-حساب عرض الشريط على كل مسار، وذلك من خلال تقسيم مقدار الظاهرة على العدد الأولي. إذا كانت المقادير المنقولة بين نقاطتين A، B هي 50000 طن فإن عرض الشريط = 50000 ÷ 5000 =10 مم

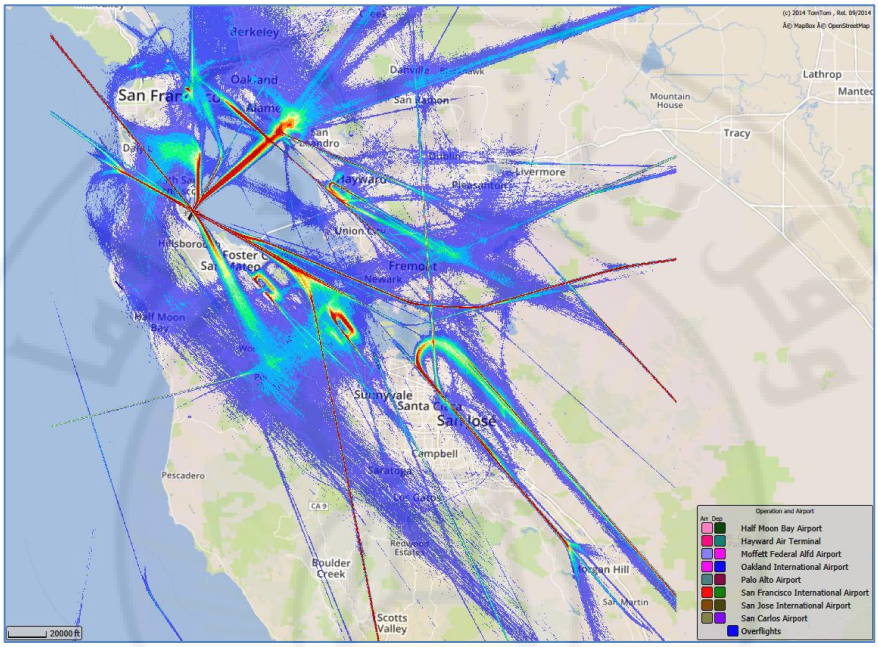
3-رسم الشريط على المسارات، على أن يكون محور الانتقال بين النقاطتين منصفاً للشريط، ويُرسم الشريط باستخدام الفرجار بحيث يُفتح بمقدار 5 مم أي نصف عرض الشريط، ويوضع الرأس المعدني على محور الانتقال والرأس الآخر يرسم الشريط على طول الخط، وبالطريقة نفسها يتم رسم الجزء الآخر من الشريط على الطرف الآخر، ويُرسم على طرف الشريط سهم يبين اتجاه الحركة.

4-رسم المفتاح لتوضيح المقادير المنقولة.

الأشرطة المركبة:

هي رموز تُستخدم لإظهار مقادير الظاهرة المتحركة في اتجاهين مختلفين بين موقعين أو أكثر، وذلك من خلال تغير عرض الشريط؛ مثلاً: حركة انتقال السلع بين موقعين ذهاباً وإياباً، في هذه الحالة تُمثَل مقادير المظاهر المنقولة في حركة الذهاب على يمين الطريق، وفي حركة الإياب على يسار الطريق، هذه الطريقة تظهر مقدار الظاهرة في حركتي الذهاب والإياب، وتغير

المقادير بين مكان وآخر، أو نقاطة وأخرى. **انظر الخريطة (32)** التي توضـــح الكثافة المرورية بين المطارات في الولايات المتحدة الأميركية للعام 2014م بطريقة الأشرطة المركبة.



خريطة (31): الكثافة المرورية بين المطارات في الولايات المتحدة الأميركية للعام 2014م بطريقة الأشرطة المركبة

طريقة وضع الأشرطة المركبة

نظراً إلى أن الأشـــرطة المركبة تبين مقادير المظاهر المنقولة وأنواعها واتجاهاتها بين نقاطة وأخرى يجب توافر ما يأتي لوضع خريطة الأشرطة المركبة:

- خريطة أســـاس تظهر محاور الانتقال التي يُراد تمثيل الحركة عليها، على أن تحتوي هذه الخريطة مراكز المناطق، أو المدن إذا كانت المظاهر المنقولة بين المدن؛ مثلاً: حركة النقل الركاب بين بعض المدن السورية، **جدول (9)**
- الحصول على إحصاءات تبين عدد الركاب المنقولين بين هذه المدن.

جدول (9): حساب عرض الشريط المطلوب لتمثيل عدد الركاب ذهاباً وإياباً

المدينة	عدد الركاب /ذهاب	عدد الركاب /إياب	المجموع	عرض الشريط
دمشق–حلب	83265	83579	166844	83
دمشق القامشلي	7455	7166	14621	7
دمشق–اللاذقية	1015	1001	2016	1
دمشق–دير الزور	541	193	734	0.5
المجموع	778144	710118	184215	

- الحصول على المجموع الكلي للمغادرين، والقادمين.
- اختيار عدد أولي مناسب يعادل مقداراً معيناً من عرض الشريط مثلاً: 1 ملم من عرض الشريط يعادل 3000 راكب.
- الحصول على عرض الشريط من خلال تقسيم عدد الركاب على العدد الأولي على كل محور، ومن ثم سيكون عرض الشريط كما هو موضح في الجدول السابق.
- رسم خطوط بين الدوائر التي تمثل المدن على الخريطة (هنا حالة خاصة من الأشرطة، ويمكن الاستعاضة عن الخطوط المستقيمة بطرق المواصلات التي استُخدمت في النقل، وجعل الأشرطة على يمين هذه الطرق ويسارها).
- يُطبق العدد الأولي على الخطوط بعرض يتغير بتغير قيم الظاهرة (عدد الركاب).
- يوضع المفتاح بحيث يضم الشريط، وأحجام الدوائر.

وتأخذ الأشرطة المركبة في كثير من الأحيان أشكالاً أعقد مما في المثال السابق، فالجداول الإحصائية التي تعُبر عن حركة النقل بين المواقع المختلفة تكون أكثر تشابكاً وتعدداً، والمظاهر المنقولة أكثر تنوعاً، كأن تتضمن المعطيات المواد الزراعية والصناعية ومواد البناء والمحروقات المنقولة بين مراكز المحافظات السورية كلها؛ ففي هذه الحالة لا بد من حساب أنواع المواد المنقولة وكمياتها على كل مسار، مع الأخذ بالحسبان أن المسار الواحد يمكن أن يُقسم إلى مجموعة بحسب وجود تفرعات الطرق التي تغير اتجاه الحركة وكمية المواد المنقولة، ومثلاً: إن

البضـــائع المنقولة من دمشـــق إلى حلب تلتقي عند حمص مع المواد القادمة من طرطوس إلى حلب، وتلتقي عند حماة مع المواد المنقولة من حماة إلى حلب، وتلتقي عند سراقب (نقاطة تلاقي طريق دمشـق حلب مع طريق حلب اللاذقية) مع المواد المنقولة من اللاذقية إلى حلب، ما يؤدي إلى زيـادة تراكمية للمواد المنقولـة باتجـاه حلب، ولكن يحدث تنـاقص في نفس الوقت في كميـة البضـائع بهذا الاتجاه لأن المسار نفسـه يستخدم لنقل بضـائع إلى مدن أخرى تقع قبل حلب مثل حمص وطرطوس وحماة وإدلب، وعلى واضـــع الخريطة أن يحدد الكميات المنقولة على كل جزء من المسار، بحسب نوعها قبل أن يبدأ اختيار العدد الأولي ويرسم الأشرطة على جانبي الطريق.

ثالثاً: خطوط الحركة:

وهي خطوط مسـتقيمة أو انسـيابية Flow lines قد تكون مسـتمرة أو متقطعة، على شـكل حزم متجمعة من الخطوط المتوازية أو المتقاربة أو خطوط مفردة، تُســـتخدم في إظهار حركة الظاهرة المتحركـة، واتجـاهها مقدارها، ونوعها أيضـــاً؛ ومن خلال عدد الخطوط يمكن معرفـة مقدار الظاهرة، وشـكل الخط أو لونه يدل على نوع الظاهرة، أما اتجاه الظاهرة فيُسـتدل عليه من خلال أســـهم صـــغيرة تُرســـم إلى جانب الخط تبين الاتجاه. إذا أردنا تمثيل ظاهرة متحركة مقدارها 10000 طن من الســلع الغذائية، يمكن رســم 10 خطوط متوازية على شــكل حزمة، كل خط يعادل 1000 طن. أثناء تقســيم المقادير على المدلول الكمي، يبقى باق لذلك يتم اللجوء لعملية التقريب إذا كان مقدار الظاهرة مثلاً9700 طن يكون الكسـر المتبقي أكثر من النصـف وبالتالي تُعتبر الكمية 10000 طن وتُمثل ب 10 خطوط. أما لو كانت الكمية المراد تمثيلها 9200 طن فإن الكســر أقل من النصــف وبالتالي تُقرب إلى 9000 وتُرســم 9 خطوط. أو أن يتم اختيار المدلول الكمي على شــكل خط بثخانة معينة ولتكن 0,5 مم تعادل 1000 طن، ثم يتم تقســيم مقدار الظاهرة المنقولة على كل طريق أو بين المناطق على العدد الأولي، فنحصـــل على عدد الخطوط المطلوب رسمها في الخريطة على شكل خطوط، ثم تُرسم على شكل خطوط منحنية أو مستقيمة، متوازية أو متقاربة وعلى أبعاد ثابتة فيما بينها، ما يعطيها شكل حزم تصل بين المدن أو بين المناطق المختلفة تختلف أعداد خطوطها باختلاف مقادير الظاهرة المرسومة.

ومع سهولة تمثيل خطوط الحركة لكنها تعاني من بعض المشكلات؛ أهمها:

- ثخانة الخط المراد تمثيله، الذي يرتبط بالعدد الأولي أولاً ومقدار الظاهرة المتحركة ثانياً، وعدد الخطوط الممكن رسمها على الخريطة، ومقياس الخريطة.
- اختيار العدد الأولي الذي يرتبط بمقدار الظاهرة المنقولة أولاً، والفرق بين أصغر قيمة للمقادير وأعلاها، بالإضافة إلى مقياس الخريطة ثانياً.

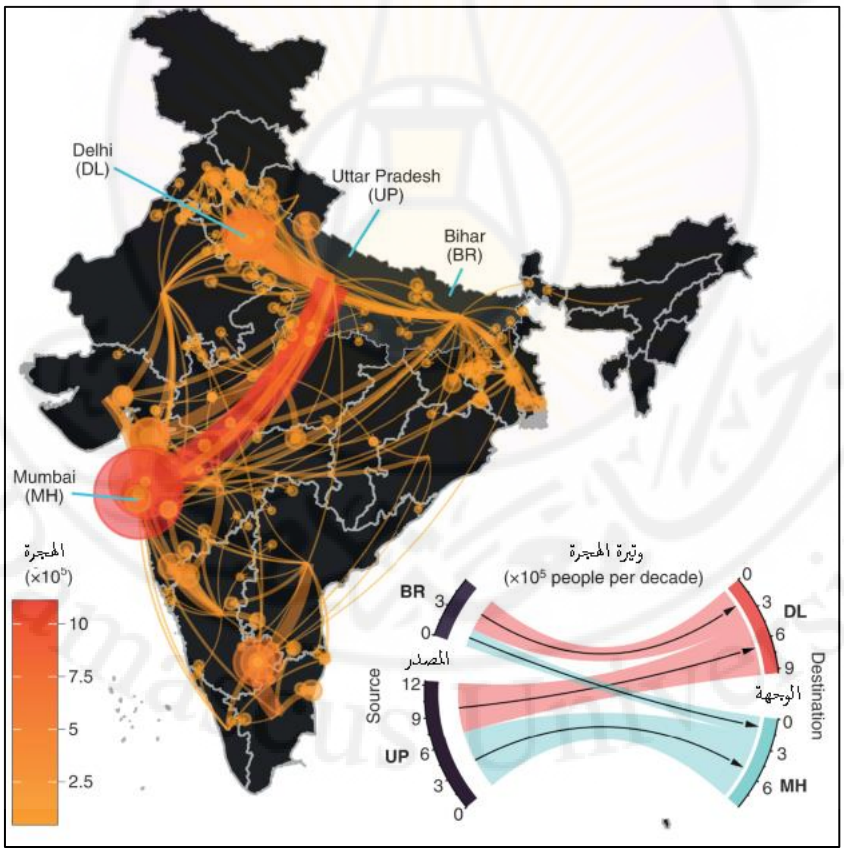
مثال خرائط الهجرة:

في خرائط الهجرة يجب أن تكون الخطوط الانسيابية على شكل أسهم تبين اتجاه الهجرة، وليس من الضروري أن يتبع السهم الطرق الرئيسة المؤدية للهجرة، ولكن المهم معرفة مكان الميلاد ومكان الإقامة الحالي للمهاجرين، ثم ربط ذلك بسهم يختلف عرضه بحسب عدد المهاجرين، ويمكن الحصول على عدد المهاجرين من الجداول الإحصائية، فلكل محافظة في سورية سجلات للسكان بحسب مكان الولادة، إذا كان المطلوب تمثيل صافي الهجرة إلى مدينة مومباي في الهند مثلاً يجب الحصول على تعداد سكان مدينة مومباي من سجلات تعداد السكان، ثم يجب معرفة عدد السكان المهاجرين إلى مدينة مومباي من كل مدينة من جداول توزيع السكان بحسب مكان الولادة، ثم يجب البحث في سجلات التعداد الخاصة بكل مدينة، للحصول على عدد السكان المولودين في مومباي (أي: هاجر من مومباي إلى هذه المدينة)، ثم يُحسب الفرق بين ما تقدمه كل مدينة إلى مومباي، وما تقدمه مومباي إلى كل مدينة على حدة، وبذلك يمكن معرفة صافي الهجرة إلى مومباي، وبعد ذلك يتم تحويل صافي الهجرة إلى خطوط حركة بين المدن وبين مومباي مع رسم سهم نحو مومباي لكل خط يمثل مدينة تكسب منها مومباي عدداً من المهاجرين. وتدعى هذه الخرائط: خرائط خطوط الحركة البسيطة. أما خرائط خطوط الحركة المركبة فتحتوي أسهم خطوط الهجرة من عدة محافظات وإليها. لتمثيل هذا النوع من الخرائط نتبع الخطوات الآتية:

- تُرسم دوائر في كل مدينة (داخل الحدود الإدارية) تمثل عدد سكانها الإجمالي.
- معرفة صافي الهجرة في كل مدينة مع المدن الأخرى.
- يتم رسم أسهم عادية من المدن المختلفة وإليها، يكتب عليها الأعداد الحقيقية للهجرة المكتسبة.
- حساب مجموع ما تقدمه كل مدينة إلى المدن الأخرى، ومجموع ما تأخذه من المدن الأخرى، ثم حساب الفرق بينهما كي نعرف هل تكسب المحافظة

مهاجرين أم تخسر (أي: صافي كل عمليات الهجرة بالنسبة لكل مدينة). إذا كانت المدينة تكسب، يُحوَل عدد ما تكسبه من مهاجرين إلى نسبة مئوية (بحسب العدد الكلي لسكان المدينة)، ويُمثَل على الدائرة المرسومة على شكل قطاع من الدائرة المرسومة في المدينة يُلوَن بالأسود مثلاً. أما إذا خسرت المدينة مهاجرين، يُمثل صافي الهجرة على شكل نسبة مئوية بقطاع من دائرة المدينة التي تخسر مهاجرين، ويترك بلا تلوين. ولا بد من الإشارة هنا إلى أن الدوائر لا تدخل في إطار خطوط الحركة بل تكملها، وهي بطبيعة الحال رموز دياغرامية إذا ارتبطت بالوحدات الإدارية، ورموز موضعية حرة إذا ارتبطت بمراكز بشرية، وعبرت عن عدد السكان أو المهاجرين من كل منها.

انظر الخريطة (32)



خريطة (32): خطوط حركة الهجرة من الهند وإليها

ولا بد من توضـــيح فكرة أخرى متعلقة بخطوط الحركة، مفادها أن هذه الخطوط قد تكون مفردة، ولا تعبر عن مقدار الظاهرة، أو تكون متعرجة تعبر عن المسار الحقيقي أو التقريبي للظاهرة المتحركة، مثلاً: إظهار الطريق الذي سلكه أحد الرحالة في سفره في مجموعة من المحطات والمدن، حيث ينتهي كل مقطع من خط الحركة برأس سهم.

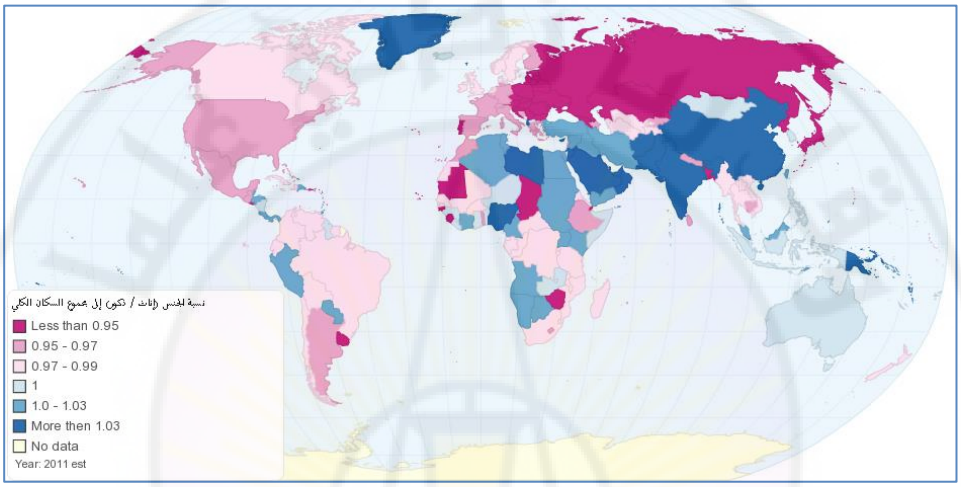
6-2-6-طريقة الكارتوغرام (خرائط النســب والكثافات المســاحية أو الكوربلث Choroplethic maps):

تُعبر هذه الطريقة من الرسم عن كثافة الظاهرة في الوحدات المساحية، أو نسبة وجودها إلى غيرها، وهي تعد بذلك واحدة من الطرائق الإحصائية.

تُعرف هذه الخرائط بأســماء متعددة؛ أحياناً تدعى **خرائط الكثافة، خرائط الظلال، والخرائط الملونة، أو خرائط الكارتوغرام المســاحي**، ويسـميها إيمهوف (Imhof) **بخرائط التدرج المكاني المســاحي**، أما الكوربلث فهي كلمة لاتينية، وتقسم إلى قسمين chore وتعني إقليم، وplethe وتعني أهمية، وأهمية المكان هو إيجاد ارتباط بين الظواهر الممثلة، وبين الأقاليم التي تقع فيها لذلك لا بد من أيجاد علاقة بين الظاهرة والإقليم الذي توجد فيه، مثلاً: الكثافة الســكانية في الكيلومتر المربع، أو مقدار الإنتاج في الهكتار، أي إن انتشـــار هذا النوع من الخرائط لا يتم مباشرة من الإحصاءات، وبل يجب الحصول على نسبة أو معدل، أو كثافة الظاهرة ثم بعد ذلك يجري تمثيلها.

فالكثافة تعني حصة وحدة المساحة من ظاهرة ما، كأن نقول: كثافة السكان، ونعني بذلك متوسط عدد السكان في الكيلومتر المربع الواحد، وقد تعني الكثافة أطوال الشبكة المائية أو الطرقية في وحدة المســاحة، مثلاً: كثافة الطرق في محافظة ما تبلغ 2 كم في كل كيلومتر مربع، وذلك بعد تقسـيم أطوال الطرق في هذه المحافظة على مسـاحتها الإجمالية. وقد تبين هذه الطريقة أيضـاً نسبة الجزء إلى الكل، أو أن عدد الذكور لكل مئة أنثى (نسبة الجنس) تختلف من محافظة إلى أخرى، ومن بلد إلى آخر، فعندما تُمثل هذه النسبة على الخريطة فإن تمثيلها سيكون في إطار طريقة النسب والكثافات المساحية (الكارتوغرام – الكوربلث)، وعلى سبيل المقارنة نجد أن نسبة الجنس في دول الخليج العربية مرتفعة لمصـــلحة الذكور، وذلك بســـبب عامل الهجرة إلى هذه

البلدان، والعكس صحيح في المناطق والدول المصدرة للعمالة. **انظر الخريطة (33)** التي توضح نسبة الذكور والإناث حول العالم للعام 2011 م. ومن الأمثلة الأخرى لاستخدام هذه الطريقة في وضع الخرائط تمثيل حصة الفرد من الطاقة الكهربائية بحسب المحافظات، أو حصة كل ألف نسمة من العناصر الطبية بحسب الدول أو المحافظات، وهكذا.



خريطة (33): نسبة الذكور والإناث حول العالم للعام 2011

وبشكل عام فإن هذه الطريقة تعبر عن نسبة وجود الظاهرة أو كثافتها في الوحدات المساحية، وذلك من خلال تدرج لوني أو تدرج في شبكة الخطوط والنقاط يعكس زيادة الكثافة أو نقصانها.

<u>طريقة وضع خرائط الكثافة:</u>

تبين هذه الخرائط كثافة الظاهرة في الوحدات الإدارية المعينة، أي: عدد المظاهر في وحدة المساحة (كم^2، هكتار) ومن ثم استخراج قيمة نسبية لكل وحدة مساحية (محافظة، بلدية، منطقة، ناحية) أو غير ذلك. ويمر وضع الخريطة بالمراحل الآتية:

- توفر المعطيات الإحصائية المرتبطة بالمكان والتي تصلح للتمثيل مثلاً: عدد السكان في الوحدات المساحية، ومساحة هذه الوحدات، أو كمية إنتاج الحبوب في أقاليم معينة، ومساحات هذه الأقاليم.
- توفر خريطة تبين حدود الوحدات المساحية التي توافرت لها المعطيات الإحصائية، سواء أكانت إدارية أم إقليمية أم غيرها.

- اســـتخراج الكثافات أو النســـب أو المعدلات المطلوبة من خلال العلاقات الرياضية المناسبة:

الكثافة = مقدار الظاهرة ÷ مساحة المنطقة مثل:

الكثافة السكانية لمنطقة ما = عدد السكان في المنطقة ÷ مساحة المنطقة

نسبة وجود الظاهرة = **مقدار الظاهرة الأولى ÷ مقدار الظاهرة الثانية**

مثل: حصة كل مواطن من الطاقة الكهربائية المولدة بحسب المحافظات = الطاقة ÷ عدد السكان

أو: نسبة الجزء إلى الكل (نسبة العاملين في حقل التربية إلى مجموع الموظفين) = (العاملين في حقل التربية × 100) ÷ مجموع الموظفين = %

- ترتيب النسب أو الكثافات تصاعدياً.
- تحديد الفئات أو تجميع الكثافات في فئات معينة، والمقصود بذلك تقسيم النتائج النهائية إلى مجموعات من أجل تمثيلها على الخريطة.
- إعطاء قيمة لونية أو شبكة مناسبة لكل فئة من الفئات المقررة، تغطى كامل الوحدة المساحية، أو جزءاً منها بحسب الطريقة المعتمدة.
- وضع مفتاح مناسب يتضمن نماذج من جميع الفئات الممثلة على الخريطة بألوانها أو ظلالها.

طرق تحديد الفئات:

يجد واضـع الخريطة صـعوبة أحياناً في تحديد الفئات، وذلك بحسـب الهدف من وضـع الخريطة، وقد يلجأ إلى بعض الطرائق كالطريقة الإحصائية، أو الطريقة التخطيطية.

أولاً: الطريقة الإحصائية:

هناك كثير من الطرائق الإحصائية لتحديد الفئات، وهي:

طريقة المتواليات الحسابية

يتطلب تحديد الفئات بهذه الطريقة دراسة المقادير الإحصائية والتعرف على أعلى القيم وأقلها، ثم يُختار الفاصـــل الرأســـي الذي يتعلق بطبيعة المقادير من حيث أعلى قيمة وأدنى قيمة من جهة، وبالهدف من وضع الخريطة ومقياسها من جهة أخرى.

\جدول (10): طريقة المتواليات الحسابية لتحديد الفئات

المحافظة	أعداد السكان في العام 1994م	المساحة	الكثافة/كم^2 تصاعدياً	الفئات	عدد المناطق في كل فئة
دير الزور	599000	33270	18	30-0	3
القنيطرة	45000	1860	24		
الرقة	518000	19420	27		
حمص	1301000	40940	31.7	55-31	3
الحسكة	1030000	23330	44		
السويداء	300000	5550	54		
حماه	1116000	10160	109.8	155-100	3
إدلب	937000	6100	153.6		
حلب	2856000	18480	154.5		
درعا	616000	3730	165	170-160	2
دمشق	3003000	18140	165.5		
طرطوس	669000	1900	352	370-350	2
اللاذقية	834000	2300	362.6		

- اختيار فاصـــلة بين المقادير مثلاً: في هذا المثال ولتكن 20، ونحدد الفئات على أساسها.

20-0	160-140	300-280
40-20	180-160	320-300
60-40	200-180	340-320
80-60	220-200	360-340
100-80	240-220	380- 360
120-100	260-240	
140-120	280-260	

عند اســتعمال هذه الفاصــلة يتضــح أن عدد الفئات يفوق عدد المناطق من جهة، وأن كثيراً من الفئات لا تحتوي أي منطقة.

- اختيار فاصلة ثابتة وفئات متقطعة كما يأتي:

الفئات	عدد المناطق التي تحتويها كل فئة
20- 0	1
40-20	3
60-40	2
120-100	1
140-120	0
160 -140	2
180-160	2
370-350	2

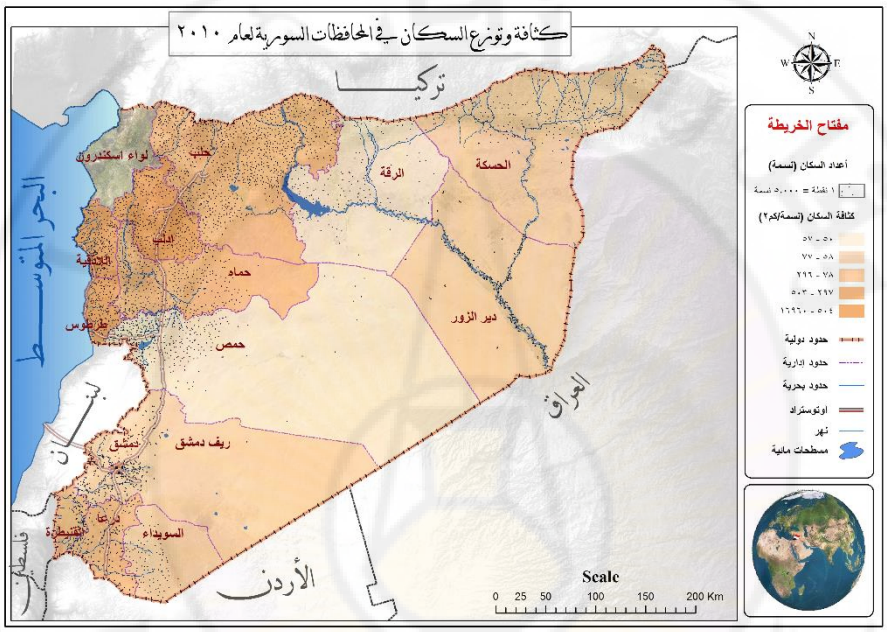
يتبين أيضاً أن عدد الفئات أقل من عدد المناطق، وهناك فئة واحدة خالية من المناطق.

- اختيار فاصلة غير ثابتة وفئة غير مستمرة.

الفئات	عدد المناطق في كل فئة
30 -0	3
55 -3	3
155-100	3
170-160	2
370-350	2

يُحدد بعد ذلك مواقع الفئات على الخريطة الأساسية، وبُعطى الرقم 1 لكل المناطق التي تقع في الفئة الأولى، ورقم 2 للمناطق التي تقع في الفئة الثانية، ورقم 3 للمناطق التي تقع في الفئة الثالثة، وهكذا ...

ثم تُختار الألوان أو الشـبكة المناسـبة بحيث تتدرج الألوان أو الشـبكة من القاتم إلى الفاتح بحسب المقادير الإحصائية. (تزداد درجة القتامة مع تزايد الكثافة). قد يصعب أحياناً وضع عدد كبير من التدرجات اللونية أو تدرجات الشـــبكة، يجب أن يراوح عدد الفئات بين 3-8 فئات، ولكن قد يزيد على ذلك في حالات خاصة؛ كما في **الخريطة (34)**



خريطة (34): الكثافة السكانية في المحافظات السورية 2010م

<u>طريقة المتواليات الهندسية:</u>

تعتمد هذه الطريقة على التعرف على الإحصائية، وتحديد أعلى قيمة وأدنى قيمة لمعرفة الفاصل الرأسي بين القيم، وهي في المثال السابق 10؛ على سبيل المثال.

فتكون الفئات على الشكل الآتي:

الفئات	المناطق في كل فئة
10 -0	0
20-10	1

3	40−20
2	80−40
3	160 −80
2	320−160
2	640−320

بعد ذلك يُحدد عدد المناطق في كل فئة، ثم يُحدد مواقع الفئات على الخريطة بوضـــع أرقام لكل فئة، ثم تُختار الألوان والظلال كما في الطريقة السابقة.

ولكن كل من الطريقتين تحتوي فئاتٍ خالية من المقادير الإحصائية، ولا تبين أي منهما تقارب المقادير في المناطق المختلفة أو تباعدها، قد نجد تخلخلاً بين الفاصل الرأسي الذي تم اختياره وعدد الفئات الناتج عن استعمال هذا الفاصل. ولذلك فإن اعتماد هذه الطريقة لا يصح إلا في حالات خاصة للمعطيات.

<u>طريقة الفئات المتساوية:</u>

استعمال هذه الطريقة يتطلب ما يأتي:

1. ترتيب المقادير تصاعدياً كما هو مبين في الجدول السابق.
2. الحصول على المدى بين المقادير بطرح أقلها من أكبرها، وهي هنا:

   344.6 =18−362.6
3. اسـتخراج السـعة بتقسـيم المدى على عدد الفئات المطلوب تمثيلها على الخريطة، فإذا كان العدد المطلوب تمثيله 6 فئات فإن سعة الفئة= 344,6 / 6= 57,4
4. ترتيب الفئات كما يأتي:

   أقل قيمة وحتى سعة الفئة (18 − 57,4)

   الحد الثاني للفئة السابقة + السعة (114.8= 57.4 + 57.4)

   وهكذا حتى النهاية فتكون كما يأتي:

الفئات	عدد المحافظات الداخلة
18 – 57.4	6
57.4 –114.8	1
114.8 – 172.2	4
172.2 – 229.6	0
229.6 – 287	0
287 – 344.4	2
أكثر من 344.4	1

يبدو هنا أن بعض الفئات لا تحتوي قيماً تنتمي إليها، ولذلك يمكن حذفها، فيكون عدد الفئات خمس فئات. لكن المشـكلة في هذه الطريقة من التقسـيم أن حدود الفئات غير مدورة، وقد يؤدي هذا التقسيم إلى وجود قيم متقاربة في قيمتها في فئتين متجاورتين.

طريقة المتوسط والانحراف المعياري:

تعتمد هذه الطريقة على حســاب متوســط الكثافة والانحراف المعياري واســتعمالهما في تحديد الفئات.

يُحسب المتوسط بالمعادلة الآتية: المتوسط = مجموع الكثافات ÷ عددها

أما الانحراف المعياري فيُحسب بمعرفة الفرق بين المتوسط وكل قيمة، ثم تربيع النتيجة وجمعها وتقسيمها على عدد القيم ثم استخراج الجذر التربيعي لها؛ كما هو موضح في الجدول

جدول (11): طريقة المتوسط والانحراف المعياري لتحديد الفئات

المحافظة	أعداد السكان في العام 1994 م	المساحة	الكثافة/كم^2 تصاعدياً	المتوسط	الفرق	التربيع
دير الزور	599000	33270	18	127.8	109.8-	12056.04
القنيطرة	45000	1860	24	127.8	103.8-	10774.44
الرقة	518000	19420	27	127.8	100.8-	10160.64
حمص	1301000	40940	31.7	127.8	96.1-	9235.21
الحسكة	1030000	23330	44	127.8	83.8-	7022.44
السويداء	300000	5550	54	127.8	73.8-	5446.44
حماه	1116000	10160	109.8	127.8	18-	324
إدلب	937000	6100	153.6	127.8	25.8	665.64
حلب	2856000	18480	154.5	127.8	26.7	712.89
درعا	616000	3730	165	127.8	37.2	1383.84
دمشق	3003000	18140	165.5	127.8	37.7	1421.29
طرطوس	669000	1900	352	127.8	224.2	50256.64
اللاذقية	834000	2300	362.6	127.8	243.8	59438.44
المجموع			1661.7			156439

تُجمع النتائج ثم تُقسم على عددها.

الانحراف المعياري = الجذر التربيعي للقيمة الناتجة (395,5)

وبعد معرفة المتوسط والانحراف المعياري تُحدد الفئات باستعمال كليهما، وذلك بمقارنة المتوسط مع الانحراف المعياري؛ إذا كان المتوسط أصغر من الانحراف المعياري تُشكل الفئات كما يأتي:

من 0 – 127.8 (المتوسط الحسابي).

من المتوسط إلى الانحراف المعياري.

نهاية الفئة السابقة + المتوسط.

نهاية الفئة السابقة + المتوسط.

أكبر من نهاية الفئة السابقة.

ثم يُحدد عدد المناطق في كل فئة بنفس الطرائق السابقة وتلوينها.

أما إذا كان المتوسط أكبر من الانحراف المعياري فتُشكل الفئات على الشكل الآتي:

من 0 حتى (المتوسط – 1 من الانحراف المعياري)

من نهاية الفئة الأولى حتى المتوسط

الطريقة الحرة:

تعتمد على المتوسط العام للكثافة؛ تقسم المقادير إلى جزأين، قسم أكبر من المتوسط العام، وقسم أصغر منه، ثم يستخرج المتوسط لكل قسم، ثم يُقسم كل منهما إلى قسمين أيضاً. **انظر الجدول (12)**

جدول (12): الطريقة الحرة لتحديد الفئات

المحافظة	الكثافة	الفئات	عدد المناطق
دير الزور	18	1– 1	
القنيطرة	24	1–1	
الرقة	27	1–1	
حمص	31.7	1–1	
الحسكة	44	1–1	
السويداء	54	2–1	
حماة	109.8	2–1	
إدلب	153.6	3–2	
حلب	154.5	3–2	2
درعا	165	3–2	
دمشق	165.5	3–2	
طرطوس	352	4–2	4
اللاذقية	362.6	4–2	

المتوسط العام = 128 ن / كم^2، ويقسم المقادير إلى قسمين: قسم أكبر من المتوسط العام، وقسم أصغر منه، ثم يُستخرج المتوسط الأصغر للقيم الدنيا، وتُقسم المقادير إلى قسمين؛ قسم أصغر من المتوسط، وقسم أكبر منه، وأخيراً يُستخرج المتوسط الأعلى للقيم التي هي أعلى من المتوسط العام، واستناداً إليه تُقسم المقادير العليا إلى قسمين، كما هو موضح في الجدول

الســـابق. وبعد تحديد الفئات يُحدد عدد المناطق التي تشـــملها كل فئة. وتُعرف المناطق على الخريطة، ثم تُختار الألوان الظلال كما في الطرائق السابقة.

طريقة المنحنى التكراري التجميعي

تعتمد هذه الطريقة على اســـتخراج الكثافات وترتيبها تصـــاعدياً، ثم تجميع المســـاحات بطريقة تراكمية، وذلك بإضـــافة القيمة الثانية إلى الأولى، والثالثة إلى الثانية وهكذا حتى النهاية كما هو موضح في الجدول:

جدول (13): طريقة المنحنى التكراري التجميعي

المحافظة	أعداد السكان 1994	المساحة	الكثافة/كم2 تصاعدياً	المساحة المتجمعة
دير الزور	599000	33270	18	33275
القنيطرة	45000	1860	24	35130
الرقة	518000	19420	27	54550
حمص	1301000	40940	31.7	95490
الحسكة	1030000	23330	44	118820
السويداء	300000	5550	54	124370
حماة	1116000	10160	109.8	134530
إدلب	937000	6100	153.6	140630
حلب	2856000	18480	154.5	158110
درعا	616000	3730	165	162840
دمشق	3003000	18140	165.5	180980
طرطوس	669000	1900	352	182880
اللاذقية	834000	2300	362.6	185180

بعد ذلك يُرسم محوران: أفقي و شاقولي؛ الأفقي للمساحات المتجمعة، ويُقسم إلى أقسام متساوية تُوزع عليه القيم المتجمعة بحسب فاصل رأسي مناسب يُظهر أعلى القيم وأدناها، وعلى المحور الشاقولي تُوضع الكثافات المرتبة تصاعدياً بحسب فاصل رأسي مناسب أيضاً يُظهر أعلى القيم و أدناها، في المكان الذي تتقاطع فيه قيم المحور الأفقي والمحور الشـــاقولي، ثم توصـــل النقاط

بعضـها مع بعض بخط منحنٍ، يُدعى: المنحنى التكراري، ثم يُحلل هذا المنحني لتحديد الفاصـل الرأســـي (إذا كان المنحني قليل التعرج، يســـتعمل المحوران لتحديد الفئات، وتكون هنا فئات متساوية)، وإذا كان المنحني كثير التعرج تحدد فئات غير متساوية بحسب طبيعة المعطيات.
بعد ذلك تحدد الأقاليم التي تشـملها كل فئة، ثم تُحدد على الخريطة وتلون أو تُظلل بالتدريج تبعاً لتدرج المقادير.

طريقة الاختيار المدروس:

مع أن الطرق السابقة تؤدي إلى تحديد عدد الفئات وحدودها، لكنها جميعاً تتطلب معالجة طويلة نســبياً، وقد تنتهي بحدود غير مناســبة للفئات أو بعدد غير مناســب منها، ولذلك فإن التحديد الأمثل للفئات وحدودها يجب أن يعتمد على دراســة مباشــرة للمقادير من حيث توزعها وتركزها، والعدد المناســب من الفئات التي يجب اعتمادها بما يتناســب وتوزع المعطيات ومقياس الخريطة ووظيفتها آخذين بالاعتبار الملاحظات الآتية:

- ألا يزيد عدد الفئات على العدد المقبول بالنسبة إلى المقياس ووظيفة الخريطة.
- أن تكون حدود الفئة من أرقام مدورة أو صحيحة على الأقل.
- ألا تقتصــر بعض الفئات على قيمة واحدة إلاّ في حالة شــذوذ هذه القيمة عن القيم الأخرى.
- ألا تضم الفئة الواحدة قيماً متباعدة.

مشكلات خرائط الكوربلث:

- لا تبين توزع الظاهرة في حدود الوحدات المســـاحية، بل تعطي كثافة واحدة لكل وحدة، وهذا غير موجود في الطبيعة، حيث تتغير كثافة الظاهرة عادة من مكان إلى آخر في الوحدة الإدارية.
- تُظهر خرائط الكثافة بأن الظاهرة تتغير من وحدة مســاحية إلى أخرى مجاورة لها بشــكل حاد بلا تدرج، وذلك لأن الإحصــاءات موضــوعة وفق الوحدات الإدارية وتقســيماتها، ولكن قلما يرتبط اختلاف الكثافة بالانتقال بين الوحدات المساحية، إلا في بعض الحالات كالانتقال بين الوحدات السياسية، وعندما تكون الحدود السياسية أو الإدارية حدوداً لانتشار الظواهر الممثلة.

خرائط النسب والكثافات المحسنة:

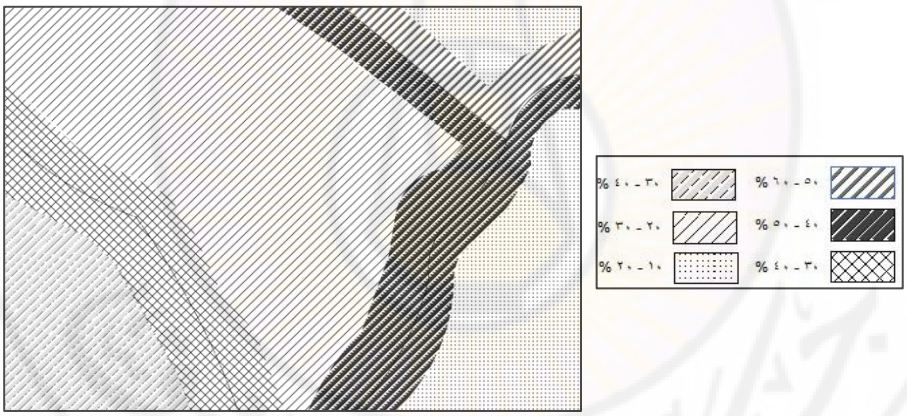
انطلاقاً مما تقدم فقد اقُترح تحسين لهذه الطريقة، وأُطلق عليه اسم **الكارتوغرام المحسن أو المعدل**، حيث تختلف عن الطريقة الأولى بأن الرمز اللوني أو الشبكة التي تعبر عن كثافة الظاهرة أو نسبتها لا تغطي سوى المناطق التي تنتشر فيها الظاهرة فعلاً، على حين تُحدد المناطق التي لا تنتشر فيها الظاهرة نهائياً. ومن أجل تنفيذ هذا التعديل يجب أن تتوافر لواضع الخريطة معطيات دقيقة عن المناطق التي لا تنتشر فيها الظاهرة، فمثلاً: لو أردنا التعبير عن نسبة الأراضي المزروعة بالقطن إلى مجموع الأراضي المروية في المحافظات، فإن هذه النسبة ستكون مرتفعة في محافظة دير الزور، لأن معظم الأراضي المروية موجودة في وادي الفرات ووادي الخابور، وليس هناك أي زراعة مروية في المناطق الأخرى التابعة للمحافظة، فإذا أعُطيت مساحة المحافظة بالكامل لوناً يعبر عن هذه النسبة العالية للأراضي المزروعة بالقطن إلى مجموع المساحات المروية فسيتشكل انطباع لدى قارئ الخريطة بأن هذه المحافظة شديدة الخضرة، كثيرة المياه في كل أطرافها، وهذا يخالف الواقع، ولذلك فإن الطريقة المقترحة تقوم على عزل المناطق غير الزراعية، ثم تُعطى المساحة المتبقية الدرجة اللونية التي تناسب الفئة التي تنتمي إليها المحافظة.

تمثيل الكثافات المزدوجة:

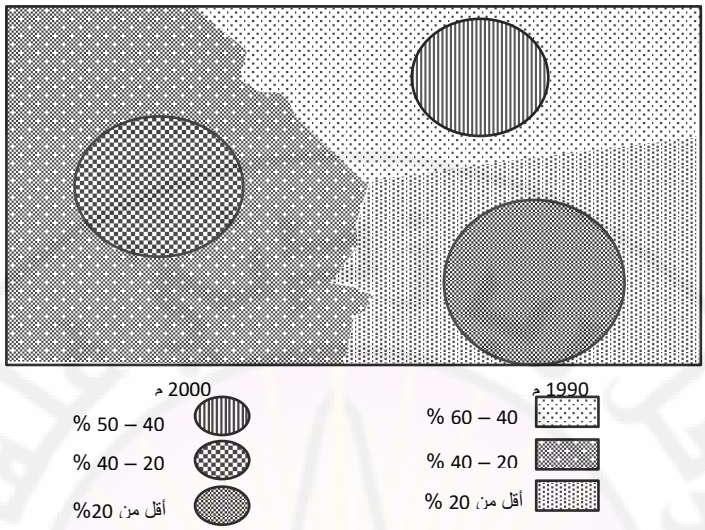
يكثر استخدام خريطة الكثافات بوصفها أرضية توضع عليها رموز أخرى ترتبط بنفس موضوع الكثافات الممثلة، ويحدث أيضاً أن يتطلب موضوع التمثيل الكارتوغرافي المقارنة بين تدرجين من الكثافة أو النسب على خريطة واحدة، كأن نقارن بين الكثافات السكانية على مستوى المحافظات لفترتين زمنيتين (1981، 1994)، وذلك بالاعتماد على تدرجين لونيين مختلفين مع فئات متماثلة، أو أن نقارن بين كثافتين أو نسبتين أو نسبة وكثافة يربط بينهما عوامل مشتركة، كأن نربط بين كثافة السكان ونسبة العاملين في الزراعة إلى عدد السكان، أو نربط بين كثافة السكان وكثافة الشبكة الطرق، وهكذا... ومن أجل إظهار الكثافات المزدوجة تُتبع إحدى الطريقتين الآتيتين:

الأولى: تحديد حزام داخلي للوحدة المساحية بعرض ثابت يكرر في كل الوحدات المساحية **(انظر الشكل 47)**، وتمثل الكثافة الأولى ضم هذا الحزام، وتُمثل الكثافة الثانية في المساحة المتبقية في الوسط. ولكن لا بد من الانتباه إلى المحافظة على عرض ثابت للحزام، وجعل عرضه مناسباً للمقياس، ولمساحة الوحدات، بحيث لا يبدو الحزام ضيقاً جداً، ولا عريضاً جداً بحيث لا تبقى مساحة كافية في الحزام لتمثيل الكثافة الثانية، ولا بد أيضاً من وضع تدرج لوني مناسب لكل من التدرجين.

الثانية: رسم دائرة أو مربع بأبعاد ثابتة مناسبة في كل وحدة مساحية، تعد نافذة تلون وفق تدريج لوني ثان **(انظر الشكل 48)**. لكن مشكلة هذه الطريقة هي سرعة إدراك مستخدم الخريطة لوجود النافذة الملونة، وعدم الخلط بينها وبين الرموز المساحية الموضعية أو الدياغرامية. علماً أن المفتاح سيوضح في حالة الكثافات المزدوجة تدرجين لونيين، ولن تظهر فيه رموز هندسية.



شكل (47): تمثيل الكثافات المزدوجة



شكل (48): تمثيل الكثافات المزدوجة باستخدام رمز

6-2-7-طريقة الكارتوديا غرام (خرائط الرموز البيانية Cartdiagram):

تُعد هذه الطريقة في رسم الخرائط إحدى الطرائق الإحصائية التي تبين كمية الظاهرة، عن طريق تحويل القيمة العددية التي تشير إلى الكم إلى رمز هندسي طولي أو مساحي أو حجمي. ولكن أهم ما تتميز به هي ارتباط كمية الظاهرة بوحدة مساحية، وليس بنقاطة محددة، كأن نقول: مجموع السكان في كل وحدة إدارية (ناحية، منطقة، محافظة، دولة..)، ولذلك فإن الظواهر التي يمكن تمثيلها بهذه الطريقة قد تكون مجموعة من الظواهر الموضعية النقطية، التي تمثل كل واحدة منها على انفراد بطريقة الرموز الموضعية (الحرة)، وقد تكون أيضاً ظواهر مساحية الشكل مثل: مجموع المساحات المزروعة بمحصول معين في الوحدة المساحية، أو كمية الإنتاج من هذا المحصول في الوحدة المساحية، وقد تبين المجموع الكمي لأطوال مظاهر خطية في الوحدة المساحية كمجموع أطوال طرق السيارات أو السكك الحديدية في الوحدة المساحية، إذ نلاحظ أن هذه الطريقة من التمثيل تشمل نطاقاً واسعاً من المظاهر الجغرافية الموضعية والمساحية والخطية، شريطة أن يكون لها مقدار قابل للتحويل إلى رمز هندسي، وأن يكون هذا المقدار مرتبطاً بوحدات مساحية محددة على الخريطة المستخدمة في التمثيل.

وانطلاقاً مما تقدم نجد أن الرموز البيانية تشبه من حيث الشكل وأسلوب التمثيل الكمي الرموز الموضعية – الحرة، ولكنها تختلف عنها في عدد من المزايا، و**الجدول (14)** يوضح أوجه الشبه والاختلاف بين الطريقتين:

جدول (14): الفرق بين الرموز الموضعية والرموز البيانية

الرموز الموضعية (الحرة)	الرموز البيانية (الكارتوديا غرام)
تمثل المظاهر النقاطية والموضعية	تمثل المظاهر النقاطية والموضعية والمساحية والخطية
تعبر الرموز عن موقع الظاهرة بدقة	لا تعبر عن موقع الظاهرة، بل عن ارتباطها بالوحدة المساحية

لا يعد رسم حدود الوحدات المساحية ضرورياً في الخريطة، لارتباط الرموز بمواقع محددة	يعد رسم حدود الوحدات المساحية ضرورياً لارتباط الرموز بهذه الوحدات
قد تعبر عن كمية الظاهرة، وقد تكتفي بالتعبير عن نوعها وموقعها	تعبر عن كمية الظاهرة شرطاً أساسياً
تعتمد على الرموز الهندسية والتعبيرية والتصويرية ورموز الأحرف	تعتمد على الرموز الهندسية فقط
يمكن أن تعبر الطريقتان عن تركيب الظاهرة وتطورها	
كلاهما يعتمد نفس الأساليب الكمية في تحويل مقدار الظاهرة إلى رموز	

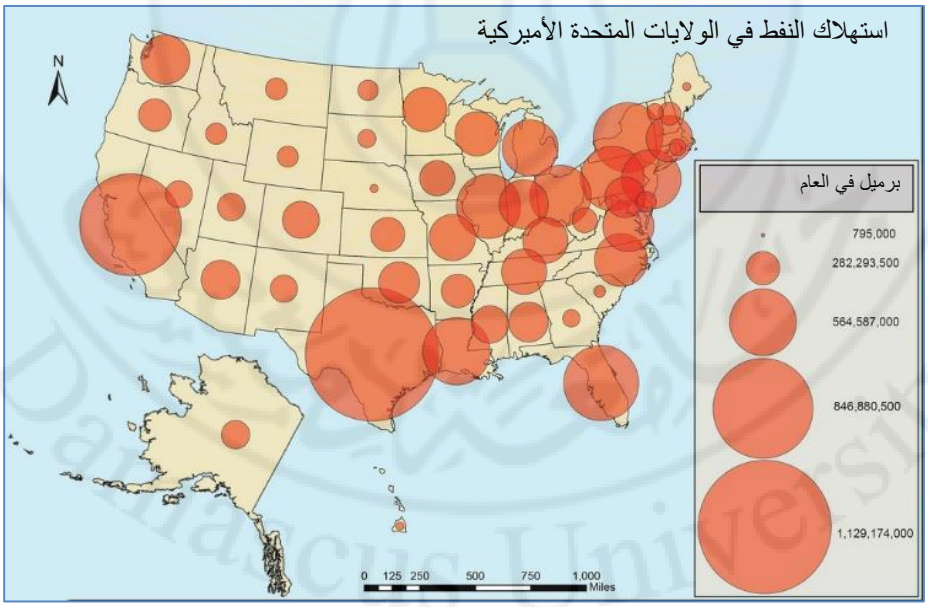
ومن خلال ما تقدم يتبين أن الرموز البيانية (الكارتوديا غرام) تُعبر عن: كمية الظاهرة ونوعها، وقد تعبر عن تركيبها وتطورها، ولكنها لا تعبر عن موقعها في الوحدة المساحية، ولذلك يمكن القول: إن هذه الرموز تقترب من الرموز الموضعية (الحرة) كلما جعلنا الوحدة المساحية التي ترتبط بها الظاهرة أصغر في حال تمثيل المظاهر الموضعية المنتشرة في الوحدات المساحية، أما عند تمثيل كمية المظاهر ذات الانتشار المساحي أو الخطي فإنها تبدو مختلفة تماماً عنها.

مسوغات اعتماد هذه الطريقة:

كثيراً ما ترتبط المعطيات الإحصائية بالوحدات المساحية (السياسية والإدارية وغير الإدارية) وربما لا تتوافر معطيات كافية عن كيفية توزع الظاهرة في هذه الوحدات المساحية، وربما قد لا يكون التعرف على هذا التوزع ضرورياً، بل يكفي الاطلاع على مقدار الظاهرة ونوعها ضمن الوحدات المساحية، ما يسهل إجراء مقارنات بصرية مباشرة عن الكميات الإجمالية المرتبطة بكل وحدة من الوحدات المساحية، بل المقارنة أحياناً بين كميات عدد من الظواهر المنتشرة في الوحدات المساحية على نفس الخريطة، علماً أن معظم المعطيات الإحصائية نجدها مرتبطة بالوحدات المساحية الإدارية، وقلما ترتبط بمواقع انتشار الظاهرة فعلياً في هذه الوحدات. انطلاقاً مما تقدم نجد انتشار استخدام هذه الطريقة بوصفها واحدةً من أهم طرائق الرسم الإحصائي التي تصادف في سلاسل الخرائط والأطالس والدراسات المكانية المختلفة.

موقع الرموز البيانية في الوحدات المساحية:

يُعد موقع الرمز داخل الوحدات المساحية أهم دليل بصري على أن الخريطة قد وضعت بهذه الطريقة، حيث يجب أن توضع الرموز في الوسط الهندسي للوحدات المساحية، شريطة ألا يتطابق مركز الرمز مع المركز الإداري للوحدة المساحية (لأن هذا التطابق قد يُفهم على أن الرمز مرتبط بهذه النقاطة من الوحدة المساحية). ومن جهة أخرى يجب أن يسعى واضع الخريطة إلى أن تحتوي الوحدة المساحية كامل الرمز من دون أن يخرج عنها، ولكن الاستطالة الكبيرة لبعض الوحدات المساحية تجعل أمر خروج الرموز الدياغرامية أمراً لا مفر منه، فضلاً عن أن تركز الظاهرة في بعض الوحدات المساحية الصغيرة يفرض خروج رموزها على حدود هذه الوحدات، وباستثناء ذلك يجب أن يسعى واضع الخريطة للوصول إلى تناسب بين أبعاد الرموز الدياغرامية واتساع الوحدات المساحية بحيث لا تبدو هذه الرموز كبيرةً جداً تغطي كامل المساحة حتى الحدود، ولا صغيرة جداً بحيث يصعب إدراكها من النظرة الأولى إلى الخريطة. انظر **الشكل (49)** التي تبين تمثيل الكارتوديا غرام في الحدود الإدارية.



شكل (49): تمثيل الكارتوديا غرام

تحديد شكل الرمز وأبعاده:

تعتمد هذه الطريقة في رسم الخرائط الموضوعية على الرموز الهندسية الطولية والمساحية والحجمية، وعلى أساليب التمثيل الكمي التي ذُكرت سابقاً، أي: التمثيل المطلق المستمر، والمطلق المتدرج، والنسبي، والاعتباطي، وتعتمد لذلك على المعادلات لحساب أبعاد هذه الرموز، وتحديد عدد أولي يمثل ما تعبر عنه وحدة الطول أو المساحة أو الحجم من مقدار الظاهرة، هذا العدد الذي يرتبط بمقادير الظاهرة ومقياس الرسم ووظيفة الخريطة، بحيث يُحصل على رموز مناسبة على كل خريطة، ولكن يُلجأ أحياناً إلى تمثيل المقادير التي تدل على مساحات منتشرة في الوحدات المساحية على شكل رموز مساحية (دوائر، مربعات) تعبر مساحاتها على الخريطة عن مساحاتها على الطبيعة بعد التصغير وفق مقياس الخريطة، وذلك على النحو الآتي:

الربط بين الظاهرة المساحية والرمز المساحي الذي يعبر عنها:

إذا كان المطلوب هو: تمثيل المساحات المزروعة بمحصول القطن في المحافظات السورية، وكانت مساحة الأراضي المزروعة بالقطن في إحدى المحافظات 90000 هكتار، والمطلوب هو تمثيل هذه المساحة برمز على شكل مربع مرسوم على خريطة لسورية مقياسها 1:2000000 ، **فهذا يعني:**

أن كل 1 سم على الخريطة يعادل 20 كم على الطبيعة،

وأن كل 1 ملم على الخريطة يعادل 2 كم على الطبيعة،

ومن ثم فإن كل 1 ملم^2 على الخريطة يعادل: 2 × 2 = 4 كم^2 = 400 هكتار، ومنه فإن المساحة الإجمالية: 90000 هكتار تعادل على الخريطة: 90000 ÷ 400 = 225 ملم^2، ومنه فإن ضلع المربع = جذر المساحة 225 = 15 ملم.

أما إذا اخترت الدائرة لتمثيل مساحة الظاهرة، فتكون:

مساحة الظاهرة المحسوبة على الخريطة تعادل مساحة الدائرة، أي 225 ملم2.

ولما كانت مساحة الدائرة = π ر2، فإن نصف القطر (ر) = جذر (المساحة ÷ π)

وبتطبيق المعادلة السابقة: ر = جذر (225 ÷ 3.1416) = 8.46 ملم

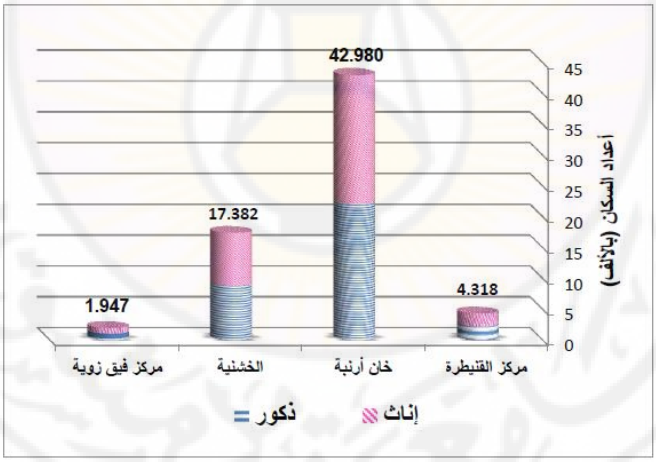
حيث تُرسم الدائرة في الوسط الهندسي للوحدة المساحية. وتعد الميزة الأساسية لهذه الطريقة هي إمكان تصّور المساحة الفعلية التي تشغلها الظاهرة من سطح الأرض، وفق مقياس الرسم المستعمل، لكنها تغدو قليلة الجدوى في حال اقتراب مساحة الظاهرة من مساحة الوحدة المساحية

بكاملها، وحين تكون مساحة الظاهرة قليلة جداً بالمقارنة مع مساحة الوحدة المساحية؛ إذ سنضطر في الحالة الأولى إلى إخراج الرمز عن حدود الوحدة المساحية، ولا سيما إذا كان شكلها متطاولاً أو ذا حدود كثيرة التعرج ومعقداً. وفي الحالة الثانية فإن الرمز سيبدو ضئيلاً بالمقارنة بمساحة الوحدة المساحية، وسيكون صعب القراءة على الخريطة.

التعبير عن تركيب الظاهرة بالرموز البيانية (الدياغرامية):

لا يختلف التعبير عن تركيب الظاهرة في هذه الطريقة عما هو في الرموز الموضعية إلاّ في حالة الرموز الطولية، التي يُعبر بها عن تركيب الظاهرة بطريقتين:

الأولى: تعتمد على تقسيم العمود إلى أجزاء تناسب حصة كل مركب من مركبات الظاهرة، **والثانية:** برسم مجموعة من الأعمدة المتجاورة التي يعبر كل منها عن أحد المركبات شرط أن يستخدم نفس العدد الأولي في حساب أطوال هذه الأعمدة. **(انظر الشكل 50)**؛ حيث يساعد وجود مساحة كافية على رسم أكثر من عمود، فضلاً عن عدم ارتباط هذه الأعمدة بموقع محدد في الوحدة المساحية.



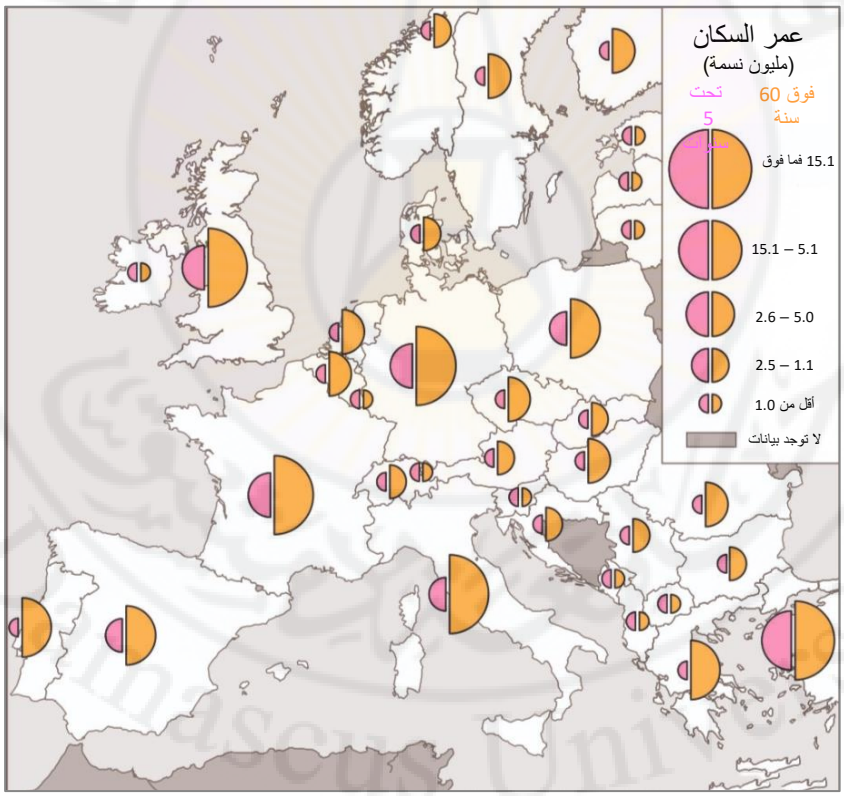
شكل (50): التعبير عن تركيب الظاهرة باستخدام الأعمدة المركبة

التعبير عن تطور الظاهرة:

لا يختلف التعبير عن تطور الظاهرة في طريقة الرموز البيانية (الدياغرامية) عما هو في طريقة الرموز الموضعية (الحرة)، إلاّ من حيث ارتباط الرموز هنا بالوحدات المساحية، وارتباطها هناك بالموقع الحقيقي للظاهرة.

استخدام مجمعات الأشكال الهندسية:

من المناسب استخدام مجمعات الأشكال الهندسية للدلالة على الكمية الإجمالية للمظهر المرسوم، وأيضاً للدلالة على التركيب النوعي والكمي لمكونات الظاهرة المرسومة، إذ تساعد طريقة الرموز الدياغرامية على وضع الأشكال الهندسية الصغيرة داخل الوحدة المساحية، بل يمكن توزيعها في حدود الوحدة بما يناسب شكلها، مع ضرورة الانتباه إلى أن مجموع الأشكال يجب أن تشكل بعضها مع بعض وحدة واضحة، كي لا تُقرأ بوصفها رمزاً موضعياً أو رموزاً دالة على توزع نوع من الأنواع داخل الوحدة المساحية، وأن تكون المسافات بين الرموز الصغيرة منتظمة، ويظهر في المفتاح أن هذه الرموز تعبر عن نوع الظاهرة الموجودة في كامل الوحدة المساحية ومقدارها. **(انظر الخريطة ((35)).**



خريطة (35): أعمار سكان قارة أوروبا، Eurostat

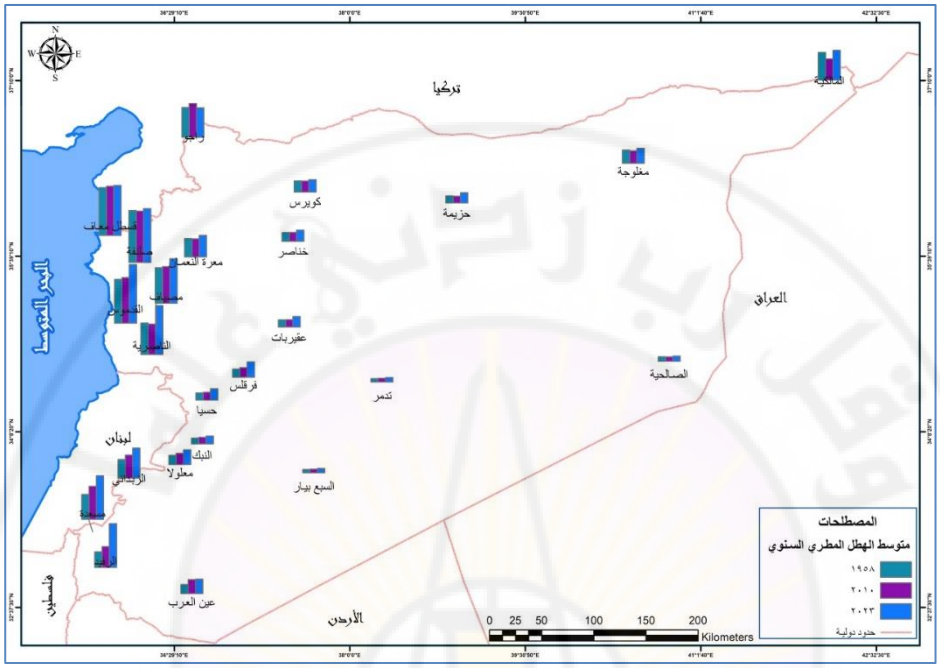
الرموز البيانية (الدياغرامية) المكانية أو الموضعية:

تُقاس بعض الظواهر في أماكن محددة من الوحدات المساحية، لكن هذه القياسات لا تعبر عن الموقع الذي قيست به فبحسب، بل في المناطق المجاورة أيضاً، وأوضح الأمثلة لهذا النمط من القياسات المعبرة عن الجوار هي القياسات المناخية، والمائية؛ فمحطات الرصد الجوي لها مواقع نقطية محددة على سطح الأرض، لكن قياساتها تؤخذ على أنها تعبر عن المواقع المجاورة المشابهة بظروفها الطبيعية والبشرية، ولذلك فإن الرموز التي توضع في مواقع هذه المحطات تصنف بوصفها حالة وسطاً بين الرموز الموضعية (الحرة) والرموز البيانية (الدياغرامية)، ولذلك تسمى بالرموز الدياغرامية المكانية أو الموضعية. وما يقال عن قياسات الأرصاد الجوية في محطات الرصد الجوي يقال أيضاً عن محطات رصد تلوث الهواء والمياه السطحية والجارية والجوفية والضجيج، ومحطات قياس الجريان المائي على الأنهار.

بعض أشكال رسم الدياغرام المكاني:

يأخذ الدياغرام المكاني شكلاً هندسياً بسيطاً كالعمود والمربع والدائرة، لكنه يأخذ في بعض الحالات أشكالاً أخرى؛ ومثلاً: عندما نرغب بتمثيل المعدلات الشهرية للهطول المطري في محطات الرصد الجوي فقد نلجأ إلى أشكال التمثيل الآتية:

- مجموعة من الأعمدة (12 عموداً) تعبر عن المعدلات الشهرية، ترسم بأبعاد مناسبة لمقياس الخريطة ولكثافة شبكة الرصد، وعدد الأشكال التي سترسم عليها، أو تعبر عن متوسطات سنوية **(انظر الخريطة 36)**.
- خط بياني يعبر فيه المحور العمودي عن كمية الأمطار والمحور الأفقي عن الأشهر، ويمر الخط بالنقاط التي تعبر عن معدل الأمطار الشهرية.
- مضلع بياني: يوصل بين النقاط الدالة على المعدلات الشهرية بخطوط مستقيمة.



خريطة (36): متوسط الهطل المطري في بعض المحطات المناخية للأعوام (1958-2010-2023م)

وبشكل عام فإن موقع محطة الرصد يكون على الزاوية السفلى اليمنى أو اليسرى للشكل البياني، وقد يُلجأ بسبب ضيق الموقع وتعدد المحطات إلى وضع الشكل بعيداً عن الموقع، مع الإشارة بسهم إلى الموقع الحقيقي للقياس.

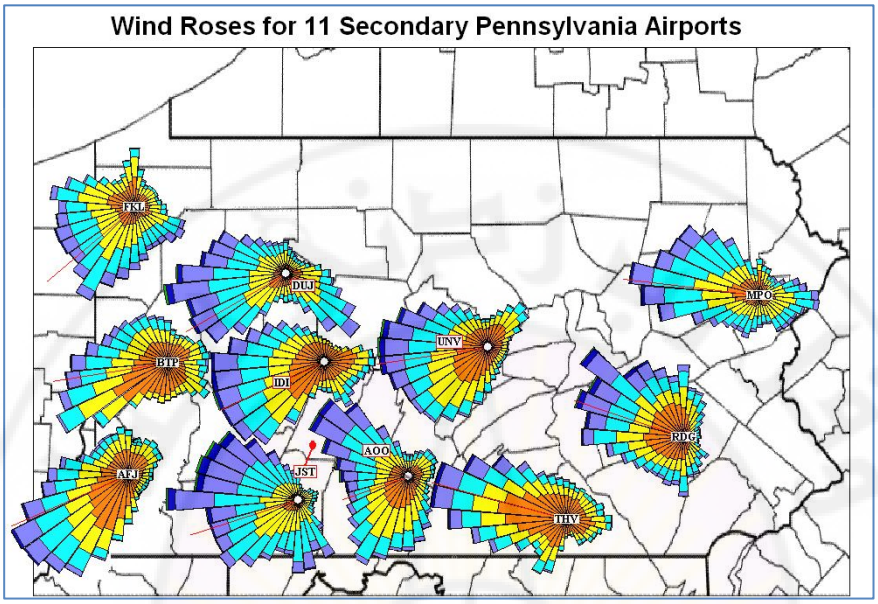
أما تمثيل البيانات الدالة على اتجاه الرياح وتكرارها وشدتها، فيحدث باستخدام الأشكال المختلفة المسماة وردات الرياح، على النحو الآتي:

- يكون مركز وردة الرياح في موقع محطة الرصد، وترسم فيه دائرة مفرغة.
- تحدد الاتجاهات الرئيسة والفرعية في الموقع.
- تصنف المعطيات بحسب الاتجاه إلى رياح خفيفة ومتوسطة وشديدة، ويحدد تكرار فترة الهدوء ليوضع رقم في الدائرة، ويحدد تكرار كل من الرياح الخفيفة والمتوسطة والشديدة.
- يجري اختيار عدد أولي (كم يعادل كل ميليمتر من طول الخط الموجه من تكرار الرياح الخفيفة أو المتوسطة أو الشديدة).
- يحدد على كل اتجاه الطول الذي تعادله تكرارات الرياح الخفيفة فالمتوسطة فالشديدة على الترتيب بدءاً من المركز باتجاه الأطراف.

- يُوصل بين النقاط المحددة على الاتجاهات للحصول على قطاعات مستمرة حول المركز للرياح الخفيفة والمتوسطة والشديدة، ويلوّن أو يغطى بشبكة كل قطاع من القطاعات المحددة. **(انظر الخريطة (37))**.

ملاحظة:

- يمكن الاستعاضة عن القطاعات آنفة الذكر بأسهم متجهة نحو المركز لها أطوال مختلفة بحسب التكرار.
- يمكن الاستعاضة عن الشكلين السابقين برسم خطوط بحسب الاتجاهات يرتبط طولها بتكرار الرياح بحسب الاتجاه فقط، ولا تصنف فيه إلى خفيفة ومتوسطة وشديدة.



خريطة (37): وردات الرياح في مطارات بنسلفانيا

Damascus University

الفصل السابع: كارتوغرافية الحاسب
Computer-Cartography

7-1- تعريف الخريطة الرقمية والخريطة الورقية.

7-2- أهمية كارتوغرافية الحاسب.

7-3- نقاط التشابه بين الخرائط التقليدية (الورقية) والخرائط الحاسوبية (الرقمية).

7-4- الخرائط التفاعلية.

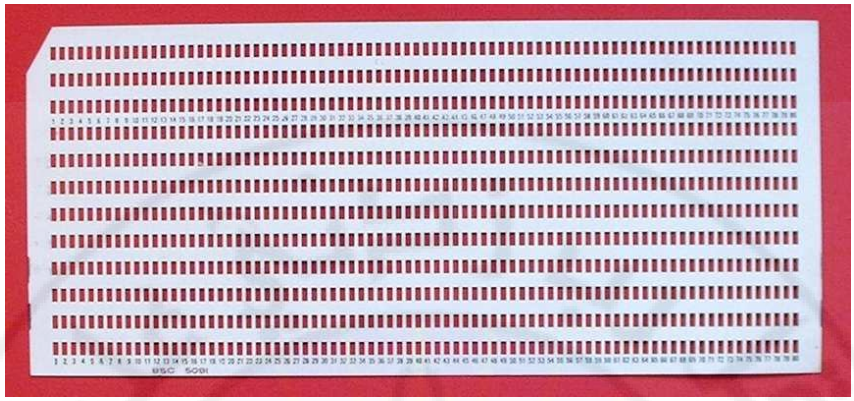
الفصل السابع: كارتوغرافية الحاسب

يُعد الحاسب في الوقت الحاضر ضرورة لواضعي الخرائط لما تتميز به هذه التقنية من السرعة والسهولة في إدخال البيانات الجغرافية، وتخزينها، وإخراجها، واسترجاعها وقت الحاجة، وتعديلها وقت الضرورة، فضلاً على إجراء مقارنة للمعلومات الجغرافية والتحليل، وتتميز كل مرحلة من مراحل إنتاج الخريطة أو إعادة إنتاجها بالمرونة والدقة.

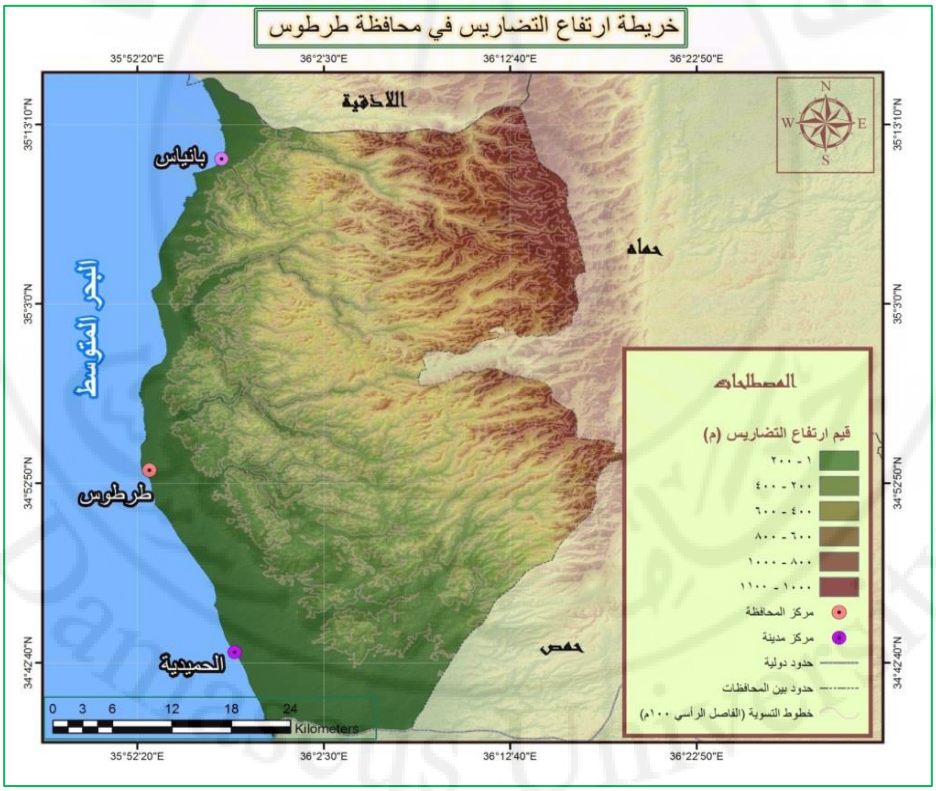
تعود كارتوغرافية الحاسب إلى النصف الثاني من القرن العشرين، ويُعد مقال توبلر W.TOBLER* المنشور عام 1959 في المجلة الجغرافية بعنوان "الأتمتة والكارتوغرافية" "Automation and cartography" أول ما نُشر عن كارتوغرافية الحاسب. ووصفت الخريطة في هذا المقال على أنها نوع من البيانات المخزنة (Tobler 1959) حيث كانت وسائل الإدخال والإخراج تعتمد على البطاقات المثقبة. **انظر الشكل (51)**.

وحتى بداية الستينيات كانت خطوط الكونتور "خطوط التسوية" Contour Lines تُرسم بوساطة الكارتوغرافيين يدوياً، الذين استخدموا في ذلك معرفتهم في تحديد مواقع المناطق، بالإضافة إلى فهمهم للشكل الذي ستبدو عليه الخريطة. وعندما ظهر الحاسب أصبح من السهل جداً تمثيل التضاريس وخطوط الكونتور اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM). **انظر الخريطة (38)**.

* **Waldo Rudolph Tobler:** (1930 – 2018م) هو جغرافي ورسام خرائط أمريكي سويسري. يعد توبلر واحداً من أكثر الجغرافيين ورسامي الخرائط تأثيراً في أواخر القرن العشرين وأوائل القرن الحادي والعشرين.



شكل (51): البطاقة المثقبة



خريطة (38): ارتفاع التضاريس في محافظة طرطوس اعتماداً على DEM بدقة 30م

وفي عام 1964 نظم كل من بكمور وبويل Bicmore and Boyle أول مؤتمر حول نظام أتمتة الخرائط. وفي عام 1968 تحقق في هارفرد إنجازان مهمان؛ هما:

الأول: وضع نظام حاسوبي جديد يمكن من إعادة إنتاج نماذج من الخرائط القديمة ثم أتمتة معظم التقانات الكارتوغرافية المعقدة كالتظليل.

الثاني: الاهتمام بتدريب مجموعة من الكارتوغرافيين على كارتوغرافية الحاسب ودخولها العمل. وتميزت هذه الفترة بتنوع البيانات، وسرعة الحصول عليها، فضلاً عن أن تطور البرامج أدى إلى إيجاد برامج لها القدرة على إنتاج خرائط جديدة، أو إعادة الخرائط اليدوية. ومن ثم الحصول على أنواع مختلفة من التمثيل الكارتوغرافي Cartographic representation. وفي عام 1976 شرح توبلر بالتفصيل الأساس الرياضي والنظري للكارتوغرافية ودور الكارتوغرافيين في استخدام عمليات وضع الخرائط.

حتى ذلك الوقت لم يكن مفهوم الكارتوغرافية الآلية مستخدماً؛ ففي الثمانينات استخدم موريسون Morrison مفهوم الكارتوغرافية بمساعدة الحاسب

*Computer-assisted-cartography بدلاً من الكارتوغرافيا الآلية[1] Automated cartography، وذلك لأن الأتمتة كانت بحاجة إلى وقت طويل أولاً والتغيرات التي حدثت لم تكن منتظمة ثانياً.

يمكن تقسيم المراحل التي مرت بها كارتوغرافية الحاسب إلى ثلاث مراحل؛ هي:

المرحلة الأولى: مرحلة الستينيات، تتضمن معارضة استخدام هذه التقنية وتجاهل وجودها.

المرحلة الثانية: هي مرحلة تكرار التجارب السابقة والتقانات القديمة وذلك من خلال إنتاج أقلام وألواح رسم وترقيم جديدة من أجل إبعاد كارتوغرافية الحاسب عن أذهان المهتمين.

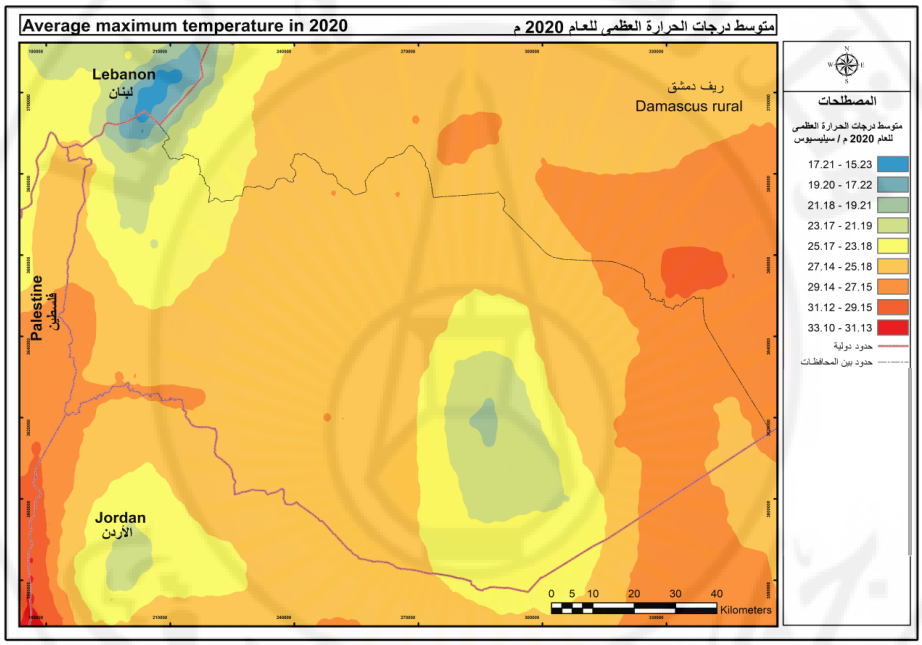
المرحلة الثالثة: مرحلة إيجاد الأدوات والوسائل الكاملة التي تحتاجها كارتوغرافية الحاسب، وهذا نتج عنه نسيان الكارتوغرافية القديمة واستخدام التقنية الحديثة، وهذه المرحلة مازالت مستمرة حتى الآن وتميزت بخصائص عدة؛ أهمها:

---

[1] **الكارتوغرافيا بمساعدة الحاسب:** تعني استخدام الحاسب الخاص بالرسم في إنتاج الخرائط.

***الكارتوغرافيا الآلية:** الإجراء الذي يُعالج فيه البيانات وتُرسم الخرائط بالحاسب ووسائل الرسم الأخرى كالشاشة والطابعة والراسم.

- صغر حجم الحواسب وقلة تكلفتها.
- تحسين قدرة تخزين الحواسب إذ تتوافر الآن أجهزة تخزين جديدة منها، تقنيات السيد روم CD–ROOM، وDVD والفلاشات وغيرها، بالإضافة إلى تطور تقنية الطباعة والإخراج، فصار هناك إمكانية لإنتاج الخرائط الرقمية، لا سيما خرائط الطقس **انظر الخريطة (39)**، فضلاً عن أنه يمكن إعادة طباعة الخرائط على الورق باستخدام طرائق جديدة.



خريطة (39): متوسط درجات الحرارة العظمى في الإقليم الجنوبي من سورية للعام 2020 م

7-1-تعريف الخريطة الرقمية والخريطة الورقية:

تُعرف الخريطة بأنها تمثيل مصغر لسطح الأرض أو جزء منه مبني على أساس رياضي، ويظهر توزيع المعالم الطبيعية والبشرية وحالتها وعلاقاتها باستخدام رموز خاصة منتقاة لوظيفة كل خريطة.

تُعرَف الخرائط الآلية على أنها: من الفروع التطبيقية للخرائط، وتهتم بالرسومات البيانية، والمُجسمات المُعدّة بالحاسب الآلي. وهي الحل الأمثل لكثير من المستخدمين للتعرف على بعض المناطق الجغرافية بسهولة بالغة وإمكانية إنجاز التحليلات المكانية والإحصائية بسهولة، ويرجع ذلك إلى المزايا الكثيرة والخصائص المتنوعة التي تتوافر في هذا النوع من الخرائط باستخدام برامج مختصة، وفيما يأتي مزايا الخرائط الرقمية:

- يساعد استخدام الخرائط الرقمية على تقليل مقدار الوقت الكبير في إتمام عملية الإنتاج؛ إذ يُحصل على كثير من المعلومات في مدة زمنية قصيرة جداً، وبذلك يكون تحديث المعلومات سريعاً وسهلاً.

- توفر التكلفة العالية التي تحتاج إليها كثير من الخرائط الورقية؛ إذ إن الاستخدام الآلي لهذا النوع من الخرائط يوفر كثيراً من العمالة المطلوبة في كثير من المهام. ومن ثم زيادة تكلفة المواد.

- تتميز هذه الخرائط بالتقدم والتحسين المستمر في جميع خدماتها وأدواتها؛ إذ يجري التعرف على كثير من المناطق والطرق الواسعة ببساطة لا تتطلب تعقيدات كالتي تحتاج إليها بعض الأنواع الأخرى من الخرائط.

- دقة التمييز العالية: إذ توضح هذه الخرائط الرقمية الأماكن التي يجري البحث عنها بشكل دقيق ومختلف، ويمكن استخدامها في كثير من المهام والأعمال المطلوبة.

- تُساعد على تعزيز الاستقرار والاتساق الموجود في جميع البيانات الموجودة فيه، وهذا أمر مهم وضروري، ولا سيما في موضوع الوحدات الإحصائية.

لا يمكن الاستغناء عن الخرائط الرقمية والخرائط والورقية في الدراسات المكانية المتنوعة مع تشابهما في كثير من الخصائص واختلافهما في بعضها الآخر:

1. تتميز الخرائط الرقمية كلها بإمكانية تحديثها أو تطويرها بسهولة، ومن ثم يمكن تحديث قاعدة بياناتها؛ بخلاف الخرائط الورقية التي لا يمكن تحديثها بأي حال من الأحوال، لوجود هذه الأماكن وتسجيلها على الورق، وهذا يؤدي إلى صعوبة تغيير الأماكن على الخريطة وصعوبة تحديث بياناتها.
2. تختلف الخرائط الورقية عن الخرائط الرقمية في أنها ثابتة؛ فهي تمثيل مباشر لجميع الأماكن والمواقع في العالم في فترة تمثيلها، ومن الصعب تغيير هذه الأماكن لوجود نسخة أقدم وأقدم. بالمقابل، جميع الخرائط الرقمية ديناميكية، ومن ثم يمكن تغييرها وفقاً للوضع الجديد للمكان أو الموقع.
3. من السهل الوصول إلى الخرائط الورقية، إذ تُسجل وتُحفظ في أماكن محددة يسهل الوصول إليها، ومن ثم فهي لا تحتاج إلى ميزة الاتصال بالإنترنت، والتي لا تتوافر في كثير من الأماكن وفي كثير من الأوقات.
4. يجب أن تكون الخرائط الرقمية التفاعلية متصلة بالإنترنت حتى يمكن الوصول إليها، ومن ثم فهي مرتبطة بشروط معينة وتحتاج إلى اتصال إنترنت قوي حتى يمكن الوصول إليها بسهولة، في حين يسهل الوصول إلى الخرائط الورقية؛ إذ أنها تكون مُسجلة ومحفوظة في أماكن محددة يسهل الوصول إليها، ومن ثم فإنها لا تحتاج إلى خاصية الاتصال بالإنترنت التي لم تتوافر في كثير من الأماكن وفي الكثير من الأوقات.
5. تحتاج الخرائط الورقية إلى أماكن خاصة بها ومحددة حتى تُخزن أو توضع فيها، ومن الضروري أن تكون هذه الأماكن مؤهلة حتى لا تؤثر في جودة هذه الخرائط الورقية.
6. قد تكون الخرائط الورقية أساساً لوضع الخرائط الرقمية.

7-2-أهمية كارتوغرافية الحاسب:

لا يستطيع الكارتوغرافي في الوقت الحاضر الاستغناء عن الحاسب في وضع الخرائط الرقمية والتفاعلية، لما تتميز به هذه التقنية من السرعة والسهولة في إدخال البيانات الجغرافية، وتخزينها، وإخراجها، وتعديلها بالإضافة إلى إجراء عمليات التحليل واتخاذ القرارات ووضع الاستراتيجيات والحلول المناسبة، وتتميز كل مرحلة من مراحل إنتاج الخريطة أو إعادة إنتاجها بالمرونة والدقة.

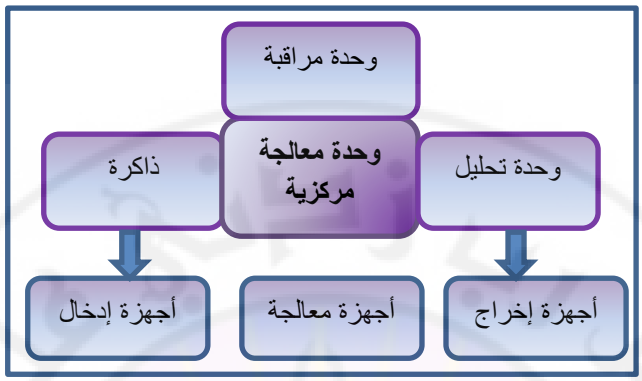
تتألف كارتوغرافية الحاسب من مكونات أساسية: انظر الشكل (52)

أولاً: الأجهزة Hardware: وتدعى المكونات الصلبة، وتحتوي الآلات التي تقوم بالعمليات الكارتوغرافية؛ وتتكون من:

1-الحواسب **الشخصية Personal computers**:وتحتوي وحدة معالجة وتخزين رئيسة Central Processing (CPU)، تحتوي وحدة التحليل Arithmetic Unit، ووحدة الضبط Control Unit، والذاكرة Memory. **انظر الشكل (53)**. تُستخدم هذه الحواسب في المكاتب الصغيرة والأعمال الخاصة، وتختلف باختلاف سعة التخزين وسرعة المعالجة.



شكل (52): مكونات الحاسب



شكل (53): مكونات وحدة المعالجة الرئيسة

تدخل البيانات إلى الذاكرة الرئيسة بإحدى وسائل الإدخال، وتُخزن بحسب توجيه وحدة الضبط، وعند الحاجة إلى تحليلها تسحبها وحدة الضبط من الذاكرة وترسلها إلى وحدة التحليل، وبعد التحليل تُرسل النتائج إلى الذاكرة ثانية في أشكال مختلفة، وتُخرج وقت الحاجة إليها.

من حيث سعة التخزين: يجري التخزين الدائم على الحاسب فيما يُسمى بالذواكر الصلبة أو الأقراص الصلبة، التي تطورت سعاتها بشكل مذهل في السنوات الأخيرة، وما زالت تواصل هذا التطور بنفس السرعة.

- حواسب شخصية كانت ذواكرها صغيرة تُقدر بالكيلوبايت في السبعينيات، تطورت بسرعة كبيرة لتصل في عام 2024 إلى 32 غيغا بايت.
- حواسب كبيرة كانت تقدر سعات ذواكرها بالميغا بايت Megabytes في السبعينيات، وتصل حالياً إلى عشرات من الجيغا بايتات حتى التيرا بايت.
- أما الذواكر المؤقتة، أو ما يسمى الرام –RAM فقد بدأت متواضعة، ووصلت حالياً إلى التيرا بايت في الحواسب الشخصية.

وتُقاس سرعة المعالجة بعدد العمليات، أو عدد النبضات في الثانية التي يقوم بها الحاسب. وهذه تطورت السنوات الست الأخيرة من القرن العشرين من100 ميغا هرتز إلى ما يزيد على 5 جيجا هرتز في أحدث الحواسب في القرن الحالي.

2–محطات التشغيل Work Stations: تُستخدم في المعامل والمؤسسات الحكومية الكبيرة، ويتم فيها معالجة ملايين الملايين من التعليمات في الثانية.

1-وسائل الإدخال Input device:

إن الهدف الأساسي من كارتوغرافي الحاسب إدخال المعطيات ومعالجتها، ثم إنتاج الخرائط والرسوم المختلفة، لذلك فإن وسائل الإدخال هي الأجهزة التي نستطيع بوساطتها إدخال البيانات والخرائط والصُور وغيرها إلى الحاسب، وتتألف من:

- **شاشة الحاسب Computer Screen:** يمكن إدخال البيانات إلى الحاسب من شاشة الحاسب، وذلك باختيار عينات من الرموز والجداول أو الرسم من الشاشة، ثم حفظ المدخلات في ملف خاص، أو يمكن دمجه مع غيره من المعلومات.
- **لوحة المفاتيح Key board:** تُستخدم في إدخال البيانات والتعليمات والأوامر بضغط المفاتيح المطلوبة على اللوح ثم تخزينها، وتُستخدم لإدخال الأرقام والحروف والنصوص إلى الحاسب.
- **الفأرة Mouse:** تُستخدم في إدخال الحقول أو المظاهر المختلفة. إذ يجري اختيار الظاهرة أو قائمة الرسوم أو الحقل وذلك بالضغط على زر الفارة ثم نقلها أو تحريكها من مكان إلى آخر.
- **الأقراص الممغنطة (فلوبي ديسك) Floppy Disk:** استُخدمت الأقراص الممغنطة في تخزين المعلومات والبيانات، والصور الفضائية والمرئيات صغيرة الحجم نسبياً. ولكنها في نفس الوقت كانت إحدى وسائل الإدخال، لأنها تحتوي تقرأها أجهزة خاصة ثم تُرسل إلى ذاكرة الحاسب. لكنها لم تعد مستخدمة في أكثر الحواسب بسبب إمكانية تخزينها الضعيفة.
- **الأقراص الليزرية CD ROMs:** حاملة معطيات رقمية كبيرة السعة، تصل سعة القرص الواحد إلى أكثر من 16 جيجابايت.
- **المرقم Digitizer أو ألواح الترقيم Digitizing tablets:** وهو أنظمة دقيقة (لوحة إلكترونية معدة بطريقة علمية) تُستخدم في إدخال البيانات ذات البعدين (الخرائط والأشكال المساحية أو الخطية، أو الأشكال التي تنتشر على شكل نقاط)، وهذه المرقمات نوعان:
  - شبه آلية Semi-automatic-digitizing.
  - آلية Automatic-digitizing .

والمرقمات ألواح صغيرة أو كبيرة بأحجام مختلفة؛ الصغيرة أحجامها بحجم الورقة، والكبيرة أبعادها 1.5م ،2م.

يمكن وضع المرقمات الصغيرة على طاولة، أما المرقمات الكبيرة فتوضع على حامل خاص، وتحتوي نافذة يمر منها مأخذ الطاقة، وأحياناً تحتوي عدداً من النوافذ تستخدم في مرور مؤشر المرقم، ويحتوي المؤشر أزراراً عدة تُحرك المؤشر إلى النقطة ثم يضغط الزر لإدخال النقاطة المطلوبة.

- **الماسح Scanner:** هي أجهزة متصلة بالحاسب الآلي تُستخدم في إدخال بيانات الصور الجوية والمرئيات الفضائية والخرائط إلى الحاسب، عن طريق رأس حساس للضوء يمرر على الصورة أو المرئية لإدخالها إلى الحاسب. وتتوافر الآن ماسحات الفيديوVideo Scanner، التي تشبه آلة التصوير التلفزيونية؛ إذ توضع الصورة أو المرئية تحت آلة التصوير، ثم تظهر الصورة على الشاشة. ويمكن تخزينها على أقراص أو إعادتها ثانية من خلال شريحة الفيديو بوصفها مرئية تلفزيونية. تتصف معظم الماسحات بقدرة تميز عالية.

2-وسائل الإخراج Output devices:

هي أجهزة يجري بوساطتها إخراج المعطيات من الحاسب يمكن طباعة الخرائط على ورق أو شفافيات أو سلايدات، وطباعة الخريطة تُعد المرحلة النهائية أو الأخيرة في خرائط الحاسوب، وهناك أنواع متعددة تُستخدم لهذا الغرض.

- **الشاشةMonitor** : تستخدم في كل التطبيقات (كلمات ونصوص، ورسوم، وأشكال، وغيرها...)
- **الطابعة Printer** تتعلق نوعية الطابعة بعدد النقاط التي تتم بكل خط وتقاس بـ dpi (Dots per inch) وهي أربعة أنواع: طابعة نقاطية إبرية، طابعة نافثة للحبر ملونة، طابعة ليزرية، طابعة ثلاثية الأبعاد.
- **الراسم Plotter:** هي طابعة ذات رؤوس تثبت فيها أقلام رسم بألوان وثخانات مختلفة، ويُسمى الراسم بحسب حجم الورق وعدد الأقلام المستخدمة في الرسم، وعدد الألوان التي يمكن فرزها بحسب الأقلام هناك:

راسمات تحتوي (4،8،16،24 أقلام)، وأخرى تمزج ألواناً تصل إلى 255 لوناً.

وتُعد الراسمات من أكثر أنواع الأجهزة المستخدمة في إخراج نتاج كارتوغرافية الحاسب، حيث ترسم الخرائط والأشكال على الورق، أي: تحويل المعطيات الرقمية أو قلبها وإعادتها بشكل معلومات مطابقة Analog information.

3- وسائل تخزين Storage devices

تُعد وسائل التخزين مهمة جداً في وضع الخرائط، وهناك وسائل تخزين عدة؛ وهي:

- القرص الصلب، والتخزين فيه سريع وسهل، وسعة تخزينه كبيرة جداً.
- قرص صلب خارجي، يمكن وضعه وتبديله بين حاسب وآخر.
- الأشرطة المغناطيسية.
- الأقراص المضغوطة CD-ROM.

ثانياً: البرامج Soft wares:

أنظمة تجري العمليات المختلفة: ربط الأجهزة، وإدخال البيانات ومعالجتها وإخراج النتائج. ومن المعلوم أن معظم الخرائط الآلية في الوقت الحاضر جزء من أنظمة كبرى، كأنظمة المسح والتحليل الإحصائية. ويمكن تغطية كارتوغرافية الحاسب من خلال نظام المعلومات الجغرافية GIS الذي يُعد نظاماً لإدخال المعطيات المكانية ودمجها وتحليلها وإدارتها، بالإضافة إلى وضع الخرائط الآلية.

وهناك نوعان من البرامج؛ الأول: مخصص للأنظمة الكبيرة، والثاني: للأنظمة الصغيرة. ستعرض البرامج المستخدمة في الأنظمة الصغيرة. وذلك لأنها تستخدم في الحوا سيب الشخصية PC.

يمكن تقسيم البرامج التي تُستخدم في وضع الخرائط كما يأتي:

- برامج معدة لمعالجة المرئيات الفضائية Soft wares for Image Processing:
  يتوافر منها ERDAS IMAGING و Sentinels SNAP.
- برامج نظم المعلومات الجغرافية Soft wares for GIS:
  منها: Map/ Info و Arc/ Info و Arc GIS و QGIS
- البرامج المخصصة لوضع الخرائط الإحصائية Soft wares for Statistical Mapping
- ومنها: Map Info، Atlas Graphic ، MapViewer، Surfer، ARC View. EASYMAP ، GeoStat ، GeoMap، Mercator، PolyPlot.

- برامج مخصصة للمساقط Soft wares for Projection:

من أهمها: Go cart، ويُستخدم أيضاً Cartographic Automated Mapping في وضع الخرائط، ويتوافر الآن برنامج مصغر منه وهو Microcomputer Automated Mapping.

- برامج التصميم بمساعدة الحاسب Computer Aided Design (CAD)

منها: Auto CAD، Design CAD.

ثالثاً: المعطيات الجغرافية Geographic Data:

تُعد المعطيات العنصر الأساسي في كارتوغرافية الحاسب، وتتألف هذه المعطيات مما يأتي:

- البيانات الرقمية Digital data، تُوضع في أعمدة وسطور.
- الخرائط Maps
- الصور الجوية والمرئيات الفضائية Satellite and aerial images.

وتحتوي الخرائط والمرئيات مظاهر جغرافية متنوعة متمركزة أو متجمعة، وتُدعى مظاهر نقطية (Dot features) كالمواقع التاريخية، والمناجم، والآبار، أو أبنية حكومية وغير حكومية، ومظاهر توجد على شكل خطوط، وتدعى بالمظاهر الخطية (Line features)، كشبكة النقل والشبكة المائية، وشبكة الصرف الصحي، وأقنية الري، وخطوط السواحل وغيرها، والمظاهر المساحية (Polygon features) التي تنتشر في الطبيعة في مساحات معينة، كالتضاريس، وأنواع التربة وأنواع الصخور، واستعمالات الأراضي والمسطحات المائية وغيرها. هذه المظاهر المتنوعة يمكن إدخالها إلى الحاسب بالوسائل التي ذُكرت سابقاً.

أخيراً يمكن القول: إن خرائط الحاسب تطورت بسرعة في العقدين الأخيرين للأسباب الآتية:

- يتوافر كثير من البيانات المكانية بشكل رقمي أو بشكل يُمكن الحاسب من قراءته، فيستطيع مستخدمو الخرائط اختيار المظاهر والحصول على الخرائط المطلوبة.
- أتاحت خرائط الحاسب للكارتوغرافيين ومستخدمي الخرائط الآخرين إمكانية التجريب قبل إخراج الخريطة بشكل نهائي، فإذا كانت النتائج النهائية غير مرضية يمكن إعادة الرسم في وقت قصير وجهد قليل إذا ما قيس بما يُبذل من جهد في الطرائق اليدوية.

- إمكانية دمج الخرائط الرقمية مع أنواع أخرى من البيانات المكانية في نظام المعلومات الجغرافية الذي تعد الخرائط والأشكال الكارتوغرافية الناتج النهائي فيه.
- توفير الوقت والجهد والمال في وضع الخرائط.

ومما سبق تتلخص أهمية كارتوغرافية الحاسب بما يأتي:

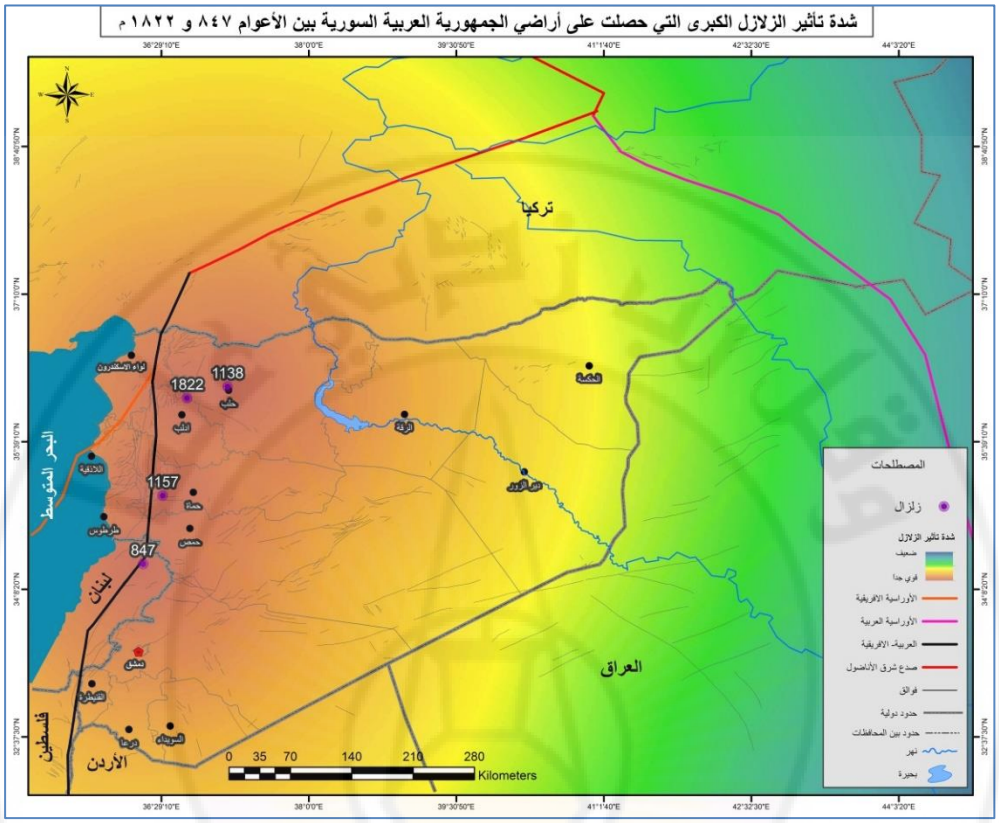
1-قدرة الحاسب على تخزين المعلومات الكارتوغرافية المساعدة، ومن ثم إمكانية استخدامها في وضع الخرائط وتداولها بسرعة؛ فالخريطة التي أُنجزت باستخدام برنامج Arc GIS يمكن تعديلها بسهولة، وإعادة رسمها من جديد من قاعدة البيانات الخاصة بها، ويمكن تعديل قاعدة البيانات وتحديثها أيضاً عندما تتوافر المعطيات الجديدة، ومن ثم تحديث الخريطة أيضاً، على حين أن رسم هذه الخريطة يدوياً يحتاج إلى وقت طويل أولاً، كما أن تعديلها وإعادة رسمها أمر صعب جداً لأنه يتطلب رسماً جديداً ووقتاً طويلاً ثانياً.

2-صارت العمليات الكارتوغرافية أسرع مما كانت عليه في السابق، لاسيما إنتاج الخرائط الذي يعتمد على تفسير المرئيات الفضائية والجوية ومعالجتها الذي تزايد بشكل خاص بعد استخدام نظام خرائط الحاسب Computer mapping system .

3-تزايد وضع الخرائط الخاصة Thematic maps ولا سيما الإحصائية والتحليلية منها، وهذا بدوره أدى إلى وضع الخرائط الاقتصادية والبشرية وخرائط شدة خطورة الكوارث الطبيعية **انظر الخريطة (40)** وتعديلها بسرعة كبيرة، لا سيما أن المعطيات البشرية والاقتصادية والطبيعية سريعة التغير وتحتاج إلى سرعة في الإنجاز.

4-استخدام أنظمة مسح أخرى، كنظام تحديد المواقع الأرضية GPS Global Positioning System الذي يُعد من أدق الأنظمة في تحديد المواقع، والمظاهر على سطح الأرض التي تصل أبعادها إلى بضعة سنتيمترات. يعتمد هذا النظام على وجود مستقبل يحول الإشارات التي تبثها الأقمار الخاصة بتحديد المواقع الأرضية. ويحتاج إلى حاسب صغير مع معالج يمكن حمله باليد، أو وضعه في السيارات. يستطيع هذا الجهاز أن يعطي إحداثيات الطول والعرض والارتفاع، فضلاً على تحديد مواقع السيارات وغيرها من الأهداف، وأفضل الطرق المقترحة للسير والطرق البديلة؛ مثلاً: الطريق الأقصر والأسرع، ويقلل من استهلاك الوقود، بربط هذا النظام بقاعدة معلومات مكانية، محملة على أحد برمجيات نظم المعلومات الجغرافية.

5-تطور وضع الخرائط تطوراً كبيراً مع تحسن قدرة التمييز.



خريطة (40): شدة تأثير الزلازل الكبرى التي حدثت في الأراضي السورية بين الأعوام (847-1822م)

7-3-نقاط التشابه بين الخرائط التقليدية (الورقية) والخرائط الحاسوبية (الرقمية):

تتشابه الخرائط الورقية مع الخرائط الرقمية بما يأتي:

- تُمكن كل منهما من توضيح العلاقة المميزة بين الإنسان والبيئة والتشابه والاختلاف بين المواقع الجغرافية.
- تساعد كلٍ منهما في حساب المسافات والمساحات للمظاهر الجغرافية.
- يُعتمد عليهما في توضيح سطح الأرض وكل أجزائه بطريقة مثالية لا يمكن الاستغناء عنها.
- يمكن استخدام الخرائط في أي مكان (الأرض، والجو، والبحر)، حيث توضح معالم الطرق وتفاصيلها، ومن ثم يمكن تفادي وقوع كثير من الحوادث المرورية الكثيرة.

- الخرائط بجميع أنواعها هي صورة رمزية (بيانية) للكرة الأرضية، وبهذا المعنى فإن كثيراً من علماء الاتصال والجغرافية يَعُدون الخريطة أداة اتصال مهمة وواسعة الانتشار بالنظر إلى أن الاتصال البياني مكونٌ أساسيٌ في كل العلاقات الحضارية.
- يحتاج الإنسان المعاصر إلى الخريطة – لا سيما الرقمية – في أعقد الأشياء وأبسطها على حدٍّ سواء، من رغبته بوصفه عسكرياً في تحديد موقع العدو وإدارة المعركة ضده، أو في احتياجه بوصفه جائعاً إلى أقرب مطعم للبيتزا. وما بين التعقيد والبساطة تتدرج كثير من الاحتياجات لخريطة دقيقة وبسيطة.
- يحتاج الإنسان إلى الخريطة لتحديد اتجاهات السير، كما يستخدمها المعماريون والمهندسون في الإنشاءات، ويحتاج إليها الجيولوجيون للتنقيب عن المعادن، والمعلِّمون في تدريس طلابهم.
- فالخريطة، فضلاً على ضرورتها العملية، تُعد أداة من أدوات البحث العلمي، تُستخدم في معرفة كثير من العلوم الطبيعية واستنتاجها كالجغرافيا الطبيعية، والمناخية، والجيومورفولوجية، والتربة، والمياه، والبحار والمحيطات وغيرها. وتُستخدم أيضاً في العلوم الإنسانية كعلم الاجتماع والجغرافيا البشرية والعلوم المتصلة بها، وتُفيد كثيراً في العلوم الإدارية لا سيما في مجال التخطيط وإدارة المشاريع.
- وتوفر الخريطة عامة من المعارف ما لا تستطيع المادة المسموعة والمقروءة تقديمه للإنسان ويتساوى الجميع في الحاجة إليها.

7-4-الخرائط التفاعلية (Interactive Maps)

يمكن تعريف الخرائط التفاعلية بانها الخرائط التي تسمح بالتكبير والتصغير، والتحريك، وتحديد ميزات محددة، والاستعلام عن البيانات الأساسية بحسب الموضوع أو مؤشر محدد (مثلاً: الحالة الاجتماعية والاقتصادية)، وإنشاء تقارير ووسائل أخرى لاستخدام معلومات محددة في خريطة أو تصورها.

يُستخدم نظام المعلومات الجغرافية (GIS) لعرض البيانات الدقيقة على الخريطة من خلال العمل في نظام الطبقات، تُوضع المستويات المختلفة للمعلومات الجغرافية بعضها فوق بعض. على خلاف الخرائط الثابتة، تتمتع الخرائط التفاعلية بعدد من المميزات المصممة لتحسين عرض كمية كبيرة من البيانات المعقدة.

خصائص الخريطة التفاعلية:

- القدرة على إنشاء طبقات من المعلومات يمكن إظهارها أو إخفاؤها بنقرة زر واحدة.
- إضافة مربعات نصية إلى نقاط البيانات التي تظهر عند النقر عليها لتقديم ملخص أو وصف سريع.
- وظائف التكبير/التصغير التي تتيح للمستخدمين التركيز على تفاصيل منطقة معينة أو الحصول على نظرة عامة سريعة على منطقة أوسع.
- يمكن تحديث البيانات بسرعة، وتكون هذه التحديثات شفافة للمستخدمين.
- يمكن ربط النقاط الموجودة على الخريطة بمستندات داعمة خارجية، مثل الصور أو الفيديو أو الرسوم البيانية.

لماذا تُرسم الخرائط التفاعلية في نظام المعلومات الجغرافية؟

- تكون طبيعة المشكلة وتوزيعها أوضح باستخدام طبقات الخريطة المختلفة لتقديم رؤى ومقارنات جديدة.
- توضح كيفية تأثير مشكلة ما في مجموعات سكانية ومناطق جغرافية مختلفة بسهولة.

- تتيح القدرة على اختيار طبقات المعلومات التي ستُعرض على الخريطة التفاعلية وعزل المتغيرات الفردية وفحصها.
- يمكن استخدام الخرائط التفاعلية في إعداد التدخلات وتنفيذها وتصميمها، من خلال توفير الأدلة التي يمكن استخدامها في قرارات التخطيط والتنفيذ، وأيضاً الأساس الذي يمكن من خلاله تسويغ تلك القرارات للممولين وصانعي السياسات.
- يمكن إظهار التغيير مع مرور الوقت، وتسليط الضوء على مكان نجاح البرامج والتدخلات وعدم نجاحها وكيفيتها.
- تتميز الخرائط التفاعلية بالمرونة؛ إذ يمكن تغيير المعلومات وعناصر التصميم وإعادة تنظيمها ومعالجتها، ما يؤدي في كل مرة إلى إنشاء تمثيل جديد يمكنه توضيح الظروف والعلاقات.
- تعد الخرائط التفاعلية أدوات قوية للعرض التقديمي (Presentation).
- يمكن أن تُساعد خرائط نظم المعلومات الجغرافية على التأثير في السياسة؛ فغالباً ما يعرف صناع السياسات، ولا سيما المسؤولين المنتخبين، معلوماتٍ قليلةً عن القضايا التي تؤثر فيها قراراتهم. ولأنها قوية جداً في تمثيل الظروف في منطقة ما يمكن لخرائط نظم المعلومات الجغرافية أن تساعد صناع السياسات على فهم القضايا على نحو أوضح وتؤدي إلى سياسات تعالج الواقع بطرائق عقلانية. **(رابينوفيتش، 2013)**

متطلبات إنشاء الخريطة التفاعلية:

حيث تُنشأ الخرائط التفاعلية من خلال نظام المعلومات الجغرافية (Arc GIS Online) ويجب توافر ما يأتي: **انظر الشكل (54)**

- أجهزة تتمتع بالقدرة على تشغيل برامج نظم المعلومات الجغرافية على نحو فعال.
- برنامج نظم المعلومات الجغرافية مع الإمكانيات التي تحتاج إليها.
- بيانات دقيقة على شكلٍ يمكن إدخاله في البرنامج.
- أشخاص مدربون على استخدام نظام المعلومات الجغرافية.
- قدرة كبيرة على صياغة الأسئلة التي تحاول الإجابة عنها باستخدام الخريطة التفاعلية، ونوع البيانات التي ستعمل بشكل أفضل في تنسيق الخريطة.

- مدى التحكم الذي تريده في التصميم والتخطيط النهائيين.
- نجاح البرنامج في دمج أشكال مختلفة من البيانات (هل يمكن إدخال البيانات بسهولة، يدوياً أو باستيرادها من البرامج التي تستخدمها، أم أنها ستحتاج إلى ترجمتها؟)
- هل سيجري برنامج رسم الخرائط الحسابات المطلوبة بسهولة؟ (حساب الكثافة السكانية مثلاً)

- عند تصميم الخريطة يجب أن تُختار طبقات المعلومات الأكثر فائدة لتضمينها لمعالجة أهداف المشروع المخطط لتنفيذه.



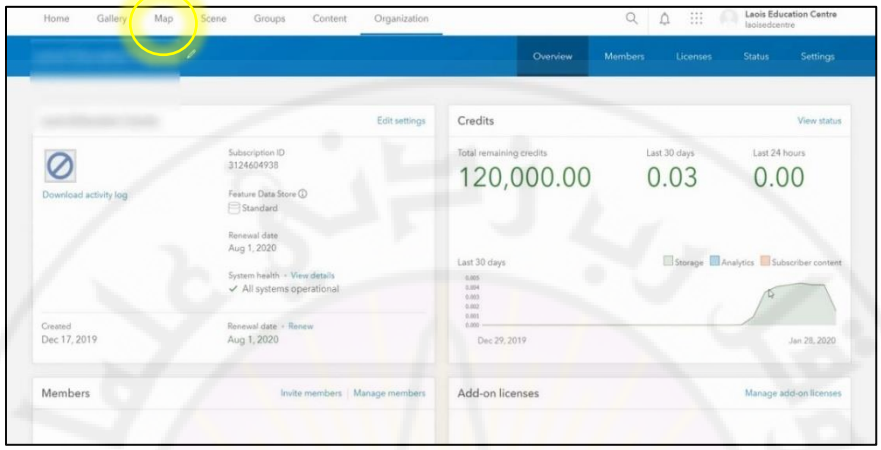
شكل (54): برنامج Arc GIS Online لإنشاء الخرائط التفاعلية

مثال تطبيقي لإنشاء خريطة تفاعلية:

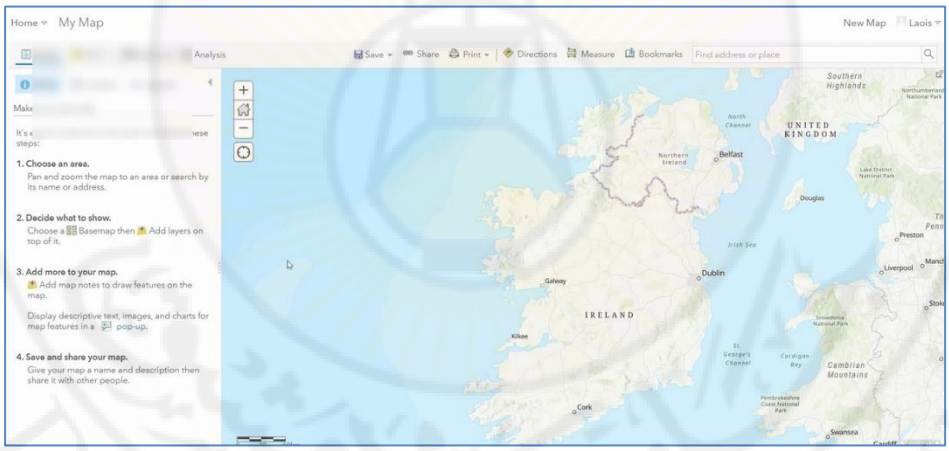
لإنشاء خريطة تفاعلية للزلازل حول العالم باستخدام Arc GIS Online يجب اتباع الخطوات الآتية:

أولاً: التسجيل وإنشاء حساب شخصي في موقع Arc GIS Online.

ثانياً: فتح أيقونة الخريطة (Map) لإنشاء الخريطة التفاعلية الخاصة بك. **انظر الأشكال (55-56).**

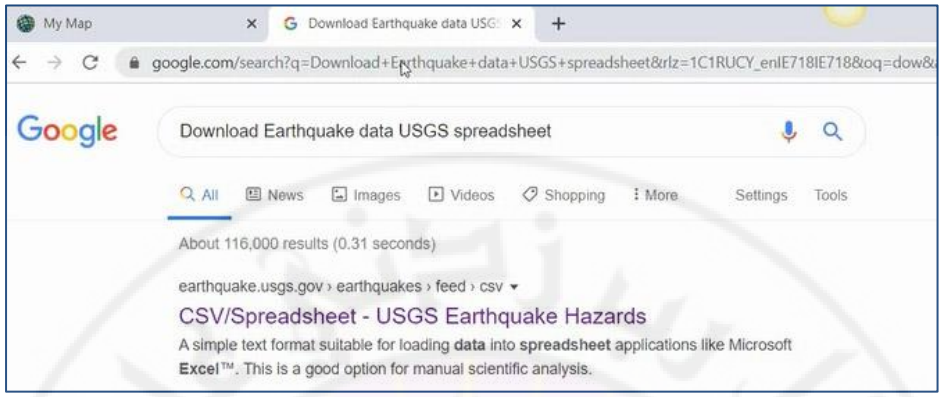


شكل (55): نافذة تطبيق Arc GIS Online

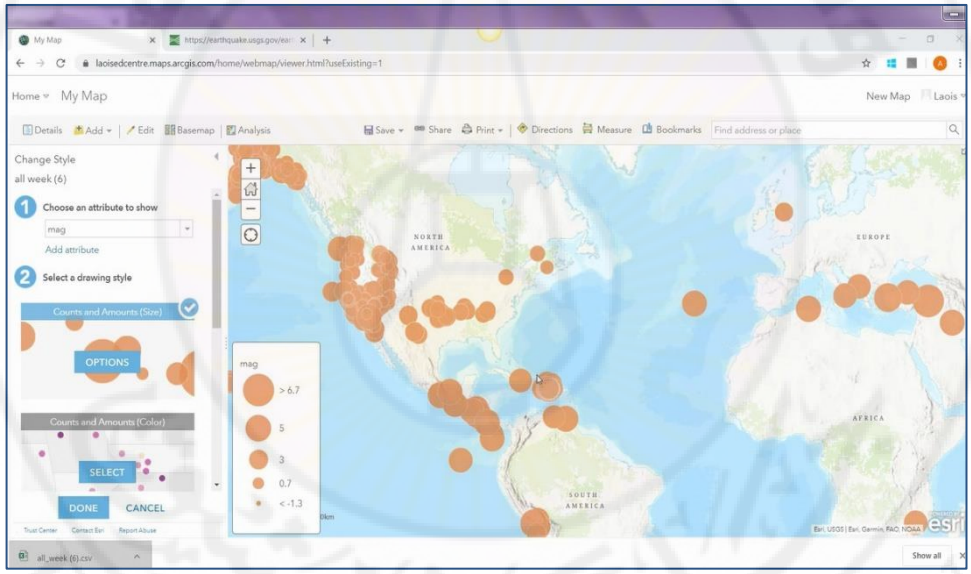


شكل (56): إنشاء مشروع على Arc GIS Online

ثالثاً: تحميل البيانات المراد إسقاطها على الخريطة، وهي هنا مواقع الزلازل مع شداتها (Magnitudes)، وحملت من موقع وكالة المسح الجيولوجي الأميركية (USGS) ومن ثم أُسقطت على الخريطة في Arc GIS Online بطريقة السحب. **انظر الأشكال (57-58).**

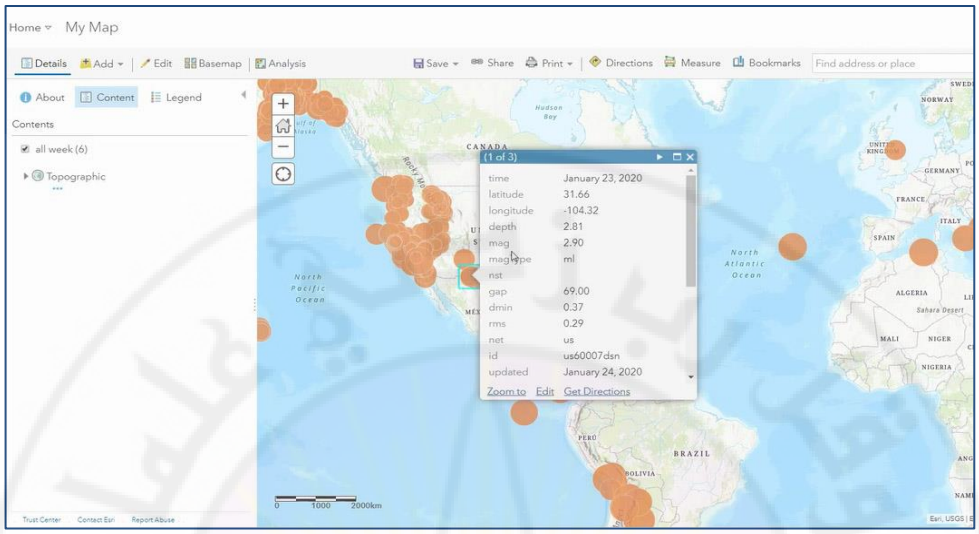


شكل (57): تحميل بيانات الزلازل بصيغة KML



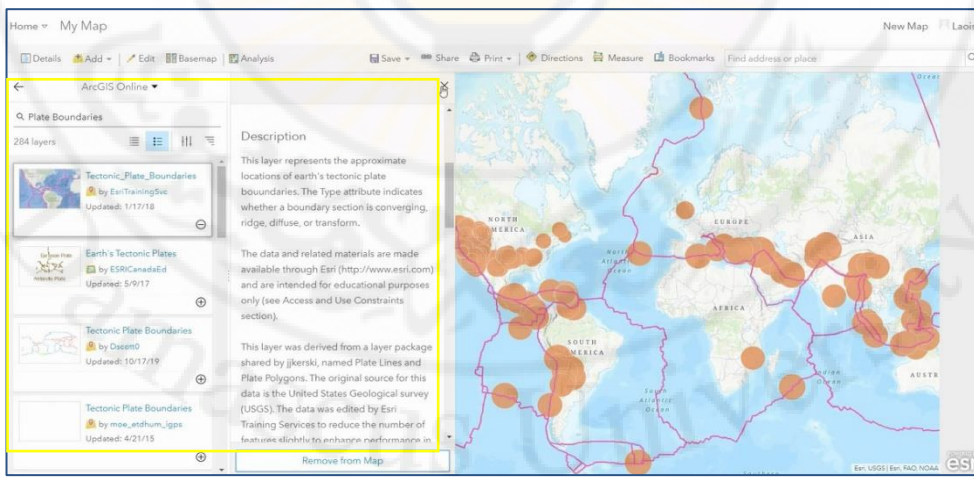
شكل (58): مواقع الزلازل بعد إسقاطها على خريطة ARC GIS Online

رابعاً: يمكن الاستعلام عن البيانات الخاصة بأي زلزال بالضغط على موقع الزلزال، فتظهر نافذة تحتوي تاريخ حدوث الزلزال مع إحداثياته، وعمقه، وشدته وبيانات أخرى. **انظر الشكل (59).**



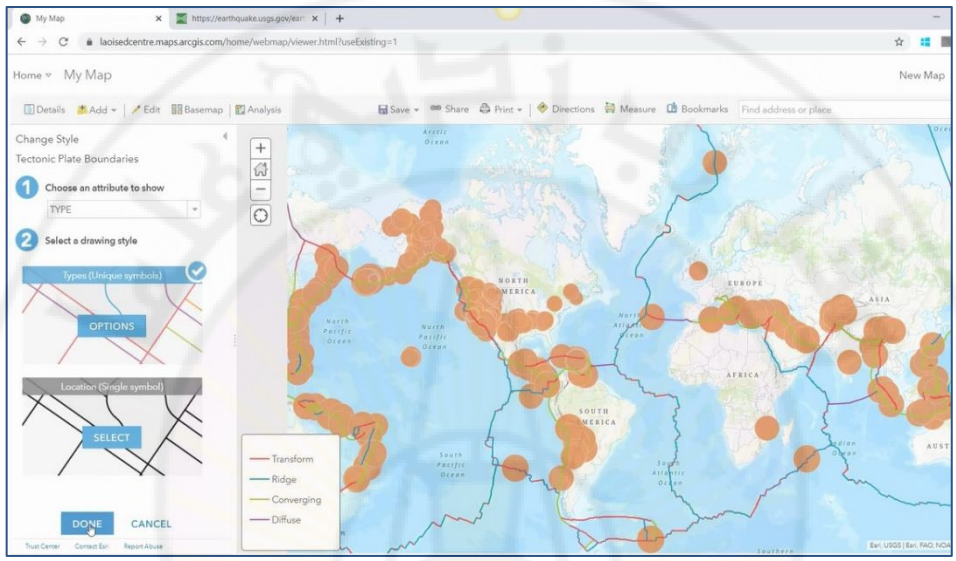
شكل (59): الاستعلام داخل Arc GIS Online

خامساً: يمكن الاستعلام عن سبب حدوث الزلزال في هذه المنطقة من أيقونة الوصف (Description) كشرح التموضع على الصفيحة التكتونية أو الصدوع والفوالق الموجودة في هذه المنطقة. **انظر الشكل (60)**

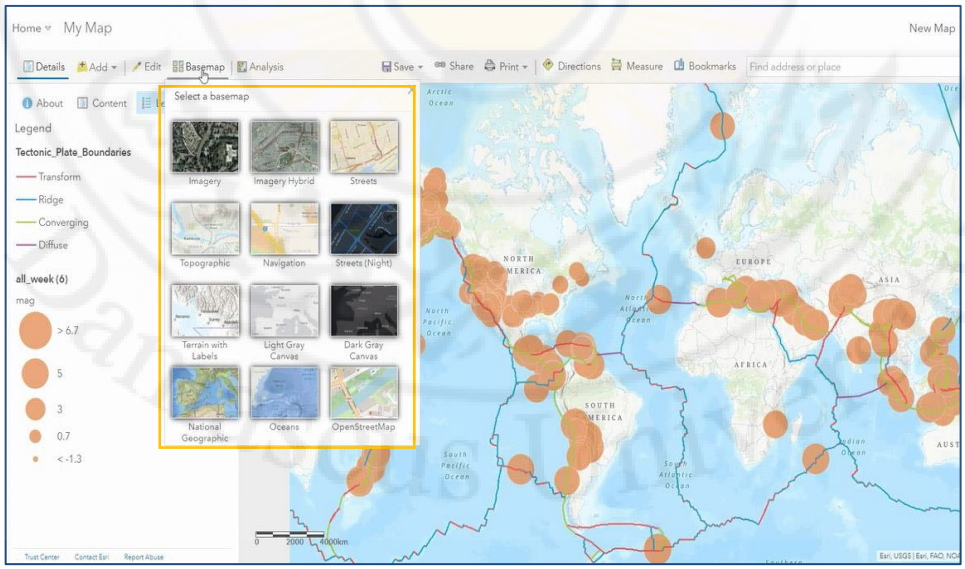


شكل (60): أيقونة الوصف داخل Arc GIS Online

سادساً: يمكن إضافة حدود الصفائح وأيضاً الفوالق، ويمكن تغيير خريطة الأساس (Base Map) كأن تكون إما صورة فضائية وإما طبوغرافية وغيرها. **انظر الأشكال (61-62)** التي توضح ذلك.



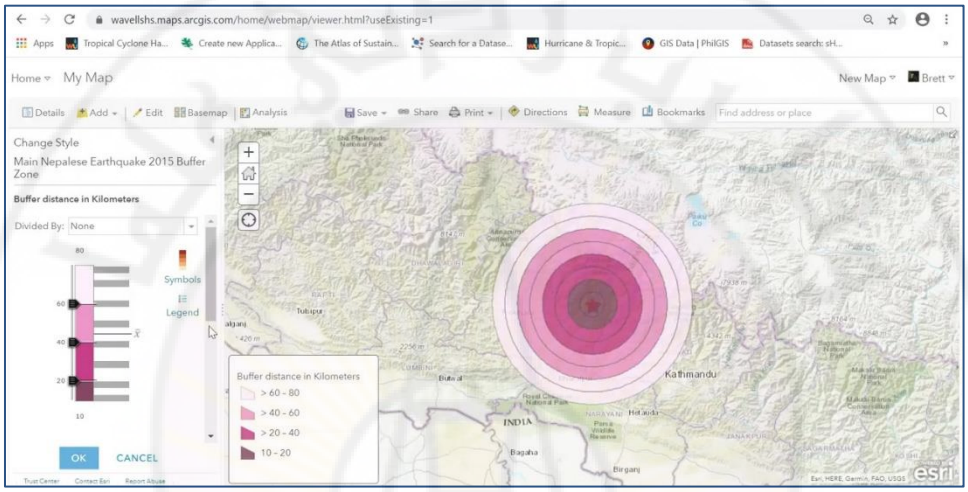
شكل (61): إضافة حدود الصفائح



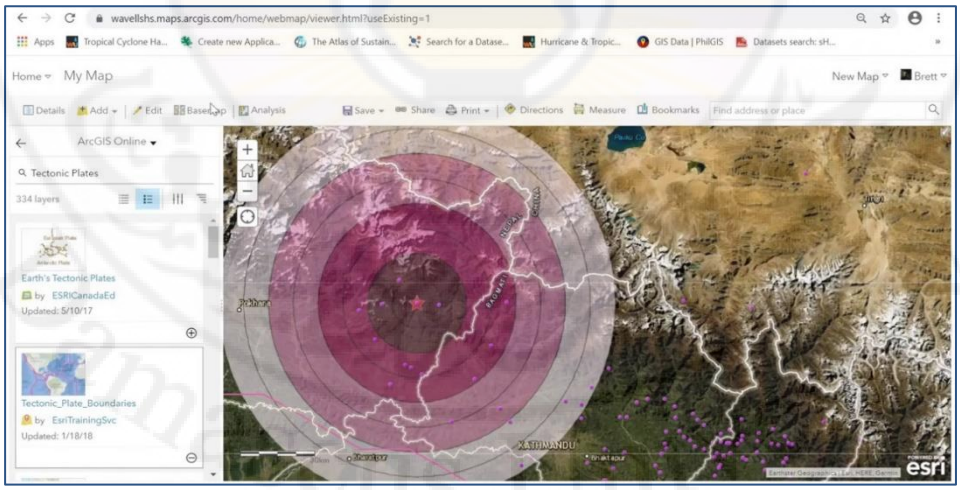
شكل (62): اختيار خلفية الخريطة Background

سابعاً: حفظ الخريطة بوصفها خريطة تفاعلية أو صورة من الأمر Save map ومشاركتها على الانترنت. **انظر الخريطة (43)** بعد إنشائها باستخدام Arc GIS Online

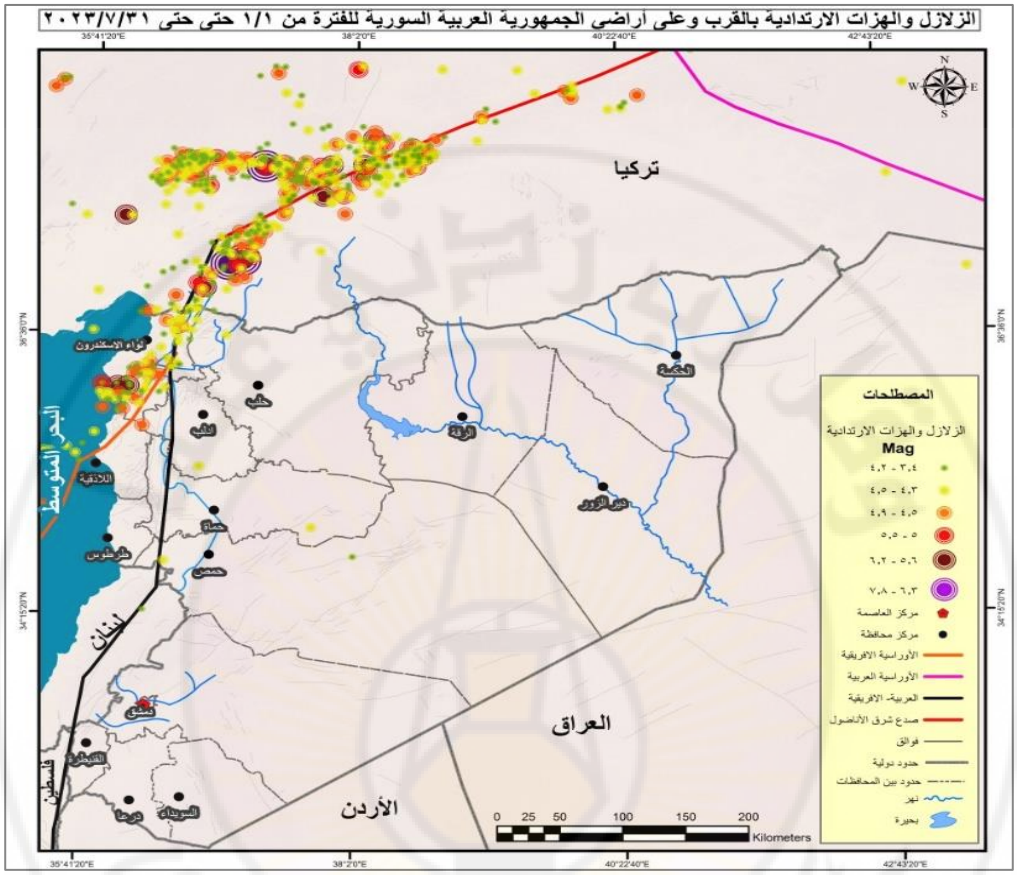
ثامناً: يمكن إجراء التحليلات المناسبة بحسب الظاهرة التي تُدرس، وهي هنا تحليلات نطاقات البعد عن بؤرة الزلازل، وشدة الخطورة. **انظر الأشكال (63–64)**



شكل (63): تحليل نطاقات البعد عن بؤرة الزلزال باستخدام Arc GIS Online

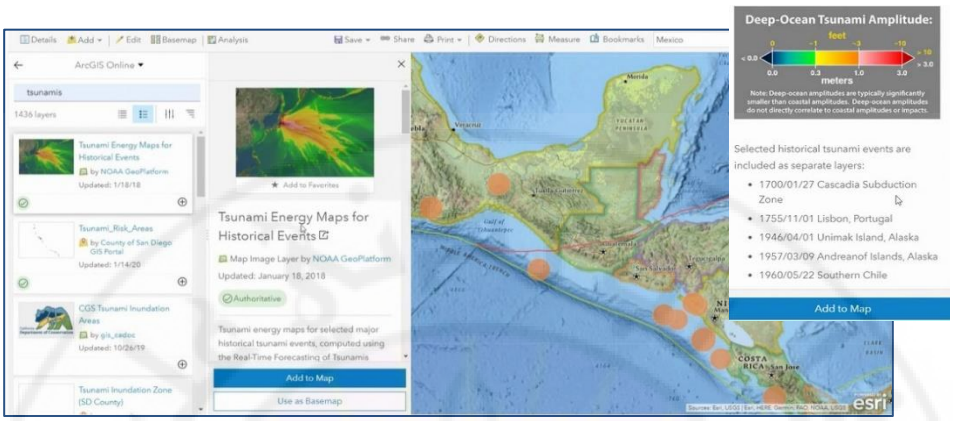


شكل (64): تحليل البعد عن بؤرة الزلزال



خريطة (41): الزلازل والهزات الارتدادية التي حدثت على الأراضي السورية وجوارها من 1/1 حتى 2023/7/31 م

ومما تقدم يمكن استخدام Arc GIS Online في إنشاء أي خريطة تفاعلية وحفظها ومشاركتها كخرائط النمو السكاني وحرائق الغابات وتسونامي وغيرها. **انظر الشكل (65).**



شكل (65): إنشاء خريطة تفاعلية لشدة التسونامي على السواحل اليابانية

الفصل الثامن: الوسائل الجديدة في الاستشعار عن بعد كمصادر لتصميم الخرائط الموضوعية

The new method of remote sensing as sources for thematic maps designing

8-1- الصور الجوية (الخريطة الصورة).

8-2- صور التوابع الصنعية والخرائط الموضوعية الناتجة عنها.

8-3- نماذج الارتفاع الرقمي والمرئيات الستريوسكوبية.

8-4- تحديث الخرائط باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد.

8-5- الحصول على المعلومات من مصادر الاستشعار عن بعد ودورها في وضع الخرائط الموضوعية.

الفصل الثامن: الوسائل الجديدة في الاستشعار عن بعد كمصادر لتصميم الخرائط الموضوعية

8-1- الصور الجوية (الخريطة الصورة)

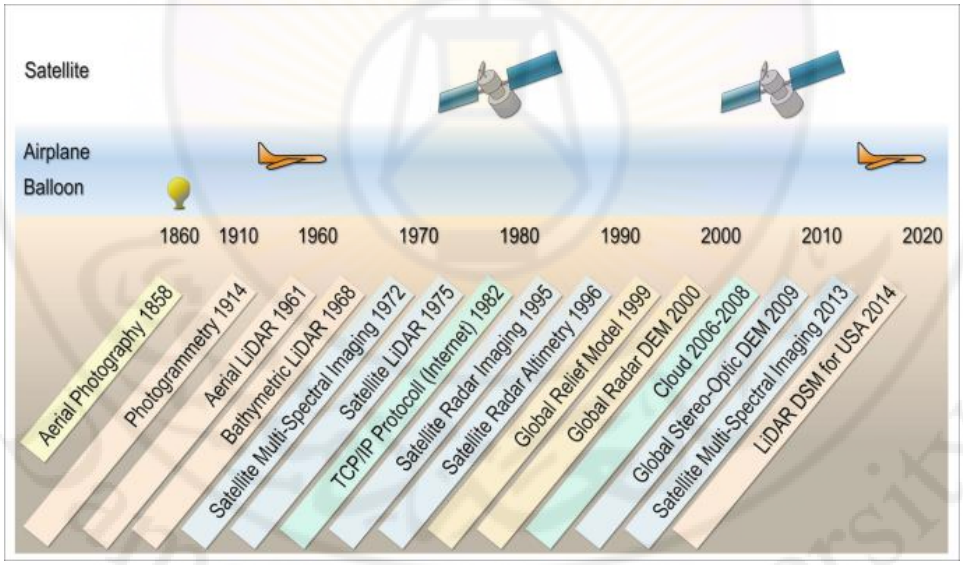
هي الصور الملتقطة من الطائرات، والمناطيد الجويَّة والطائرات المسيرة حديثاً (Drone) تُساعد في رسم الخرائط والكشف عن المعالم الأرضيَّة السطحيَّة، والبحريَّة، والغلاف الجوي، والنمذجة ثلاثية الأبعاد (3D Modeling) كما في صور الدرون واللايدار (LiDAR). وتُستخدم فيها آلات تصوير فائقة الدقّة، وتُلتقط من ارتفاعات شاهقة جداً.

يمكن استخدام الصور الجوية في التعرف على الموقع، ومراقبة التغيرات التي تحدث على مساحة محددة من الأرض، بالإضافة إلى التعرف على السمات السطحية للمناطق الجغرافية المختلفة، والرفع ثلاثي الأبعاد.

تعتمد الصور الجويَّة على نحو رئيس على نوع تقنيّة التصوير في آلات التصوير المستخدمة على متن الطائرات أو الأقمار الصناعية والمراكب الفضائية وغيرها، وطبيعة الصورة المرغوبة. ويُستعان ببعض التطبيقات الخاصَّة على أجهزة الحاسب الآلي لمعالجتها كبرنامج (ERDAS IMAGINE)؛ تُلتقط الصور الجوية بوساطة آلات تصوير محمولة في الجو على متن طائرات.



صورة (2) أقدم صورة جوية التقطها جيمس بلانك لمدينة بوسطن الأمريكية



شكل (66): مراحل تطور التصوير الجوي

Damascus University

أنواع الصور الجوية: تُقسم الصور الجوية إلى قسمين؛ هما:

أ. الصور الرأسية: تُلتقط عندما يكون محور آلة التصوير رأسياً أو قريباً منه بحيث يكون ميل آلة التصوير أقل من 4 درجات، ويستفاد من هذه الصور في إعداد الخرائط على اختلاف أنواعها ومقاييسها.

ب . الصور المائلة:

تُلتقط عندما يكون محور آلة التصوير مائلا بدرجات مختلفة وتشمل مساحة أكبر من الصور الرأسية، وتُستخدم في الاستكشافات فقط، وهي على نوعين:

أولاً: صور قليلة الميل: يظهر فيها خط الأفق وتُلتقط عندما يعمل محور آلة التصوير بزاوية صغيرة مع خط الشاقول يزيد الميل على 4 درجات يكون شكل الأرض المشمولة بالتصوير شبه منحرف.

ثانياً: صور شديدة الميل: يظهر فيها خط الأفق، وتُلتقط عندما يصنع محور آلة التصوير زاوية كبيرة على خط الشاقول، أما شكل الأرض فيكون على هيئة شبه منحرف، وتُلتقط هذه الصور للمناطق التي يتعذر الوصول إليها (أكثر من 15 درجة)، ويستفاد منها في الأغراض العسكرية ولكن هذه الصور لا تُستخدم في الأعمال المساحية ولا لوضع الخرائط للأسباب الآتية:

- اختلاف المقياس في الصورة بين المركز والأطراف.
- القياس في الصور الرأسية أسهل من القياس في المائلة لأن العلاقات الهندسية بين الصورة والأرض أقل تعقيداً.
- تظهر العوارض على الصور الرأسية مماثلة تقريباً لما هو موجود على الأرض، ما يسهل معرفتها وتفسيرها، في حين تختلف في الصور المائلة.

للصور الجوية كثير من المميزات والخصائص التي تجعلها أداة تقنية مستخدمة في كثير من المجالات الهندسية والجغرافية والبيئية والعسكرية؛ منها:

1- تتميز الصور الجوية بالدقة، ما يسمح بإجراء القياسات الدقيقة (مثل المسافات والمساحات) بدقة مناسبة، وهو ما يُعرف بعلم الفوتوغرامتري (المساحة التصويرية).
2- تشمل الصور الجوية مساحة كبيرة من سطح الأرض، ما يجعل من السهل رسم خريطة للمظاهر الجغرافية الموجودة.

3- يستغرق إنتاج الخرائط من الصور الجوية وقتاً وتكلفة أقل من استخدام القياسات المساحية الميدانية.

4- تُوفر بعض أنواع الصور الجوية صوراً مجسمة ثلاثية الأبعاد للمعالم المكانية، ما يسهل التعرف على طبيعة المظاهر بسرعة، ويوفر أيضاً إمكانية رسم الخرائط الطبوغرافية التي تمثل تضاريس سطح الأرض.

5- للصور الجوية الملتقطة في تواريخ متعددة ميزة تمكن من متابعة التغيرات الزمنية في المظاهرات الجغرافية (مثل: متابعة حركة الكثبان الرملية).

6- توضح الصور الجوية معالم وخصائص لا يمكن للعين البشرية رؤيتها، ولا سيما عند التصوير بالأشعة تحت الحمراء (مثل تمييز النباتات السليمة من النباتات المريضة في منطقة زراعية).

7- الصور الجوية لها مقياس رسم محدد، ما يجعلها تُظهر بدقة العلاقات المكانية بين الظواهر الجغرافية.

تطبيقات الصور الجوية:

يُعد إنتاج الخرائط وتحديثها من أهم تطبيقات الصور الجوية في المجالين: الجغرافي والهندسي لما تتميز به الصور من خصائص الدقة والشمولية؛ إذ صار التصوير الجوي أهم تقنيات إنتاج الخرائط التفصيلية وتحديثها في كثير من دول العالم.

وتُعد الاستفادة من الصور الجوية في تفسير المعالم الجغرافية واستنباط معلومات دقيقة وحديثة عنها من أهم تطبيقات الصور الجوية في عدد كبير من الأعمال والمشروعات التطبيقية والتنموية؛ مثل:

- الزراعة: حصر مساحات مناطق المحاصيل المختلفة، تحديد النبات المريض في أثناء فترة نموه، ورصد آفات النباتات في الوقت المناسب. **انظر الصورة (3)**
- التربة: تصنيف أنواع التربة وإنتاج خرائطها.
- البيئة: مراقبة التلوث البيئي، ومتابعة آثار انتشار الكوارث الطبيعية ومراقبتها؛ مثل: الفيضانات والزلازل.
- الجيولوجيا: تصنيف أنواع التراكيب الجيولوجية لسطح الأرض وإنتاج الخرائط الجيولوجية.



صورة (3): تصوير جوي لبعض الحقول الزراعية في صربيا

- الهندسة المدنية: تخطيط المشروعات الهندسية واختيار أنسب المواقع الجغرافية وتطوير خرائط استخدامات الأرض.
- التخطيط العمراني: إعداد المخططات، وتخطيط مشروعات التوسع العمراني ومتابعتها وتنفيذها، وتطوير خرائط استخدامات الأراضي.
- النقل: تخطيط المشروعات الجديدة لشبكات الطرق والجسور والأنفاق والسكك الحديدية.
- السكان: أعمال الحصر في تعدادات السكان والمساكن والتعدادات الزراعية والصناعية.
- المرور: مراقبة الاختناقات المرورية وحلها. **انظر الصورة (4)**
- التطبيقات العسكرية.



صورة (4): مراقبة الحركة المرورية بالتصوير الجوي

وعليه فإن استخدام الصور الجوية في رسم الخرائط مهم جداً وتتلخص هذه الأهمية فيما يأتي:

- مجال التخطيط العمراني.
- علم البيئة.
- مجالات النقل.
- دراسة التغيرات المناخية.
- دراسات متعلقة بالتخطيط الحضري.
- تقديم نماذج ثلاثية الأبعاد للمدن ومعالم سطح الأرض.
- تتبّع آثار الكوارث المدمّرة كالفيضانات والأعاصير والزلازل.
- دراسة الآثار وتوزعها.

تصوير الأرض من محطة الفضاء الدولية ((International space station (ISS)):

تبلغ سرعة محطة الفضاء الدولية 27000 كم/ سا، لذا تُستخدم كاميرا من نوع NIKON D5 بعدسات مختلفة لالتقاط صور للأرض ومن هذه العدسات:

- عدسة 200ملم: تكون الحركة فيها سريعة لكن التغطية أقل
- عدسة 400ملم: تكون الحركة فيها أبطأ لكن التغطية أوسع. **انظر الصورة (5)**

- عدسة 800ملم: تكون الحركة فيها سريعة جداً.



صورة (5): آلة التصوير NIKON D5 (400mm) من محطة الفضاء الدولية

وتُستخدم عدسات أخرى أيضاً تُراوح دقتها بين (50–500 ملم) كعدسات Wide angel وPrime وعدسة Fisheye



شكل(67): عدسة Fisheye



صورة (6): دمشق من الفضاء بعدسة رائد الفضاء الإماراتي (سلطان النيادي) من محطة الفضاء الدولية (الخريطة الصورة)، 2023م

صور الطائرات المسيرة (Drone):

الطائرات بلا طيار اختصارًا Unmanned aerial vehicle (UAV) تُعرف بمسمّى آخر هو الدرون Drone، هي في الواقع من الاختراعات الرائدة في الآونة الأخيرة في مجال البرمجة والتحكم عن بعد. وحتى وقتٍ قريب اقتصر توظيف الطائرات بلا طيار على المجالات العسكرية، لكن في السنوات القليلة الماضية سُخرت هذه التقنية في العديد من المجالات المدنيّة كعمليات البحث، والإنقاذ، ومراقبة حركات المرور، والطقس، ومكافحة الحرائق، والنمذجة ثلاثية الأبعاد.

الطائرة المسيّرة أو الطائرة بلا طيار أو الدرون هي طائرة توجه عن بعد أو تبرمج مسبقاً لطريق تسلكه، في الغالب تحمل الكاميرات لأداء مهام التصوير.



صورة (7): طائرة الدرون من نوع Dji mavic air2 وملحقاتها

تمتلك الدرون آلة تصوير ذات عدسات من نوع "عين السمكة"، بدقة 14 ميغا بكسل، وزاوية رؤية 180°، وتلتقط 1080 بكسل بمعدل 30 /إطار في الثانية الواحدة، ولأن آلة تصوير مثبتة بمقدمة (الدرون)، يمكن أن يشكك المرء في البداية بشأن استقرار عملية التقاط الصور، لكن وجود عدسات عين السمكة، ووجود خوارزمية الاستقرار الرقمي يحلان مشكلات الوضع الثابت للآلة، ويمكن الحصول على صور مستقرة على نحو ملحوظ.



صورة(8): عدسة عين السمكة

العنصر الأساسي لعمل الطائرات بلا طيار ذات الطراز الأبسط يتمثل في التحكّم الجيّد للمستخدم، وغالباً ما يجري السيطرة على حركات الطائرة بوساطة أجهزة التحكم عن بعد، إذ تصدر هذه الأجهزة الأوامر الحركية على شكل أمواج راديوية بتواتر 2.4 غيغا هرتز، وتعتمد بعض الطرازات على اتصالات الواي فاي Wi-Fi، لتصل هذه الأمواج إلى حساسات موجودة في الطائرة وتترجمها بدورها إلى أوامر حركية تُصدرها إلى محرّكات الطائرة. ويعتمد مبدأ التوازن في الطائرات المروحية على الفعل المتعاكس لمحرّكاتها، بمعنى: إن أي خلل في توازن إحدى الشفرات المروحية في أيٍ من المُحركات يجري مُعاكسته تلقائياً من المحرّكات الأُخرى. وعلى خلاف ذلك فإن الطائرات ذات الأجنحة تعتمد على مبدأ توازن الضغط الهوائي عند أجنحتها لتوفير التوازن والاستقرار المطلوب لها.

<u>لالتقاط فيديوهات وصور بوساطة الدرون يجب الأخذ بالحسبان ما يأتي:</u>

- التقاط الفيديو في النهار:

يُفضل التقاط الفيديو في أثناء النهار عند وجود ضوء الشمس الساطع، وذلك للحصول على مقاطع جذابة ومشرقة، وهذا يعني أيضاً التقاط الفيديو من زوايا محددة، بحيث تتجنب التصوير تحت أشعة الشمس مباشرة.

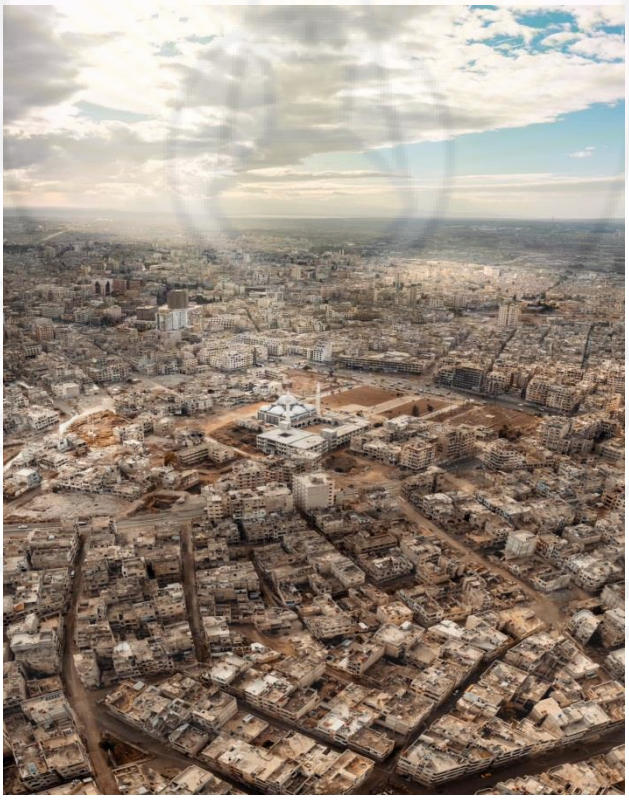
- التقاط الصور والفيديوهات من ارتفاعات مختلفة:

إن التحليق بوساطة الدرون عند التقاط الفيديو إلى ارتفاعات كبيرة لا يعني الحصول على نتائج جيدة دائماً؛ فاختيار الارتفاع الملائم في كل مرة والتصوير عند ارتفاعات مختلفة لنفس اللقطة يعطي رؤية جانبية أكثر جاذبية للفيديو.

فمثلاً؛ عند تحليق الدرون فوق منطقة مملوءة بالمباني يفضل الاقتراب قليلاً منها لالتقاط فيديوهات جذابة، بدلاً من التقاطها من ارتفاعات عالية جداً. **انظر الصورة (9)**



صورة (9): صورة ملتقطة بالدرون لحرم رئاسة جامعة دمشق، الهيئة العامة للاستشعار عن بعد



صورة (10): صورة ملتقطة بالدرون (DJI 4 Pro) لمدينة حمص، جو حطاب



صورة (11): صورة ملتقطة بالدرون (DJI 4 Pro) للساحل السوري/صليب التركمان، جو حطاب



صورة (12): صورة ملتقطة بالدرون (DJI 4 Pro) لساحة الأمويين في مدينة دمشق، جو حطاب



صورة (13): صورة ملتقطة بالدرون (DJI Mavic air2) لقصر العظم في مدينة دمشق، يارا الويش، 2025م

- التحقق من الأفق:

في كثير من الأحيان يكون من الصعب التقاط فيديو للأفق بطريقة مثالية، لذلك بعد انتهاء التصوير إذا وجد أن اللقطات لم تظهر بصورة أفقية تماماً فيمكن إجراء معالجة لها باستخدام أحد البرامج المتخصصة قبل نشرها ومشاركتها على الإنترنت كبرنامج (Drone to map)

- تجنب الحركات المفاجئة:

يجب تجنب الحركات المفاجئة للدرون، لأنه ليس هناك طريقة مثالية لحل هذه المشكلة على نقيض بعض المشكلات الأخرى التي يُمكن معالجتها بعد الانتهاء من التصوير.

وتتوفر اليوم كثير من الطائرات بلا طيار قادرة على تقديم مستوى مميز لاستقرار الفيديو، لكن مع ذلك يجب تجنب إجراء أي حركات مفاجئة في أثناء التصوير وذلك للحصول على لقطات أسلس وأكثر جاذبية وخالية من الاهتزاز.



شكل (68): معالجة صور Drone باستخدام برنامج Drone to map

8-2- صور التوابع الصنعية والخرائط الموضوعية الناتجة عنها

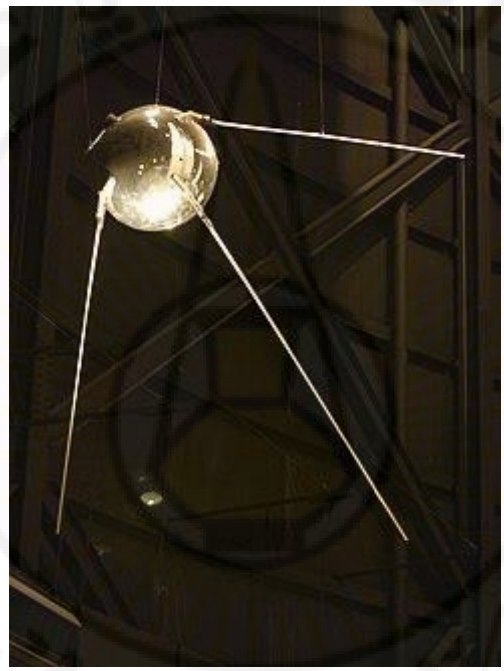
التابع هو أي جسم طبيعي أو غير طبيعي يدور حول كوكب ما. تُعد الأقمار توابع طبيعية، وقد صنع الإنسان آلاف التوابع والأقمار الصناعية وأطلقها في الفضاء لتدور حول الأرض، وهي ما تُدعى بالتوابع الصنعية.

يُستخدم الاستشعار عن بعد الفضائي (Space Remote Sensing) للحصول على معلومات حول المظاهر والمعالم المختلفة؛ فهو تقنية الحصول على معلومات عن أي ظاهرة على سطح الأرض دون التماس معها؛ بل باستخدام أجهزة استشعار وآلات التصوير المحمولة على متن القمر الصناعي.

تُحلل المعطيات التي يسجلها المستشعر باستخدام الطاقة الكهرومغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة من ذلك الجسم أو الظاهرة؛ ومن ثم فإن التوابع الصنعية في مجال الخرائط الغرضية تهدف إلى

الحصـول على معلومات حول موارد الأرض الطبيعية وتحديد مواقعها ورصـدها ومراقبتها بتحليل معطيات تُكتسب بأجهزة المستشعرات، وبلا تماس مباشر مع تلك الموارد.

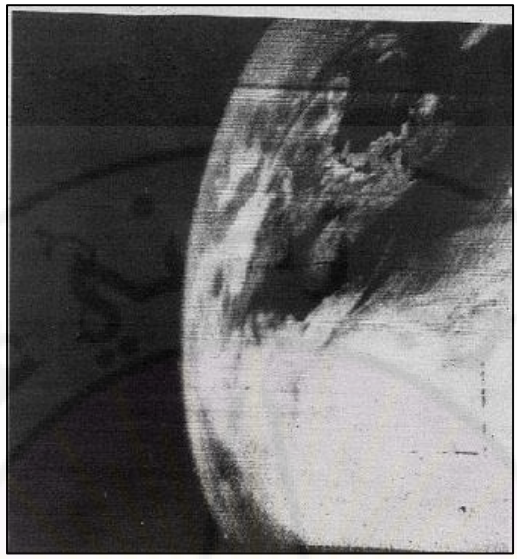
أطلق الاتحاد السوفيتي أوّل قمر صناعي (Sputink–1) في مداره عام 1957م، وظل القمر الصناعي يعمل ثلاثة أسابيع حتى نفذت بطارياته، بعدها استمر في المدار شهرين؛ إذ سقط إلى الغلاف الجوي في 4 كانون الثاني من العام 1958م.



صورة (14): القمر الصناعي Sputink–1

وأطلقت وكالة الفضــاء الأميركية NASA العشـرات من الأقمار الصـناعية إلى الفضــاء بدءاً بالقمر الصـــناعي Explorer-1 عام 1958م، وهو أول قمر صـــناعي أميركي، حمل القمر حساساً لقياس الجسيمات عالية الطاقة تُدعى بالأشعة الكونية.

التُقطت أول صــورة للأرض بوســاطة Explorer-6 عام 1959، تبعتها أول صــورة تلفزيونية للأرض بوساطة القمر الصناعي TIROS-1 عام 1960 م. **انظر الصورة (15)**



صورة (15): أول صورة للأرض ملتقطة بوساطة Explorer-1

وفي عام 1971م أعدت إدارة الفضاء والطيران بالولايات المتحدة الأمريكية National Aeronautics and Space Administration برنامج تقنية الأقمار الصناعية لدراسة الموارد الأرضية The earth resource technology satellite (ERTS)، سُميت هذه الأقمار باسم (Landsat)، وكانت مهمتها رفع كفاءة إدارة المصادر الأرضية واستخدامها، وقد أشارت الإدارة الأمريكية في برنامجها إلى أن مهمة هذه الأقمار تتلخص في الإمداد ببيانات طيفية متعددة الموجات Multispectral data ذات طبيعة تكرارية، وقوة تمييز عالية High resolution.

ففي عام1972م أطلقت (NASA) أول قمر صناعي لدراسة موارد سطح الأرض وعُرف هذا القمر باسم (Landsat -1)، وكان ارتفاعه عن سطح الأرض 920 كم.

أطلقت الولايات المتحدة الأمريكية بعدها كثيراً من الأقمار، ومنها القمر NIMBUS7 للحصول على معلومات تتعلق بالمحيطات والبحار والجو، حيث حُددت مجالات معلوماته بما يأتي:

- ألوان المحيطات، والمواد العالقة بالمياه المالحة.
- توزيع الثلوج بالبحار والمحيطات، وتكوين الغلاف الجوي.
- ميزان الطاقة الخاص بسطح الأرض.

وهناك آلاف الأقمار الصناعية حالياً تدور حول الأرض أطلقتها كثير من الدول كروسيا وفرنسا واليابان والهند وأميركا وكندا وغيرها... وتطلقها بلدان مثل الصين والولايات المتحدة بانتظام في الفضاء على صواريخ، وهناك كثير من الأقمار الصناعية القديمة غير النشطة لا تزال تدور حول الأرض.

تصـــور التوابع الصـــنعية الموجودة على متن الأقمار كوكب الأرض، وتســـاعد على التنبؤ بالعواصـف، وفضـلاً على ذلك فهي تلتقط إشـارات الاسـتغاثة من السـفن التي تواجه مشـكلات، وتتبع مواقع الطائرات والسيارات والهواتف المحمولة، فتتيح الوصول إلى الأماكن الجديدة.

تستخدم الأقمار الصناعية آلات تصوير حساسة لمراقبة المحيطات والغابات والطقس والنشاط البشـري الذي يجري على سـطح الأرض، وتسـتطيع الأقمار الصـناعية في المدارات العالية والمنخفضـة أن ترصـد الأعاصـير عند تكونها، وتراقب أيضـاً الشـعاب المرجانية والجليد القطبي للتزود بإشـارات وأدلة على تغير المناخ، وهي تسـاعد أيضـاً على حماية النظم البيئية المهددة بالانقراض، فباسـتخدام صـور الأقمار الاصـطناعية اكتشـفت الشـرطة البرازيلية أنشـطة قطع الأشجار غير القانونية عام 2019 في غابات الأمازون المطيرة.

ومن ثم تُعد معطيات الاســـتشـــعار عن بعد ذات قيمة علمية تطبيقية في وضـــع الخرائط الطبوغرافية لأنها تتميز بما يأتي:

- **الشمولية:** تشمل مرئيات الاستشعار عن بعد مساحات واسعة من الأرض، وبذلك توفر إمكانية ممتازة للكشف والمقارنة للظواهر الأرضية المختلفة التي يصعب على الباحث مراقبتها ميدانياً.
- **قدرة التمييز الزمني:** يمكن الحصول على مرئيات مكررة لنفس المناطق وفي مدة زمنية متساوية، لأن الأقمار الصناعية تدور حول الأرض وفق مدارات ثابتة الأبعاد وبشكل متزامن مع دوران الأرض حول الشـــمس، وبذلك يمكن مراقبة التغيرات التي تحدث للظواهر مع الزمن، وهذه الميزة أســـهمت كثيراً في تطور المفهوم الزمكاني، أي: ربط المكان بالزمان.

- **قدرة التمييز الطيفي والمكاني:** تمتاز الصـــور بالتعددية الطيفية (أحزمة مختلفة)، ما يساعد على الحصول على معلومات أدق وبقدرات تمييزية طيفية ومكانية تناسب نوعية المُشعر المُستخدم في القمر الصناعي.

القدرة التمييزية المكانية هي أصـغر وحدة صـورية (وحدة مسـاحية) يمكن تمييزها على الصــورة الفضــائية؛ فمثلاً دقة التمييز العالية للمســتشــعر TM في القمر الصــناعي لاندسـات سـاعدت كثيراً على تمييز كثير من الظواهر، وقد كانت الدقة المكانية 80 م في لاندسات 1 وتصل اليوم في بعض التوابع الصنعية إلى 25 سم.

- **توفير الكلفة والوقت:** إن التكاليف والجهود المبذولة أقل من التكاليف المبذولة في الطرائق التقليدية الأخرى، إلى جانب أنها تقلل من الوقت والجهد المبذول ولا تحتاج إلى رحلات ميدانية مكلفة.

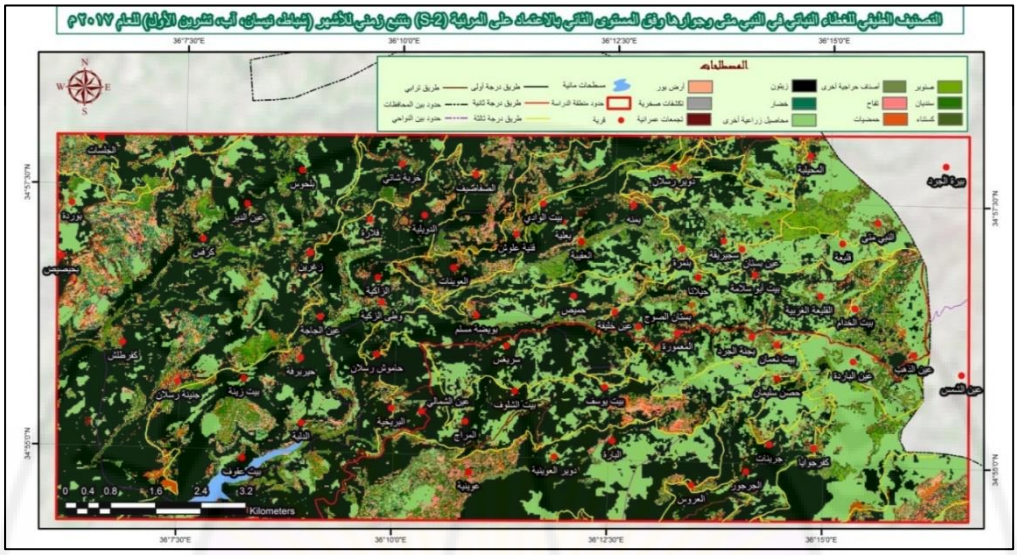
تُساعد المرئيات الفضائية في وضع الخرائط الطبوغرافية الخاصة بكثير من المجالات وتشمل:

- الدراسات الحضرية مثل تحديد استخدامات الأرض.



خريطة (42): استخدامات الأرض في بولندا اعتماداً على تصنيف المرئية الفضائية من نوع Sentinel-2 للعام 2017م

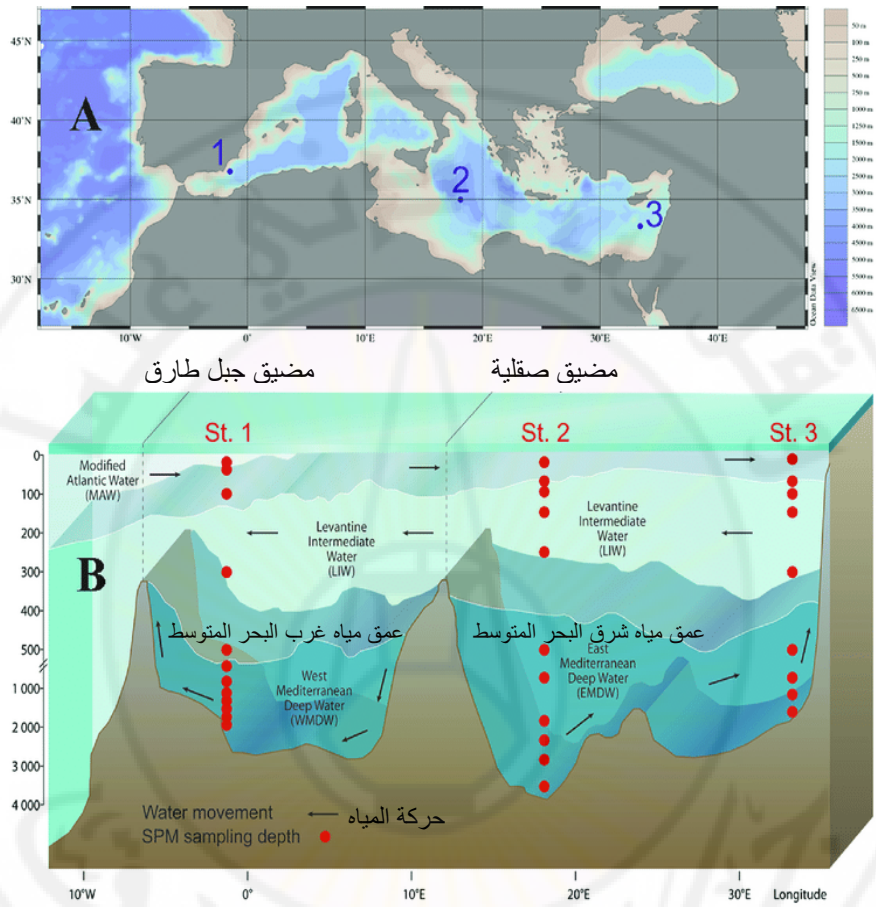
- إعداد الخرائط التفصيلية.
- إعداد الخرائط الكونتورية لإظهار تضاريس سطح الأرض.
- دراسة النباتات ومراقبة نموها وتصنيف أنواع المحاصيل وتحديد المحاصيل المريضة.



خريطة(43): التصنيف الطيفي للغطاء النباتي في النبي متى وجوارها بتتبع زمني للعام 2017م وفق المستوى الثاني اعتماداً على المرئية (sentinel-2)

- إعداد خرائط التربة.
- خرائط هيدرولوجية لتحديد فروع الأنهار وقنوات المياه والمستنقعات وحدود الشواطئ وتحديد أعماق المياه، ومتابعة الظاهرات البحرية مثل التيارات البحرية ودرجات حرارة مياه البحار والمحيطات. **انظر الخريطة (44).**
- دراسات تخطيط شبكات النقل والمواصلات.
- دراسات توزيع الخدمات العامة.

Damascus University



خريطة (44): مستوى عمق مياه البحر المتوسط، Mark besseling and others

- إعداد الخرائط الجيولوجية.
- متابعة التغيرات الزمنية لنمو الظاهرات الجغرافية وامتدادها وحركتها، مثل: حركة الكثبان الرملية والتصحر.
- دراسات تلوث الهواء.
- متابعة الظاهرات المناخية، مثل: حركة الرياح والسحب وخصائصها.
- البحث عن الموارد الطبيعية، مثل: البترول والمعادن.
- البحث عن المياه الجوفية.

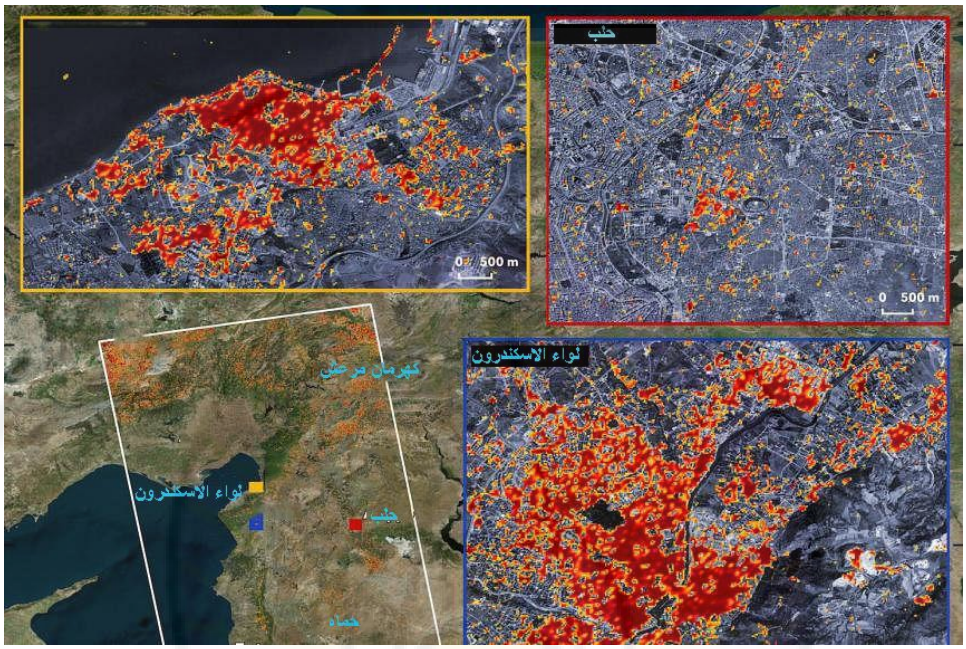
- مراقبة الفيضانات ومتابعتها وتأثيراتها البيئية.



صورة (16): نتائج الفيضان الذي تسبب به إعصار دانيال على السواحل الليبية عام 2023م

- متابعة ظاهرة ذوبان الجليد في المناطق القطبية.

- متابعة الكوارث الطبيعية وآثارها كالزلازل والحرائق.



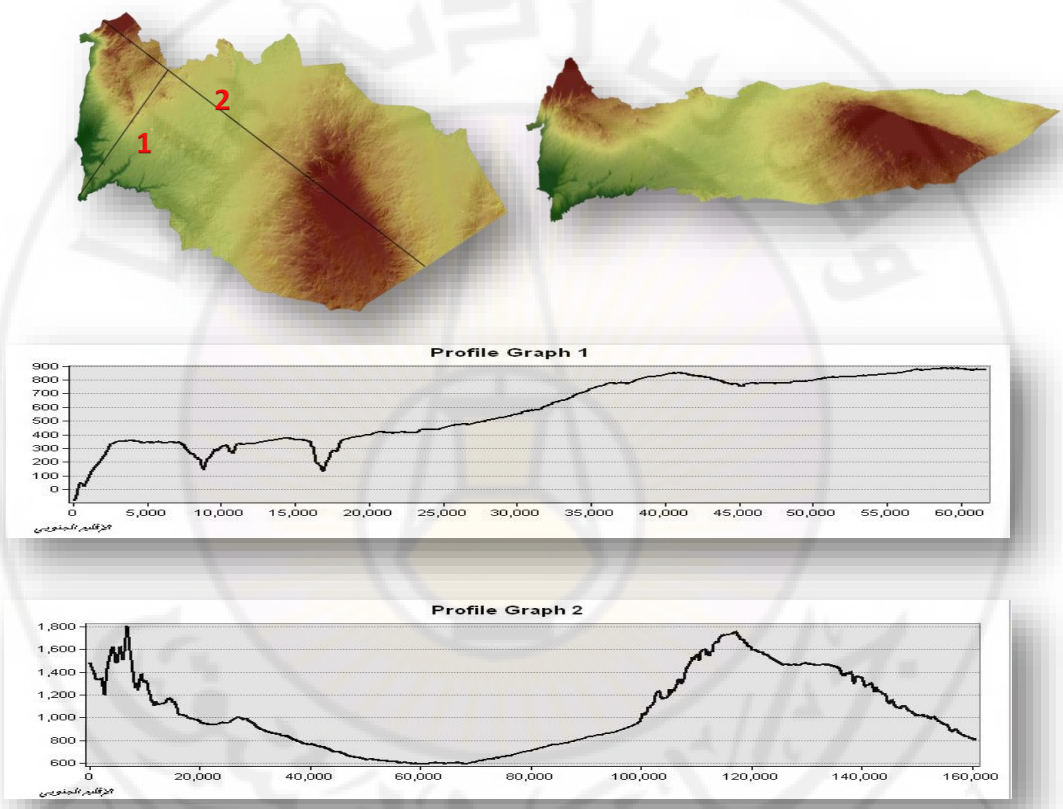
خريطة (45): الأضرار العمرانية الناجمة عن زلزال 6 شباط 2023م في الساحل السوري وجنوب غرب تركيا

- رسم خرائط السحب، والأمطار، والتنبؤ بالعواصف.

8-3- نماذج الارتفاع الرقمي والمرئيات الستريوسكوبية

يُعد نموذج الارتفاع الرقمي (Digital Elevation Model (DEM)) أحد الوسائل المهمة التي تتيح رؤية ثلاثية الأبعاد للتضاريس **انظر الشكل(69)**؛ إذ يمكن من خلاله معرفة الانحدارات وتحديد أماكن الانزلاقات الأرضية المحتملة والتوجيه، أي: معرفة أثر الرياح والأمطار والإشعاع الشمسي، ومن ثم تحديد مدى تطور التعرية للتربة أو توزيع النبات الطبيعي والشبكة المائية وأحواض التغذية وغيرها. بينما كان يُعرف نموذج التضرس الرقمي قديماً DTM على أنه تمثيل

إحصائي للسطح المتصل (غير متقطع) للأرض وذلك من خلال عدد كبير من النقاط المختارة و لها إحداثيات ثلاثية X، Y، Z بالنسبة إلى مجال إحداثيات اختياري لكن مرادفات أخرى قد ظهرت وبدأ استخدامها وهذه المرادفات تشمل: نموذج الارتفاعات الرقمية DEM، ونموذج الارتفاعات الرقمية DHM، والنموذج الرقمي الأرضي DGM ونموذج تضرس الارتفاعات الرقمية DTEM



شكل (69): نموذج ارتفاع رقمي ومقطع طبوغرافي للمحافظات الجنوبية من سورية

وشاع استخدام هذه المرادفات في دول متعددة؛ حيث انتشر مصطلح DEM في أمريكا، ومصطلح DHM من ألمانيا، واستُخدم مصطلح DGM في المملكة المتحدة، واستخدمت المساحة الجيولوجية الأمريكية وهيئة المساحة العسكرية الأمريكية مصطلح DTEM.

يُفترض من الناحية العملية أن هذه المصطلحات كلها متشابهة، لكن هناك بعض الاختلافات في مرجع هذه المنتجات، واستناداً إلى ذلك فإن نموذج التضاريس الرقمي DTM هو تمثيل رقمي

للتوزيع المكاني لواحد أو أكثر من المعلومات عن سطح الأرض، ويُمثل بعدد من المواقع –أو النقاط –ثنائية الأبعاد بالإضافة لتمثيل رياضي للمعلومة المطلوبة؛ أي إنه نموذج له بعدين ونصف (ليس ثنائي الأبعاد في حقيقته) يُمثَل في مجال ثلاثي الأبعاد. ويُستخدم مصطلح DEM ليدل على نماذج الأرض التي تحتوي قيم الارتفاعات فقط، ومصطلح DTM يُعبر عن مفهوم أوسع لتمثيل الأرض، إذ يضم عناصر أخرى للأرض كالميول والمعالم الأرضية مثل الأودية وعناصر جغرافية، و بيئية أخرى وهي اختصار لكلمة Digital Elevation Model وتحتوي البيانات الآتية وهي X,Y,Z

X: الإحداثي السيني، Y: الإحداثي الصادي ، Z الارتفاع

الفروق الأساسية بين النماذج تكمن في البيانات التي يُشتق النموذج منها، بالإضافة إلى الدقة المكانية (الافقية والرأسية) لكل نموذج.

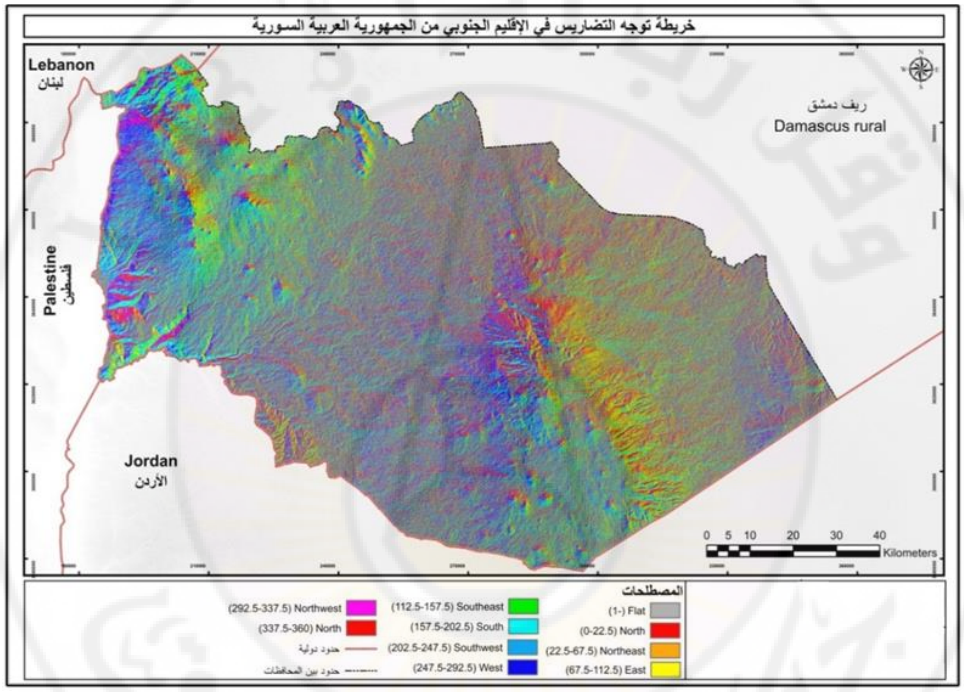
فمثلا نموذج SRTM أحدث من نموذج GTOPO30 وكلاهما أمريكي الأصل، فنموذج GTOPO30 أُنتج عام 1996م ، على حين أن SRTM أُنتج عام 2004م (من البيانات التي رصدها القمر الصناعي SRTM عام 2000م). أيضاً من المهم ملاحظة أنواع البيانات لكل نموذج، فمثلاً نموذج GLOBE يشمل اليابسة فقط، على حين أن النماذج الأخرى تشمل كلاً من اليابسة والبحار.

أما عن الدقة المكانية الأفقية فتقريباً النماذج الثلاثة GTOPO30 , GLOBE, ACE تملك نفس الدقة المكانية الافقية Horizontal Resolution وهي تقريباً 1 كيلومتر، بمعنى أن المسافة الأفقية بين كل نقاطتين متتاليتين في بيانات النموذج = 1 كم. على حين أن نموذج SRTM له 3 أنواع فرعية أو منتجات منه SRTM30 حيث الدقة المكانية الافقية = 1 كم، SRTM3حيث الدقة المكانية الافقية= 90 م، SRTM1حيث الدقة المكانية الأفقية = 30 م فقط (والنوعين 1، 2 متاحين على الإنترنت للعالم كله، على حين أن النوع الأخير سري ومتاح في أمريكا فقط) .

والعامل الأهم هو الدقة المكانية الرأسية للنموذج، فهذه النماذج هي للحصول على الارتفاع، فبأي دقة يكون هذا الارتفاع؟ أو بمعنى آخر ما قيمة الخطأ المتوقع في هذا الارتفاع الذي نحصل عليه من أي نموذج؟

فمثلاً نماذج الارتفاعات المستنبطة من قياسات أرضية (سواء مساحة أرضية أو مساحة تصويرية) تكون أدق جداً من النماذج العالمية ... النماذج الأرضية من الممكن أن تصل إلى دقة رأسية في الارتفاعات حتى 0.1 متر أو أدق، على حين أن النماذج العالمية ربما لا تتجاوز دقتها 5–8

متر. لكن النماذج الأرضية مكلفة جداً في مقابل أن النماذج العالمية مجانية، ومن ثم فإن طبيعة المشروع هي التي تحدد أي نوع يمكن استخدامه، في المشروعات الهندسية لا يمكن استخدام النماذج العالمية على حين أنها ستكون بديلاً مناسباً جداً للتطبيقات البيئية والجغرافية والتخطيطية ولا سيما في مناطق شاسعة.



خريطة (46): توجه التضاريس في الإقليم الجنوبي من سورية اعتماداً على DEM بدقة 30م

نماذج الارتفاعات الرقمية DEM ومصادرها

تتعدد وتتنوع مصادر الارتفاعات الرقمية التي يمكن تصنيفها كما يأتي:

1-الصور الجوية والمرئيات الفضائية: تشمل بيانات الصور الجوية ثلاثية الأبعاد والمعمولة بأجهزة الستيريوسكوب يدوياً، أو راسمات خاصة بذلك وتكون بصيغة رقمية أما بالنسبة إلى المرئيات الفضائية فهنالك كثير من الأقمار الصناعية المتخصصة بإنتاج صور نقطية تمثل نماذج ارتفاع رقمية مثل القمر (سبوت) بدقة مساحية (2.5 -4) م، أما الصور الأشيع فهي (Strp).

2-بيانات ارتفاع لصور نقاطية تنتجها هيئات متخصصة مثل بيانات (GTOPo) التي تنتجها المساحة الجيولوجية الأمريكية ذات الدقة التمييزية العالية.

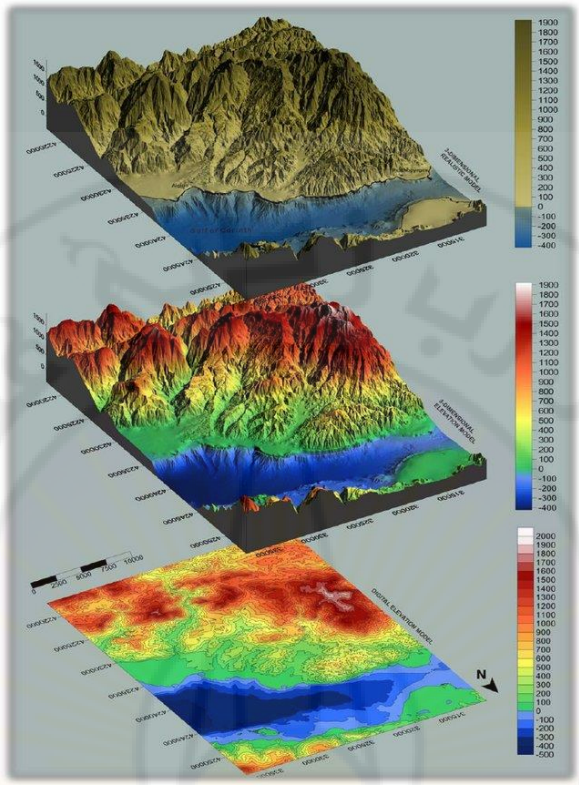
3-مصادر مختلفة تشمل ترقيم الخرائط الطبوغرافية وخطوط الكنتور، وعمليات المسح الأرضي، وبيانات الارتفاع المفيدة والواسعة الانتشار المحصلة من أجهزة GPS.

4-طرائق الاستكمال Interpolation: هي خوارزميات رياضية تتطلب عينة من نقاط معلومة الارتفاع في منطقة ما، إذ تجري عملية تنبؤ حسابي لجميع ارتفاعات المنطقة وتختزن الناتج في صورة نقاطية.

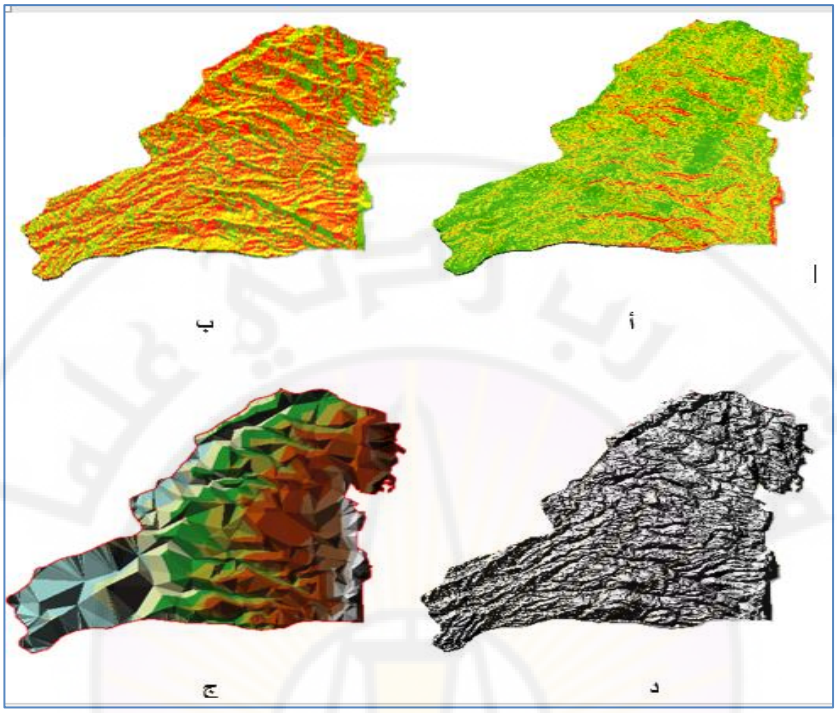
تطبيقات نماذج الارتفاعات الرقمية DEM:

تُستخدم نماذج الارتفاع الرقمي بوصفها نماذج مساعدة في التحليل والتفسير للظواهر في كثير من التطبيقات مثلاً:

- التحليلات المكانية (Spatial Analysis) كتحليلات السطح التي يمكن من خلالها اشتقاق خرائط الانحدار، والتوجه، والظلال، وخطوط التسوية، بالإضافة إلى التحليلات الهيدرولوجية كاشتقاق الشبكات المائية ومجاري الأنهار والأودية وخطوط تقسيم المياه والمناطق المعرضة لخطر الفيضان والرتب المائية والأحواض.



شكل (70): نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، ونموذج الارتفاع ثلاثي الأبعاد، والنموذج الواقعي ثلاثي الأبعاد لبيانات السطح البحرية والبرية المجمعة التي تعرض مورفولوجية خليج كورنث، اليونان



شكل (71): تحليلات السطح باستخدام نموذج ارتفاع رقمي (أ-الانحدار، ب-التوجه ج-الظلال، د-اشتقاق شبكة مثلثية غير منتظمة)

- بناء نماذج رقمية ثلاثية الأبعاد للمدن.
- خرائط ارتفاع منسوب سطح البحر.
- دراسة العلاقة بين طبوغرافية الأرض وتوزيع أي ظاهرة جغرافية (بشرية أو طبيعية) في هذه المنطقة، كالعلاقة بين انحدار الأرض ونوعية المزروعات.
- استخدام نماذج الارتفاعات الرقمية في تحديد المناطق المنخفضة التي يمكن لمياه الأمطار والسيول أن تتجمع فيها ومن ثم عمل خطة طوارئ للتصرف في حالة الأمطار.
- إجراء حسابات تتعلق بدرجات الانحدار Slope، واتجاهه ومقاطع الانحدار.
- دراسة الطرق وتصميمها وتقديرها، والأعمال الهندسية.

أخيراً؛ إن تطبيقات نماذج الارتفاعات الرقمية متعددة ولا تنحصر فقط في إنتاج الخرائط الكونتورية؛ فالنموذج الرقمي هو وصف لطبوغرافية سطح الأرض تم في صورة رقمية digital يمكنه التعامل معه بسهولة في الحاسب الآلي في كثير من التطبيقات.

ومن الأفضل أن تكون الدقة المكانية عالية، لكن المشكلة تكمن في اقتصارها على منطقة صغيرة من سطح الأرض، فليس هناك حتى الآن نماذج رقمية للارتفاعات دقتها المكانية عالية لجزء كبير من سطح الأرض، ربما تتوافر، فالنماذج المستنبطة من قياسات أرضية تكون دقيقة لكنها لجزء صغير من الأرض، والعكس تماماً هو حال النماذج العالمية.

المرئيات الستريوسكوبية:

تتصف الرؤية المجسمة من المرئيات الفضائية بالدقة ومرونة التعامل، إذ يُستغنى عن العنصر البشري في كثير من المهام عند استخدام أجهزة الاستريوسكوب التحليلية وبدء الاعتماد على برامج متخصصة للتعرف على الأهداف الموجودة في الصورتين المستخدمتين ذات الصيغة الرقمية وتكوين نموذج مجسم على شاشة الحاسب الآلي.

تطبيقات المرئيات الستريوسكوبية:

- مراقبة الكوارث الطبيعية: توفر الصور المجسمة القدرة على إنشاء نماذج محسنة للفيضانات لإجراء محاكاة أدق وأكثر تفصيلاً لسيناريوهات الفيضانات المحتملة، وتقييم أفضل للمخاطر وتحسين تدابير الاستعداد للكوارث، وتساعد في مراقبة إزالة الغابات، وتقييم التغيرات في الغطاء النباتي، وتحليل أنماط استخدام الأراضي لدعم جهود الحفظ المستدام. وتفيد المرئيات الستريوسكوبية أيضاً في الاستجابة للكوارث الطبيعية وإدارتها، مثل الزلازل أو الفيضانات أو حرائق الغابات؛ فتغدو صور الأقمار الصناعية المجسمة أداة مهمة جداً للمستجيبين لحالات الطوارئ، إذ توفر النماذج ثلاثية الأبعاد الناتجة عن الصور المجسمة تقييماً سريعاً للمناطق المتضررة، ما يساعد في تخطيط الاستجابة للكوارث والتخصيص الفعال للموارد.



شكل (72): تقييم الأضرار التي لحقت بالأبنية بعد الزلزال في مقاطعة (جالفستن) بعد إعصار (آيك) اعتماداً على المرئيات الستريوسكوبية،Abdullah M. Braik, Maria Koliou

- التنقيب الأثري: توفر المرئيات المجسمة منظوراً جديداً لاستكشاف المواقع القديمة والكشف عن الهياكل المخفية تحت سطح الأرض.و تعمل القدرة على تصور المناظر

الطبيعية ثلاثية الأبعاد على تحسين إعادة بناء المواقع التاريخية وفهم أفضل للحضارات القديمة.



شكل (73): مسح ثلاثي الأبعاد لمنطقة تنقيب في مدينة (سقارة) الأثرية، مصر، Paolo Del Vesco



شكل (74): مسح ثلاثي الأبعاد لجرن أثري في قصر العظم في مدينة دمشق

- الحصول على معلومات ثلاثية الأبعاد: إذا كان المشروع يتطلب معلومات ثلاثية الأبعاد دقيقة كبيانات الارتفاع، فإن المرئيات الستريوسكوبية تسمح بإنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد مفصلة للتخطيط الحضري، وتطوير البنية التحتية، وتحليل التضاريس.

- القياسات الدقيقة: مراقبة أحجام المخزونات، وارتفاعات المباني وارتفاع المظلة في الغابات.

تلتقط صور الأقمار الصناعية المجسمة سطح الأرض صورتين، ما يوفر رؤية مجسمة تُمكن من إنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد وبيانات ارتفاع دقيقة؛ وعلى نقيض الصور البصرية التقليدية تستخدم الصور المجسمة صوراً متداخلة مأخوذة من مواقع مختلفة، ما يعزز إدراك العمق ويتيح القدرات التحليلية المتقدمة.

تعتمد صور الأقمار الصناعية المجسمة على عنصرين أساسيين:

الأول: أجهزة استشعار الأقمار الصناعية التي تلتقط صوراً مجسمة مزودة بأجهزة استشعار متطورة تلتقط الصور بوضوح استثنائي. تتمتع هذه المستشعرات بالقدرة على التقاط صور بدقة تصل إلى 50 سم و30 سم، ما يضمن تمثيلاً مفصلاً واضحاً.

العنصر الثاني: أزواج الصور المتداخلة.

بالنسبة إلى طرائق الإبصار المجسم من المرئيات الفضائية: تُحضر المرئية الفضائية للحصول على رؤية ثلاثية الأبعاد باستخدام برامج معالجة المرئيات الفضائية، ومنها (ERDAS IMAGINE) وفق ما يأتي:

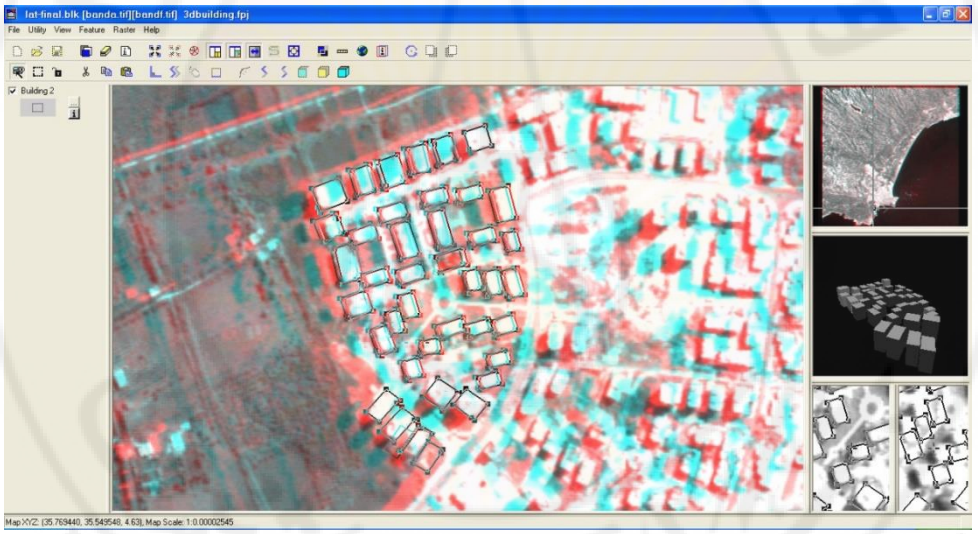
أولاً: يجري التصحيح الأفقي (Rectification) الذي يُصحح فيه الصورة من جميع التشوهات الموجودة باستثناء الأخطاء الناتجة عن الارتفاع؛ إذ تخضع الصورة لنظام إحداثيات ونظام إسقاط.

ثانياً: يجري التصحيح العمودي (Ortho rectification)، وبهذه الطريقة تتم معالجة جميع التشوهات الموجودة في الصورة بما فيها التشوهات الناتجة عن الارتفاع.

مثال:

استُخدم في المثال التالي كتلة من مشاهد التابع (cartosat-1) مؤلفة من مشهدين مجسمين يشملان منطقة الدراسة، والمشاهد تُمثل نطاقاً طيفياً واحداً (Panchromatic) ذا دقة تمييز (2.5م)، وارتفاع التابع 618كم، والملتقطة بتاريخ 2010/1/13م.

حُضر زوج مرئيات (cartosat-1) الستريوسكوبية، شملت التصحيح الهندسي وبناء كتلة المشاهد باستخدام تطبيق ((Leica photogrammetry Suite (LPS) وهو ملحق خاص بالمساحة التصويرية (الفوتوغرامتري) في برنامج معالجة المرئيات الفضائية (Erdas imagine) يسمح بالتصحيح الدقيق للمرئيات الفضائية والتحقق من نقاط الربط، والتثليث، وإنتاج نماذج الارتفاع الرقمي، وخطوط التسوية آلياً من المرئية الستريوسكوبية.



شكل (75): رفع طبوغرافي ثلاثي الأبعاد لأبنية المشروع العاشر في محافظة اللاذقية اعتماداً على المرئية الستريوسكوبية Cartosat-1



شكل (76): تمثيل للأبنية ثلاثية الأبعاد بعد رفعها على شكل ملف KML إلى Google Earth

8-4- تحديث الخرائط باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد:

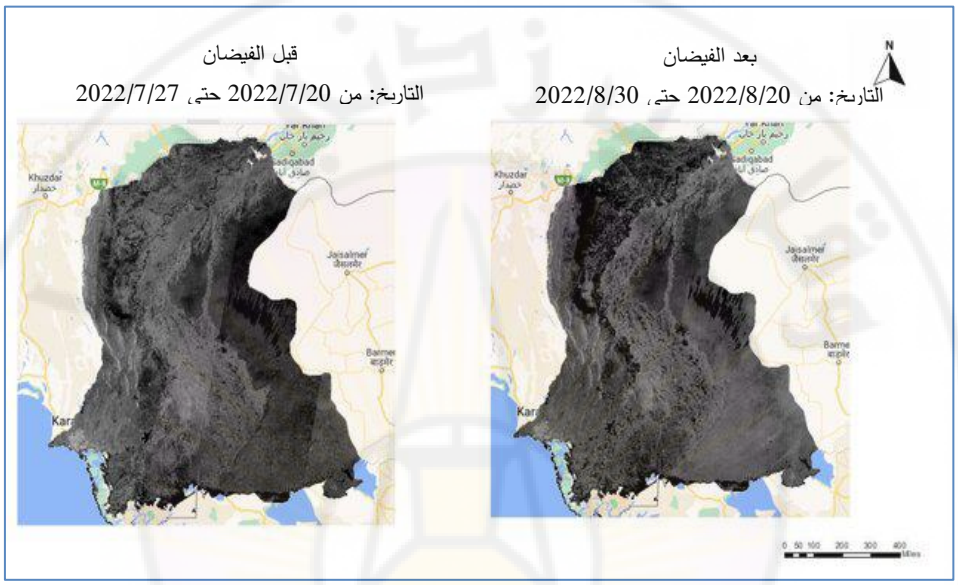
يعتمد تحديث الخرائط باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد على استخدام الأقمار الصناعية والطائرات بلا طيار (الدرون) للحصول على بيانات جديدة لسطح الأرض؛ هذه البيانات تُستخدم لتحديث الخرائط القديمة أو لإنتاج خرائط جديدة أدق.

يجري التحديث بالاعتماد على البيانات المستشعرة، وهي:

الأقمار الصناعية: توفر مرئيات من مسافات عالية، مثل: صور الأقمار الصناعية لاندسات (Landsat)أو سبوت(SPOT)، التي تلتقط صوراً بالألوان الطبيعية أو بأطياف معينة (مثل الأشعة تحت الحمراء) لتحديد تغيرات الأرض.

الطائرات بدون طيار (الدرون): يمكن للطائرات بلا طيار التقاط صور عالية الدقة لسطح الأرض بمقياس أدق مما يمكن أن توفره الأقمار الصناعية.

تُحلل الصور الملتقطة باستخدام برمجيات خاصة، حيث تجري المعالجة الرقمية للصورة والتحليل الطيفي، ثم تُقارن الصور الجديدة بالصور القديمة لتحديد التغيرات في الأرض، مثل: توسع المدن، وإزالة الغابات، أو التغيرات في المحاصيل الزراعية.



شكل (77): تحديث خريطة مقاطعة (السند)، باكستان اعتماداً على المرئيات الرادارية (Sentinel-1) قبل الفيضان وبعده

أمثلة لتحديث الخرائط باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد:

- **رصد التطورات العمرانية:** تُستخدم صور الأقمار الصناعية لتتبع التوسع العمراني في المدن. مثلاً: يمكن مقارنة صور الأقمار الصناعية التي تعود لعام 2000 مع صور حديثة لتحديد كيف تغيّر النمو الحضري في مدينة ما، فمع النمو العمراني السريع في المدن، يمكن استخدام بيانات الأقمار الصناعية لمراقبة كيف تتوسع هذه المدن مع مرور الوقت؛ مثلاً: في مدن مثل دمشق أو ميلانو، يمكن مقارنة الخرائط القديمة مع الصور الحديثة لتحديد أين يحدث التوسع. تُستخدم بيانات الأقمار الصناعية ذات الدقة الفائقة (Ultra-High Resolution) في الحالات التي تتطلب دقة كبيرة مثل الخرائط العمرانية أو الأماكن الحساسة، تُراوح دقتها من 30 سم إلى متر واحد أو أقل، وهي مناسبة لمراقبة الأبنية.

مثال: استُخدمت بيانات الاستشعار عن بعد لتوثيق التوسع السريع في دبي خلال العقدين الماضيين.

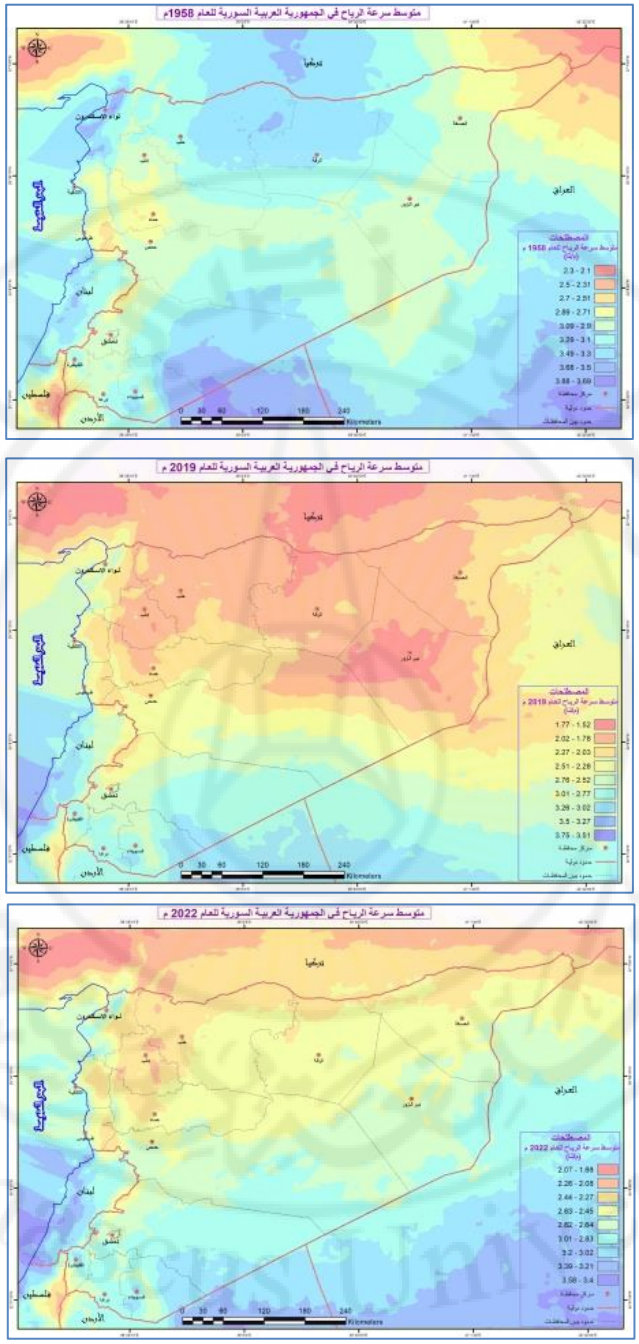


شكل (78): مدينة دبي في الإمارات العربية المتحدة بين العامين 1984 و2021م

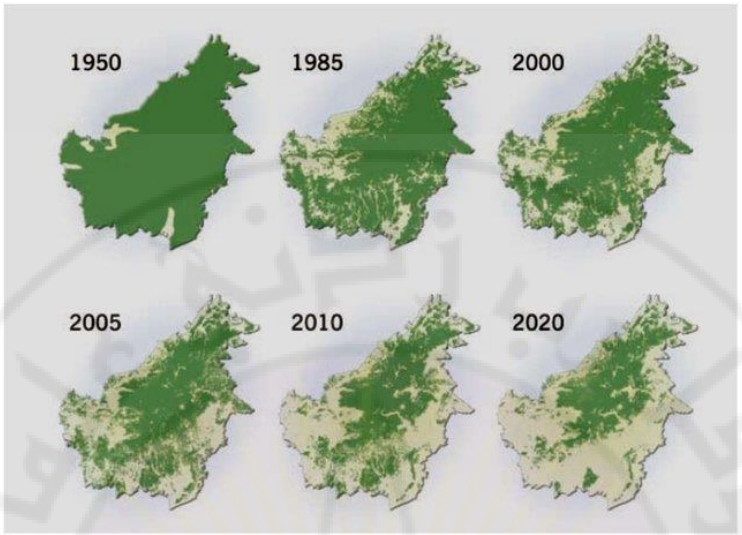
– **الرصد البيئي:** يمكن استخدام صور الأقمار الصناعية لرصد المساحات المفقودة من الغابات على امتداد الزمن وإحصائها، لا سيما في غابات الأمازون أو في افريقيا. مثال: تحليل صور الأقمار الصناعية باستخدام بيانات لاندسات لرصد إزالة الغابات في إندونيسيا بسبب الزراعة، ورصد مستويات المياه في الأنهار والبحيرات. كإنتاج خرائط لتوثيق التغيرات في مستوى البحيرات، بسبب التغيرات المناخية. مثال: تحليل التغيرات في مستوى مياه البحر الأحمر باستخدام صور الأقمار الصناعية لرصد التأثيرات المناخية.

– **رصد التغيرات المناخية:** يمكن استخدام صور الاستشعار عن بعد لدراسة التغيرات في درجات الحرارة العظمى والدنيا، ومتوسط سرعة الرياح، وكمية الأمطار وغيرها. **انظر الشكل (79).**

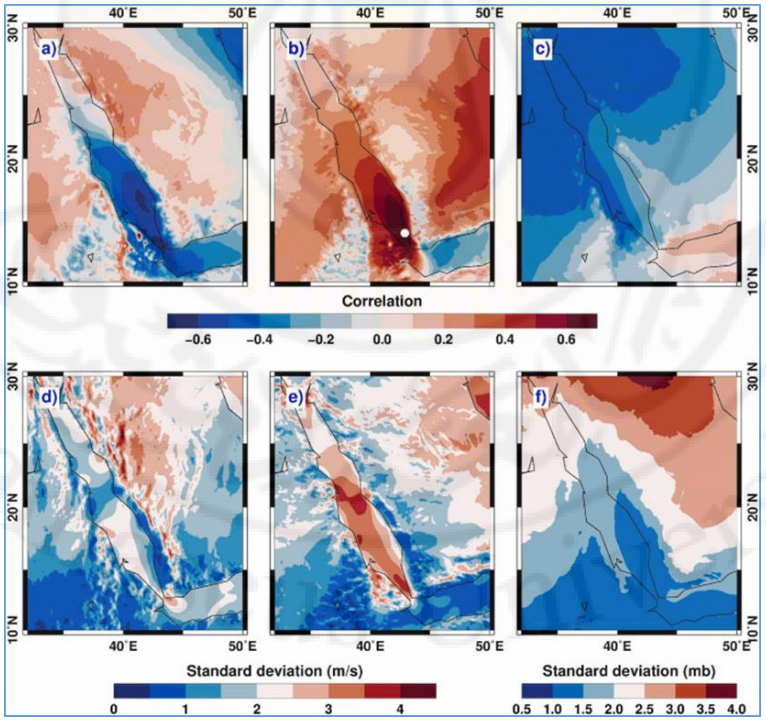
– **الرصد الزراعي:** تُستخدم بيانات الأقمار الصناعية مثل الأقمار (Sentinels) من وكالة الفضاء الأوروبية لرصد التغيرات في المحاصيل الزراعية؛ إذ يمكن تحديث الخرائط الزراعية بناءً على هذه البيانات.



شكل (79): رصد تغير متوسط سرعة الرياح في سورية للأعوام (1958–2019–2022) اعتماداً على بيانات القمر الصناعي TERRA



شكل (80): تراجع مساحة الغابات في (بورنيو)، إندونيسيا (1950–2020)

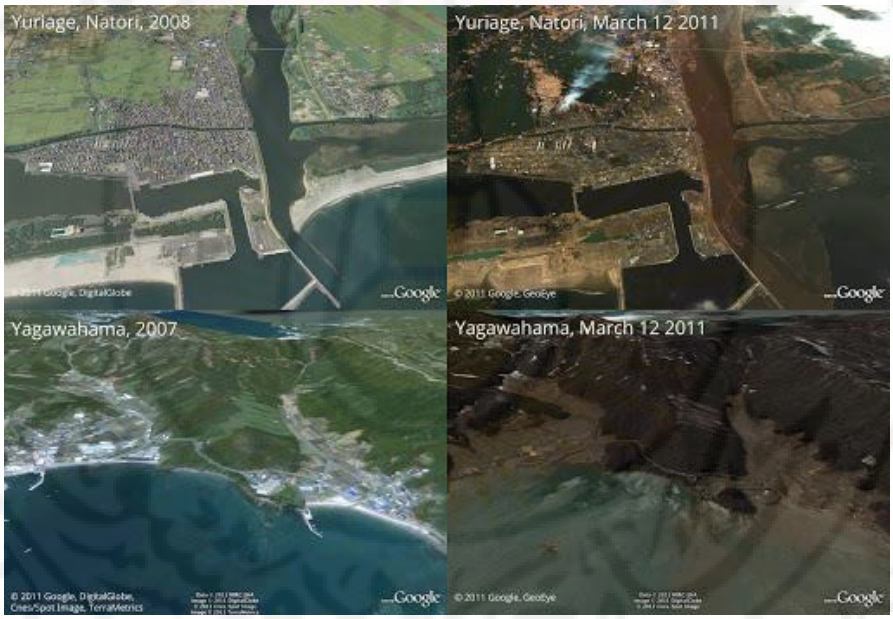


شكل (81): الاختلافات المتطرفة في مستوى سطح البحر الأحمر بسبب التغيرات المناخية

وتُستخدم بيانات الدرون أيضاً على نحو رئيس في التطبيقات المحلية التي تحتاج إلى دقة عالية، مثل: المسح الطوبوغرافي أو الرصد البيئي في المناطق التي يصعب الوصول إليها. يمكن للدرون تغطية مساحة صغيرة بدقة متناهية، وتساعد في تحديث الخرائط الرقمية بسرعة أكبر.

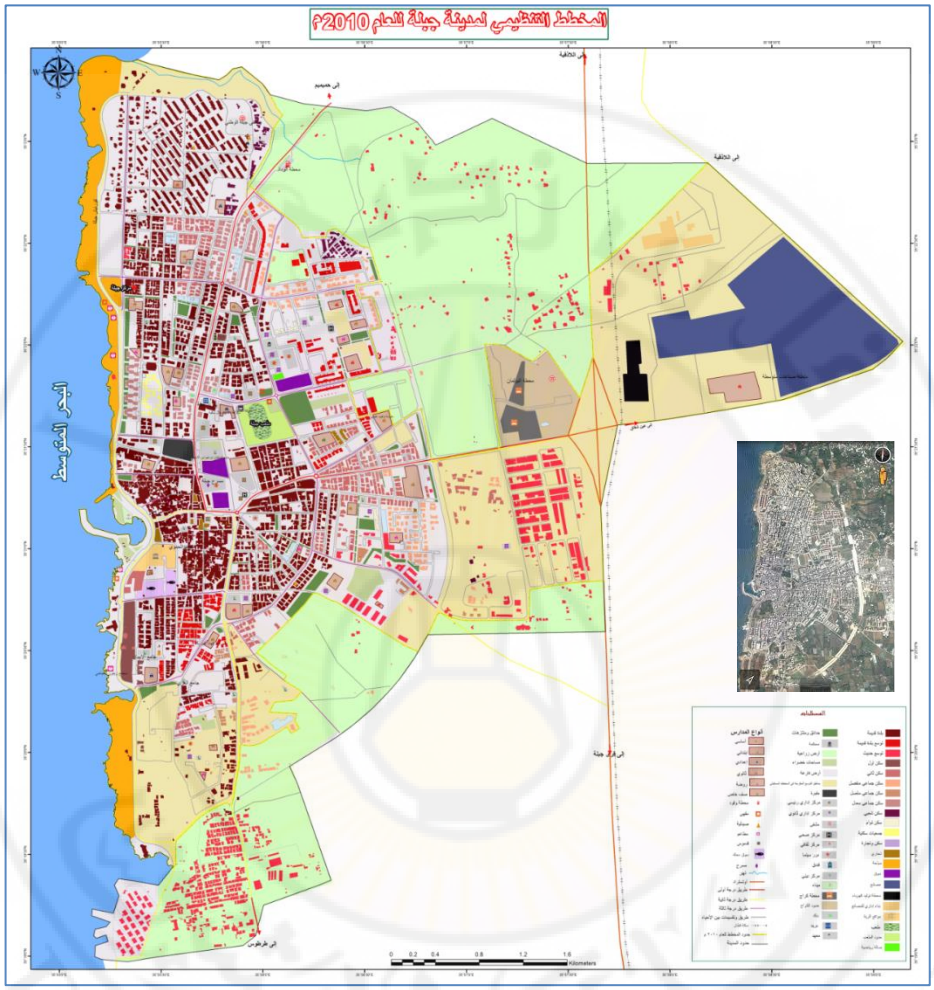
– **مراقبة الكوارث الطبيعية:** تُستخدم بيانات الأقمار الصناعية لرصد المناطق المتضررة من الكوارث الطبيعية، مثل الزلازل أو الفيضانات، حيث يمكن ملاحظة التغيرات الكبيرة في سطح الأرض، مثل: انهيار المباني أو تدمير البنية التحتية.

مثال: بعد حدوث الزلزال المدمر في اليابان (2011)، استُخدمت صور الأقمار الصناعية لتحديد المناطق المتأثرة بدقة.



شكل (82): مرئيات فضائية لما قبل زلزال وتسونامي 12 آذار 2011 وبعده في (يورياج)/اليابان

– **تحديث الخرائط الطبوغرافية والمخططات التنظيمية:** يمكن دمج بيانات الاستشعار عن بعد مع أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS) لتحليل التغيرات وإنشاء خرائط جديدة كدمج بيانات الاستشعار عن بعد مع الخرائط الطوبوغرافية لإنشاء خرائط ثلاثية الأبعاد، وتحديث المخططات التنظيمية كما في **الخريطة (47).**



خريطة (47): المخطط التنظيمي المحدث لمدينة جبلة في محافظة اللاذقية للعام 2010م اعتماداً على المرئيات الفضائية

8-5- الحصول على المعلومات من مصادر الاستشعار عن بعد ودورها في وضع الخرائط الموضوعية:

الاستشعار عن بعد هو جمع البيانات والمعلومات عن سطح الأرض باستخدام أدوات وتقنيات تتيح التقاط الصور والملاحظات من مسافات بعيدة، غالباً باستخدام الأقمار الصناعية أو الطائرات بلا طيار (الدرون). تُسهم هذه التقنية إسهاماً كبيراً في إعداد الخرائط الغرضية التي تُستخدم لأغراض محددة؛ مثل: الرصد البيئي، والتخطيط العمراني، وإدارة الموارد الطبيعية، وغيرها من التطبيقات المتخصصة.

الصور الفضائية هي إحدى أهم مصادر الاستشعار عن بعد، وهي الصور الملتقطة من الأقمار الصناعية في وقت معين وبدقة ودرجة تمييز مكانية معينة، تعطي معلومات دقيقة وفكرة واضحة عن التغيرات التي تطرأ على منطقة معينة في حقبة من الزمن تُراوح بين أيام عدة وعشرات السنين، وتمكن المختص من المراقبة المتكررة لأهداف معينة، مثل: نمو المحاصيل الزراعية، والتوسعات العمرانية، والتغيرات البيئية، وغيرها من التطبيقات المتعددة؛ ولا سيما في الاستشعار عن بعد، إذ يعد من مصادر البيانات والمعلومات في برامج رسم الخرائط الغرضية ومنها GIS.

وتُقسم الصور الفضائية تبعاً لبنيتها الطيفية أو دقتها التمييزية وبحسب الغرض الذي تلتقط لأجله أو بحسب أهداف القمر الصناعي:

أ-البنية الطيفية (Mono Chromatic):

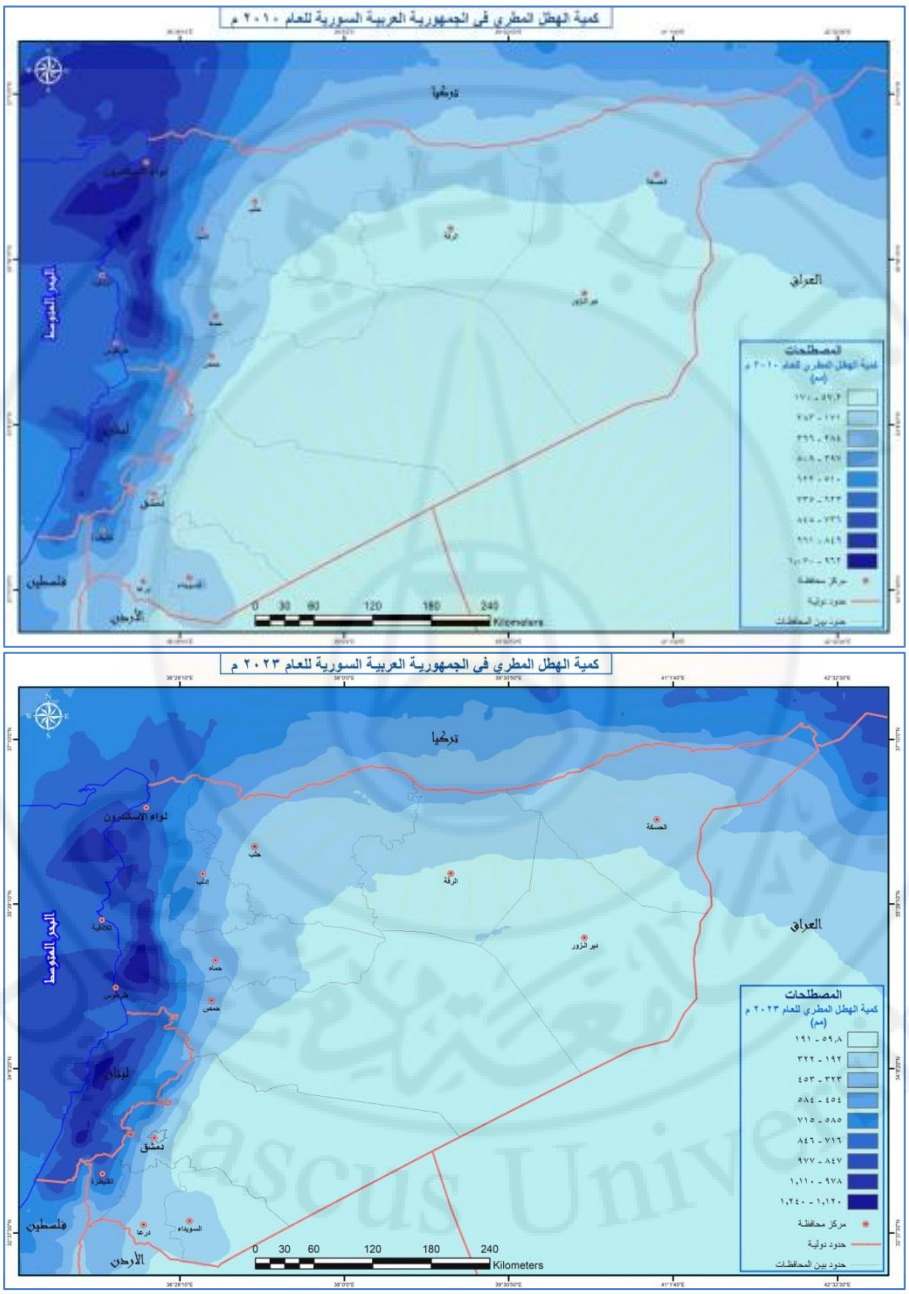
- صور أحادية اللون (Panchromatic): يحتوي هذا النوع من الصور معلومات موجودة في منطقة واحدة من الطيف الكهرومغناطيسي.
- صور متعددة الأطياف: يراوح عدد الأطياف في هذا النوع بين 3 إلى 9 أطياف.
- صور متعددة الأطياف (فائقة الأطياف): يصل عدد الأطياف في هذا النوع من الصور إلى مئات الأطياف (Hyper spectral).
- الصور الرادارية والمايكروويفية (Radar & Microwave).

ب-الدقة المساحية: هي أصغر مساحة يمكن تمييزها على الصورة.

بعض تطبيقات الخرائط الموضوعية اعتماداً على بيانات الاستشعار عن بعد:

-**خرائط تحليل التغيرات الزمنية:** من أبرز أدوار الاستشعار عن بعد هو: تمكين إنشاء خرائط غرضية تحلل التغيرات الزمنية على سطح الأرض؛ مثلاً: يمكن للمختصين استخدام صور الأقمار الصناعية القديمة والجديدة لمقارنة التغيرات في الغطاء النباتي، وتوسع المدن، أو حتى ارتفاعات البحار، هذا التحليل يُستخدم لإنتاج خرائط تركز على تأثيرات التغيرات البيئية، سواء أكانت نتيجةً للأنشطة البشرية أم للعوامل الطبيعية.

-**دعم اتخاذ القرار في التخطيط العمراني وإدارة الموارد:** يمكن للخرائط الموضوعية التي تعتمد على بيانات الاستشعار عن بعد أن تكون أدوات حيوية في التخطيط العمراني وإدارة الموارد، ففي وضع الخرائط الغرضية الخاصة بالتوسع العمراني تُساعد الصور المستشعرة في تحديد حدود المناطق الحضرية، وتحديد التغيرات في استخدامات الأراضي، وتقييم التأثيرات البيئية الناتجة عن النمو الحضري. وبالنسبة إلى الموارد الطبيعية تُستخدم صور الأقمار الصناعية لرصد المساحات المائية وحسابها، والغابات، والأراضي الزراعية، ما يتيح اتخاذ قرارات مدروسة حول كيفية إدارة هذه الموارد.



شكل (83): خرائط تغير متوسط كمية الهطل المطري في سورية للعامين 2010 و2023

-**خرائط الرصد البيئي والمراقبة:** تُعد بيانات الاستشعار عن بعد أحد المصادر الرئيسة لوضع الخرائط الغرضية البيئية؛ تُستخدم هذه الخرائط لمراقبة حالة الغابات، والأراضي الرطبة، والأنهار، والمناطق المحمية، وتعتمد هذه الخرائط على تحليل الصور الطيفية التي تكشف عن الحالة الصحية للغطاء النباتي، وأثر الأنشطة البشرية في البيئة؛ مثلاً: يمكن للمختصين في البيئة استخدام خرائط الغطاء النباتي الناتجة عن الاستشعار عن بعد لتحديد المناطق المتضررة من التصحر أو إزالة الغابات.

-**الخرائط الموضوعية للكوارث الطبيعية:** تُعد بيانات الاستشعار عن بعد أداة مهمة في تتبع الكوارث الطبيعية وتقييم الأضرار الناتجة عنها؛ مثلاً: بعد وقوع الفيضانات أو الزلازل، تُستخدم صور الأقمار الصناعية ودرون لتحديد المناطق المتأثرة، وحساب حجم الأضرار، وتحديث الخرائط المتخصصة في إدارة الكوارث، تُساعد هذه الخرائط في تنظيم عمليات الإغاثة وتحديد الأولويات.

-**خرائط استخدامات الأرض:** تُستخدم صور الاستشعار عن بعد لإنشاء خرائط توضح كيفية استخدام الأرض في منطقة معينة، مثل: الأراضي الزراعية، والمناطق الحضرية، والغابات، أو الأراضي الطبيعية. مثلاً: يمكن استخدام صور الأقمار الصناعية (مثل Landsat أو-Sentinel 2)لإنشاء خرائط توضح مدى توسع المناطق الحضرية في مدينة معينة، أو تحول الأراضي الزراعية إلى أراضٍ سكنية. هذا النوع من الخرائط يُستخدم في تخطيط المدن وإدارة الموارد الطبيعية.

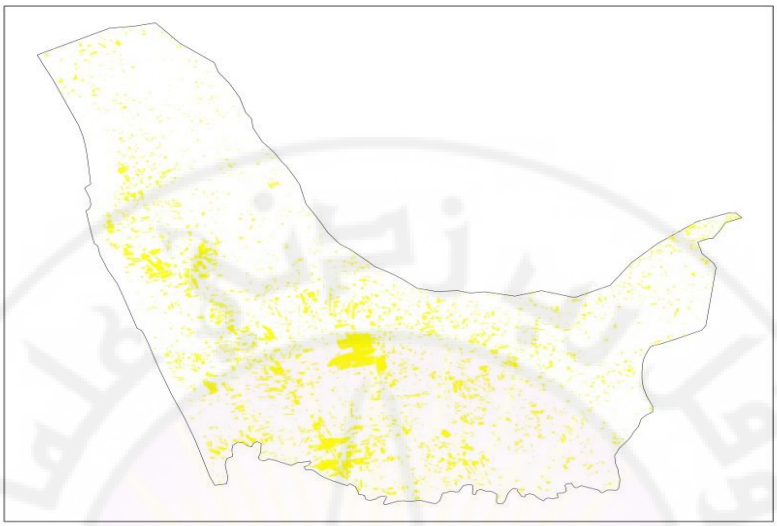
-**خرائط التغطية النباتية:** تُستخدم خرائط التغطية النباتية لتحديد توزيع الأنواع النباتية والغطاء الأرضي في منطقة معينة، هذه الخرائط غالباً ما تعتمد على التحليل الطيفي للصور الملتقطة من الأقمار الصناعية، مثلSentinel-2 ، لاستخراج معلومات حول صحة النباتات (مثلاً باستخدام مؤشر الفرق النباتي (NDVI).

-**خرائط التغيرات البيئية:** تهدف هذه الخرائط إلى توثيق التغيرات البيئية على مر الزمن، مثل: تغيرات مستوى البحار أو إزالة الغابات أو تدهور الأراضي بسبب الأنشطة البشرية أو الكوارث الطبيعية؛ التطبيق: تقارن صور الأقمار الصناعية من فترات زمنية مختلفة (مثلاً قبل كارثة طبيعية وبعدها) لتحديد التغيرات في البيئة. تُستخدم هذه الخرائط في إدارة الكوارث البيئية واتخاذ قرارات للمحافظة على البيئة.



شكل (84): تطبيق قرينة (NDVI) على مرئية Sentinel-2 لمحافظة طرطوس في سورية للعام 2017م

-**خرائط الأراضي الزراعية:** تُستخدم بيانات الاستشعار عن بعد لإنشاء خرائط تفصيلية تُظهر توزيع المحاصيل الزراعية، وصحة المحاصيل، وحالة الأراضي الزراعية بشكل عام. التطبيق: باستخدام صور الأقمار الصناعية ذات الدقة العالية، تُنشأ خرائط توضح مناطق نمو المحاصيل المختلفة مثل القمح أو الأرز، ويمكن مراقبة كفاءتها الزراعية أو التأثيرات المناخية في الإنتاج الزراعي.



شكل (85): توزع حقول القمح في سهل عكار اعتماداً على مرئية Sentinel-2 لمحافظة طرطوس في سورية للعام 2017م

-**خرائط المياه والموارد المائية:** كخرائط رصد المسطحات المائية، مثل: البحيرات والأنهار، وأيضاً لتتبع مستويات المياه، مثل: فيضانات الأنهار أو تغيرات حجم الأحواض المائية بسبب السدود أو تغير المناخ.

-**خرائط التصحر**: تُستخدم بيانات الاستشعار عن بعد لرصد التدهور في الأراضي نتيجة التصحر.

-**خرائط الأراضي الحضرية:** تهدف هذه الخرائط إلى تتبع التوسع الحضري وتحليل تأثيرات النمو السكاني في الأراضي، تُستخدم هذه الخرائط من أجل التخطيط العمراني وإدارة الموارد في المدن الكبرى.

-**خرائط التصور الطوبوغرافي** : تُستخدم هذه الخرائط لتوضيح التغيرات في الارتفاعات والتضاريس على سطح الأرض، مثل: الجبال، الوديان، الهضاب، والمناطق السهلية. تُعد هذه الخرائط ضرورية في العمليات الهندسية، مثل: بناء الطرق أو السدو، حيث تُستخدم بيانات LIDAR (كشف

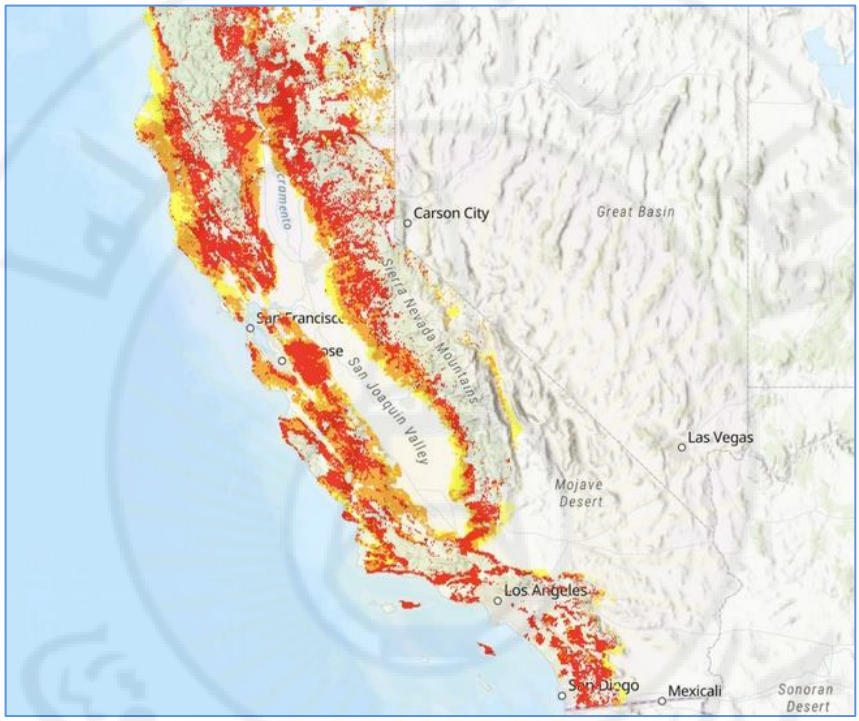
الضوء وتحديد المدى) أو الأقمار الصناعية التي توفر بيانات عالية الدقة لتوليد خرائط الطوبوغرافيا.

-**خرائط المناطق الساحلية:** توضح هذه الخرائط التغيرات في السواحل بسبب التعرية أو ارتفاع مستويات المياه، ويمكن أن تُظهر هذه الخرائط التغيرات في الخطوط الساحلية نتيجةً للتغيرات المناخية أو النشاط البشري، مثلاً: في جزر المالديف، استُخدمت صور الأقمار الصناعية لمراقبة ارتفاع مستوى سطح البحر والتغيرات في السواحل، وهو أمر مهم جداً بالنسبة إلى مدى استدامة هذه الجزر.



شكل (86): توقع ارتفاع منسوب مياه جزر المالديف

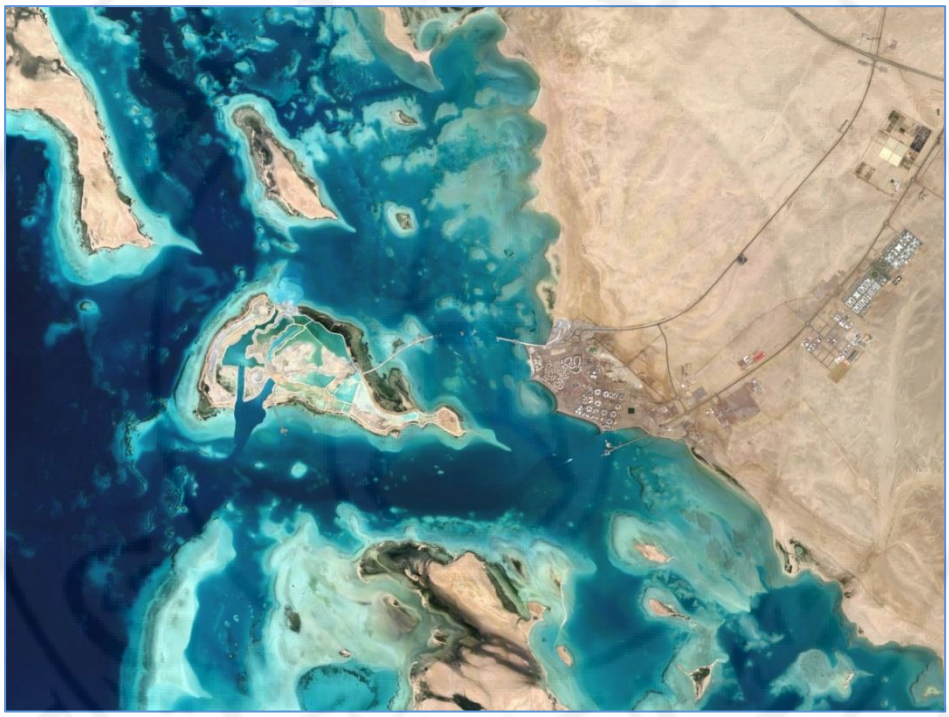
-**خرائط رصد الحرائق:** يُستخدم الاستشعار عن بعد لمراقبة مناطق نشوب الحرائق، وتحليل تقدمها، وتأثيرها في البيئة. يُمكن أن تساعد هذه الخرائط في تحديد المناطق المتأثرة بالحرائق والآثار البيئية الناتجة عنها، حيث يمكن استخدام صور MODIS لرصد الحرائق في الوقت الفعلي، وتحديد المناطق الأكثر تضرراً من الحريق.



خريطة (48): حرائق الغابات في كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأميركية، 2025 م

- **خرائط المراعي الطبيعية:** هي خرائط تحديد مدى تدهور المراعي بسبب الإفراط في الرعي أو تغيرات الطقس؛ ففي السعودية تُستخدم بيانات الاستشعار عن بعد لوضع خرائط صحة المراعي ومراقبتها وتحديد المناطق المتدهورة بسبب الرعي الجائر.

-**خرائط البيئة البحرية والمحيطات:** تُستخدم هذه الخرائط لرصد المحيطات والبيئة البحرية، بما في ذلك رصد أنواع الكائنات البحرية أو مراقبة تلوث المياه. تؤدي بيانات الأقمار الصناعية دوراً كبيراً في رصد درجات حرارة البحر، تلوث المياه، ووجود الشعب المرجانية، إذ يُستخدم الاستشعار عن بعد لرصد مناطق الشعب المرجانية وحالة المياه، ولتحديد مناطق التأثيرات السلبية الناتجة عن الأنشطة البشرية.



شكل (87): شعاب مرجانية، البحر الأحمر، Copernicus Sentinels data 2022

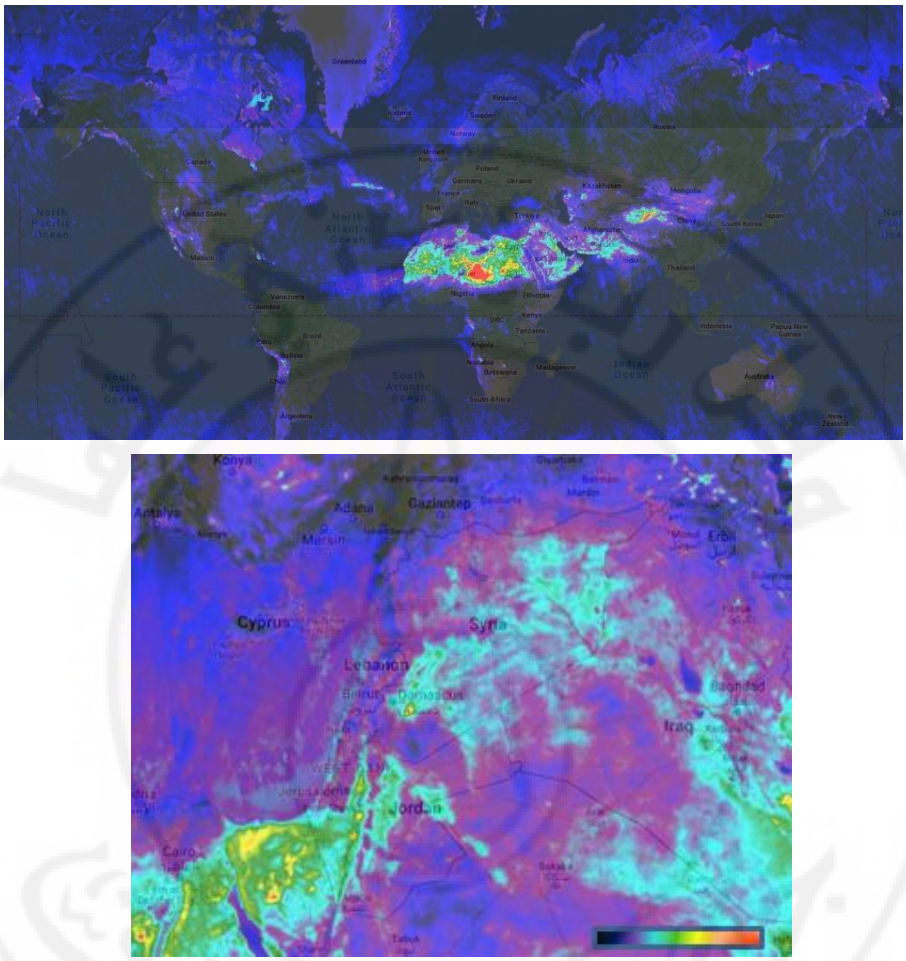
-**خرائط تتبع أنواع الحيوانات:** يمكن استخدام الاستشعار عن بعد لتوثيق وجود أو توزيع أنواع معينة من الحيوانات في بيئاتها الطبيعية، وتساعد هذه الخرائط في دراسة الحياة البرية وحمايتها؛ فمثلاً: في الحدائق الوطنية في كينيا، تُستخدم صور الأقمار الصناعية لرصد حركة أنواع معينة من الحيوانات البرية وتحديد الأماكن التي تحتاج إلى حماية.

– **خرائط مسارات النقل:** يمكن استخدام الاستشعار عن بعد لرصد الشبكات النقلية وتحليلها، مثل: الطرق، والسكك الحديدية، والموانئ. تساعد هذه الخرائط في التخطيط لنقل البضائع، وتحسين الشبكات اللوجستية.

–**التكامل بين الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS):** يُعد دمج بيانات الاستشعار عن بعد مع نظم المعلومات الجغرافية (GIS) خطوة أساسية في تطوير الخرائط الغرضية، توفر هذه النظم قدرة على جمع وتحليل البيانات المكانية وربطها بالبيانات الطيفية المستخلصة من الأقمار الصناعية والطائرات بلا طيار. وباستخدامGIS يمكن تحويل البيانات الملتقطة إلى خرائط دقيقة تُستخدم في مجالات عدة، مثل: مراقبة التغيرات المناخية، وتخطيط المدن، أو إدارة الموارد الطبيعية.

– **استخدام الذكاء الصنعي في معالجة الصور:** تستخدم بعض الأنظمة الذكية الذكاء الاصطناعي لتحليل صور الاستشعار عن بعد بسرعة وكفاءة أكبر، يمكن للذكاء الاصطناعي تحديد التغيرات الدقيقة، مثل: تغيرات الغطاء الأرضي أو تصنيف أنواع المحاصيل بسرعة أكبر من الطرائق التقليدية.

وتتوافر بعض المنصات، ومنها: Earth Engine هي عبارة عن منصة تحتوي على أرشيف بيانات لمرئيات من الأقمار الصناعية تُحدث يومياً، وتحتوي على أوامر (Codes) تتيح استخدامها ليحلل الصور باستخدام الذكاء الصنعي (AI) للحصول على المعلومات من الصور. يوضح **الشكل (88)** تطبيق الكشف عن الهباء الجوي اعتماداً على بيانات القمر الصناعي (Sentinel 5p) الخاص بمراقبة تلوث الهواء، إذ يراقب جميع الملوثات باستثناء (O3, CH4, SO2) حيث يمكن تطبيق قرينة قياس الهباء الجوي (Aerosol Index).



شكل (88): قياس الهباء الجوي باستخدام الذكاء الصنعي والاستشعار عن بعد

في الختام يُعد الاستشعار عن بعد أداةً أساسيةً في تحديث الخرائط الغرضية وتطويرها، فمن خلال استخدام تقنيات الاستشعار الحديثة يمكن الحصول على بيانات دقيقة وموثوقة تظهر التغيرات الجغرافية والبيئية على سطح الأرض. وتؤدي هذه البيانات دوراً رئيسي في دعم التخطيط والإدارة المستدامة للموارد الطبيعية، وتسهم في الاستجابة السريعة للكوارث الطبيعية، ما يجعلها جزءًا لا يتجزأ من العمل الجغرافي الحديث.

الفصل التاسع: وضع الخريطة الموضوعية
The layout of a thematic map

9-1- وظيفة الخريطة الموضوعية.

9-2- المحتوى والتصميم والإخراج.

9-3- وضع الخريطة الموضوعية بالطرائق التقليدية.

9-4- وضع الخريطة الموضوعية حاسوبياً (باستخدام البرمجيات المختصة).

الفصل التاسع: وضع الخريطة الموضوعية

9-1-الخريطة الموضوعية:

الخريطة الموضوعية (Thematic Map) نوع من الخرائط المعدة لإظهار موضوع معين أو ظاهرة محددة في منطقة جغرافية معينة، تُستخدم في مجالات متعددة لا يمكن حصرها نذكر منها مثلاً: التخطيط العمراني، كالبيئة، والاقتصاد، وغيرها، إذ تسهم في تحليل البيانات الجغرافية وتفسيرها بطرائق تسهّل الفهم والاستنتاج ووضع القرارات. وتُلخص وظائفها بما يأتي:

1. تمثيل البيانات الجغرافية المتخصصة:

توضح الخرائط الموضوعية معلومات متخصصة مثل: التوزيع السكاني، والمناخ، والتربة، والغطاء النباتي، والأنشطة الاقتصادية، وغيرها، وتوضح الأنماط الجغرافية والعلاقات المكانية فيما بينها.

2. دعم اتخاذ القرار والتخطيط:

تُستخدم في التخطيط الحضري والريفي لتحديد مواقع المشاريع التنموية، كتوزيع المدارس والمستشفيات، أو تخطيط الطرق والمواصلات بناءً على الاحتياجات الفعلية للسكان.

وتُساعد الحكومات والشركات في اتخاذ قرارات مبنية على بيانات مكانية دقيقة، كتحديد المناطق الأكثر عرضة للتصحر أو الفيضانات.

3. تحليل العلاقات المكانية:

تُمكن من اكتشاف العلاقات بين الظواهر الجغرافية، كالعلاقة بين التضاريس والمناخ، أو بين استخدامات الأرض والسكان، أو بين السكان والخدمات وغيرها.

4. التوعية البيئية والتغيرات المناخية:

تُستخدم في عرض التغيرات البيئية كإزالة الغابات، وتلوث المياه، أو تأثير الاحتباس الحراري، ما يساعد في التوعية وتوجيه الجهود نحو حماية البيئة.

5. توضيح الاتجاهات والتغيرات الزمنية:

يمكن أن تكون ديناميكية أو متعددة الفترات الزمنية لعرض التغيرات التي طرأت على منطقة ما على امتداد الزمن، مثل: التحولات في استخدام الأراضي، أو توسع المدن، أو التغيرات المناخية.

6. تسهيل التعليم والبحث الجامعي:

تُعد أدواتٍ تعليميةً قوية تُسهل فهم الظواهر الجغرافية من خلال التمثيل البصري، ما يجعلها مفيدة للطلاب والباحثين في تحليل البيانات المكانية وتفسيرها.

ومن ثم تُعد الخريطة الموضوعية أداة قوية لتمثيل المعلومات الجغرافية بطرائق تُسهّل الفهم العميق للظواهر المختلفة، وخلال استخدامها يمكن تحسين إجراءات التخطيط، والبحث، والتوعية بالمشكلات البيئية والاجتماعية، مما يجعلها أداة لا غنى عنها في المجالات العلمية والتطبيقية المختلفة.

9-2-المحتوى والتصميم والإخراج:

كما كانت الخريطة وسيلة بصرية لنقل معلومات متخصصة حول ظاهرة معينة، فإن دقتها وكفاءتها تعتمد على جودة المحتوى والتصميم والإخراج.

أولًا: محتوى الخريطة الموضوعية

يُقصد بالمحتوى جميع المعلومات والبيانات التي تُمثل على الخريطة، ويجب أن تكون دقيقة ومختارة بعناية وفقاً للغرض من الخريطة.

تحوي الخريطة الخاصة كما الخريطة الجغرافية العامة العناصر الآتية:

العناصر الأساسية: تشمل المحتوى الأساسي للخريطة الجغرافية، بما تحويه داخل إطارها من مظاهر جغرافية وهي:

المحتوى الجغرافي: يشمل المظاهر الجغرافية جميعها سواء مظاهر خطية تمتد في الطبيعة بشكل طولاني (أنهار، طرق موصلات، أنابيب نقل الطاقة، خطوط السواحل، الحدود بأنواعها، وغيرها). ويُعبر عنها برموز خطيةً أو مظاهر مكانية (موضعية) تبين المظاهر المتمركزة في الطبيعة التي تُعبر عن الموقع الفعلي للظاهرة، وتُمثل على شكل رموز مكانية (نقاطة، رمز هندسي، وغيرها). أما النوع الثاني من المظاهر الجغرافية التي تحويها الخرائط فهي المظاهر التي تنتشر على مساحة معينة، وتدعى المظاهر المساحية (انتشار نوع من النباتات، الصخور، التربة وغيرها) ويجري إظهارها برموز مساحية مناسبة تبين نوع الظاهرة وأماكن انتشارها، وقد تبين خصائصها الكمية.

جميع ما سبق يُدعى بالبيانات الجغرافية الأساسية التي تساعد في فهم الموقع.

والموضوع الرئيس يُحدد بناءً على الهدف من الخريطة، مثل توزع السكان، والغطاء النباتي، والتغيرات المناخية، والنشاط الاقتصادي، وغيرها.

المحتوى الرياضي: يتضمن الطرائق والأساليب المطلوبة لنقل السطح الكروي وتحويله إلى السطح المستوي المناسب لتمثيل مظاهر سطح الأرض. ويعد الهيكل العظمي للخريطة، ويشمل ثلاثة عناصر هي:

1-المسقط Projection .

2-شبكة الإحداثيات Coordinate Grid.

3-المقياس Scale: مستوى التفاصيل يعتمد على مقياس الرسم؛ فمثلاً: الخرائط ذات المقياس الكبير تعرض تفاصيل أكثر مقارنةً بالخرائط ذات المقياس الصغير.

العناصر المساعدة: تتألف من مجموعة العناصر التي تُساعد في قراءة المظاهر التي تم تمثيلها على الخريطة على شكل رموز اصطلاحية وفهمها، كمفتاح الرموز أو بيانات مساعدة في تحديد موقع المنطقة المرسومة من سطح الكرة الأرضية كاسم الخريطة وتحديد الاتجاه، وبعض المعلومات عن المؤسسة التي وضعت الخريطة وتاريخ وضعها.

يجب أن تستند البيانات في الخرائط الغرضية إلى مصادر موثوق، مثل: الإحصائيات الرسمية، بيانات الاستشعار عن بعد، أو الدراسات الجامعية.

العناصر المتممة: تشمل أشكالاً بيانية توضيحية، أو مقاطع مجسمة لجزء من المنطقة المرسومة، أو خرائط صغيرة المقياس للمنطقة المرسومة أو لجزء منها؛ بالإضافة إلى بعض الشروحات التي تُغني محتوى الخريطة.

تُستخدم الرموز والخطوط والنقاط والألوان لتمييز الظواهر المختلفة، ويجب أن تكون واضحة ومعبرة بلا تعقيد، ويُساعد التدرج في توضيح كثافة الظاهرة، مثل استخدام تدرج الألوان لتمثيل كثافة السكان أو درجات الحرارة.

ويجب أيضاً اختيار نوع خط واضح ومناسب للقراءة، مع مراعاة حجم الخطوط وفقاً لأهمية المعلومات.

والإخراج هو المرحلة الأخيرة التي تجمع بين المحتوى والتصميم لتقديم خريطة واضحة ودقيقة وسهلة الفهم. يجب أن يكون العنوان دقيقاً ويعبر عن موضوع الخريطة بشكل مباشر.

والمفتاح يحتوي شرحاً للرموز والألوان المستخدمة حتى يتمكن القارئ من فهم البيانات بسهولة.

9-3-وضع الخريطة الموضوعية بالطرائق التقليدية:

يتطلب وضع الخريطة الموضوعية بالطرائق التقليدية مراحل عدة تعتمد على الهدف من الخريطة والبيانات المتاحة، وتشمل ما يأتي:

أولاً: محتوى الخريطة:

يُقصد بالمحتوى جميع المعلومات والبيانات التي تُمثل على الخريطة، ويجب أن تكون دقيقة ومختارة بعناية وفقاً لهدف الخريطة.

يُحدد **الهدف الأساسي** للخريطة مثلاً: خريطة استخدامات الأراضي، أو توزيع السكان، أو المناخ، أو التضاريس أو غيرها. ثم **تُختار المعلومات والبيانات** التي ستُمثل على الخريطة.

البيانات الجغرافية الأساسية، وتتضمن: الحدود السياسية، والأنهار، والتضاريس، والمدن، وغيرها من المعالم الجغرافية التي تساعد في فهم الموقع والاتجاهات، والموضوع الرئيس (الظاهرة المُراد تمثيلها): ويُحدد بناءً على الهدف من الخريطة، قد يكون محتوياً طبيعياً أو بشرياً اقتصادياً، أو اجتماعياً او تاريخياً أو غيره، مثال: (توزيع السكان، الغطاء النباتي، التغيرات المناخية، النشاط الاقتصاد).

اختيار قاعدة الخريطة:

الاعتماد على خريطة أساس كخريطة طبوغرافية أو سياسية، ويمكن رسم الحدود العامة يدوياً باستخدام ورق شفاف فوق خريطة مرجعية.

تجميع البيانات وتبويبها:

يجب استخدام بيانات من مصادر موثوقة مثل الإحصائيات، والصور الجوية، والقياسات الميدانية.

تُصنف البيانات بناءً على الفئات أو الرموز المناسبة للتمثيل.

رسم التفاصيل الأساسية:

تُرسم الحدود الإدارية أو الطبيعية (أنهار، جبال، مدن، طرق رئيسة) باستخدم مقياس رسم مناسب للمحافظة على الدقة.

ثانياً: عناصر التصميم الأساسية:

- مقياس الرسم (Scale)

يحدد نسبة تصغير الظاهرة الجغرافية على الخريطة، ويؤثر في مستوى التفاصيل المقدمة.

- الإسقاط (Projection)

يجب اختيار نوع الإسقاط المناسب لتجنب التشوهات أو التقليل منها.

- الرموز والألوان:

تُستخدم الرموز والخطوط والنقاط والألوان لتمييز الظواهر المختلفة، ويجب أن تكون واضحة ومعبرة بلا تعقيد.

يُفضل استخدام نظام ألوان يظهر الواقع (مثل: اللون الأخضر للمناطق الزراعية، والأزرق للمياه) .

- التدرج اللوني والتظليل:

يساعد التدرج في توضيح كثافة الظاهرة، مثل: استخدام تدرج الألوان لتمثيل كثافة السكان أو درجات الحرارة.

- التسمية والخطوط:

يجب اختيار نوع خط واضح ومناسب للقراءة، مع مراعاة حجم الخطوط وفقًا لأهمية المعلومات.

- التوجيه وعناصر التوجيه البصري:

مثل: سهم الشمال، وشبكة الإحداثيات التي تساعد في قراءة الخريطة وتحليلها بدقة.

إضافة العناصر الأساسية للخريطة:

كالعنوان والمفتاح ومقياس الرسم لتحديد العلاقة بين المسافات على الخريطة والمسافات الحقيقية.

اتجاه الشمال والمصدر والتاريخ.

9-4-وضع الخريطة الموضوعية حاسوبياً (باستخدام البرمجيات المختصة):

يُعد الحاسب في الوقت الحاضر ضرورة قصوى لواضعي الخرائط، لما تتميز به هذه التقنية من السرعة والسهولة في إدخال البيانات الجغرافية، وتخزينها، وإخراجها، واسترجاعها وقت الحاجة، وتعديلها وقت الضرورة، بالإضافة إلى إجراء عمليات مقارنة للمعلومات الجغرافية، إلى جانب ذلك تتميز كل مرحلة من مراحل إنتاج الخريطة أو إعادة إنتاجها بالمرونة والدقة.

تاريخ كارتوغرافية الحاسب:

تعود كارتوغرافية الحاسب إلى النصف الثاني من القرن العشرين، ويعد مقال توبلر W.TOBLER المنشور عام 1959م في المجلة الجغرافية بعنوان (الأتمتة والكارتوغرافية) Automation and cartography أول ما نشر عن كارتوغرافية الحاسب. في هذا المقال وصفت الخريطة على أنها نوع من البيانات المخزنة (Tobler 1959) حيث كانت وسائل الإدخال والإخراج تعتمد على البطاقات المثقبة. وحتى بداية الستينيات كانت خطوط الكونتور (خطوط التسوية) Contour Lines، يرسمها

الكارتوغرافيون يدوياً الذين يستخدمون في ذلك معرفتهم في تحديد مواقع المناطق، بالإضافة إلى فهمهم للشكل الذي ستبدو عليه الخريطة. وعندما ظهر الحاسب كان لا بد من البحث عن طريقة آلية لتمثيل التضاريس من خلال خطوط الكونتور. وفي عام 1964 نظم كل من بكمور وبويل Bicmore and Boyle أول مؤتمر حول نظام أتمتة الخرائط. وفي عام 1968م تحقق في هارفرد إنجازان مهمان:

الأول: وضع نظام حسابي جديد يمكن من إعادة إنتاج نماذج من الخرائط القديمة ثم أتمتة معظم التقانات الكارتوغرافية المعقدة كالتظليل.

الثاني: الاهتمام بتدريب مجموعة من الكارتوغرافيين على كارتوغرافية الحاسب ودخولها العمل. وتميزت هذه الفترة بتنوع البيانات، وسرعة الحصول عليها. فضلاً عن أن تطور البرامج Software أدى إلى إيجاد برامج لها القدرة على إنتاج خرائط جديدة، أو إعادة الخرائط اليدوية. ومن ثم الحصول على أنواع مختلفة من التمثيل الكارتوغرافي. وفي عام 1976 شرح توبلر بالتفصيل الأساس الرياضي والنظري للكارتوغرافية ودور الكارتوغرافيين في استخدام عمليات وضع الخرائط.

حتى ذلك الوقت لم يكن مفهوم الكارتوغرافية الآلية مستخدماً، ففي الثمانينيات استخدم موريسون MORRISON مفهوم الكارتوغرافيا بمساعدة الحاسب Computer-assisted– cartography* بدلاً من الكارتوغرافيا الآلية[2] Automated cartography، وذلك لأن الأتمتة كانت بحاجة إلى وقت طويل أولاً، والتغيرات التي حدثت لم تكن منتظمة ثانياً.

[2] الكارتوغرافية بمساعدة الحاسب تعني: استخدام الحاسب الخاص بالرسم في إنتاج الخرائط*الكارتوغرافية الآلية، هي العملية التي يُعالج بوساطتها المعطيات ورسم الخرائط بالحاسب ووسائل الرسم الأخرى كالشاشة والطابعة والراسم

Keith .C .Clarke .Analytical And Computer Cartography .1990

يمكن تقسيم المراحل التي مرت بها تقنية كارتوغرافية الحاسب إلى أربع مراحل، هي:

المرحلة الأولى: مرحلة الستينيات، وتتضمن معارضة استخدام هذه التقنية وتجاهل وجودها.

المرحلة الثانية: هي مرحلة تكرار التجارب السابقة والتقانات القديمة، لإنتاج أقلام وألواح رسم وترقيم جديدة وذلك من أجل إبعاد كارتوغرافية الحاسب عن أذهان المهتمين.

المرحلة الثالثة: مرحلة إيجاد الأدوات والوسائل الكاملة التي تحتاج إليها كارتوغرافية الحاسب، وهذا نتج عنه نسيان الكارتوغرافية القديمة واستخدام التقنية الحديثة، وهذه المرحلة مازالت مستمرة حتى الآن.

المرحلة الرابعة: هي مرحلة دخول تقنية الذكاء الصنعي الجغرافي (GEOAI)، وأصبحت متوفرة بوصفها منصات متخصصة أو أدوات في برنامج (ARC Pro).



شكل (89): نسخ ArcMap



شكل (90): أدوات التعلم الآلي التي يتضمنها ARC GIS PRO

وضع الخريطة بوساطة الحاسب:

إن وضع خريطة حاسوبية يتطلب وجود الحاسب وملحقاته التي ذكرت في فصلٍ سابق، إضافة إلى البيانات أو المعطيات الجغرافية المراد تمثيلها، وتتألف هذه المعطيات مما يأتي:

- البيانات الرقمية Digital data
- الخرائط Maps
- الصُور الجوية والمرئيات الفضائية Aerial & Satellite images

تحتوي الخرائط والمرئيات مظاهر جغرافية متنوعة متمركزة أو متجمعة، وتدعى مظاهر نقاطية كالمواقع التاريخية، والمناجم، والآبار، أو أبنية حكومية وغير حكومية، ومظاهر توجد على شكل خطوط وتدعى مظاهر خطية، كشبكة النقل والشبكة المائية، وشبكة الصرف الصحي، وأقنية الري، وخطوط السواحل وغيرها، ومظاهر مساحية تنتشر في الطبيعة في مساحات معينة، كالتضاريس، وأنواع التربة وأنواع الصخور، واستعمالات الأراضي والمسطحات المائية والمناخ وغيرها. هذه المظاهر المتنوعة يمكن إدخالها إلى الحاسب من خلال الترقيم (Digitizing) باستخدام GIS



شكل (91): أنواع البيانات التي يُتعامل معها في برنامج GIS

مراحل وضع الخريطة الحاسوبية:

لإنشاء خريطة باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية(GIS) : وهو نظام يجمع بين الأجهزة والبرمجيات والبيانات الجغرافية لتحليل المعلومات المكانية وعرضها. يساعد في جمع البيانات المكانية وإدارتها وتحليلها وربطها بالمعلومات الوصفية لإنتاج الخرائط الرقمية والنماذج والتقارير التي تدعم اتخاذ القرار في مجالات عدة كالتخطيط العمراني، وإدارة الموارد الطبيعية، والبيئة، والنقل، والزراعة وغيرها. يجب الخطوات الآتية:

❖ **تحميل برنامج GIS وتثبيته:**

يُنزل البرنامج من الموقع الرسمي باتباع التعليمات المناسبة لنظام التشغيل المتوافر على الحاسب (Windows, Mac, Linux) بعد التثبيت وفتح البرنامج ستظهر واجهة العمل الرئيسة.

واجهة برنامج ArcGIS 10.8:

للبرنامج أربع واجهات (ArcCataloge, ArcMap, ArcScene, ArcGlobe) لكل منها أعمالها الخاصة، وإن كان هناك بعض التشابه في بعض الأدوات والإجراءات بينهما، لكن لكل منها الأدوات الخاصة بها.

واجهة ArcCatalog:

من أهم استخدامات هذه الواجهة:

- إدارة البيانات واستعراضها.
- إنشاء الطبقات.
- تنظيم البيانات.
- تصدير الملفات إلى صيغ (Formats) مختلفة
- إنشاء الملفات وحذفها واستعراضها.
- تغيير أسماء الملفات الرقمية

واجهة ArcMap:

هو المتصفح الرئيس في البرنامج. وتُجرى فيه:

- جميع الأعمال الكارتوغرافية، مثل: الإضافة، والترقيم، والمعالجة.
- التعديل على الجداول، وإضافة الحقول، وحذف بعضها، وترتيبها، وتصنيفها.
- تحضير الخريطة للطباعة.

- ترتيب جميع الملفات وتنظيمها من الدخول إلى ArcCatalog من خلال النوافذ المتوافرة في ArcMap.
- مشاركة الخرائط والبيانات من خلال قواعد البيانات التي صُممت.
- السماح للمطورين والمختصين بتعديل بعض الأدوات أو إضافتها.
- وغيرها من المهام المختلفة.

واجهة ArcGlobe:

تتيح هذه الواجهة للمستخدمين عرض البيانات الجغرافية وتحليلها في بيئة ثلاثية الأبعاد على مستوى الكرة الأرضية، ما يسمح بتصور البيانات المكانية بطريقة أشمل وأكثر واقعية.

والفرق بين ArcScene و ArcGlobe أن:

ArcGlobe: يعمل على مقياس عالمي، ويتعامل مع بيانات ضخمة ويعرضها على نموذج الكرة الأرضية.

Arcscene: يعمل على نطاق محلي أو إقليمي، ويُستخدم لتمثيل المشاهد ثلاثية الأبعاد على نطاقات أصغر.



شكل (92): واجهات برنامج GIS

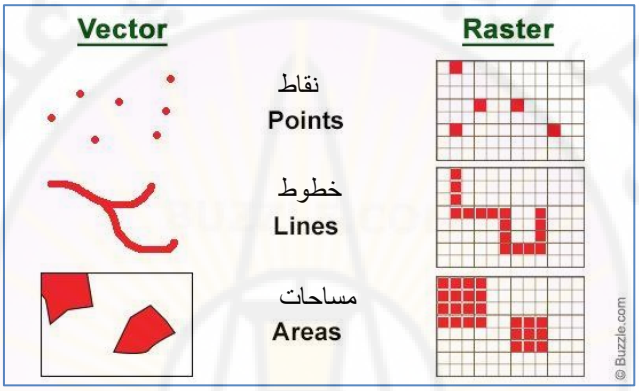
❖ **جمع البيانات الجغرافية وتحضيرها:**

قبل إنشاء الخريطة، لا بد من توافر بيانات جغرافية، ويُحصل عليها إما من الترقيم (Digitizing) وإما من مصادر عدة مثل: Open Street Map (OSM) للطرق والمباني، USGS Earth Explorer* للبيانات الطبوغرافية ومرئيات الأقمار الصناعية وغيرها من المواقع الحكومية أو الجامعية التي تقدم خرائط وبيانات مفتوحة المصدر.

* موقع وكالة المسح الجيولوجي الأميركي: Earthexplorer.usgs.gov

أنواع البيانات الجغرافية في GIS البيانات المتجهة (Vector) تشمل: النقاط (مثل مواقع المدن)، والخطوط (مثل الطرق والأنهار)، والمضلعات (مثل حدود الدول)

أما البيانات النقاطية (Raster) فهي نوع من البيانات الجغرافية التي تُستخدم لتمثيل المعلومات المكانية في شكل شبكة أو مصفوفة. تتكون هذه البيانات من خلايا أو بكسلات (Pixels) وتحتوي كل خلية قيمة معينة تمثل نوعاً من المعلومات، مثل: الارتفاعات، ودرجات الحرارة، وصور الأقمار الصناعية والخرائط الطبوغرافية الرقمية.



شكل(93): الفرق بين بيانات راستر وفيكتور

❖ استيراد البيانات إلىGIS :

بعد تحميل البيانات تُضاف إلى البرنامج باتباع الخطوات الآتية:

في شريط الأدوات، اضغط على Layer → Add Layer اضغط على Browse وحدد ملف shpأو Raster. الذي يحتوي البيانات الجغرافية المطلوبة. انظر **الشكل (94) والجدول (15)** الذي يوضح الأوامر المتوافرة في شريط (Standard).



شكل(94): شريط Standard في ArcMap

جدول (15): أوامر شريط Standard في واجهة ArcMap

الأيقونة	الاستخدام
	فتح خارطة جديدة
	تصفح ملفات
	حفظ المشروع
	طباعة
	أداة قطع
	أداة نسخ
	أداة لصق
	أداة حذف
	تراجع للخلف
	تراجع للأمام
	إضافة البيانات
	إظهار شريط Editor
	إظهار جدول المحتويات
	نافذة ArcCatalog
	البحث عن الأوامر
	صندوق الأدوات
	عمل نموذج

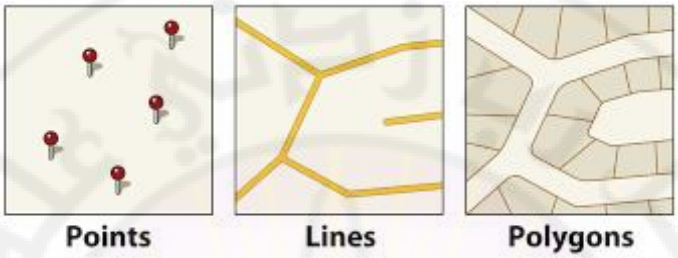
❖ **الترقيم وترميز البيانات أو المظاهر:**

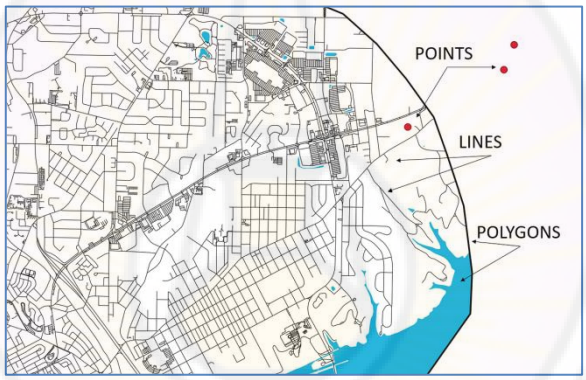
لإنشاء الطبقات الجغرافية (الترقيم Digitizing) يجب معرفة أنواع ترقيم هذه الطبقات:

النقاطية Point: هي معلومات تُعرف بنقطة، مثل: مواقع المدارس، والمستشفيات وغيرها.

الخطية Line: هي المظاهر التي لها انتشار خطي، كطرق المواصلات، وأنابيب نقل النفط، وخطوط الكهرباء والسكك الحديدية.

المساحية Polygon: المعلومات التي تعبر عن المظاهر التي لها انتشار مساحي، مثل: المسطحات المائية، ومناطق المحميات الطبيعية، والتجمعات السكانية وغيرها.

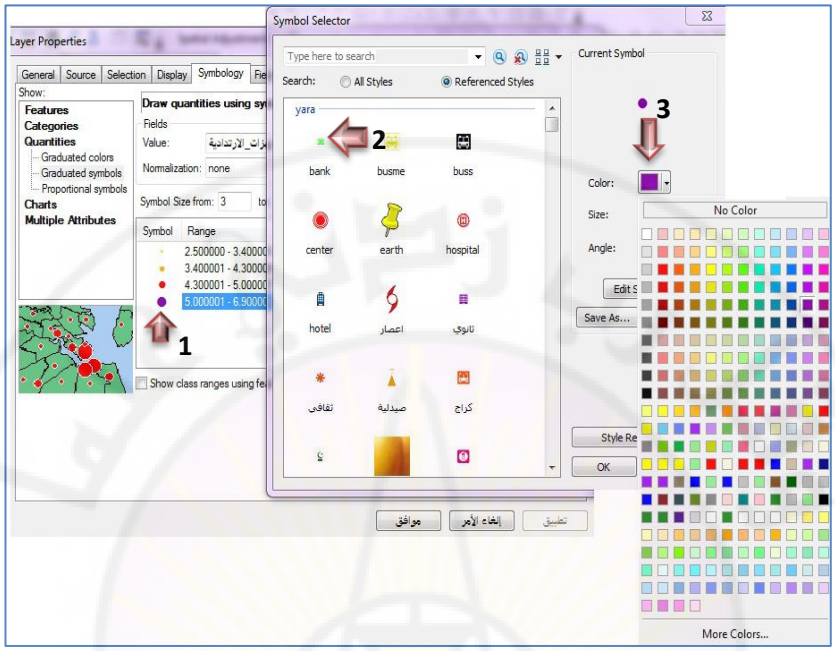




شكل(95): تمثيل المظاهر

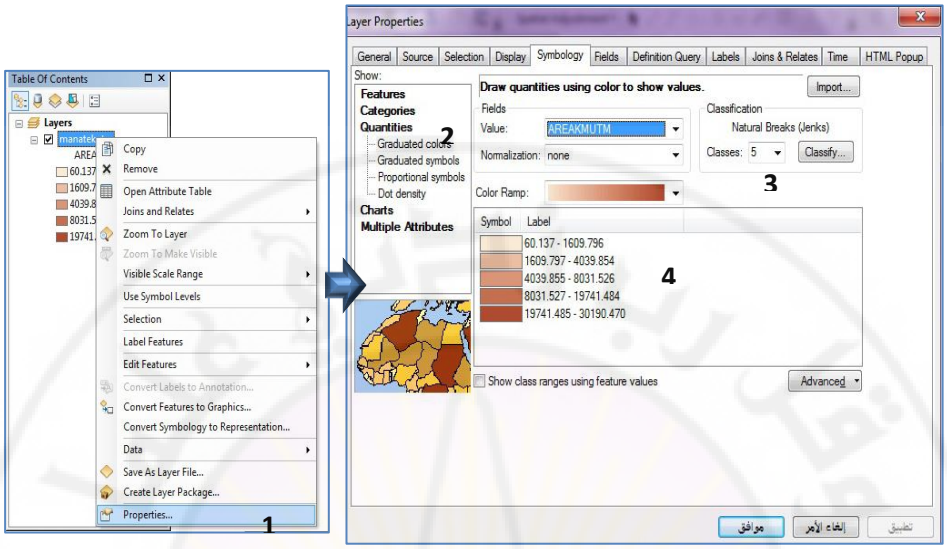
بعد استيراد البيانات يمكن تحسين مظهرها لتكون أوضح وأكثر جاذبية وفقاً لقواعد الترميز الكارتوغرافية.

أ. تغيير الألوان والرموز؛ انقر بزر الفأرة الأيمن على الطبقة (Layer) في قائمة الطبقات. اختر Properties → Symbology اختر الألوان المناسبة لنوع البيانات (مثلاً: اللون الأزرق للأنهار، الأخضر للغابات).



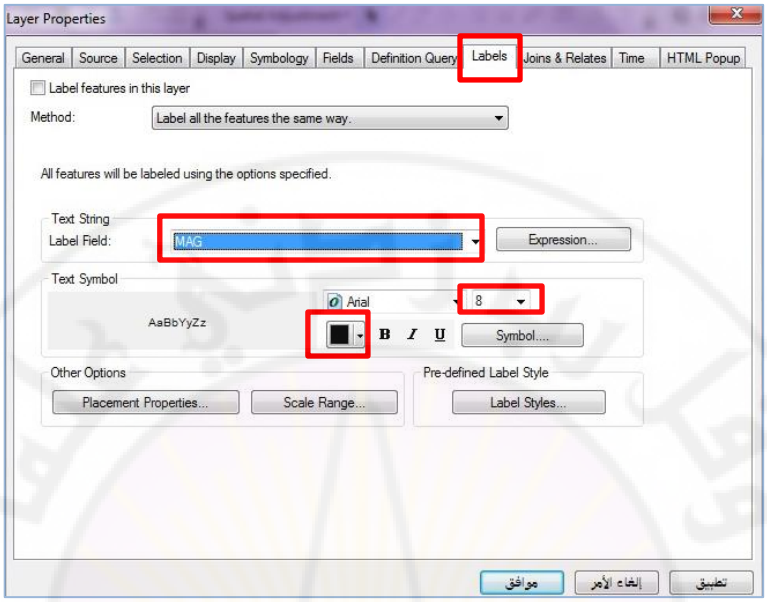
شكل(96): اختيار الرمز واللون

ب. تصنيف البيانات (Classification): يمكن تصنيف البيانات بناءً على القيم (مثلاً: تصنيف السكان بحسب الكثافة السكانية أو المساحات من ← Properties Symbology، اختر Graduated Symbols وحدد الحقل الذي تريد تصنيفه.



شكل(97): التصنيف (Classification)

ت. إضافة التسميات (Labels) افتح Properties للطبقة المطلوبة، وانتقل إلى Labels واختر Label Field الحقل الذي يحتوي أسماء المواقع، واضبط اللون وحجم الخط.

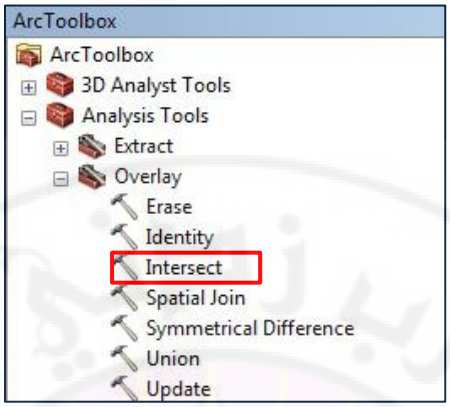


شكل(98): إضافة المسميات (Labels)

❖ التحليل المكاني (Spatial Analysis):

يمكن استخدام أدوات GIS الخاصة بالتحليل المكاني، مثل: إنشاء منطقة تأثير (Buffer Analysis) هذه الأداة تُستخدم لإنشاء مناطق حول نقاطة أو خط أو مضلع (مثلاً: تحديد منطقة 500 متر حول نهر انتقل إلى Processing Toolbox وابحث عن Buffer اختر الطبقة المطلوب تحليلها وحدد مسافة التأثير واضغط Run وستظهر لك طبقة جديدة تحتوي المنطقة المحيطة بالعنصر المحدد.

ومثال آخر: تحليل التقاطعات (Intersect Analysis) يُستخدم لتحديد المناطق المشتركة بين طبقتين (مثل تحديد المناطق السكنية داخل الغابات) من Processing Toolbox، ابحث عن Intersectحدد الطبقتين المراد تحليل تقاطعهما واضغط Run ، وغيرها من التحليلات المكانية الأخرى.

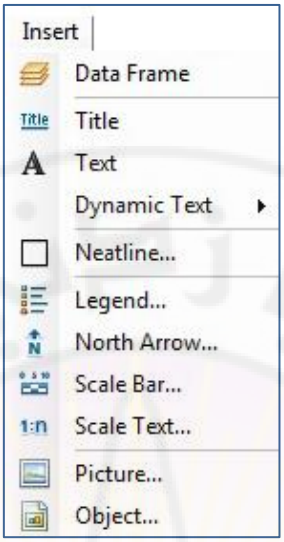


شكل(99): شريط Analysis toolbox

❖ إعداد الخريطة للطباعة والتصدير:

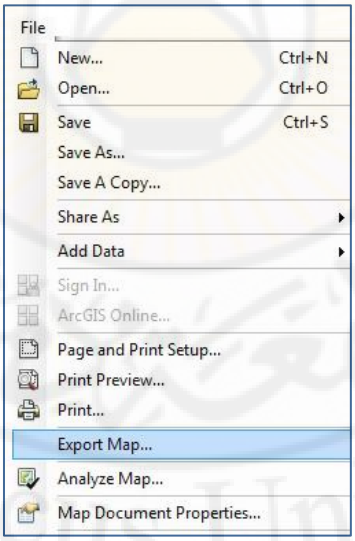
بعد الانتهاء من إعداد الخريطة تحتاج إلى تصديرها على شكل صورة أو ملفPDF

- إنشاء تخطيط الطباعة (Print Layout): انتقل إلى Project → New Print Layout اضغط O.K وستفتح نافذة جديدة لإعداد الطباعة اضغط علىAdd Map ، ثم ارسم مستطيلاً لتُعرض الخريطة داخله.
- أضف العناصر الأساسية مثل :العنوان: اضغط Title من شريط (Insert) واكتب عنوان الخريطة، ولإضافة مفتاح الخريطة (Legend) اضغط Add Legend ، اتجاه الشمال: اضغطAdd North Arrow ولمقياس الرسم اضغط Add Scale Bar



شكل(100): شريط Insert في ArcMap

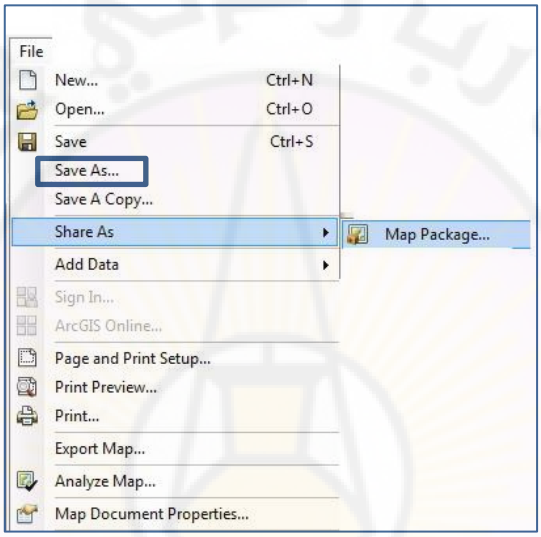
- تصدير الخريطة بعد الانتهاء، اضغط على Layout → Export as Image/PDF
  حدد اسم الملف والموقع، ثم اضغط Save



شكل(101): تصدير الخريطة في ArcMap

❖ حفظ المشروع

لحفظ عملك والعودة إليه فيما بعد اضغط على Save As → Project احفظ الملف بصيغة mxd ليحتفظ بجميع الطبقات والإعدادات، ويمكن حفظها ومشاركتها بصيغةMap package وهي صيغة تحتفظ بقواعد البيانات مع الترميز الذي أُنشيء.

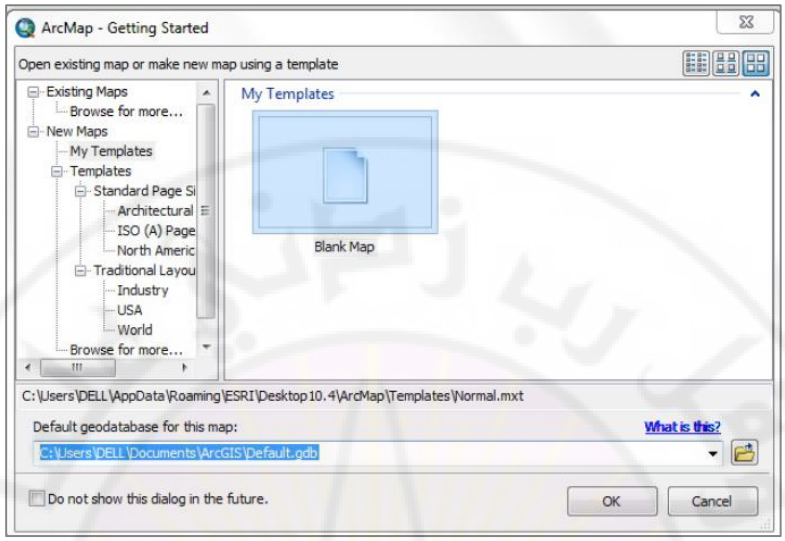


شكل (102): حفظ المشروع في ArcMap

مثال 1: إخراج خريطة موضوعية لاستخدامات الأرض في محافظة السويداء باستخدام برنامج ARC MAP

- افتح برنامج ARCMAP

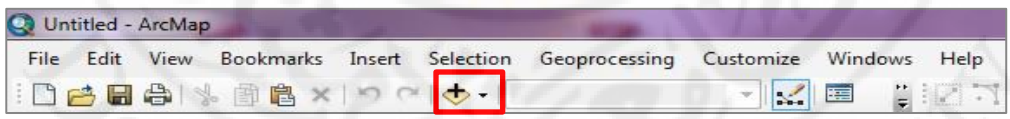
افتح مشروع فارغ، وذلك بعد ظهور النافذة في **الشكل (103)**، انقر على زر O.K



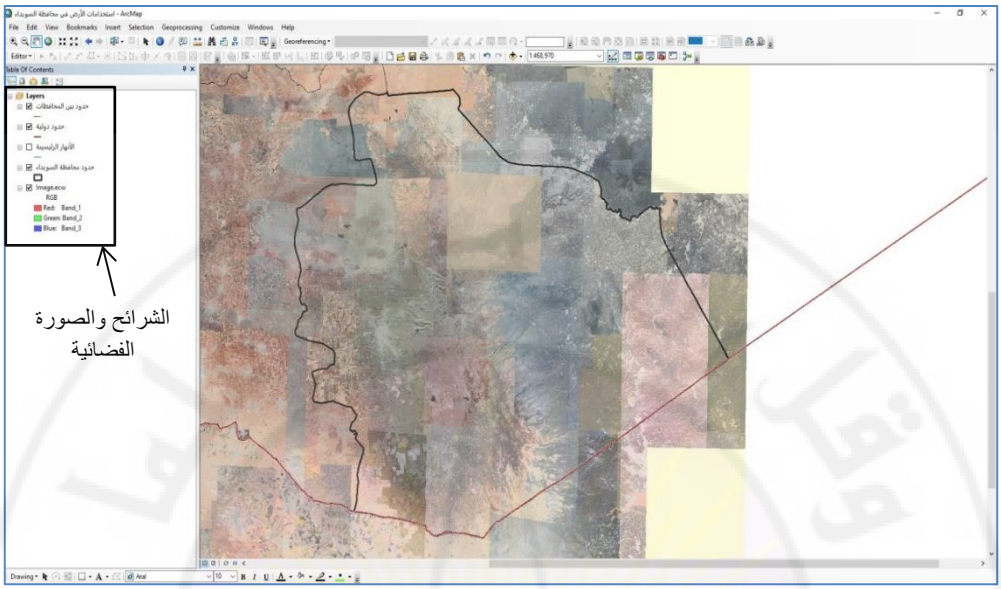
شكل (103): فتح مشروع جديد في ArcMap

- إضافة بياناتك إلى برنامج ArcMap:

لإنشاء خريطة خاصة باستخدامات الأرض في محافظة السويداء تُدخل الشرائح الخاصة بحدود المحافظة والحدود الدولية بعد ترقيمها، بالإضافة إلى الصورة الفضائية التي تم على أساسها ترقيم شريحة استخدامات الأرض (Land use). كما في **الشكل (104)** انقر على أيقونة Add Data من شريط أدوات Standard

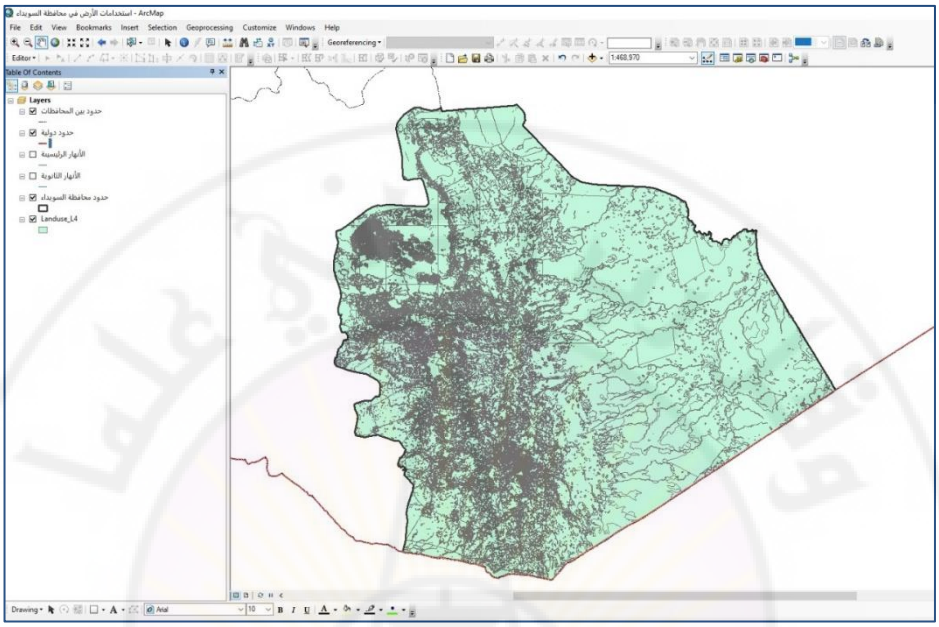


شكل (104): إضافة البيانات في ArcMap



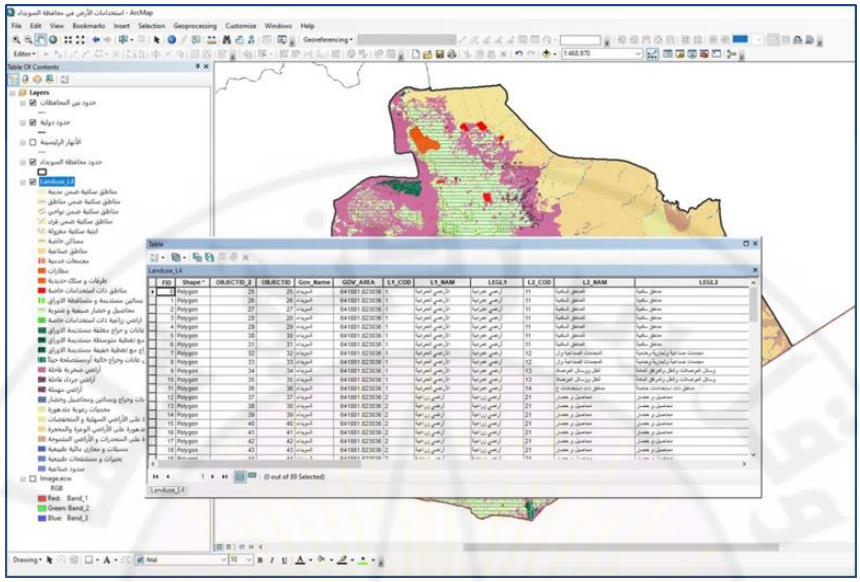
شكل (105): الشرائح (الطبقات Layers) في ArcMap

انظر **الشـكل (106)** الذي يوضـح شـريحة اسـتخدام الأرض (Land use shapefile) بعد ترقيمها من الصورة الفضائية التي جرى تصحيحها وإرجاعها (Georeferencing).



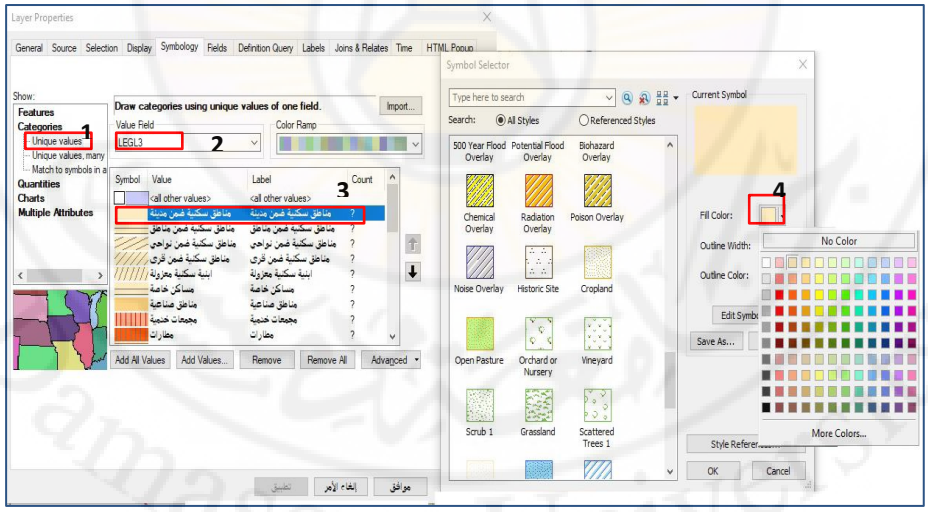
شكل (106): شريحة استخدام الأرض في ArcMap

عند النقر بالزر اليمين على أي شريحة يمكن الحصول على جدول البيانات الوصفية الخاصة بها (Attribute table).



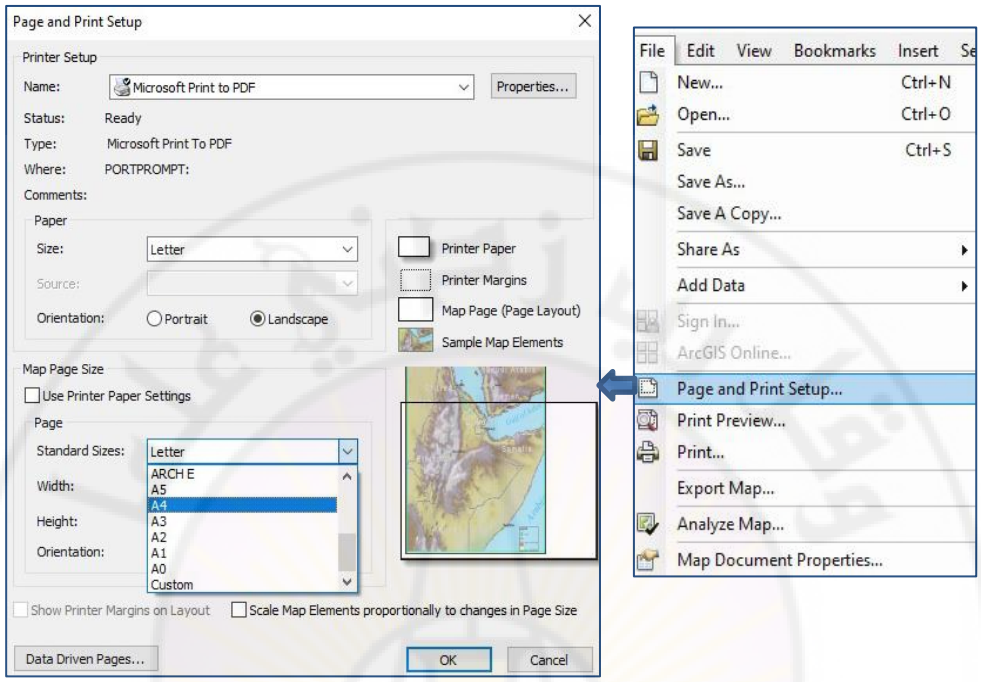
شكل(107): جدول البيانات الوصفية لشريحة استخدامات الأرض (Attribute Table)

يتم بعد ذلك الترميز، أي: تغيير شكل الرموز وألوانها بشكل مناسب كما في **الشكل (108)**.



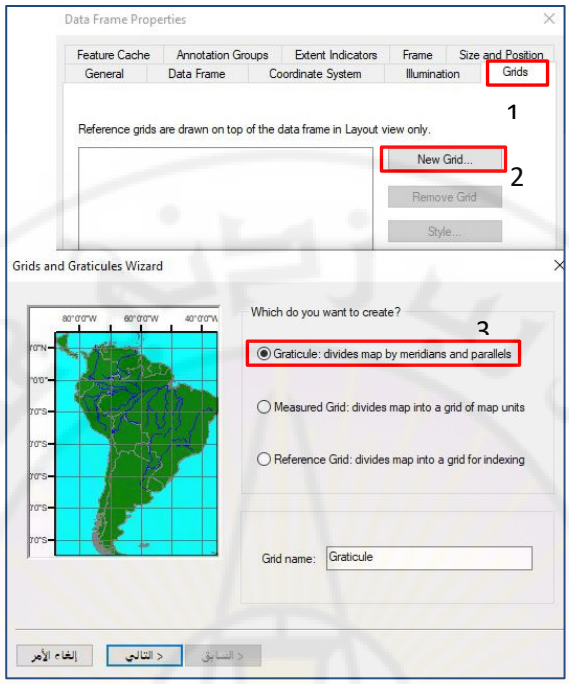
شكل(108): تغيير ألوان الرموز المساحية

أما بالنسبة إلى إعداد الخريطة لعملية الإخراج (Layout) يجري الانتقال إلى ملف (File) ثم إعدادات الطباعة والورقة (Page and print setup) لتحديد حجم الورقة واتجاهها.



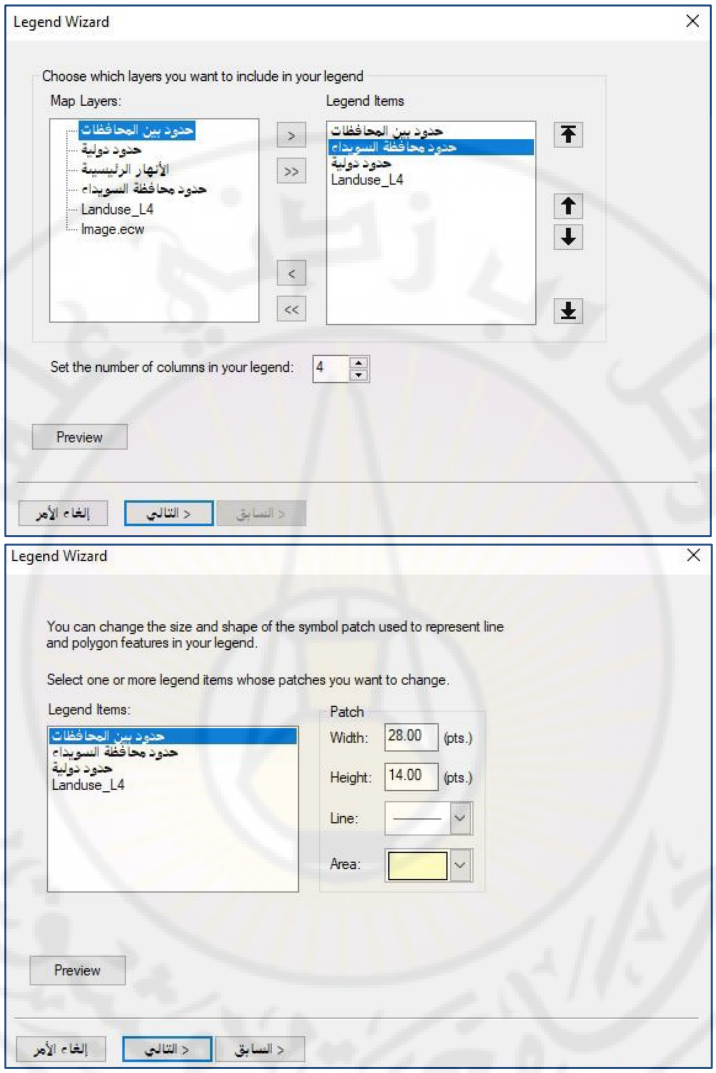
شكل(109): تحديد إعدادات الورقة وطباعتها (Page and print setup)

ولإدراج الإحداثيات على الخريطة انقر بالزر اليمين واختر خصائص (Properties) ثم حدد من (Grids) نوع الإحداثيات المناسب.

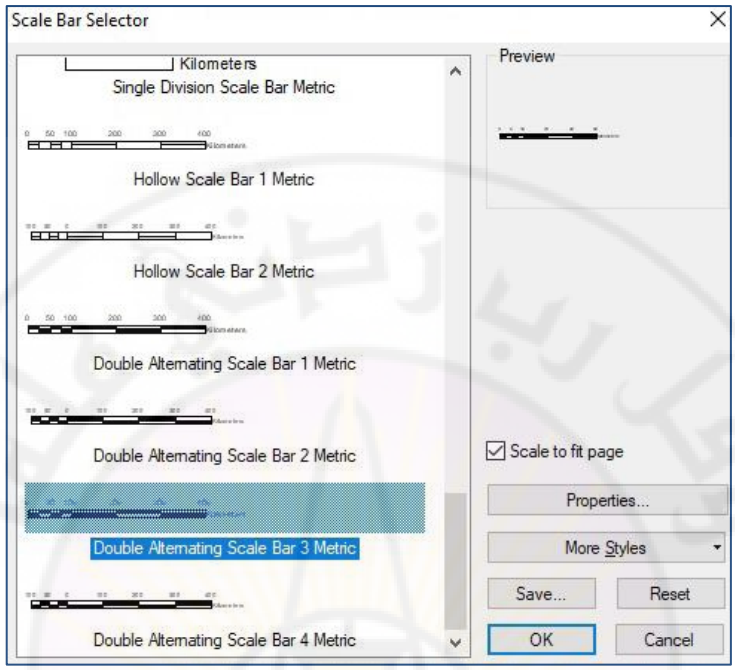


شكل(110): إدراج الإحداثيات الجغرافية (Grids)

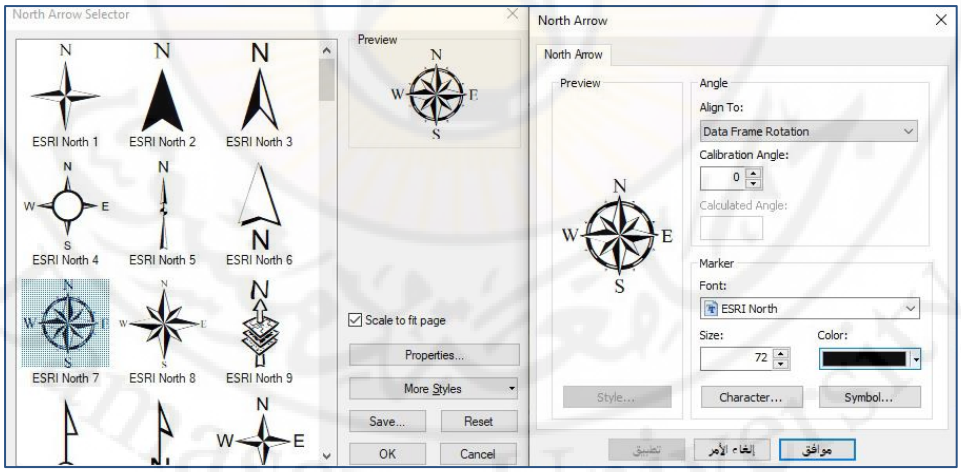
يُدرج كل من (اتجاه الشمال، العنوان، المفتاح، المقياس، صورة مصغرة) من شريط Insert.



شكل (111): إدراج المفتاح من شريط Insert في ArcMap

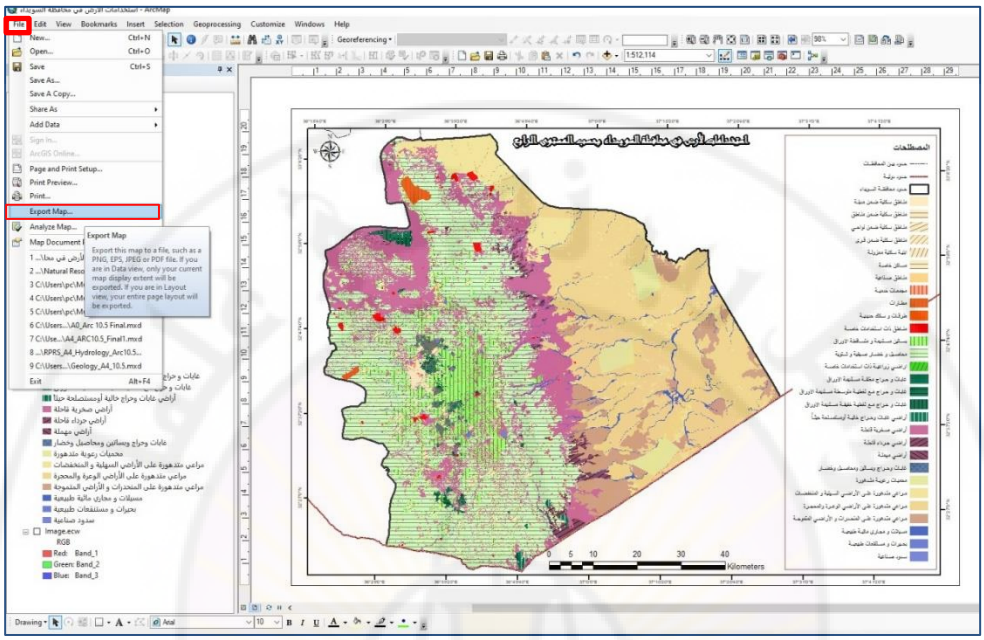


شكل (112): إدراج المقياس من شريط Insert في ArcMap



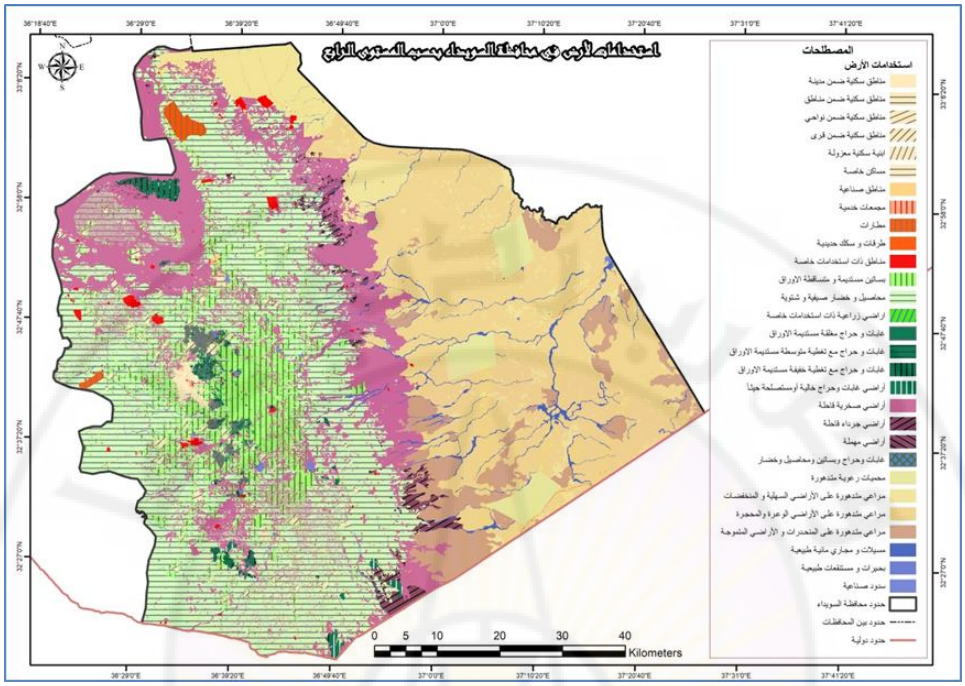
شكل (113): إدراج سهم الشمال من شريط Insert في ArcMap

لتصدير الخريطة من File اختر Export map واختر الصيغة المناسبة لحفظ الخريطة.



شكل (114): تصدير الخريطة في ArcMap

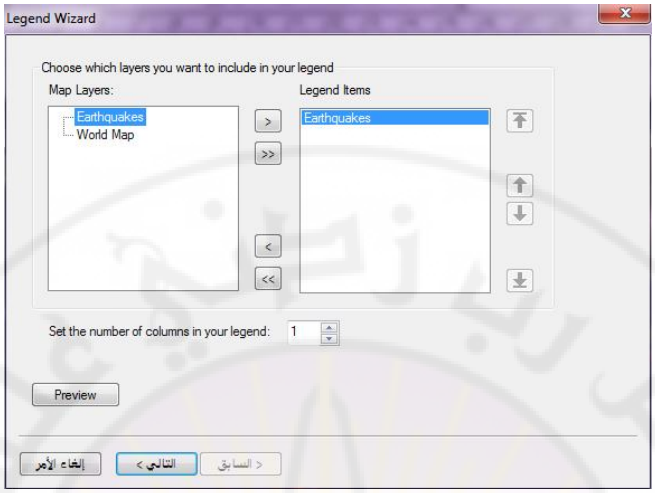
Damascus University



خريطة (49): استخدامات الأرض في محافظة السويداء

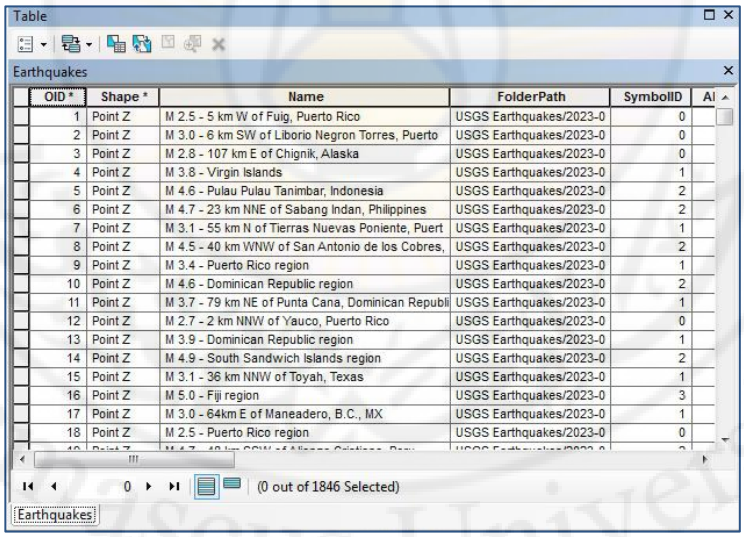
مثال 2: إخراج خريطة موضوعية لمواقع الزلازل والهزات الارتدادية التي حدثت في الفترة بين (2/11 حتى 2023/3/13م) باستخدام برنامج ARC MAP

كما في المثال السابق؛ افتح برنامج ARCMAP وافتح مشروع فارغ، ثم أضف البيانات، وهنا نحتاج إلى بيانات مواقع الزلازل والهزات الارتدادية بحسب الشدة والعمق، ويمكن الحصول عليها من موقع وكالة المســـح الجيولوجية الأميركي في حزمة (USGS Earthquake catalog)، ونحتاج أيضاً إلى إضافة خريطة أساس، وهي خريطة العالم.



شكل (115): إضافة شريحة مواقع الزلازل وخريطة العالم

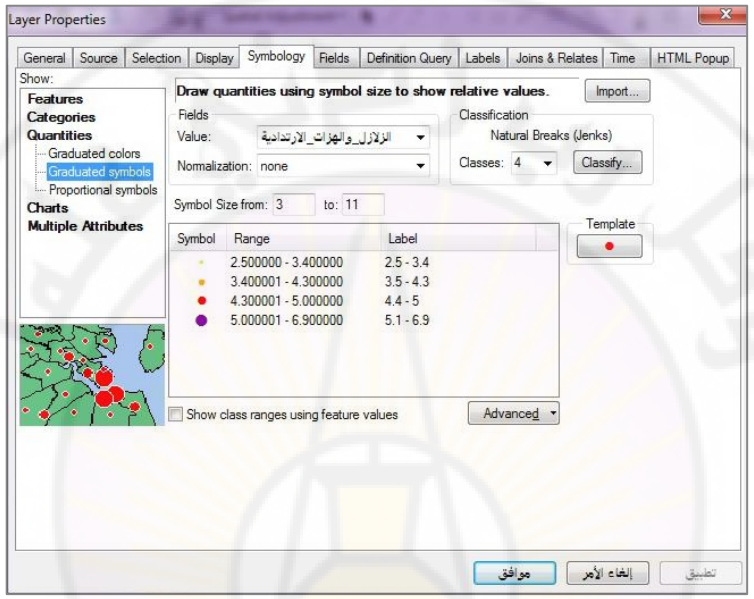
يمكن معرفة البيانات في شريحة الزلازل بالضغط بالزر اليمين على الشريحة النقطية الخاصة بمواقع الزلازل واختيار Open attribute table

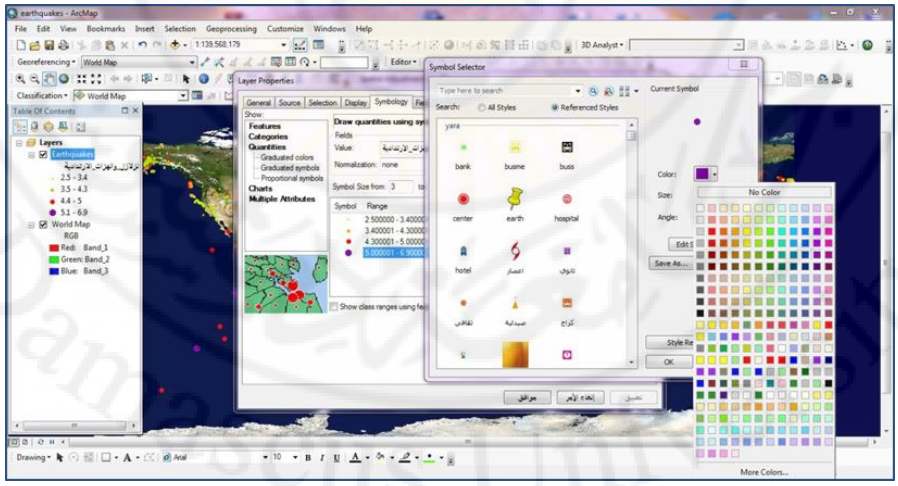


OID *	Shape *	Name	FolderPath	SymbolID	Al
1	Point Z	M 2.5 - 5 km W of Fuig, Puerto Rico	USGS Earthquakes/2023-0	0	
2	Point Z	M 3.0 - 6 km SW of Liborio Negron Torres, Puerto	USGS Earthquakes/2023-0	0	
3	Point Z	M 2.8 - 107 km E of Chignik, Alaska	USGS Earthquakes/2023-0	0	
4	Point Z	M 3.8 - Virgin Islands	USGS Earthquakes/2023-0	1	
5	Point Z	M 4.6 - Pulau Pulau Tanimbar, Indonesia	USGS Earthquakes/2023-0	2	
6	Point Z	M 4.7 - 23 km NNE of Sabang Indan, Philippines	USGS Earthquakes/2023-0	2	
7	Point Z	M 3.1 - 55 km N of Tierras Nuevas Poniente, Puert	USGS Earthquakes/2023-0	1	
8	Point Z	M 4.5 - 40 km WNW of San Antonio de los Cobres,	USGS Earthquakes/2023-0	2	
9	Point Z	M 3.4 - Puerto Rico region	USGS Earthquakes/2023-0	1	
10	Point Z	M 4.6 - Dominican Republic region	USGS Earthquakes/2023-0	2	
11	Point Z	M 3.7 - 79 km NE of Punta Cana, Dominican Republi	USGS Earthquakes/2023-0	1	
12	Point Z	M 2.7 - 2 km NNW of Yauco, Puerto Rico	USGS Earthquakes/2023-0	0	
13	Point Z	M 3.9 - Dominican Republic region	USGS Earthquakes/2023-0	1	
14	Point Z	M 4.9 - South Sandwich Islands region	USGS Earthquakes/2023-0	2	
15	Point Z	M 3.1 - 36 km NNW of Toyah, Texas	USGS Earthquakes/2023-0	1	
16	Point Z	M 5.0 - Fiji region	USGS Earthquakes/2023-0	3	
17	Point Z	M 3.0 - 64km E of Maneadero, B.C., MX	USGS Earthquakes/2023-0	1	
18	Point Z	M 2.5 - Puerto Rico region	USGS Earthquakes/2023-0	0	

شكل (116): جدول البيانات الوصفية الخاص بشريحة الزلازل النقطية

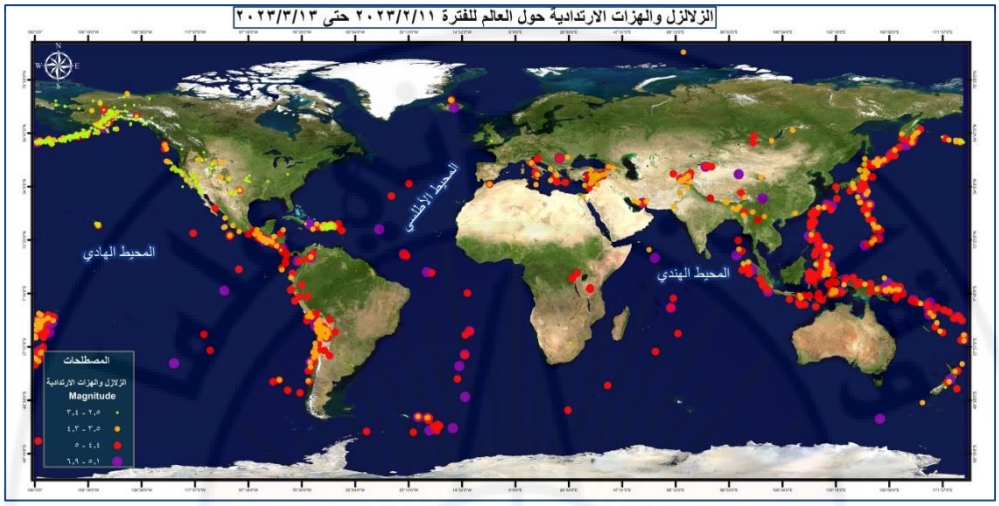
بعد ذلك يُختار الترميز المناسب للزلازل (أي: اختيار اللون المناسب بحسب الشدة) من خلال النقر بالزر اليمين على خصائص الشريحة Layer Properties والانتقال إلى Symbology كما في **الشكل (117)**.





شكل (117): الترميز النقطي لشريحة مواقع الزلازل

وبعد ذلك –كما في المثال السابق–تُدرج الإحداثيات، وسهم الشمال، والمقياس، والمفتاح وعنوان الخريطة من شريط Insert ثم تُخرج الخريطة.



خريطة (50): الزلازل والهزات الارتدادية حول العالم في الفترة بين 2/11 حتى 2023/3/13م

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

فهرس المصطلحات

المصطلح الأجنبي	المصطلح العربي
A	
Aerial Photo	صورة جوية
Anaconda	نظام لكتابة التعليمات البرمجية
Analog information	معلومات تناظرية
Analytical maps	الخرائط التحليلية
Applications	تطبيقات
Arc Map	جزء من برنامج Arc GIS
Area data	بيانات مساحية
Area symbols	رموز مساحية
Artificial intelligence AI	الذكاء الصنعي
Attribute table	جدول البيانات الوصفية
B	
Base Map	خريطة الأساس
C	
Cartography	علم الخرائط
Choropleth maps	خرائط الكارتوغرام
Climatic maps	الخرائط المناخية
Computer cartography	خرائط الحاسب
Contour lines	خطوط التسوية
Control points	نقاط التحكم
Coordinate system	نظام الإحداثيات
D	
Data	بيانات

Deep learning	التعلم العميق
Density maps	خرائط الكثافة
Digital camera	آلة تصوير رقمية
Digital elevation model DEM	نموذج الارتفاع الرقمي
Digital terrain model	نموذج التضرس الرقمي
Digitizing	ترقيم
Distribution maps	خرائط التوزيعات
Distribution of the dots	توزيع النقاط
Dot maps	خرائط النقاط
Drone	طائرة بدون طيار
DVD	قرص عالي الكثافة
Dynamic symbols	رموز الحركة
E	
ESRI	معهد أبحاث النظم البيئية
F	
Flow lines	الخطوط الانسيابية
G	
General maps	الخرائط العامة
Geographic Information System	نظام المعلومات الجغرافي
Geographical phenomena	الظواهر الجغرافية
Geometrical symbols	الرموز الهندسية
Global positioning system	نظام التموضع العالمي
H	
Hardware	المكونات المادية
I	
Interactive maps	الخرائط التفاعلية
Isometric lines	خطوط القيم المتساوية

Isobars	خطوط الضغط المتساوي
Isopleth	خطوط الكثافة السكانية
K	
Keyboard	لوحة المفاتيح
L	
Land use maps	خرائط استخدام الأرض
Layer	طبقة
Lidar	تحديد المدى عن طريق الضوء
Line symbols	الرموز الخطية
Literal symbols	رموز الأحرف
Local quantity symbols	الرموز الكمية المكانية
Local symbols	الرموز المكانية
M	
Map projection	مسقط الخريطة
N	
Numerical symbols	الرموز العددية
P	
Pictorial symbols	الرموز التصويرية
Political maps	الخرائط السياسية
Polygon data	البيانات المساحية
Proportional symbols	الرموز المتناسبة
Python	لغة برمجة
Q	
Qualitative representation	تمثيل كمي
R	
Remote sensing	الاستشعار عن بعد
Resolution	الدقة

S	
Satellite images	المرئيات الفضائية
Scale	المقياس
Scanner	الماسح الضوئي
Software	البرمجيات
Spatial analysis	التحليل المكاني
Statistical mapping	التخريط الإحصائي
Synthetic maps	الخرائط التركيبية
T	
Thematic Maps	الخرائط الموضوعية
Three dimension modeling	النمذجة ثلاثية الأبعاد
U	
Unmanned aerial vehicle	طائرة جوية بلا طيار
V	
Vector data	البيانات الخطية
W	
Weather maps	خرائط الطقس
Work stations	محطات العمل

فهرس الأشكال

الرقم	عنوان الشكل	رقم الصفحة
1	خريطة العالم لأناكسميندر	31
2	خريطة العالم التي رسمها بطليموس	32
3	خريطة العالم التي وضعها الإدريسي	33
4	خريطة المجال المغناطيسي للأرض، إدموند هالي عام 1700م	34
5	الخريطة الصورة Sentinel-2 لمحافظة طرطوس بدقة 10 م	40
6	محتوى الخريطة	53
7	عناصر المحتوى الأساسي للخريطة	55
8	بعض أشكال الرموز الهندسية	60
9	بعض أنواع الرموز التصويرية	61
10	بعض أنواع الرموز التعبيرية	63
11	بعض أنواع رموز الأحرف	64
12	بعض أنواع الرموز الخطية	66
13	بعض أنواع الرموز المساحية لتمثيل الأنواع النباتية والغابات	67
14	بعض أنواع الرموز المساحية لتمثيل التكوينات الجيولوجية	68
15	بعض أنواع الرموز المساحية اللونية لتمثيل الترب	68
16	بعض أنواع الرموز المساحية ثلاثية الأبعاد	69
17	حساب قطر الدوائر بطريقة النسبة والتناسب	75
18	حساب أقطار الدوائر بطريقة جيمس فلانري	78
19	العلاقة بين الرموز المعبرة عن نفس المقدار عند الانتقال بين التمثيل الطولي والمساحي والحجمي	83
20	تدرج الرموز بحسب الحجم	89
21	تحديد أنصاف أقطار الدوائر	93
22	رسم المجاري المائية	95
23	رسم المجاري المائية بحسب الرتب	96

24	بعض أشكال الرموز الخطية	97
25	دور التعميم في تغيير العلاقة بين طول الظاهرة على الطبيعة، وطولها المحسوب من الخريطة بحسب المقياس وبحسب الوظيفة	100
26	رموز حرة	105
27	رمز عمود مركب	108
28	أنواع رموز الأعمدة	109
29	طرائق تمثيل المظاهر بوساطة الأعمدة بحسب مساحة الخريطة	109
30	رموز مجمعات الأشكال الهندسية	112
31	رموز هندسية لتمثيل الظواهر المتغيرة	113
32	أشكال رسم رمز سكة الحديد	117
33	التعبير عن تركيب الظاهرة داخل مربع	118
34	التعبير عن تركيب الظاهرة داخل دائرة	119
35	ترتيب الرموز داخل المفتاح	121
36	أشكال حدود النطاقات	123
37	نطاقات متقاطعة	123
38	نطاق انتشار الظواهر	124
39	طريقة الشبكات لتغطية النطاق الثالث الناتج عن تقاطع نطاقين	125
40	رموز الكتابات والأحرف	126
41	تصميم المفتاح الخاص بطريقة النطاقات ومحتواه	128
42	اختيار وزن النقطة	132
43	اختلاف مساحة النقطة بحسب مقياس الخريطة	136
44	النموغراف	137
45	خطوط القيم المتساوية	148
46	بعض أشكال رسم الأسهم في الخرائط	159
47	تمثيل الكثافات المزدوجة	181
48	تمثيل الكثافات المزدوجة باستخدام رمز	182
49	تمثيل الكارتوديا غرام	185

50	التعبير عن تركيب الظاهرة باستخدام الأعمدة المركبة	187
51	البطاقة المثقبة	195
52	مكونات الحاسب	200
53	مكونات وحدة المعالجة الرئيسة	201
54	برنامج Arc GIS Online لإنشاء الخرائط التفاعلية	211
55	نافذة تطبيق Arc GIS Online	212
56	إنشاء مشروع على Arc GIS Online	212
57	تحميل بيانات الزلازل بصيغة KML	213
58	مواقع الزلازل بعد إسقاطها على خريطة ARC GIS Online	213
59	الاستعلام داخل Arc GIS Online	214
60	أيقونة الوصف داخل Arc GIS Online	214
61	إضافة حدود الصفائح	215
62	اختيار خلفية الخريطة Background	215
63	تحليل نطاقات البعد عن بؤرة الزلزال باستخدام Arc GIS Online	216
64	تحليل البعد عن بؤرة الزلزال	216
65	إنشاء خريطة تفاعلية لشدة التسونامي على السواحل اليابانية	218
66	مراحل تطور التصوير الجوي	212
67	عدسة Fisheye	226
68	معالجة صور Drone باستخدام برنامج Drone to map	235
69	نموذج ارتفاع رقمي ومقطع طبوغرافي للمحافظات الجنوبية من سورية	245
70	نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، ونموذج الارتفاع ثلاثي الأبعاد، والنموذج الواقعي ثلاثي الأبعاد لبيانات السطح البحرية والبرية المجمعة التي تعرض مورفولوجية خليج كورنث، اليونان	249
71	تحليلات السطح باستخدام نموذج ارتفاع رقمي (أ–الانحدار، ب–التوجه، ج–الظلال، د–اشتقاق شبكة مثلثية غير منتظمة)	250
72	تقييم الأضرار التي لحقت بالأبنية بعد الزلزال في مقاطعة (جالفستن) بعد إعصار (آيك) اعتماداً على المرئيات الستريوسكوبية	252

73	مسح ثلاثي الأبعاد لمنطقة تنقيب في مدينة (سقارة) الأثرية، مصر	253
74	مسح ثلاثي الأبعاد لجرن أثري في قصر العظم في مدينة دمشق	253
75	رفع طبوغرافي ثلاثي الأبعاد لأبنية المشروع العاشر في محافظة اللاذقية اعتماداً على المرئية الستريوسكوبية Cartosat-1	255
76	تمثيل للأبنية ثلاثية الأبعاد بعد رفعها على شكل ملف KML إلى Google Earth	256
77	تحديث خريطة مقاطعة (السند)، باكستان اعتماداً على المرئيات الرادارية (Sentinel-1) قبل الفيضان وبعده	257
78	مدينة دبي في الإمارات العربية المتحدة بين العامين 1984 و2021	258
79	رصد تغير متوسط سرعة الرياح في سورية للأعوام (1958–2019–2022) اعتماداً على بيانات القمر الصناعي TERRA	259
80	تراجع مساحة الغابات في (بورنيو)، إندونيسيا (1950–2020)	260
81	الاختلافات المتطرفة في مستوى سطح البحر الأحمر بسبب التغيرات المناخية	260
82	مرئيات فضائية لما قبل زلزال وتسونامي 12 آذار 2011 وبعده في (يورياج)/اليابان	261
83	خرائط تغير متوسط كمية الهطل المطري في سورية للعامين 2010 و2023	265
84	تطبيق قرينة (NDVI) على مرئية Sentinel-2 لمحافظة طرطوس في سورية للعام 2017م	267
85	توزع حقول القمح في سهل عكار اعتماداً على مرئية Sentinel-2 لمحافظة طرطوس في سورية للعام 2017م	268
86	توقع ارتفاع منسوب مياه جزر المالديف	269
87	شعاب مرجانية، البحر الأحمر، Copernicus Sentinels data 2022	271
88	قياس الهباء الجوي باستخدام الذكاء الصنعي والاستشعار عن بعد	273
89	نسخ ArcMap	282

90	أدوات التعلم الآلي التي يتضمنها ARC GIS PRO	282
91	أنواع البيانات التي يُتعامل معها في برنامج GIS	283
92	واجهات برنامج GIS	285
93	الفرق بين بيانات راستر وفيكتور	286
94	شريط Standard في ArcMap	286
95	تمثيل المظاهر	288
96	اختيار الرمز واللون	289
97	التصنيف (Classification)	290
98	إضافة المسميات (Labels)	291
99	شريط Analysis toolbox	292
100	شريط Insert في Arc Map	293
101	تصدير الخريطة في ArcMap	293
102	حفظ المشروع في ArcMap	294
103	فتح مشروع جديد في ArcMap	295
104	إضافة البيانات في ArcMap	295
105	الشرائح (الطبقات Layers) في ArcMap	296
106	شريحة استخدام الأرض في ArcMap	297
107	جدول البيانات الوصفية لشريحة استخدامات الأرض (Attribute Table)	298
108	تغيير ألوان الرموز المساحية	298
109	تحديد إعدادات الورقة وطباعتها (Page and print setup)	299
110	إدراج الإحداثيات الجغرافية (Grids)	300
111	إدراج المفتاح من شريط Insert في ArcMap	301
112	إدراج المقياس من شريط Insert في ArcMap	302
113	إدراج سهم الشمال من شريط Insert في ArcMap	302
114	تصدير الخريطة في ArcMap	303
115	إضافة شريحة مواقع الزلازل وخريطة العالم	305

116	جدول البيانات الوصفية الخاص بشريحة الزلازل النقطية	305
117	الترميز النقطي لشريحة مواقع الزلازل	306

فهرس الخرائط

الرقم	عنوان الخريطة	رقم الصفحة
1	الزلازل والهزات الارتدادية حول العالم في الفترة بين 2/11 حتى 3/13 من العام 2023م	38
2	جيولوجية محافظة طرطوس في الجمهورية العربية السورية	43
3	أهم النباتات الطبية في الولايات المتحدة الأميركية	43
4	تمثيل ثلاثي الأبعاد للكثافة السكانية العالمية للعام 2022م	44
5	الطرق البرية والبحرية لطريق الحرير التجاري	45
6	جيولوجية سطح القمر	46
7	الكرة السماوية التي توضح مواقع النجوم، القبة السماوية الشمالية (يساراً)، والقبة السماوية الجنوبية (يميناً)	46
8	خريطة تعليمية توضح توزع الثروة النباتية والحيوانية في المحافظات السورية	48
9	الخريطة السياحية للجمهورية العربية السورية	48
10	الأقاليم النباتية الطبيعية في الوطن العربي	52
11	انتشار أشهر الأنواع الحيوانية حول العالم	62
12	توقع الطقس في الولايات المتحدة ليوم 2017/7/4 م	64
13	خطوط نقل موظفي جامعة دمشق	94
14	شبكة الطرق السريعة في العالم	98
15	حركة النقل البحري التجاري عالمياً	99
16	كمية استهلاك الوقود بطريقة مجمعات الأشكال الهندسية	110
17	أهم الوجهات السياحية في إيطاليا	114
18	أهم المعالم الأثرية في مصر	115
19	أهم شركات البناء في الولايات المتحدة الأميركية للعام 2017م	116
20	نطاق انتشار الغابات حول العالم	129
21	معدل الوفيات بالبرق في الولايات المتحدة في الفترة (2007–2017)	134
22	توزع السكان حول العالم للعام 2016م	144

23	توزع السكان في دلتا النيل	145
24	معدل درجات الحرارة السنوية صيفاً وشتاءً في الولايات المتحدة الأميركية	149
25	معدل كمية الهطول (ملم/سنوياً) في محافظة طرطوس (2010–2016م)	151
26	هجرة الطيور	156
27	هجرة الحيتان حول العالم	157
28	رحلات الطيران بين المطارات 2010م	158
29	سرعة الرياح	159
30	صادرات إسبانيا من الخضار وارداتها إلى دول الاتحاد الأوربي الأخرى	160
31	الكثافة المرورية بين المطارات في الولايات المتحدة الأميركية للعام 2014م بطريقة الأشرطة المركبة	163
32	خطوط حركة الهجرة من الهند وإليها	167
33	نسبة الذكور والإناث حول العالم للعام 2011 م	169
34	الكثافة السكانية في المحافظات السورية 2010 م	173
35	أعمار سكان قارة أوروبا	188
36	متوسط الهطل المطري في بعض المحطات المناخية للأعوام (1958–2010–2023م)	190
37	وردات الرياح في مطارات بنسلفانيا	192
38	ارتفاع التضاريس في محافظة طرطوس اعتماداً على DEM بدقة 30م	195
39	متوسط درجات الحرارة العظمى في الإقليم الجنوبي من سورية للعام 2020م	197
40	شدة تأثير الزلازل الكبرى التي حدثت في الأراضي السورية بين الأعوام (847–1822م)	207
41	الزلازل والهزات الارتدادية التي حدثت على الأراضي السورية وجوارها من 1/1 حتى 2023/7/31م	217

42	استخدامات الأرض في بولندا اعتماداً على تصنيف المرئية الفضائية من نوع Sentinel-2 للعام 2017م	240
43	التصنيف الطيفي للغطاء النباتي في النبي متى وجوارها بتتبع زمني للعام 2017م وفق المستوى الثاني اعتماداً على المرئية (sentinel-2)	241
44	مستوى عمق مياه البحر المتوسط	242
45	الأضرار العمرانية الناجمة عن زلزال 6 شباط 2023م في الساحل السوري وجنوب غرب تركيا	244
46	توجه التضاريس في الإقليم الجنوبي من سورية اعتماداً على DEM بدقة 30م	247
47	المخطط التنظيمي المحدث لمدينة جبلة في محافظة اللاذقية للعام 2010م اعتماداً على المرئيات الفضائية	262
48	حرائق الغابات في كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأميركية، 2025 م	270
49	استخدامات الأرض في محافظة السويداء	304
50	الزلازل والهزات الارتدادية حول العالم في الفترة بين 2/11 حتى 2023/3/13م	307

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

فهرس الجداول

الرقم	عنوان الجدول	رقم الصفحة
1	عدد سكان بعض مناطق محافظة طرطوس	73
2	عدد سكان محافظات سورية عام 1994م	74
3	طريقة جيمس فلانري لتمثيل أعداد السكان	76
4	عدد سكان المحافظات السورية للعام 2011 م	85
5	أعداد الإناث والذكور في محافظات الجمهورية العربية السورية بتاريخ 2011/12/31	91
6	حساب عدد النقاط لتمثيل أعداد سكان المحافظات السورية، 2011م	138
7	الوحدات القياسية بالبوصة وما يقابلها بالميليمتر	140
8	حساب حجم النقطة بوصفها نسبة مئوية	142
9	حساب عرض الشريط المطلوب لتمثيل عدد الركاب ذهاباً وإياباً	164
10	طريقة المتواليات الحسابية لتحديد الفئات	171
11	طريقة المتوسط والانحراف المعياري لتحديد الفئات	176
12	الطريقة الحرة لتحديد الفئات	177
13	طريقة المنحنى التكراري التجميعي	178
14	الفرق بين الرموز الموضعية والرموز البيانية	183
15	أوامر شريط Standard في واجهة ArcMap	287

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

فهرس الصور

الرقم	عنوان الصورة	رقم الصفحة
1	طائرة الدرون مع ملحقاتها	39
2	أقدم صورة جوية أخذها جيمس بلاك لمدينة بوسطن الأمريكية	221
3	تصوير جوي لبعض الحقول الزراعية في صربيا	224
4	مراقبة الحركة المرورية بالتصوير الجوي	225
5	آلة التصوير NIKON D5 (400mm) من محطة الفضاء الدولية	226
6	دمشق من الفضاء بعدسة رائد الفضاء الإماراتي (سلطان النيادي) من محطة الفضاء الدولية (الخريطة الصورة)، 2023م	227
7	طائرة الدرون من نوع Dji mavic air2 مع ملحقاتها	228
8	عدسة عين السمكة	229
9	صورة ملتقطة بالدرون لحرم رئاسة جامعة دمشق، الهيئة العامة للاستشعار عن بعد	231
10	صورة ملتقطة بالدرون (DJI 4 Pro) لمدينة حمص	231
11	صورة ملتقطة بالدرون (DJI 4 Pro) للساحل السوري/صليب التركمان	232
12	صورة ملتقطة بالدرون (DJI 4 Pro) لساحة الأمويين في مدينة دمشق	233
13	صورة ملتقطة بالدرون (DJI Mavic air2) لقصر العظم في مدينة دمشق	234
14	القمر الصناعي Sputink-1	236
15	أول صورة للأرض ملتقطة بوساطة Explorer-1	237
16	نتائج الفيضان الذي تسبب به إعصار دانيال على السواحل الليبية عام 2023م	243

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المراجع باللغة العربية

1. بن سلمى، ناصر بن محمد: **خرائط التوزيعات البشرية**، مكتبة العبيكلي، الرياض، 1995م.
2. الخصاونة، عوني: **علوم الخرائط الرقمية ونظم المعلومات الجغرافية وتطبيقها**، عمان، المملكة الأردنية الهاشمية، 2015م.
3. سطيحة، محمد: **خرائط التوزيعات**، مكتبة الإسكندرية، 1970م.
4. سطيحة، محمد: **الجغرافية العملية وقراءة الخرائط**، دار النهضة، بيروت.
5. شفيق، عبد الحميد: **الخرائط الموضوعية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية**. دار الكتب العلمية، 2020م.
6. عبد الحكيم، محمد صبحي، وماهر الليثي: **علم الخرائط**، القاهرة، مكتبة الأنجلو المصرية، 1966م.
7. عبدالله، خليل حسن: **الكارتوغرافيا: الأسس النظرية والتطبيقية**. دار المسيرة، 2014م.
8. عزاوي، عبد المرشد: **مبادئ المصورات العامة**، جامعة دمشق، 1984م.
9. عزاوي، عبد المرشد: **المصورات الخاصة**، جامعة دمشق، 1985م.
10. عيد، صفية: **الخرائط العامة والتقنية الحديثة**، دار الأنوار، دمشق، 1997م.
11. فليحة، أحمد نجم الدين: **الجغرافية العملية والخرائط**، مؤسسة شباب الجامعة، الإسكندرية، 1990م.
12. محمد، بهجت: **مبادئ في الطبوغرافية وعلم الخرائط**، جامعة دمشق، 1996م.
13. محمد، بهجت: **بعض التطبيقات العملية للمعلوماتية في الجغرافية**، جامعة دمشق، 2000م.
14. هلال، إبراهيم محمد: **أسس تصميم الخرائط**. مكتبة الأنجلو المصرية، 2016م.

وقل رب زدني علما
Damascus University

المراجع باللغة الإنجليزية

1. Abdullah M. Braik, Maria Koliou. Automated building damage assessment and large-scale mapping by integrating satellite imagery, GIS, and deep learning. 29 March 2024.
2. Brewer, C. A. Designing Better Maps: A Guide for GIS Users (2nd ed.). Esri press. 2015.
3. Clarck, K: Analytical and Computer Cartography, Hunter College city, University of New York. USA 1990.
4. Dent, Borden D., Torguson, J. B., & Hodler, T. W. Cartography: Thematic Map Design. 6th ed. New York: McGraw-Hill, 2009.
5. Edward, A. Map work two London 1981.
6. Fullagar, A.P. Map Reading and Local Studies, Colom, London, Sydney (etc) Hodder 1984.
7. Keates, Y.S. Understanding map. Longman, London 1982.
8. Kent, A. J., & Vujakovic, P. (Eds.). The Routledge Handbook of Mapping and Cartography. 2017.
9. Konecny, C: Latest Advances in Remote Sensing, GIS and Photogrammery, The Eleventh International Symposium (Receiving and Establishing od Remote Sensing and GIS Techniques in the Arab World, Damascus 20-23/11/2000. SYRIA.
10. Konecny, C: Photogrammetric and Cartographic Aspect of geographic nformation systems. In Geo-Information system, 3. Jg, Heft 1,1. Quatral, Volume 3, No,1.
11. Mather, P: Computer Applications In Geography, University of Nottingham, UK, 1994.
12. McGraw-Hill. Kraak, M. J., & Ormeling, F. Cartography: Visualization of Geospatial Data (4th ed.). CRC Press. 2020.

13. Mhof, E. Thematische Kartographie, Walter de Gryter. Berlin, New York 1971.
14. Monmonier, Mark. Technological Transition in Cartography. Madison: University of Wisconsin Press, 1985. Robinson, Arthur H. Elements of Cartography. 6th ed. New York: Wiley, 1995.
15. Peterson, M. P. Mapping in the Cloud (2nd ed.). The Guilford Press. 2021.
16. Robinson, A, Sale, R and Morrison: Elements of Cartography, 2th edition.
17. Robinson, A, Sale, R and Morrison: Elements of Cartography, 6th edition, Jon & Willy, 1995.
18. Routledge. Field, K. Cartography. Esri Press. Monmonier, M. How to Lie with Maps (3rd ed.). University of Chicago Press. 2018
19. Schöttler, M., Kulesz, D., & Schlegel, U. "Practices and Strategies in Responsive Thematic Map Design." International Journal of Cartography, Vol. 10, No. 2
20. Slocum, Terry A., McMaster, Robert B., Kessler, Fritz C., & Howard, Hugh H. Thematic Cartography and Geovisualization. 4th ed. New York: Pearson, 2024.
21. Toepfer, F. Kartographische Genarliserung. Haack Gotha .1979.

.

المراجع باللغة الإيطالية

1. Aracne. Varisco, M. Cartografia e GIS per il governo del territorio. Maggioli Editore. 2015.
2. Borri, D., & Camarda, D. Geografia e cartografia per la pianificazione.2009.
3. De Vecchis, G. Geografia e pensiero complesso. Carocci. 2020.
4. FrancoAngeli. Raffestin, C. Per una geografia del potere. FrancoAngeli. 2012.
5. Laterza. Casti, E. Cartografia: teoria e metodo. Bruno Mondadori. 2013.
6. Prezioso, M. Geografia e rappresentazione. Cartografia tematica e strumenti informatici. 2011.
7. Salvatori, F. Manuale di cartografia: rappresentazione e uso dei dati spaziali. 2012.

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المراجع باللغة الروسية

1. Breliant A.M. الخريطة– اللغة الثانية للجغرافية، دار نيدرا، موسكو، 1984م
2. Khalougina E.M. الدليل إلى الكارتوغرافيا، دار نيدرا، موسكو، 1988م
3. Salishev K.A. الكارتوغرافيا، موسكو، التعليم العالي، 1982م
4. Salishev K.A. المدخل إلى الكارتوغرافيا، جامعة موسكو الحكومية، موسكو، 1982م
5. Vostokova A.V. إخراج الخرائط– جامعة موسكو الحكومية، موسكو، 1985م
6. Zarutskaya I.P. تصميم ووضع الخرائط الجغرافية العامة، جامعة موسكو الحكومية، موسكو، 1982م

اللجنة العلمية:

أ.د. عبد الرؤوف رهبان

أ.د. محمد رفعت المقداد

أ.د. مريم عيسى

المدقق اللغوي:

أ.م.د. نسرين عبيد

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات



مطبعة جامعة دمشق