

نظم البيانات الجغرافية المكانية باستخدام الحاسب الآلي

دكتور

أحمد أحمد مصطفى

مدرس بقسم الجغرافيا

جامعة الاسكندرية

مقدمة :

منذ أكثر من ثلاثة عقود تم تصميم نظم كمبيوتر لتخزين وتحليل البيانات الجغرافية ، نتيجة اتجاه معظم الدول إلى الأخذ بأسلوب التخطيط السليم لاستخدام الأرض وتسمية الموارد الطبيعية والمحافظة على البيئة . ويتطلب هذا الاتجاه بيانات كثيرة تفصيلية ودقيقة لكثير من المواقع والأنشطة بغرض تقييمها ، وبشرط أن تكون تلك البيانات جاهزة عند الطلب للمخططين ولتخذي القرار . وقد تطورت تلك النظم نتيجة إفراغ الحاجة تقديراتها وكفاءتها من ناحية ، ونتيجة لتقود المنهج والتوثيق العلمي من ناحية أخرى . وقد أعطى التقدم العلمي والتكنولوجي في تصميم أجهزة وبرامج الحاسب الآلي فرصا مناسبة للتغلب على كميات معلومات يمكن ملؤها بالمعرفة والخبرة والبرامج عالية الكفاءة أكثر منه أداة حاسبة ، وأصبح هو الأداة العيانية لنظم المعلومات . ومن ثم تزايدت أعداد الكوادر المدربة تدريباً جيداً على العمل بأجهزة ونظم الحاسبات الآلية .

ونتيجة للتقدم المذهل في طرق وأساليب جمع المادة العلمية أصبح لدى الباحث الجغرافي كم هائل من البيانات الخام يندو في ظاهرها غير مترابطة ، وعند إخضاعها للتحليل العلمي الدقيق باستخدام مناهج وأساليب بحث متقدمة لم تكن مستخدمة من قبل^(*) ، تولدت الفئاعة بأن هناك حقيقة نغف وراء تلك البيانات ينبغي المسعى لتتوصل إليها وتفسيرها وتحليلها . وللوصول إلى تلك الحقيقة يجب تنظيم تلك البيانات الضخمة في شكل مناسب حتى يمكن التعامل معها . وقد كانت هذه النظم في البداية محدودة الاستخدام متخصصة الغرض ، إلا أنه نجح بها كمية ضخمة من البيانات الجغرافية في صورة رقمية . وفي نفس الوقت نشأت مشكلة منهجية تتلخص في وجود نظم معلومات جغرافية تحتوي على بيانات شتى تحتاج إلى الاتفاق العلمي لوضعها تحت عنوان أو مسمى مناسب .

^(*) من أجل التسهيل على القارئ ، فإننا نذكر بعض أساليب التخطيط وأساليبها المختلفة ، وأساليب جوت معدومة ، أساليب التصرفات ، التمازج وبطرية النظم ، نظرية الشبكات وتحليلها ، نظرية المناهات ، معاييرها ، وتربطها في اتجاه التفرز ، نماذج تصادية ، أسلوب المحاكاة ، نظرية الصفوف أو عصبط لانتظ ، النظرية الخربية التي تقوم على مبدأ تعاقب الحركة المفردة للمرجحات

وقد استشعرت أقسام جغرافيا في أوروبا وأمريكا الشمالية واليابان ضرورة تدريب طلابها على استخدام الحاسب الآلى في تخزين ومعالجة البيانات الجغرافية وتخيلها . ومن هنا نشأت الحاجة إلى إدخال مقررات خاصة بالحاسبات الآلية في برامج التدريس^(*) . بل إن جامعة ولاية نيويورك في مدينة بفالو State University of New York at Buffalo بالولايات المتحدة الأمريكية عدلت مسمى قسم الجغرافيا بها إلى قسم الجغرافيا وعلوم الكمبيوتر Dept. of Geography and Computer Sciences . كما شجع انخفاض أسعار تلك الأجهزة كثير من أقسام الجغرافيا في دول العالم التامى بل والباحثون أنفسهم على اقتنائها وانتهافت على شراء البرامج الخاصة بالتحليل الجغرافى واستخدامها في البحث العلمى .

وقد ظهر في أقسام الجغرافيا في أوائل الثمانينات أسلوب جديد في البحث الجغرافى يعرف بتقلم المعلومات الجغرافية GIS وهو اختصار لـ Geographical Information Systems . ويقوم هذا الأسلوب على ثلاثة عناصر :

العنصر الأول : نظام معلومات جغرافية خرائطية :

: **Geographical Information Mapping (GIM)**

ينظر الى الخريطة الطبوغرافية باعتبارها مخزن أو بنك للمعلومات تحتوى على بيانات جغرافية في العمران - الطرق - الزراعة - شبكة الترى - شبكة الصرف - الحدود الإدارية - شبكة المجرى المائية - أشكال سطح الأرض والمنحدرات كما تبينها خطوط الكنتور ورموز الهاشور وغيرها . ويمكن تخزين بيانات كل عنصر في ملف خاص في شكل بيانات وصفية أو بيانات رقمية أو بيانات تصويرية .

(*) على سبيل المثال أقسام الجغرافيا في جامعات أوكينا - جامعة يورنج سيهيد - جامعة لوند بالسويد ، جامعة موسسو بأثينا ، جامعة دام بالهند ، أقسام جغرافيا من جامعات أمريكية مثل جامعة ولاية نيويورك في مدينة أتلان ، جامعة جنوب أستراليا ، جامعة كونتيكت ، جامعة جنوب غرب تكساس ، جامعة واشنطن ، سياتل - قسم الجغرافيا والاستشعار من بعد جامعة ولاية أوكلاهوما ، قسم الجغرافيا والاندروبولوجيا بجامعة ولاية لويزيانا ، أقسام الجغرافيا بجامعة كنتاكي ، جامعة غرب أونتاريو ، جامعة هينج

العصر الثاني : نظام تحليل معلومات جغرافية :

: Geographical Information Analysis (GIA)

وفي هذا النظام تصنف البيانات الجغرافية في مجموعات تعطى لها أولويات تبعاً لظاهرة الرئيسية موضع الدراسة ، وبيان العلاقات بين عناصر بيانات الظاهرة ومعالجتها في نماذج الامتداد والانتشار والاتصال والتكامل .

العصر الثالث : نظام نمذجة المعلومات الجغرافية :

: Geographical Information Modelling (GIM)

ويتم هذا النظام ببناء نماذج ونظم البيانات وطرق تناولها لتحاسب الآلي . وقد كان تناول هذا العصر حتى وقت قريب قاصراً على المشتغلين بعلوم الكمبيوتر من مصممي البرامج ، إلا أن بعض الجغرافيين القلائل في الجامعات الغربية قاموا بمحاولات كان الهدف منها اثبات قدرة الجغرافي على مواكبة هذا الأسلوب الحديث في البحث الجغرافي(*) .

وقد شهد النصف الثاني من عقد الثمانينات تقدم ملحوظ في سرعة وسهولة ومرونة تناول البيانات الجغرافية للكمبيوتر ، أدى إلى بروز تساؤلات عن طبيعة البيانات التي يحتاج إليها الباحث الجغرافي حتى يستطيع استخلاصها من هذا الحشد الهائل من البيانات الخام المجمعة واختلفة في درجة أهميتها ودقتها وكيفية ترطيفها . ما الذي يحتاج إلى وصفه وشرحه وتقويمه ؟ ما الذي يغير ويعيد من تلك البيانات المطلوبة ؟ هل نظم البيانات المتاحة حالياً على مستوى هذا الحجم النضخم من البيانات وكيفية التعامل معها ؟ ويهدف هذا البحث عرض ومناقشة سريعة لنظم البيانات الجغرافية المتكاثرة وعلاقتها بنماذج البيانات لإزالة الرهبة من نفوس الباحثين الجغرافيين الشباب ، وتحفيز البحث الجغرافي العربي للأخذ بهذا الأسلوب الحديث ، ولندخول في عصر صناعة وتكنولوجيا المعلومات .

(*) حين يحين موعد البرامج الجغرافية للكمبيوتر ، فإنه لابد من تقديرات الامتداد باستخدام حاسب
الإنشوري . مجلة الجمعية الجغرافية السورية ، العدد 3 ، ص 19 ، 1972 .

نموذج البيانات :

نموذج البيانات data model عبارة عن مجموعة اشياء things أو عناصر خاصة بظاهرة ما ترتبط ببعضها بعلاقات ، كما تربط بين خصائصها علاقات منطقية ، وتكون تلك العناصر والعلاقات ملخصة في نظام يصلح للمعالجة بالكمبيوتر ، وتعتبر وحدة تخزين رئيسية في نظامه . والظاهرة عبارة عن مجموعة كائنة من شئ يمكن إدراكه وتمييزه ولها خصائص عامة مشتركة وتربط بينها علاقات relationships (Ullman, 1983) . فظاهرة الأردية النهرية عبارة عن مجموعة لشئ واحد هو الوادى النهري ، وظاهرة البحيرات مجموعة لشئ واحد هو البحيرة ، وكذلك ظاهرة الجبال مجموعة للجبل . ويمكن أن يكون لكل من الظاهرة والعلاقات صفات مميزة أو عناصر تعتبر وحدات أساسية فيها . فالوادى النهري — أى وادى نهري — له صفات تميزه وعناصر تحدد خصائصه الشكلية ، وخصائصه التضاريسية ، وخصائص مورفومترية شكلته المائية . وترتبط تلك الخصائص ببعضها بعلاقات متشابهة منطقية . وتعريف النموذج بهذا الشكل هو مفهوم بشرى human concept يمكن تكيفه عند التطبيق ، ويختلف هذا التكيف باختلاف مستخدم النموذج . وتعتبر الخريطة الطبوغرافية مخزن للظواهر الجغرافية ، وكل ظاهرة بها يمكن وصفها في نموذج بيانات . وتستخلص مجموعة بيانات أى ظاهرة وعلاقتها في ملف خاص File كالعمران — الطرق — الحدود الادارية — شبكة الري والصرف — المناطق الزراعية — المزارى المائية — التضاريس كما تبينها خطوط الكنتور والماشور . ومعنى آخر فإن الخريطة الطبوغرافية عبارة عن بنك معلومات يمكن أن نستخلص منها نماذج بيانات عديدة (شكل ١) . ويوضح كل نموذج حقيقة واقعة يعتمد تحليلها على مستوى التحليل أو على المقياس المستخدم في التحليل .

ويرى كثير من مسمى النماذج أن البيانات يجب دراستها في عدة مستويات levels ، وتقديمها في ملخص حقيقي ، ولي نظام بنائى محدد يمكن تمثيله آليا (Klinger, Fu & Kuni, 1977; Martin, 1975) . وبداية يمكن القول أنه مازال هناك عدام اتفاق بين الجغرافيين على عدد المستويات التي يجب على الباحث أن يدرس من خلالها الظاهرة الجغرافية . وقد اقترحت دونا دونا (Donna J. 1982) عام 1982

(Peuquet, 1984) أربعة مستويات يمكن دراسة أية ظاهرة جغرافية عن طريقها (شكل ٢) هي :

١- معرفة الصورة الحقيقية أو الواقعية للظاهرة reality متضمنة كل سماتها الظاهرية التي يمكن ادراكها عن طريق ملاحظة مفردات عناصرها .

٢- نموذج البيانات data model وهو ملخص يوضح الخصائص التي يظن انها وثيقة الصلة بالظاهرة .

٣- نظام البيانات data structure وهو عملية بناء نموذج البيانات أي تمثيل لنموذج البيانات في هيئة يانية هي في الغالب جداول ومصقوفات ، بمعنى تنظيم لبيانات في كود آلي computer code في نمط من الخانات الأساسية التي يصمم الكمبيوتر تمييزها كمعطيات .

٤- نظام ملف البيانات file structure وهو عبارة عن أي شكل من الأشكال المختلفة لتنظيم البيانات في هيئة يمكن تخزينها في أجهزة ووحدات الحاسب الآلي hardware .

وعند فحص المستويات الثلاثة الأخيرة نلاحظ أنها خطوات تتبع عند تصميم قاعدة بيانات data base ووسائل تنفيذها^(*) . ولكن يجب الإشارة إلى أن تصميم نظم البيانات نوجب مراعاة ان تتم من خلال مستويات متتابعة توضح الأسس الضرورية في تحديد كل مستوى . وفي الواقع ، أن تحديد إجمال العملية عبارة عن صياغة العبارات العامة في عبارات اكبر تحديداً .

وقد استخدم مصطلح نموذج البيانات في حدود ضيقة عندما دعا الجغرافيون إلى استخدام النماذج في معالجة الموضوعات التي تتناول تنظيم المكان . ويجدر بنا أن نذكر في هذا الصدد جهود نشورلي R. Chorley وهاجيب P. Hagget في

(*) قاعدة البيانات : أحد مصطلحات علم الطوريات Informatic ، ويقصد به كمية ضخمة من بيانات منسقة ومنظمة تحت في ذاكرة الكمبيوتر بضم منسق معين ، وبشكل رمزي له مفاتيحه الخاصة التي تسمح بالبحث عن البيانات أو استرجاعها ، وتصنيفها ، استخراجها لاستخدامها أو تطويرها ثم إعادة تشكيلها لتخدم في الخدمة الجغرافية .

دراساتها القيمة هذا الموضوع تحت اسم نموذج في الجغرافيا Models in Geography (*) . وربما يرجع التقصير من جانب الجغرافيين في استخدام النماذج إلى التقدم السريع غير المنتظم في فن تناول الكمبيوتر وعمليات الترميز image processing ، وكذلك التطور المتأرجح في استخدام الحاسب الآلي في الدراسات الجغرافية . أما مصطلح نظام البيانات data structure فقد تطور استخدامه مع تطور نظم وتقنيات تصميم البرامج واللغات والشاهج software التي تتحكم في عمليات الحاسب الآلي . وكذلك نتيجة تقدم تكنولوجيا صناعة عتاد الحاسب ووحداته المختلفة hardware ولدى يمثل في أجياله المتتالية . ومنذ السبعينات الأولى من عقد الثمانينات فإن مظهر نموذج بيانات قد أقر كمصطلح أحسن ليدل على أن ادراك عناصر الظاهرة وتنظيمها في شكل ما ، أي صياغتها بطريقة ما هي عملية نمذجة modelling process

ويقوم نظام البيانات أي بناء النموذج على نموذج البيانات نفسه وطريقة ترتيب جزئيات وعناصر البيانات به ، والعلاقات القائمة بينها . ويتم ترتيب الجزئيات والعناصر في قوائم lists ومصفوفات arrays ، أما العلاقات التي تربط تلك الجزئيات والعناصر بعضها فتكون في صورة نماذج رياضية تؤدي إلى استبعاد العلاقات اللفظية أو الوصفية والتعبير عنها بصورة صريحة أو صورة ضمنية . ويعادل هذا المفهوم التعريف الرياضي للرسم البياني بمعناه الواسع (Mark, 1979) . وتسجل العلاقات الصريحة في نظام البيانات بنفس طريقة تسجيل جزئيات وعناصر البيانات نفسها . أما العلاقات الضمنية فيشار إليها بالوضع النسبي لمفردات عناصر البيانات ، وقد يتطلب ذلك تحليل بعض أو كل البيانات . مثال تحديد نقطة وسط مجموعة من النقاط موزعة بحدب نظام في الفراغ .

أما نظام ملف المعطيات File structure فإنه يعني ببساطة نموذج تخزين أي تحديد وسائل العملية الميكانيكية لتعيين البرامج وطريقة تغذيتها أو تعديلها ، وطرق تشغيل أجهزة الحاسب الآلي لاستخدام تلك البرامج واسترجاعها .

* Hagget, P., 'Geography: A modern synthesis' pp. 16-24 London, 1972.
 Chorley, R.J., & Hagget, P., 'Socio-Economic Models in Geography' pp. 21-26, London, 1973.

العلاقة بين تصميم نموذج البيانات وتصميم نظام البيانات :

تعتبر عملية تصميم نموذج البيانات عملية تلخيص ، فالنموذج هو تمثيل للواقع يحاول تفسير ظاهرة ما من ظواهر هذا الواقع ، أو هو نظير أو شبه أو تمثيل دقيق لجميع خصائص الظاهرة وعلاقاتها . ولا يوجد نموذج للحقيقة ما يجمع كل جزئياتها وعناصرها وعلاقاتها ، وبالتالي لا يمكن تصميم نموذج بيانات عام الغرض لاستعماله في كل الحالات . ويتضح ذلك عند معالجة الظواهر الطبيعية المركبة (تشمل دراسة منحدر ما على ٤٢ متغيراً على سبيل المثال) . وكذلك الحال بالنسبة للبيانات المكانية spatial data إذ لا يمكن بناء نظام بيانات يعنى بكل أغراض تناول تلك البيانات . وهناك نظم بيانات مكانية spatial data structure صالحة للتوقيع plotting ولكنها لا تصلح في نفس الوقت لأغراض التحليل . كما أن نظم البيانات المصممة لأغراض التحليل الجغرافي لا تصلح إلا للجوانب معينة وليس كل الجوانب المطلوبه ، مما يستلزم انشاء نظم بيانات عديدة تفي بكل جوانب التحليل الجغرافي المطلوب . وكذلك نظم البيانات الخاصة بالتحليل لا تكفي لإنتاج رسوم وأشكال بيانية ، مما يجعلنا نقول أن أي نظام بيانات لا يخدم إلا غرضاً واحداً محدداً .

ويتبع مصممو نماذج البيانات طرقاً مختلفة في تصميم نماذج البيانات المكانية . ويمكن تلخيص تلك الطرق في طريقتين تقفان على طرفي نقيض :

الطريقة الأولى وتعرف بطريقة باولي Bouille وفيها حاول صاحبها بناء نموذج بيانات يشتمل على كل المتغيرات والعلاقات التي تربط بينها في محاولة تمثيل كامل ومطابق للحقيقة أطلق عليه اسم « النموذج المطابق للظاهرة phenomenon-based design » . ثم عاد وأطلق عليه اسم « نظام بيانات الظاهره phenomenon structure » (Bouille, 1978) . ولما كانت الحقيقة مركبة وغاية في التعقيد فقد جاء نموذج البيانات معقداً لا يمكن معه بناء نظام بيانات مناسب للكمبيوتر ، ويختوى على جزئيات وعناصر وعلاقات ليست ضرورية لأغراض التحليل وغير مناسبة للتطبيق . وفي الواقع فإن الحقيقة الكاملة للظاهرة غير معروفة . إذ تحتوي من عناصر وعلاقات لا يدركها الباحث تبعاً للموقف العلمي والامكانيات التكنولوجية المتاحة حالياً ، ولا تغالي إذا قلنا حتى في المستقبل ومن

هنا جاءت فكرة الخطأ والخطأ المسموح به وغير المسموح به . وعندما يتعامل الباحث مع ظاهرة طبيعية فإن العلم يوفر له أدوات معرفة ليقدم فرضية بشأنها لأنه لا يمكن الادعاء بالمعرفة النهائية لها . وعلى ذلك فإن « النموذج ينبغي ألا يعنى تمثيل جميع عناصر وخصائص الظاهرة وعلاقتها ، إنما مجردها من بعض مظاهرها التي تساعد على تبسيطها»^(*) .

أما الطريقة الثانية وقد أشار إليها مارك عام ١٩٧٩ (Mark, 1979) فتقوم على قاعدة أن تصميم نموذج البيانات وبالتالي بناء نظام للبيانات يجب أن يؤدي إلى تحقيق الفائدة عن طريق استبعاد أية عناصر أو علاقات غير مناسبة . وعلى الرغم من أن هذه الطريقة تهدف إلى إنتاج نماذج غير معقدة وسهلة التناول إلا أنها بعيدة إلى حد ما عن التمثيل الكامل للحقيقة ، لأنها تختصر فقط على العناصر الرئيسية والعلاقات الضرورية لدراسة الظاهرة . والنماذج المصممة تبعاً لتلك النظرة تصنف بالقوة والمرونة وإمكانية استخدامها في التخزين الأحصائي . وبناء على ذلك فإنه لا يمكن الجزم بأن كل النماذج ناجحة من الناحية التطبيقية ، إذ يتوقف نجاحها على مقدار مطابقتها للواقع لذا فإن مرحلة التجريد تعتبر من أهم المراحل وأدقها في إنشاء النموذج . فالتجريد يفقد النموذج — أحياناً — قيمته العملية إذا أبعد كثيراً عن الواقع والحقيقة الملموسة وخانه التعبير عن أفكارنا وآرائنا عن هذا الواقع .

وبالنسبة لمصممي أنظمة البيانات الجغرافية geographic data systems فإن طبيعة الظاهرة الجغرافية تحتم الأخذ في الاعتبار عمليات معالجة ميكانيكية تكون قادرة على التعامل مع بيانات ذات طبيعة مختلفة . إذ تعالج موضوعات الجغرافية الطبيعية والعوامل الطبيعية في الظاهرة الجغرافية البشرية على أساس مبدأ السببية (السبب والنتيجة) ، وتصاغ العلاقات في صورة معادلات رياضية تؤدي إلى استبعاد العلاقات اللغضية أو الوصفية والاستعاضة عنها بالنماذج الرياضية التي تستخدم للمعالجة الأحصائية أو غيرها من المشاكل التي تتعلق بقياس المتغيرات وتعليلها . أما موضوعات الجغرافية البشرية بصفة عامة والعوامل البشرية في الظاهرة الجغرافية الطبيعية فإنه من الصعب إخضاع الإنسان وسلوكه إلى قانون

(*) المجلة الرسمية للجنة الأخرية — عدد يوليو ١٩٦٨ .

واحد وظروف واحدة ، فالإنسان تختلف استجاباته لظروف والمؤثرات بحسب الزمان والمكان ، لذا فإن نشاطه يخضع للاحتيال . وعليه فإنه يجب على مصممي نماذج وقواعد البيانات الجغرافية geographic databases مراعاة توازن دقيق بين منهج الختمية ومنهج الاحتمالية في سبيل الوصول الى نموذج بيانات جغرافي وبالتالي انشاء نظام بيانات جغرافي له صفة خاصة . ومن أسف فإن هذا التضابط المنهجي في الجغرافيا لم يقفن formalize حتى الوقت الحاضر حتى في الإطار النظري ناهيك عن الإطار الآلي .

طبيعة البيانات الجغرافية المكانية :

الجغرافيا باختصار هي علم المكان place والفراغ space ومادتها الظاهرات الطبيعية والبشرية التي تُشكل بيئات العالم ، وهدفها وصف وشرح وتفسير وتعليل الظواهر الطبيعية والحضارية في بيئاتها على سطح الأرض ، ووسيلتها الكلمة والرقم والصورة والخريطة . ويستخدم مصطلح مكاني spatial لى وصف أية بيانات خاصة بظاهرة تتوزع في بعدين أو ثلاثة أبعاد أو أى عدد من الأبعاد (١ من الأبعاد) . وتعتبر البيانات الجغرافية بيانات مكانية لأنها تتصل ببيانات خاصة بالأرض . وهذه البيانات يمكن ان تكون ذات بعدين عند نمذجة modelling سطح الأرض كسطح مستو plane ، أو تكون ذات ثلاثة أبعاد عند معالجة ووصف ظواهر تحت سطحية أو ظواهر جيومورفولوجية أو ظواهر جوية . ويمكن إضافة البعد الرابع في هيئة سلاسل زمنية .

وهناك عدة انماط للبيانات المكانية يمكن التعرف عليها بعرضها كارتوجرافيا (شكل ٣) :

النمط الأول : بيانات نقطة point data حيث يمثل كل عنصر ياتي data element بموقع position (نقطة) واحد في فراغ ذي بعدين أو ذى ثلاثة أبعاد مثل مواقع خواص المراكز الإدارية في الدلتا (شكل ٣ أ) .

والنمط الثاني : بيانات خطية line data ويوصف الخط في هذا النمط باعتباره محل هندسي لنقطة متحركة . وترسم تلك النقطة عند تحركها خطا له اتجاه معين . اتجاهات كثيرة . وعند تحرك تلك النقطة يكون لها قيم احداثية سينية وصادية في كل محل location تحتله . أو بمعنى آخر يوصف موقع الخط بسلسلة أو خيط

string من احداثيات مكانية spatial coordinates . ويتخذ الخط أوضاعاً وهيئة مختلفة :

(أ) خطوط منعزلة لا تشترك في هيئة منتظمة كخطوط الانكسارات أو خطوط محاور الالتواءات (شكل ٣ ب) .

(ب) خطوط تدخل كعناصر في نظام معين مثل خطوط المجارى المائية أو خطوط محاور الأودية الجافة في نظام تصريف نهري (شكل ٣ ج) .

(ج) خطوط تدخل كعناصر في نظام شبكة network مثل خطوط شبكات الطرق (شكل ٣ د) .

والنقط الثالث : بيانات الأشكال المساحية ويعرف ببيانات المضلعات polygon data وتمثل مواقع عناصر البيانات بخط احداثيات مكانية مقفل (ترانزيسر مقفل) . وتختص بيانات المضلعات بالمساحات في فراغ معين ، وتمثل في :

(أ) مضلعات مفردة isolated polygons حيث لا يشترك أى ضلع من أضلاع المضلع أو أى جزء منه مع ضلع أو أضلاع مضلعات أخرى (شكل ٣ هـ) .

(ب) مضلعات متجاورة adjacent polygons حيث يشترك بين ضلع من أضلاع المضلع أو أى جزء منه مع ضلع آخر على الأقل (شكل ٣ و) .

(ج) مضلعات متشابكة nested polygons حيث يقع مضلع أو أكثر داخل مضلع آخر . وتعتبر خطوط الكنتور من أبرز الأمثلة لهذا النوع من المضلعات (شكل ٣ ز) .

والنقط الرابع : خليط من الأنماط الثلاثة السابقة . فقد يشتمل على أنواع خطية مختلفة يختلط بعضها ببعض ، وخطوط تختلط بمضلعات مع عناصر نقطية . ويمكن اعتبار خريطة افريقيا السياسية مثال لهذا النمط ، فالوحدات السياسية اشكال مساحية مشتركة الحدود ، وقد يفصل بين وحدة سياسية وأخرى مجرى نهري يعتبر عنصراً لخط خطى لشبكة تصريف مائى شجرى ، وقد تقع وحدة سياسية بحدودها الكاملة داخل وحدة سياسية أخرى بالإضافة الى مواقع العواصم والمدن والموانئ الرئيسية .

وتعرف الأتماط الأربعة للبيانات المكانية بالبيانات الاحداثية coordinate data أو البيانات الرمزية image data (I.G.U., 1975 & 1976). وتلخيص شديد يمكن القول بأن هذه البيانات المكانية تصف التوزيع المكاني والوضع النسبي للعناصر الداخلة في الظاهرة الجغرافية باستخدام رموز على شكل نقطة أو خط أو مضلع مساحي أو خليط من هذا كله. ولكل رمز من تلك الرموز خصائصه التي تميزه ووظيفته المحددة. فالاحداثى الفلكي لمدينة الاسكندرية يعتبر جزء من بيانات مكانية وصفية بينما خطوط كثافة سكانها جزء من بيانات مكانية تصور إحدى خصائصها السكانية، واحداثيات حدود محافظتها بيانات وصفية تبين الشكل والامتداد والمساحة.

وتتميز نماذج البيانات المكانية عن نماذج القوائم الاحصائية أو النماذج ذات البعد الواحد بالخصائص التالية:

١- للعناصر المكانية حدودها الداخلية التي تميزها وتبين موقعها في الفراغ. وبالنسبة للبيانات الجغرافية فإن هذه الحدود عادة ما تكون معقدة تين نزع الظواهر الجغرافية إلى تواجدتها في الماط غير منتظمة. وتسجل تلك الحدود في نظام احداثيات coordinate system قد يكون على شكل احداثى فلكى (درجة عرض ودرجة طول) أو نظام احداثى كارتيزى (شماليات وشرقيات) أو نظام الاحداثيات العالمى المعروف باسم UTM أو نظام احداثى رقمى ليس له قيمة عددية كأرقام الشوارع في المدن التي تخطط تبعاً لنظام احداثيات خاص بها.

٢- تتميز العناصر المكانية بكثرة علاقاتها التي تين طبيعة الظاهرة الجغرافية أو تين درجة إدراكنا وفهمنا. وكما ذكرنا من قبل انه من الصعب عند بناء النموذج جمع كل الجزئيات والعناصر في نموذج واحد. فالبيانات الجغرافية تميل إلى أن تكون مستقلة وتابعة في نفس الوقت بالنسبة لبعضها البعض. فقد يضم النموذج متغيرين أحدهما تابع والآخر مستقل يرتبطان في علاقة خطية. وقد يحتوى النموذج على متغيرين مستقلين أو أكثر، وفي هذه الحالة يطلق على العلاقة اسم الامتداد المستقيم المتعدد. وكلمة اكثر هنا لا تعنى الإطلاق بل تعنى أن النموذج يمكن أن يضم متغيرات مستقلة ولكنها محدودة

بحكمها قدرة نماذج الرياضياتية المستنبطة على التعبير عن الحقيقة الجغرافية وتفسيرها . وقد تكون العلاقات بين العناصر المكانية لفظية مثل بالقرب من أو بعيد عن ، إلى اليمين أو إلى اليسار ، ومثل هذه العلاقات يصعب جمعها مع علاقة عددية في نموذج حتمي deterministic أو في نموذج احتمالي stochastic . والخلاصة أن عملية ضم هذه العناصر وعلاقتها في نموذج واحد عند بناء نموذج بيانات جغرافية عملية صعبة ومعقدة ولكنها ليست مستحيلة ، بل إن ملف البيانات يميل إلى أن يكون معقد بدوره .

٣- تتميز البيانات المكانية بأنها ذات بعدين أو ثلاثة أبعاد ، ولذلك تنشأ مشكلة عند تحويل نموذج البيانات إلى نظام بيانات ونظام ملفات صالحة لأجهزة الحاسب الآلي وأجهزة الترميز digitizers التي تحول النقط والخطوط والمساحات إلى رموز رقمية يمكن قراءتها بالحاسب عن طريق تسجيل الأحداثيات المكانية . فمن المعروف أن ذاكرة الحاسب ذات طبيعة خطية أي ذات بعد واحد يمكنها تخزين البيانات على شكل قوائم لي يجرى خط متصل ، وإذا كان من السهل في الوقت الحاضر بالنسبة لأجهزة الجيل الأحمر للكمبيوتر تخزين بيانات ذات بعدين أو ثلاثة أبعاد في نمط خطي على شكل قوائم ، فإن أحداثيات العناصر لا تحتوي على الطوبولوجيا الأساسية في شبكات الخطوط أو الأشكال المساحية المتجاورة ، ولا على العلاقات الضمنية (فرق ، إلى اليسار ، قرب من) ، تلك العلاقات التي يمكن النظر إليها على أنها بيانات لها أهمية بالنسبة للجغرافيا عند وصف وتحليل البيانات المكانية (Dacey & Marble, 1965) .

الشرط (الضوابط) التي يجب مراعاتها عند انشاء نظام بيانات مكانية :

وتعرف تلك الضوابط بـ " دالة VSAM " وتطلق (VEE SAM) وهي اختصار لـ " Virtual Storage Access Method " . وقد جاء في معجم مصطلحات الكمبيوتر أنها تعني (أسلوب نيل تكون فيها السجلات ذات الأطوال الثابتة والمتغيرة مخزونة على جهاز تخزين للنيل المباشر في تسلسل معلني أو تسلسل إدخال أو تسلسل حسب ارقام السجلات . ويتم نيل السجلات المخزونة من التسلسل المعلن وفقا لمعلم فريد مثل رقم موظف ، ويتم نيلها في التسلسل

الإدخال وفقاً لترتيب الذي تم تخزينها به ، وهم فيها حسب أرقام السجلات بواسطة رقم سجل منسوب إليها^(*) . ومن وجهة نظر الباحث فإنها تعنى الطريقة العملية لحزن البيانات واسترجاعها بسهولة . ومن نافذة القول أن الطرق المتاحة حالياً لحزن البيانات واسترجاعها يجب مراعاتها عند إعداد نظام البيانات data structure ونظام ملف البيانات File structure ، كما أن أسلوب التخزين يؤثر في خصائص الحزن storage والمعالجة manipulative والاسترجاع retrieval . ولقد اتفق المشتغلون بعلم الكمبيوتر على أن أسلوب حزن واسترجاع البيانات يجب أن يحقق شروط الاكتمال completeness ، القوة robustness ، الكفاءة efficiency ، سهولة التوليد ease to generation ، تعدد الاستعمال versatility .

ويقصد بالاكتمال كفاءة طريقة التخزين في تحويل المصطلحات النسيية الوصفية إلى قيم وإشارات رقمية . كما أن القوة robustness تعنى مدى القدرة على حزن البيانات غير العادية كيانات المضلعات بكل ما فيها من عناصر وعلاقات . وتعنى الكفاءة كفاءة التخزين وكفاءة الوقت عند الاسترجاع ، وسهولة التوليد هو مقدار الجهد المطلوب لاستنتاج ما تقضى به البيانات في أشكال أخرى كالرسم البيانية أو الخرائط أو الجسومات التي يمكن عرضها من زوايا مختلفة .

والأهمية النسبية لكل شرط (معيار) من الشروط الخمسة السابقة هو دالة function لأية بيانات سوف ينشأ لها نموذج data model ، وللعمليات المطلوبة لإنشاء نظام data structure مناسب لها . على سبيل المثال إذا كانت المادة الخام لموضوع جغرافي عذبة يلزم لها إنشاء قاعدة بيانات كبيرة ، ويجب أن تعمل في انسجام بين كفاءة المعالجة وسهولة الاسترجاع ، فإن ذلك يحتم الأخذ في الاعتبار تحقيق الشروط الثلاثة الأولى .

ومن السهل وضع هذه الشروط (المعايير) في صورة كمية مثل طاقة التخزين وسرعة الاسترجاع ، ولكن من الصعب — حتى الوقت الحاضر — تقديم مقاييس كمية لشرط (معيار) كفاءة طريقة التخزين وتعدد الاستعمال versatility .

^(*) مؤسس الأبحاث المعرفية معجم مصطلحات الكمبيوتر — نيجوسيا — فيوس ، ١٩٨٥ ، مترجمه عن :

Webster's New World, "Dictionary of Computer Terms" Simon & Schuster, INC New York, 1981.

وتتبع هذه الصعوبة من حقيقة معرفتنا المحدودة كجغرافيين بخصائص نظام العد (الحساب) العشري وكيفية تفاعله مع النظم العشرية الأخرى . كما أن عملية نمذجة البيانات المكانية مازال ينظر إليها كعملية فنية أكثر منها علمية . وستظل خبرة الباحث هي العامل الأساسي في تفسير نظام جغرافي يلزم تحديثه أولاً كى ينشأ له نموذج يلائم نظام معيومات جغرافية متكامل

نماذج البيانات الجغرافية

يستخدم الجغرافيون الذين يعتمدون على الكمبيوتر في تخزين وتحميل البيانات الجغرافية أنماطاً مختلفة من نظم البيانات بعضها تقيدى نشأ مع البدايات الأولى لاستخدام الكمبيوتر في تحليل وعرض البيانات والآخر حديث . ومازالت هناك محاولات لإنشاء نماذج تناسب مع بيانات الموضوعات الحديثة التي تعالجها الجغرافيا في الوقت الحاضر ، ومع مناهج وأساليب البحث المستحدثة . على سبيل مثال جغرافية السلوك البشرى الذكائى والجغرافيا الصحية والجغرافيا الحضارية والتي تتطلب توفير بيانات خام من نوع جديد تتصل بعلوم إنسانية عديدة كالأجتماع وعلم النفس والأنثروبولوجيا الحضارية والثروة والاقتصاد والجريمة والصحة العامة والسلوك الحضارى . ويتم لتعبير عن كثير من هذه البيانات بمسطحات والفاظ وصفية نحتاج الى الاتفاق على وسيلة تعبير رقى أو رموز حتى يمكن إدخالها في نموذج بيانات ومن ثم إنشاء نظام بيانات يستطيع إدخالها في الحاسب الآلى لمعالجتها .

وتقدم البيانات الجغرافية التقليدية للتحليل عن طريق نماذج ذات بعدين كالجرائط (Boudr, 1967) ويمكن النظر الى الخريطة على أنها أسلوب تخزين بيانات مكانية سهلى استرجعها وتحديثها يدويا كى نستخدم في عمليات قياس وتحليل أخرى . وعملية تحديث الخريطة للحصول على بيانات خام منها أو لعرض نتائج تحليل بيانات عليها عملية معقدة وتتطلب وقتا فضلا عن متطلبات المهارة والدقة في رسم الخريطة نفسها .

هناك نمطان آخرين لنماذج البيانات التكنية هم نظيرهما تخزين البيانات في صورة رقمية هما : نمط النواصي Vector ونمط المساحى Tessellation (شكل ٤) . والنمط الأجهى عبارة عن ترتيب عنصر الظاهرة الجغرافية ل بعد

وحدته تجاه في الفرع مثل خط الكنتور أو خط مجرى المائي أو خط الطريق أو خط حدود . وتسجل هذه الخطوط على شكل سلسلة من نقاط احداثية ، أو بمعنى آخر تقسيم الخط إلى أجزاء طول كل جزء يساوي صفر (نقطة) يمكن تسجيلها باحداثيات . أما النمط الموزاكي فهو عبارة عن نظام يتكون من شبكة من عيون mesh أو شبكة من الخلايا ، وكل خلية عبارة عن وحدة مساحة في الفرع مثل حوض مجرى مائي من الرتبة الأولى أو بلوك من المباني تحدهه الشوارع المحيطة به .

ويمكن تسجيل خطوط الاتجاه أو حدود الخلية بواسطة خطوط المسح الأفقية على شاشة انبوب الكاثود scanner في جهاز الكمبيوتر ، أي يمكن إدخال البيانات بحيث يضيء شعاع الانبوب النقاط الصحيحة على الخطوط لتشكيل الرموز والمتحنيات لإنتاج الخطوط المطلوبة (سواء خطوط اتجاهية أو خطوط حدود الخلية في شبكة الموزيك) ، كما يمكن استخدام الـ light pen الحديث . ونماذج البيانات التي تستخدم النمط الاتجاهي أكثر شيوعاً من نماذج البيانات القائمة على تخطيط شبكة الموزيك ، سواء كانت شبكة من أشكال منتظمة كالترابيع أو المستطيل أو الشكل السداسي ، أو كانت شبكة من أشكال غير منتظمة . كما أن تخطيط شبكة موزيك من مصلعات ذات خطوط منتظمة أكثر استخداماً من تخطيط مصلعات من النمط الأخرى (Coxeter, 1973) .

وهناك نمط ثالث لنموذج البيانات المكانية يعكس تطور حديث في المعالجة بالحاسب الآلي يجمع بين النمط الاتجاهي والنمط الموزاكي .

وفيما يلي عرض للخصائص كل من نموذج البيانات الاتجاهي ونموذج البيانات الموزاكي وكيفية العمل بهما في تمثيل البيانات الجغرافية المكانية .

أولاً : نموذج البيانات الاتجاهي Vector data model :

توجد عدة نماذج بيانات من هذا النمط يبرز منها النماذج الأربعة التالية والتي تعتبر أكثر استخداماً ولقبولاً لدى الجغرافيين :

Spaghetti

... النموذج غير المنتظم

Topologic model

... النموذج الطبولوجي

- ٣- النموذج العاكس لوضع المضلعات Polyvert model
 ٤- نموذج السلاسل المتكودة Chainodes model

١- النموذج غير المنتظم Spaghettl model :

هو نموذج كارتوجرافي حقيقي وفيه ينظر إلى الخط على أنه أبسط نموذج بيانات اتجاهي للمعلومات الجغرافية أي ترجمة خطية للخريطة . وبين (شكل ٥) أن أي عنصر خطي بالخريطة عبارة عن سجل في الملف الرقمي ، وبين كسلسلة من نقط احداثيات سينية وصادية . وهذا النظام بسيط لأن الخريطة في جوهرها عبارة عن نموذج بياني . ويعتبر ملف الاحداثيات السينية والصادية نظام بيانات data structure . وترجم نموذج الخريطة وهي مستوى بلايمتري أي ذات بعدين في قائمة list أي في نموذج ذي بعد واحد . وهذا يعني أن أي عنصر مكاني على الخريطة : محلات عمرانية ، طرق ، ترع ومصارف ، حدود ، خطوط كتور ، نقط مناسب ... الخ سوف يترجم في قائمة . ويعتبر ملف البيانات الكارتوجرافية الرقمي الذي ينشأ بهذا الاسلوب ملف غير منتظم spaghetti file لأنه يهبط عبارة عن تجميع لسلاسل إحداثيات مكونة بعضها فوق بعض بدون نظام . أما المضلعات المسجلة بهذا الاسلوب فهي عبارة عن سلسلة احداثيات سينية وصادية مغلقة تحدد حدودها . وبالنسبة للمضلعات مشتركة الحدود فتسجل احداثيات نقط الضلع المشترك مرتان أي مرة لكل مضلع .

والتنمذج غير المنتظم غير مناسب للتحليل المكاني حيث أن كثير من العلاقات المكانية علاقات حسابية أو مشتقة من معادلات رياضية لا يمكن تسجيلها في النموذج باحداثيات سينية وصادية (على سبيل المثال : كثافة المحلات

العمرانية = $\frac{\text{عدد المحلات العمرانية في الوحدة الادارية}}{\text{مساحة الوحدة الادارية}}$ أو معدل التسبيح لحوض

تصريف ما = $\frac{\text{مجموع التنزلات البارزة في أي خط كتور بالحوض}}{\text{طول محيط الحوض}}$ ويمكن

القول أن أوجه النقص في تخزين العلاقات المكانية ونتائجها ليس لها قيمة جوهرية في عملية إعادة إنتاج الخريطة مما يجعل هذا النموذج البسيط مناسباً في التطبيقات

التي تصل بانتاج الاشكال لتكثور حرفة بسيطة بمساعدة الحاسب الآلى . ولكن يجب الإشارة إلى وجوب المراجعة البصرية للمخرجات البيانية خاصة في عملية تحديث بيانات الخريطة .

٢ - النموذج الطبولوجي Topologic model :

يعتبر تسجيل المعلومات ذات العلاقة بالظاهرة في نموذج بيانات طبولوجي Topologic data model من أبسط الأساليب لحفظ العلاقات المكانية بين عناصر الظاهرة موضع الدراسة ، وبين (شكل ٦) مثال مبسط لهذا النموذج . والعنصر الأساسي في ذلك النموذج عبارة عن خط مستقيم يبدأ أو ينتهى عند نقطة تقاطعه أو التقائه بخط آخر أو عند بداية منحنى فيه . ويسجل كل عنصر خطى مستقل باحداثيات نقطتى البداية والنهاية، بالإضافة الى تسجيل أسماء أو أرقام المصنعات التي تجاور الخط من جانيه . ويحفظ هذا الأسلوب كثير من العلاقات المكانية بطريقة واضحة حتى يمكن استخدامها في اغراض التحليل . كما يتيح هذا النموذج تخزين التحديد المكاني للنقط والخطوط والمضلعات بطريقة مختصرة تناسب المضلعات المتجاورة كما هو واضح في (شكل ٦) ، والذي يلاحظ فيه أن كل عنصر خطى خاص بتحديد المضلعات والمعلومات المتألفة لها من الجانبين قد تم تسجيله مرة واحدة فقط بعكس الحال في النموذج غير المنتظم .

وقد ابتكر مكتب احصاءات السكان بالولايات المتحدة الأمريكية U.S. Census Bureau نموذج طبولوجي لترقيم وحفظ خرائط الشوارع للمساعدة في جمع وجدولة بيانات التعداد السكانى عن طريق تجهيز مرجع جغرافى للعناوين باستخدام الحاسب الآلى (U.S. Census, 1969) اطلق عليه اسم نموذج ال GBF/DIME . ويقصد بالمختصر GDF ملف قاعدة بيانات جغرافية Geographic Base File ، وبالمختصر DIME الترميز الخرائطى المزدوج المستقل Dual Independent Map Encoding . وقد ظهرت ملفات ال GBF/DIME في أوائل السبعينات بعد التحسينات التي أدخلت على كود دليل العناوين .

وقد تم تسجيل كل شارع في ملف GBF/DIME على شكل سلسلة عناصر مستقيمة ، وينهى كل عنصر عند نقطة تقاطع خطين أو عند نقطة تغير

في اتجاه الخط . وقد تكونت عند تلك النقط ونقط نهايات خطوط عقد nodes (شكل ٧) .

ويتضمن تسجيل كل عنصر خطي احصاءات المواقع والبلوكات السكنية المحددة للمضلع (شكل ٨) . ويعتبر هذا النموذج في تلك الحالة تطوير لنموذج البيانات الطوبولوجي البسيط العام . والاختلاف الوحيد هو أن كل عنصر خطي يتم تعيين اتجاهه عن طريق تسجيله من عقدة سفلى Low node الى عقدة عليا high node ، والنتيجة خط ياتي باتجاهي يمكن مراجعته وملاحظة أى عنصر مفقود أو أية أخطاء في الملف يتبع الخط الذى يعين حدود كل بلوك (مضلع) احصاءاً في الملف . ويتم ذلك بالسير حول الخطوط المحددة للمضلع وبطريقة العقدة العليا المحددة لاتجاه الخط بالعقدة الدنيا المحددة للخط المجاور عن طريق الملف . وعند عدم التمكن من العثور على تسجيلات خط ما لإكمال السلسلة حول المضلع فإن الخط إما أنه مفقود أو أن العقدة غير صحيحة .

ويتميز هذا النموذج بأن كل خط يمكن تعيينه مكانيا باستعمال أى من اسماء الشوارع أو نظام الاحداثيات المثل (الكارتيزى) أو العالمى (UTM) . ففى بعض الدراسات الجغرافية التطبيقية على المستوى الميكروسكوبى لا يمكن استخدام نظم الاحداثيات المعروفة في التحديد المكالى للظاهرة .

والمشكلة الرئيسية التى تقابنا في نموذج GBF/DIME هي أن العناصر الخطية لا يمكن تسجيلها في ترتيب مسلسل sequence order ، لذا يجب عند استرجاع نقط احداثيات أى خط القيام ببحث شامل وبصورة متتابعة من خط الى خط داخل الملف . وكذلك لإسترجاع خطوط مضلع ما يجب إجراء بحث شامل يحدد الأضلاع المحددة للمضلع وهذه عملية شاقة .

ويعتبر ملف الـ GBF/DIME ملفاً كارتوجرافيا لإنتاج خرائط الـ ADICA (Automated Display of Information Coded by Adress) . وقد أمكن إنتاج حوالي ٥٥٠ خريطة تفصيلية بقياس ١ : ١٢٠٠ باستخدام البرنامج الخاص بهذا الملف استعملت كقاعدة بيانات لقياس دقة التسجيل في ملف الاحداثيات ومراجعة نقط نهايات end-points لعناصر الخطية المنقسمه .

٣- النموذج العاكس لوضع المضلعات Polyvert (**):

نين من استخدام نموذج البيانات الطبولوجي العام ، ونموذج الـ GBF/DIME انطور عنه صعوبة استرجاع البيانات لمراجعتها وتصحيحها أو إضافة بيانات حديثة مكتملة ، وقد اتجه الجغرافيون من مسمى نماذج البيانات المكانية ونظمها إلى تطوير نموذج جديد للتغلب على تلك المشكلة . ويعرف هذا النموذج باسم الـ Polyvert الذي يتميز ببساطته ووضوحه وإمكانية تخزين البيانات الاحداثية لكن عنصر خطي يبدأ وينتهي عند عقده node التي هي نقطة تقاطع أو التقاء سلسلتين احداثيتين . وفي هذا النموذج لا تخزن البيانات الاحداثية للعقدة كجزء من سجل سلسلة الاحداثيات ولكن يعطى لها مؤشر (***) (رمز) خاص وتسجل في ملف منفصل خاص بتلك العقدة . وبذلك يمكن استرجاع بيانات أي عنصر خطي عن طريق احداثيات عقدة بدايته المسجلة في ملف العقدة . أما بالنسبة لسلسلة بيانات العناصر الخطية الفردية التي لا تشترك في مضلع واحد فإنها تخزن في ملف المضلعات التي يتضمنها . ويلاحظ أن سجلات السلاسل الفردية تحتوى على نفس الاتجاه البسيط ونفس المعلومات الطبولوجية المستخدمة في نموذج الـ GBF/DIME ، أي تبدأ من عقدة وتنتهي عند عقدة ، وكذلك المعلومات الجغرافية لها من الناحيتين اليمنى واليسرى . وكذلك يشار إلى المساحة الخارجية التي تجاور هذا العنصر الخطي الفردي بانضلع صفر مثل سلسلة بيانات العنصر الخطي ١٣ في (شكل ٩) .

ويحقق هذا النظام عدد من المزايا في الاسترجاع والمعالجة اليدوية تلخص فيما

يلي :

(أ) يتيح التركيب الهرمي للبيانات استرجاع أي مستوى بيانات بسرعة .

(*) انتم هذا النموذج وكر Peucker وكرمان Christman عام ١٩٧٥ ، واستخدم في معمل جامعة هارفارد في اواخر السبعينات . ويتركب مصطلح Polyvert من مقطعين Poly ونص Polygon أي مضلع ، Vert ونص converter التي العاكس لوضع ما .

***) مؤشر عبارة عن عدد لا يشير إلى موقع العنصر الذي يمكن تخزين البيانات فيه أو استرجاعها منه ، يمكن اعتبار أي عنوان بمثابة مؤشر لأنه يشبه إلى موقع عنصر معين . وفي أغلب الأحيان فإن كلمة مؤلف تسمى عنواناً مخزناً لـ سجل أو فهرس . في بعض الأحيان لـ تلف (معجم مصطلحات للكمبيوتر)

(ب) أن الملفات خاصة بالبيانات المتاحة لحدود مضلع ما لا يلزمها إلا تسجيل جزء يسير من بيانات سلاسل الخطوط المحددة للمضلع وبذلك يسهل استرجاعها .

(ج) لا تسترجع الأحداثيات الفعلية للخطوط عند حساب المسافات أو تحديد الانتماءات .

(د) يعتمد عند تسجيل بيانات الخط على عدد المضلعات وليس على تفاصيل حدودها .

(هـ) يسمح الفصل بين بيانات العناصر الخطية وبيانات النقاط العقدية بفعالية أكبر للذاكرة المركزية في الحاسب الآلي . ويعتبر هذا الفصل ميزة رئيسية عند التعامل مع مضلعات ذات حدود معقدة مثل حدود أحواض مجارى الرب المختلفة أو حدود حوض التصريف الرئيسى .

(و) يمكن استخدام هذا النموذج في مجالات جغرافية متعددة . إذ يمكن إضافة مستوى بيانات مختلف النوع الى النظام الهرمى لنظام البيانات دون الاختلال بأساس النموذج مثل إضافة عدد آخر من المضلعات . ومن أوضاع الأمثلة على ذلك استخدام هذا النموذج في تمثيل خريطة جمهورية مصر العربية والتي تمثل المستوى الأعلى وحدود المحافظات ثم حدود المراكز وأخيراً حدود النواحي الإدارية في مستويات تالية ، بل ويمكن تعديل أى مستوى وإضافة مستوى جديد عند إنشاء مراكز جديدة أو محافظة جديدة . كما يمكن إضافة حدود الأقاليم الزراعية وحدود الأقاليم الصناعية وحدود الأقاليم السكانية وكذلك الأقاليم التخطيطية .

(ز) يقدم هذا النموذج إمكانية تميط المضلعات من نفس المستوى داخل الترتيب الهرمى عن طريق إضافة بادئة perfix ، وكذلك ترميز بيانات إضافية للمضلعات ، بل وإضافة عناصر خطية وعقد مستحدثة داخل المضلع .

(ح) يمكن استخدام هذا النموذج في الدراسات الجيومورفولوجية عن طريق ترميز خطوط الحافات . وخطوط تقسيم المياه ، وخطوط المجارى المائية ،

الأودية الجافة وخطوط السواحل وحدود البحيرات كسلاسل خطية . كما يمكن ترميز القمم والممرات والسروج والمنخفضات والبالوعات كنقط عقدية . وكذلك في أعمال المساحة كخطوط شبكات المثلثات والترانزيتات ونقط المثلثات وخطوط الميزانيات الشبكية ونقط مناسب أركانها . كما يقدم هذا النموذج مساعدات قيمة في معالجة بيانات ذات بعدين (مساحة) مع بيانات ذات ثلاثة أبعاد (حجمية) .

وإذا كان هذا النموذج يحقق هذه المزايا العديدة فإن له عيوبه ولكنها — في رأى الباحث — لا تقلل بأي حال من إمكاناته في البحث الجغرافي . ويمكن إيضاح تلك العيوب في :

(أ) يؤدي الفصل الطبيعي بين بيانات العناصر الخطية (بيانات الخطوط وبيانات النقط العقدية) الى الحاجة الى نظام ربط أو نظام مؤشر محكم ، وعادة ما يكون هذا المؤشر عنصر غير ياتي non-data ، وتضيف عناصر المؤشر حجم زائد الى النموذج . ول الواقع لا تستطيع قواعد البيانات databases تحمل هذه الكمية من العناصر غير اليبانية لأنها في الأصل تحتوي على عدد كبير من بيانات العناصر الخاصة بالظاهرة موضع الدراسة .

(ب) صعوبة اكتشاف أو تصحيح المؤشرات غير الصحيحة .

٤- نموذج السلاسل المتكودة Chain codes*

تعتبر أساليب السلاسل المتكودة طريقة احداثيات اكثر منها نموذج بيانات ، وهي ترمس الى نحسب وتطور امكانيات التحليل ومعالجة البيانات المكانية داخل نماذج البيانات ، ولكن عادة ما ينظر اليها على أنها نموذج بيانات قائم بذاته .

ويعرف أسلوب السلاسل المتكودة بسلاسل فريمان — هوفمان — Freeman-Hoffman chain codes (Freeman, 1974) . ويتكون هذا الأسلوب من اختيار كود من صفر الى سبعة لكل ثمانية اتجاهات طولية (شكل ١٠) ، وهذه

* السلسلة chain : مجموعة من اليات متصلة بعضها البعض والتي ربط بعضها ببعض الآخر مؤشر محدود في كل جزء من اليات . (مجم مصطلحات الكمبيوتر) .

الإتجاهات هي الإتجاهات الأفقية والفرعية المعروفة . وعند استخدام هذا الشكل لتكويد بيانات عنصر خطى على شبكة وحدة معطية فإنها تخرج في شكل رقمى مندرج . وكما يظهر في (شكل ١٠) فإن بيانات الأحداث لسى الصادى (X.Y) لنقطة بداية العنصر الخطى هي التى تسجل فقط . وتقدم هذه الطريقة تبسيط يميز لرسم البيانات الإتجاهية المجرى مائى أو شبكة طرق .

ويمكن تحديد المواضع الطبولوجية المختلفة مثل نقط تقاطع الخطوط أو نقط التقاء أو تفرع المجرى المائية من خلال استخدام تتابع كودى معين يصنع في نفس الوقت في تحديد طريقة ترميز النظام ، وبذلك تنفى الحاجة الى كود آخر خاص بالخطوط المنتظمة والظواهر المجاورة لها . وهناك شكلان لهذا النظام الكودى :

الشكل الأول :

يستخدم ٤ أو ٨ أو ١٦ أو ٣٢ اتجاه ترميزى لشبكة المربعات (Freeman, 1979) . يسمح نظام ترميز الاتجاهات الأربعة بتسجيل كل كود في حقلين ، ويكفى هذا في تمثيل بيانات الخطوط المتعامدة على بعضها مثل خطوط التصريف في نظام التصريف المتشابك أو عند تمثيل مدينة ذات خطة شعرنجية أو بعض العمليات المساحية كشبكة مربعات الميزانية الشبكية . أما نظم ترميز الإتجاهات الستة عشر والأثنتان والثلاثون فإنها تلائم المنحنيات والخطوط ذات الإتجاه العشوائى مثل خطوط التصريف في نظام شجرى أو نظام حلقى ، إذ تسمح هذه الطريقة بتقسيم خط المجرى إلى خطوط قصيرة يمكن تحديد اتجاهها التقريبى بدقة مقبولة من خلال تلك الإتجاهات (شكل ١١) .

والشكل الثانى :

هو سلاسل خطوط المسح المكوّدة Raster chain codes أو كما تسمى "RC code" . وقد توصل إلى هذا الأسلوب سدادج عام ١٩٧٩ (Cederberg, 1979) . وهي نمط من خطوط المسح الأفقية عن شاشة الحاسب الآلى من خلال التوبة أشعة الكاثود ، حيث تعين معطيات الإدخال اتجاه الأنيوب يضى ، المقط الصالحة على خطوط المسح الشبكية ، خطوطه والاتجاهات المتعددة

ويستخدم هذا النظام نصف عدد الاتجاهات التفاضلية القياسية ، فالإتجاه الغربى هو نفس الوقت مقنوب لإتجاه لشرق ، والاتجاه الشمالى الغربى مقنوب الإتجاه الجوى الشرق وهكذا (شكل ١٢) . وقد صمم هذا النظام لمعالجة خط المسح فى نظام الـ raster لأنتاج سق بيانات إتجاهية على شكل سلاسل متكوّدة بحيث يه ترتيب الخطوط من أعلى الى أسفل ومن اليسار إلى اليمين ، بحيث لا تقابل إتجاهات عائدة back wards vectors . وبذلك فإننا لا نحتاج إلا الى نصف عدد الإتجاهات الثانية القياسية أى أربعة إتجاهات فقط . وهذه الطريقة فى الواقع ما هى إلا عملية قلب flipping أو عكس reversing لسلاسل فريمان — هوفمان لاجزاء مختارة من العناصر الخطية . أما بالنسبة للمضلعات المقنولة فإن اختيار لأجرء التى سوف تعكس تعتمد على الخط العمودى الذى يصف المضلع بحيث تكون مجموعة قيم التقط الموجية على يمين الخط مساوية لمجموع قيم النقط السالبة على يساره (Chakravarty, 1974) . وتستخدم تلك الطريقة فى شبكة الاشكال لعدسية أكثر من استخدامها فى شبكات المربعات (Scholton & Wilson, 1983) .

وتتميز اسلوب السلاسل المتكوّدة بما يلى :

- (أ) إمكانية دمج نماذج السلاسل المتكوّدة فى نماذج أخرى للحصول على مزيجا كل منهما .
- (ب) يعتبر الكود الإتجاهى أكثر كفاءة من الاحداثيات الكارتيزية خاصة عند استخدامه فى النموذج غير المنتظم ، لأن طريقة توقيع أى إتجاه هى الرسم عن طريق عناصر خطية قصيرة متتابعة باستخدام ثمانية إتجاهات أو نصفها .
- (ج) يعتبر الكود الإتجاهى أكثر ملائمة لعمليات القياس وتحليل لإشكال .
- (د) لا نحتاج المخرجات الجيانية الناتجة عن هذا الاسلوب الى ترجمة احداثية للنقط (X.Y) .

أما عيب الرئيسى لنماذج السلاسل المتكوّدة فهو عدم كفاءتها فى عمليات حساب انعكاس الخطوط reflection ودورانها حول نقطة rotation ، كما أنها

تحتفظ بالعلاقات المكانية ولا يمكن استرجاعها بسهولة . بالإضافة إلى أنها تحتاج لملف سلسالي chained file يتم فيه ربط كل السجلات في معلم ما بمؤشر موجود في كل سجل ، وتؤمن تلك السجلات استرجاعاً أسرع من الملفات المتعاقبة لكنها تتطلب حيز تخزين كبير للمؤشرات وللفهرس .

ثانياً : نموذج البيانات الموزيكي Tessellation model :

تمثل نماذج الموزيك أو نماذج شبكة المضعات أسلوب التجهي مزدوج ، إذ يعتبر المضلع خلية يسجل بها البيانات المكانية في نماذج اتجاهية ، ومن هنا جاءت صفة الأزدواجية . وينظر إلى المضلع باعتباره وحدة بيانات أساسية Basic data unit . وهناك عدة نماذج موزيكية تصلح لمعالجة البيانات الجغرافية المكانية .

١- نماذج موزيك شبكة الاحداثيات والمضعات المنظمة الأخرى :

Grid & other regular tessellations:

تستخدم هذه النماذج اشكال المربعات والمثلثات والسداسيات كأساس نماذج البيانات الموزيكية (شكل ١٣) . ويتميز كل شكل من تلك الأشكال بخصائص وظيفية تختلف عن الآخر تبعاً للاختلافات الهندسية بينها (Ahuja, 1983) .

وتأتي شبكة المربعات الاحداثية في المركز الأول من حيث الاستخدام لتوافقها مع بناء نظم البيانات في برامج لغة الفورتران Fortran programming language ، بالإضافة إلى ملائمتها لكثير من أجهزة الحاسب الآلي التي تقوم بخزن البيانات المكانية وإخراجها . وكذلك قابليتها لمزج عدة لغات حاسوبية في برنامج واحد مما يسهل عملية البرمجة بصفة عامة .

وفي المحاولات الأولى لإنشاء الخرائط بالحاسب الآلي أدت لطباعة السطرية line printer هي الأداة المتاحة لتمثيل المخرجات البيانية graphic output . (Tobler, 1959) وكان ينظر إلى كل نقطة احداثية (رمزية) على العنصر الخطي على أنها خلية cell في شبكة مربعات . وعلى الرغم من الإضافات التكميلية التي جاءت بعد ذلك إلا أنها لم تغير من هذا النظام ، إذ كان الهدف من تلك

لأحداث زيادة سعة التخزين وزيادة سرعة الاسترجاع حتى يمكن التعامل مع بيانات كبيرة الحجم . بالإضافة إلى تحسين مخرجات البيانات باستخدام الحاسبات الخطية raster scanners والمقرقات digitizing devices ، وإحلال ثيوب أشعة الكاثود CRT* محل الطابعة السطرية . كما أن أجهزة الاستشعار من بعد مثل Landsat Mss تعالج البيانات في نظام شبكة الحدائيات (Pauquet & Boyle, 1984) . وقد تولد من كمية البيانات الضخمة لحمعة باسنوب شبكة الحدائيات الموجهة وأجهزة إدخال البيانات قصوراً ذاتياً محدوداً تجاه تناول تلك البيانات -هذا الأسلوب .

وتتميز الأشكال السداسية المنتظمة بتساوي المسافة بين مركز الخلية والخللايا المجاورة لها ، وكذلك تساوي المسافات بين المركز والنقط المحددة لمحيط الخلية . بالإضافة إلى التناسق الأشعاعي من مركز الخلية مما يجعل البحث عن البيانات الأحداثية واسترجاعها أكثر سهولة . بعكس الحال بالنسبة للمربع فإن المسافات بين نقطة المركز ونقط المحيط غير متساوية .

أما الأشكال المثلثية سواء كانت منتظمة أو غير منتظمة فتميز بأنها حرة التوجيه مما يجعل عملية ربط الخلية المثلثية بخللايا مجاورة من نفس الشكل أو من أشكال أخرى رباعية أو سداسية عملية سهلة . ويعتبر الشكل المثلثي مناسباً لتمثيل البيانات الجيومورفولوجية الخاصة بدراسة خصائص شكل سطح الأرض . إذ تستخدم رؤوس المثلث في تعيين المنسوب (شكل 15) أي قيمة الأحدثان 2 ، كما أن الأضلاع تستخدم في تسجيل بيانات اتجاه المنحدر وقيمه . ويعتبر موزيك المثلثات غير المنتظمة (غير متساوية الأضلاع وغير متساوية الزوايا) أكثر شيوعاً في نماذج بيانات الدراسات الجيومورفولوجية من المثلثات المنتظمة ، لأن بيانات الأشكال الجيومورفولوجية عادة لا تجمع في شبكة عينات منتظمة . ويفضل استخدام موزيك المثلثات المنتظمة في تسجيل البيانات الخاصة بإنشاء الخريطة الكنتورية لأنه أكثر سهولة وملاءمة لطبيعة بيانات نقط التناسب خاصة في الميزانيات الشبكية (Bengtsson & Nordbeck, 1964) . وعند تطبيق معيار الكفاءة

* ثيوب أشعة الكاثود عبارة عن شاشة نشبة تليفزيون لمشاهدة البيانات عليها ، وهي تعرض عادة من 24-25 سطرًا من البيانات . ويخوى كل سطر على ما يتراوح بين 60 ، 80 بيترًا

على نظم البيانات المصممة لاستخدام شبكة المربعات الاحداثية والمعدة لحساب الخصائص المكانية للظاهرة مثل المساحة ، المركزة ، الشكل ، نلاحظ امكانية تعديلها لاستخدامها في نظم شبكات المثلثات والسداسيات (Ahuja, 1983) .

٢- نماذج الموزك المتداخل Nested tessellation models

عندما يكون لدى الباحث الجغرافي كمية من البيانات فإنه يسجلها من ملف بيانات أو عدة ملفات ويخزنها على اسطوانة ويخصص لكل ملف مسار track من مساراتها . ولكن عندما يكون لديه كم هائل من البيانات مسجله في عدد كبير من الملفات لا يمكن تخزينها على اسطوانة واحدة حتى لو كانت من نوع الاسطوانات ذات سعة التخزين العالية جدا مثل الاسطوانة الثابتة fixed disk ، لأن ذلك يحتاج إلى تخصيص عدد من المسارات مساو لعدد تلك الملفات . ويرتب على هذا هبوط في كفاءة البحث عن ملف ما ضمن هذا الكم الكبير من الملفات ، ومن هنا جاءت فكرة نماذج الموزك المتداخل .

ويمكن تقسيم موزك شبكة المربعات الاحداثية وموزك شبكة الاشكال المتضبة الى المستوى البلايمتري الى خلايا أصغر لها نفس الشكل (شكل ١٤) . ولكن هناك فروقا أساسية عند تقسيم كل من المربع والمثلث والسداسي . إذ يمكن تقسيم المربع الواحد الى مربعات أصغر لها نفس الشكل ونفس التوجيه . وكذلك يمكن تقسيم المثلثات الى مثلثات أصغر لها نفس الشكل ولكن ليس لها نفس التوجيه . بينما لا يمكن تقسيم الشكل السداسي إلى أشكال سداسية أصغر ، ولكن يمكن تقسيمه إلى شكل ورده سداسية مستنة الأحرف وهي شكل تقريبي للشكل السداسي الأساسي (شكل ١٣) .

ويتميز هذا الموزك المقسم كنموذج ونظام للبيانات المكانية بعدة ميزات تجعله مقبولا لدى الباحثين الجغرافيين ولدى المستخدمين بالحاسب الآلي . ويتلخص هذا النظام — بداية — في تقسيم مساحة الاسطوانة الثابتة إلى مجموعات متشعبة ومتصلة ببعضها البعض بواسطة أذرع حتى يسهل التحرك والانتقال من خلالها . ولكل مجموعة من تلك المجموعات فهرس يصف ما تحويه من ملفات وبيانات ، ومن خلال هذا الفهرس يتم التعامل مع تلك المجموعة . ويطلق على الأذرع التي تربط المجموعة اسم المسارات path ، ويسمى هذا الهيكل العام لتنظيم البيانات

بالنظام الشجري Tree System أو نظام شجرة الملفات . ويعتبر نموذج الشجرة الرباعية Quadtree الذى يقوم على تقسيم شبكة المربعات الاحداثية الى شبكة مربعات أصغر أكثر اعتماداً (شكل ١٦) . ذلك لأنه يتناسب مع كمية البيانات الضخمة عند دراسة الظواهر الجغرافية ، بالإضافة الى المزايا القياسية الأخرى لنماذج الموزيك . ويتضح ذلك فى :

(أ) ينتج عن التقسيم الفرعى للمربع بنية شجرية رباعية متوازنة ومنظمة . ويعتبر هذا التقسيم فى حد ذاته لنموذج بيانات هرمى ، حيث كل عقدة فى مركز المربع لها أربعة أفرع مما يسهل عملية تخزين البيانات وعملية البحث عن أى بيان لاسترجاعه ، إذ يعطى لكل عقدة عنوان مميز ، وتحفظ تلك العناوين فى ملف خاص بالعقد .

(ب) من وجهة النظر الكارثوجرافية فإن هذه الأشكال الناجمة عن تقسيم الشكل الأصل ذات مقاييس أو رتب مختلفة تقوم على أساس متوالية هندسية تتقدم بقوة ٤ (١-٤-١٦-٦٤-٢٥٦-١٠٢٤) وتتسق مع نظام الاحداثيات الكارثيزية . ويترتب على تغيرات المستوى فى هذا النظام ضرورة اتباع أسلوب تخزين مناسب وسهل حتى يمكن استرجاع بيانات مخزونة من مستوى قاعدة الشجرة حتى مستوى قمتها . ويسر نظام ملفات العقد عملية الاسترجاع هذه ، ومن هنا جاءت الميزة المذكورة من قبل . كما يمكن استخدام بيانات مخزنة فى مستويات ومن رتب مختلفة عند تقسيم المربع الصغير الى أربعة مربعات أصغر ، وهذا الأصغر يمكن تقسيمه الى أربعة أقسام وهكذا ، ولكن ذلك يحتاج الى نظام ملفات ضخم ودقيق تبعاً لحجم التخزين .

(ج) يقدم هذا النظام الشجري تسهيلات ملموسة فى عملية التخزين وعمليات العرض خاصة إذا كانت الظاهرة الجغرافية موضع الدراسة يتطابق شكلها أو طبيعتها الى حد ما مع فكرة هذا النموذج . كما يتلاءم هذا النموذج الشجري مع استخدام قواعد بيانات ضخمة .

والميزتان الأولى والثالثة تتعلقان أيضاً بنمطى الموزيك المتداخل الآخرين :

الشكل المثلثي والشكل السداسي مع الأخذ في الاعتبار أن المضلع السداسي يقسم إلى سبعة اجزاء بدلاً من أربعة .

وقد اكتسب مصطلح الشجرة الرباعية Quadtree معنى أصوليا خاص بتحديد المستويات أو الرتب الداخلية لنظام البيانات الهرسي الذي يقوم على فكرة التقسيم المتتابع . وأول من وصف نظام الشجرة الرباعية Klinger عام ١٩٧١ في بحثه « نماذج البيانات المكابية » (Klinger, 1971) . (Klinger & Dyer 1976) وأطلق عليه اسم Q-tree . كما استخدم هذا النظام كل من فينكل Finkel وبتلي Bentley عام ١٩٧٤ عند تقسيمهما للمستطيل تقسيماً رباعياً يقوم على اختيار نقطة معينة يبدأ منها التقسيم وليس على أساس تقسيم رباعي منتظم للمستطيل (شكل ١٧) . وعلى الرغم من أن هذا النموذج اطلق عليه صاحبه اسم Q-tree أيضاً إلا أنه عرف فيما بعد باسم نموذج نقطة التقسيم الرباعي Point Quadtree تفادى الخلط بينه وبين نموذج الشجرة الرباعية الأصلي (Finkel & Bentley, 1974) . ويعتبر هذا النموذج من وجهة نظر الباحثين عدداً خاصاً لشجرة بحث ثنائية الأبعاد (Knuth, 1975) . أما هنتر Hunter فكان أول من استخدم للمصطلح بصورته الحالية Quadtree (Hunter, 1978) .

ونموذج بيانات الشجرة الرباعية يرتبط بالشكل الهرسي ، والمهم ببساطة عبارة عن تراكب أسى متناقص لمصفوفات منفصلة ، وطول كل مصفوفة $\frac{1}{4}$ طول المصفوفة السابقة لها ، ولا يوجد ربط بين مستوى مصفوفة ما ومستوى المصفوفة التي تلوها . ويتيح هذا النظام اكتشاف وتحديد أى مصفوفة لا تقوم على التقسيم بقوى ٤ عند المراجعة .

وفيما يلي مناقشة موجزة للأشكال المختلفة لنظام بيانات الشجرة الرباعية .

(أ) شكل الـ Area Quadtree : يمكن من مفهوم الشجرة الرباعية ونظام العد العشري المرتبط به إلى البيانات ذات الطبيعة المكانية . أفضل مثال لهذا النوع من نظم البيانات نظام الشجرة الثنائية Oct tree (ذات الثمانية أفرع) ، كما يسمى أحياناً بالشجرة الرباعية ذات الأبعاد الثلاثة . والشجرة الرباعية الوحيدة تعتمد على رتب (مستويات) مختلفة من البيانات في المستوى الثلاثي ، وهذا

تحسينها بيانات خاصة بالبعد الثالث مثل المنسوب أو العمق أو حمليها بيانات خاصة بالأحسام أو خصائص الشكل في الفراغ ينتج عنها غابة forest من الأشجار الرباعية . ونوقع أن هذا النظام نراه في قاعدة البيانات الاحداثية gridded database التي تحمل احداثيات سينية وصادية واحداثيات البعد الثالث (Reddy & Rubin, 1978) ، (Jacking & Tanimoto, 1980) ، (Jackins & Tanimoto, 1983) .

ويمكن تقسيم المضلع السداسي الى شجرة سباعية Septree (ذات سبعة أفرع) ، وكما ذكرنا من قبل أن الشكل السداسي لا يمكن تقسيمه الى أشكال سداسية أصغر ، ولكن يمكن تقسيمه الى شكل وريده سداسية منه . وهذا يستدعي أن يكون الشكل السداسي الأصغر الداخلى الذى يقوم على أساسه التقسيم مسبق التحديد . ويعنى ذلك أن المستوى الأعلى من البيانات والذى ينتج من تجميع أشكال سداسية أصغر سيكون على شكل سداسي تقريبي (شكل ١٤) . وقد قام جيبسون Gibson ولوكاس Lucas عام ١٩٨٢ بتطوير نظام حساب خاص بالشجرة السباعية يقوم على خاصية التناسق الاشعاعى للمضلع السداسي . وتقوم عمليات تنفيذ هذا النظام على اختيار سبعة عناوين ، ولكل مجموعة فرغ عنوان address أو اسم خاص بها بشرط أن يكون هذا العنوان مناسب لما يحتويه الفرع من ملفات^(*) . ويسمى هذا النظام GBT اختصار لـ Generalized Balanced Ternary (شكل ١٨) . ويمكن تسجيل ملفات بيانات الاتجاه والمسافات والبيانات الأخرى على عناوين الـ GBT مباشرة .

ويعتبر تقسيم المضلعات مثلثية الشكل نوع آخر من أنواع الشجرة الرباعية ، ويسمى بالشجرة المثلثية triangular quadtree حيث يقسم المثلث الى ثلاثة مثلثات أصغر بحيث ينتج في النهاية شجرة ذات ثلاثة أفرع . ويحتفظ هذا النظام بكل مزايا ومساوىء الموزيك المثلثى المنتظم بالإضافة إلى المزايا المرتبطة بالبنية الهرمية . وعلى الرغم من أن نظام العنوان المؤشر مناظر لنفس نظم العناوين الشبكية

(*) على سبيل المثال يمكن اعطاء عنوان (CAD) لملفات مائات تصميم الرصع الجانية والخرائط ، وعنوان (db 3 PLUS) لملفات قاعدة البيانات رقم ٣ . وعنوان (WP) لملفات بيانات معالجة النصوص وهكذا .

في مصنوعات المربع والسدس ، إلا أنه يسمح بالترجاع في ذات لفافات غزوية بصورة أسرع .

وهكذا نرى بصفة عامة أن معظم نماذج وعظم البيانات المتطورة عن نمط الشجرة الرباعية الترتيب بنضام تعد العشري قد قامت على نظام التخزين الشجري وعنوان فهرس الملفات الذي يعتبر كمؤشر لسهول عمية الاسترجاع . ولكن يشترط بصفة أساسية أن تنظم البيانات في لفافات في شكل قائمة list .

(ب) نموذج نقطة التقسيم الرباعي Point Quadtree : يقوم هذا النموذج على اختيار نقط بيانات أساسية تقسم منها المنطقة إلى أربعة أقسام حول كل نقطة (شكل ١٧) ، وينتج عن هذا نظام شجرة من الدرجة الرابعة . وليس من الضروري أن تحتل هذه النقط مراكز المربعات أو اللفات . لذا كان تنظيم البيانات في الشجرة يتم على أساس الموقع النسبي للنقط المختارة ، فإن هذا يعكس على عملية الاسترجاع فتصبح أسرع ، كما أن العمسات لحماية الخاصة بالعلاقات بين العناصر المتجاورة تتم ببساطة وسهولة .

ويجب هذا النموذج أن نظام شجرة البيانات يعتمد إلى حد كبير على كفاءة التوزيع النسبي للنقط المختارة ، وبالتالي يمكن إضافة نقط جديدة أو إزالة نقط كانت موجودة عند تنفيذ نظام البيانات . كما يؤدي سوء توزيع النقط إلى امتداد بعض فروع الشجرة لمسافات بعيدة دون بقية الفروع مما يجعل الشجرة غير متوازنة .

وقد طور Bentley عام ١٩٧٥ هذا النموذج لتفادي ضخامة الفروع عن طريق تقسيم المنطقة حول نقط البيانات المختارة إلى قسمين بدلاً من أربعة ، ونتج عن هذا الأسلوب شجرة من الدرجة الثانية (شكل ١٩) (Bentley, 1975) . ويلتزم محور التقسيم حول احدائيات النقط المختارة في المستويات المختلفة في الشجرة ، بحيث يقسم المحور السيني إلى أقسام متساوية ، والمحور الصادي إلى أقسام غير متساوية حسب طبيعة البيانات المراد إدخالها في النظام . وهكذا نرى أن الأسلوب الثاني لبتل يمكن التحكم فيه على الأقل في اتجاه المحور السيني لمسافات يحددها الباحث نفسه ، وبالتالي استطاعة الفرع ينحصر في اتجاهات المحور الصادي .

وهذا على العكس من النموذج الرباعي الأصل الذى يمكن أن تذهب فيه الفروع الأربعة كلها لمسافات بعيدة داخل نظام البيانات .

٢- الموزيك غير المنتظم Irregular tessellation :

هناك اشكال عديدة لشبكة الموزيك غير المنتظم يبرز منها اشكال المربع والمثلث وخلاها الاشكال الرباعية . والميزة الاساسية لهذا النمط من الموزيك تمثل ل إمكانية امتداد البيانات الزائدة عن الحاجة أو التخلص من بعض البيانات المتوفرة لتيسر عملية التحليل . كما يقدم إمكانية تشكيل شبكة تتوافق مع شكل التوزيع المساحى للبيانات . وبعض آخر أن هذا النموذج يعتبر بمثابة مشروع يمكن تعديله من حين لآخر اثناء القيام بالتحليل تبعاً لإدراك الباحث لحجم الظاهرة وتوزيعها وكثافتها ، ومن ثم يخطط المضلعات المناسبة لها . إذ يمكن تخطيط خلايا المضلعات بحيث تعكس كثافة البيانات داخل كل خلية باعتبار أن الخلية ما هي إلا حاوية تحمل عدد مرات ظهور البيانات . وعلى ذلك يمكن أن تكون الخلية ذات مساحة اكبر لتعكس مدى تكرر الظاهرة أو ذات مساحة صغيرة عندما تكون البيانات كثيفة . أى أن حجم وشكل وتوجيه الخلايا انعكاساً لحجم وشكل وتوجيه عناصر البيانات نفسها . كما أن هذا النموذج يتيح عرض نتائج التحليل بصورة مرئية ، ومن هنا جاءت الفرص امام الباحث ليغير ويعدل من شكل الشبكة دون التقييد بشكل هندسى منتظم .

وتعتبر شبكة المثلثات غير المنتظمة والتي تعرف باسم TIN (Triangulated Irregular Network) وتسمى احياناً باسم Delunay Triangles اكثر استخداماً من غيرها كنموذج بيانات جغرافية مكانية ، خاصة ل تمثيل بيانات سطح الأرض وتحليل الاشكال الجيومورفولوجية وتظليل التضاريس والدراسات الهيدرولوجية ، إذ يمكن اعتبار رؤوس المثلثات كنقط مناسب تحدد قيمتها (شكل ٢٠) . وذلك لما لى :

(أ) تجنب مشكلة نقطة السرج saddle point problem المعروفة والتي تظهر عند انشاء خطوط الكنتور عن طريق موازنة شبكة رباعية الأضلاع ، أو عند انشاء أى خطوط تساوى .

(ب) تيسر حساب قيم المنحدر المنحدرات والقياسات الأخرى الخاصة بشكل سطح الأرض ، وكذلك معدل التغير في الظاهرة على امتداد أضلاع المثلث .

(ج) تتيح توزيع النقط توزيعها يرتبط بموضوع البحث وتسجيل البيانات الخاصة بكل نقطة ، مثل نقط محطات قياس التصريف النهري على مجارى شبكة تصريف ، أو نقط محطات رصد العناصر الجوية خاصة سقوط الأمطار داخل حوض التصريف ، أو عدد مرات حدوث العاصفة الرعدية عند محطات معينة لأمكان التنبؤ بوقوع سيون مدمرة في المناطق المجاورة وشبه المجاورة .

وتواجه شبكة الـ TIN مشكلة رئيسية تتمثل في إمكانية انشاء شبكة مثلثات يختلف شكلها من باحث لآخر لنفس مجموع النقط . بالإضافة الى ان هناك طرقتا مختلفة لحسابات التمثيل التي قد تتطلب وقتا أطول بكثير من الوقت اللازم للتعامل مع مجموعة نقط موزعة توزيعها منتظما .

وهناك شكل آخر من اشكال الموزيك غير المنتظم يعرف بمضلعات Thiessen وقد ابتكرها الأستاذ Thiessen, A.H عام 1911 عند دراسته لكمية الأمطار الساقطة على أحواض التصريف الواسعة ولذلك سميت باسمه . ويتم تخطيط تلك المضلعات على أساس المثلثات غير المنتظمة (شكل 21) . وقد استخدمت شبكة هذا النوع من المضلعات لبناء نظم بيانات خاصة بالجغرافيا الاقتصادية . إذ يتم تخطيط الشبكة على أساس تحديد وزد كل نقطة ، أى قوة كل نقطة كى تؤثر في المنطقة المحيطة بها . وقد استخدم Boots عام 1979 هذا الأسلوب بنجاح في دراسته لجغرافية التصريف ومشكلة اختيار مواقع الاسواق .

وعلى أى حال ، يرى الباحث أن شبكة الموزيك غير المنتظم لا تتناسب مع معالجة البيانات الجغرافية المكانية بصفة عامة ، ولذلك تعدد أشكالها والشكل الذى يتناسب مع بيانات معينة لا يتناسب مع أخرى . كما أن تشكيل الشبكة عملية معقدة وتستغرق وقتا طويلا ، إلا أنها مناسبة تماما للدراسات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية وتطبيقاتها .

٤- نموذج خط المسح Scan-line model :

يعتبر هذا النموذج حالة خاصة في نظم شبكات خلايا المربعات . ويحتل الاختلاف الرئيسي بينه وبين تلك النظم ل أن خلاياه تنظم في صفوف متلاصقة — غير مسطح البيانات — في اتجاه المحور السيني ، ولا ترتبط ببعضها برابط منطقي في اتجاه المحور الصادي . وهذا يعني أن الخلية بمفهومها الدقيق غير موجودة في هذا النظام الذي يسمى أحيانا بنموذج خطوط المسح raster . ويرجع ذلك الى طبيعة طريقة تكوين خطوط المسح التي تأخذ اتجاهها واحداً من اليسار الى اليمين . ويستخدم هذا الأسلوب عدد من أجهزة الترميز مثل جهاز scitex drum scanner .

وعلى الرغم من أن هذا النموذج أكثر إحكاما من شبكة الاحداثيات ، كما لا يترتب عليه اعباء اجراء عمليات حسابية ، إلا أن به عدة قيود تواجه عملية بناء نظامه . يأتي في مقدمتها عدم توافر الشرط الخامس من الشروط الواجب توافرها عند إعداد نظام بيانات وهو شرط ال versatility أى سهولة تحويل نموذج البيانات من نظام الى آخر . إذ تحتاج معالجة البيانات الخاصة بالملاقات بين العناصر المتجاورة الى تحويلها لشبكة مربعات احداثية أولاً . وعلى ذلك فإن هذا النموذج غير شائع الاستخدام .

٥- نموذج خطوط بينو Peano scans :

ينسب اسم هذا النموذج الى عالم الرياضيات Giuseppe Peano الذي اكتشف عام ١٨٩٠ المفهوم الهندسي للمنحنى . فالمنحنى عبارة عن مسار خلال فراغ له أى عدد من الأبعاد (ن بعد) في اتجاه ما . ومن وجهة نظر الحاسب الآلى فإن هذا المفهوم يحقق الترابط المكاني لخط المسح الذي يتشكل في بعد واحد (خط المسح يكون في اتجاه واحد على شاشة انبوب الكاثود من اليسار الى اليمين) . كما أن هذا المفهوم يسمح بالانتقال من خط مسح الى آخر في نفس المستوى أو في أى مستوى من مستويات الفراغ . ولذلك تسمى منحنيات بينو Peano Curves منحنيات حشو الفراغ space-filling curves . وبين (شكل ٢٢ أ) مثال لمنحنى بنو بسيط ل بعدين . وكل تعبير في الاتجاه يأخذ مسار الزاوية القائمة .

كما بين (شكل ٢٢ ب) منحنى بينو في ثلاثة أبعاد يتم فيه الانتقال من مسار في المستوى الأفقى الى مسار في المستوى الرأسى في زاوية قائمة .

وتتميز خطوط بينو بعدة خصائص تفيد في معالجة البيانات الجغرافية المكانية هي :

(أ) يمر المنحنى بكل نقطة بيانات في فراغ القاعدة dataspac مرة واحدة فقط أبا كان موقع هذه النقطة ولى أى مستوى .

(ب) أن نقط البيانات القريبة من بعضها البعض في الفراغ قريبة لبعضهما البعض في المنحنى والعكس صحيح .

(ج) يقوم المنحنى بتعديل نفسه كى يتوافق مع البيانات الخاصة به ومع أية عدد من الأبعاد في الفراغ .

ويعتبر الفهرس المساحى في نظام المعلومات الجغرافية الكندى CGIS (Canada Geographic Information System) أول تطبيق عمل لخطوط بينو المسحية كنموذج بيانات جغرافى (Tomlinson, 1973) . إذ قسمت البيانات المساحية الاحداثية في قاعدة بيانات هذا الفهرس الى وحدات هيكلية unit frames يتلامس حجمها مع عمليات المعالجة والاسترجاع . ولكل إطار هيكل في النظم رقم شفرى معين يبدأ من نقطة أصل النظام الاحداثى الخاص به . وقد تناهت تلك الوحدات في نظام ينتشر على شكل العلامة  (شكل ٢٣) اطلق عليه اسم نظام مصفوفة مورتنون Morton matrix على اسم مصممها (Morton, 1966) . ولى نموذج خطوط مسح بينو تغير ترتيب الوحدات الى شكل حرف Z  (شكل ٢٤) . وقد استخدم مخطط الفهرس المكانية طريقة العنوان (مؤشر) كفاصل بين الوحدات المتجاورة في ملف الأرقام ، يعمل على زيادة سرعة الاسترجاع خاصة في المناطق المحدودة . ويمكن توظيف تلك العناوين في فصل التمثيل الثنائى للاحداثيات الجغرافية السنية والصادية (شكل ٢٥) .

ولاحظ عند فحص خطوط بينو انها تتشابه مع نظام الشجرة الرباعية فيما عدا انها تأخذ ترتيب شكل حرف Z . ولكن يجب ملاحظة أن مخطط عناوين الشجرة الرباعية يختلف عن مخطط عناوين مصفوفة مورتنون على أساس أن

المصفوفة يمكن التعرف على مستوياتها من ملف العناوين مباشرة ، بينما لا يمكن تحديد مستوى نظام الشجرة الرباعية من كود العناوين إلا باستخدام كود إضافي . وقد استطاع كل من Smith ، Adel ابتكار مخطط يتطابق فيه ارقام العنوين مع مستويات نموذج الشجرة الرباعية (شكل ٢٦) .

ومن مميزات منحنيات بيتوف المجال التكنولوجي لأجهزة الحاسب الآلي انها تساعد لعمليات الترميز وحفظ البيانات في النطاق الفراغي والطيفي وعرض الصورة في المجال متعدد الأقطاب . ذلك لأن التقنيات الحديثة في معالجة وتحليل البيانات المصورة تم داخل انبوب واحد فقط (انبوبة أشعة الكاثود) أى ذى طبيعة خطية ، ومنحنيات بيتو تسمح باختزال البيانات متعددة الأبعاد داخل بعد واحد ، كما تسمح بالحفاظ على كثير من العلاقات المكانية داخل خطوط المسح ذات البعد الواحد .

تقييم عام ...

من العرض السابق لنماذج ونظم البيانات الجغرافية المكانية الثلاثة السابقة الخريطة والنموذج الاتهامي والنموذج الموزكي يمكن أن نلمس بعض من المزايا والعيوب تتصل بالنموذج ذاته . ونموذج الخريطة يمكن التغلب على عيوبه باستحداثها بصورة دورية والبحث عن تقنيات تيسر عملية سلخ كل ظاهرة منها على لوحة مستقلة ليسهل التعامل معها دون الاعتداد على عملية الرسم البنوي .

ونماذج البيانات الاتهامية ما هي إلا ترجمة رقمية مباشرة للخطوط والعلامات على الخريطة ، وهذا يعنى أن العمليات الحاسوبية الخاصة بهذه النماذج هي ايضا ترجمة مباشرة للعمليات الحاسوبية البنوية التقليدية ، وبالتالي يعتمد نجاح الباحث في تناول تلك النماذج على خبرته الشخصية في اجراء عمليات حاسوبية . والعيوب الرئيسية في نماذج البيانات الاتهامية تتمثل في ضرورة تسجيل وحساب العلاقات المكانية بوضوح . ولما كان هناك عدد لا نهائى من العلاقات المكانية المحتملة فإنه يجب وضع إطار للأولويات الخاصة باختيار العلاقات الضرورية اللازمة فقط التحليل .

وعلى العكس من ذلك فإن العلاقات المكانية هي الأساس التي انشقت عليها نماذج البيانات الموزيكية . وتجاهد التقنيات الحديثة في تطوير زيادة سرعة وحدات الإدخال ووحدات الإخراج في معالجة البيانات الجغرافية بصفة عامة (عناصر وعلاقات) ، ويتفق هذا مع نماذج الأحداث وخسوط المسح . وبميب تلك النماذج انها غير مندمجة ، بمعنى انها تستطيع تخزين ومعالجة كمية ضخمة من البيانات ، ولكن يتأق ذلك عن طريق عدد كبير من الاسطوانات . ويمكن تقادى هذا الميب باستخدام واستحداث نوعيات من تقنيات التخزين . وهناك عيب شخصى — من وجهة نظر الباحث — يتمثل في قلة خبرة الجغرافيين في تناول ومعالجة العمليات الحسابية المتعلقة بهذه النماذج ، لكن يبدو أن هذا العائق سوف يتقلص بل ويتلاشى في النهاية بالتدريب والتعود على استخدام الحاسبات الآلية في البحث الجغرافى .

وتتميز نماذج البيانات الاتجاهية والموزيكية بعلاقات مضنية مزدوجة فيما بينها . فالعصر المنطقى الرئيسى في النموذج الاتجاهى هو الكيان المكائى spatial entity الذى يمكن تمثيله على سطح الأرض أو من داخل مضمون دراسة معينة ، والتنظيم المكائى لهذا الكيان هو ببساطة عملية تخزين منظم لصفات وخصائص هذا الكيان في النموذج . والعنصر المنطقى الرئيسى في النموذج الموزيكي هو الموقع في الفراغ location in space ، ووجود شئ معطى — بلفة الحاسب الآلى — أى بيانات عن هذا الموقع وهو ببساطة عملية تخزين منتظم لصفات وخصائص وعلاقات هذا الموقع في النموذج .

والخلاصة : يمكن للباحث القول انه ليس هناك نموذج ونظام بيانات له خصائص جوهريه تجعله أفضل في تمثيل الواقع المدروس من غيره ، فأساليب التمثيل والحساب تتبع من طبيعة البيانات نفسها والتطبيقات المستهدفة من توظيفها ، حتى لو كان هذان الجانبان يتميزان نظريا بالقدرة على التكيف مع نمط ما من البيانات أو العمليات .

المراجع الرئيسية

- 1 - Abdel, D.J. & Smith, J.H., 'A Data Structure and Algorithm Based on a Linear Key for a Rectangle Retrieval Problem'. *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, Vol. 24, pp. 4-14.
- 2 - Ahuja, N., 'On Approaches to Polygonal Decomposition for Hierarchical Image Decomposition'. *Computer vision, Graphics and Image Processing*, Vol. 24, pp. 200-214, 1983.
- 3 - Bengtson, B. & Nordbeck, S., 'Construction of Isarithms and Isarithmic Maps by Computers'. *Nordisk Tidschrift for Informations Behandling*, Vol. 4, pp. 87-105, 1964.
- 4 - Bentley, J.L., 'Multidimensional Search Trees Used for Associative Searching'. *Communications of the ACM*, Vol. 18, pp. 509-517.
- 5 - Board, C. 'Maps as Models', in *Models in Geography*, ed. P. Hagget, pp. 671-725, Methuen & Co., Ltd., London, 1967.
- 6 - Boots, B.N., 'Weighting Thiessen Polygons'. *Economic Geography*, pp. 248-259, 1979.
- 7 - Bouille, F., 'Structuring Cartographic Data and Spatial Processing with the Hypergraph-Based Data Structure'. *Proceeding of the first International Symposium on Topological Data Structures for Geographic Information Systems*, Harvard Univ., Cambridge, 1978.
- 8 - Cederberg, R., 'Chain-link Coding and Segmentation for Raster Scan Devices'. *Computer Graphics & Image Processing*, Vol. pp. 224-234, 1979.
- 9 - Chakravarty, I., 'A Single-Pass, Chain Generating Algorithm for Region Boundaries'. *Computer Graphics & Image Processing*, Vol. 15, pp. 182-193, 1981.
- 10- Chorley, R.J. & Hagget, P., 'Socio-Economic Models in Geography'. pp. 21-26, London, 1973.
- 11- Coxeter, H.S.M., 'Regular Polytopes'. *Dover Publications Inc.*, New York, 1973.

- 12- Daury, M. & Marble, D., 'Some Comments on Certain Technical Aspects of Geographic Information Systems'. Technical Report No. 2 of ONR Task No. 389, Office of Naval Research, Geography Branch, 1965.
- 13- Finkel, R.A. & Bentley, J.L., 'Quad-Tress: A Data Structure for Retrieval on Composite Keys'. *Acta Informatica*, Vol. 4, pp. 1-9, 1974.
- 14- Freeman, H., 'Computer Processing of Line-Drawing Images'. *Computing Surveys*, Vol. 6, pp. 57-97, 1974.
- 15- Freeman, H., 'Analysis and Manipulation of Line-Drawing Data'. *Proceedings of the Nato Advanced Study Institute on Map Data Processing*, Maratea, Italy, 1979.
- 16- Gibson, L. & Lucas, D., 'Vectorization of Raster Images Using Hierarchical Methods'. *Computer Graphics & Image Processing*, Vol. 20, pp. 82-89, 1982.
- 17- Hagget, P., 'Geography: A modern synthesis'. pp. 16-24, London, 1972.
- 18- Hunter, G.M., 'Efficient Computation and Data Structures for Graphics'. Princeton Univ. N.J., 1978.
- 19- I.G.U. Commission on Geographical Data Sensing and Processing, *Information Systems for Land Use Planning*, report prepared for Argonne National Laboratory, 1975.
- 20- I.G.U. Commission on Geographical Data Sensing and Processing, *Technical Supporting Report D.*, U.S. Dept. of the Interior, office of Land Use and Water Planning, 1976.
- 21- Jackins, C.L. & Tanimoto, S.L., 'Oct-tress and their Use in Representing Three-dimensional Objects'. *Computer Graphics & Image Processing*, Vol. 14, pp. 249-270, 1980.
- 22- Klinger, A., 'Patterns and Search Statistics'. in *Optimizing Methods in statistics*, ed. J.S. Rustagi, pp. 303-337. New York, 1971.
- 23- Klinger, A. & Dyer, C., 'Experiments on Picture Representation Using Regular Decomposition'. *Computer Graphics & Image Processing*, Vol. 5, pp. 68-105, 1976.
- 24- Klinger, A. & Fu, K.S. & Kuniti, T.L., 'Data Structures'. *Computer Graphics & Pattern Recognition*, New York, 1977.

- 25- Knuth, D., 'The Art of Computer Programming, Vol. III: Sorting and Searching. Addison-Wesley, Reading, Mass., 1975.
- 26- Mark, D.M., 'Phenomenon -Based Data- Structuring and Digital Terrain Modelling'. Geo-Processing, Vol. 1, pp. 27-36, 1979.
- 27- Martin, J., 'Computer Data-Base Organization', Prentice Hall, 1975.
- 28- Morton, G.M., 'A Computer Oriented Geodetic Data Base, and New Technique in File Sequencing'. 1966.
- 29- Peucker, T. & Chrisman, N., 'Cartographic Data Structures'. The American Cartographer, Vol. 2, pp. 55-69, 1975.
- 30- Reddy, D.R. & Rubln, S., 'Representation of Three-dimensional Objects'. 1978.
- 31- Scholten, D.K. & Wilson, S.O., 'Chain Coding with a Hexagonal Lattice', IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 5, pp. 526-533, 1983.
- 32- Tobler, W., 'Automation and Cartography'. Geographical Review, Vol. 49, pp. 626-234, 1959.
- 33- Tomlinson, R.F., 'A Technical Description of the Canada Geographic Information System'. report, 1973.
- 34- U.S. Dept. of Commerce, Bureau of Census., 'The DIME Geocoding System'. In Report No. 4, Census Use Study, 1969.
- 35- Ullman, J., 'Principles of Databases Systems'. Rockvills, Md., 1983.

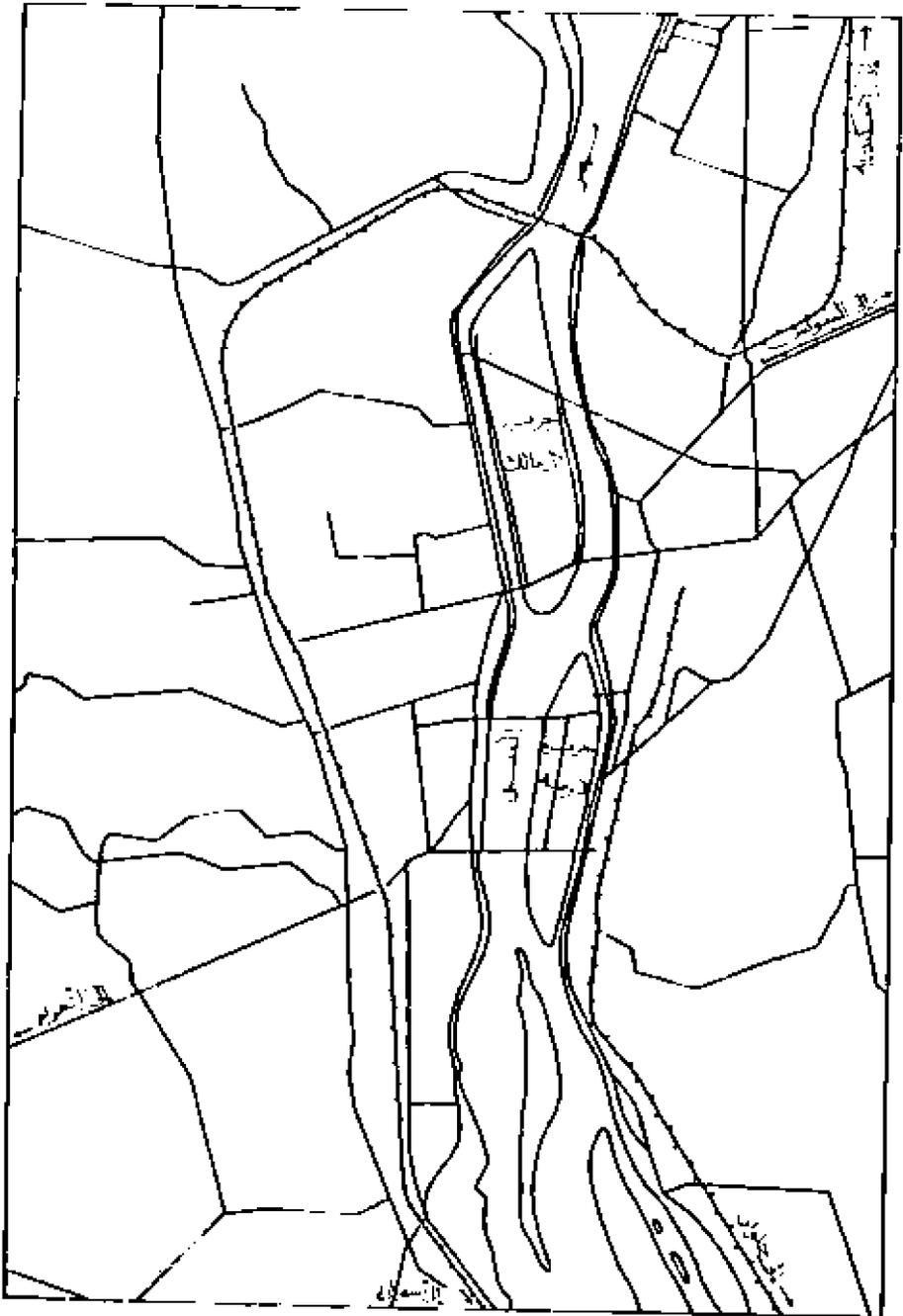


شكل (1)

جزء من لوحة حرب القاهرة الطوبوغرافية مقياس 1 : 100,000 (نصير بنك معلومات)



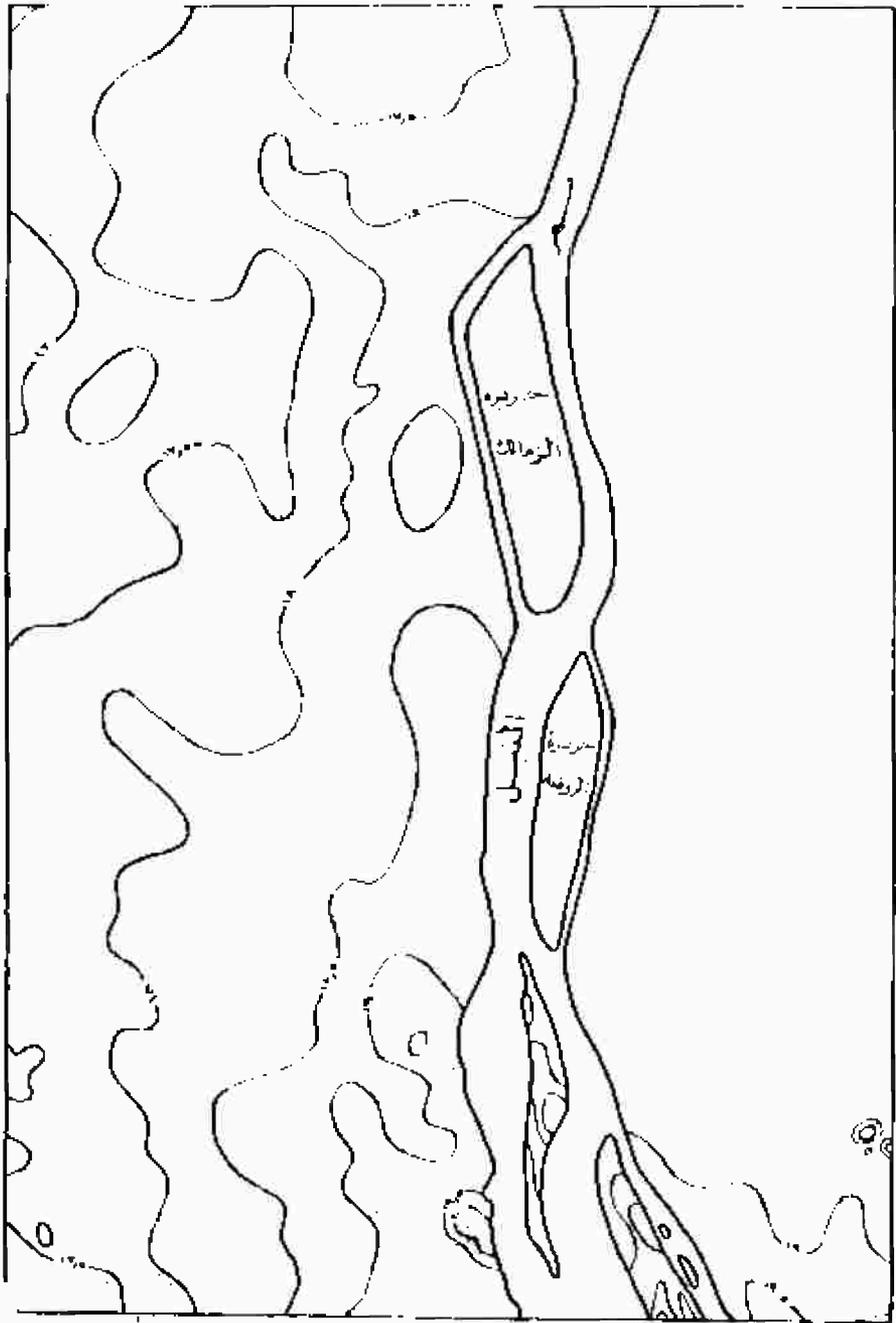
فصل النطاق السكنى لجزء من لوحة غرب القاهرة الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠.٠٠٠
 تابع شكل (١)



تابع شكل (١)

فصل خطوط السكك الحديدية والطرق الرئيسية لجزء من لوحة شرب القاهرة الطبوغرافية

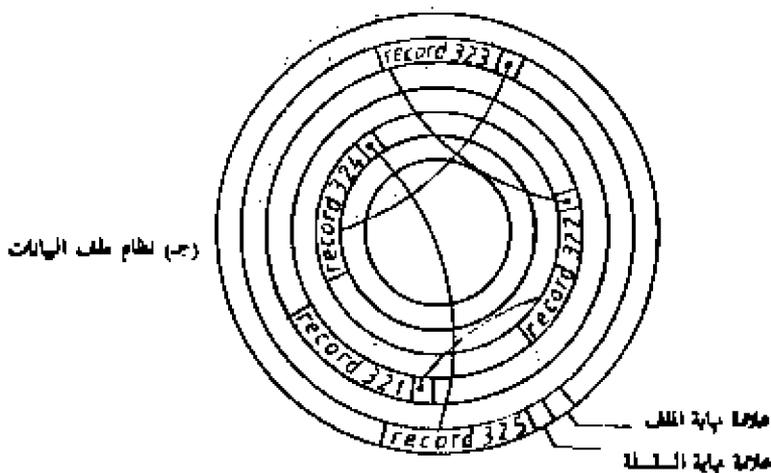
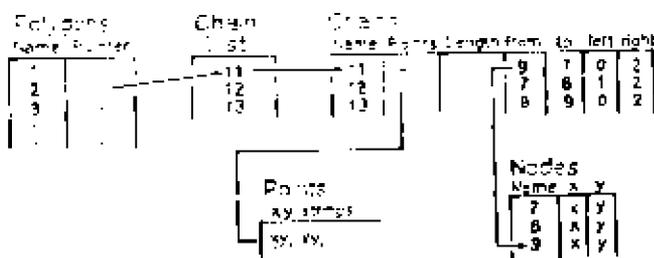
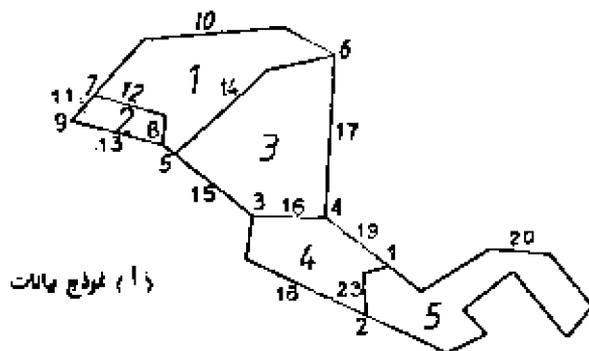
مقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠



تابع شكل (١)

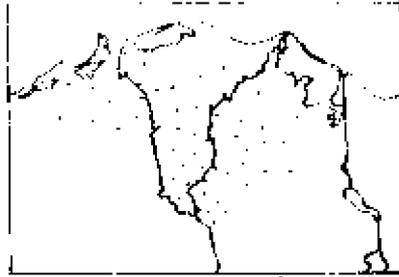
فصل بهري نهر النيل وخطوط الكنتور لجزء من لوحة غرب القاهرة الطبوغرافية ملباس

١ : ١٠٠.٠٠٠



شكل (٢) : مسجلات قارول البيانات

بيانات نقطية



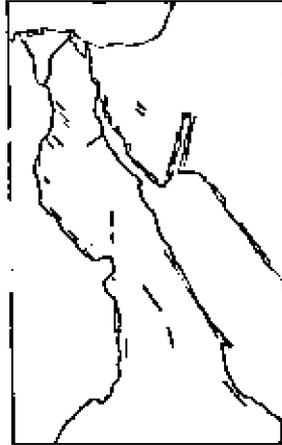
عواصم المراكز الادارية في الدنيا

ج



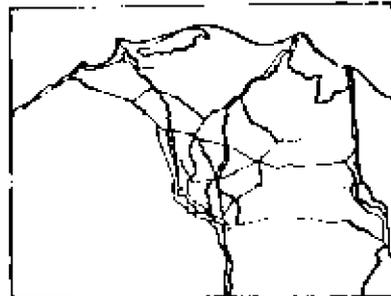
خطوط تصريف بعض الأودية الجبال الرئيسية
في الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء
(بيانات خطية - عناصر في نظام معين)

ب



خطوط المواصلات الرئيسية في الصحراء
الشرقية وشبه جزيرة سيناء
(بيانات خطية - خطوط متعزلة)

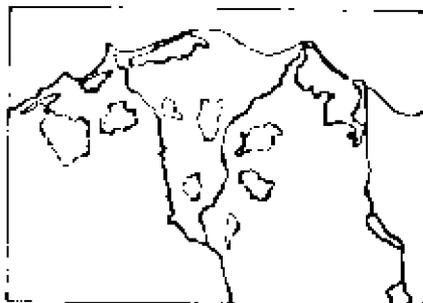
د



شبكة خطوط السكك الحديدية في الدنيا
(بيانات خطية ، نظام شبكة)

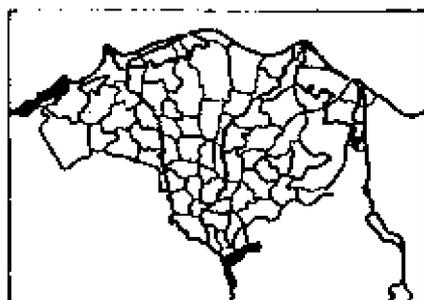
شكل (٣) الخايط البيانات المكانية

هـ
بيانات المضلعات . مضلعات منفردة



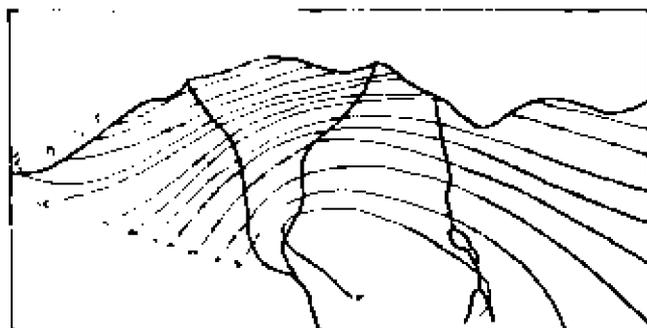
بعض المراكز الادارية في الدنجا

و
بيانات المضلعات . مضلعات متجاورة



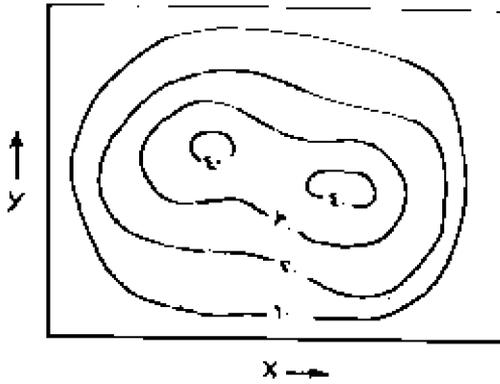
حدود المراكز الادارية في الدنجا

ز
بيانات المضلعات ،
مضلعات متشابهة

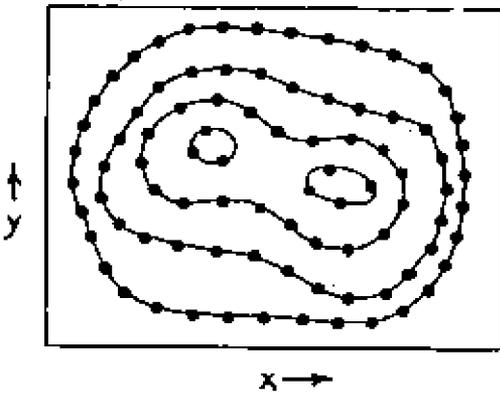


مخطوط تشاري كمية المطر السنوي بالمليمتر في الدنجا وشمال سيناء

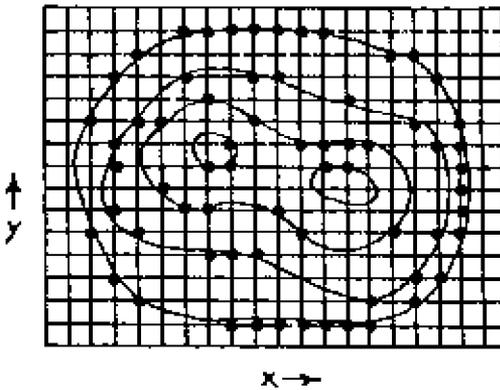
تابع شكل (3) . المخطوطات المكانية



الخريطة الكنتورية الأصلية



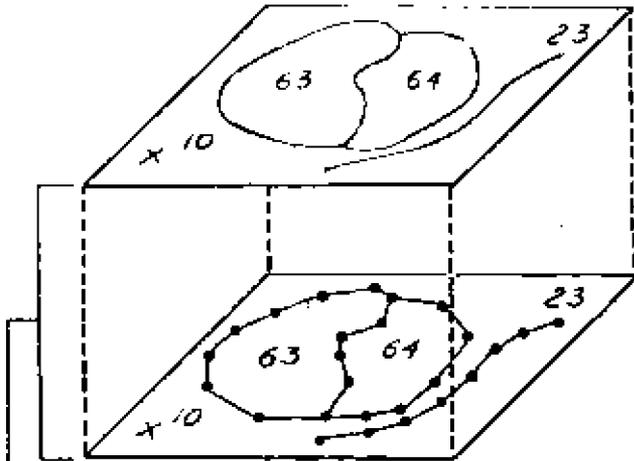
الخريطة الاتجاهية Vector



الخريطة الموزايقية Tessellation

شكل (٤) . الانماط الرئيسية لنماذج الهياكل المكانية

الخريطة الأصلية

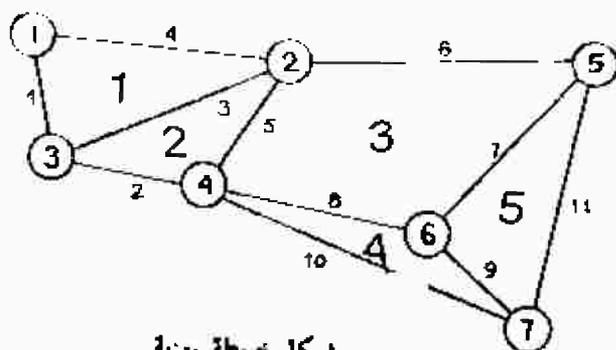


تمثيل الخريطة
بالاحداثيات الكارتيزية
(نموذج بيانات)

نظام بيانات

Feature	Number	Location
Point	10	X, Y (نقطة فردية)
Line	23	$X_1 Y_1, X_2 Y_2, \dots, X_n Y_n$ (سلسلة الاحداثيات)
Polygon	63	$X_1 Y_1, X_2 Y_2, \dots, X_1 Y_1$ (حلقة مغلقة)
	64	$X_1 Y_1, X_2 Y_2, \dots, X_1 Y_1$ (نظام بيانات)

شكل (8) : نموذج البيانات نحو المنظم



شبكة خريطة رمزية

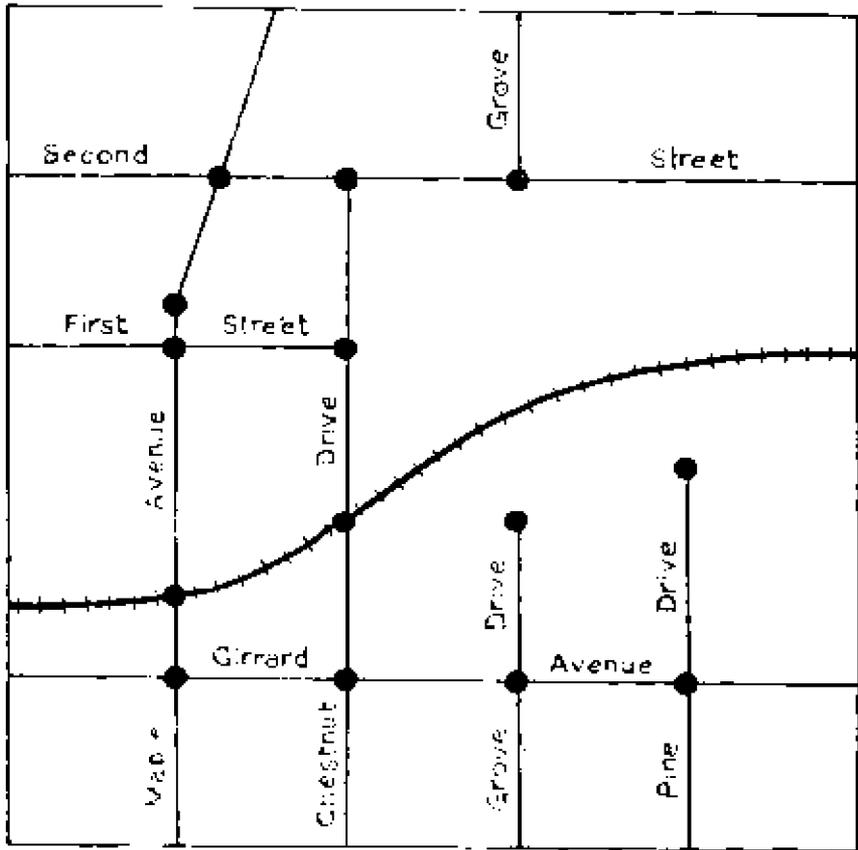
Link	Right Polygon	Left Polygon	Node 1	Node 2
1	1	0	3	1
2	2	0	4	3
3	2	1	3	2
4	1	0	1	2
5	3	2	4	2
6	8	0	2	5
7	5	3	5	6
8	4	3	6	4
9	5	4	7	6
10	4	0	7	4
11	0	5	5	7

شبكة رمزية طبولوجية + ملف العلاقات

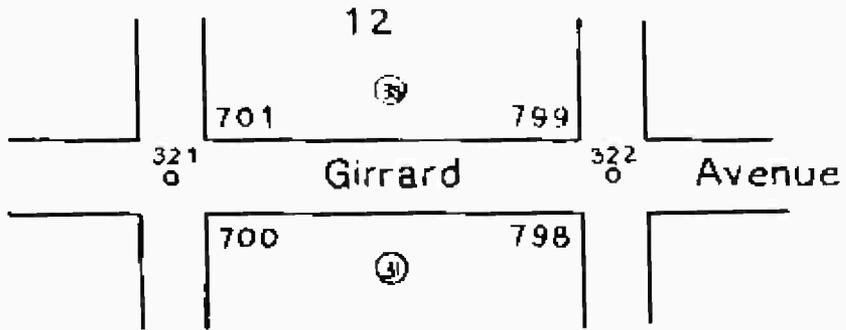
Node	X Coordinate	Y Coordinate
1	23	8
2	17	17
3	29	15
4	28	21
5	8	26
6	22	30
7	24	38

ملف الإحداثيات السوية والصادية للنقط العنقدة

شكل (٦) : نموذج البيانات الطبولوجي

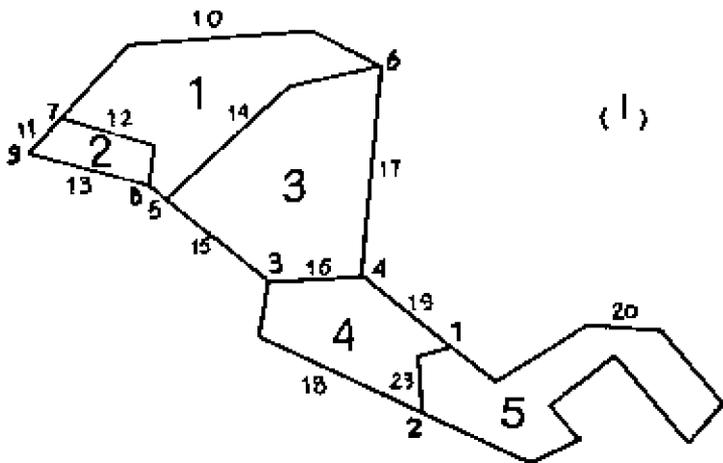


شكل (٧) : العناصر الهيكلية لملف الـ DIME

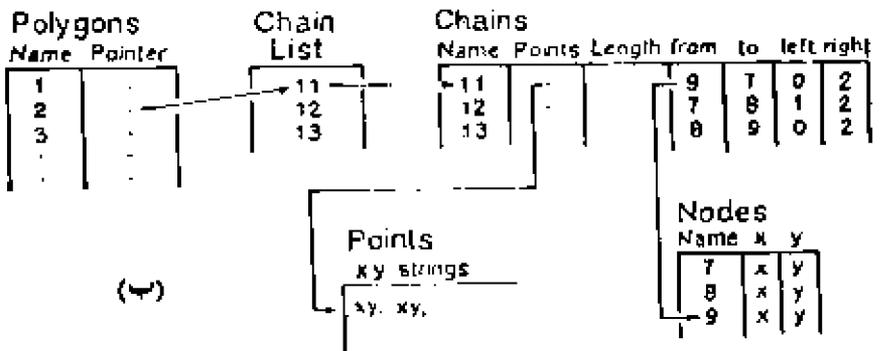


Street Name	Girdard
Street Type	Avenue
Left Addresses	701-799
Right Addresses	700-798
Left Block	38
Left Tract	12
Right Block	31
Right Tract	12
Low Node	321
X-Y Coordinate	155 000 - 232 000
High Node	322
X-Y Coordinate	156 000 - 234 000

شكل (A) : مثال بين سجل ملف الـ DIME

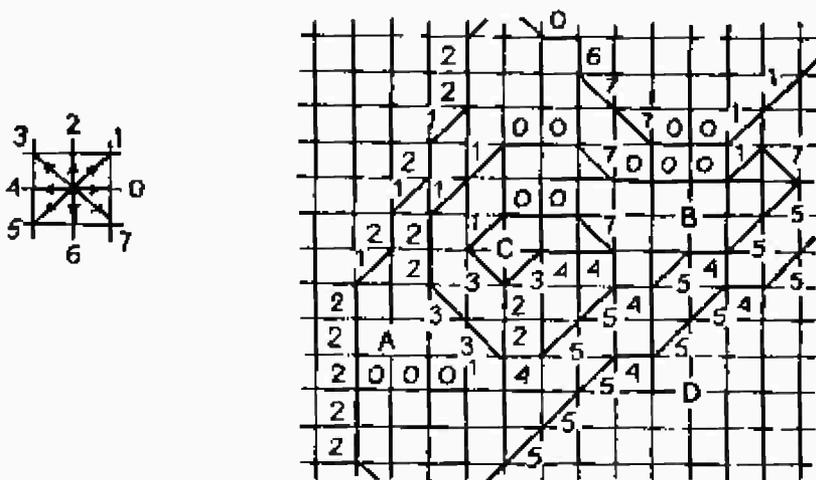
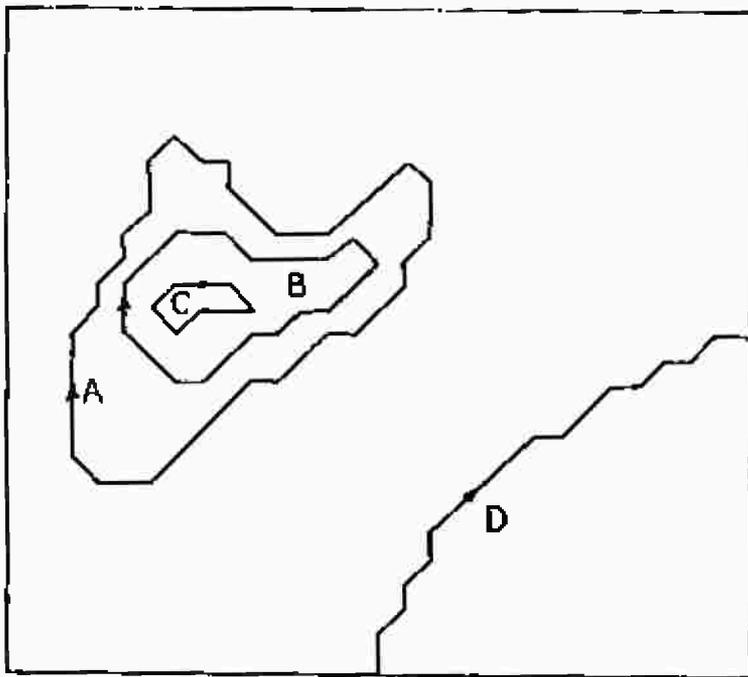


(أ)



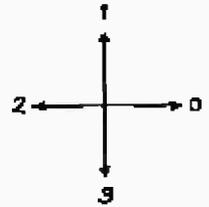
(ب)

شكل (أ) : نموذج بيانات العاكس لوضع المضلعات
 شكل (ب) : نظام بيانات النموذج العاكس للمضلعات

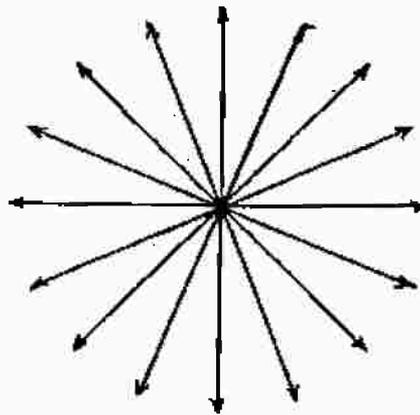


شكل (١٠) : مثال لخريطة كمعزبة باستخدام نموذج الالامل المكزبة

		0	0	0										
	1				3									
	1				3	0	0	0	0					
	1												3	
	1												3	
	1	2											3	
		1	2										3	
			1	2	2	2	2	2	2	2	3			

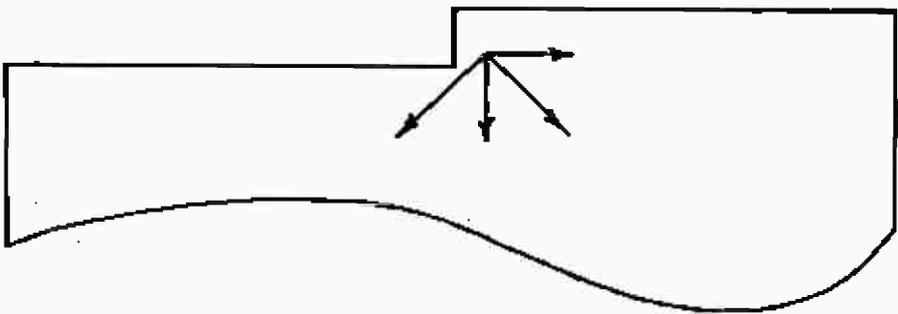
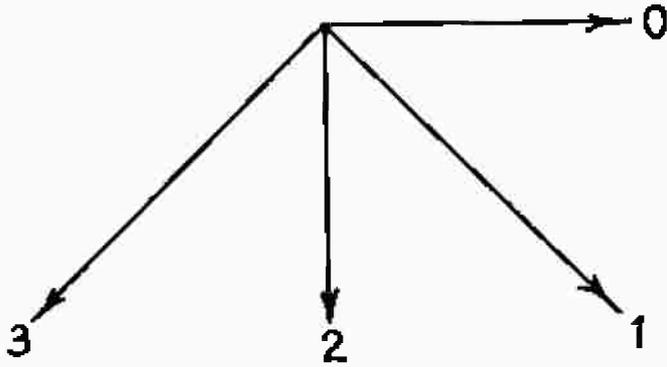


أربعة اتجاهات كودية (رمزية)

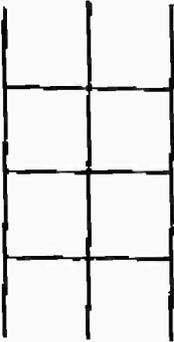
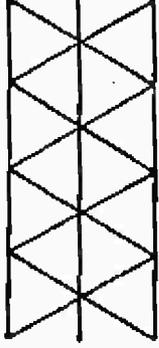
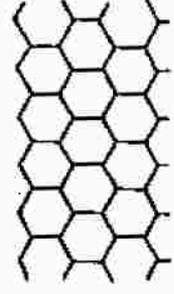


سعة عشر اتجاهاً كودياً (رمزياً)

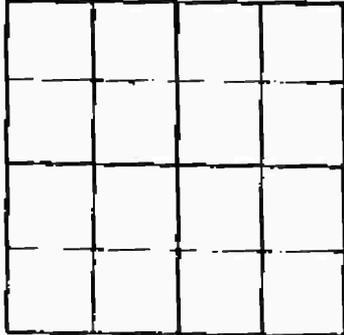
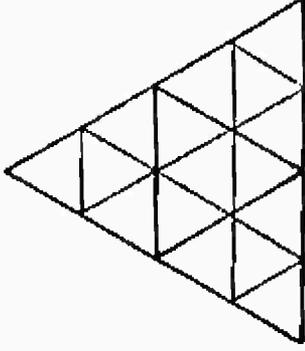
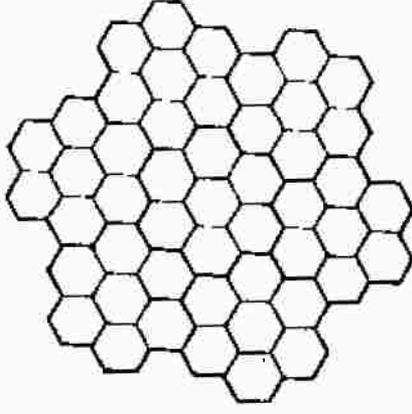
شكل (١١) : منقطع بين السلاسل المكزودة لى ٤ ، ١٦ اتجاه



شكل (١٢) : مخطط سلاسل خط المسح raster المكثفة



شكل (١٣) : أشكال مجاميع الهياكل المربكة العظيمة

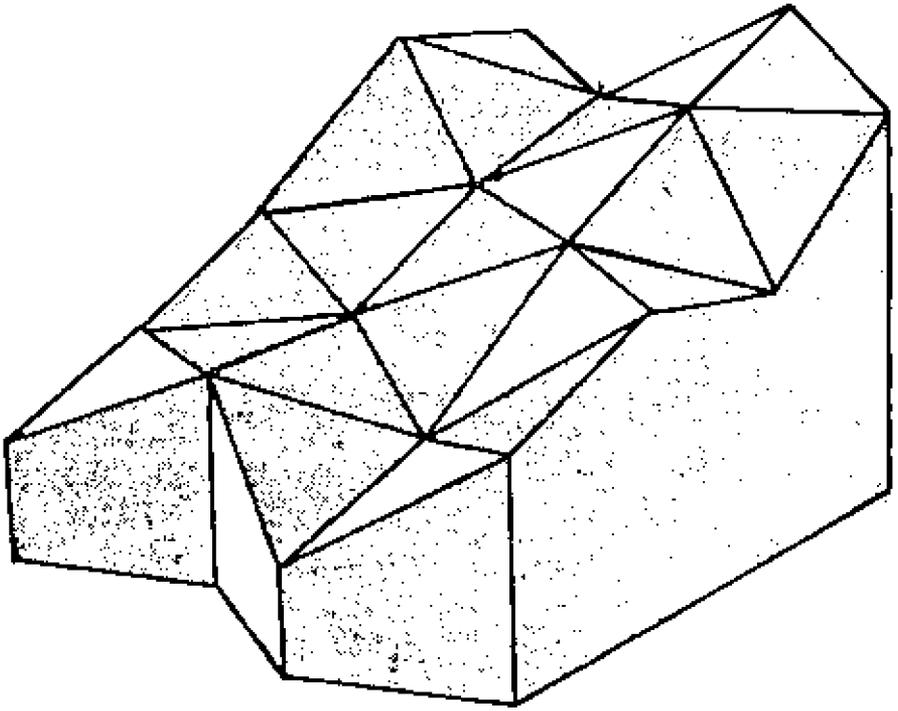


الوردة (الزهور)

الطك

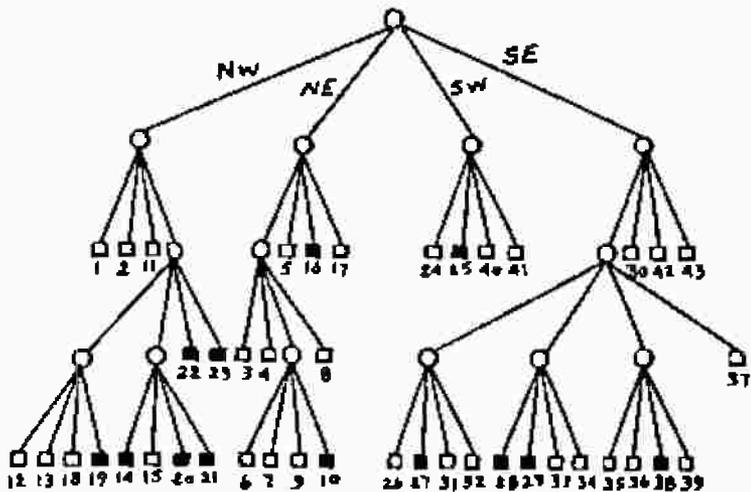
الورج

شكل (١٤) : تقسيم شبكة المربك العظم الى عملاقا أصغر من المسوى البلاستيكي

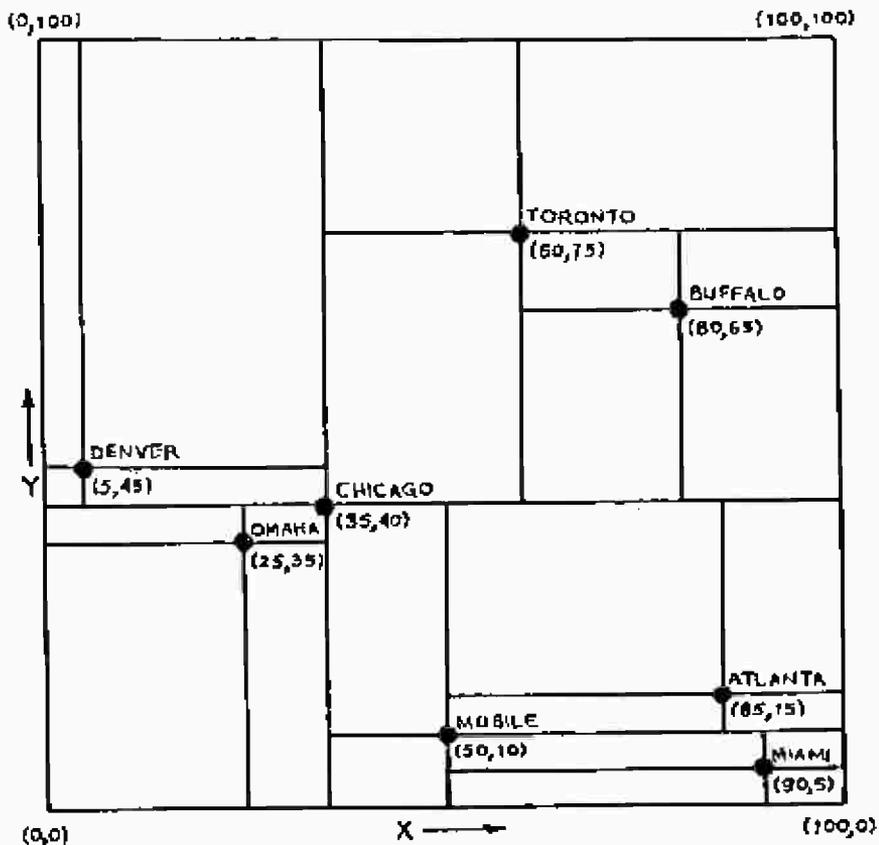


شكل (١٥) : تمثيل سطح الأرض بنموذج شبكة مكعبات منتظمة

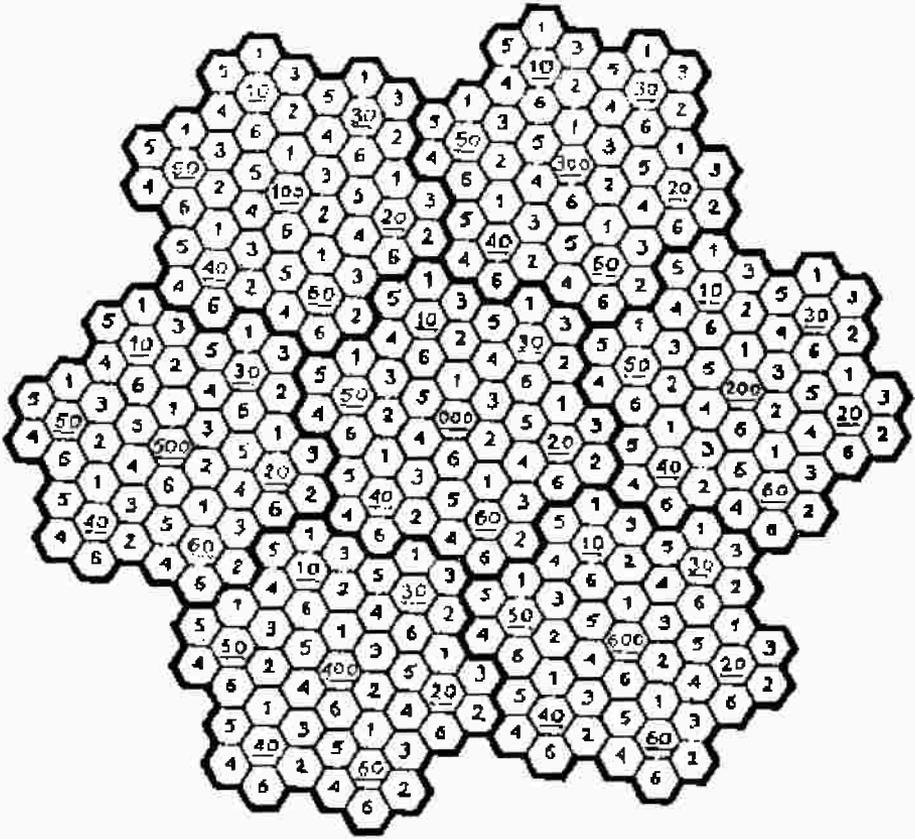
1	2	3	4	5
		6	7	
		8	9	10
11	12	13	14	15
	16	17	18	19
	20	21	22	23
24	25	26	27	28
		29	30	31
		32	33	34
		35	36	37
		38	39	
40	41	42	43	



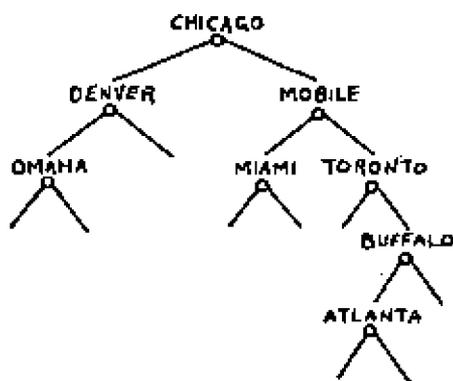
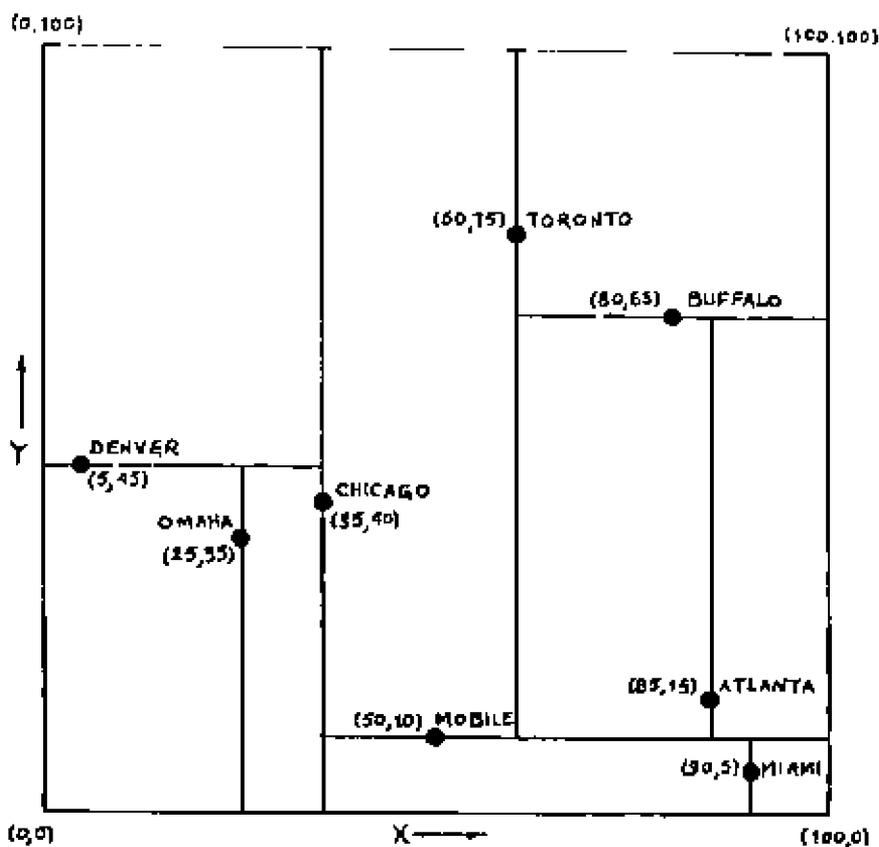
شكل (١٦) : نموذج بيانات الشجرة الرباعية Quadtree



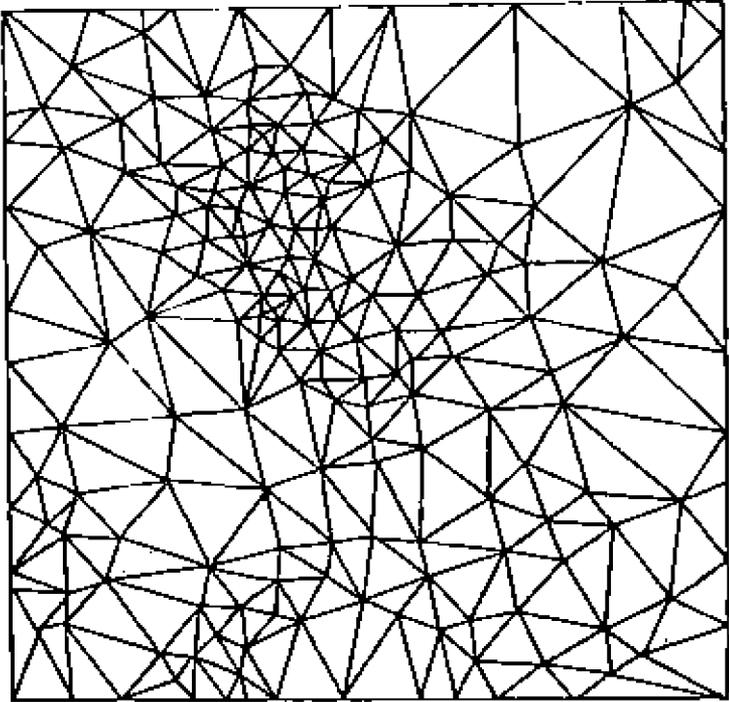
شكل (17) : مخرج بيانات نقطة التقسيم الرباعي Point quadtree



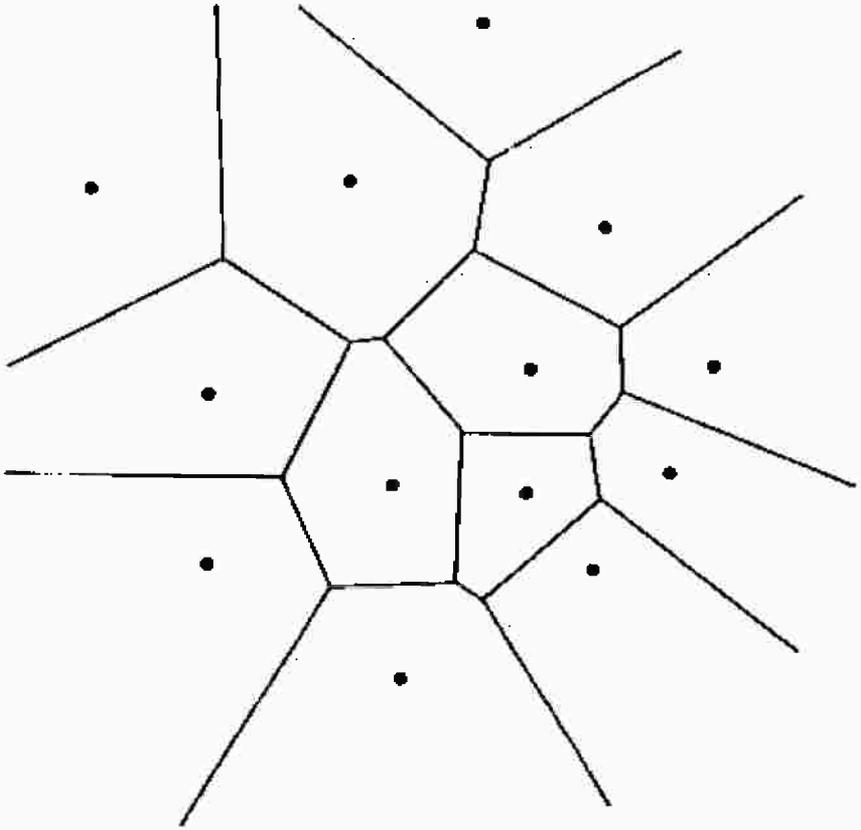
شكل (١٨) : شبكة معلومات سداسية ال تليم هرمي يقوم على سبعة عناصر



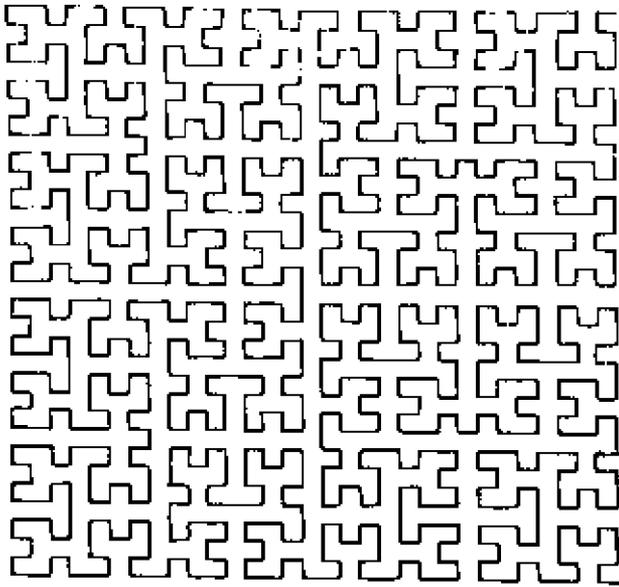
شكل (19) : نموذج بيانات من شجرة ثنائية



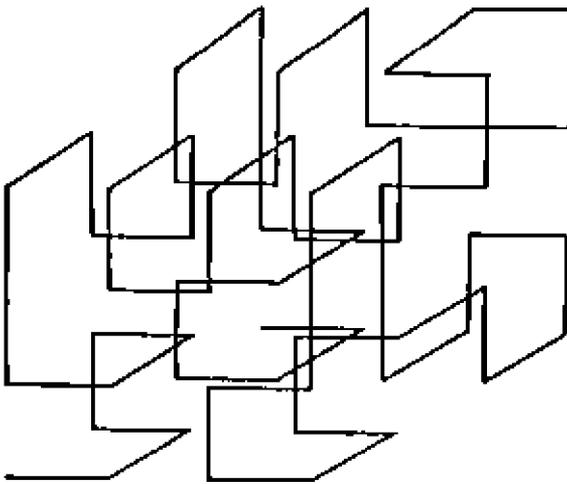
شكل (٢٠) : شبكة مكعبات غير منتظمة TIN



شكل (٢١) : مثال لتطبيقات Thiessen



(٥)

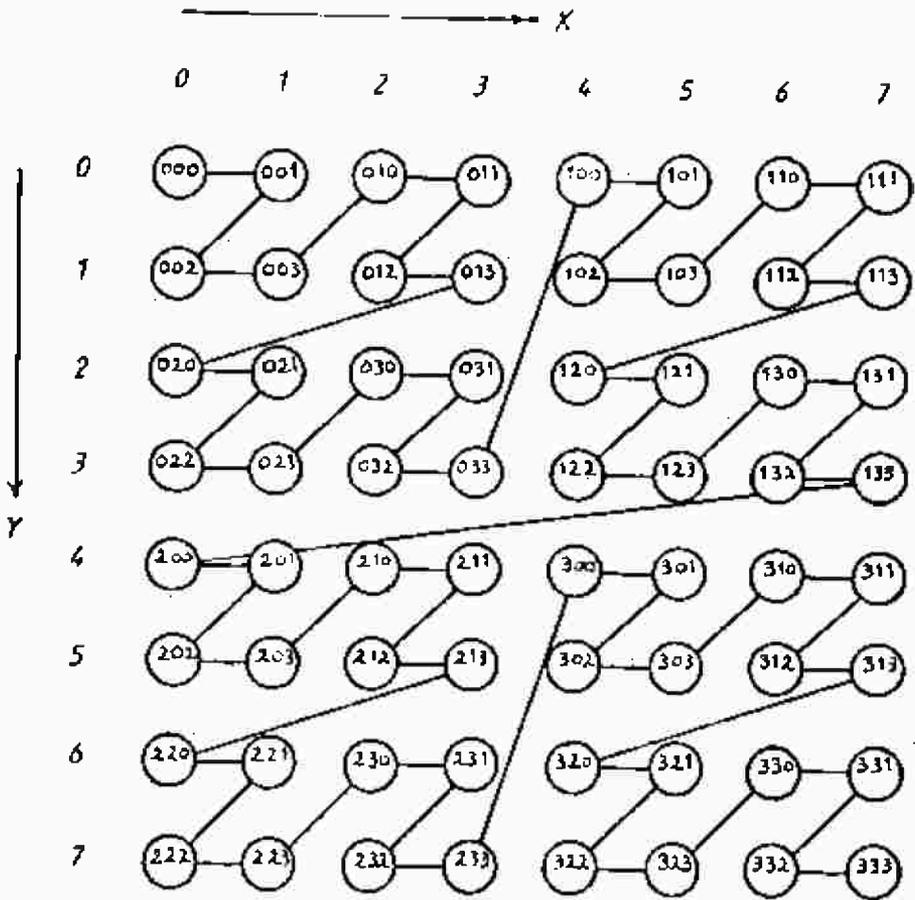


(٦)

شکل (٢٢) : منحیات بیرو (أ) ذات بعدین
(ب) ذات ثلاثة أبعاد

	0	1	2	3	X →			
0	0 0000	2 0010	8 1000	10 1010	32	34	40	42
1	1 0001	3 0011	9 1001	11 1011	33	35	41	43
2	4 0100	6 0110	12 1100	14 1110	36	38	44	46
3	5 0101	7 0111	13 1101	15 1111	37	39	45	47
Y ↓	16	18	24	26	48	50	56	58
	17	19	25	27	49	51	57	59
	20	22	28	30	52	54	60	62
	21	23	29	31	53	55	61	63

شكل (٢٣) : مخطط نظام مصافرة مورزون Morton matrix

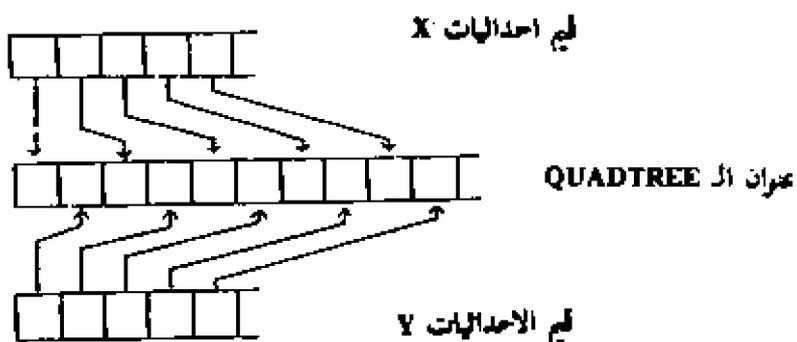


شكل (٢٤) : العلاقة بين نقطت مصفوفة مرزبون ومجسات بينو على شكل حرف Z

→ X

	000	001	010	011	100	101	110	111
000	000	001	010	011	100	101	110	111
001	002	003	012	013	102	103	112	113
010	020	021	030	031	120	121	130	131
011	022	023	032	033	122	123	132	133
100	200	201	210	211	300	301	310	311
101	202	203	212	213	302	303	312	313
110	220	221	230	231	320	321	330	331
111	222	223	232	233	322	323	332	333

↓ Y



شكل (٢٥) : مخطط الهرمية المكانية بطريقة العنوان المؤشر وتطبيقها في فصل الاحداثيات السببية والصادية

→ X

	0	1	2	3	4	5	6	7	
↓ Y	0	000	001	010	011	100	101	110	111
		00		01		10		11	
	1	002	003	012	013	102	103	112	113
		02		03		12		13	
	2	020	021	030	031	120	121	130	131
		02		03		12		13	
	3	022	023	032	033	122	123	132	133
		02		03		12		13	
4	200	201	210	211	300	301	310	311	
	20		21		30		31		
5	202	203	212	213	302	303	312	313	
	20		21		30		31		
6	220	221	230	231	320	321	330	331	
	22		23		32		33		
7	222	223	232	233	322	323	332	333	
	22		23		32		33		

شكل (٢٦) : مخطط عناصر شجرة رباعية هرمية