نظم البيانات الجغرافية المكانية
باستخدام الحاسب الآلى

دكتور

أحمد أحمد مصطفي

مدرس بقسم الجغرافيا

جامعة الاسكندرية

مقدمـــة :

منذ أكثر من ثلاثة عقود تم تصميم نظم كمبيوتر لتخزين وتحليل البيانات الجغرافية ، نتيجة اتجاه معظم الدول إلى الأخذ بأسلوب التخطيط السليم لاستخدام الأرض وتنمية 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 ومتخذى القرار . وقد تطورت تلك النظم نتيجة إدراك الحاجة لتقدمها وكفاءتها من ناحية ، ونتيجة لقيود المنهج والتوثيق العلمى من ناحية أخرى . وقد أعطى التقدم العلمى والتكنولوجى فى تصميم أجهزة وبرامج الحاسب الآلى فرصا مناسبة للنظر اليه كمقدم معلومات يمكن ملؤه بالمعرفة والخبرة والبرامج عالية الكفاءة أكثر منه أداة حاسبة ، وأصبح هو الأداة العيانية لنظم المعلومات . ومن ثم تزايدت أعداد الكوادر المدربة تدريبا جيداً على العمل بأجهزة ونظم الحاسبات الآلية .

ونتيجة للتقدم المذهل فى طرق وأساليب جمع المادة العلمية أصبح لدى الباحث الجغرافى كم هائل من البيانات الخام يبدو فى ظاهرها غير مترابطة ، وعند اخضاعها للتحليل العلمى الدقيق باستخدام مناهج وأساليب بحث متقدمة لم تكن مستخدمة من قبل[*] ، تولدت القناعة بأن هناك حقيقة تقف وراء تلك البيانات ينبغى السعى للوصول اليها وتفسيرها وتحليلها . وللوصول الى تلك الحقيقة يجب تنظيم تلك البيانات الضخمة فى شكل مناسب حتى يمكن التعامل معها . وقد كانت هذه النظم فى البداية محدودة الاستخدام متخصصة الغرض ، إلا أنه نجم عنها كمية ضخمة من البيانات الجغرافية فى صورة رقمية . وفى نفس الوقت نشأت مشكلة منهجية تتلخص فى وجود نظم معلومات جغرافية تحتوى على بيانات شتى تحتاج الى الاتفاق العلمى لوضعها تحت عنوان أو مسمى مناسب .

(*) على سبيل المثال : تحليل الحصائى المتقدم ، البرمجة الخطية وأساليبها المختلفة ، أساليب بحوث العمليات ، أساليب الصفوفات ، النماذج وبناية النظم ، نظرية الشبكات وتحليلها ، نظرية المباريات وتطبيقها فى اتخاذ القرار ، نماذج المحاكاة ، أسلوب المحاكاة ، نظرية الصفوف أو خطوط الانتظار ، النظريه الحركية التى تقوم على مبدأ الطاقة الحركية المجردة للموجات

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

وقد ظهر فى أقسام الجغرافيا فى أوائل الثمانينات اسلوب جديد فى البحث الجغرافى يعرف بنظم المعلومات الجغرافية GIS وهو اختصار لـ Geographical Information Systems . ويقوم هذا الاسلوب 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 فى العمران ـــ الطرق ـــ الزراعة ـــ شبكة الرى ـــ شبكة الصرف ـــ الحدود الإدارية ـــ شبكة المجارى المائية ـــ أشكال سطح الأرض والمنحدرات كما تبينها خطوط الكنتور ورمور الهاشور وغيرها . ويمكن تخزين بيانات كل عنصر فى ملف خاص فى شكل بيانات وصفية أو بيانات رقمية أو بيانات تصويرية .

(*) على سبيل المثال أقسام الجغرافيا فى جامعات أوربا : جامعة يورك بسويسرا ، جامعة لوند بالسويد ، جامعة موسنر بألمانيا ، جامعة دبلن بايرلندا . وأقسام الجغرافيا فى جامعات أمريكية مثل جامعة ولاية نيويورك فى مدينة ألبانى ، جامعة جنوب كاليفورنيا ، جامعة كونكتيكت ، جامعة جنوب غرب لويزيانا ، جامعة واشنطون ، بسياتل ـــ قسم الجغرافيا والأنثروبولوجيا ، جامعة ولاية أوكلاهوما ، قسم الجغرافيا والأنثروبولوجيا ، جامعة ولاية لويزيانا . وأقسام الجغرافيا بجامعات كندا مثل جامعة غرب أونتاريو ، جامعة ويندسر

العنصر الثانى : نظام تحليل معلومات جغرافية :

: Geographical Information Analysis (GIA)

وفى هذا النظام تصنف البيانات الجغرافية فى مجموعات تعطى لها أولويات تبعا للظاهرة الرئيسية موضع الدراسة ، وبيان العلاقات بين عناصر بيانات الظاهرة ومعالجتها فى نماذج الامتداد والانتشار والاتصال والتكامل .

العنصر الثالث : نظام نمذجة المعلومات الجغرافية :

: Geographical Information Modelling (GIM)

ويهتم هذا النظام ببناء نماذج ونظم البيانات وطرق تناولها للحاسب الآلى . وقد كان تناول هذا العنصر حتى وقت قريب قاصراً على المشتغلين بعلوم الكمبيوتر من مصممى البرامج ، إلا أن بعض الجغرافيين القلائل فى الجامعات العربية قاموا بمحاولات كان الهدف منها اثبات قدرة الجغرافى على مواكبة هذا الاسلوب الحديث فى البحث الجغرافى(*) .

وقد شهد النصف الثانى من عقد الثمانينات تقدم ملحوظ فى سرعة وسهولة ومرونة تناولة البيانات الجغرافية للكمبيوتر ، أدى الى بروز تساؤلات عن طبيعة البيانات التى يحتاج اليها الباحث الجغرافى حتى يستطيع استخلاصها من هذا الحشد الهائل من البيانات الخام المجمعة والمختلفة فى درجة اهميتها ودقتها وكيفية توظيفها . ما الذى نحتاج إلى وصفه وشرحه وتفسيره ؟ ما الذى يغير ويعدل من تلك البيانات المطلوبة ؟ هل نظم البيانات المتاحة حاليا على مستوى هذا الحجم الضخم من البيانات وكيفية التعامل معها ؟ ويهدف هذا البحث عرض ومناقشة سريعة لنظم البيانات الجغرافية المكانية وعلاقتها بنماذج البيانات لإزالة الرهبة من نفوس الباحثين الجغرافيين الشبان ، وتحفيز البحث الجغرافى العربى للأخذ بهذا الأسلوب الحديث ، والدخول فى عصر صناعة وتكنولوجيا المعلومات .

(*) على عبدالله عبدالله : برنامج مقترح لتصميم وتحليل قواعد البيانات الاقليمية باستخدام الحاسب الالكترونى ، مجلة الجمعية الجغرافية بالكويت ، العدد ٣٠ ، سنة ١٩٨٢ .

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 فى نظام يصلح للمعالجة بالكمبيوتر ، وتعتبر وحدة خزن رئيسية فى نظامه . والظاهرة عبارة عن مجموعة كائنة من شيء يمكن إدراكه وتمييزه ولها خصائص عامة مشتركة وترتبط بينها علاقات relationships (Ullman, 1983) . فظاهرة الأودية النهرية عبارة عن مجموعة لشيء واحد هو الوادى النهرى ، وظاهرة البحيرات مجموعة لشيء واحد هو البحيرة ، وكذلك ظاهرة الجبال مجموعة للجبل . ويمكن أن يكون لكل من الظاهرة والعلاقات صفات مميزة أو عناصر تعتبر وحدات أساسية فيها . فالوادى النهرى — أى وادى نهرى — له صفات تميزه وعناصر تحدد خصائصه الشكلية ، وخصائصه التضاريسية ، وخصائص مورفومترية شبكته المائية . وترتبط تلك الخصائص ببعضها بعلاقات متشابكة منطقية . وتعريف النموذج بهذا الشكل هو مفهوم بشرى human concept يمكن تكييفه عند التطبيق ، ويختلف هذا التكييف باختلاف مستخدم النموذج . وتعتبر الخريطة الطبوغرافية مخزن للظواهر الجغرافية ، وكل ظاهرة بها يمكن وصفها فى نموذج بيانات . وتستخلص مجموعة بيانات أى ظاهرة وعلاقاتها فى ملف خاص File كالعمران — الطرق — الحدود الادارية — شبكة الرى والصرف — المناطق الزراعية — المجارى المائية — التضاريس كما تبينها خطوط الكنتور والهاشور . وبمعنى 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 فى التحليل .

ويرى كثير من مصممى النماذج أن البيانات يجب دراستها فى عدة مستويات levels ، وتقديمها فى ملخص حقيقى ، وفى نظام بنائى محدد يمكن تخزينه آليا (Klinger, Fu & Kuni, 1977; Martin, 1975) . وبداية يمكن القول أنه مازال هناك عدم اتفاق بين الجغرافيين على عدد المستويات التى يجب على الباحث أن يدرس من خلالها الظاهرة الجغرافية . وقد اقترحت دونا بيكو عام ١٩٨٤ J. Donna)

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

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

٢ــ نموذج البيانات data model وهو ملخص يوضح الخصائص التى يظن انها وثيقة الصلة بالظاهرة .

٣ــ نظام البيانات data structure وهو عملية بناء نموذج البيانات أى تمثيل لنموذج البيانات فى هيئة بيانية هى فى الغالب جداول ومصفوفات ، بمعنى تنظيم البيانات فى كود آلى computer code فى نمط من الخانات الأساسية التى يصمم الكمبيوتر تمييزها كمعطيات .

٤ــ نظام ملف البيانات file structure وهو عبارة عن أى شكل من الأشكال المختلفة لتنظيم البيانات فى هيئة يمكن تخزينها فى أجهزة ووحدات الحاسب الآلى 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 نرجب مراعاة ان تتم من خلال مستويات متتابعة توضح الأسس الضرورية فى تحديد كل مستوى . وفى الواقع ، أن تحديد إجمالى العملية عبارة عن صياغة العبارات العامة فى عبارات اكثر تحديداً .

وقد استخدم مصطلح نموذج البيانات فى حدود ضيقة عندما دعا الجغرافيون الى استخدام النماذج فى معالجة الموضوعات التى تتناول تنظيم المكان . ويجدر بنا أن نذكر فى هذا الصدد جهود تشورلى R. Chorley وهاجيت P. Haggett فى

(*) قاعدة البيانات : أحد مصطلحات علم المعلوماتيه Informatic ، ويقصد به كمية ضخمة من بيانات منسقة ومنظمة تخزن فى ذاكرة الكمبيوتر بنظام منطقى معين ، وبشكل يعزى له مفاتيحه للاسترجاع التى تسمح بالبحث عن البيانات المختلفة واستخراجها لاستخدامها أو لتطويرها ثم إعادة تخزينها فى مكانها المحدد فى الذاكرة . المعرب

دراساتهما القيمة هذ موضوع تحت سم نماذج ى لجغرافيا Models in Geography »(*) . وربما يرجع التقصير من جانب الجغرافيين ى استخدام النماذج الى التقدم السريع غير المنتظم ف فن تناول الكمبيوتر وعمليات الترميز image processing ، وكذلك التطور المتأرجح ف استخدام الحاسب الآلى ف الدراسات الجغرافية . أما مصطلح نظام البيانات data structure فقد تطور استخدامه مع تطور نظم وتقنيات تصميم البرامج واللغات والمناهج software التى تتحكم ف عمليات الحاسب الآلى . وكذلك نتيجة تقدم تكنولوجيا صناعة عتاد الحاسب ووحداته المختلفة hardware ولدى يتمثل ف أجياله المتتالية . ومنذ السنوات الأولى من عقد الثمانينات فإن مصطلح نموذج البيانات قد أقر كمصطلح أصولى ليدل على أن ادراك عناصر الظاهرة وتنظيمها ف شكل ما ، أى صياغتها بطريقةماهى عملية نمذجة modelling process

ويقوم نظام البيانات أى بناء النموذج على نموذج البيانات نفسه وطريقة ترتيب جزئيات وعناصر البيانات به ، والعلاقات القائمة بينها . ويتم ترتيب الجزئيات والعناصر ف قوائم lists ومصفوفات arrays ، أما العلاقات التى تربط تلك الجزئيات والعناصر ببعضها فتكون ف صورة نماذج رياضية تؤدى الى استبعاد العلاقات اللفظية أو الوصفية والتعبير عنها بصورة صريحة أو صورة ضمنية . ويعادل هذا المفهوم التعريف الرياضى للرسم البيانى بمعناه الواسع (Mark، 1979) . وتسجل العلاقات الصريحة ف نظام البيانات بنفس طريقة تسجيل جزئيات وعناصر البيانات نفسها . أما العلاقات الضمنية فيشار اليها بالوضع النسبى لمفردات عناصر البيانات ، وقد يتطلب ذلك تحليل بعض أو كل البيانات . مثال تحديد نقطة وسط مجموعة من النقط موزعة بدون نظام ف الفراغ .

أما نظام ملف المعطيات File structure فإنه يعنى ببساطة نموذج لتخزين أى تحديد وسائل العملية الميكانيكية لتدوين البرامج وطريقة تغذيتها أو تعديلها ، وطرق تشغيل اجهزة الحاسب الآلى لاستخدام تلك البرامج واسترجاعها .

---

* Haggett, P., 'Geography: A modern synthesis' pp. 16-24. London, 1972.
Chorley, R.J., & Haggett, 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 شبيه أو تمثيل دقيق لجميع خصائص الظاهرة وعلاقاتها . ولا يوجد نموذج لحقيقة ما يجمع كل جزئياتها وعناصرها وعلاقاتها ، وبالتالى لا يمكن تصميم نموذج بيانات عام الغرض لاستعماله فى كل الحالات . ويتضح ذلك عند معالجة الظواهر الطبيعية المركبة (تشتمل 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 فى نفس الوقت لأغراض التحليل . كما أن نظم البيانات المصممة لأغراض التحليل الجغرافى لا تصلح إلا لجوانب معينة وليس كل الجوانب المطلوبة ، مما يستلزم انشاء نظم بيانات عديدة تفى بكل جوانب التحليل الجغرافى المطلوب . وكذلك نظم البيانات الخاصة بالتحليل لا تكفى لانتاج رسوم وأشكال بيانية ، مما يجعلنا القول أن أى نظام بيانات لا يخدم إلا غرضاً واحداً محدداً .

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

الطريقة الأولى وتعرف بطريقة باولى Bouille وفيها حاول صاحبها بناء نموذج بيانات يشتمل على كل المتغيرات والعلاقات التى تربط بينها فى 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 فى التعقيد فقد جاء نموذج البيانات معقداً لا يمكن معه بناء نظام بيانات مناسب للكمبيوتر ، ويحتوى على جزئيات وعناصر وعلاقات ليست ضرورية لأغراض التحليل وغير متاحة للتطبيق . وفى الواقع فإن الحقيقة الكاملة للظاهرة غير معروفة عد إذ تحتوى على عناصر وعلاقات لا يدركها الباحث تبعا للموقف العلمى والامكانات التكنولوجية المتاحة حاليا ، ولا نغالى إذا قلنا حتى فى 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 بتمثيل جميع عناصر وخصائص الظاهرة وعلاقاتها ، إنما يجردها من بعض مظاهرها التي تساعد على تبسيطها(*) .

أما الطريقة الثانية وقد أشار اليها مارك عام ١٩٧٩ (Mark, 1979) فتقوم على قاعدة أن تصميم نموذج البيانات وبالتالي بناء نظام للبيانات يجب أن يؤدي الى تحقيق الفائدة عن طريق استبعاد أية عناصر أو علاقات غير مناسبة . وعلى الرغم من أن هذه الطريقة تهدف الى انتاج نماذج غير معقدة وسهلة التناول إلا أنها بعيدة الى حد ما عن التمثيل الكامل للحقيقة ، لأنها تحتوى فقط على العناصر الرئيسية والعلاقات الضرورية لدراسة الظاهرة . والنماذج المصممة تبعا لتلك النظرة تتصف بالقوة والمرونة وإمكانية استخدامها فى التخزين الاحصائى . 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 فى انشاء النموذج . فالتجريد يفقد النموذج ـــ احيانا ـــ قيمته العملية إذا أبعده كثيراً عن الواقع والحقيقة الملموسة وخانه التعبير عن افكارنا وآرائنا عن هذا الواقع .

وبالنسبة لمصممى انظمة البيانات الجغرافية grographic dara systems فإن طبيعة الظاهرة الجغرافية تحتم الأخذ فى الاعتبار عمليات معالجة ميكانيكية تكون قادرة على التعامل مع بيانات ذات طبيعة مختلفة . إذ تعالج موضوعات الجغرافية الطبيعية والعوامل الطبيعية فى الظاهرة الجغرافية البشرية على أساس مبدأ السببية (السبب والنتيجة) ، وتصاغ العلاقات فى صورة معادلات رياضية تؤدى الى استبعاد العلاقات اللفظية أو الوصفية والاستعاضة عنها بالنماذج الرياضية التي تستخدم للمعالجة الاحصائية أو لغيرها من المشاكل التي تتعلق بقياس المتغيرات وتحليلها . أما موضوعات الجغرافية البشرية بصفة عامة والعوامل البشرية فى الظاهرة الجغرافية الطبيعية فإنه من الصعب اخضاع الانسان وسلوكه الى قانون

(*) المجلة الفرنسية للعلوم الاجتماعية ـ عدد يوليو سبتمبر ١٩٦٨ .

واحد وظروف واحدة ، فالانسان تختلف استجاباته للظروف والمؤثرات بحسب الزمان والمكان ، لذا فإن نشاطه يخضع للاحتمال . وعليه فإنه يجب على مصممي نماذج وقواعد البيانات الجغرافية geographic databases مراعاة توازن دقيق بين منهج الحتمية ومنهج الاحتمالية فى سبيل الوصول الى نموذج بيانات جغرافى وبالتالى انشاء نظام بيانات جغرافى له صفة خاصة . ومن أسف فإن هذا الضابط المنهجي فى الجغرافيا لم يقنن formalize حتى الوقت الحاضر حتى فى الإطار النظرى ناهيك عن الإطار الآلى .

طبيعة البيانات الجغرافية المكانية :

الجغرافيا باختصار هى علم المكان place والفراغ space ومادتها الظاهرات الطبيعية والبشرية التى تُشكل بيئات العالم ، وهدفها وصف وشرح وتفسير وتعليل الظواهر الطبيعية والحضارية فى بيئاتها على سطح الأرض ، ووسيلتها الكلمة والرقم والصورة والخريطة . ويستخدم مصطلح مكانى spatial فى وصف أية بيانات خاصة بظاهرة تتوزع فى بعدين أو ثلاثة أبعاد أو أى عدد من الابعاد (د 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 فى هيئة سلاسل زمنية .

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

النمط الأول : بيانات نقطية point date حيث يمثل كل عنصر بيانى data element بموقع position (نقطة) واحد فى فراغ ذى بعدين أو ذى ثلاثة أبعاد مثل مواقع عواصم المراكز الإدارية فى الدلتا (شكل ٣ أ) .

والنمط الثانى : بيانات خطية line data ويوصف الخط فى هذا النمط باعتباره محل هندسى لنقطة متحركة . وترسم تلك النقطة عند تحركها خطا له اتجاه معين ، اتجاهات كثيرة . وعند تحرك تلك النقطة يكون لها قيم احداثية سينية وصادية فى 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 فى هيئة منتظمة كخطوط الانكسارات أو خطوط محاور الالتواءات (شكل ٣ ب) .

(ب) خطوط تدخل كعناصر فى نظام معين مثل خطوط المجارى المائية أو خطوط محاور الأودية الجافة فى نظام تصريف نهرى (شكل ٣ جـ) .

(جـ) خطوط تدخل كعناصر فى نظام شبكة network مثل خطوط شبكات الطرق (شكل ٣ د) .

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

(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 فى ضلع من أضلاع المضلع أو أى جزء منه مع مضلع آخر على الأقل (شكل ٣ و) .

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

والنمط الرابع : خليط من الأنماط الثلاثة السابقة . فقد يشتمل على انواع 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 نهرى يعتبر عنصرا ل نمط خطى لشبكة تصريف مائى شجرى ، وقد تقع وحدة سياسية بحدودها الكاملة داخل وحدة سياسية أخرى بالإضافة الى مواقع العواصم والمدن والموانى الرئيسية .

وتعرف الأنماط الأربعة للبيانات المكانية بالبيانات الاحداثية coordinate data أو البيانات الرمزية image data (I.G.U., 1975 & 1976) . وبتلخيص شديد يمكن القول بأن هذه البيانات المكانية تصف التوزيع المكانى والوضع النسبى للعناصر الداخلة فى الظاهرة الجغرافية باستخدام رموز على شكل نقطة أو خط أو مضلع مساحى أو خليط من هذا كله . ولكل رمز من تلك الرموز خصائصه التى تميزه ووظيفته المحدده . فالاحداثى الفلكى لمدينة الاسكندرية يعتبر جزء من بيانات مكانية وصفية بينما خطوط كثافة سكانها جزء من بيانات مكانية تصور إحدى خصائصها السكانية ، وإحداثيات حدود محافظتها بيانات وصفية تبين الشكل والامتداد والمساحة .

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

١ــ للعناصر المكانية حدودها الداخلية التى تميزها وتبين موقعها فى الفراغ . وبالنسبة للبيانات الجغرافية فإن هذه الحدود عادة ما تكون معقدة تبين نزعة الظواهر الجغرافية إلى تواجدها فى انماط غير منتظمة . وتسجل تلك الحدود فى 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 فى المدن التى تخطط تبعا لنظام احداثيات خاص بها .

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

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

٣ــ تتميز البيانات المكانية بأنها ذات بعدين أو ثلاثة أبعاد ، ولذلك تنشأ مشكلة عند تحويل نموذج البيانات الى نظام بيانات ونظام ملفات صالحة لأجهزة الحاسب الآلى واجهزة الترقيم digitizers التى تحول النقط والخطوط والمساحات الى رموز رقمية يمكن قراءتها بالحاسب عن طريق تسجيل الاحداثيات المكانية . فمن المعروف أن ذاكرة الحاسب ذات طبيعة خطية أى ذات بعد واحد يمكنها تخزين البيانات على شكل قوائم فى مجرى خط متصل ، وإذا كان من السهل فى الوقت الحاضر بالنسبة لأجهزة الجيل الأخير للكمبيوتر تخزين بيانات ذات بعدين أو ثلاثة أبعاد فى نمط خطى على شكل قوائم ، فإن احداثيات العناصر لا تحتوى على الطبولوجيا الأساسية فى شبكات الخطوط أو الأشكال المساحية المتجاورة ، ولا على العلاقات الضمنية (فرق ، إلى اليسار ، قريب من) ، تلك العلاقات التى يمكن النظر اليها على أنها بيانات لها أهمية بالنسبة للجغرافى عند وصف وتحليل البيانات المكانية (Dacey & Marble, 1965) .

الشروط (الضوابط) التى يجب مراعاتها عند انشاء نظام بيانات مكانية :

وتعرف تلك الضوابط بـ « دالة VSAM » وتنطق (VEE SAM) وهى اختصار لـ "Virtual Storage Access Method" . وقد جاء فى معجم مصطلحات الكمبيوتر أنها تعنى (أسلوب نيل تكون فيها السجلات ذات الأطوال الثابتة والمتغيرة مخزونة على جهاز خزن للنيل المباشر فى تسلسل معلمى أو تسلسل إدخال أو تسلسل حسب ارقام السجلات . ويتم نيل السجلات المخزونة من التسلسل المعلمى وفقا لمعلم فريد مثل رقم موظف ، ويتم نيلها فى التسلسل

الادخال وفقا للترتيب الذى تم خزنها به ، ويتم تبنها حسب أرقام السجلات بواسطة رقم سجل منسوب اليها)[*] . ومن وجهة نظر الباحث فإنها تعنى الطريقة العملية لخزن البيانات واسترجاعها بسهولة . ومن نافلة القول أن الطرق المتاحة حاليا لخزن البيانات واسترجاعها يجب مراعاتها عند إعداد نظام البيانات data structure ونظام ملف البيانات File structure، كما أن اسلوب التخزين يؤثر فى خصائص الخزن storage والمعالجة manipulative والاسترجاع retrieval. ولقد اتفق المشتغلون بعلوم الكمبيوتر على أن اسلوب خزن 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 فى تحويل المصطلحات النسبية الوصفية إلى قيم وإشارات رقمية . كما أن القوة robustness تعنى مدى القدرة على خزن البيانات غير العادية كبيانات المضلعات بكل ما فيها من عناصر وعلاقات . وتعنى الكفاءه كفاءة التخزين وكفاءة الوقت عند الاسترجاع ، وسهولة التوليد هو مقدار الجهد المبذول لاستنطاق ما تقضى به البيانات فى أشكال أخرى كالرسوم البيانية أو الخرائط أو المجسمات التى 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 لانشاء نظام data structure مناسب لها . على سبيل المثال إذا كانت المادة الخام لموضوع جغرافى عزيزة يلزم لها إنشاء قاعدة بيانات كبيرة ، ويجب أن تعمل فى انسجام بين كفاءة المعالجة وسهولة الاسترجاع ، فإن ذلك يحتم الأخذ فى الاعتبار تحقيق الشروط الثلاثة الأولى .

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

(*) مؤسسة الأبحاث اللغوية معجم مصطلحات الكمبيوتر — تيغوسيا — فوس ، ١٩٨٥ ، مترجم عن :

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

وتنبع هذه الصعوبة من حقيقة معرفتنا المحدودة كجغرافيين بخصائص نظام العد (الحساب) العشرى وكيفية تفاعله مع النظم العشرية الأخرى . كما أن عملية نمذجة البيانات المكانية مازال ينظر اليها كعملية فنية اكثر منها علمية . وستظل خبرة الباحث هى العامل الأساسى فى تفسير نظام جغرافى يلزم تحديده أولا كى ينشأ له نموذج بيانات مناسب لنظام معلومات جغرافية متكامل

نماذج البيانات الجغرافية

يستخدم الجغرافيون الذين يعتمدون على الكمبيوتر فى تخزين وتحليل البيانات الجغرافية انماطا مختلفة من نظم البيانات بعضها تقليدى نشأ مع البدايات الأولى لاستخدام الكمبيوتر فى تحليل وعرض البيانات والآخر حديث . ومازالت هناك محاولات لانشاء نماذج تناسب مع بيانات الموضوعات الحديثة التى تعالجها الجغرافيا فى الوقت الحاضر ، ومع مناهج وأساليب البحث المستحدثة . على سبيل المثال جغرافية السلوك البشرى المكانى والجغرافيا الصحية والجغرافيا الحضارية والتى تتطلب توفير بيانات خام من نوع جديد تتصل بعلوم انسانية عديدة كالاجتماع وعلم النفس والانثروبولوجيا الحضارية والتربية والاقتصاد والجريمة والصحة العامة والسلوك الحضارى . ويتم التعبير عن كثير من هذه البيانات كمصطلحات والفاظ وصفية تحتاج الى الاتفاق على وسيلة تعبير رقمى أو رمزى حتى يمكن إدخالها فى نموذج بيانات ومن ثم انشاء نظام بيانات يستطيع إدخالها فى الحاسب الآلى لمعالجتها .

وتقدم البيانات الجغرافية التقليدية للتحليل عن طريق نماذج ذات بعدين كالخرائط (Boudr, 1967) ويمكن النظر الى الخريطة على أنها أسلوب تخزين لبيانات مكانية يسهل استرجاعها وتحديثها يدويا كى تستخدم فى عمليات قياس وتحليل أخرى . وعملية تحديث الخريطة للحصول على بيانات خام منها أو لعرض نتائج تحليل بيانات عليها عملية شهيرة مستهلكة للوقت فضلا عن متطلبات المهارة والدقة فى رسم الخريطة نفسها .

وهناك نمطان آخران لنماذج البيانات المكانية تم تطويرهما لخزن البيانات فى صورة رقمية هما : نمط الأجاهى Vector ونمط موزايكى Tessellation (شكل ٤) . والنمط الأجاهى عبارة عن ترتيب عنصر الظاهرة الجغرافية فى بعد

وحدد له اتجاه فى الفرع مثل خط الكنتور أو خط مجرى المائى أو خط الطريق أو خط الحدود . وتسجل هذه الخطوط على شكل سلسلة من نقط احداثية ، أو بمعنى آخر تقسيم الخط الى اجزاء طول كل جزء يساوى صفر (نقطة) يمكن تسجيلها باحداثيات . أما النمط الموزايكى فهو عبارة عن نظام يتكون من شبكة من عيون mesh أو شبكة من الخلايا ، وكل خلية عبارة عن وحدة مساحية فى الفراغ مثل حوض مجرى مائى من الرتبة الأولى أو بلوك من المبانى تحدده الشوارع المحيطة به .

ويمكن تسجيل خطوط الاتجاه أو حدود الخلية بواسطة خطوط المسح الأفقية على شاشة انبوب الكاثود scanner فى جهاز الكمبيوتر ، أى يمكن إدخال البيانات بحيث يضيء شعاع الانبوب النقط الصحيحة على الخطوط لتشكيل الرموز والمنحنيات لانتاج الخطوط المطلوبة (سواء خطوط اتجاهية أو خطوط حدود الخلية فى شبكة الموزيك) ، كما يمكن استخدام الـ linght pen الحديث . ونماذج البيانات التى تستخدم النمط الاتجاهى اكثر شيوعا من نماذج البيانات القائمة على تخطيط شبكة الموزيك ، سواء كانت شبكة من اشكال منتظمة كالمربع أو المستطيل أو الشكل السداسى ، أو كانت شبكة من أشكال غير منتظمة . كما أن تخطيط شبكة موزيك من مضلعات ذات خطوط منتظمة اكثر استخداما من تخطيط مضلعات من انماط أخرى (Coxeter, 1973) .

وهناك نمط ثالث لنموذج البيانات المكانية يعكس تطور حديث فى المعالجة بالحاسب الآلى يجمع بين النمط الاتجاهى والنمط الموزايكى .

وفيما يلى عرض لخصائص كل من نموذج البيانات الاتجاهى ونموذج البيانات الموزايكى وكيفية العمل بهما فى تمثيل البيانات الجغرافية المكانية .

أولا : نموذج البيانات الاتجاهى Vector data model :

توجد عدة نماذج بيانات من هذا النمط يبرز منها النماذج الأربعة التالية والتى تعتبر اكثر استخداما وقبولا لدى الجغرافيين :

١ـ النموذج غير المنتظم	Spaghetti
٢ـ النموذج الطبولوجى	Topologic model

٣ــ النموذج العاكس لوضع المضلعات Polyvert model

٤ــ نموذج السلاسل المكودة Chaincodes model

١ــ النموذج غير المنتظم Spaghetti model :

وهو نموذج كارتوجرافى حقيقى وفيه ينظر إلى الخط على أنه أبسط نموذج بيانات اتجاهى للمعلومات الجغرافية أى ترجمة خطية للخريطة . ويبين (شكل ٥) أن أى عنصر خطى بالخريطة عبارة عن سجل فى الملف الرقمى ، ويبين كسلسلة من نقط احداثيات سينية وصادية . وهذا النظام بسيط لأن الخريطة فى جوهرها عبارة عن نموذج بيانى . ويعتبر ملف الاحداثيات السينية والصادية نظام بيانات data structure . ويترجم نموذج الخريطة وهى مستوى بلانيمترى أى ذات بعدين فى قائمة list أى فى نموذج ذى بعد واحد . وهذا يعنى أن أى عنصر مكانى على الخريطة : محلات عمرانية ، طرق ، ترع ومصارف ، حدود ، خطوط كنتور ، نقط مناسيب ... الخ سوف يترجم فى قائمة . ويعتبر ملف البيانات الكارتوجرافية الرقمى الذى ينشأ بهذا الاسلوب ملف غير منتظم spaghetti file لأنه ببساطة عبارة عن تجميع لسلاسل إحداثيات مكومة بعضها فوق بعض بدون نظام . أما المضلعات المسجلة بهذا الاسلوب فهى عبارة عن سلسلة احداثيات سينية وصادية مقفلة تحدد حدودها . وبالنسبة للمضلعات مشتركة الحدود فتسجل احداثيات نقط الضلع المشترك مرتان أى مرة لكل مضلع .

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

العمرانية = عدد المحلات العمرانية فى الوحدة الادارية / مساحة الوحدة الادارية أو معدل التسميح لحوض

تصريف ما = مجموع التؤات البارزة فى أى خط كنتور بالحوض / طول محيط الحوض) ويمكن

القول أن أوجه النقص فى تخزين العلاقات المكانية ونتائجها ليس لها قيمه جوهرية فى عملية إعادة انتاج الخريطة مما يجعل هذا النموذج البسيط مناسباً فى التطبيقات

التى تتصل بانتاج الاشكال الكارتوجرافية البسيطة بمساعدة الحاسب الآلى . ولكن يجب الإشارة إلى وجوب المراجعة البصرية للمخرجات البيانية خاصة فى عملية تحديث بيانات الخريطة .

٢ــ النموذج الطبولوجى Topologic model :

يعتبر تسجيل المعلومات ذات العلاقة بالظاهرة فى نموذج بيانات طبولوجى Topologic data model من أبسط الأساليب لحفظ العلاقات المكانية بين عناصر الظاهرة موضع الدراسة ، ويبين (شكل ٦) مثال مبسط لهذا النموذج . والعنصر الأساسى فى 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 المضلعات التى تجاور الخط من جانبيه . ويحفظ هذا الأسلوب كثير من العلاقات المكانية بطريقة واضحة حتى يمكن استخدامها فى اغراض التحليل . كما يتيح هذا النموذج خزن التحديد المكانى للنقط والخطوط والمضلعات بطريقة مختصرة تناسب المضلعات المتجاورة كما هو واضح فى (شكل ٦) ، والذى يلاحظ فيه أن كل عنصر خطى خاص بتحديد المضلعات والمعلومات المتاحة لها من الجانبين قد تم تسجيله مرة واحدة فقط بعكس الحال فى النموذج غير المنتظم .

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

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

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

ويتضمن تسجيل كل عنصر خطى احصاءات المواقع والبلوكات السكنية المحددة للمضلع (شكل ٨) . ويعتبر هذا النموذج فى تلك الحالة تطوير نموذج البيانات الطبولوجى البسيط العام . والاختلاف الوحيد هو أن كل عنصر خطى يتم تعيين اتجاهه عن طريق تسجيله من عقدة سفلى Low node الى عقدة عليا high node ، والنتيجة خط بيانى اتجاهى يمكن مراجعته وملاحظة أى عنصر مفقود أو أية أخطاء فى الملف بتتبع الخط الذى يعين حدود كل بلوك (مضلع) احصائى فى الملف . ويتم ذلك بالسير حول الخطوط المحددة للمضلع ومطابقة 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 المحلى (الكارتيزى) أو العالمى (UTM) . ففى بعض الدراسات الجغرافية التطبيقية على المستوى الميكروسكوبى لا يمكن استخدام نظم الاحداثيات المعروفة فى التحديد المكانى للظاهرة .

والمشكلة الرئيسية التى تقابلنا فى نموذج GBF/DIME هى أن العناصر الخطية لا يمكن تسجيلها فى ترتيب مسلسل sequnce 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 بعدد الأضلاع المحددة للمضلع وهذه عملية شاقة .

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

٣ــ النموذج العاكس لوضع المضلعات Polyvert(*) :

تبين من استخدام نموذج البيانات الطبولوجي العام ، ونموذج الـ GBF/DIME المطور عنه صعوبة استرجاع البيانات لمراجعتها وتصحيحها أو لإضافة بيانات حديثة مكملة ، وقد اتجه الجغرافيون من مصممي نماذج البيانات المكانية ونظمها الى تطوير نموذج جديد للتغلب على تلك المشكلة . ويعرف هذا النموذج باسم الـ Polyvert الذى يتميز ببساطته ووضوحه وإمكانية تخزين البيانات الاحداثية لكل عنصر خطى يبدأ وينتهى عند عقده node التى هى نقطة تقاطع أو التقاء سلسلتين احداثيتين . وفى هذا النموذج لا تخزن البيانات الاحداثية للعقدة كجزء من سجل سلسلة الاحداثيات ولكن يعطى لها مؤشر(**) (رمز) خاص وتسجل فى ملف منفصل خاص بتلك العقد . وبذلك يمكن استرجاع بيانات أى عنصر خطى عن طريق احداثيات عقدة بدايته المسجله فى ملف العقد . أما بالنسبة للسلسلة بيانات العناصر الخطية الفردية التى لا تشترك فى مضلع واحد فإنها تخزن فى ملف المضلعات التى يتضمنها . ويلاحظ أن سجلات السلاسل الفردية تحتوى على نفس الاتجاه البسيط ونفس المعلومات الطبولوجية المستخدمة فى نموذج الـ GBF/DIME ، أى تبدأ من عقدة وتنتهى عند عقدة ، وكذلك المعلومات المجاورة لها من الناحيتين اليمنى واليسرى . وكذلك يشار إلى المساحة الخارجية التى تجاور هذا العنصر الخطى الفردى بالمضلع صفر مثل سلسلة بيانات العنصر الخطى ١٣ فى (شكل ٩) .

ويحقق هذا النظام عدد من المزايا فى الاسترجاع والمعالجة اليدوية تتلخص فيما يلى :

(أ) يتيح التركيب الهرمى للبيانات استرجاع أى مستوى بيانات بسرعة .

(*) ابتكر هذا النموذج بوكر Peucker وكرهان Chrisman عام ١٩٧٥ ، واستخدم فى معمل جامعة هارفارد فى اواخر السبعينات . ويتركب مصطلح Polyvert من مقطعين Poly وتعنى Polygon أى مضلع ، Vert وتعنى converter التى العاكس لوضع ما .

(**) المؤشر عبارة عن عنوان يشير الى موقع الخزن الذى يمكن خزن البيانات فيه أو استرجاعها منه ويمكن اعتبار أى عنوان بمثابة مؤشر لأنه يشير الى موقع خزن معين . وفى اغلب الأحيان فإن كلمة مؤشر تعنى عنوانا مخزونا فى سجل أو قطاع يشير الى سجل آخر فى الملف (معجم مصطلحات الكمبيوتر)

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

(جـ) لا تسترجع الاحداثيات الفعلية للخطوط عند حساب المسافات أو تحديد الاتجاهات .

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

(هـ) يسمح الفصل بين بيانات العناصر الخطية وبيانات النقط العقدية بفعالية اكبر للذاكرة المركزية في الحاسب الآلي . ويعتبر هذا الفصل ميزة رئيسية عند التعامل مع مضلعات ذات حدود معقدة مثل حدود احواض مجارى الرتب 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 الاخلال بأساس النموذج مثل إضافة عدد آخر من المضلعات . ومن أوضح الأمثلة على ذلك استخدام هذا النموذج في تمثيل خريطة جمهورية مصر العربية والتى تمثل المستوى الأعلى وحدود المحافظات ثم حدود المراكز وأخيراً حدود النواحى الإدارية في مستويات تالية ، بل ويمكن تعديل أى مستوى وإضافة مستوى جديد عند إنشاء مراكز جديدة أو محافظة جديدة . كما يمكن إضافة حدود الاقاليم الزراعية وحدود الأقاليم الصناعية وحدود الأقاليم السكانية وكذلك الأقاليم التخطيطية .

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

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

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

وإذا كان هذا النموذج يحقق هذه المزايا العديدة فإن له عيوبه ولكنها — فى رأى الباحث — لا تقلل بأى حال من إمكاناته فى البحث الجغرافى . ويمكن ايضاح تلك العيوب فى :

(أ) يؤدى الفصل الطبيعى 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 بيانى non-data ، وتضيف عناصر المؤشر حجم زائد الى النموذج . وفى الواقع لا تستطيع قواعد البيانات databases تحمل هذه الكمية من العناصر غير البيانية لأنها فى الأصل تحتوى على عدد كبير من بيانات العناصر الخاصة بالظاهرة موضع الدراسة .

(ب) صعوبة اكتشاف أو تصحيح المؤشرات غير الصحيحة .

٤ــ نموذج السلاسل المكوّدة Chain codes[*] :

تعتبر أساليب السلاسل المكوّدة طريقة احداثيات اكثر منها نموذج بيانات ، وهى ترمى إلى تحسين وتطوير امكانات التحليل ومعالجة البيانات المكانية داخل نماذج البيانات ، ولكن عادة ما ينظر اليها على أنها نموذج بيانات قائم بذاته .

ويعرف اسلوب السلاسل المكوّدة 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 البيانات منفصلة منطقيا ولكن مربوط بعضها ببعض الآخر مؤشر موجود فى كل جزء من البيانات (المعجم منفصلة لتحليل الكمبيوتر) .

الإتجاهات هى الإتجاهات الأصلية والفرعية المعروفة . وعند استخدام هذا الشكل لتكويد بيانات عنصر خطى على شبكة وحدة معطية فإنها تخرج فى شكل رقمى مندمج . وكما يظهر فى (شكل ١٠) فإن بيانات الاحداثى السينى والصادى (X,Y) لنقطة بداية العنصر الخطى هى التى تسجل فقط . وتقدم هذه الطريقة تبسيط مميز لرسم البيانات الإتجاهية لمجرى مائى أو شبكة طرق .

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

الشكل الأول :

يستخدم ٤ أو ٨ أو ١٦ أو ٣٢ اتجاه ترميزى لشبكة المربعات (Freeman, 1979) . ويسمح نظام ترميز الاتجاهات الأربعة بتسجيل كل كود فى حقلين ، ويكفى هذا فى تمثيل بيانات الخطوط المتعامدة على بعضها مثل خطوط التصريف فى نظام التصريف المتشابك أو عند تمثيل مدينة ذات خطة شطرنجية أو بعض العمليات المساحية كشبكة مربعات الميزانية الشبكية . أما نظم ترميز الإتجاهات الستة عشر والاثنتان والثلاثون فإنها تلائم المنحنيات والخطوط ذات الإتجاه العشوائى مثل خطوط التصريف فى 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 المكوّده Rester cham codes أو كما تسمى "RC code" . وقد توصل إلى هذا الأسلوب ستيدمان عام ١٩٧٩ (Cederberg, 1979) . وهى نمط من خطوط المسح الأفقية على شاشة الحاسب الآلى من خلال البؤرة أشعة الكاثود ، حيث تجعل معطيات الدخل للعتاد الالكترونى يضئ النقط الصحيحة على خطوط المسح لتشكيل المنحنيات ، خطوط الاتجاهات المتصلة

يستخدم هذا النظام نصف عدد الاتجاهات الثمانية القياسية ، فالاتجاه الغربى هو فى نفس الوقت مقلوب لاتجاه الشرق ، والاتجاه الشمالى الغربى مقلوب الاتجاه الجنوبى الشرقى وهكذا (شكل ١٢) . وقد صمم هذا النظام لمعالجة خط المسح فى نظام الـ raster لانتاج تسق بيانات اتجاهية على شكل سلاسل متكوّدة بحيث يتم ترتيب الخطوط من أعلى الى أسفل ومن اليسار إلى اليمين ، بحيث لا نقابل اتجاهات عائدة back wards vectors . وبذلك فإننا لا نحتاج إلا الى نصف عدد الاتجاهات الثمانية القياسية أى أربعة اتجاهات 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 المقفولة فإن اختيار أجزاء التى سوف تعكس تعتمد على الخط العمودى الذى ينصف المضلع بحيث تكون مجموعة قيم النقط الموجبة على يمين الخط مساوية لمجموع قيم النقط السالبة على يساره (Chakravarty, 1974) . وتستخدم تلك الطريقة فى شبكة الاشكال السداسية اكثر من استخدامها فى شبكات المربعات (Scholton & Wilson, 1983) .

ويتميز اسلوب السلاسل المكوّدة بما يلى :

(أ) امكانية دمج نماذج السلاسل المكوّدة فى نماذج أخرى للحصول على مزايا كل منهما .

(ب) يعتبر الكود الاتجاهى اكثر كفاءة من الاحداثيات الكارتيزية خاصة عند استخدامه فى النموذج غير المنتظم ، لأن طريقة توقيع أى اتجاه هى الرسم عن طريق عناصر خطية قصيرة متتابعة باستخدام ثمانية اتجاهات أو نصفها .

(جـ) يعتبر الكود الاتجاهى اكثر ملائمة لعمليات القياس وتحليل الاشكال .

(د) لا تحتاج المخرجات البيانية الناتجة عن هذا الاسلوب الى ترجمة احداثية للنقط (X.Y) .

أما العيب الرئيسى لنماذج السلاسل المكوّدة 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 سلسالى chained file يتم فيه ربط كل السجلات فى معلم ما بمؤشر موجود فى كل سجل ، وتؤمن تلك السجلات استرجاعاً أسرع من الملفات المتعاقبة لكنها تتطلب حيز خزن أكبر للمؤشرات وللفهرس .

ثانيا : نموذج البيانات الموزيكى Tessellation model :

تمثل نماذج الموزيك أو نماذج شبكة المضلعات اسلوب اتجاهى مزدوج ، إذ يعتبر المضلع خلية يسجل بها البيانات المكانية فى نماذج اتجاهية ، ومن هنا جاءت صفة الازدواجية . وينظر الى المضلع باعتباره وحدة بيانات أساسية Basic data unit . وهناك عدة نماذج موزيكية تصلح لمعالجة البيانات الجغرافية المكانية .

١ــ نماذج موزيك شبكة الاحداثيات والمضلعات المنتظمة الأخرى :

Grid & other regular tessellations:

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

وتأتى شبكة المربعات الاحداثية فى المركز الأول من حيث الاستخدام لتوافقها مع بناء نظم البيانات فى برامج لغة الفورتران Fortran programming language ، بالاضافة إلى ملائمتها لكثير من أجهزة الحاسب الآلى التى تقوم بخزن البيانات المكانية وإخراجها . وكذلك قابليتها لمزج عدة لغات حاسبية فى برنامج واحد مما يسهل عملية البرمجة بصفة عامة .

وفى المحاولات الأولى لإنشاء الخرائط بالحاسب الآلى كانت لطابعة السطرية line printer هى الأداة المتاحة لتمثيل المخرجات البيانية graphic output ، (Tobler, 1959) وكان ينظر الى كل نقطة احداثية (رمزية) على العنصر الخطى على أنها خلية cell فى شبكة مربعات . وعلى الرغم من الإضافات التكنولوجية التى جاءت بعد ذلك إلا أنها لم تغير من هذا النظام ، اذ كان الهدف من تلك

لاضافت زيادة سعة الخزن وزيادة سرعه الاسترجاع حتى تمكن التعامل مع بيانات كبيرة الحجم . بالاضافة الى تحسين اخرجات البيانية باستخدام الماسحات الخطية raster scanners والمرقمات digitizing devices ، وإحلال انبوب أشعة الكاثود CRT* محل الطابعة السطرية . كما أن أجهزة الاستشعار من بعد مثل Landsat Mss تعالج البيانات فى ضفاء شبكة احداثيات (Peuquet & Boyle, 1984) . وقد تولد من كمية البيانات الضخمة المجمعة باسلوب شبكة الاحداثيات الموجهة واجهزة ادخال البيانات قصورا ذاتيا محدودا تجاه تناول تلك البيانات بهذا الأسلوب .

وتتميز الأشكال السداسية المنتظمة بتساوى المسافة بين مركز الخلية والخلايا المجاورة لها ، وكذلك تساوى المسافات بين المركز والنقط المحددة لمحيط الخلية . بالإضافة الى التناسق الاشعاعى من مركز الخلية مما يجعل البحث عن البيانات الاحداثية واسترجاعها اكثر سهولة . بعكس الحال بالنسبة للمربع فإن المسافات بين نقطة المركز ونقط المحيط غير متساوية .

أما الأشكال المثلثية سواء كانت منتظمة أو غير منتظمة فتتميز بأنها حرة التوجيه مما يجعل عملية ربط الخلية المثلثية بخلايا مجاورة من نفس الشكل أو من أشكال أخرى رباعية أو سداسية عملية سهلة . ويعتبر الشكل المثلثى مناسبا لتمثيل البيانات الجيومورفولوجية الخاصة بدراسة خصائص شكل سطح الأرض . إذ تستخدم رؤوس المثلث فى تعيين المنسوب (شكل ١٥) أى قيمة الأحداثى Z ، كما أن الأضلاع تستخدم فى تسجيل بيانات اتجاه المنحدر وقيمته . ويعتبر موزيك المثلثات غير المنتظمة (غير متساوية الأضلاع وغير متساوية الزوايا) اكثر شيوعا فى نماذج بيانات الدراسات الجيومورفولوجية من المثلثات المنتظمة ، لأن بيانات الأشكال الجيومورفولوجية عادة لا تجمع فى شبكة عينات منتظمة . ويفضل استخدام موزيك المثلثات المنتظمة فى تسجيل البيانات الخاصة بانشاء الخريطة الكنتورية لأنه اكثر سهولة وملاءمة لطبيعة بيانات نقط المناسيب خاصة فى الميزانيات الشبكية (Bengtsson & Nordbeck, 1964) . وعند تطبيق معيار الكفاءة

---

* انبوب أشعة الكاثود عبارة عن شاشة تشبه شاشة التليفزيون لمشاهدة البيانات عليها ، وهى تعرض عادة من ٢٠ ــ ٢٤ سطراً من البيانات ، وتحتوى كل سطر على ما يتراوح بين ٦٠ ، ٨٠ حرفاً

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

٢ــ نماذج الموزيك المتداخل Nested tessellation models

عندما يكون لدى الباحث الجغرافى 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 فى 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 . ويترتب على هذا هبوط فى كفاءة البحث عن ملف ما ضمن هذا الكم الكبير من الملفات ، ومن هنا جاءت فكرة نماذج الموزيك المتداخل .

ويمكن تقسيم موزيك شبكة المربعات الاحداثية وموزيك شبكة الاشكال المثنية فى المستوى البلانيمترى الى خلايا أصغر لها نفس الشكل (شكل ١٤) . ولكن هناك فروقا أساسية عند تقسيم كل من المربع والمثلث والسداسى . 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 السداسى إلى أشكال سداسية أصغر ، ولكن يمكن تقسيمه إلى شكل ورده سداسية مستنة الأحرف وهى شكل تقريبى للشكل السداسى الأساسى (شكل ١٣) .

ويتميز هذا الموزيك المقسم كنموذج ونظام للبيانات المكانية بعدة ميزات تجعله مقبولا لدى الباحثين الجغرافيين ولدى المشتغلين بالحاسب الآلى . ويتلخص هذا النظام ــ بداية ــ فى 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 التى تربط المجموعة اسم المسارات path ، ويسمى هذا الهيكل العام لتنظيم البيانات

بالنظام الشجرى Tree System أو نظام شجرة الملفات . ويعتبر نموذج الشجرة الرباعية Quadtree الذى يقوم على تقسيم شبكة المربعات الاحداثية الى شبكة مربعات أصغر أكثر النماذج استخداما (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 متوازية ومنتظمة . ويعتبر هذا التقسيم فى حد ذاته نموذج 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 الكارتوجرافية فإن هذه الأشكال الناتجة عن تقسيم الشكل الأصلى ذات مقاييس أو رتب مختلفة تقوم على أساس متوالية هندسية تتقدم بقوة ٤ (١ــ٤ــ١٦ــ٦٤ــ .. ..) وتتسق مع نظام الاحداثيات الكارتيزية . ويترتب على تغيرات المستوى فى هذا النظام ضرورة اتباع اسلوب خزن 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 مختزنة 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 تبعا لحجم التخزين .

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

والميزتان الأولى والثالثة تتعلقان أيضا 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 الهرمي الذي يقوم على فكرة التقسيم المتتابع . وأول من وصف نظام الشجرة الرباعية Klinger عام ١٩٧١ في بحثه « نماذج البيانات المكانية » (Klinger, 1971) . (Klinger & Dyer 1976) واطلق عليه اسم Q-tree . كما استخدم هذا النظام كل من فينكل Finkel وبنتلي Bentley عام ١٩٧٤ عند تقسيمهما للمستطيل تقسيما ربعيا يقوم على اختيار نقطة معينة يبدأ منها التقسيم وليس على أساس تقسيم ربعي 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 الربعي Point Quadtree لتفادي الخلط بينه وبين نموذج الشجرة الرباعية الأصلي (Finkel & Bentley, 1974) . ويعتبر هذا النموذج من وجهة نظر الباحثين تعديل خاص لشجرة بحث ثنائية الأبعاد (Knuth, 1975) . أما هنتر Hunter فكان أول من استخدم المصطلح بصورته الحالية Quadtree (Hunter, 1978) .

ونموذج بيانات الشجرة الرباعية يرتبط بالشكل الهرمي ، والهرم ببساطة عبارة عن تراكم أمي متناقص لمصفوفات منفصلة ، وطول كل مصفوفة $\frac{1}{4}$ طول المصفوفة السابقة لها ، ولا يوجد ربط بين مستوى مصفوفة ما ومستوى المصفوفة التي تعلوها . ويتيح هذا النظام اكتشاف وتحديد أي 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 الى البيانات ذات الطبيعة المكانية . أفضل مثال لهذا النوع من نظم البيانات نظام الشجرة الثنائية Oct tree (ذات الثمانية أفرع) أو كما تسمى أحيانا بالشجرة الرباعية ذات الأبعاد الثلاثة . والشجرة الرباعية توجد لتعبر على رتب (مستويات) مختلفة من البيانات في المستوى الثلاثي ، وهذه

تحميلها بيانات خاصة بالبعد الثالث مثل المنسوب أو العمق أو تحميلها بيانات خاصة بالاحجام أو خصائص الشكل فى الفراغ ينتج عنها غابة forest من الأشجار الرباعية . ونتوقع أن هذا النظام نراه فى قاعدة البيانات الاحداثية gridded databese التى تحمل احداثيات سينية وصادية واحداثيات البعد الثالث ، (Jacking & Tanimoto, 1980) ، (Reddy & Rubin, 1978)Z ، (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 ورده سداسية مسننه . وهذا يستدعى أن يكون الشكل السداسي الأصغر الداخل 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 تقريبى (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 فرع عنوان adress 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 فى 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 المتبعة

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

فى مجموعات المربع والمستطيل ، إلا أنه يسمح باسترجاع بيانات الملفات المخزنة بصورة أسرع .

وهكذا نرى بصفة عامة أن معظم نماذج ونظم البيانات المتطورة عن نمط الشجرة الرباعية المرتبط بنظام العد العشرى قد قامت على نظام التخزين الشجرى وعنوان فهرس الملفات الذى يعتبر كمؤشر لتسهيل عملية الاسترجاع . ولكن يشترط بصفة أساسية أن تنظم البيانات فى الملفات فى شكل قائمة list .

(ب) نموذج نقطة التقسيم الربعى Point Quadtree : يقوم هذا النموذج على اختيار نقط بيانات أساسية تقسم منها المنطقة الى أربعة أقسام حول كل نقطة (شكل ١٧) ، وينتج عن هذا التقسيم شجرة من الدرجة الرابعة . وليس من الضرورى أن تحتل هذه النقط مراكز المربعات أو المنطقات . وإذا كان تنظيم البيانات فى الشجرة يتم على أساس الموقع النسبى للنقط المختارة ، فإن هذا ينعكس على عملية الاسترجاع فتصبح أسرع ، كما أن العمليات الحسابية الخاصة بالعلاقات بين العناصر المتجاورة تتم بسلاسة وسهولة .

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

وقد طور Bentley عام ١٩٧٥ هذا النموذج لتفادى ضخامة الفروع عن طريق تقسيم المنطقة حول نقط البيانات المختارة الى قسمين بدلاً من أربعة ، ونتج عن هذا الأسلوب شجرة من الدرجة الثانية (شكل ١٩) (Bentley, 1975) . ويدور محور التقسيم حول احداثيات النقط المختارة فى المستويات المختلفة فى الشجرة ، وبحيث يقسم المحور السينى الى أقسام متساوية ، والمحور الصادى الى أقسام غير متساوية حسب طبيعة البيانات المراد إدخالها فى النظام . وهكذا نرى أن الأسلوب الثانى لبنتلى يمكن التحكم فيه على الأقل فى اتجاه المحور السينى لمسافات يحددها الباحث نفسه ، وبالتالى استطالة الفرع ينحصر فى متجهات المحور الصادى .

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

٣ــ الموزيك غير المنتظم Irregular tesellation :

هناك اشكال عديدة لشبكة الموزيك غير المنتظم يبرز منها اشكال المربع والمثلث وخلايا الاشكال الرباعية . والميزة الاساسية لهذا النمط من الموزيك تتمثل فى إمكانية استبعاد البيانات الزائدة عن الحاجة أو التخلص من بعض البيانات المتوفرة لتيسير عملية التحليل . كما يقدم إمكانية تشكيل شبكة تتوافق مع شكل التوزيع المساحى للبيانات . وبمعنى آخر أن هذا النموذج يعتبر بمثابة مشروع يمكن تعديله من حين لآخر اثناء القيام بالتحليل تبعا لإدراك الباحث لحجم الظاهرة وتوزيعها وكثافتها ، ومن ثم يخطط المضلعات المناسبة لها . اذ يمكن تخطيط خلايا المضلعات بحيث تعكس كثافة البيانات داخل كل خلية باعتبار أن الخلية ما هى إلا حاوية تحمل عدد مرات ظهور البيانات . وعلى ذلك يمكن أن تكون الخلية ذات مساحة اكبر لتعكس مدى تبعثر الظاهرة أو ذات مساحة صغيرة عندما تكون البيانات كثيفة . أى أن حجم وشكل وتوجيه الخلايا انعكاس 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 التقيد بشكل هندسى منتظم .

وتعتبر شبكة المثلثات غير المنتظمة والتى تعرف باسم TIN (Triangulated Irregular Network) وتسمى احيانا باسم Delunay Triangels اكثر استخداما من غيرها كنموذج بيانات جغرافية مكانية ، خاصة فى تمثيل بيانات سطح الأرض وتحليل الاشكال الجيومورفولوجية وتظليل التضاريس والدراسات الهيدرولوجية ، اذ يمكن اعتبار رؤوس المثلثات كنقط مناسيب تحدد قيمتها (شكل ٢٠) . وذلك لما يلى :

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

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

(جـ) تتيح توزيع النقط توزيعا يرتبط بموضوع البحث وتسجيل البيانات الخاصة بكل نقطة ، مثل نقط محطات قياس التصريف النهرى 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 لامكان التنبؤ بوقوع سيول مدمرة فى المناطق الجافة وشبه الجافة .

وتواجه شبكة الـ TIN مشكلة رئيسية تتمثل فى إمكانية انشاء شبكة مثلثات يختلف شكلها من باحث لآخر لنفس مجموع النقط . بالإضافة الى ان هناك طرقا مختلفة لحسابات التثليث التى قد تتطلب وقتا أطول بكثير من الوقت اللازم للتعامل مع مجموعة نقط موزعة توزيعا منتظما .

وهناك شكل آخر من اشكال الموزيك غير المنتظم يعرف بمضلعات Thiessen وقد ابتكرها الأستاذ Thiessen, A.H. عام ١٩١١ عند دراسته لكمية الأمطار الساقطة على أحواض التصريف الواسعة ولذلك سميت باسمه . ويتم تخطيط تلك المضلعات على أساس المثلثات غير المنتظمة (شكل ٢١) . وقد استخدمت شبكة هذا النوع من المضلعات لبناء نظم بيانات خاصة بالجغرافيا الاقتصادية . إذ يتم تخطيط الشبكة على أساس تحديد وزن كل نقطة ، أى قوة كل نقطة كى تؤثر فى المنطقة المحيطة بها . وقد استخدم Boots عام ١٩٧٩ هذا الأسلوب بنجاح فى دراسته لجغرافية التسويق ومشكلة اختيار مواقع الأسواق .

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

٤ــ نموذج خط المسح Scan-line model :

يعتبر هذا النموذج حالة خاصة فى نظم شبكات خلايا المربعات . ويتمثل الاختلاف الرئيسى بينه وبين تلك النظم فى أن خلاياه تنتظم فى صفوف متلاصقة ــ عبر مسطح البيانات ــ فى اتجاه المحور السينى ، ولا ترتبط ببعضها برباط منطقى فى اتجاه المحور الصادى . وهذا يعنى أن الخلية بمفهومها الدقيق غير موجودة فى هذا النظام الذى يسمى احيانا بنموذج خطوط المسح raster . ويرجع ذلك الى طبيعة طريقة تكوين خطوط المسح التى تأخذ اتجاها واحداً من اليسار الى اليمين . ويستخدم هذا الاسلوب عدد من أجهزة الترقيم مثل جهاز scitex drum scanner .

وعلى الرغم من أن هذا النموذج أكثر إحكاما من شبكة الاحداثيات ، كما لا يترتب عليه اجراء عمليات حسابية ، إلا أن به عدة قيود تواجه عملية بناء نظامه . يأتى فى 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 . اذ تحتاج معالجة البيانات الخاصة بالعلاقات بين العناصر المتجاورة الى تحويلها لشبكة مربعات احدائية أولاً . وعلى ذلك فإن هذا النموذج غير شائع الاستخدام .

٥ــ نموذج خطوط بينو Peano scans :

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

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

وتتميز خطوط بينو بعدة خصائص تفيد فى معالجة البيانات الجغرافية المكانية هى :

(أ) يمر المنحنى بكل نقطة بيانات فى فراغ القاعدة dataspace مرة واحدة فقط أيا كان موقع هذه النقطة وفى أى مستوى .

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

(جـ) يقوم المنحنى بتعديل نفسه كى يتوافق مع البيانات الخاصة به ومع أية عدد من الابعاد فى الفراغ .

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

ويلاحظ 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 تختلف عن مخطط عناوين مصفوفة مورتون 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 إضافى . وقد استطاع كل من Adel ، Smith ابتكار مخطط يتطابق فيه ارقام العناوين مع مستويات نموذج الشجرة الرباعية (شكل ٢٦) .

ومن مميزات منحنيات بينو فى المجال التكنولوجى لأجهزة الحاسب الآلى انها تساعد فى عمليات الترميز وحفظ البيانات فى النطاق الفراغى والطيفى وعرض الصورة فى المجال متعدد الاطياف . ذلك لأن التقنيات الحديثة فى معالجة وتحليل البيانات المصورة تتم داخل انبوب واحد فقط (انبوبة أشعة الكاثود) أى ذى طبيعة خطية ، ومنحنيات بينو تسمح باختزال البيانات متعددة الابعاد 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 الاتجاهى والنموذج الموزيكى يمكن أن نتلمس 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 الاعتماد على عملية الرسم اليدوى .

ونماذج البيانات الاتجاهية ما هى إلا ترجمة رقمية مباشرة للخطوط والعلامات على الخريطة ، وهذا يعنى أن العمليات الحسابية الخاصة بهذه النماذج هى ايضا ترجمة مباشرة للعمليات الحسابية اليدوية التقليدية ، وبالتالى يعتمد نجاح الباحث فى تناول تلك النماذج على خبرته الشخصية فى أجراء عمليات حسابية . والعيب الرئيسى فى نماذج البيانات الاتجاهية يتمثل فى 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 للتحليل .

وعلى العكس من ذلك فإن العلاقات المكانية هى الأساس التى انشئت عليها نماذج البيانات الموزيكية . وتجاهد التقنيات الحديثة فى تطوير زيادة سرعة وحدات الادخال ووحدات الاخراج فى مناولة البيانات الجغرافية بصفة عامة (عناصر وعلاقات) ، ويتفق هذا مع نماذج الأحداثيات وخطوط المسح . ويعيب تلك النماذج انها غير مندمجة ، بمعنى انها تستطيع تخزين ومناولة كمية ضخمة من البيانات ، ولكن يتأتى ذلك عن طريق عدد كبير من الاسطوانات . ويمكن تفادى هذا العيب باستخدام واستحداث نوعيات من تقنيات الخزن . وهناك عيب شخصى — من وجهة نظر الباحث — يتمثل فى قلة خبرة الجغرافيين فى تناول ومعالجة العمليات الحسابية المتعلقة بهذه النماذج ، لكن يبدو أن هذا العائق سوف يتقلص بل ويتلاشى فى النهاية بالتدريب والتعود على استخدام الحاسبات الآلية فى البحث الجغرافى .

وتتميز نماذج البيانات الاتجاهية والموزيكية بعلاقات مضفية مزدوجة فيما بينها . فالعنصر المنطقى الرئيسى فى النموذج الاتجاهى هو الكيان المكانى spatial entity الذى يمكن تحديده على سطح الأرض أو من داخل مضمون دراسة معينة ، والتنظيم المكانى لهذا الكيان هو ببساطة عملية تخزين منظم لصفات وخصائص هذا الكيان فى النموذج . والعنصر المنطقى الرئيسى فى النموذج الموزيكى هو الموقع فى الفراغ location in space ، ووجود شىء معطى — بلغة الحاسب الآلى — أى بيانات عن هذا الموقع وهو ببساطة عملية تخزين منتظم لصفات وخصائص وعلاقات هذا الموقع فى النموذج .

والخلاصة يمكن للباحث القول انه ليس هناك نموذج ونظام بيانات له خصائص جوهرية تجعله أفضل فى تمثيل الواقع المدروس من غيره ، فأساليب التمثيل والحساب تنبع 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., 'Multidmensional 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 Proces sing, 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- Dacey, 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 Trees: 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 Supperting Report D., U.S. Dept. of the Interior, office of Land Use and Water Planning, 1976.

21- Jackins, C.L. & Tanimoto, S.L., 'Oct-trees and their Use in Representing Three-dimensional Objects'. Computer Graphics & Image Processing, Vol. 14, pp. 249-270, 1980.

22- Klinger, A., 'Patterns and Search Statictics'. 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. & Kunii, 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. & Rubin, 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., 'Automotion 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.

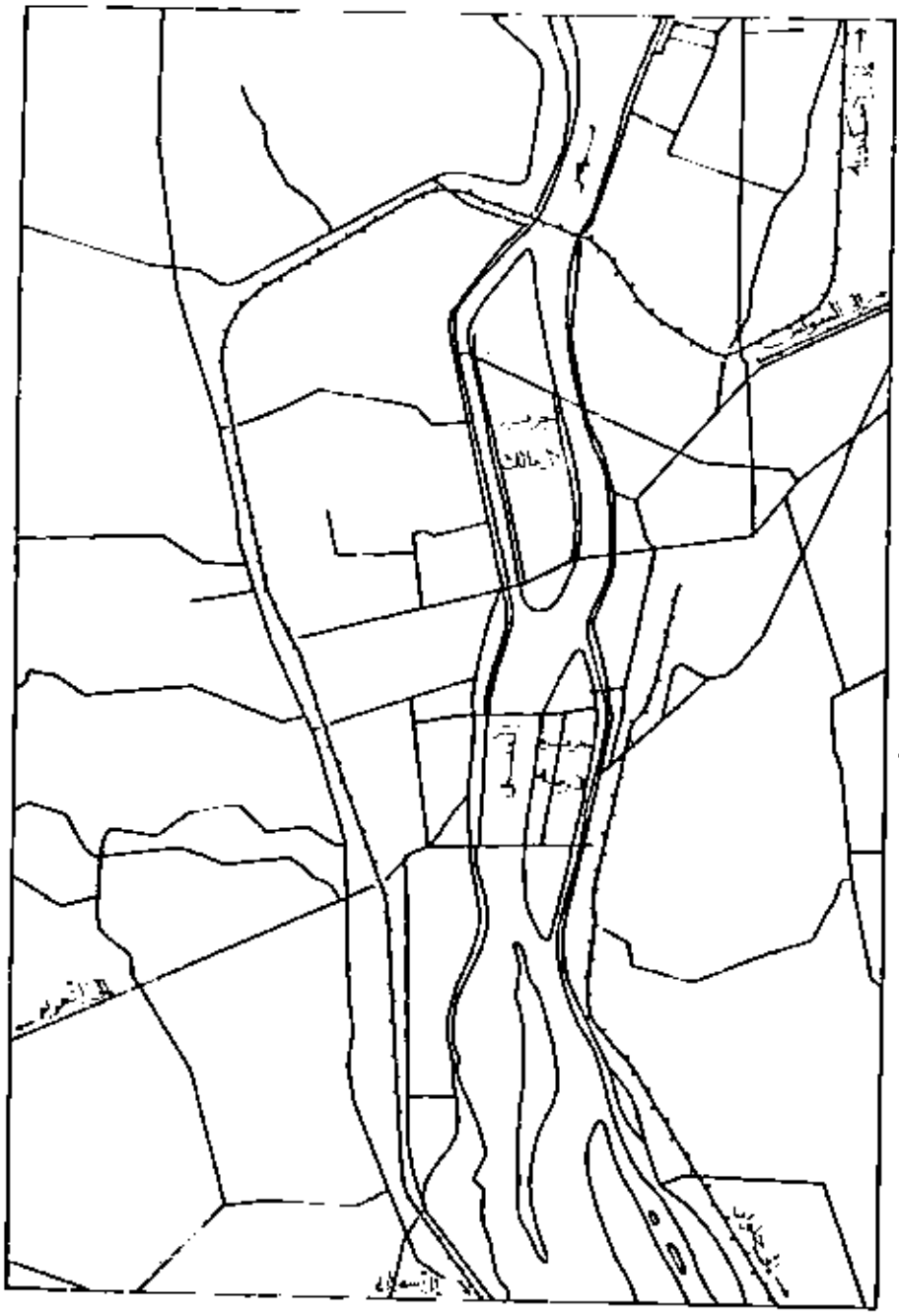
34- U.S. Dept. of Commerce, Bureau of Census., 'The DIME Geocoding System'. In Report No. 4, Census Use Study, 1969.

35- Ullman, J., 'Principles of Databases Systems'. Rockville, Md., 1983.

شكل (١)

جزء من لوحة غرب القاهرة الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠ (تحتوي على معلومات)

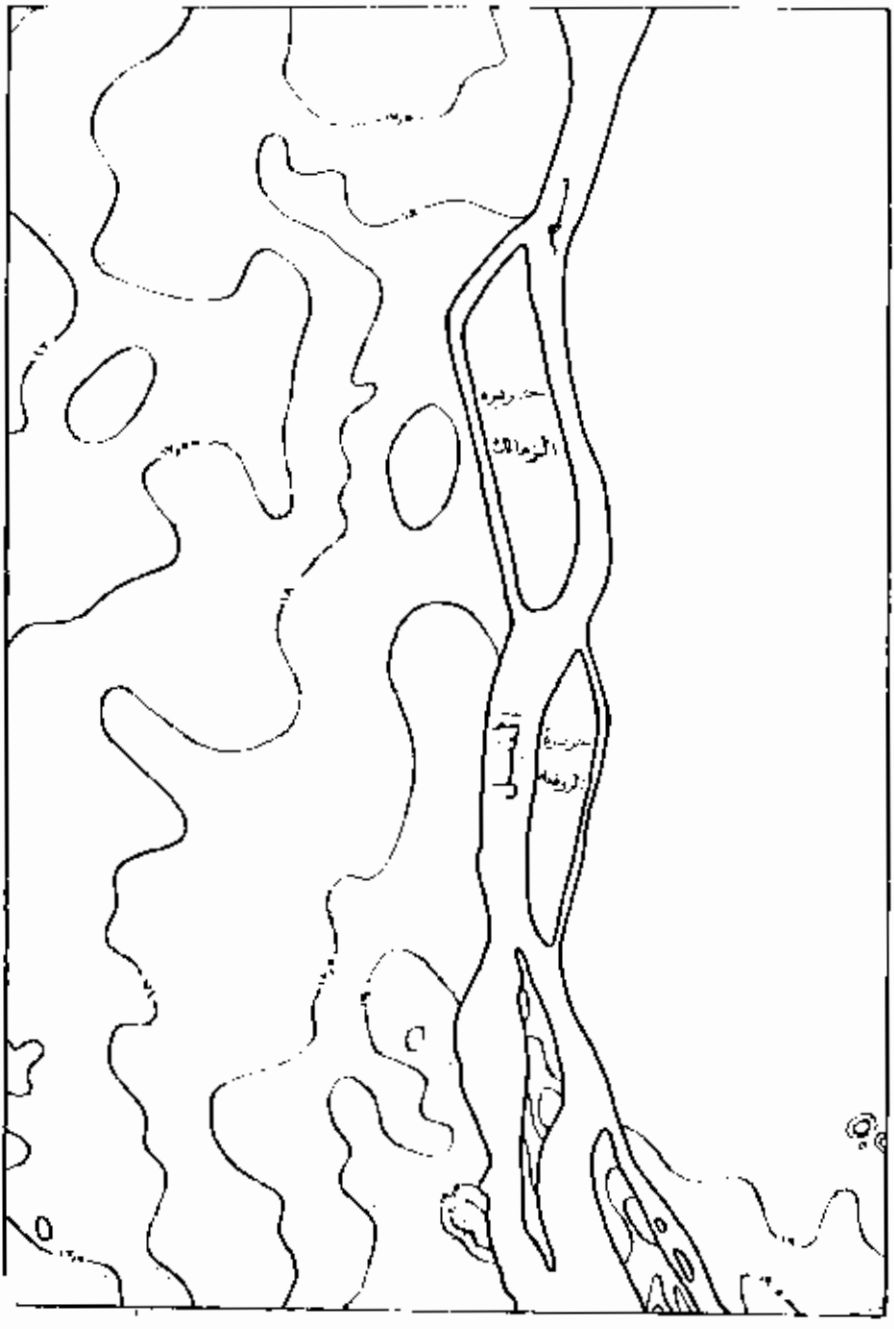
تمثل النطاق السكنى لجزء من لوحة غرب القاهرة الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠
تابع شكل (١)



تابع شكل (١)

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

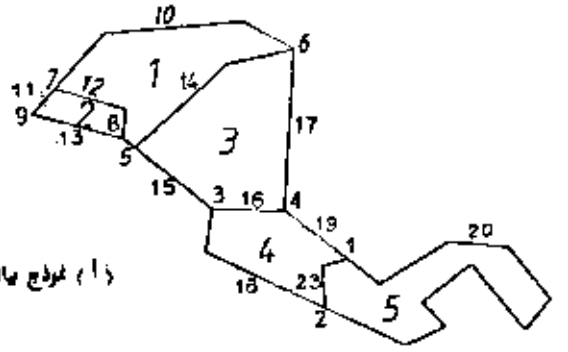
مقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠



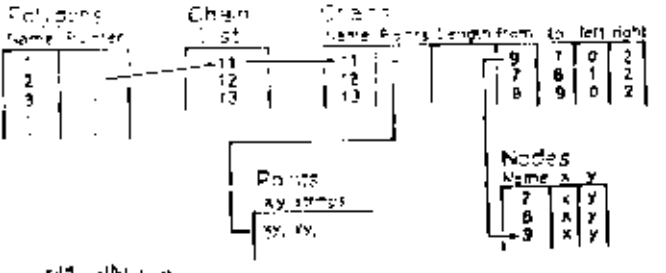
تابع شكل (١)

لفصل مجرى نهر النيل وخطوط الكنتور لجزء من لوحة غرب القاهرة الطبوغرافية مقياس

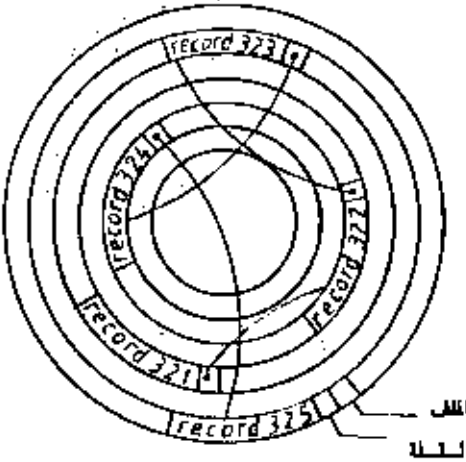
١ : ١٠٠,٠٠٠



(أ) نموذج بيانات

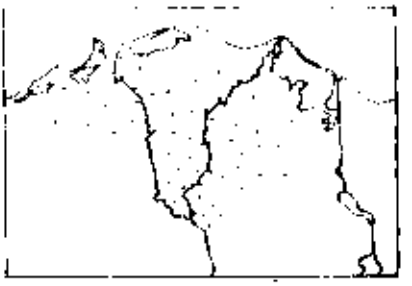


(ب) نظام بيانات



(جـ) نظام ملف البيانات

شكل (٢) : مستويات تناول البيانات



أ
بيانات نقطية

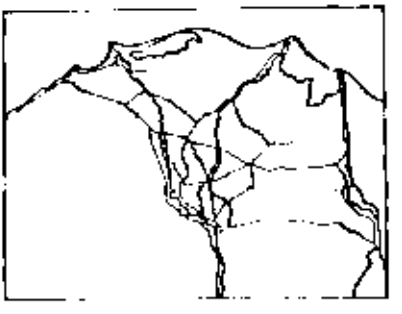
عواصم المراكز الادارية فى الدلتا

ب

خطوط الطرق الرئيسية فى الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء
(بيانات خطية ــ خطوط منعزلة)

جـ

خطوط تصريف بعض الأودية الجافة الرئيسية فى الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء
(بيانات خطية ــ عناصر فى نظام معين)



د

شبكة خطوط السكك الحديدية فى الدلتا
(بيانات خطية ، نظام شبكة)

شكل (٣) انماط البيانات المكانية

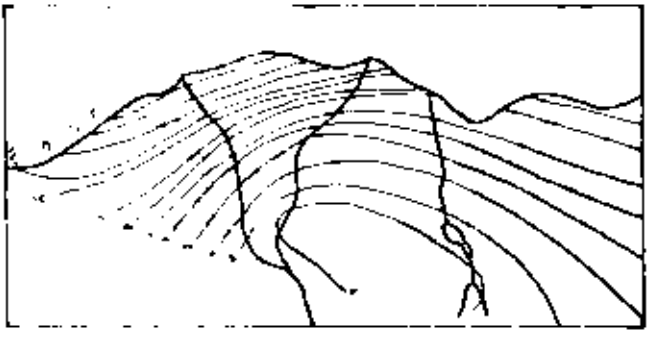
هـ
بيانات المضلعات ، مضلعات منفردة

بعض المراكز الادارية فى الدلتا

و
بيانات المضلعات ، مضلعات متجاورة

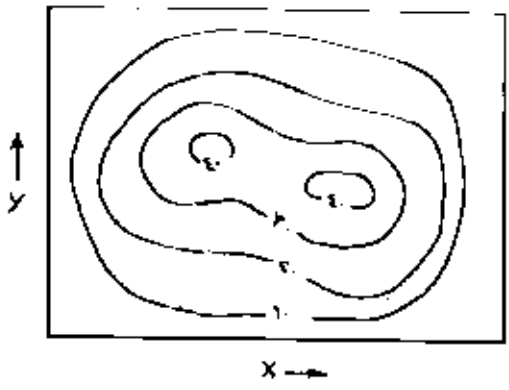
حدود المراكز الادارية فى الدلتا

ز
بيانات المضلعات ،
مضلعات متشابكة

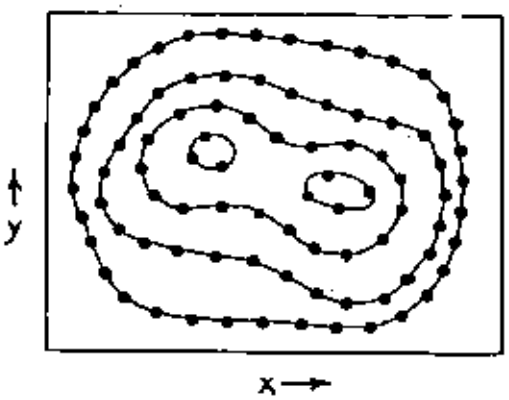


خطوط تساوى كمية المطر السنوى بالملليمتر فى الدلتا وشمال سيناء

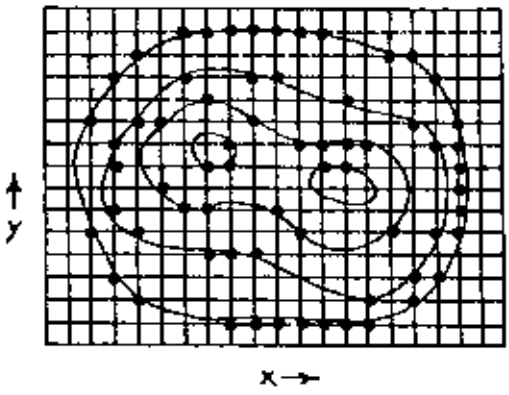
تابع شكل (٣) . انماط البيانات المكانية



الخريطة الكنتورية الأصلية

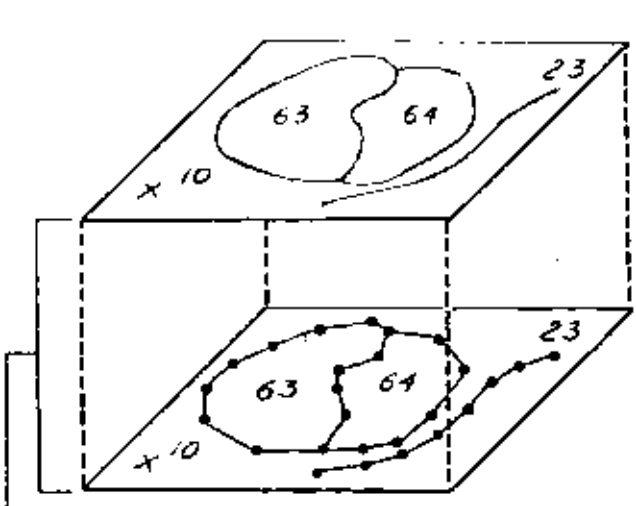


النمط الاتجاهي Vector



النمط المزايكي Tesselation

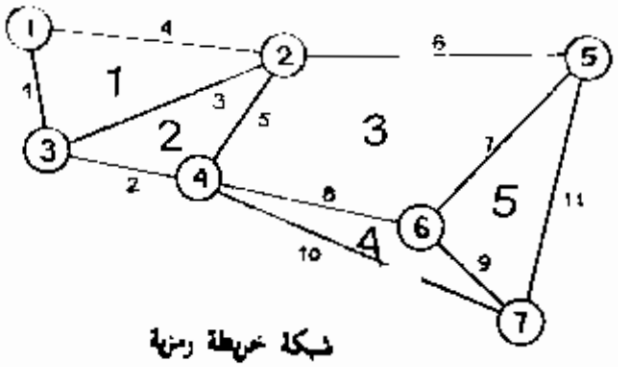
شكل (٤) . الانماط الرئيسية لنماذج البيانات المكانية



نظام بيانات

Feature	Number	Location
Point	10	X,Y (نقطة فردية)
Line	23	$X_1Y_1, X_2Y_2, \ldots\ldots X_nY_n$ (سلسلة احداثيات)
Polygon	63	$X_1Y_1, X_2Y_2, \ldots\ldots X_1Y_1$ (حلقة مقفلة)
	64	$X_1Y_1, X_2Y_2, \ldots\ldots X_1Y_1$ (نظام بيانات)

شكل (٥) : نموذج البيانات غير المنتظم



شبكة خريطة رمزية

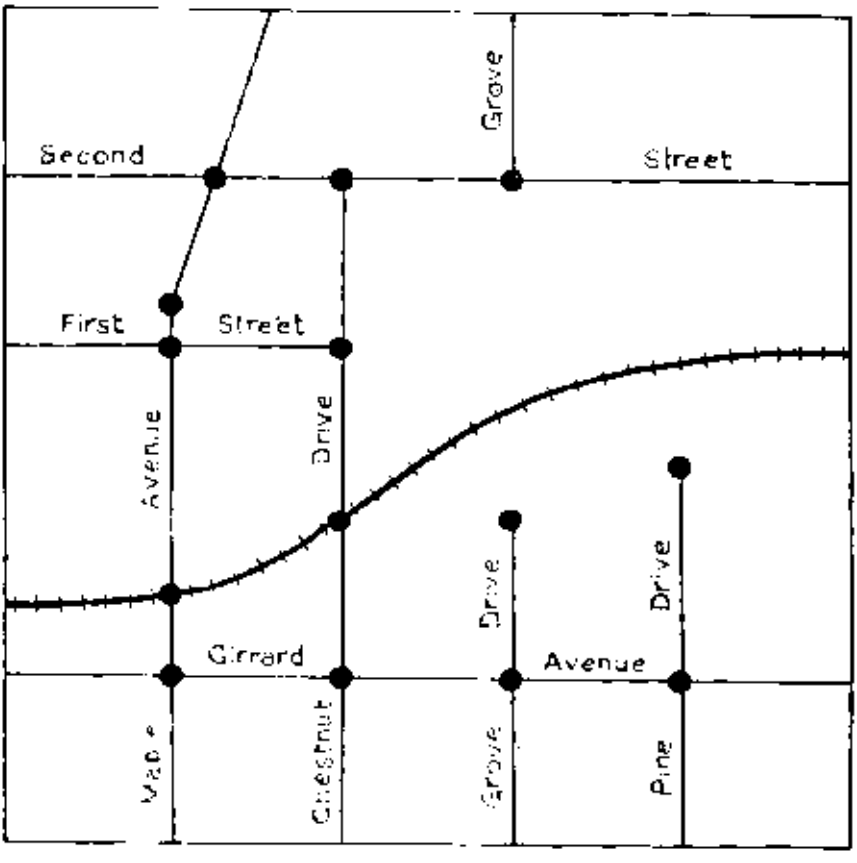
Link	Right Polygon	Left Polygon	Node 1	Node 2
1	1	0	3	1
2	2	0	4	3
3	2	1	3	2
4	1	0	1	2
5	3	2	4	2
6	3	0	2	5
7	5	3	5	6
8	4	3	6	4
9	5	4	7	6
10	4	0	7	4
11	0	5	5	7

شبكة رمزية طبولوجية + ملف المضلعات

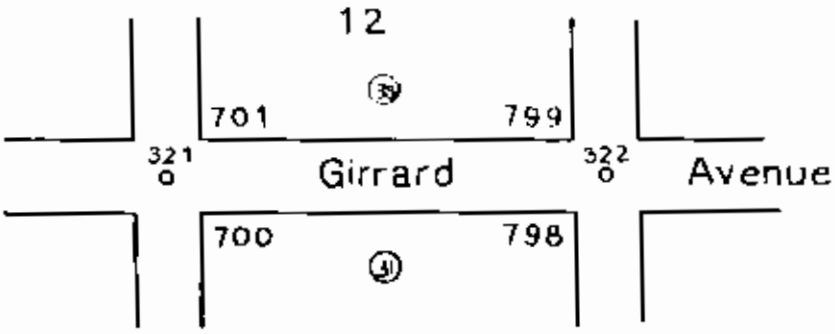
Node	X Coordinate	Y Coordinate
1	23	8
2	17	17
3	29	15
4	28	21
5	8	26
6	22	30
7	24	38

ملف الاحداثيات السينية والصادية للنقط العقدية

شكل (٦) : نموذج البيانات الطبولوجى

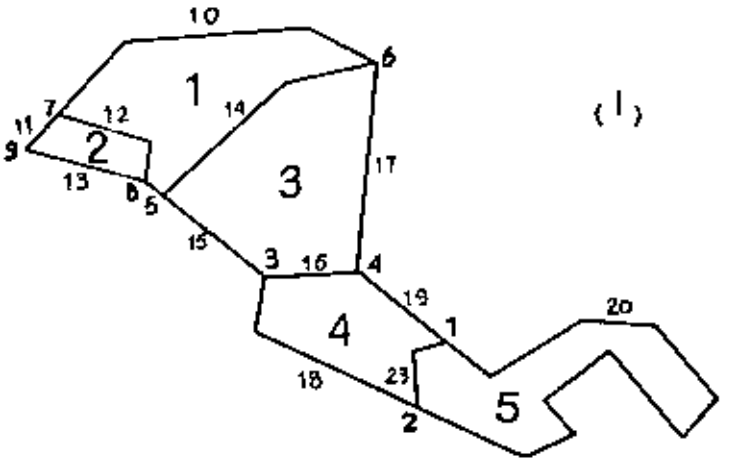


شكل (٧) : العناصر البيانية للملف الـ DIME

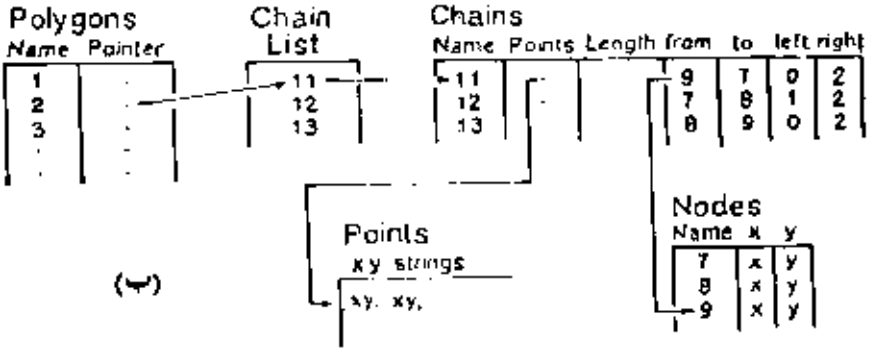


Street Name	Girrard
Street Type	Avenue
Left Addresses	701–799
Right Addresses	700–798
Left Block	38
Left Tract	12
Right Block	31
Right Tract	12
Low Node	321
X–Y Coordinate	155 000 – 232 000
High Node	322
X–Y Coordinate	156 000 – 234 000

شكل (٨) : مثال بين سجل ملف الـ DIME

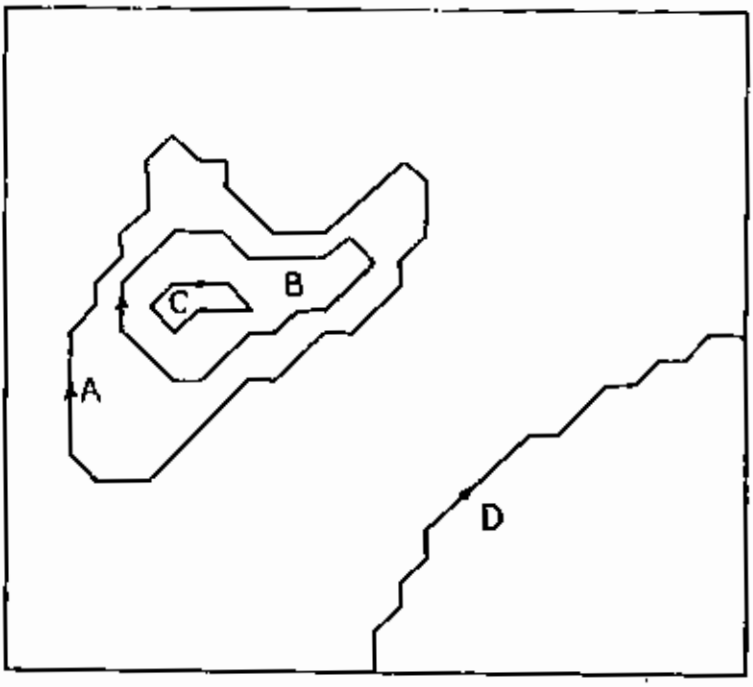


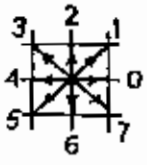
(أ)

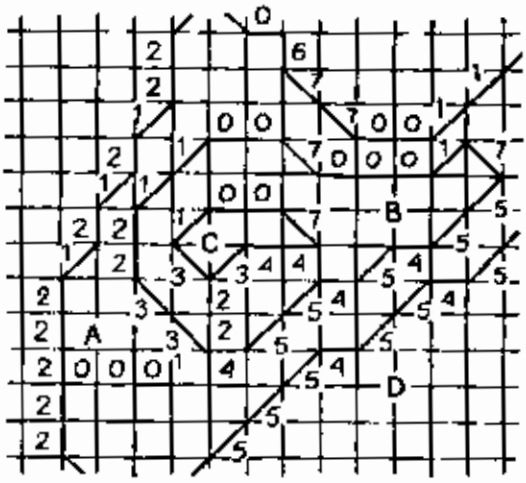


(ب)

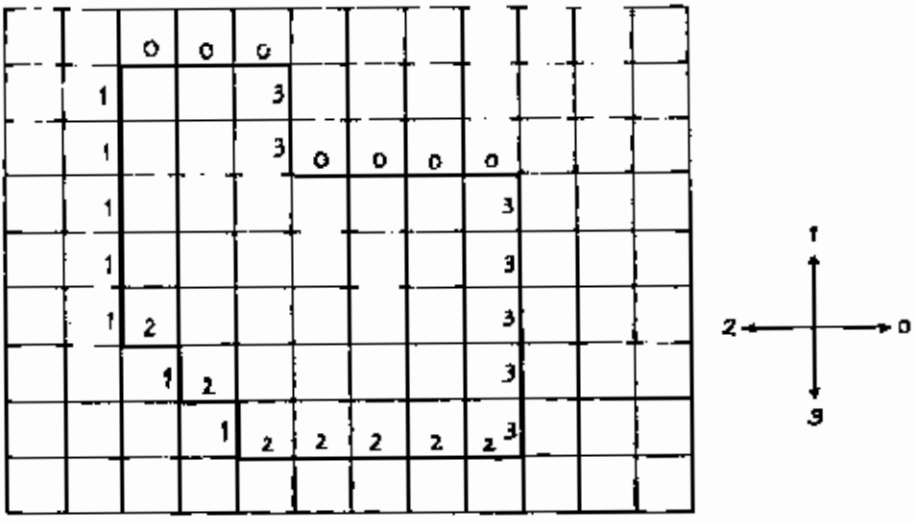
شكل (٩) : (أ) نموذج بيانات العاكس لوضع المضلعات
(ب) نظام بيانات النموذج العاكس للمضلعات



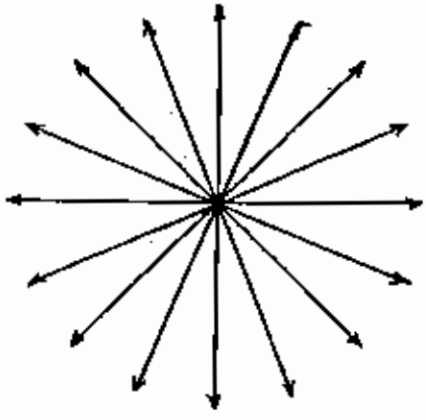




شكل (١٠) : مثال لخريطة كنتورية باستخدام نموذج السلاسل المكررة

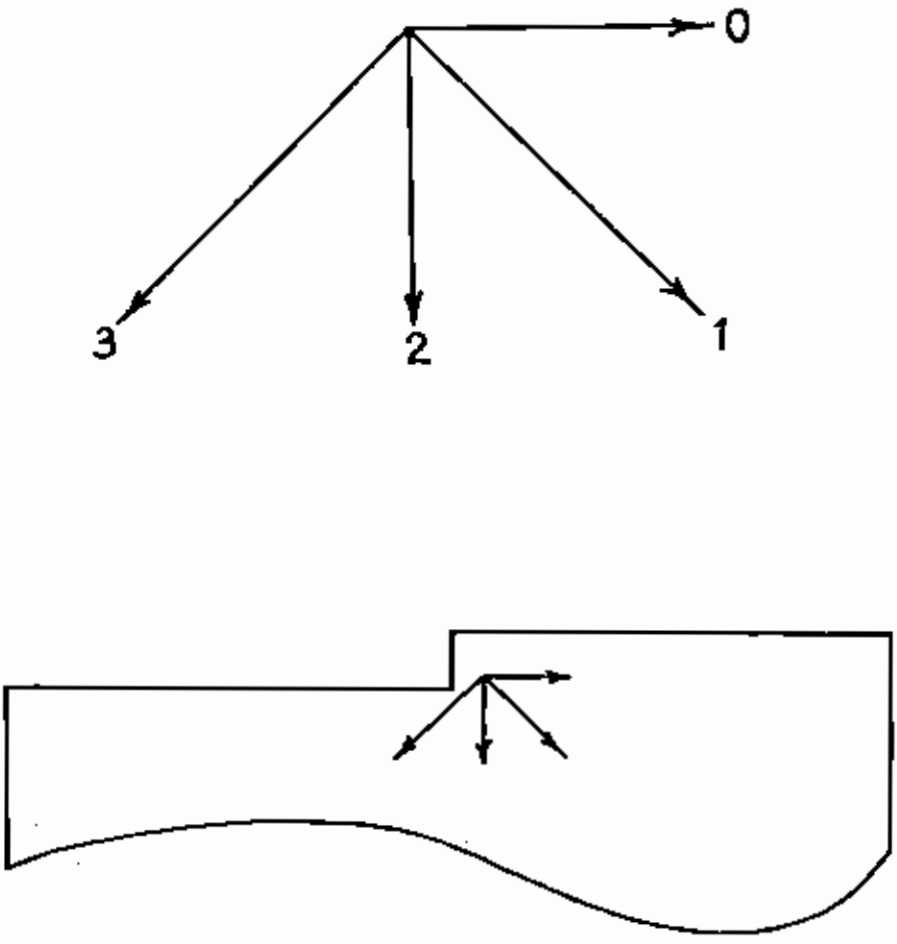


أربعة اتجاهات كودية (رمزية)

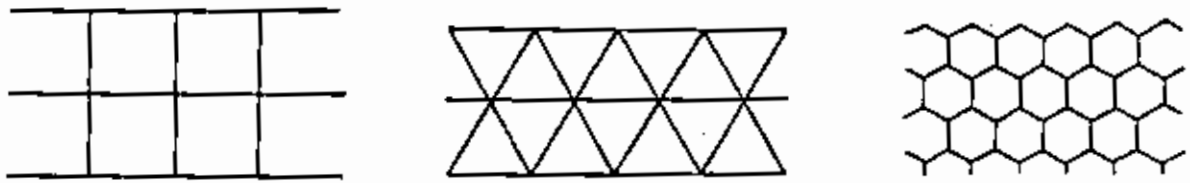


ستة عشر اتجاهاً كوديا (رمزيا)

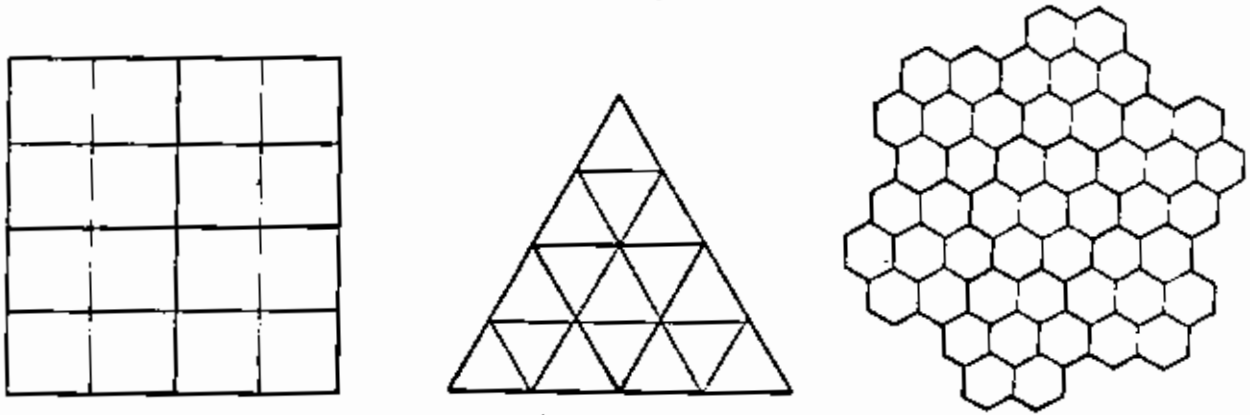
شكل (١١) : مخطط بين السلاسل المكودة ل ٤ ، ١٦ اتجاه



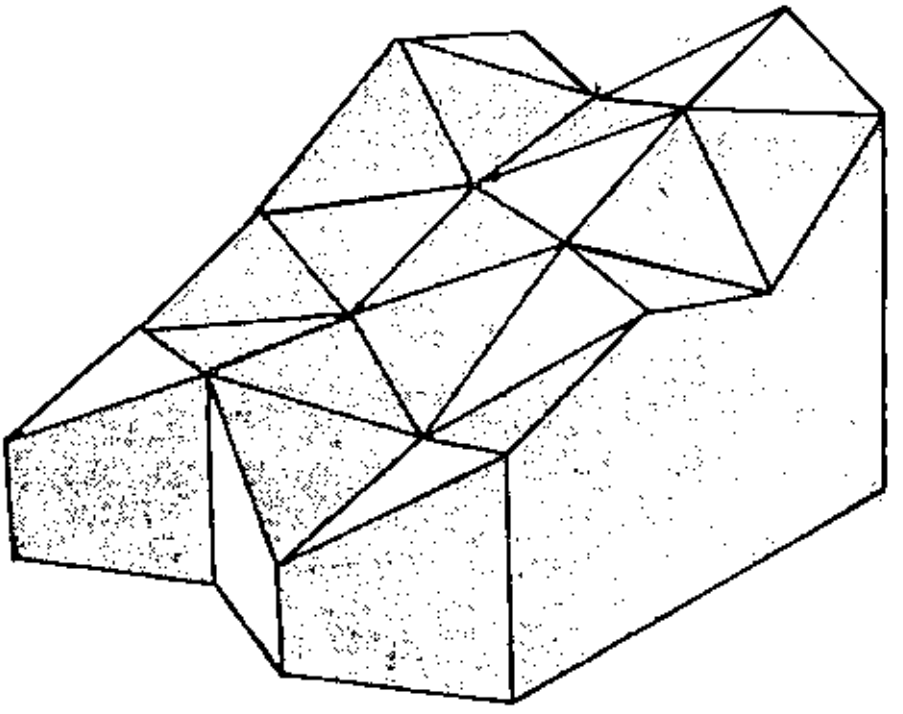
شكل (١٢) : مخطط سلاسل خط المسح raster المكوّدة



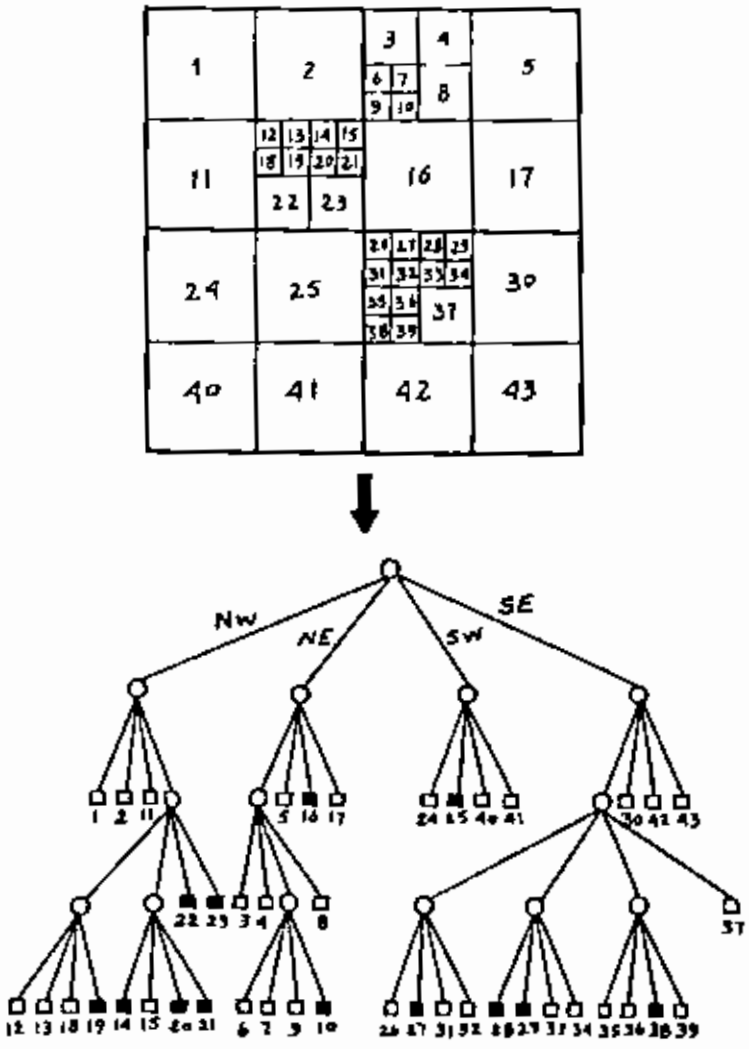
شكل (١٣) : أشكال نماذج البلانات المزوكية المنتظمة



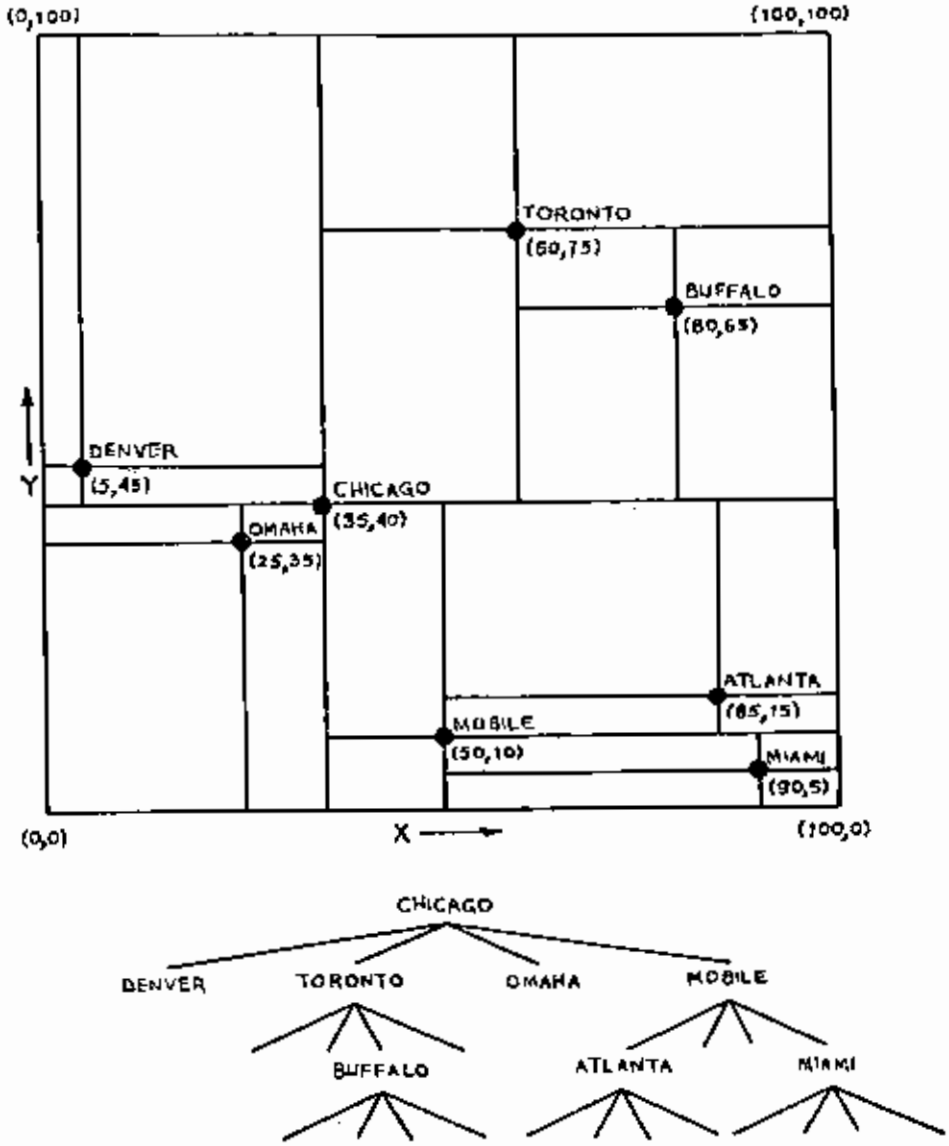
شكل (١٤) : تقسيم شبكة المزوك المنتظم الى خلايا أصغر في المستوى البلانيمترى



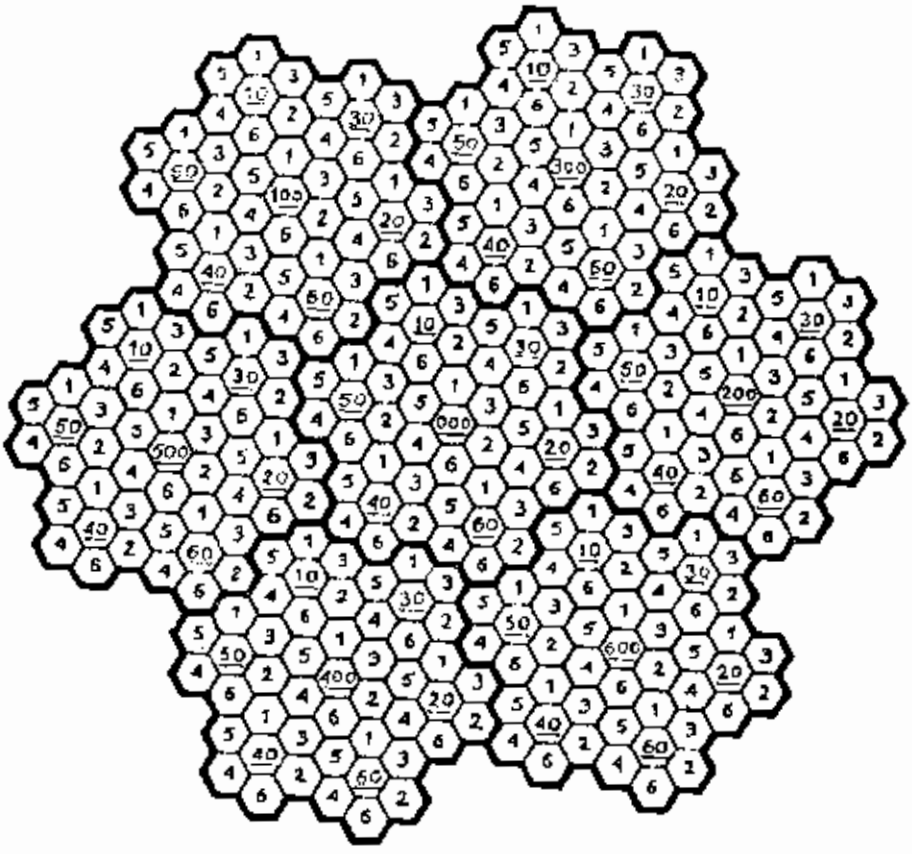
شكل (١٥) : تمثيل سطح الأرض بنموذج شبكة مثلثات منتظمة



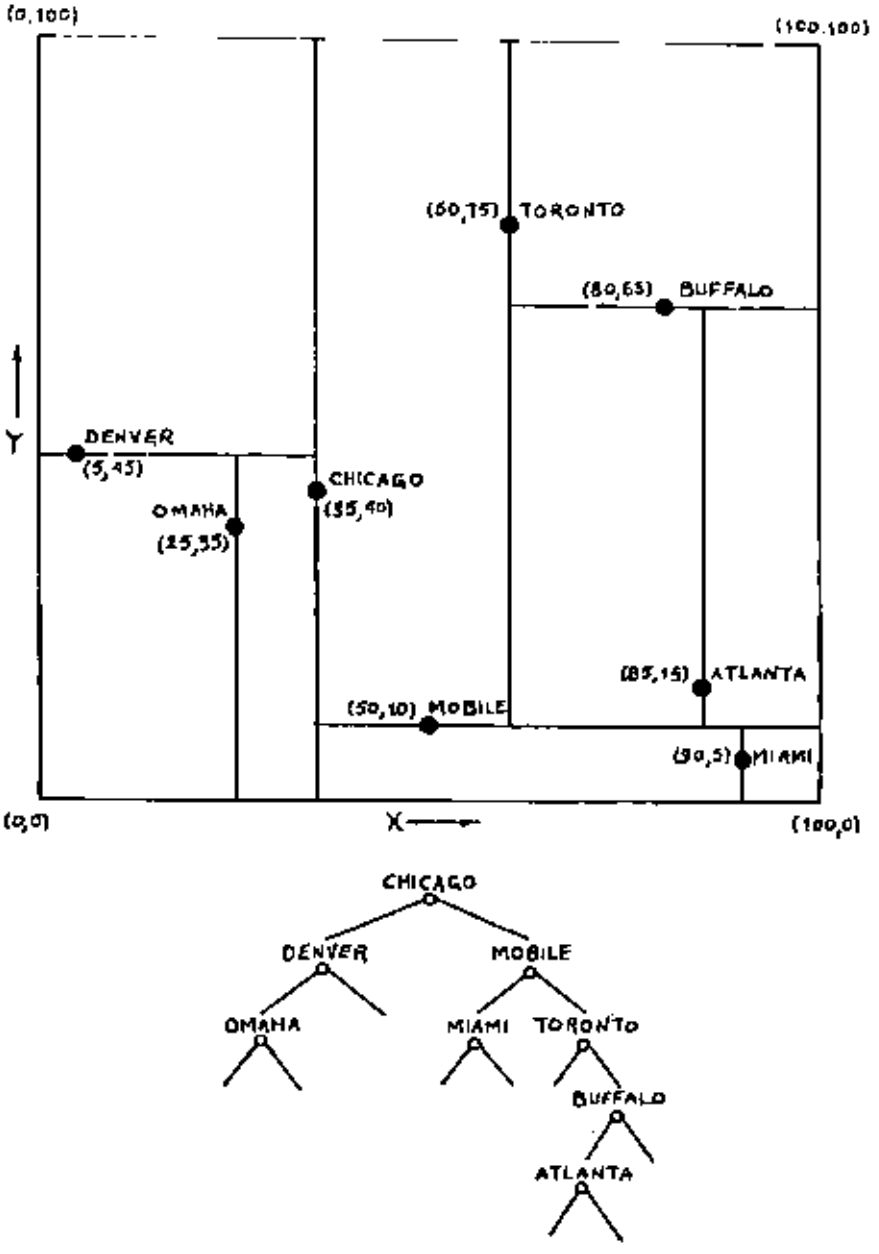
شكل (١٦) : نموذج بيانات الشجرة الرباعية Quadtree



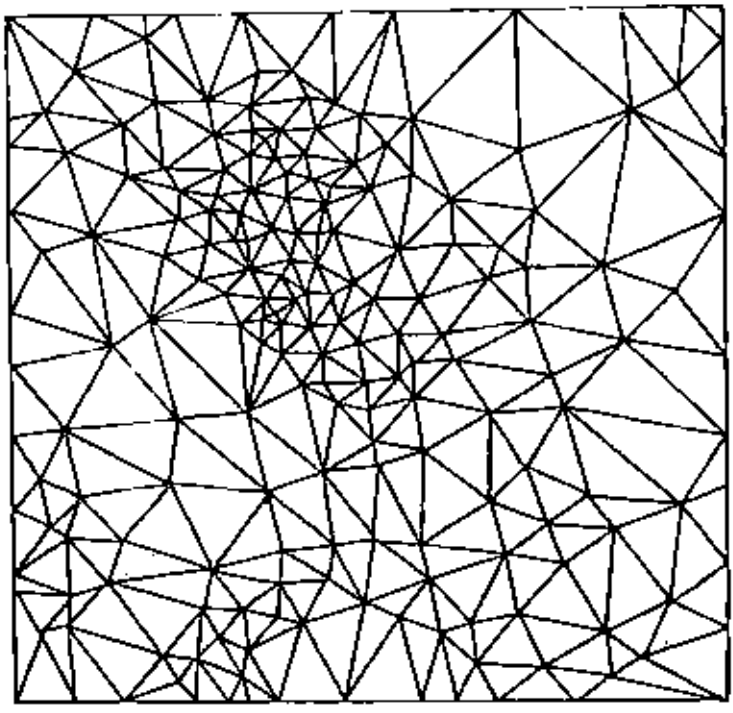
شكل (١٧) : نموذج بيانات نقطة التقسيم الرباعي Point quadtree



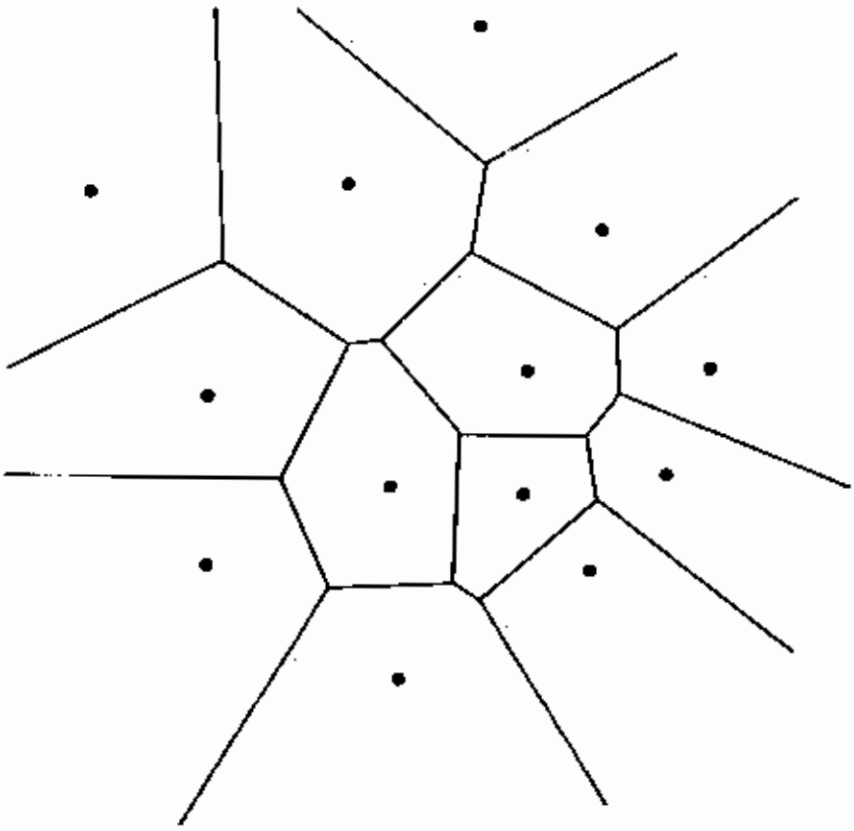
شكل (١٨) : شبكة مضلعات سداسية ل تلسيم هرمي يقوم عل سبعة عناصر



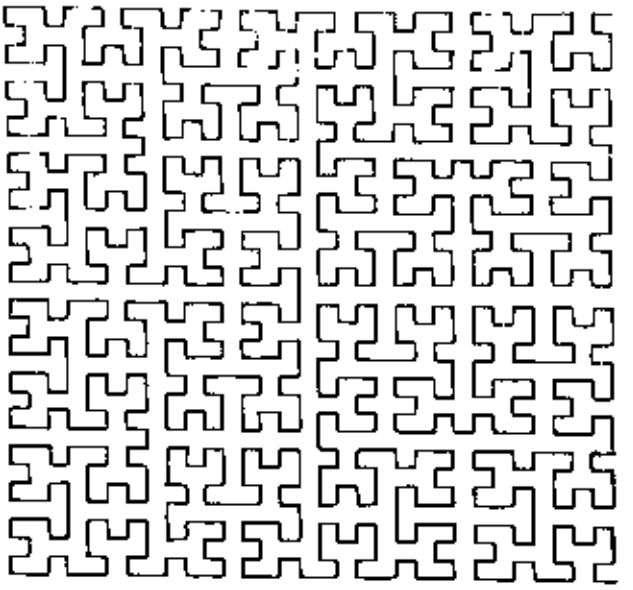
شكل (١٩) : نموذج بيانات من شجرة ثنائية



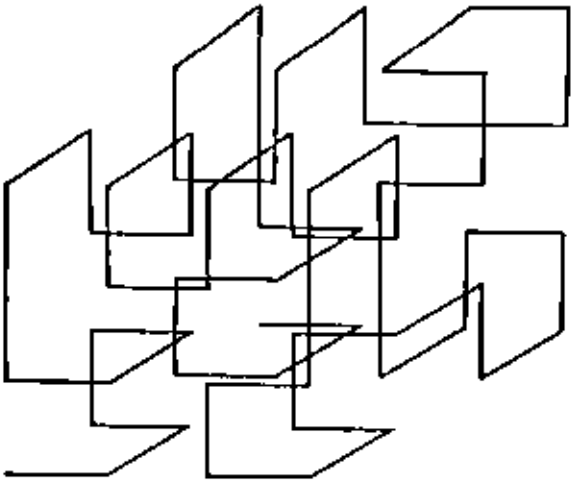
شكل (٢٠) : شبكة مثلثات غير منتظمة TIN



شكل (٢١) : مثال لمضلعات Thiessen

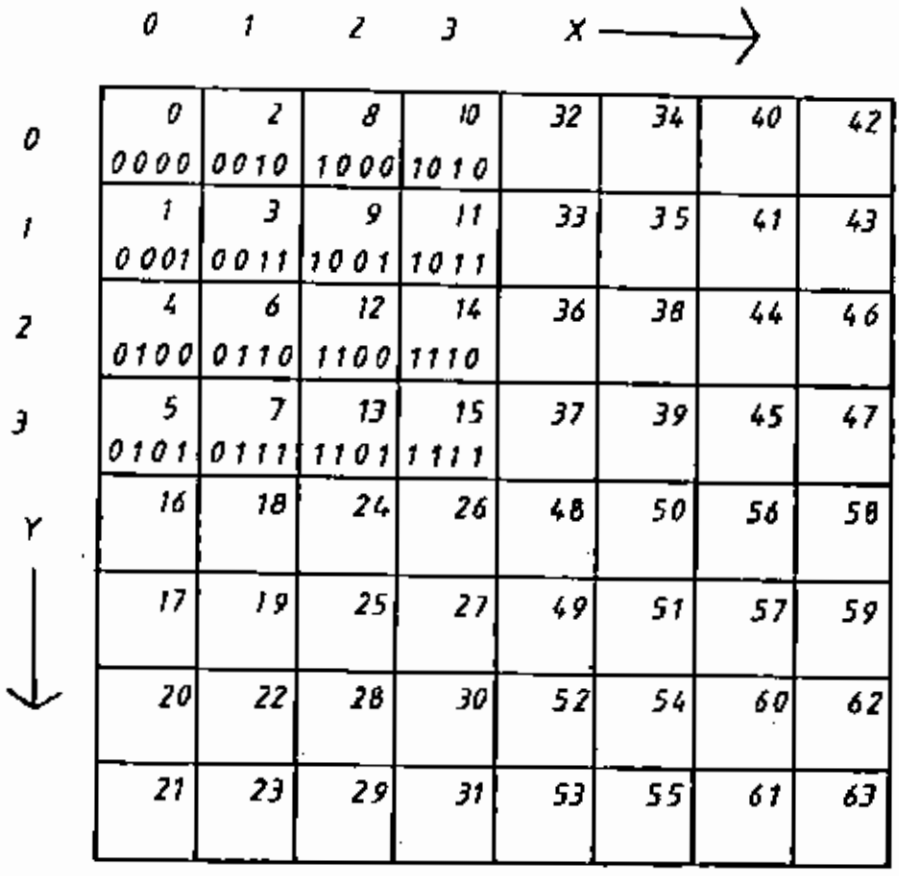


(أ)

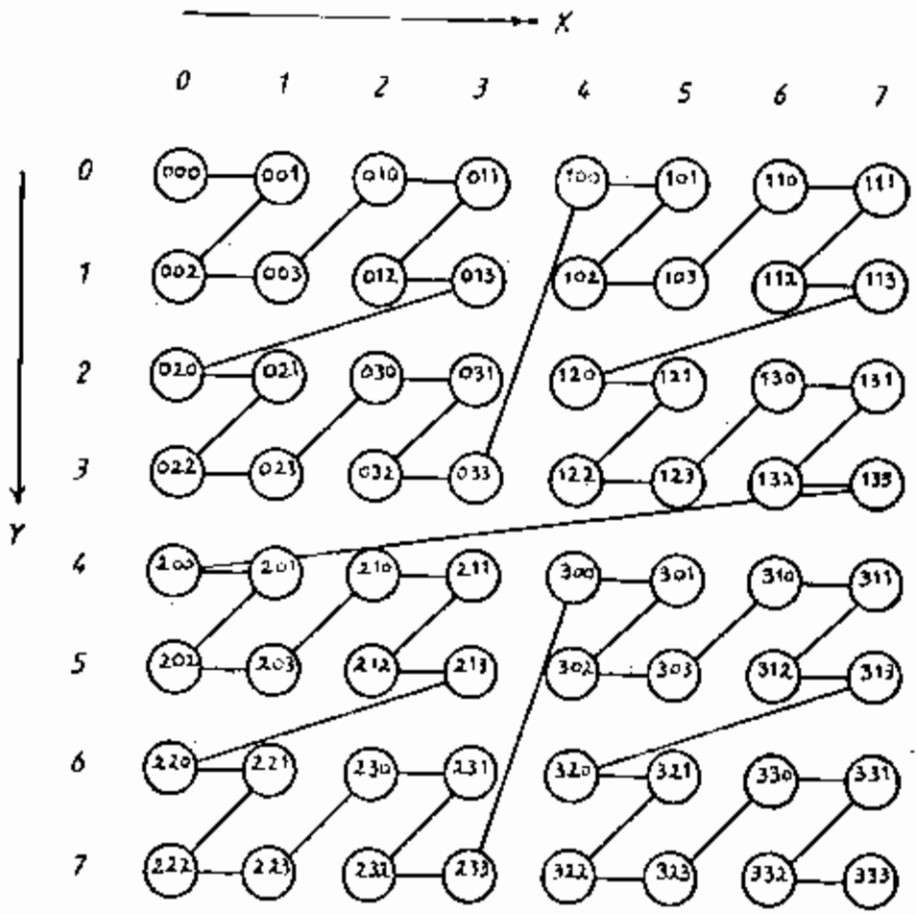


(ب)

شكل (٢٢) : منحنيات بيانو (أ) ذات بعدين
(ب) ذات ثلاثة أبعاد

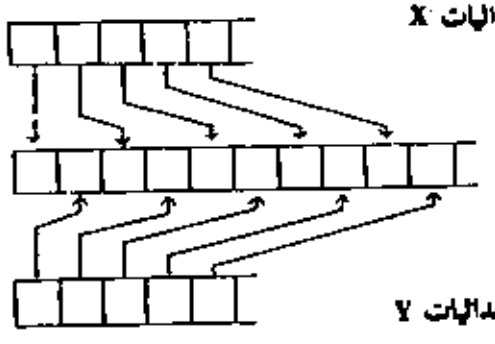


شكل (٢٣) : انماط نظام مصفوفة مورتون Morton matrix

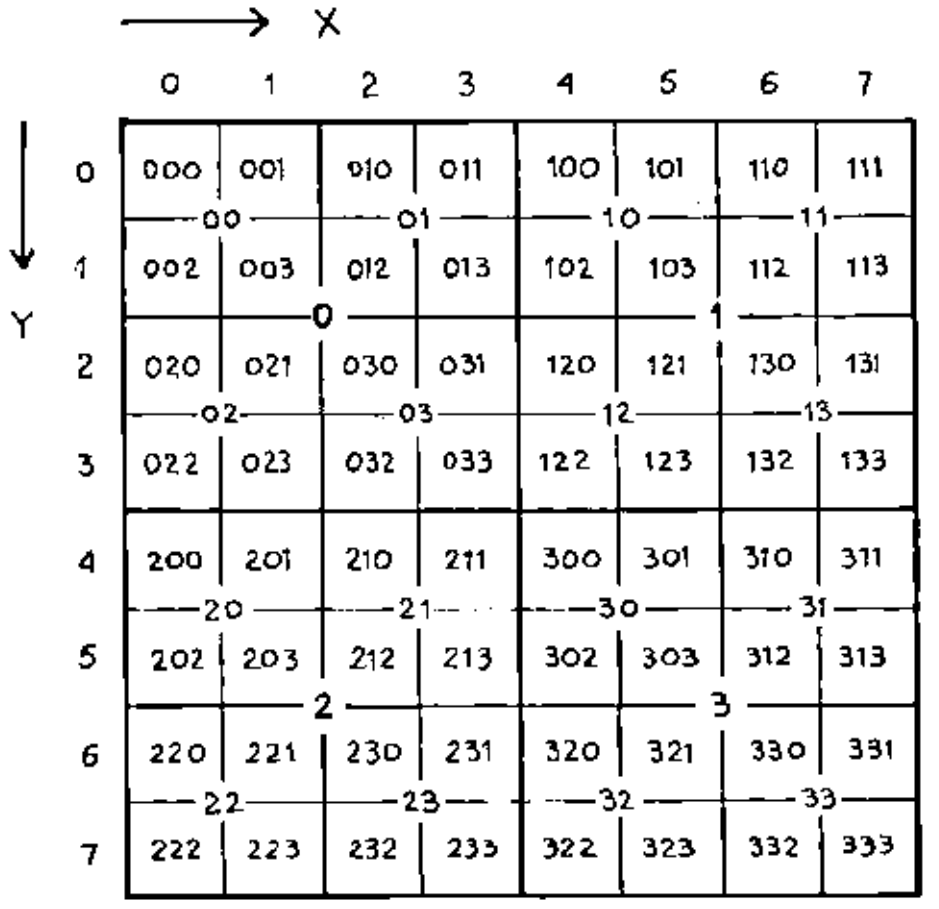


شكل (٢٤) : العلاقة بين نقط مصفوفة مربعة ومنحنيات بيانو على شكل حرف Z

→ X / ↓ Y	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



شكل (٢٥) : اخطط الفهرسة المكانية بطريقة العنوان المؤشر
وتطبيقها في فصل الاحداثيات السينية والصادية



شكل (٢٦) : تخطط صارين شجرة رباعية مرمزة