الفصل الحادي عشر
الخرائط البيانية

تعريف :

تعرف الخرائط البيانية Diagram Maps * على أنها الخرائط التي تستعمل فيها الرسوم البيانية مهما كان نوعها كرموز للتعبير عن قيم أو كميات ظاهرات سطح الأرض الطبيعية والبشرية (بيرش ص ٢٠٣)، ويرادف هذا التعبير، تعبير : Super Imposed Deagrams الذي أطلقه "ريز" على نفس الخرائط البيانية، ومن ثم فإن هذه الخرائط تصنف في قائمة الخرائط الموضوعية الكمية، ويطلق على الرموز المستخدمة في التعبير عن الكميات على هذه الخرائط تعبير الرموز النسبية Proportional Symbols .

الرموز النسبية :

وهي رموز تعبر عن كميات الظاهرات المختلفة على الخرائط البيانية من خلال التغيير في أبعاد هذه الرموز بتناسب حسابي مع القيم التي تمثلها. فلو كانت هناك ثلاث ظاهرات مرتبة ترتيباً تصاعدياً من حيث الكمية، وتخص المناطق أ، ب، جـ ولو اخترنا رمزاً نسبياً للتعبير عن هذه الكميات وكان المربع مثلاً، فإن المربع الذي يمثل الكمية الخاصة بالمنطقة جـ سيرسم بأبعاد أكبر من أبعاد المربع الذي سيمثل الكمية في المنطقة ب والذي سيكون بدوره أكبر من المربع الذي سيمثل المنطقة أ.

---

* تتكرر ظاهرة الاختلاف في مدلول هذا المصطلح بين المدرستين الانجليزية والأمريكية. فقد أطلق ريز تعبيري الكارتوجرام والدياجرام Cartogram, Diagrammatic Maps للدلالة على شئ مختلف عن الخرائط البيانية وهو الخرائط المبسطة التوضيحية (ريز ص ٢١٥)، أما بيرش فقد عني بهذا التعبير الخرائط البيانية. وقد آثر الكارتوجرافيون فيما بعد إضافة اسم الشكل البياني المستعمل على الخريطة كالقول مثلاً خرائط الرموز النسبية أو خرائط الأعمدة البيانية (انظر روبنسون ومنكهاوس وولكونسن) وسار على نهجهم عدد من الدارسين العرب، مثل سطيحة. بينما فضل عزاوي استعمال تعبير الكارتوديجرام وترجمه باسم "المصورات البيانية" (عزاوي ص ٢٢٤).

أنواع الرموز النسبية :

على الرغم من كثرة أنواع الرموز النسبية من حيث الشكل، إلا أنها تصنف حسب طريقة حساب أبعادها إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي :

ا - الرموز الخطية أو الشريطية أو الأعمدة :

وهي على هيئة خطوط أو أشرطة تتناسب أطوالها مع الكميات أو القيم التي تمثلها تناسباً حسابياً مباشراً، فلو أخذنا كميتين أحداهما (١٠٠) والأخرى (٢٠٠)، وعبرنا عن القيمة الأولى بخط أوشريط أو عمود طوله ١سم فإن طول الخط أو الشريط الذي سيمثل القيمة الثانية هو ٢سم، أي أن طول الشريط الممثل لأي قيمة مثل س =

$$\left[\frac{\text{قيمة س}}{\text{أصغر قيمة}}\right] \times \text{طول الشريط الممثل لأصغر قيمة سم}$$

وتتميز هذه الطريقة في التعبير عن الكميات بقدرة كبيرة على توصيل المعلومات، فمن السهل على قارئ الخريطة، إدراك تفاوت القيم من خلال تفاوت أطوال الأشرطة أو الأعمدة، كما تتميز بامكانية التعبير عن أكثر من متغير من خلال تقسيم الأشرطة أو الأعمدة وإعطاء كل قسم نمطاً مميزاً من الظل النوعي. فلو رغبنا في تمثيل الصادرات والواردات من خلال موانئ معينة، لقمنا برسم أشرطة أو أعمدة تمثل مجموع الصادرات والواردات، وقسمنا كل شريط إلى قسمين، أحدهما يمثل الصادرات بينما يمثل القسم الآخر الواردات مع الأخذ بعين الاعتبار عنصر التناسب الحسابي في عملية التقسيم، وبالتالي نعطي كل قسم منهما ظلاً مميزاً له.

وعلى الرغم مما تحمله هذه الطريقة من مميزات إلا أن عيبها يكمن في عدم صلاحيتها لتمثيل القيم التي يكون الفرق بين أصغر وأكبر قيمة فيها كبيراً.(سطيحة ص ١٦٩).

شروط توقيع الأشرطة أو الأعمدة على الخرائط البيانية :

يراعى عند تطبيق هذه الطريقة عدداً من الشروط يأتي على رأسها ما يلي :

أ- ينبغي أن تتناسب أبعاد الأعمدة مع مساحة الخريطة وهي مسألة على جانب كبير من الخصوصية والأهمية، فلو كانت أبعاد الخريطة مثلاً ١٠٠سم × ١٠٠سم

وكانت القيمة الكبرى في الإحصائيات أكبر من القيمة الصغرى بمقدار عشر مرات فمن غير المعقول مثلاً أن نعبر عن القيمة الصغرى ببعد مقداره ١سم، لأن البعد الممثل للقيمة الكبرى سيكون بطول ١٠سم، وهذان البعدان وإن كانا من الناحية الرياضية سليمين، إلا أنهما لا يتناسبان مع مسطح الخريطة فستظل مساحات كبيرة من الخريطة بيضاء، لهذا يجب زيادة بعديهما. ولا شك أن مفتاحي التحكم بهذا التناسب هما أكبر وأصغر قيمة في الاحصائية وكذلك مساحة الخريطة.

ب- يجوز رسم الأشرطة أو الأعمدة بأي اتجاه ابتداء من الاتجاه صفر (أي أن تكون الأشرطة بوضع عمودي) وحتى الاتجاه (٣٥٩°)، إلا أنه إذا ما تم اختيار اتجاه محدد وليكن (٤٥°) مثلاً، فإن كافة الأشرطة على الخريطة يجب أن تكون متجهة بنفس الزاوية أي متوازية. ويلاحظ أن كافة برامج الكمبيوتر تطلب من مستعمليها أثناء الرسم قيمة هذه الزاوية نظراً لأهميتها.

حـ- يجب أن تكون قواعد الأشرطة قرب المواقع التي تمثلها إذا كانت الظاهرات موضعية، أما إذا كانت الظاهرات مساحية فيجب أن تكون قواعد الأعمدة داخل الوحدات الإدارية التي تمثلها.

د- يجوز أن تقطع الأشرطة أو الأعمدة المحتوى العام للخريطة من حدود أو أنهار أو مدن، وفي هذه الحالة ينبغي إبراز الأشرطة أو الأعمدة على حساب المحتوى العام، لأن الخرائط البيانية أصلاً خرائط موضوعية هدفها إبراز ظاهرة محددة وهي الكمية التي تمثلها الأعمدة في هذه الحالة.

هـ- يجب رسم الأشرطة أو الأعمدة بسمك واحد على نفس الخريطة مهما كانت قيمة هذا السمك.

و- إذا قسمت الأعمدة إلى أقسام فإن ترتيب هذه الأقسام في كل الأعمدة ينبغي أن يكون متشابهاً.

ز- يشترط وجود مقياس لبيان قيم الأعمدة ويوضع هذا المقياس في مفتاح الخريطة على هيئة شريط بنفس التوجيه الخاص بالأشرطة المرسومة على الخريطة وتكتب عليه قيمته شكل (٦٦).

٣- الرموز النسبية المساحية :

تختلف الرموز المساحية عن الرموز الشريطية سابقة الذكر من حيث أن قيم الظاهرات ينبغي أن تتناسب تناسباً حسابياً مع مساحات الأشكال الممثلة لها، ولهذا فإن

التناسب الحسابي لا يتم مع القيم المطلقة بل مع جذورها التربيعية. فلو كانت هناك قيمتان مثل : (٢٥، ١٠٠) وأردنا التعبير عنهما بمربعين نسبيين، ولو افترضنا أن ضلع المربع الممثل للقيمة (٢٥) هي (١سم)، فإن ضلع المربع الممثل للقيمة (١٠٠) لا يمكن أن يكون (٤سم) على النحو الذي لاحظناه عند حساب أبعاد الرموز الشريطية وإنما يصبح على النحو التالي :

$$\frac{\sqrt{١٠٠}}{\sqrt{٢٥}} \times ١سم = ٢ سم$$

ويلاحظ في هذه الحالة أن مساحة المربع الممثل للقيمة ١٠٠ هي: (٢ × ٢سم = ٤سم^{٢}) بينما نجد أن مساحة المربع الممثلة للقيمة ٢٥ هي: (١سم × ١سم = ١سم^{٢}) أي أن مساحة المربع الممثل للقيمة ١٠٠ مساوية لأربعة أمثال مساحة المربع الممثلة للقيمة ٢٥.

أنواع الرموز المساحية :

هناك العديد من الأشكال التي تتخذها الرموز المساحية، إلا أن أشهرها جميعاً الدوائر والمربعات والمثلثات، ويلاحظ أن طريقة حساب أبعاد هذه الأشكال واحدة فنصف القطر يمكن اعتباره ضلع مربع، أو ارتفاع مثلث، وما على راسم الخريطة إلا اختيار الشكل المساحي وفق الاعتبارات التالية :

أ- الحيز المساحي على الخريطة. تشغل الدوائر مساحة كبيرة على الخرائط وإذا استخدمت المربعات التي تؤدي نفس الوظيفة فإنها تشغل مساحة تقرب من ٢٥٪ من الحيز الذي تشغله نفس الدائرة، وتقل مساحة هذا الحيز كثيراً إذا استعملت المثلثات والتي تشغل مساحة تبلغ نحو ١٠٪ من المساحة التي تشغلها الدائرة. فإذا كانت مواقع كميات الظاهرة قريبة من بعضها كما هي الحال مثلاً : بالنسبة لآبار المياه، أو النفط، أو عدد من المدن، أو لمزارع، أو المصانع، فإن الاختيار يقع على المثلثات لصغر ما تشغله من مساحة على الخريطة، أما إذا كانت مواقع الظاهرات متباعدة فلا معنى لاستعمال المثلثات لأن الفراغ في هذه الخريطة سيكون كبيراً، ولهذا تستعمل الدوائر لملء هذا الفراغ، بينما يمكن استعمال المربعات لتمثيل الكميات التي تحتل على الخرائط مواقع متوسطة التباعد.

ب- تفاصيل المتغير الرقمية. إذا كانت قيم الظاهرة (المتغير) خالية من التفاصيل كأن تقول مثلاً إعداد السكان في الوحدات الإدارية أ، ب، جـ الخ هي ١٠٠، ٥٠٠، ٢٠٠ الخ. فإن هذه القيم خالية من تفاصيل أخرى وعندها يمكن تطبيق القاعدة سابقة الذكر عند عملية الاختيار، أما إذا كانت قيم المتغير تتضمن تفاصيل أخرى كأن تقول مثلاً أن العدد ١٠٠ موزع على النحو التالي : صغار السن : ٦٠، متوسطو السن : ٣٠، كبار السن : ١٠، فإن الاختيار في الرموز ينبغي أن يقع على الدائرة لأنها سهلة التقسيم، إذ ترسم دائرة تمثل العدد ١٠٠ وتقسم الدائرة إلى قطاعات تتناسب زواياها من مركز الدائرة مع القيم ٦٠، ٣٠، ١٠، وذلك على النحو التالي :

$$\text{زاوية قطاع القيمة } ٦٠ = \frac{٣٦٠ \times ٦٠}{١٠٠} = ٢١٦^{\circ}$$

وهكذا فإن زاوية قطاع القيمة ٣٠ = ١٠٨ وبالمثل فإن زاوية قطاع القيمة ١٠ = ٣٦، وتوقع هذه القطاعات داخل الدائرة، ويعطي كلا منها ظلاً مميزاً.

حـ- تعد الدوائر أكثر جمالاً من الأشكال الأخرى، كما أنها أكثر سهولة في الرسم على الخرائط، مع العلم بأن التقنيات الحديثة قد سهلت هذه العملية بابتكار وسائل مساعدة على الرسم كمساطر الدوائر والمثلثات والمربعات وغيرها، فضلاً عن أن الرسم بواسطة الكمبيوتر قد أنهى مشكلة صعوبة التوقيع بالمربعات والمثلثات الأشكال (٦٧، ٦٩).

طرق حساب أبعاد الرموز المساحية :

هناك عدة طرق لحساب أبعاد الرموز النسبية تؤدي كلها إلى نفس النتائج وتتلخص خطوات أبسط هذه الطرق التي يوضحها الجدول رقم (٥) بما يلي :

١- تقسيم كل أرقام الاحصائية على أصغر رقم فيها. والهدف من ذلك هو تبسيط الأرقام وتسهيل عملية حساب النسبة والتناسب.

٢- استخراج الجذور التربيعية لنواتج القسمة .

٣- اختيار بعد لأصغر قيمة بحيث يلائم مسطح الخريطة.

٤- ضرب جذور التربيعية لنواتج القسمة في البعد الذي تم اختياره، فإذا لوحظ أن الأشكال كانت كبيرة يمكن تصغير هذا البعد، وبالمثل إذا لوحظ أن الأشكال

ستبدو صغيرة يمكن تكبير البعد المختار إذ يمثل البعد المختار مفتاح التحكم بأبعاد الأشكال. وتجدر الإشارة إلى أن الأبعاد التي حصلنا عليها يمكن أن تكون : أنصاف أقطار دوائر، أو اضلاع مربعات، أو ارتفاعات مثلثات، أو أطوال المحور الرأسي في القطع الناقص أو عرض مستطيل ذا إرتفاع ثابت.

جدول (٥)

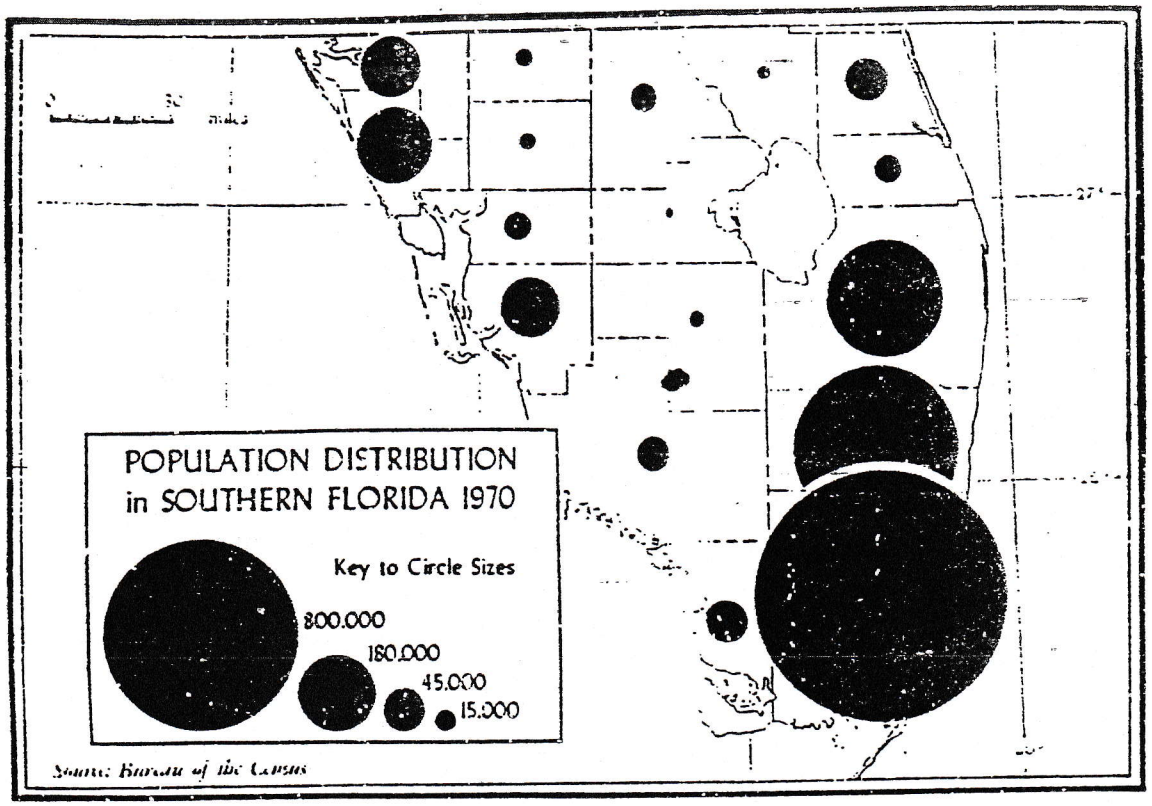
خطوات حساب أبعاد الرموز النسبية لمتغير ما، قيمة على النحو التالي :

الوحدة	قيم المتغير	ق ناتج التقسيم على أصغر رقم		ب البعد المختار	أبعاد الرموز النسبية بالتقريب مم
أ	٤٥٧٠	٦ر٠٩	٢ر٤٦	–	١٢
ب	١٨٠٠	٢ر٤٠	١ر٥٤	–	٨
حـ	٢٢١٧	٢ر٩٥	١ر٧١	–	٩
د	٢٥٢٠	٤ر٦٩	٢ر١٦	–	١١
هـ	٧٥٠	١	١	٥	٥
و	٨٩١٠	١١ر٨٨	٣ر٤٤	–	١٧
ز	١٠٢٥٠	١٣ر٦٦	٣ر٦٩	–	١٨
ح	١٤٧٠٠	١٩ر٦٠	٤ر٤٢	–	٢٢
ط	١٨٣٠٠	٢٤ر٤	٤ر٩٣	–	٢٥
ك	٢١٠٠	٢٨	٥ر٢٩	–	٢٦

الأبعاد الممثلة للمقياس

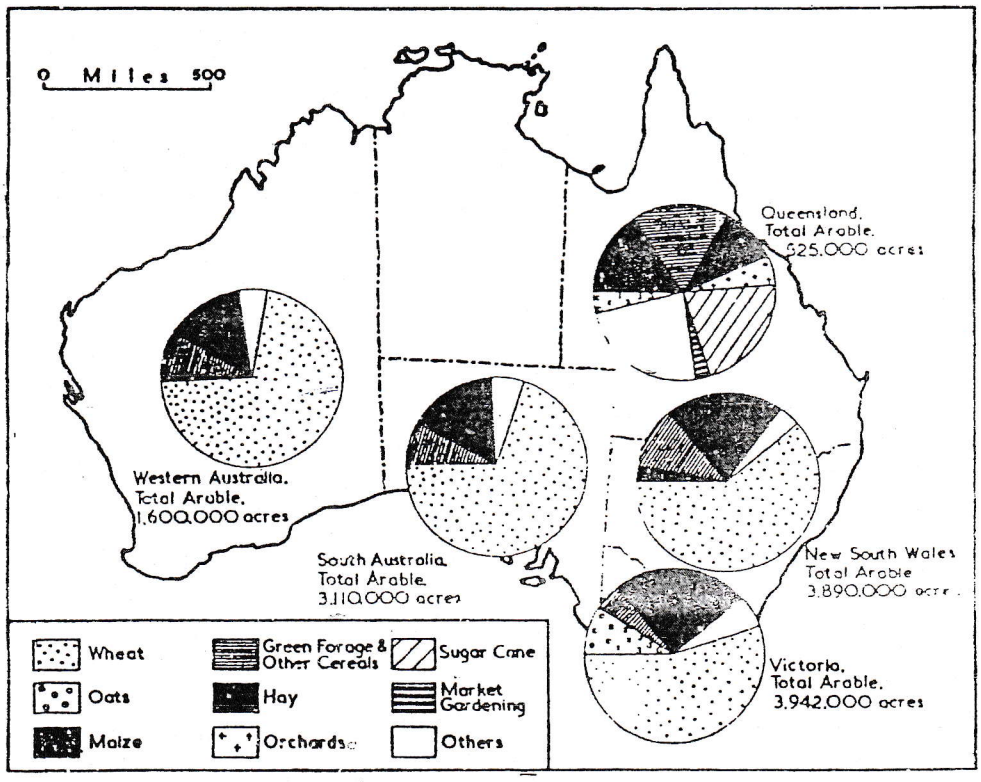
٥٠٠٠	٦ر٦٦		–	١٣
١٠٠٠٠	١٣ر٣٣	٣ر٦٥	–	١٨
٢٠٠٠٠	٢٦ر٦٦	٥ر١٦	–	٢٥

– وتجدر الإشارة إلى سهولة حساب أبعاد هذه الرموز من خلال بعض برامج الكمبيوتر مثل برنامج ENG .



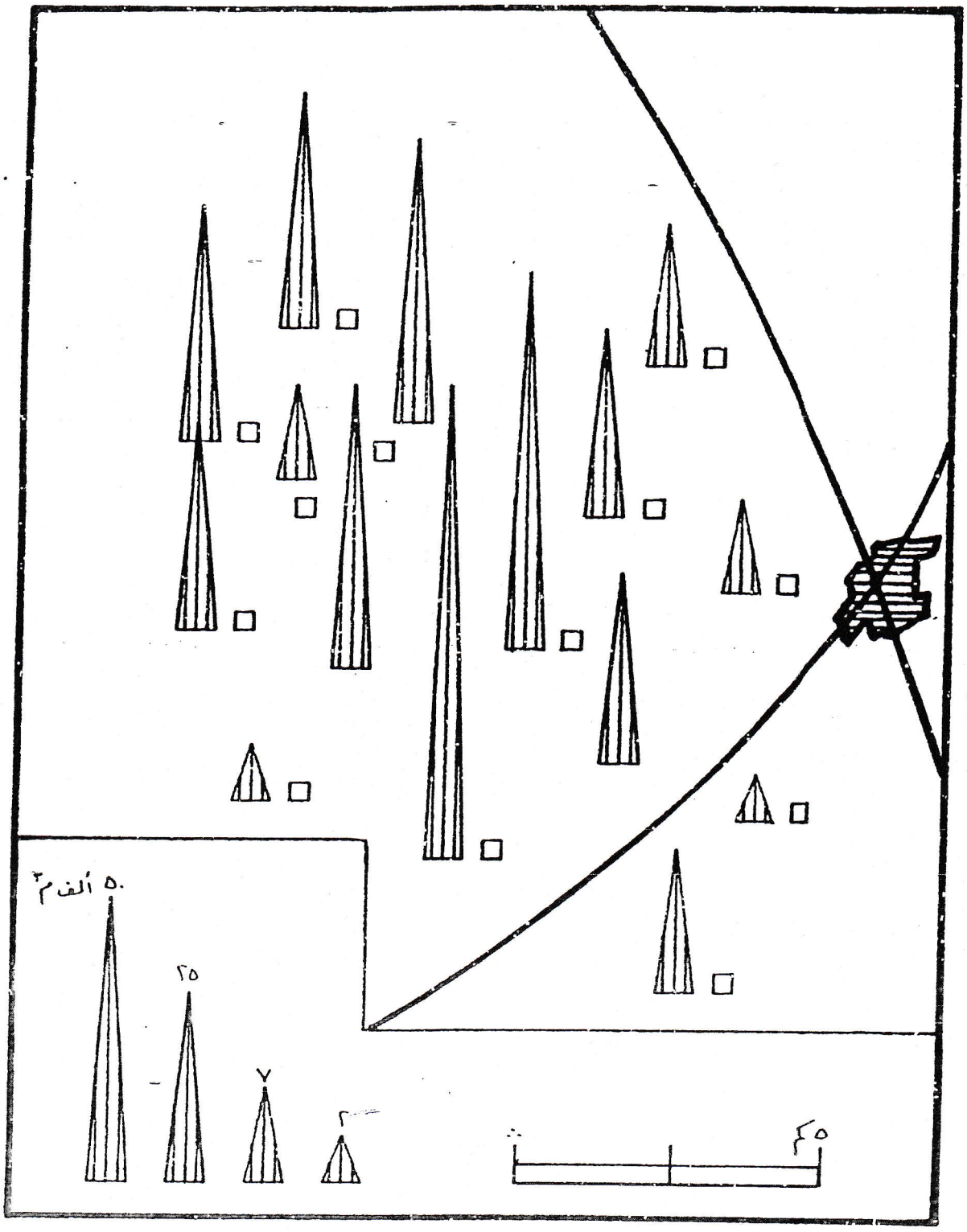
شكل -٦٧- نموذج لخرائط الدوائر النسبية، وهي هنا ممثلة لأعداد السكان في ولاية فوريدا.

"دنت، ١٩٧١"



شكل -٦٨- نموذج لما تبدو عليه الدوائر المقسمة التي تحتوي على قيم فرعية.

"منكهاوس وولكونسن، ١٩٧١"



شكل -٦٩- نموذج للمثلثات النسبية المستخدمة في التعبير عن القيم تم رسمها من خلال برنامج أوتوكاد لاحظ صغر الحيز المساحي المشغول بالرموز.

شروط توقيع الرموز النسبية المساحية على الخرائط :

يراعى عند توقيع الرموز على الخرائط كافة الشروط التي سبق ذكرها في حالة توقيع الأشرطة أو الأعمدة على الخرائط فيما عدا الشرط (هـ) المتعلق بضرورة تساوي سمك الأشرطة.

ويضاف إلى تلك القائمة شرط آخر يرتبط بالتداخل بين الرموز المساحية، إذ يلاحظ أن الرموز المساحية تشغل حيزاً على الخريطة، وقد تكون مواقع الظاهرات قريبة من بعضها، مما يؤدي إلى حدوث التداخل بين الأشكال المرسومة. وإذا حدث مثل هذا التداخل فلا بد أن من إبراز الأشكال الصغرى على حساب الأشكال الكبرى. وقد دلت دراسات "كلارك" على أن قدرة الخريطة على توصيل المعلومات تكون في حالة تداخل الرموز أقل من نظيره لها في حالة عدم تداخل الرموز (كلارك ص٩٩).

ويلاحظ أيضاً أن كافة خرائط الرموز المساحية ينبغي أن ترفق بها مقاييس لقياس الكميات ويتم إنشاء أي مقياس للرموز المساحية بانتخاب عدد من القيم يتراوح عددها بين ٣-٥ بحيث تكون قريبة من قيم الاحصائية الدنيا والعظمى والوسطى، ثم تحسب أبعاد الرموز النسبية الممثلة لها منسوبة إلى أصغر قيمة في الإحصائية (جدول ٥) وترسم الأشكال الخاصة بها في مفتاح الخريطة الأشكال (٦٧-٦٩).

٣- الرموز الحجمية :

يقصد بالرموز الحجمية الرموز النسبية التي تظهر البعد الثالث مثل : الكرات، والمكعبات، والرموز التصويرية. ويتم احتساب أبعادها بنفس الطريقة التي تحتسب فيها أبعاد الرموز المساحية، فيما عدا أن الحساب يعتمد على استخراج الجذر التكعيبي بدلاً من استخراج الجذر التربيعي في حالة الرموز المساحية، وتتبع بعد ذلك نفس الخطوات في الحساب مع مراعاة نفس الشروط في عملية التوقيع.

وللرموز الحجمية ميزة فريدة تتمثل بالإقلال من الفروق في الأرقام عن طريق الرسم. فلو كانت هناك قيمتان أحداهما ١٠ والأخرى ١٠٠٠ وأعطينا القيمة الأولى بعداً مقداره ١سم ليكون نصف قطر كرة، فإن نصف قطر الكرة الممثلة للقيمة ١٠٠٠ =

$$\frac{\sqrt[3]{١٠٠٠}}{\sqrt[3]{١٠}} \times ١ = \frac{١٠}{٢٫١٥} \times ١ = ٤٫٦٠ \text{ سم}$$