٣- خرائط خطوط التساوي Isoline Maps :

تعريف :

أخذت مسألة تحديد اسم خط التساوي في البحوث الأجنبية بعداً كبيراً، ففي الدراسات القديمة نسبياً، شاع مصطلح (الايزوبلث) Isopleth للدلالة على كل أنواع خطوط التساوي (ريز ص ١٩٩، وهتكهاوس وولكونس ص ٤٠) بينما أطلقت فيما بعد التعبيرات التالية : "الايزوجرام" Isogram و "الايزاريثم" Isarithm "والايزولاين" Isoline (روبنسون ص ١٢٥، وتانير ص ٢٧) لمسمى واحد هو خط التساوي، ويعد المصطلح الأخير أكثر هذه المصطلحات شيوعاً، وهو (خط التساوي أو خط القيم المتساوية) خط يصل بين القيم المتساوية مهما كان نوع هذه القيم. وطالما أن هذه الخطوط تحصر بينها مساحات متساوية القيمة فإنها تشبه خرائط التوزيع المساحي الكمي السابق الذكر، ولو أن آلية التعبير في كل منهما مختلفة عن الأخرى.

وقد قسمت (تانير ص ٢٧) هذه الخطوط المتساوية في القيمة إلى قسمين هما :

١- الخطوط التي تمر في نقاط محددة جرى فيها قياس قيمة مثل : الارتفاع، أو درجة الحرارة، أو الضغط الجوي الخ. فهذه القيم قد قيست في مواقع محددة وبالتالي سميت الخطوط التي تصل فيما بينها باسم خطوط الايزوميتر Isometer. ويتفق الباحث مع ما ذهب إليه ايمهوف ص ١٢١-١٣٠) من أن خط الايزوميتر لا يمكن أن يتحقق بهذا المعنى، إذ تفصل عادة بين أي قيمتين مسافة قد لا تكون القيم عليها متساوية، وعلى الخرائط لا يمكن أن تتحقق إلا في حالة الرسم من نموذج مجسم لصورتين جويتين، وعند تمثيل عنصر الارتفاع فقط. أي أن مفهوم خط الايزوميتر من الناحية الهندسية هو خط يصل فعلاً بين قيم متساوية، كخط طول أو عرض مثلاً، أو خط على صفحة ماء يصل بين النقاط المتساوية في الارتفاع.

٢- الخطوط المارة بين قيم جرى اختيارها لتمثل حيزاً مساحياً، مثل : كثافات السكان، أو خصوبة الأرض، أو الطاقة الرعوية وغيرها، وفي هذه الحالة يلاحظ أن القيمة ممثلة لمساحة تم اختيارها، وسميت هذه الخطوط باسم خطوط "الايزوبلث" *.

---

* لاحظ كيف تطور مفهوم الايزوبلث من معنى عام إلى معنى أكثر خصوصية.

ومهما يكن من أمر التسمية فإن تعبير خط التساوي أو خط القيم المتساوية في العربية يبدو مقنعاً وقد رأى سطيحة تسمية هذه الخطوط بالوظائف التي تؤديها مثل : خطوط الحرارة المتساوية، أو خطوط الضغط المتساوي أو خطوط المطر المتساوي وهكذا.

طرق إنشاء خرائط خطوط التساوي :

عند قبول فكرة رسم خريطة لظاهرة ما بخطوط التساوي يجب الحصول على بيانات رقمية عن هذه الظاهرة، إلى جانب خريطة أساس توضح مواقع هذه البيانات على هيئة نقاط، مع مراعاة أن تكون قيمة كل نقطة مكتوبة إلى جانبها. وتنقسم البيانات التي يمكن أن تعبر عن ظاهرة ما إلى قسمين (روبنسون ص ٢٢٤) هما :

أ- البيانات ذات الموقع النقطي :

وهي بكل بساطة البيانات التي تم قياسها من نقاط محددة وأمثلة ذلك عديدة منها: قياس العناصر المناخية، وقياس مناسيب سطح الأرض، وملوحة المياه الجوفية، وسمك مقطع التربة وغيرها، ويلاحظ هنا أن كافة هذه الظاهرات تشترك بخاصية وهي أن القياس قد تم في مواقع نقطية محددة بدقة وتنقسم هذه البيانات أيضاً إلى قسمين هما :

- بيانات مطلقة.

وهي الأرقام الحقيقية غير المعدلة كقياس الارتفاع مثلاً.

- بيانات مشتقة. وهي البيانات التي يجري العمل على تعديلها مثل : استخراج المتوسطات، أو الانحرافات المعيارية، أو معاملات الارتباط وغيرها.

ويلاحظ أن كافة الخرائط التي تنتهي إلى هذا النوع هي خرائط "أيزوميتر" كما سبق الذكر.

ب- البيانات التي لا يمكن أن تتواجد في مواقع نقطية.

وهي البيانات التي تتوزع على مساحة معينة، ويتم اختيار نقطة ممثلة لها لأغراض رسم خطوط التساوي. وهي تنقسم أيضاً إلى قسمين هما :

- بيانات مطلقة : أي استخدام القيم الخام كما هي دون تعديل.
- بيانات مشتقة : من الأرقام المطلقة مثل المتوسطات والانحرافات المعيارية والكثافات

والنسب وغيرها. وتسمى الخرائط التي تعتمد علي هذا النوع من البيانات "بالايزوبلث" وبعد تجهيز الخريطة بالبيانات مهما كان نوعها نجري ما يلي :

١- اختيار فاصل ملائم بني خطوط التساوي :

سبق وأن أشير إلى أهمية اختيار الفاصل بين خطوط التساوي عند دراسة خطوط الكنتور، وكذلك الطرق الملائمة لحل تلك المشكلة، إلا أن حل مشكلة اختيار الفاصل بين خطوط التساوي المعبرة عن كافة القيم يختلف كلياً عن طرق حل مشكلة الفاصل بين خطوط الكنتور، فهو في الحالة الأولى (أي خرائط خطوط التساوي الخاصة بكافة ظاهرات سطح الأرض) سطح وهمي صعب التخيل، أما في الحالة الثانية (خطوط الكنتور) فهو سطح حقيقي. فمن العسير مثلاً لغير المختص أن يتخيل انحدار الضغط الجوي أو انحدار سطح الكثافة السكانية أو ملوحة التربة، لكن من اليسير جداً أن يفهم غير المختص انحدار سطح الأرض. وقد عولجت قضية اختيار الفاصل بين خطوط التساوي بعدة طرق منها ما هو احصائي ويتطلب جهداً مضنياً، ومنها ما يقوم على أسلوب الرسم البياني، ومنها ما يقوم على طريقة التقدير، ويقترح الكاتب صيغة رياضية بسيطة يمكن من خلالها الحصول على الفواصل المنتظمة بين خطوط التساوي. وتقوم هذه الطريقة على أساس أن المساحات المحصورة بين هذه الخطوط ينبغي أن لا تزيد على ثماني وأن لا تقل على أربع وهي :

$$\text{مقدار الفاصل} = \frac{\text{الفرق بين أدنى قيمة وأكبر قيمة}}{٦}$$

فإذا كانت قيم البيانات تتراوح بين ٩ و ١٣٠ مثلاً فإن الفاصل الرأسي هو :

$$\frac{١٣٠ - ٩}{٦} = ٢٠٫١$$

وفي هذه الحالة تهمل الكسور أو يقرب الرقم إلى أقرب قيمة صحيحة، وبالتالي فإن الخطوط الملائمة بين القيم (١٣٠، ٩) هي : ٢٠، ٤٠، ٦٠، ٨٠، ١٠٠، ١٢٠.

ويلاحظ أن قيمة الخط الأول ينبغي أن تكون أكبر من القيمة الدنيا، بينما يجب أن تكون قيمة الخط الأخير أقل من القيمة الكبرى في الاحصائية.

وتجدر الإشارة إلى أن هذه العلاقة تنطبق على الفواصل المتساوية الأكثر شيوعاً وقبولاً لدى الباحثين، وبصفة خاصة بالنسبة للظاهرات الطبيعية. وفي حالات شاذة كما هي الحال بالنسبة لبعض الظاهرات البشرية قد تكون الفروق بين أعلى وأدنى قيمة، كبيرة جداً وعندها يجوز استخدام فواصل غير منتظمة.

٢- امرار خطوط التساوي بين القيم :

بعد تحديد قيم خطوط التساوي بالطريقة سابقة الذكر، تأتي عملية امرار خطوط التساوي بين القيم ابتداءً بأصغر هذه الخطوط قيمة، ويلاحظ أن عملية الامرار ذات مبدأ بسيط للغاية وهو أن نسير في خط التساوي دائماً وأبداً بين قيمتين احداهما أكبر قيمة من خط التساوي وثانيتهما أصغر قيمة من خط التساوي. أي أن خط التساوي ١٠ مثلاً يمر حتماً بين قيمتين مثل (٧، ١٢) لأن الأولى (٧) أصغر منه، والثانية (١٢) أكبر منه، بينما لا يمكن أن يمر الخط (١٠) مثلاً بين القيمتين (١٢، ١٩) لأن كلا القيمتين أكبر من خط التساوي (١٠)، وبالمثل لا يمكن أن يمر نفس الخط بين القيمتين (٤، ٩) مثلاً، لأن كلا القيمتين أصغر من قيمة خط التساوي وقس على ذلك.

٣- يراعي عند عملية الامرار الأولى أن يكون خط التساوي قريباً في المسافة من القيمة الأقرب إليه في الرقم فلو كان الخط المطلوب امراره هو (٥٠) وذلك بين القيمتين (٦٠، ٢٠)، فإن بين هاتين القيمتين مسافة، والموقع الصحيح في هذه الحالة هو أن يكون موقع امرار الخط أقرب إلى القيمة ٦٠ منه إلى القيمة ٢٠.

وعلى الرغم من جود عدة طرق لتحديد موقع نقطة إمرار خط التساوي، فمنها ما هو رياضي كالتي سبق ذكرها في الشكلين (٣٨، ٣٩)، ومنها ما هو هندسي، إلا أن الكارتوجرافيين قلما يستعملوها، بل يستخدمون الطريقة التقديرية في إمرار الخطوط. أما السبب في ذلك فيعود إلى تطلب الطريقة الأولى وقتاً وجهداً كبيرين فضلاً عن أن فروقها إذا قورنت بالطريقة التقديرية طفيفة؛ بحيث يمكن التغاضي عنها ولا شك أن أكمل هذه الطرق وأدقها وأبسطها هي استخدام بعض برامج الكمبيوتر، مثل برنامج SDRcontour في توقيع الخطوط.

٤- ترسم خطوط التساوي بعد الانتهاء من عملية الإمرار الأولى بمنحنيات سلسة.

٥- تكتب قيم خطوط التساوي بعد إحداث قطع فيها، ويفضل أن تكون الكتابة على محور بين الجنوب الشرقي والشمال الغربي، كما يراعى أن تكون الكتابة على أكثر من موضع إذا كان الخط طويلاً.

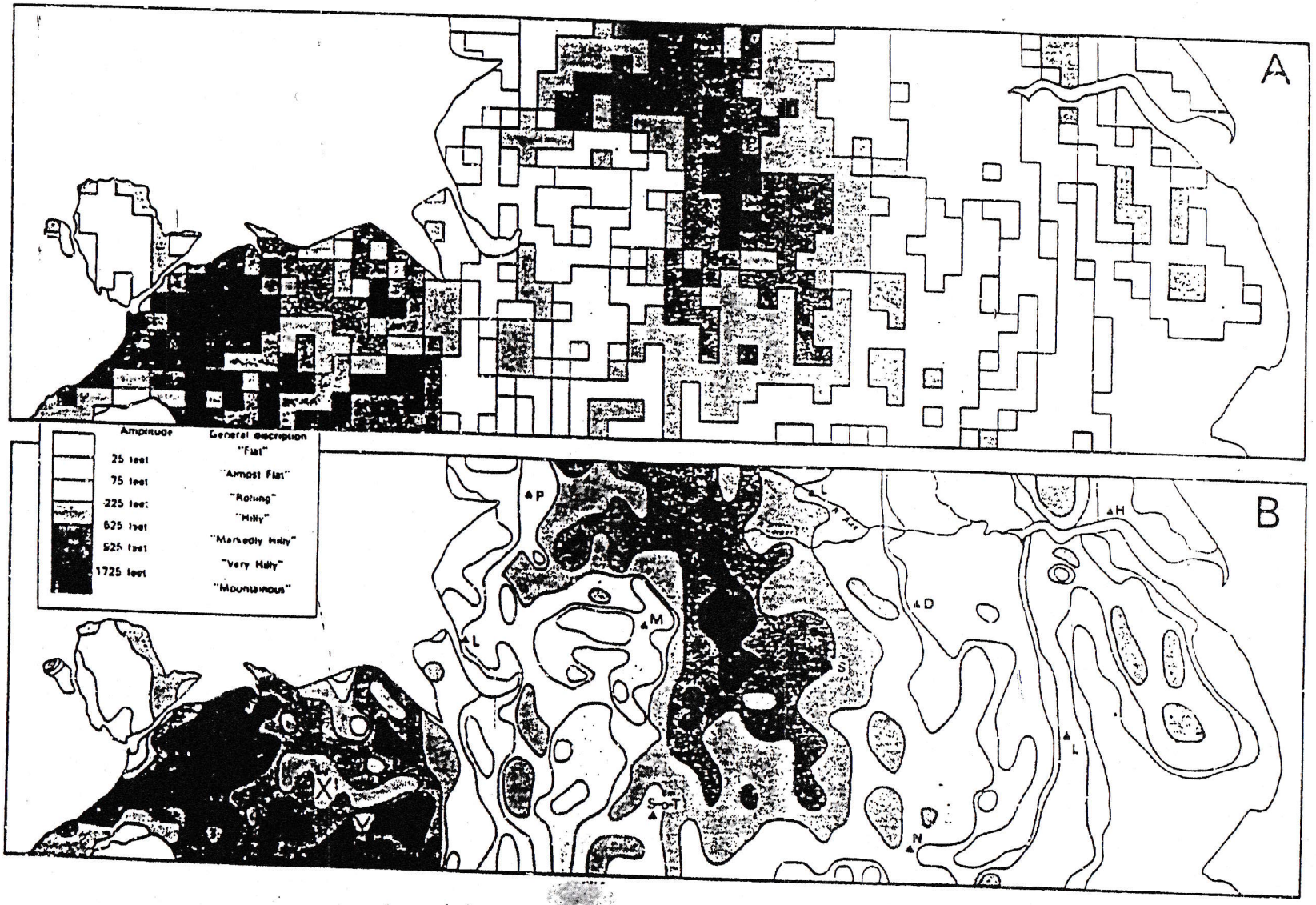
٦- يفضل إبراز المساحات المحصورة بين خطوط التساوي بنفس الطريقة التي أشير إليها في خرائط الكوروبلث، أي استعمال الظلال الكمية أو الألوان المتدرجة أو إظهار البعد الثالث، وفي هذه الحالة ينبغي عدم كتابة قيم خطوط التساوي لأن هذه القيم يمكن معرفتها من مفتاح الخريطة.

تقييم طريقة خطوط التساوي في التمثيل الكارتوجرافي ومجالات تطبيقها :

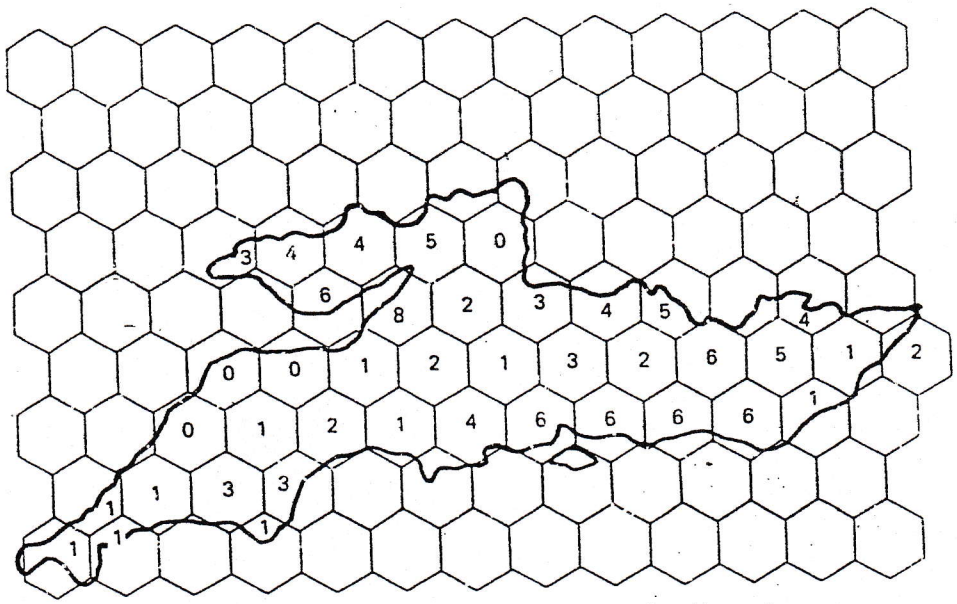
على الرغم من وجود بعض القصور في خرائط خطوط التساوي من حيث ميلها إلى التعميم أحياناً، كما هي الحال مثلاً في خطوط "الايزوبلث" أي التي تعبر عن المساحة، إلا أن هناك اتفاقاً بين الكارتوجرافيين على أنها أكمل الطرق في التعبير عن ظاهرات سطح الأرض، فلم تبزّها أي طريقة حتى الآن، ومنذ أن اكتشفت هذه الطريقة عام (١٥٨٤) على يد "برونس" كما سبق الذكر استعملت نحو مئتي عام للتطبيق فقط على الأعماق، وبعدها طبقت على قياس الارتفاعات على يد "نوكارلا"، وبعد ذلك بدأ تطبيقها على مختلف أنواع الظاهرات. ولا شك أن هذه الطريقة المبتكرة في التعبير عن ظاهرات سطح الأرض قد أسهمت اسهاماً كبيراً في مجال تطور العلوم الأرضية والانسانية على السواء، بل أنها قد اكتسبت تقليداً راسخاً وعراقة في التعبير عن : تضاريس سطح الأرض، وعناصر المناخ، والأعماق وخصائص مياه البحار والمحيطات، من حيث : الملوحة والحرارة والشفافية، وكذلك دراسات المياه الجوفية والسطحية، كما أصبحت فيما بعد تطبق في مجالات الدراسات الإنسانية وبصفة خاصة ما يتعلق منها بأوجه النشاط الاقتصادي، كالزراعة والصناعة والنقل، فضلاً عن تطور مجال تطبيقها الواسع حالياً في مجال دراسات المدن، فأصبحنا نرى خرائط تبين شتى أنواع التركيب الاقتصادي والاجتماعي للسكان في المدن، وخصائص السكن، وقيم الأراضي ونسب الأراضي الفضاء وغيرها.

طرق مسح ظاهرة معينة ومن ثم التعبير عنها بواسطة خطوط التساوي :

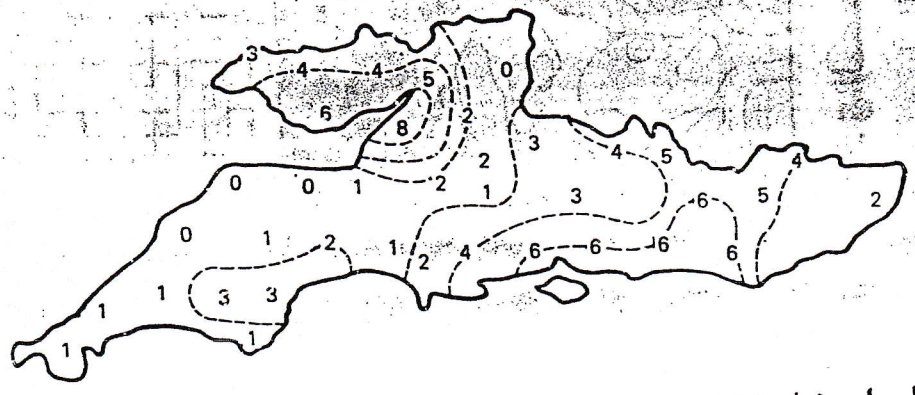
تتميز طريقة خطوط التساوي عن طريقة التوزيع المساحي الكمي (الكوروبلث) بامكانية تعميم نقاط القياس أو الرصد على مساحة محصورة بين الخطوط، فإذا رصدنا ملوحة التربة مثلاً من مجموعة نقاط في الميدان، فإننا نستطيع تطبيق طريقة خطوط التساوي لحصر المساحات التي تتفاوت فيها ملوحة التربة في تلك المنطقة، بينما لا نستطيع ذلك من خلال طريقة التوزيع المساحي الكمي. ويلاحظ أن البيانات المعدة لخرائط التوزيع المساحي الكمي يمكن أن تستعمل من أجل إعداد خرائط خطوط التساوي. لهذا فإن الطرق المتبعة في جمع بيانات خرائط التوزيع المساحي الكمي التي أشير إليها يمكن أن تستعمل من أجل التعبير عن أي ظاهرة بواسطة خطوط التساوي. ولا شك أن فكرة المسح تقوم على مبدأ بسيط، يتمثل باختيار عدد من النقاط على الخريطة، ثم قياس قيمة الظاهرة أما من الخريطة في بعض الحالات، مثل حساب درجات الإنحدار من خطوط الكنتور، أو من الميدان كما هي في معظم الحالات الشكلان (٦٥ أ، ٦٥ ب).



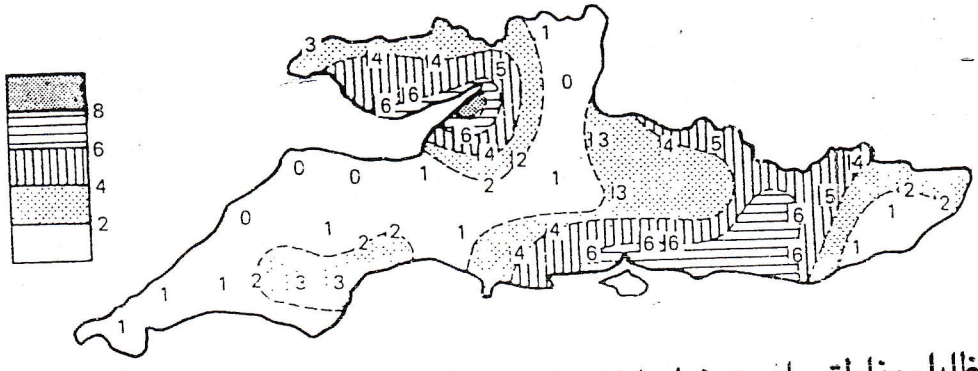
شكل -٦٥ أ- مقارنة بين خريطتين لنفس الظاهرة (فرق المنسوب) اتبع في إنشاء الأولى (A) أسلوب الكوروبلث بينما اتبع في إنشاء الثانية (B) أسلوب الايزوبلث.



أ- تقسيم الخريطة إلى أشكال هندسية وقياس قيمة الظاهرة داخل كل شكل هندسي (يجوز اختيار أي شكل).



ب- إمرار خطوط التساوي.



حـ- تظليل مناطق ما بين خطوط التساوي.

شكل -٦٥ ب- خطوات إنشاء خطوط تساوي لبيانات تنتشر على مساحة.

"برجز ١٩٨٩"