عشوائية طريقة اختزال الخلايا في تعميم الخرائط الشبكية، وطريقة مقترحة جديدة

علي بن معاضه الغامدي*

ملخص: تتناول هذه الدراسة عشوائية الطريقة التقليدية المستخدمة في تقليص البيانات (عدداً) في نظام المعلومات الجغرافية – النظام الشبكي (GIS-Raster Approach)، والمسماة «اختزال الخلايا» (Pixel Thinning). وعلى الرغم من أن هذه الطريقة تعد طريقة سهلة ومباشرة الاستخدام في كثير من نظم المعلومات الجغرافية، وبخاصة في تقليص البيانات النوعية الثنائية، فإنها لا تعد ملائمة من الناحية الخرائطية في الحفاظ على شخصية الظواهر الأصلية ولا سيما عند المستويات العليا من التعميم. وتقدم الدراسة أيضاً طريقة جديدة تأخذ هذه القرينة في الاعتبار، سُمّيت «تصنيف الخلايا المتوسطة» (Pixel-Averaged Classification). وبينت النتائج البصرية والرقمية جدوى هذه الطريقة المقترحة، وذلك من خلال التطبيق على شكلين من أشكال الترتيب المكاني للظواهر. وتوصي الدراسة بأهمية إجراء المزيد من تقويم البرمجيات (Algorithms) الخاصة بالتعميم الخرائطي وتقديم حلول تأخذ القرينة الخرائطية (Cartographic Context) في الاعتبار أثناء التطبيق.

المصطلحات الأساسية: التعميم الخرائطي، اختزال الخلايا، دمج الخلايا، تصنيف الخلايا المتوسطة، شخصية الظاهرة الرئيسة.

مقدمة:

على الرغم من صعوبة ترجمة عمليات التعميم الخرائطية التقليدية أو تقنينها إلى طرق موضوعية علمية (objective)، فإن كثيرا من برامج نظم المعلومات الجغرافية تضم بعض الطرق الموضوعية التي تقوم آلياً بتنفيذ مهمة من مهام التعميم الخرائطي. لكن المشكلة أنه حتى تلك الطرق لا تزال تقوم على معرفة

* قسم الجغرافيا، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.

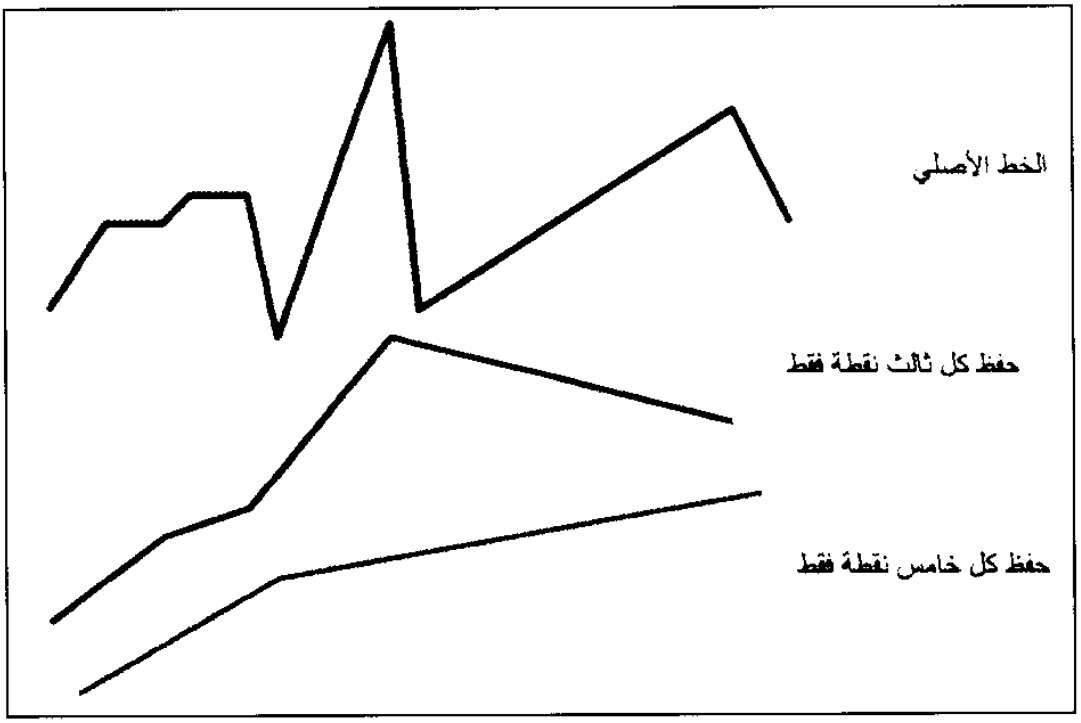
خرائطية محدودة، أو أنها لم تُطور لتتجنب القصور في الأداء. ومن هذه الطرق، طريقة تقليص البيانات (Reduction) بطريقة حذف كل (س) من عناصر البيانات أو اختياره وحذف باقي العناصر. ومع أن الباحثين يؤكدون في مجملهم أن هذه الطريقة تعد ملائمة لتقليص البيانات أكثر من عملها كطريقة في التعميم في المجال المرئي (Perceptual Realm)؛ أي لأغراض بصرية حيث تكون النتيجة مرئية بالعين عند المقياس، غير أنها عملية يعيبها القصور في احتوائها على قرينة التعميم الخرائطي المعقدة الخاصة بالعلاقات بين نوع الظواهر والمقياس والهدف من الخريطة.

طريقة الحذف والإبقاء هذه تعد طريقة عشوائية؛ ذلك أنها لا تأخذ في الحسبان – على الأقل – الحفاظ على شكل الظاهرة أو السمة أو الشخصية البارزة للظاهرة. فالعملية تقوم على اختيار، مثل اختيار العينة العشوائي، ومن ثم لا تمثل الظاهرة الأصلية تمثيلاً صادقاً. ففي شكل (1) نجد أن الخط الأصلي ممثل بعشر نقط، والموقع النسبي لكل نقطة هو المهم هنا، بحيث تؤلف هذه المواقع شكل الخط أو شخصيته، فإذا قُلص عدد النقط بطريقةالحذف هذه، فسوف نجد أن شكل الخط لم يُحافظ عليه سواء عند المرحلة الأولى التي أُبقي على كل ثالث نقطة أو عند المرحلة الثانية التي أبقي على كل خامس نقطة. لهذا فحذف البيانات بهذه الطريقة لا يضمن الحفاظ على الهوية أو السمة البارزة للظاهرة قيد التعميم (Laurini & Thompson, 1992). والشكل (1) يبين عشوائية الطريقة بصفة عامة كما هو مألوف في التمثيل الخطي (Vector Representation)، بيد أن الفكرة هي ذاتها في التمثيل الشبكي (Raster Representation)، إذ إن الخلية هنا تقوم مقام النقطة. طريقة الحذف العشوائي المطبقة على التمثيل الشبكي تعرف بأسماء تختلف من برنامج إلى آخر، وتسمى في برنامج إدريسي (Eastman, 1997) بما يمكن ترجمته إلى: اختزال الخلايا (Pixel Thinning)؛ بمعنى تقليصها (عدداً). والطريقة تقوم على الإبقاء على كل (n) خلية من خلايا الأعمدة وخلايا الصفوف (Pixel Columns & Rows)، وحذف الباقي من الخلايا، وسيأتي شرح ذلك لاحقاً. هذه الطريقة يمكن بالطبع أن تنتج شكلاً معمماً قد يقارب الشكل الأصلي، وقد لا يقاربه بل يشوهه؛ فالعملية تعتمد على المصادفة والاحتمالية.

ولما كان التطور في الخرائط الآلية ونظم المعلومات الجغرافية لم يصل إلى حل في قضية التعميم الآلي بعد (بمعنى تحقيقه)، والحاجة إلى خرائط معممة لا تزال قائمة، فإن تقويم الموجود من البرمجيات (Algorithms) والبرامج (Software)

الخاصة بالتعميم يعد ضرورة، وبخاصة أنه ليس كل من تعامل مع تحليل قواعد البيانات على دراية بالأسس الخرائطية الخاصة بالتعميم ومدى ملاءمة قواعد البيانات لمقاييس الرسم، لهذا فالدراسة الحالية تهدف إلى تطبيق طريقة اختزال الخلايا على بيانات خرائطية لتعميمها إلى مستويات مختلفة ومقارنتها بطريقة مقترحة صممت لتجنب عشوائية الطريقة الأولى، ولا سيما عند التعميم إلى درجات عالية حيث يبدو تأثير العشوائية أكثر وضوحاً، وتبدأ شخصية الظاهرة بالاختفاء أو تنعدم تماماً.

وتجدر الإشارة في هذه المرحلة إلى أنه لا بد من التفريق بين عملية التعميم الخرائطي التي تأخذ في الحسبان عديداً من الأمور الخاصة بالمقياس وموضوع الخريطة وعلاقات الظواهر فيما بينها أثناء عمليات التعميم نفسها، وبين عملية واحدة فقط من عمليات التعميم مثل هذه العملية التي هي قيد الدراسة الحالية، والتي تقوم بتقليص البيانات بمنأى عن أي قرينة مما تقدم ذكره. فمعلوم أن عمليات التعميم عديدة، منها التبسيط، والصقل، والحذف، والإسقاط، والدمج، والتصنيف، والمبالغة أو التكبير وغيرها (انظر على سبيل المثال: Keates, 1989; McMaster & Shea, 1992).



شكل (1): عشوائية طريقة تقليص البيانات بوساطة حفظ كل عنصر من البيانات بعد كل عدد معين يحدده المحلل أو المستخدم للبيانات الخرائطية

الدراسات السابقة:

على الرغم من أهمية فهم عمليات التعميم الخرائطي فإن الأبحاث اتجهت إلى مجالات أخرى غير التعميم. وعلى الرغم من وجود دراسات في بداية التسعينيات الميلادية، فإن أشهرها – وهي تعد قريبة من هذه الدراسة – دراسة قدمها مولر، وزيشن (Muller & Zeshen, 1992)، وفيها قدم الباحثان طريقة لتعميم الظواهر المساحية مثل البحيرات والغابات وغيرهما. وهي طريقة خاصة بالخرائط ذات الشكل الخطي (Vector maps)، ويقوم التعميم فيها على أسس هندسية، أي أن بقاء الظواهر على أشكالها أو تغييرها أو زيادتها مبني على تنافسها هندسياً في المكان أثناء عرضها عند المقياس المشتق. وبما أن الطريقة تتكون من مجموعة عمليات ثانوية فإنها تعمل في شكل مرحلي (Stepwise) وبرمجي (Algorithmic). أما العمليات فتشتمل: إعداد البيانات، زيادة المساحة وتقليصها، والحذف، وإعادة والاختيار، والدمج، والإزاحة، وتصحيح سير العمل وضمانه، والصقل وتنقيص البيانات.

أما المتطلبات التي وجّهت العملية فهي:

(1) تأكيد المساحات الأكبر للظواهر على حساب المساحات الأصغر.

(2) المحافظة على العلاقة بين الشكل والمجموعة.

(3) الحفاظ على سلامة الربط البنائي (Topology).

(4) إزاحة تفاضلية بحسب مساحة الظاهرة.

وهذه المتطلبات في مجملها مستوحاة من اقتراحات بيرتن (Bertin, 1983) الخاصة بتعميم مثل هذا النوع من الظواهر التي تؤكد الحفاظ على التوزيع المكاني للظواهر. إن عدم المحافظة على شكل الظاهرة الذي يعطيها سمتها أو شخصيتها والمحافظة على التوزيع النسبي المكاني للظاهرة أثناء عملية التعميم يعد عملاً غير مقبول خرائطياً، وعليه فإن فشل أي عملية تعميم أو نجاحها يحدد على هذا الأساس مهما كانت بسيطة أو معقدة في فكرتها وعملها.

الجدير بالذكر أن هناك برنامجين خاصين بالتعميم الخرائطي قُدِّما في بداية التسعينيات، بحيث يمكن إجراء عمليات مثل التبسيط، والحذف، والدمج والإزاحة وغيرها، وذلك بإشراف مباشر من مشغل (خرائطي)، أما البرنامج الأول فهو: CHANGE (Powitz & Schmidt, 1992)، ويقوم بعمليات محدودة، وإجراء تحويل خاص بالخرائط التفصيلية الكدسترالية والطبوغرافية الكبيرة. أما البرنامج الثاني فهو أكثر كفاءة من ناحية قدرته على إجراء العمليات العديدة في التعميم، ويسمى:

MGE Map Generalizer (Lee, 1992). وهذا البرنامج أشبه بنموذج آلي للتعميم اليدوي يقوم على التفاعل من قبل المستخدم الذي يفترض أن يكون خرائطياً متمرساً. الغريب أن هذا البرنامج لم يلق رواجاً على الرغم من شموليته في تنفيذ كثير من عمليات التعميم. (هذه كانت الخطوة الأولى في طريق التعميم الآلي المتكامل، ومع تطور العمليات الخرائطية وعدم وجود دراسات مستفيضة لجميع العمليات والعلاقات المتبادلة بينها، سيظل فهم عملية التعميم ثم ترجمتها أو تقنينها (Formalising) هدفاً صعب التحقيق).

قدم فان أوسترون (Van Oosterom, 1995) فكرة جديدة لتعميم الخرائط المساحية، سماها تسلسل التجزئة النطاقية أو المساحية (Area Partitioning Hierarchy). هنا يقوم تركيب البيانات على ما أسماه بتركيب البيانات التفاعلي (Van Oosterom, 1989, 1991, 1993, Reactive Data Structure)، حيث يأخذ البعد المساحي للظاهرة الأهمية الكبرى على إبقاء الظواهر عند التعميم أو تقليصها أو حذفها. لكن ما دامت البيانات تقوم على التركيب الهرمي مثل BLG-tree و GAP-TDRee فإن الخريطة الأصلية تعمم بحيث لا يحدد تكرار أو تنشأ بيانات فائضة (Redundant Data)؛ بمعنى يحدث قاعدة بيانات ثابتة للخريطة المعممة. فالطريقة تقوم آلياً بتقسيم الخريطة إلى مناطق، وتعطي كل منطقة أهمية بحسب الحجم، ثم عند طلب مقياس معين أو العرض على الشاشة تظهر المناطق الملائمة للمقياس المطلوب. هذه الطرق وغيرها لم تجد تطبيقاً واختبارات تجريبية واسعة، مما أثر سلباً في فهم التعميم الخرائطي وتقنينه.

ولقد قدم مولينار (Molenaar, 1998) أربع خطوات رئيسة في تعميم قواعد البيانات المكانية، وذلك من منظور نمذجة الأهداف الموجهة (Object oriented modeling). الخطوة الأولى: اختيار أو تحديد الأهداف (الظواهر) التي ستمثل عند المقياس المشتق. ويعتمد هذا الاختيار على البيانات الوصفية للأهداف. الثانية: حذف باقي الأهداف التي لن تمثل. الثالثة: دمج الأهداف المساحية التي لن تمثل بصورة منفصلة. الرابعة: إعادة تصنيف الأهداف المعممة. التعميم بطريقة الأهداف الموجهة تأخذ في الحسبان صفات (Attributes) وسلوك (Behavior) الظواهر. وفي ظل هذا المفهوم ومفهوم التركيب الهرمي – كما تقدم أعلاه – اقترح مولينار أربع طرق لتنفيذ الخطوات السابقة، وتشمل: 1 – التعميم الموجه بعامل درجة الوضوح الهندسية. 2– التعميم الموجه بعامل الفئة. 3– التعميم الوظيفي. 4– التعميم التركيبي.

منهج الدراسة:

طريقة اختزال الخلايا (Pixel Thinning) في برنامج إدريسي (IDRISI):

تقوم الطريقة على أساس اختيار خلية معينة من صف وعمود بمقدار (n) يحدده المستخدم. وهي طريقة لتقليص عدد الخلايا من خلال واجهة (Interface) يحدد عليها المستخدم معامل أو مقدار التقليص الخاص بالأعمدة والصفوف، إضافة إلى تحديد المصدر أو الخريطة التي يراد تعميمها أو تقليصها وتحديد اسم للخريطة المنتجة. فإذا حدد المستخدم معامل التقليص ليكون مثلاً (2) في خانة الأعمدة وخانة الصفوف، فإن الخلايا ستقلص بمقدار 75%، وذلك لأن ثاني خلية من كل عمود وكل ثاني خلية من الصفوف ستبقى وستحذف باقي الخلايا. فكل 2 × 2 من الخلايا يساوي 4 خلايا، لذا تُختار خلية واحدة فقط وتحذف باقي الخلايا. يتضح أن التقليص ينتج بناء على التصغير المساحي عند تغيير المقياس؛ بمعنى أن المساحة عند المقياس المشتق تساوي ربع المساحة عند المقياس السابق الأصلي. وبناء على المثال، نجد أن كل خلية في الخريطة المعممة تمثل أربع خلايا في الخريطة الأصلية. ويبين الشكل (2) كيف أن الخريطة الأصلية (أعلى الشكل) ممثلة بـ 8 خلايا طول (عمود) × 8 خلايا عرض (صف)، عممت بمقدار 2 × 2 فأنتجت 4 خلايا طول × 4 خلايا عرض.

الطريقة المقترحة: تصنيف الخلايا المتوسطة (Pixel-Averaged Classification):

تقوم الفكرة الرئيسة للطريقة المقترحة على استخدام معدل مجموع قيم الخلايا الناتج بعد التقليص ثم إعادة تصنيفها إلى قيمتين: (1) و(0)، وهما القيمتان الخاصتان بالخرائط النوعية الثنائية (Boolean Maps). والناتج من الخرائط النوعية حينما تعمم بطريقة المعدل – وهي طريقة أخرى موجودة في برنامج IDRISI، تسمى دمج الخلايا (Pixel Aggreagation) – تكون قيم الخلايا متفاوتة بالطبع بين (0) و(1)، وهنا لا تعد ثنائية (أي إما (1) أو (0)). نجد أنه على سبيل المثال – عند المستوى الأول من التقليص (2 × 2) تراوح قيم الخلايا:

$$(1 \quad 0.75 \quad 0.50 \quad 0.25 \quad 0)$$

فالخلايا التي قيمها (0) أو (1) تعني التأكد المطلق أن الظاهرة توجد في المكان عندما تكون القيمة (1) ولا توجد عندما تكون (0). أما القيم البينية فتدل على مقدار التأكد (Certainty) بالنسبة لحساب القرب أو البعد من القيمتين. فواضح أنه كلما كانت القيم قريبة من (1)، دل ذلك على زيادة الاحتمالية أو التأكد من وجود الظاهرة،

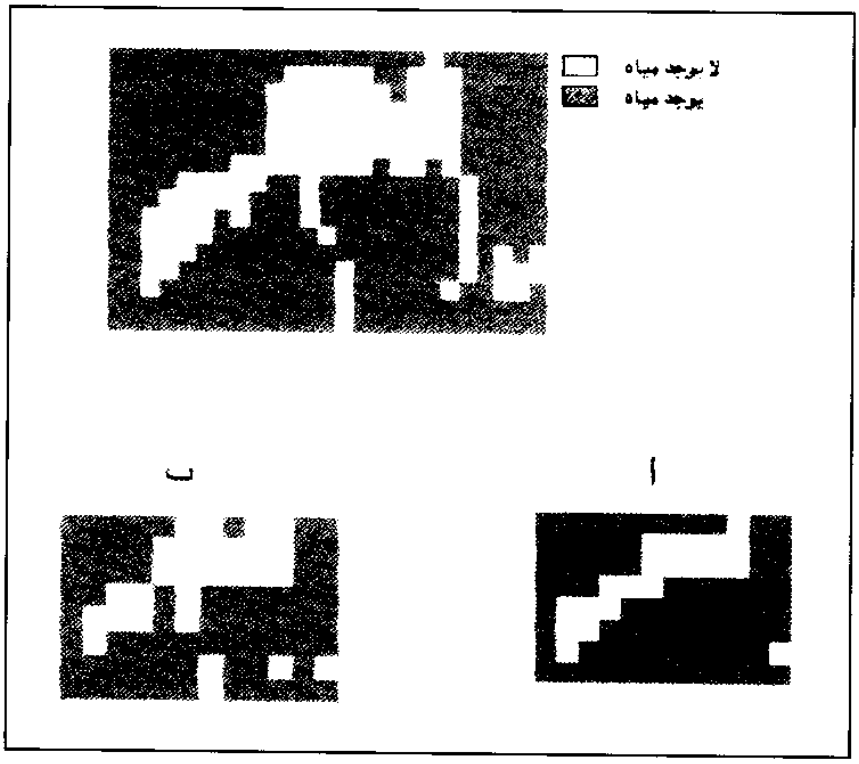
والعكس صحيح. إذاً، فالخريطة الأصلية تعمم لتصبح بحدود انتقالية (Fuzzy Boundaries) في النظام الشبكي، أو كما هو معروف في الواقع والدراسات الجغرافية، بالمنطقة الانتقالية بين إقليمين أو منطقتين.

وفي أي مستوى آخر من التعميم، تزيد قيم الخلايا وتنقص بين الصفر والواحد، بحسب عدد الخلايا المحسوبة في التقليص. فإذا كان التقليص للمستوى الثاني، فإن المعامل يكون بالطبع 4 × 4؛ بمعنى كل 16 خلية في المستوى الأساسي أو الخريطة الأصلية ستقلص لتكون خلية واحدة. وعلى هذا فإن أقل قيمة للخلية الواحدة بعد الدمج ستكون (بعد الصفر طبعاً) 0.0625 (1/16). ولتوضيح المثال أكثر، فإن قيمة 0.50 مثلاً، تعني أن قيمة الخلية هذه هي معدل 16 خلية، 8 خلايا، في كل خلية منها قيمة 1، وتحمل كل خلية من الخلايا الباقية قيمة 0.

أما عملية التصنيف (الموجهة إلى الحدود) فإنها تقوم على مبدأ عملي وهو أن كل القيم من (0) إلى أقل من (0.50) تأخذ قيمة (0)، ومن (0.50) إلى (1) ستأخذ الخلايا قيمة (1). هذا التصنيف يعد، على الأقل من الناحية العملية، أكثر قبولاً منطقياً، لأن هذا سيضمن التوازن في تمثيل المنطقتين الرئيستين (0 و 1)، وخرائطياً، لأن العملية لا تقوم على الاختيار العشوائي الذي تقوم عليه طريقة اختزال الخلايا.

ولتوضيح الفكرة عملياً، يبين شكل (2) كيف أن الخريطة الأصلية (أعلى) عممت بطريقة اختزال الخلايا (خريطة ب)، وطريقة تصنيف الخلايا المتوسطة (خريطة أ). يبين الشكل كيف أن السمة البارزة أو شخصية الظاهرة في الخريطة الأصل تظهر أقل تمثيلاً في الخريطة المعممة بالطريقة الأولى مقارنة بالخريطة المعممة بالطريقة الثانية (خريطة أ). فيبدو واضحاً كيف أن شخصية الظاهرة قد حفظت، بينما حذفت بعض الأجزاء التي تعد أقل أهمية.

إذاً، فكرة الطريقة المقترحة وعملها يقومان على أساس مبدأ إعادة تصنيف خريطة تمثل منقطتين رئيستين (1) و(0)، وبينهما مناطق انتقالية (Fuzzy Zones)، فتبقى المهمة بعدئذ تقسيم المنطقة الانتقالية هذه إلى قسمين رئيسين، أحدها باتجاه المنطقة الرئيسة الأولى (1) والأخرى باتجاه المنطقة الرئيسة الثانية (0). هذه الفكرة ستضمن الحصول على نتائج أفضل تحفظ شخصية الظاهرة عند التعميم إلى مستويات عالية.



شكل (2): عمل طريقة اختزال الخلايا (ب) Pixel Thinning والطريقة المقترحة (أ) (تصنيف الخلايا المتوسطة Pixel-Averaged Classification) في التعميم الخرائطي

طرق التقويم:

عند تقويم العمل الخرائطي، لا بد من إجراء تقويم نوعي (Qualitative Evaluation)، بالتقويم البصري. إن تحديد مقدار الاختلاف بين شكلين تقرره العين أولاً، لهذا لا يزال التقويم البصري هو الأساس في الحكم على العمليات الخرائطية الخاصة بالتعميم. وعلى هذا ستقوم النتائج في هذه الدراسة بصرياً بناءً على التغير في شخصية الظواهر الأصلية وسماتها عن تلك المعممة.

أما التقويم الكمي (Quantitative Evaluation) فمن الممكن قياس مدى ترابط السطح الممثل بعناصر الخريطة. فمن الناحية الإحصائية يمكن قياس مدى تجانس السطح في التمثيل الشبكي من واقع الارتباط المكاني لقيم الخلايا (أي تأثير القرب والبعد المكاني على قيم الخلايا). لذا يمكن تقديم مؤشر (Index) يدل على مدى تشابه كل خلية مع الأخرى. فكلما زاد التشابه دل ذلك على تجانس السطح لتصل قيمة المؤشر إلى (+1) وذلك كأقصى مدى للتجانس، ويحدث ذلك عندما تكون الخلايا متشابهة تماماً، والعكس صحيح عندما يكون السطح مضرساً (Fractured)،

فإن القيمة تكون (−1) في حال الخلايا غير المتشابهة تماماً. أما عندما تقترب القيمة من (0) فإن السطح يكون قريباً إلى العشوائية. لذا، فإن التقويم الكمي هنا سيُبنى على مؤشر معامل الارتباط الذاتي (Autocorrelation) لقياس الترتيب المكاني (Spatial Arrangement) ومدى التغير فيه.

معامل الارتباط الذاتي (كما هو مطبق في برنامج IDRISI) يحسب التغير (Shift) المسافي – الاتجاهي الأول، (First Lag)، كما يمكن إيجاد المؤشر لتغير ثان وثالث ورابع وهكذا. فالتحرك الأول للخريطة الأصلية، والخريطة المعممة في المستوى الأول (تعميم بمقدار 2×2 خلية) ستقوّم بالتغير الثاني (Second Lag) والخريطة المعممة الثانية (تعميم بمقدار 4×4 خلية) ستقوّم بالتغير الرابع (Fourth Lag)، وهكذا، فالتغير مربوط بمقدار أو معامل التعميم، فقياس معامل الارتباط الذاتي للخريطة الأصلية للتحرك الثاني مثلاً يستلزم إجراء تقليص أو تعميم للخريطة إلى مستوى بمقدار تعميم (2×2).

ومعامل الارتباط الذاتي المستخدم هنا فقط لقياس الاختلاف في الترتيب المكاني في الخرائط المعممة بالطريقتين (اختزال الخلايا وتصنيف الخلايا المتوسطة)، بهدف قياس العشوائية؛ إذ يفترض، من الناحية النظرية على الأقل، أن الخريطة المعممة بطريقة اختزال الخلايا سوف تنتج مؤشراً يكون أقرب إلى قيمة (0) الدالة على العشوائية مقارنة بالمؤشر الناتج من طريقة تصنيف الخلايا المتوسطة. كما تقدم ذكره، بسبب أن الطريقة الأولى تقوم أساساً على عملية منظمة لكنها عشوائية فيما يتعلق بالحفاظ على شخصية الظاهرة أو الظواهر عند الدرجات العليا من التعميم. وهذا عكس الطريقة المقترحة التي يفترض أنها ستحافظ على هوية الظواهر كما في الخريطة الأصلية، ومن ثم يقل أو ينعدم التبعثر (المكاني) للخلايا.

البيانات المستخدمة:

اختيرت خريطتان تمثلان نوعين أو شكلين من أشكال الترتيب المكاني للظواهر، وعلى هذين الشكلين من التوزيع المكاني ستطبق الطريقتان. وما دامت البيانات يمكن أن تكون لأي منطقة دراسة فقد اقتصر التحليل على البيانات المزودة بالبرنامج (IDRISI)، حيث ستفي بالغرض. أما الخريطة الأولى فهي لمنطقة محدودة تمثل فيضاناً لنهر السنغال في جزء من موريتانيا، وأهمية هذه الخريطة للدراسة أنها تبين شكلاً أساسياً واحداً للظاهرة، وهو الجزء ذو اللون الداكن الأكبر، في حين يوجد ما يشبه روافد فرعية تعد أجزاء ثانوية لشكل الظاهرة الرئيس. أما

الخريطة الثانية فهي تمثل منطقة تشمل مسطحات مائية يتخللها مناطق جافة متناثرة. ويمكن أن يستنتج من الخريطة سمات بارزة لأشكال هذه المناطق الجافة من ناحية الحجم والترتيب. والمنطقة تقع في ويستبرو WESTBORO بولاية ماساتشوستس Massachusetts في شمال شرق الولايات المتحدة الأمريكية.

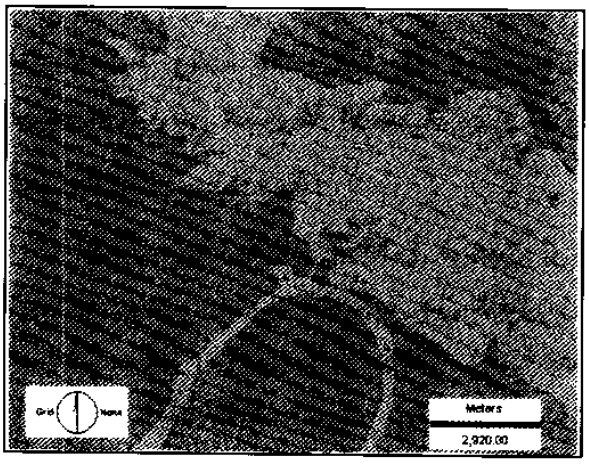
مقياس الرسم:

تستخدم – عادة – المقارنة لخرائط معممة مع الخريطة الأصل على مقياس رسم موحد؛ لكي يمكن ملاحظة مدى الاختلاف والتطابق بين الظواهر. وكون الخريطة الأصل عممت لتلائم مقاييس مضاعفة للمقياس الأصلي، فإن العرض على أحد هذه المقاييس بالذات ليس ضرورياً بقدر ما يكون الهدف المقارنة على مقياس معين يمكن به ملاحظة الظواهر الموجودة على الخريطة الأصلية والمعممة بما تسمح به ظروف العرض والحدود المفروضة أو القيود الخاصة بحجم ورق الدراسة في حدود (A4). وقد عرضت الخريطتان الأصليتان بمقياس أكبر قليلاً من الخرائط المعممة، في حين عرضت الخرائط المعممة بمقياس أو حجم واحد تقريباً.

النتائج:

الخريطة الأولى (الأشكال من 3 إلى 8):

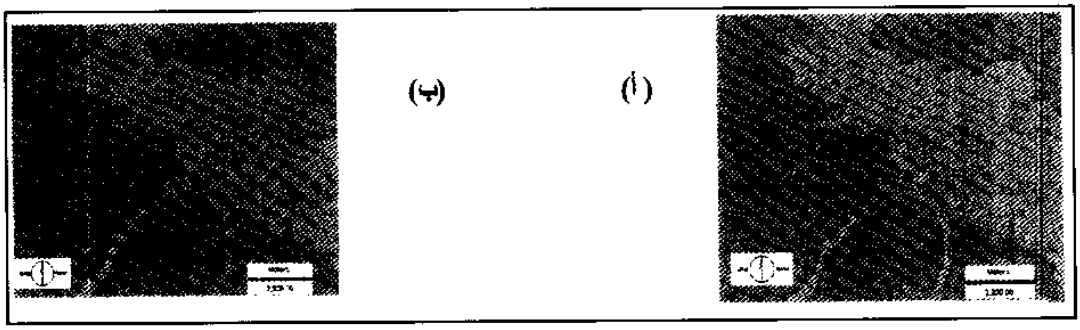
تبدو الخريطة الأصلية الأولى في شكل (3)، ويبدو واضحاً أن هناك جزءاً أساسياً من الظاهرة (الفيضان) يقع في الجزء الأيمن الأعلى من الخريطة، حيث يمثل مجرى أساسياً للمياه أو منطقة كبيرة للفيضان، في حين يوجد مجريان متصلان في الجزء الأسفل من الخريطة، ويمثلان الجزء الأقل أهمية من شخصية الظاهرة. لقد حُسب معامل الارتباط الذاتي (بطريقة KING)، فكان 0.9822 وذلك للتغير الأول (First Lag) (جدول 1).



شكل 3: الخريطة الأصلية لمنطقة الدراسة الأولى، تمثل منطقة فيضان (باللون الداكن)

المستوى الأول من التعميم (شكل 4):

لا يبدو أن هناك فروقاً بصرية بين الخريطتين؛ «الخريطة الأولى (أ) معممة بوساطة تصنيف الخلايا المتوسطة، والخريطة الثانية (ب)



شكل 4: الخرائط المعممة للمستوى الأول (منطقة الدراسة الأولى). (أ) الخريطة المعممة بالطريقة المقترحة (تصنيف الخلايا المتوسطة)، (ب) الخريطة المعممة بطريقة اختزال الخلايا

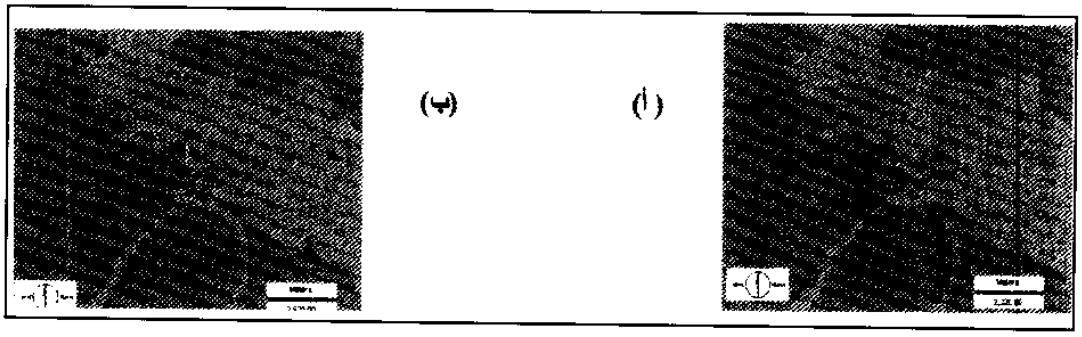
معممة بوساطة اختزال الخلايا». أهمية التعميم هنا تكمن في تقليص البيانات إلى 75%، أكثر منها في إحداث تغير في شكل الظواهر، وهذا مقبول خرائطياً عند هذا المستوى من التعميم. أما من ناحية التقويم الكمي، فإنه في حين كانت قيمة معامل الارتباط الذاتي 0.9602 للخريطة (أ)، كان المعامل للخريطة (ب) 0.9576. فعلى الرغم من زيادة المؤشرين (بالنسبة للواحد الصحيح)، فإن الخريطة (أ) المعممة بالطريقة المقترحة أقرب إلى الخريطة الأصلية مقارنة بالخريطة المعممة بطريقة اختزال الخلايا. هذه النتيجة تعد منطقية مع النتيجة البصرية، حيث إن الاختلاف طفيف، مع أنها – رقمياً – لمصلحة الطريقة المقترحة.

جدول (1)
تعميم الخريطة الأولى بطريقة اختزال الخلايا وطريقة تصنيف الخلايا المتوسطة

الخريطة	معامل تقليص الخلايا	معامل الارتباط الذاتي		أعداد الخلايا	نسبة التقليص %
الأصلية	–	0.9822		406 × 510	–
المستوى الأول	2 × 2	خريطة (أ)	خريطة (ب)	203 × 255	75
		0.9602	0.9596		
المستوى الثاني	4 × 4	0.9207	0.9196	101 × 127	93.81
المستوى الثالث	8 × 8	0.8688	0.8489	50 × 63	98.48
المستوى الرابع	16 × 16	0.7831	0.7645	25 × 31	99.996
المستوى الخامس	32 × 32	0.7327	0.6339	12 × 15	99.9991

المستوى الثاني من التعميم (شكل 5):

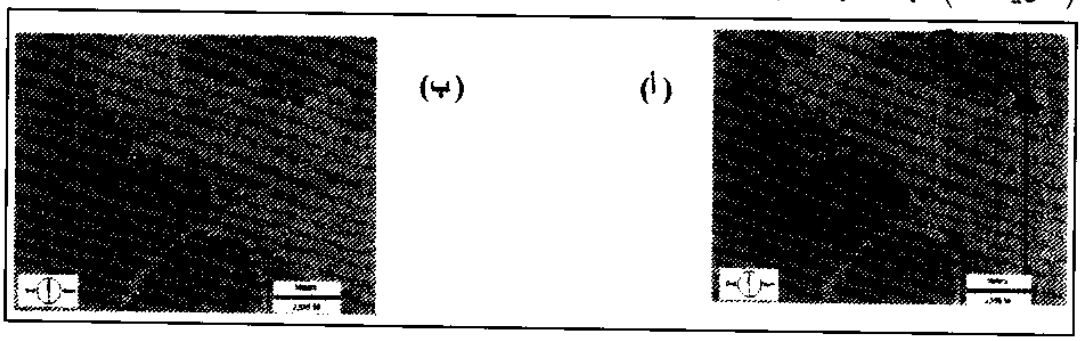
لا توجد فروق مهمة واضحة يمكن التقاطها بالعين بين الخريطتين في شكل (5). غير أن مؤشر الارتباط الذاتي كان أعلى للخريطة المعممة بطريقة تصنيف الخلايا المتوسطة (خريطة أ)؛ إذ كان 0.9207 مقارنة بمؤشر الخريطة المعممة بطريقة اختزال الخلايا، إذ كان 0.9196. النتيجة الرقمية تؤكد بالطبع أفضلية الطريقة المقترحة للتعميم.



شكل 5: الخرائط المعممة للمستوى الثاني (منطقة الدراسة الأولى). (أ) الخريطة المعممة بالطريقة المقترحة (تصنيف الخلايا المتوسطة). (ب) الخريطة المعممة بطريقة اختزال الخلايا

المستوى الثالث من التعميم (شكل 6):

يوضح هذا المستوى أن بعض سمات الظاهرة قد حذف وبعضها الآخر قلص أو تغير. ففي شكل (6) ترى ثلاثة أماكن يمكن مقارنتها؛ فعند الجزء المعلّم (1) والجزء (3) نجد أن شكل الظاهرة قد حفظ، وذلك بوساطة الطريقة المقترحة (خريطة أ). بالمقابل نجد هذه السمات قد تغيرت أو بدأت تتغير، ولكنها لم تختفِ

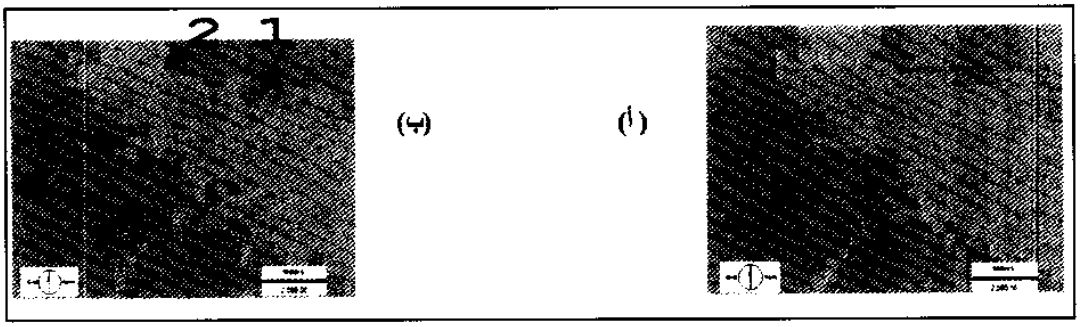


شكل 6: الخرائط المعممة للمستوى الثالث (منطقة الدراسة الأولى). (أ) الخريطة المعممة بالطريقة المقترحة (تصنيف الخلايا المتوسطة). (ب) الخريطة المعممة بطريقة اختزال الخلايا

في الخريطة (ب)، المعممة بوساطة طريقة اختزال الخلايا. وبناء على ذلك فإن النتيجة البصرية تكون لمصلحة الطريقة المقترحة. يؤكد ذلك النتيجة الرقمية، حيث كان معامل الارتباط 0.8588 للطريقة المقترحة، و0.8489 للطريقة التقليدية أو طريقة اختزال الخلايا.

المستوى الرابع من التعميم (شكل 7):

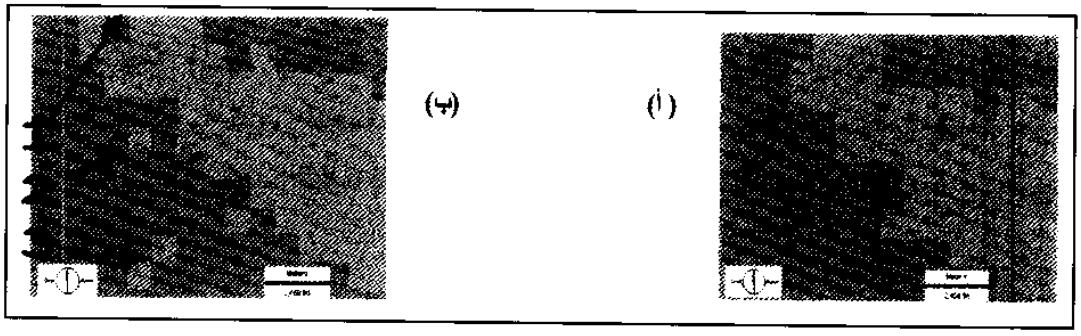
عند هذا المستوى يتضح أن الذبذبات – العشوائية – في الخريطة (ب) تظهر أكثر منها في الخريطة (أ)؛ ففي الخريطة (ب)، بدأت شخصية الظاهرة الرئيسة تتشكل على حساب السمات الصغيرة التي تعد أقل أهمية، بل إن بعض تلك السمات، وبخاصة عند (4) قد حفظت بشكل أفضل بوساطة الطريقة المقترحة. وما دامت هذه الذبذبات تعني التشويش والعشوائية، فإن شكل الظاهرة المنتج بوساطة الطريقة المقترحة يعد أفضل، كما يبدو من مقارنة الأجزاء 1، 2، 3، 4 على الخريطتين. أما معامل الارتباط الذاتي فيؤكد هذه النتيجة، حيث كان 0.7831 للطريقة المقترحة مقابل 0.7645 للطريقة التقليدية.



شكل 7: الخرائط المعممة للمستوى الرابع (منطقة الدراسة الأولى). (أ) الخريطة المعممة بالطريقة المقترحة (تصنيف الخلايا المتوسطة). (ب) الخريطة المعممة بطريقة اختزال الخلايا

المستوى الخامس من التعميم (شكل 8):

عند هذا المستوى الأخير يظهر بوضوح الفرق في الأداء بين الطريقتين؛ فتبدو الخريطة (أ) أفضل بكثير من الخريطة (ب)، ذلك أن شخصية الظاهرة الرئيسة قد حفظت على حساب السمات الصغيرة التي تعد أقل أهمية. ويدعم هذه النتيجة معامل الارتباط، حيث كان 0.7327 للطريقة المقترحة و0.6339 للطريقة التقليدية. لهذا فتعميم الطريقة المقترحة يعد الأفضل حيث إن تماسك الظاهرة يبدو واضحاً، وهذا ما يفترض أن يحدث عند المستويات العليا من التعميم.

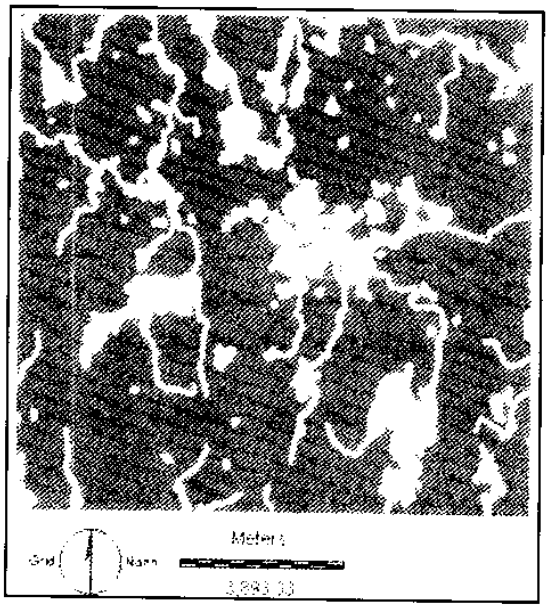


شكل 8: الخرائط المعممة للمستوى الرابع (منطقة الدراسة الأولى). (أ) الخريطة المعممة بالطريقة المقترحة (تصنيف الخلايا المتوسطة). (ب) الخريطة المعممة بطريقة اختزال الخلايا

تعميم الخريطة الثانية (الأشكال من 9–14):

الخريطة الأصل (شكل 9):

تبدو المنطقة مغطاة بالمياه، حيث يمثل اللون الداكن عوائق مائية، في حين يمثل اللون الأبيض مناطق لا يوجد فيها عوائق مائية. وكما يبين الشكل، فالمناطق الجافة تبدو في نمط مبعثر، بعضها يغطي مناطق كبيرة نسبياً والأخرى على صورة أجزاء صغيرة متناثرة، في حين بعضها الآخر على صورة مجار متصلة. أما معامل الترابط الذاتي فكان 0.9256.

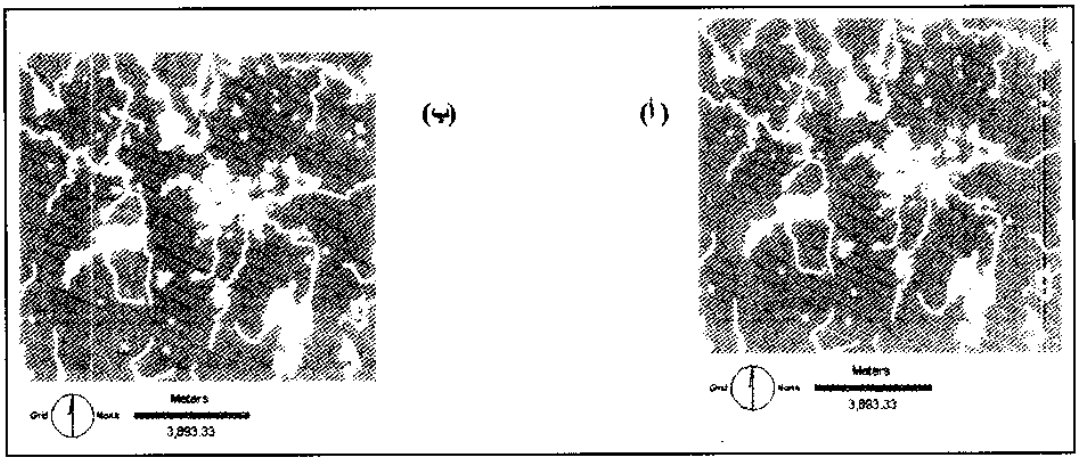


شكل 9: الخريطة الأصل لمنطقة الدراسة الثانية. تمثل منطقة بها عوائق مائية (اللون الداكن)

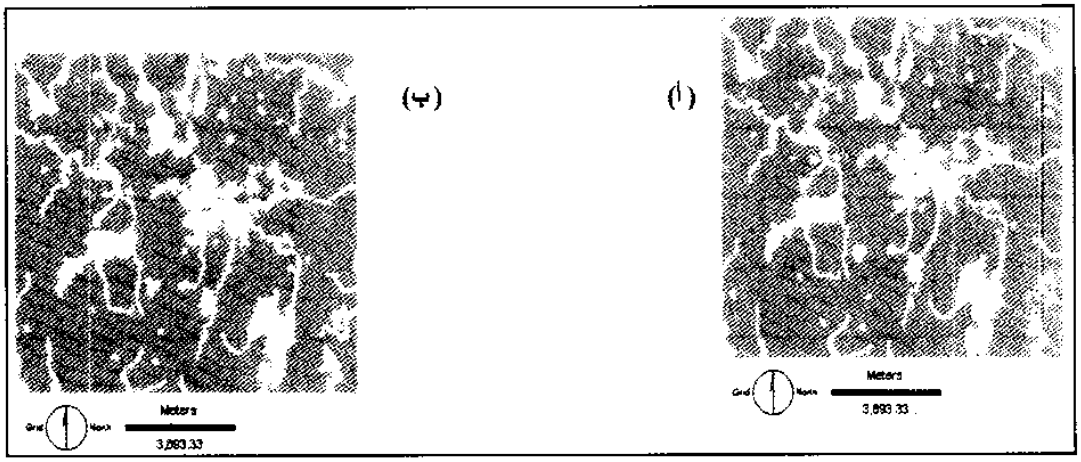
المستويان الأول والثاني من التعميم (شكل 10 وشكل 11):

في كلا الشكلين، لا يوجد فوارق بصرية ذات أهمية بين الخريطة الأصل والخرائط المعممة بالطريقة الأولى المقترحة (خرائط أ)، والطريقة التقليدية (خرائط ب). لذا فدور التعميم بالطريقتين كان أكثر وضوحاً في تقليص البيانات، أي في المجال غير المرئي. أما معامل الارتباط الذاتي، فكان عند المستوى الأول للطريقة المقترحة 0.8218 مقابل 0.6743 للطريقة التقليدية، مشيراً إلى أن النتيجة كانت لمصلحة الطريقة التقليدية. أما عند المستوى

الثاني فقد كان المعامل للطريقة المقترحة 0.6769 مقابل 0.6743 للطريقة التقليدية مشيراً إلى أن النتيجة لمصلحة الطريقة المقترحة.



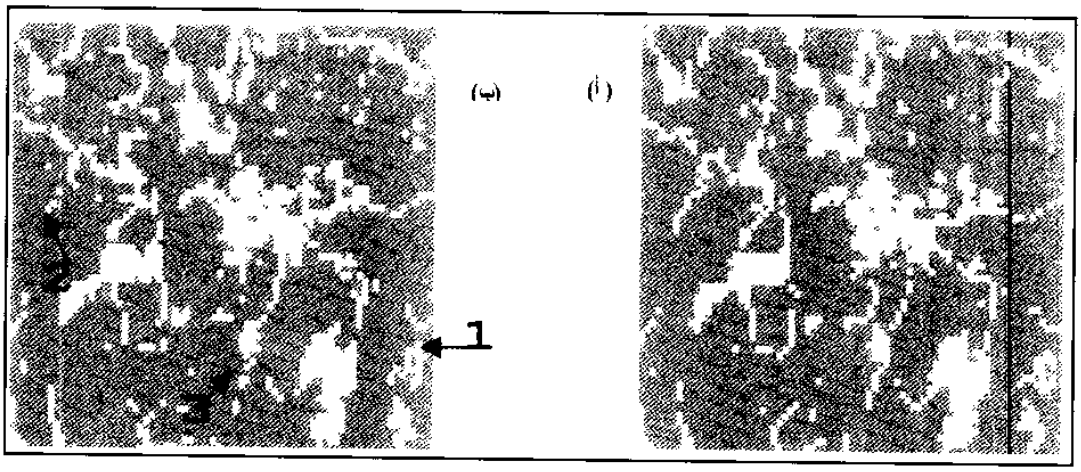
شكل 10: الخرائط المعممة للمستوى الأول (منطقة الدراسة الثانية). (أ) الخريطة المعممة بالطريقة المقترحة (تصنيف الخلايا المتوسطة). (ب) الخريطة المعممة بطريقة اختزال الخلايا



شكل 11: الخرائط المعممة للمستوى الثاني (منطقة الدراسة الثانية). (أ) الخريطة المعممة بالطريقة المقترحة (تصنيف الخلايا المتوسطة). (ب) الخريطة المعممة بطريقة اختزال الخلايا

المستوى الثالث من التعميم (شكل 12):

عند هذا المستوى، بدأت السمات الأساسية للمناطق الجافة (اللون الأبيض) تتخلخل، كما يبدو في الخريطة (ب) المنتجة بوساطة طريقة اختزال الخلايا، مثلاً عند الأجزاء المعلمة 1، 2، 3. في حين يبدو أن الطريقة المقترحة قد حافظت على تماسك المناطق الكبيرة مع الحفاظ على السمات الصغيرة أيضاً. هذه النتيجة البصرية مدعومة بالنتيجة الرقمية، حيث كان المعامل للطريقة المقترحة 0.4858 مقابل 0.4675 للطريقة التقليدية.



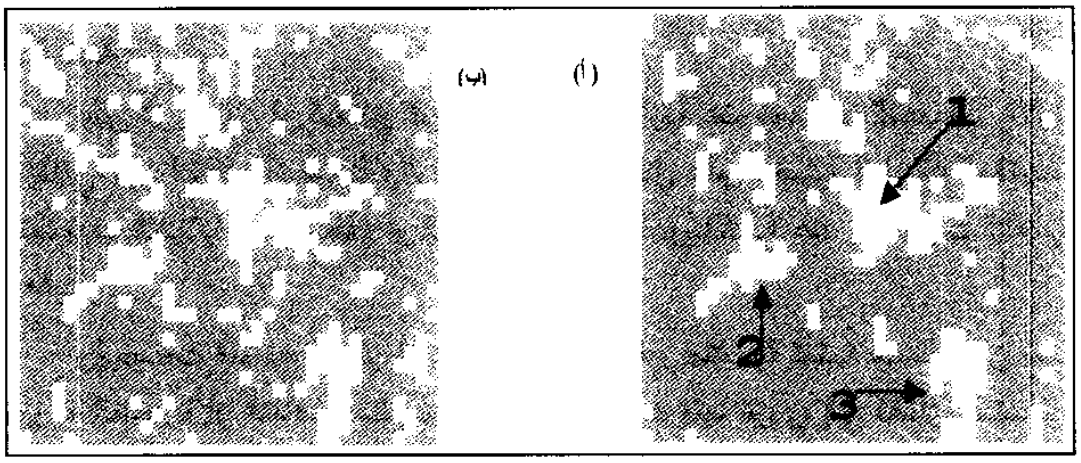
شكل 12: الخرائط المعممة للمستوى الثالث (منطقة الدراسة الثانية). (أ) الخريطة المعممة بالطريقة المقترحة (تصنيف الخلايا المتوسطة). (ب) الخريطة المعممة بطريقة اختزال الخلايا

جدول (2)
تعميم الخريطة الثانية بطريقة اختزال الخلايا وطريقة تصنيف الخلايا المتوسطة

الخريطة	معامل تقليص الخلايا	معامل الارتباط الذاتي		أعداد الخلايا	نسبة التقليص %
الأصلية	–	0.9256		614 × 558	–
المستوى الأول	2 × 2	خريطة (أ)	خريطة (ب)	307 × 279	75
		0.8218	0.8251		
المستوى الثاني	4 × 4	0.6769	0.6743	154 × 139	93.81
المستوى الثالث	8 × 8	0.4858	0.4675	77 × 69	98.48
المستوى الرابع	16 × 16	0.3935	0.2937	38 × 34	99.996
المستوى الخامس	32 × 32	0.2567	0.1381	19 × 17	99.9991

المستوى الرابع من التعميم (شكل (13):

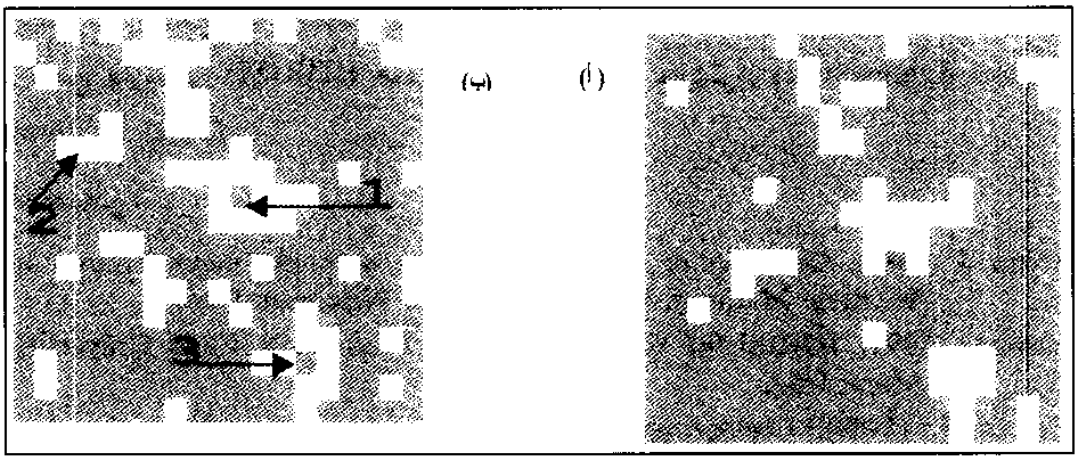
بدأت العملية هنا تظهر أكثر وضوحاً في المجال المرئي. فالمناطق الكبيرة ظهرت أكثر تماسكاً بالطريقة المقترحة (خريطة أ) مقارنة بالطريقة التقليدية (خريطة ب)، حيث ظهرت المناطق الجافة أكثر تخلخلاً، كما يبدو عند الأجزاء 1، 2، 3. أما النتيجة الرقمية فكانت لمصلحة الطريقة المقترحة، حيث إن المعامل كان 0.3935 مقارنة مع 0.2937 للطريقة التقليدية.



شكل 13: الخرائط المعممة للمستوى الرابع (منطقة الدراسة الثانية). (أ) الخريطة المعممة بالطريقة المقترحة (تصنيف الخلايا المتوسطة). (ب) الخريطة المعممة بطريقة اختزال الخلايا

المستوى الخامس من التعميم (شكل 14):

لقد بدت النتيجة عند هذا المستوى أكثر وضوحاً في المحافظة على المناطق الكبيرة مع حذف لبعض أقل المناطق أهمية (الأقل حجماً)، لهذا تظهر الخريطة (ب) المعممة بطريقة اختزال الخلايا فتظهر تذبذباً واضحاً في شكل المناطق، ولم تحافظ على نمط التوزيع الأساسي للظاهرة في الخريطة الأصلية (قارن الأجزاء عند 1، 2، 3). يدعم هذه النتيجة البصرية النتيجة الرقمية، حيث كان معامل الارتباط الذاتي 0.2567 للطريقة المقترحة مقارنة بـ 0.1381 لطريقة اختزال الخلايا.



شكل 14: الخرائط المعممة للمستوى الخامس (منطقة الدراسة الثانية). (أ) الخريطة المعممة بالطريقة المقترحة (تصنيف الخلايا المتوسطة). (ب) الخريطة المعممة بطريقة اختزال الخلايا

الخاتمة:

على الرغم من أن النتائج البصرية كانت متقاربة عند مستوى التعميمين الأول والثاني، فإن النتائج البصرية والرقمية تؤكد، وبشكل عام، أفضلية الطريقة المقترحة (تصنيف الخلايا المتوسطة) أو المحسوب معدلها، وبخاصة عند مستويات التعميم العالية.

وأوضحت النتائج أن طريقة اختزال الخلايا غير مناسبة تماماً عندما يكون نمط توزيع الظاهرة أو الظاهرة متنوعاً في المكان، حيث إنها تؤدي إلى فقدان شخصية الظواهر الأساسية، وبخاصة عند المستويات العليا من التعميم.

وعلى الرغم من وجود صعوبات في تقويم نتائج التعميم الخرائطي كمياً، فإن نتائج التقويم الكمي المقترح في هذه الدراسة أثبت توافقاً مع نتائج التقويم النوعي. وهذه خطوة مشجعة لإجراء المزيد من الدراسات لكل من: 1 – اختبار واسع لهذا الاستنتاج، 2 – تجارب لطرق أخرى من التقويم الكمي على طرق أخرى من التعميم.

يستدل من هذه الدراسة على أهمية الدراسات التحليلية للبرمجات الخاصة بالتعميم الخرائطي كي يمكن التوصل إلى أفضل الحلول التي لا يمكن تجاهلها عند ترجمة أو تقنين العملية التعميمية آلياً.

من أجل تطبيق أوسع وتقويم أشمل يرى الباحث إضافة الطريقة المقترحة (تصنيف الخلايا المتوسطة) تحت مصطلح: Pixel-Averaged Classification إلى برنامج إدريسي (IDRISI) ضمن الطريقتين الموجودتين (Pixel Aggregation و Pixel Thinning).

المصادر:

Bertin, J. (1983). *Semiology of graphics: Diagrams, networks, maps*. Translator: W. Berg. Madison, W I: University of Wisconsin Press.

Eastman (1997). IDRISI for Windows. IDRISI Production, Clark University, Main, USA.

Keates, J. (1989). *Cartograqphic design and production*. (2nded). London: Longman.

Laurini, R., & Thompson, D. (1992). *Fundamentals of spatial information system*. Academic Press, Harcourt Brace & Company Publishers,. London, San Diego.

Lee, D. (1992). Cartographic generalisation. Unpublished Technical Report. Intergraph Corporation, Huntsville, Albama, USA, 25 pp.

McMaster, R. & Shea, K. (1992). *Generalisation in digitial cartography*. Association of American Geographers, Washington, DC.

Molenaar, (1998). *An introduction to the theory of spatial object modelling*. Lpndon: Taylor & Francis Ltd.

Muller, J.C., & Zeshen, W. (1992). Area-patch generalisation: a competitive approach. *The Cartographic Journal*, 29, (2): 137-144.

Powitz, B. & Schmidt, C. (1992). 'CHANGE', *Internal Technical Report*, Institute for Cartography, University of Hannover: 16.

Van Oosterom, P. (1989). Reactive data structure for geographkic information systems. Proceedings, AUTO-CARTO 9, 665-674.

Van Oosterom, P. (1991). The reactive-tree: a storage structure for a seamless, scaless geographic database. Proceedings, AUTO-CARTO 10: 393-407.

Van Oosterom, P. (1993). *Reactive data structures for geographic information systems*. Oxford University Press: Oxford.

Van Oosterom, P. (1995). The GAP-tree, an approach to "on-the-fly" map generalization of an area partitioning. In: Muller *et al.*, (Eds.) *GIS and Generalisation: Methodology and Practice*, 120-132, London: Taylor & Francis.

مقدم في: فبراير 2002

أجيز في: سبتمبر 2002

Geography

The Randomness of the Pixel Thinning Method in Raster Map Generalization in Comparison with a Proposed Method

*Ali M. Al-Ghamdi**

This paper examines the randomness inherent within the classical digital method used in data reduction in Geographical Information Systems - Raster Approach; namely Pixel Thinning. Although, this method is straightforward and widely applied in most Geographic Information Systems, especially in data reduction of Boolean Maps, but it is by no means acceptable cartographically, as it does not allow for preservation of feature characters during generalisation, especialy, at high levels of generalisation. The paper introduces a novel method which takes this context into account. It is called: Pixel-Averaged Classification. The results, both perceptual and numerical, show effectivness of the proposed method, during application to two different types of spatial arrangement of features. The study recommends that further evaluations are needed of different algorithms and methods which are designed for generalisation, as well as for devising new methods that takes into account the cartographic context.

Key words: Cartographic generalisation, Pixel thinning, Pixel aggregation, Pixel averaged classification, Feature character.

* Dept, of Geogrphy King Saud University, Riyadh.