التبسيط الخطي في برمجيات GIS بالتطبيق علي خطوط كنتور محافظة الشرقية

د/ حسن الشافعي حسن إبراهيم

مدرس بقسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الزقازيق

الملخص عربي:

يُعَدُّ التعميم والتبسيط الخطي من المعالجات المهمة في أنظمة إنتاج الخرائط ولاسيما الخرائط الطبوغرافية. ولقد أسهم التطور في برمجيات نظم المعلومات الجغرافية وخصوصاً برنامج ARCGIS في توفير مجموعة من الأدوات والخوارزميات التي ساعدت كثيراً في أتمتة عمليات وعناصر التعميم في العصر الحالي؛ إذ يعتمد برنامج ARCGIS علي مجموعة من الخوارزميات في عملية التبسيط والتعميم الخطي، وهي: Point_Remove, Bend_Simplify, Weighted_Area وتعد خوارزمية Point_Remove الأكثر فاعلية في التعامل مع الأشكال الخطية، كما تبين وجود علاقة عكسية بين مستوي تعقيد الخطوط وبين أعداد الرؤوس وأطوال الخطوط الجديدة الناتجة عن عمليات التعميم والتبسيط في الخرائط الجديدة.

الملخص الإنجليزى:

Linear generalization and simplification are important treatments in map production systems, especially topographic maps. The development of GIS software, in particular ARCGIS, has contributed to the provision of a set of tools and algorithms that have greatly helped to automate the processes and elements of generalization in the current era; The ARCGIS program relies on a range of algorithms in the process of linear simplification and generalization: Point_Remove, Bend_Simplify, Weighted_Area and the Point_Remove algorithm are the most effective in dealing with linear forms. It also shows a reverse relationship between the level of complexity of lines and the numbers of heads and lengths of new lines resulting from the processes of generalization and simplification in new maps.

كلمات مفتاحية: التعميم الكارتوجرافي – التبسيط – خوارزميات التبسيط – خطوط الكنتور

مشكلة الدراسة وتساؤلاتها:

لم يعد إنتاج الخرائط مقتصراً علي الكارتوجرافيين المدربين، بل أصبح بإمكان أي فرد إنتاج الخرائط إذا كان يحسن استخدام الحاسوب، ومع التقدم السريع في برمجيات نظم المعلومات الجغرافية في رسم خرائط متنوعة المقياس، ورغم أن هذه ظاهرة مرغوبة فإن لها محاذير من حيث عدم مراعاة معظم هؤلاء الأفراد للمعايير الأساسية في تصميم الخرائط المنتجة، والتي منها معرفتهم بعمليات وخصائص التعميم الكارتوجرافي؛ لذا جاءت هذه الدراسة للتعرض لقضية التعميم الكارتوجرافي وخصوصاً التبسيط الخطي.

وعليه تحاول الدراسة الإجابة عن عدد من التساؤلات:

الأول: ما مفهوم وخصائص وعناصر عملية التعميم الكارتوجرافي وخصوصاً التبسيط الخطي؟

الثاني: ما أهم خوارزميات التبسيط الخطي في برمجيات نظم المعلومات الجغرافية؟

الثالث: هل توجد علاقة بين تعقيد خطوط الكنتور وعمليات التعميم والتبسيط الخطي؟

أهمية الموضوع: تبرز أهمية الدراسة من خلال ما يأتي:

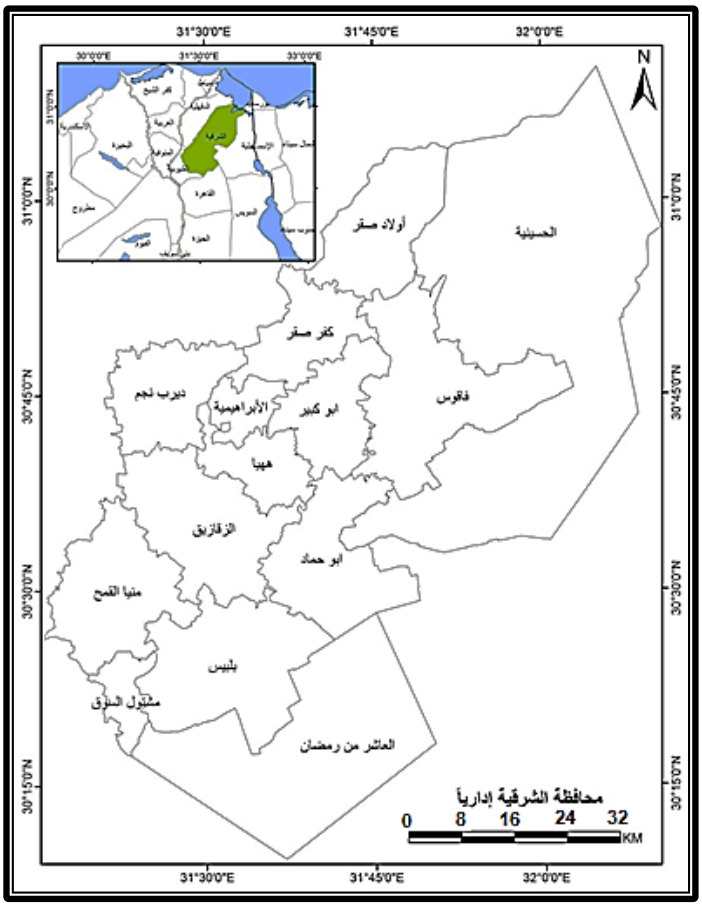
1- يُعَدُّ التبسيط الخطي والتنعيم من المعالجات المهمة في عمليات التعميم لبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية وخصوصاً مع الخرائط الكنتورية، والتي تتميز بالربط بين طبيعة سطح الأرض المتغايرة وخطوط المناسيب.

2- ندرة الدراسات العربية والمحلية التي تناولت موضوع التعميم عموماً والتبسيط الخطي والتنعيم بصفة خاصة في الخرائط الكنتورية.

3- مناقشة الإطار النظري لعملية التعميم والتبسيط الخطي الكارتوجرافي وبيان أثرها علي الظاهرات الخطية، ومنها خطوط الكنتور.

منطقة الدراسة :

تقع محافظة الشرقية بين خطي طول ' 10 °31 ، ' 20 °32 شرقاً، ودائرتي عرض ' 10 °30، ' 20 °31 شمالاً، ويحدها شمالاً بحيرة المنزلة، وجنوباً محافظتي القاهرة والقليوبية، وشرقاً محافظة الإسماعيلية، في حين يحدها غرباً محافظة الدقهلية. وهي بذلك تقع في الجزء الشمالي الشرقي لمصر، وفي الجزء الشرقي من إقليم الدلتا، وتقدر مساحتها بحوالي 4911 كم2. وقد تم اختيار محافظة الشرقية لدراسة التغيرات الناتجة علي خطوط الكنتور نتيجة استخدام الخوارزميات المختلفة لعمليات التبسيط الخطي في برنامج ARCGIS لتحديد اختلافات استخدام كل منها في التبسيط الخطي.



شكل رقم (1) خريطة محافظة الشرقية إدارياً.

الدراسات السابقة:

يمكن تقسيم الدراسات السابقة التي تناولت موضوع التعميم الكارتوجرافي إلي دراسات عربية وأخري غير عربية، وهي علي النحو الآتي:

أولاً: دراسات عربية تناولت موضوع التعميم الكارتوجرافي ؛ ومنها:

1- دراسة الزيدي، والجبوري (2011) وموضوعها "التعميم والتنعيم في خرائط الخطوط الكنتورية"، وقد سعت الدراسة إلي استخلاص معلومات والوصول الي نماذج معممة ومنعمة للخطوط الكنتورية لمناطق مختارة من شمال العراق وبمقاييس مختلفة باستخدام برامج خاصة لنظم المعلومات الجغرافية GIS من أجل الحصول علي أشكال خطوط كنتور عالية الدقة وسهلة التفسير.

2- دراسة دبس (2017) وموضوعها "التعميم الخرائطي لشبكة الطرق: دراسة حالة شبكة طرق المدينة المنورة علي الخريطة 1: 50000"، والتي ركز فيها علي دراسة عناصر شبكة الطرق بالمدينة المنورة، مع تطبيق نموذج من نماذج التعميم الخرائطي علي شبكة الطرق بالمدينة المنورة، مع تعميم شبكة الطرق بالمدينة المنورة علي خريطة بمقياس 1:

50000، كما ركزت علي تحديد أهم العوامل التي تؤثر علي تعميم الخريطة وهي مقياس رسم الخريطة، والغرض من الخريطة، وموضوع الخريطة، ونوع استخدام الخريطة، ونوعية وكمية البيانات.

3- دراسة الكبيسي والزيدي (2017) وموضوعها " النمذجة الآلية لتعميم استعمالات الأرض الحضرية لمدينة بلد في العراق"، والتي ركز فيها علي مجال التعميم الخرائطي للظواهر الجغرافية (النقطية، والخطية، والمساحية) المتمثلة في استعمالات الأرض الحضرية في المدينة وعرض مشكلاتها الفنية والتطبيقية ومراحل التعميم لمقاييس متعددة والإختلاف والتنوع في حجوم ومستويات التعميم وأثرها علي الإدراك الخرائطي.

4- دراسة الخياط، وآخرون (2020) وموضوعها "أسس تعميم المعالم علي الخريطة الطبوغرافية لمحافظة ذي قار"، وقد ركزت علي مدي أهمية التعميم ومدي تأثيره علي الخريطة الطبوغرافية وأهميتها ودقتها ووظيفتها، وقد تبين من إجراء عمليات التعميم علي البيانات الخطية وجود اختلاف واضح في خصائص الرموز الموجودة في الخرائط الأكبر في المقياس عن الخرائط الأصغر في المقياس مع ثبات شكل الرمز، كما تبين تغير دلالة الرمز ومدي دقته مع اختلاف مقياس الرسم.

ثانياً: دراسات أجنبية تناولت موضوع التعميم الكارتوجرافي ، ومنها:

1- دراسة Thibault (2002) وموضوعها "Cartographic Generalization of Fluvial Features" ، وركزت الدراسة علي عمليات التعميم وتغير المقياس وأثارهما علي خصائص الخطوط الكارتوجرافية التي تمثل المجاري النهرية، وقد استخدمت فيها عدد من المعايير والمقاييس والتي منها (أطوال الخطوط – وعدد الررؤوس – وعدد المنحنيات – ومعامل الارتباط)، وكانت نتائج الدراسة أنه غالباً ما كانت معدلات التغيير في السمات الهندسية غير ثابتة مع زيادة المقياس.

2- دراسة AlGamdi (2007) وموضوعها "The Multi-dimensional Problem of Quantifying Cartographic Generalization Uncertainty: Linear Features as an Example"، وتسلط هذه الدراسة الضوء علي الاعتبارات الكارتوجرافية ذات الصلة في أثناء عملية تقدير الأخطاء وقياسها أو الغموض الناتج عن عملية التعميم الكارتوجرافي والمحددة هنا كعامل التعميم Generalization Factor (GF)، كما ركزت علي الطبيعة المعقدة لعملية القياس الكمي لعدم الدقة، كما ناقشت ثلاثة جوانب كارتوجرافية رئيسة هي: تعقيد الخريطة، ومصادر الخريطة، وأغراض

الخريطة، وقد انتهت الدراسة الي ضرورة وضع مقاييس للدقة الناتجة عن عمليات التعميم، والتي يجب إرفاقها مع كل عنصر بقاعدة البيانات.

3- دراسة Park and Yu (2011) وموضوعها "Hybrid Line Simplification For Cartographic Generalization"، وقد ركزت علي منهجية تقسيم الظاهرات الخطية وتبسيطها علي أساس الخصائص الكمية للخطوط، كما قامت بتحليل أداء بعض خوارزميات التبسيط القائمة علي أساس الخصائص الهندسية لأشكال الخطوط.

منهجية الدراسة: اتبع الباحث في دراسته

- اعتمدت الدراسة علي المنهج الاستنباطي الذي يسعي إلي صياغة القواعد والوصول إلي الاستنتاجات، وإيجاد أفضل الطرق لتمثيل معالم سطح الأرض علي الخرائط الكنتورية متبعاً عمليات التعميم الكارتوجرافي مع استخدام أسلوب التحليل الكمي في تطبيق بعض الأساليب الإحصائية المختلفة مع استخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية لبيان الاختلافات حول تطبيق خوارزميات التبسيط الخطي المستخدمة في برنامج ARCGIS، وتوضيح نتائجها علي خطوط الكنتور لمحافظة الشرقية.

المقدمة:

يزداد تعقيد الخرائط لأية منطقة عند تغيير محتواها ومقياس رسمها من ظاهرات مختلفة سواء كانت ممثلة بشكل نقطي، أم خطي، أم مساحي. مما يربك سرعة إدراكها لدي قارئ الخريطة ويجعل هناك صعوبة في فهم تفاصيلها كأن تكون الظاهرات صغيرة جداً بحيث لا يمكن رؤيتها، أو تكون قريبة جداً من بعضها البعض بحيث يتعذر تمييزها، علاوة علي ذلك يتطلب تخفيض الحجم في كثير من الأحيان تضخيم عناصر مهمة في الحجم؛ مما يؤدي إلي ظهور عناصر متداخلة (Wilson.et al.,2003,P.292).

كما أنه عند القيام بعملية تصغير للمعالم التفصيلية الموجودة على الخرائط المرجعية كبيرة المقياس لا بُدَّ من اختصار بعض المعالم وحذف بعضها الآخر؛ ومن ثم فإن هذه العملية تتضمن اختيار للمعلومات المطلوب إظهارها علي الخريطة ذات مقياس الرسم الأصغر، وأيضاً تحديد المعلومات الآخري التي يمكن استبعادها وحذفها (مصطفي والسوداني، 2016، ص49).

يتعلق التعميم بنمذجة العلاقات المتضمنة في الأنماط والارتباطات بين المعالم الممثلة علي الخريطة وتصفيتها وتصورها، ومن هنا تأتي الحاجة إلي جعلها صريحة ضمن أنظمة التعميم الآلي (Mackaness.et al.,2014,P.5).

كما يؤدي التعميم إلي فقدان المعلومات مع الحفاظ علي محتويات الخريطة وخاصة الحفاظ علي الدقة الهندسية والجغرافية والخصائص الأولية، والحفاظ علي المعالم البارزة والمهمة في الخريطة الأصلية في أثناء التعميم، كما تهدف عملية التعميم إلي جعل الخريطة متجانسة من حيث تمثيلها للظاهرات والتفاصيل مع جعلها مقروءة وسهلة التفسير (الزيدي والجبوري،2011، ص230).

ظهرت فكرة التعميم في عقد الستينات من القرن الماضي علي أثر التدابير الهندسية والحلول الحسابية والخوارزميات التي تناولت قضية تبسيط الخط والمسافات، ثم مع الثمانينات بدأ الاتجاه نحو التعميم الآلي والاعتماد علي لغات البرمجة؛ مثل: لغة Prolog ولغة Fortran ولغة (C) والذكاء الاصطناعي حتي بدأت تظهر فكرة نظم التعميم التفاعلية (Stanislawski.et al.,2014, P.158). ومع مجيء القرن الحادي والعشرين وانتشار برمجيات نظم المعلومات الجغرافية كمنتجات مجانية وتطور جمعيات التعميم الألي الي مستوي المؤسسات والاتحادات العلمية الدولية؛ مثل: شركة ESRI الأمريكية، وشركة ITC الهولندية، والاتحاد الكارتوجرافي الدولي ICA، وظهور أنظمة مجانية خاصة بعناصر التعميم الآلي التي تعتمد مباشرة Online علي الويب كالنظام الأمريكي Map Shaper المبرمج بلغة C++. و يُعَدُّ النظام الأمريكي قريب الاستخدام اليدوي؛ مما يسمح للمستخدم

تحريك شريط الاعدادات يدوياً بالقيمة التي يحددها بالخوارزمية التي يريدها كما في خوارزمية دوغلاس– بويكر (الربيعان والفراوي، 2018، ص5).

مفهوم التعميم:

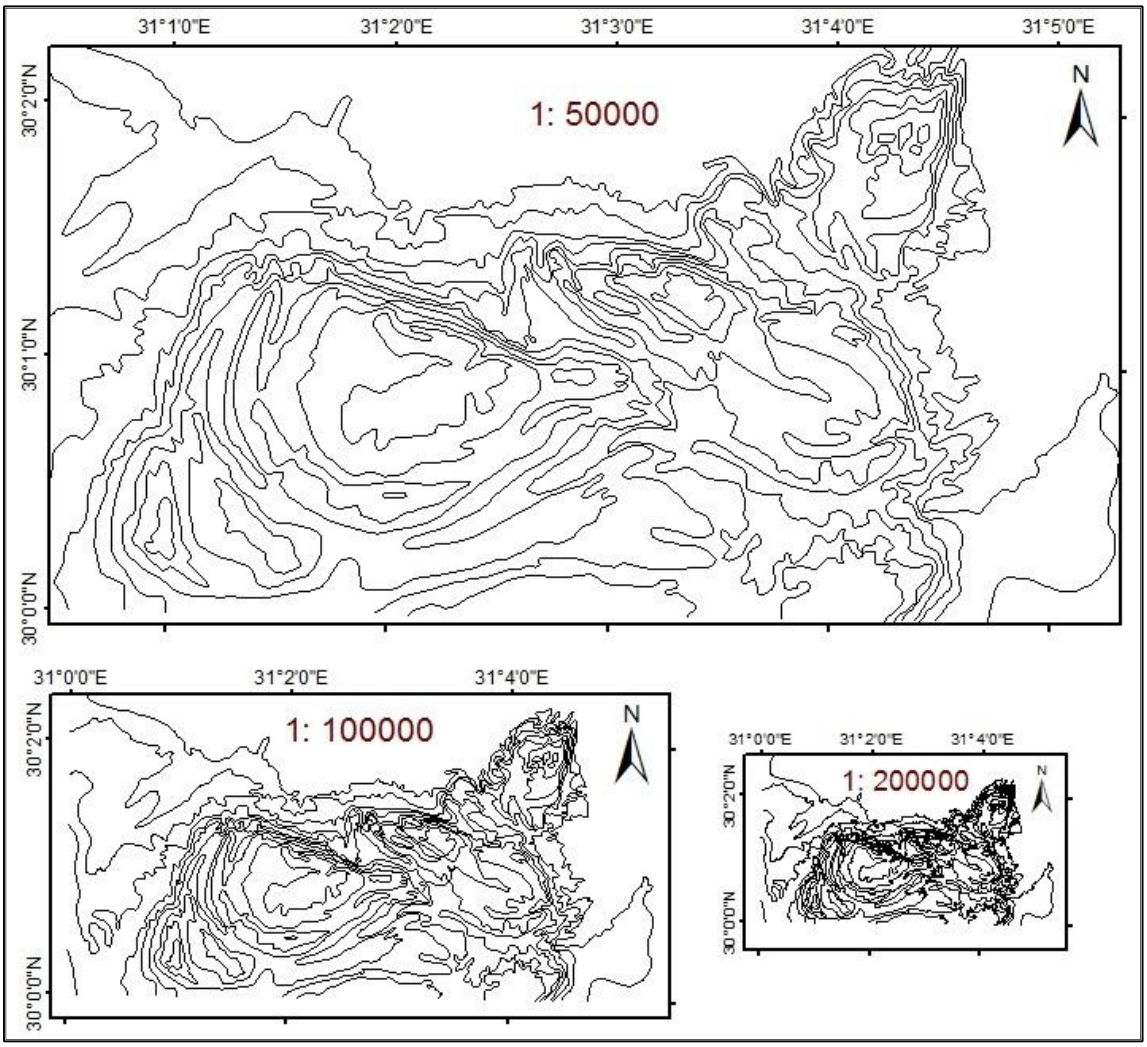
تعددت وتنوعت مفاهيم التعميم فهو في نظر هتنر Hettener 1962م هو عملية حصر وتصنيف ثم اختيار وتبسيط للمادة الكارتوجرافية التي يجب تمثيلها علي الخريطة، وذلك عن طريق استبعاد أو حذف المعالم الصغيرة والمعالم الأقل أهمية، ولكنه لم يحدد معيار الصغر ومعيار الأهمية (مصطفي والسوداني، 2016، ص54). كما يري كل من (1996) Kraak and Ormeling أنه علم وفن تبسيط الجوانب غير المهمة وفقاً لغرض وحجم الخريطة مع استبعاد كل التفاصيل التي ليست لها صلة؛ مما يؤثر علي درجة وضوح الخريطة (الزيدي والكبيسي، 2018، ص11).

كما عرفه (2003) ,.Wilson et al علي أنه العملية التي يتم من خلالها حل أي تعارض بياني ينشأ في أثناء عملية التصغير أو التكبير، وتتضمن عملية تحويل عناصر الخريطة بحيث تظل واضحة وسهلة عند المقياس الأصغر(Wilson.et al.,2003,P.292) ، أو هو النمذجة الآلية للواقع لتحقيق غرض معين عند مقياس معلوم واستخلاص البيانات الجغرافية بشكل انتقائي لتقليل التفاصيل مع تمثيل الحيز المكاني بدقة وتحقيق الاتصال الفعال مع قارئ الخريطة (الزيدي والكبيسي، 2018، ص11).

وقد عرفته جمعية الكارتوجرافيين الدولية علي أنه اختيار وتبسيط للتفاصيل بما يتلاءم مع مقياس رسم الخريطة والغرض من إنشائها؛ بحيث لا ينتج عنه تشويه التمثيل الحقيقي للظاهرة أو درجة وضوحها، ولكن يلاحظ هنا عدم تحديد معيار للملائمة مع مقياس الرسم أو تحديد معيار التمثيل الحقيقي والوضوح. كما أنه ليس هناك إجماع بين الكارتوجرافيين علي مفهوم محدد للمصطلحات المستخدمة في شرح عمليات التعميم أو إجماع حول قاعدة يتفق عليها عند إجراء بعض تلك العمليات (مصطفي والسوداني، 2016، ص54).

وفي تعميم الخريطة تؤدي فكرة مقياس الرسم أو الدقة أو مستوي التفاصيل دوراً حاسماً؛ إذ يتم التأكيد علي نوعين من العلاقات تسمي الأولي العلاقات الأفقية، والتي تقع ضمن المقياس الواحد أو الدقة الواحدة أو في مستوي محدد من التفاصيل، وهي تمثل خصائص البنية المعروفة كما في علاقات الجوار والأنماط المكانية. والثانية تتمثل في العلاقات الرأسية، وفيها ترتبط العناصر والمجموعات بين مقاييس الخرائط المختلفة أو درجات الدقة أو مستويات التفاصيل، كأن ترتبط المضلعات من نوع تربة معين في قاعدة بيانات جغرافية بمقياس 1: 25000 بمضلعات تربة معممة في قاعدة بيانات بمقياس 1: 500000، ومثل هذه العلاقات تتعدد بين أحادية وثنائية ومتعددة،

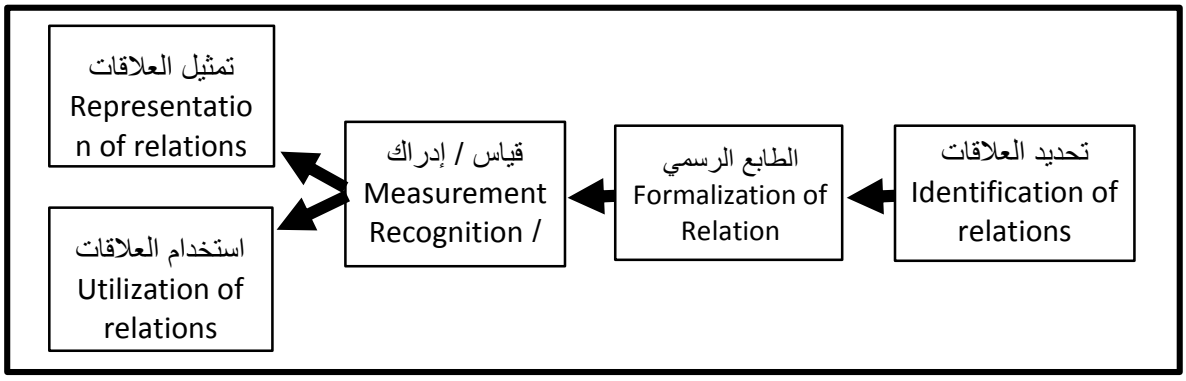
ونظراً لأن تعميم الخريطة هو عملية تؤدي إلي تعديل محتوي أو قاعدة بيانات للخرائط فإننا نحدد أيضاً نمطاً ثالثاً للعلاقات يتمثل في علاقات التحديث، وتختص بوصف التغييرات التي تحدث بمرور الوقت، وهي وفقاً لـ Bobzien et al.,(2008) تتمثل في عمليات الإدراج، والازالة، والتغيير (Steiniger and Weibel,2007,P.178)



شكل رقم (2) صور لمقايس مختلفة لنفس المنطقة مأخوذة من خريطة طبوغرافية غرب القاهرة بمقياس رسم 1: 50000

إن التحليل المنهجي لأنواع العلاقات الموجودة بين عناصر الخريطة خصوصاً العلاقات الأفقية سيكون مفيداً لمزيد من التطوير لتقنيات التعميم الأكثر تعقيداً، وقد حدد Steiniger and Weibel (2007) كيفية استخدام العلاقات في عملية التعميم الكارتوجرافي في شكل مخطط يتكون من خمس مراحل كما في الشكل رقم (3) وفي المرحلة الأولي يتم تحديد العلاقات الموجودة في مجموعة البيانات مع التركيز علي تلك العلاقات التي يجب الحفاظ عليها، وتهدف الخطوة الثانية

إلي إضفاء الطابع الرسمي علي العلاقات، أي وصف عناصرها بطريقة رسمية؛ بحيث يمكن تطوير القواعد أو الخوارزميات في الخطوة اللاحقة ثم العمل من خلال خوارزميات القياس والإدراك والتعرف علي أنماط العلاقات الأكثر تعقيداً (Steiniger and Weibel,2007,P.193).



شكل رقم (3) العلاقات الموجودة بين عناصر الخريطة
المصدر: (Steiniger and Weibel, 2007, P193).

أهداف التعميم:

تسعي عملية التعميم الكارتوجرافي إلي:

- بناء وتطوير قاعدة بيانات أساسية من خلال بناء نموذج رقمي للعالم الحقيقي بدقة ومحتوي صالح للتطبيق.
- الإسهام في توفير مساحة التخزين وتوفير وقت للمعالجة.
- التأكيد علي دقة البيانات من خلال إنشاء قواعد بيانات نقية ومتسقة من خلال تقليل التفاصيل الزائفة أو غير الضرورية.
- تحسين عملية الاتصال المرئي من خلال الحفاظ علي وضوح التصورات الكارتوجرافية لقاعدة البيانات، مع نقل رسالة لا لبس فيها من خلال التركيز علي الموضوع الرئيس للخريطة (Weibel and Dutton,1999,P128).

العوامل المؤثرة علي التعميم:

ليس مقياس الرسم هو العامل الوحيد الذي يؤثر علي التعميم، بل إن الغرض من الخريطة مهم بالقدر نفسه (وربما أكثر)؛ إذ يجب أن تركز الخريطة الجيدة علي المعلومات الضرورية لجمهورها المقصود، بل إنه يمكن القول بأنَّ التعميم الجيد يتوقف علي مجموعة من الشروط الواجب توافرها وهي: (الربيعان والفرادي، 2018، ص4)

1- الغرض (الهدف) من الخريطة.
2- الحفاظ علي محتويات الخريطة الأصلية، خاصة الدقة الهندسية.
3- الحفاظ علي سمات المعالم المهمة في الخريطة الأصلية.

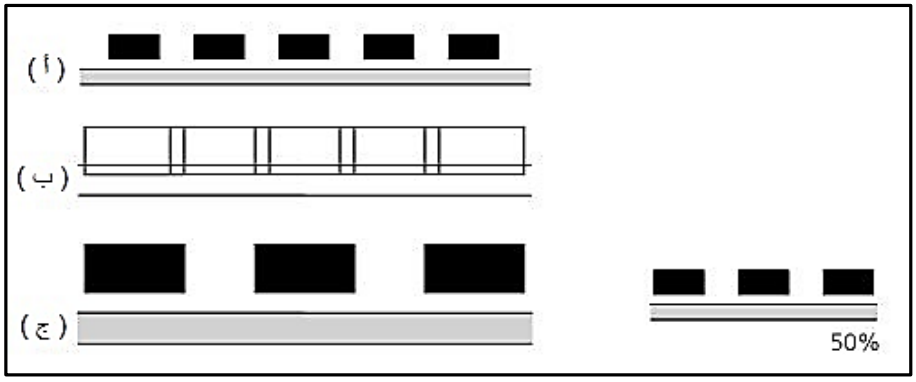
4- قيمة مقياس الرسم، فكلما كَبُرَ التصغير زاد كبر تأثير التعميم علي البيانات الأصلية.

5- العوامل التقنية والبشرية.

6- الحفاظ علي الشكل الجمالي للخريطة في أثناء عملية التعميم.

خصائص التعميم:

يؤدي التعميم إلي تقليل الحجم من خريطة المصدر إلي الخريطة المستهدفة مما يخلق تزاحماً بين العناصر الموجودة في الخريطة الناتجة، وهذا يوجد مساحة أقل علي الخريطة لوضع الرموز التي تمثل ميزات الخريطة، وفي الوقت نفسه يزداد حجم الرمز بالنسبة إلي الأرض التي يغطيها من أجل الحفاظ علي علاقات الحجم والوضوح، ويوضح شكل رقم (4) التعارضات المكانية التي تنشأ من تقليل مساحة الخريطة المتاحة وتوسيع أحجام الرموز، ويمكن حل هذه المشكلة عن طريق تبسيط الرموز وإزاحتها عن بعضها بعضاً (Weibel and Dutton,1999,P126).



شكل رقم (4) تزاحم عناصر الخريطة نتيجة تقليل الحجم.

وينطوي التعميم الكارتوجرافي علي تقليل أو تعديل العناصر من حيث الحجم والعدد أو الشكل، ومن الواضح أن مثل هذا التحول ينطوي علي انحراف وبالتالي يؤدي إلي وجود أخطاء أو عدم دقة، ومع ذلك من الصعب قياس آثار التعميم، وعادة ما يعتمد مستخدمو نظم المعلومات الجغرافية علي قواعد بيانات كارتوجرافية حالية مستمدة من خرائط عامة متنوعة، وتتسبب مشكلة الحجم والتعقيد وتعميم وتصميم السمات في حدوث أخطاء أكبر من تلك التي تنتج عن المعالجة الكارتوجرافية اليدوية أو التقليدية؛ ولذلك اعتمدت حزمة ARCGIS في كل من قاعدة البيانات وتعميم الخرائط علي اعتبار العلاقات المكانية والأنماط الجغرافية هي الاعتبار الرئيس للسياق الجغرافي، والذي يمكن معالجته من خلال تطبيق الطوبولوجيا وقواعد العلاقات التي يدعمها ARCGIS (AlGhamdi,2007,P.4).

وتعتمد عملية التعميم علي الرغم من كونها إبداعية وعقلانية علي المقارنات البصرية بين العناصر ذات المقاييس الكبيرة والتجمعات الصغيرة من حيث الحجم أو الأهمية النسبية، وفي كل

حالة تؤثر البصيرة الكارتوجرافية والسلامة العلمية علي الكارتوجرافيا في محاولة تحقيق تمثيل حقيقي للمشهد، لكن تعميماته الأساسية تعتمد علي حقيقة أنه يمكن أن يستغل تجربته الخاصة وقارئ الخريطة في الترميز (Jenks,1963,P.15).

التعميم عملية حتمية وضرورية عند إنشاء الخرائط، سواء بالاعتماد علي القياسات الميدانية أو الخرائط الجغرافية كبيرة المقياس. فكل الخرائط المتوفرة حالياً سواء الرقمية أو الورقية جرت عليها عملية تعميم بصورة ما. كما تتم عملية التعميم مترافقة مع بعضها بعضاً وليست منفصلة أو مرتبة بترتيب ما وذلك للحفاظ علي العلاقات بين الظاهرات وعلي تجانس الخريطة وهيئتها العامة، كما أن التعميم الجيد ينتج عنه تعبير مكاني مركب للبيانات الموقعة علي الخريطة؛ بحيث تكون مدركة وسهلة التذكر لقارئ الخريطة(Mackaness.et al.,2014,P.7) .

يجب علي الكارتوجرافي أن يركز علي طبيعة محتوي الخريطة وهل هي بيانات كمية أم نوعية؟ وهل يؤثر ذلك علي عملية التعميم الكارتوجرافي، فهناك أنواع من التعميم منها أولاً: التعميم الصوري (البياني) Graphical والتي غالباً ما يتعلق بالمحتوي الهندسي للبيانات المكانية ومن أهم عملياته (التبسيط Simplification– المبالغة Exaggeration – الاندماج Aggregation – الانتقاء Selection – الازاحة Displacement)، ولا تؤثر أي من هذه العناصر علي بنية الرموز، فمثلا عند تطبيق التعميم التصويري علي مجموعة من الرموز المساحية لكتل عمرانية متفرقة حول المدينة فيمكن دمجها مع الكتلة الحضرية للمدينة المجاورة لها في وحدة مساحية واحدة (الخياط وآخرون، 2020، ص429).

ثانياً: التعميم المفاهيمي Conceptual وهو عملية إجراء التعميم مع تغير بنية الرمز الأصلية للمعالم، وتؤثر عملياته بالدرجة الأولي علي محتوي الخريطة، ويتميز بالعمليات الآتية (الاندماجية Merging– الاختيار Selection– الترميز Symbolization– التوضيح Enlargement) (الخياط وآخرون، 2020، ص429). وثالثاً التعميم البنيوي structural والذي يحتفظ بصفات المتغيرات البصرية، ويتميز بالعناصر الآتية (التصنيف Classification– التبسيط Simplification– الترميز Symbolization– الاستقراءInduction) (الزيدي ومسعود، 2005، ص84).

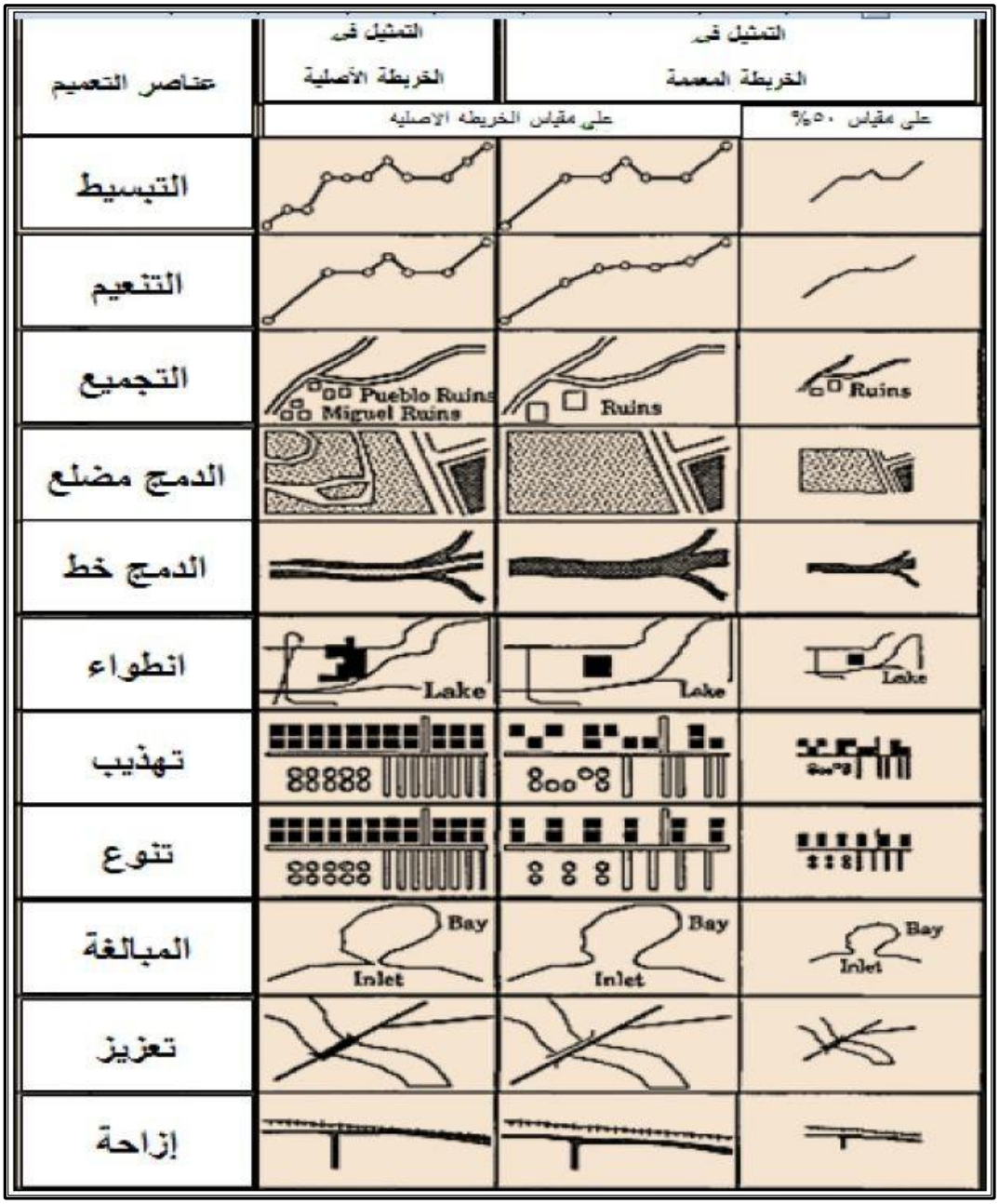
يتضمن التعميم الفعال للخريطة فحصاً دقيقاً للتفاعلات بين جميع الرموز، قد تؤدي هذه التفاعلات إلي تضارب رسومي واضح في علاقات الجوار، والتداخل، ويمكن معالجة التعارض الرسومي من خلال مجموعة من الإجراءات المحتملة؛ مثل: الإزالة والازاحة والدمج وتبسيط الحدود جنباً إلي جنب مع التقنيات المناسبة لتقييم جودة النتيجة (Ware.et al.,2003,P.296).

ومن أهم الضوابط التي تتحكم في المفاهيم الأساسية للتعميم تتمثل في مجموعتين الأولي مقياس الرسم، وهي تحدد شروط اختيار المقياس بين الخريطة وعالم الواقع (الظاهرات)، وأيضاً اختلاف مقياس الرسم بين الخريطة المصدرية والخريطة المشتقة منها، وكذلك أبعاد اللوحة أي الحيز الذي يحقق الحد الأدنى من متطلبات الوضوح الكارتوجرافي. والثانية خصائص الظاهرة وأهميتها النسبية وتتمثل في أحكام وقرارات تخضع لجهات وهيئات حكومية ولوجهة نظر الكارتوجرافي وخبراته المتراكمة، وهي كلها تعكس ضرورة المحافظة علي الخصائص الرئيسية للظاهرة الممثلة علي الخريطة وهذه الخصائص تتعلق بالشكل والصورة والهيئة التي يجب تحديدها في مصطلحات واضحة (مصطفي والسوداني، 2016، ص54).

ولكل ظاهرة جغرافية خصائص تصفها وتوضحها وتميزها عن غيرها من الظاهرات ويستخدم مفهوم خصائص الظاهرة بطرق مختلفة فالبيانات والمعلومات الخاصة بالصفات الظاهرية والتي تمثل في هيئة نقطة، وخط، ومساحة، كما تحدد خصائص الظاهرة أهميتها النسبية والتي تؤثر في عمليات التعميم المحددة، كما تتغير قواعد الأهمية النسبية وفقاً لمقياس الرسم، فالظاهرة التي لها أهمية نسبية في خريطة كبيرة المقياس قد لا يكون لها نفس درجة الأهمية في خريطة صغيرة أو متوسطة المقياس (مصطفي والسوداني، 2016، ص64).

إن عملية تعميم الخرائط في بيئة نظم المعلومات الجغرافية يوفر فرصة جيدة لتعميم البيانات الكبيرة وهذه العملية سريعة وفعالة، وتمكن المرء من الحصول علي خرائط تفصيلية محدثة، ومع ذلك هناك شروط للتحرير والترميز للحفاظ علي التفاصيل المهمة (Mackaness.et al.,2014,P.2).

يتم تقييم عملية التعميم من خلال مدخلين رئيسيين للتقييم، وهما التقييم المرئي Visual Evaluation والتقييم الكمي Quantitative Evaluation، والتقييم المرئي شخصي ونوعي ويستغرق وقتاً طويلاً، وذلك من أجل التحقق من صحة الحلول التلقائية أو الخوارزمية وتحديد التعارضات الكارتوجرافية، ويتم عادة من خلال مطالبة خبراء الكارتوجرافيا بتقييم المخرجات النهائية للخريطة، وهو يمثل أبسط أشكال التقييم وقد تكون تعليقات الخبراء عامة أو تستند الي معايير غامضة إلي حد ما. أما النوع الثاني فهو يعتمد علي الدقة الهندسية ووضع معايير قياسية لتقييم متطلبات محددة (Stoter.et al.,2014,P.265).



شكل رقم (5) عناصر التعميم.

المصدر: (الكبيسي& الزيدي، 2017، ص 11)

عناصر التعميم:

تقوم عملية التعميم علي التخلص من التفاصيل غير المهمة، والتي يحددها الكارتوجرافي، وعادة ما يتم إنتاج الخرائط صغيرة ومتوسطة المقياس من الخرائط كبيرة المقياس، وتشمل عناصر التعميم الكارتوجرافي علي عدد من العناصر، ومن أهمها:

1- التنعيم Smoothing يتم من خلال استبدال الحافات الحادة بأخري أكثر تبسيطاً وتنعيماً؛ أي: توضيح الخط لتحسين خصائصه الجمالية من خلال النماذج الحسابية والمتوفرة أيضاً في برنامج ArcGIS (السبعاوي والقصاب، 2009، ص365). كما يزيل الاختلافات الصغيرة في هندسة الميزة لتحسين مظهرها، كما يمكن للتجانس إدراج احداثيات إضافية للحماية من التغيرات المفاجئة في الشكل أو تعديل الاحداثيات الأصلية كما في حالة التصفية المنخفضة أو العالية (Stanislawski.et al.,2014,P.162).

2- التصنيف Classification هو عملية تجميع ظواهر متشابهة للوصول إلي تبسيط نسبي، كما يعرف علي أنه محاولة تقسيم الظواهر إلي أصناف لإيجاد العلاقة النوعية بينها وسهولة التخلص من التعقيد للبيانات المهمة، إذ يستخدم لتمثيل الشكل العام لمجموعة من الميزات وعلاقتها المتبادلة باستخدام عدد أقل من العناصر وربما تمثيل أبسط (Ware.et al.,2003,P.296).

3- المبالغة Exaggerate تستخدم لتكبير أو تضخيم مهم للغاية لا يمكن تجاهله لجزء معين، وذلك للحفاظ علي الوضوح، ولكنه أصغر من الاحتفاظ به.

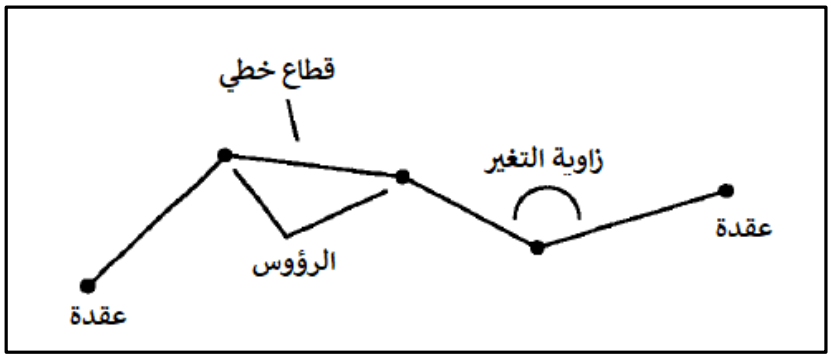
4- التبسيط Simplification ويقصد به عملية حذف التفاصيل غير المرغوبة للظواهر الجغرافية؛ مما يعني تخفيف التعقيد، وذلك بحذف التفاصيل الصغيرة والإبقاء علي التفاصيل الأكبر والأكثر أهمية التي تجعل من السهل التعرف علي الخصائص الرئيسية للظاهرة، وتستخدم هذه العملية في تبسيط الظاهرات الخطية وحدود الظاهرات المساحية، ولكنها تستخدم بصورة أكبر في الظاهرات الخطية؛ لذا يجب مراعاة كل من الاتجاه العام للخط، والثاني التعرجات الرئيسة البارزة به والثالث التعرجات الصغيرة التي بداخل التعرجات الكبيرة (مصطفي والسوداني، 2016، ص123).

ويكون ذلك لهدفين أساسيين: الأول لتقليل مقدار المعلومات لتتناسب مع قدرة الخريطة في إظهار المعلومات بشكل يسهل قراءتها ضمن المقياس المختار لها، والثاني تبسيط المعلومات التي ستوضع علي الخريطة. فالتبسيط نوع من عمليات التعميم الذي من شأنه يزيل الانحناءات غير المترابطة وحالات النتوءات الصغيرة عن خط معين دون تشويه شكلها الأصلي.

ويتوقف ذلك علي الأهمية النسبية للظاهرة والهدف من الخريطة مع المحافظة علي الرموز الدالة علي الظاهرة، وهذا يتطلب من مصمم الخريطة أن يكون ملماً بالبيانات الواجب توقيعها علي الخريطة؛ بحيث يحافظ قدر الإمكان علي جوهر هذه البيانات، وعلي الرغم من مزايا التبسيط من تقليل وقت الرسم والتخزين إلا أنه يمكن أن يؤدي الي تشوهات، مع احتمالية فقد بعض التفاصيل المهمة للعنصر (Gutman,2012,P.15).

تُعَدُّ خطوط الكنتور من أنماط التوزيع الخطية التي يتطلب ترميزها تحقيق شرط الرؤية السليمة للعلاقة بين عناصر المعالم التضاريسية وتوزيعها الفعلي في الطبيعة ومصدر معلوماتها الكمية الممثلة علي الخريطة، كما توفر برمجيات نظم المعلومات الجغرافية أدوات تستخدم التبسيط والتنعيم لإزالة التشوهات والانثناءات في خطوط الكنتور، بما يسهم في تجنب الأخطاء الطبوغرافية للخطوط الكنتورية المعممة (الزيدي والجبوري، 2011، ص224).

وفي حالة خطوط الكنتور فإن التبسيط يتم علي أساس طبيعة الأجزاء الخطية المستقيمة التي تفصل بين كل تعرج وآخر، وما إذا كان يجب المحافظة عليه أو المبالغة فيه أو حذفه، وقد يكون من المناسب زحزحة بعض الخطوط المستقيمة الفاصلة للاحتفاظ بالتعرجات الكبيرة أو ذات الأهمية النسبية لإظهارها. كما يتم حذف التعرجات الصغيرة عند الاضطرار إلي المبالغة في سمك الخط كي يظهر واضحاً، وذلك عندما يكون اتساع التعرجات أقل من السمك المطلوب للخط، وإذا كانت التعرجات الكبيرة تبين تغيرات حادة في الاتجاه العام فإنه يجب الإبقاء عليها وإلا سيفقد الخط خصائصه. وبصفة عامة فإنه من الصعب وضع قاعدة عامة لعملية التبسيط، والكارتوجرافي وحده هو الذي يصنع ضوابطها بشرط أن يضع في اعتباره الخصائص المكانية لكل جزء من الخط وعلاقته بالأجزاء الأخرى لبناء التركيب الكلي للخط (مصطفي والسوداني، 2016، ص125).



شكل رقم (6) مكونات الخط الرقمي

وعموماً فإن التعميم الكارتوجرافي علي الظواهر الخطية من الأمور المهمة في برمجيات نظم المعلومات الجغرافية ولها قواعد معينة ينبغي تتبعها عند إجراء التعميم، ويجب ملاحظة التغير الذي يطرأ علي سمك الخط عند التغيير من المقياس الكبير إلي المقياس الصغير، وهذا التغير يمكن ملاحظته عند إجراء عملية التبسيط أو التنعيم، والتي تؤثر علي الدقة الموضعية للخط، كما تنفذ بخوارزميات خاصة ودرجة تأثير الخوارزمية علي شكل الخط وخصائصه الهندسية تحددها قيمة التعميم المستخدمة (الكبيسي& الزيدي، 2017، ص 12).

وقد استخدم عدد من الباحثين مقاييس مختلفة لتحديد خصائص الخط الرقمي الذي يتكون من مجموعة من العقد والرؤوس والتغييرات الزاوية، كما هو واضح في شكل رقم (6)، وقد شهدت مقاييس وخوارزميات تحديد شكل الخط عملية تطوير واسعة والتي بدأت بدراسة Peucker (1975) الذي عمل علي تحديد الخط من خلال اتجاهه العام (من خلال توصيل نقطتي النهاية للخط بأكمله) وعرضه الإجمالي (أوسع نقاط الخط المنحني المتعامد مع خط السمت)، وطوله (طول خط السمت).

ثم جاء McMaster (1986) والذي عمل علي تخفيض مجموعة من 30 مقياساً لتقييم تغيرات شكل الخط وخفظها من خلال التحليل الإحصائي الي مجموعة من ستة مقاييس، وهي:

1- نسبة التغير في عدد الاحصائيات.

2-نسبة التغير في الزاوية.

3-نسبة التغير في الانحراف المعياري لعدد الإحداثيات لكل بوصة.

4-الطول الإجمالي لفروق المتجهات لكل بوصة.

5-مجموع الفروق المساحية لكل بوصة.

6-نسبة التغير في عدد المقاطع المنحنية.

كما استخدم White (1985) مجموعة من الاجراءات بهدف تقييم تأثيرات خوارزميات تعميم الخط، ومنها: (العدد الإجمالي للنقاط – وإجمالي طول المقطع – وطول الخط المطلق – ومتوسط طول المقطع – وإجمالي طول المقطع مقسوماً علي طول الخط المطلق – ومتوسط الانحراف الزاوي)، وهنا نجد أن تقنية Peucker (1975) اختلفت في أنها تركز في قياس الخط علي البصمة الكلية التي يشكلها الخط وليس الأجزاء الفردية، ولكن جاء في تناقض ملحوظ مع عمل Plazanet (1995) الذي ركز علي المقاييس التي تحدد كل منحني فردي داخل الخط (Thibault,2002,P.58).

تقوم أنظمة التعميم الآلي ونظم المعلومات الجغرافية علي عمليات التعميم التدريجي من أجل تحقيق الإنتقال بين النماذج المختلفة التي تمثل جزءاً من العالم الحقيقي عند تقليل التفاصيل مع تعظيم المحتوي كما في أنظمة Intergraph's Dynagen والتي تضفي الطابع الرسمي علي عملية التعميم بين الكارتوجرافي ووظائف التعميم من خلال الوضع التفاعلي، يتم تحليل البيانات (مثل التحليل العنقودي) وصنع القرار مثل تحديد النقطة الحرجة يتم بصرياً، ولكن يعيب هذا النهج هو الطبيعة الذاتية للتعميم، ولكن ثبت أنه يتفوق علي التعميم اليدوي فيما يتعلق بوقت المعالجة والكفاءة، يتم تنفيذ عمليات التعميم اليدوي في أنظمة التعميم كوظائف.

وعند تقييم عمليات التعميم في برنامج ArcGIS لتعميم الطرق من أجل اشتقاق قاعدة بيانات جغرافية متعددة المقاييس، وعلي الرغم من حقيقة أن نتائج Arcgis Doughas-Peucker ،

Bend_simlify مرضية، فقد تم الكشف علي أن العمل اليدوي مهم ومطلوب لأن خوارزميات التعميم في برنامج ArcGIS لا تدعم التعميم الديناميكي، ولكن أنظمة التعميم الآخري مثل Intergraph's Dynagen تدعم مثل هذا التعميم، وتمكن المستخدمين من اشتقاق قاعدة بيانات متعددة المقاييس من قاعدة بيانات رئيسة. ومن المهم دمج معرفة الكارتوجرافي مع أنظمة التعميم، وسيؤدي ذلك الي تسهيل تطوير نظم النظم الخبيرة (ES) ليصبح قوياً ومرناً وقادراً علي خلق (تآليف وتحرير) وإظهار (عرض وبيان) طريقة مبتكرة لتعميم شبكة الطرق شبه الأولية، ولا شك أن التقييم الشامل لأنظمة التعميم وآدائها ضروري لتضمين المعرفة الكارتوجرافية من الكارتوجرافيين من الخبراء وادخالها في اطار التعميم (Sikazemi.et al.,2005,P.3504).

ومن أهم البرمجيات التجارية التي تقدم أدوات أو أنظمة التعميم الآلي: وهي برمجيات انظم المعلومات الجغرافية ومنها برنامج Axpand TM الذي يعد أحد منتجات شركة Axes Systems بسويسرا، ويستخدم النظام حوالي 40 خوارزمية مختلفة في مجموعات أو عوامل تشغيل، كما أنه نظام قائم علي القيود، وقد تم تأسيسه علي نموذج بيانات متعدد التمثيل، ويتضمن التعميم التلقائي والتحديث الإضافي من خلال إعادة التعميم الانتقائي Selective re-generalization للتحديثات علي بيانات المصدر، ويعتمد Axpand علي العمليات، ويعمل من خلال معالجة سير العمل(Stanislawski.et al.,2014,P.165).

كما يحتوي برنامج ArcGIS V10.x علي مجموعة أدوات كارتوجرافية تتضمن أدوات للتعميم الكارتوجرافي، كما يوفر برنامج GIPS مجموعة من حلول لإنتاج المعلومات الجغرافية المكانية لشركة Intergraph من منتجات البرامج المبنية علي عائلة Geomedia، ويوفر GIPS مجموعة غنية من التقاط البيانات ومراجعتها وتحريرها بالإضافة الي إمكانية انهاء المنتج للبيانات الجغرافية المكانية، كما يوفر أدوات لاستخدام وظائف التعميم في بيئة رسم وتصميم الخرائط؛ إذ يوفر عمليات التغيير، والدفع، والتمثيل أو التصنيف أدوات دفعات ذات خصائص تعمل علي تبسيط وتجميع وإزاحة وتشويه مع أي عمليات هندسية محددة للعنصر مثل المبالغة وتحسين العنصر.

كما يعد برنامج I Spatial's Radin Clarity الذي أعيد تسميته باسم Generalize، وهو نظام قائم علي القيود وموجه نحو العناصر، مع إطار متعدد الوكلاء، ومصمم للعثور علي حلول التعميم المثلي في المواقف المعقدة خاصة عندما تكون العلاقات السياقية بين الميزات الجغرافية مهمة، وتقوم العمليات بالتكرار للوصول إلي حل يتوافق مع مجموعة من القيود، كما يتوافر أيضاً إطار عمل لتسلسل المشغل، ويتطلب النظام كثيراً من المعلمات والقيود (Stanislawski.et al.,2014,P.165).

Map Shaper هو برنامج لتحرير Shapefile، Geojson، TopoJson، CSV والكثير من تنسيقات البيانات الأخري، وتوفر قائمة التبسيط في البرنامج إمكانية اختيار طريقة التبسيط المستخدمة بين (Visvalingam/Weighted area– Visvalingam/effective area– Douglas–Peucker) مع إمكانية المحافظة علي الشكل العام للظاهرة، مع إمكانية تفاعل المستخدم وتحديد نسبة ودرجة التبسيط المطلوبة وفي الوقت نفسه تحديد عدد الأخطاء الطوبولوجية التي تنشأ عن تداخل الخطوط معاً والناتجة عن عملية التبسيط.

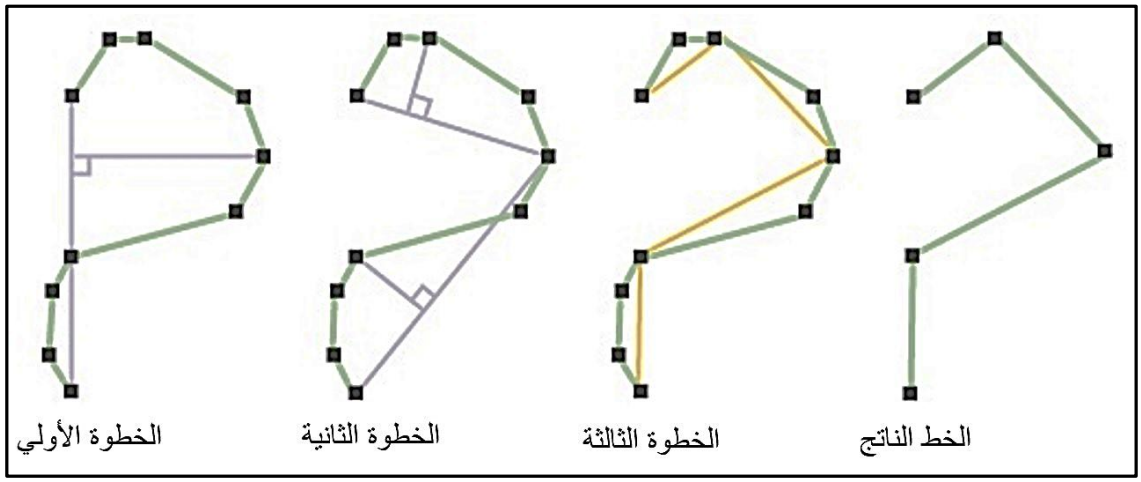
خوارزميات التبسيط:

تقوم عملية التبسيط في برمجيات نظم المعلومات الجغرافية (خاصة برنامج ARGIS) علي عدد من الخوارزميات؛ إذ تعتمد علي تبسيط الشكل الهندسي لعدد نقاط أقل مع المحافظة علي الشكل الأصلي قدر الإمكان، ومن أهم الخوارزميات المستخدمة في عملية التبسيط:

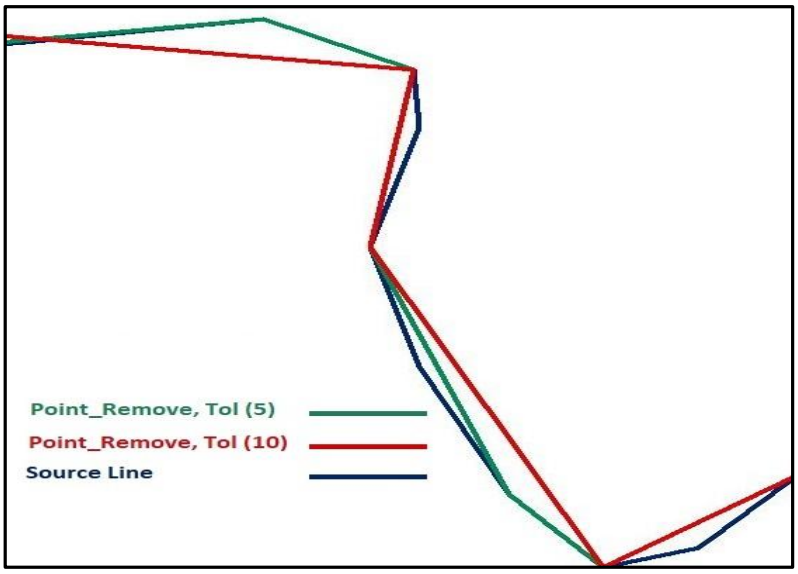
- خوارزمية Douglas–Peuker: هي الأشهر وتهدف الي تحديد أهم النقاط الأقل أهمية للشكل العام للخط، والتي سيتم إزالتها، وهي خوارزمية تكرارية تزيل النقطة وتقسم الخط، وتبدأ من جديد حتي الانتهاء من جميع النقاط المراد إزالتها؛ حيث في بدايتها تقوم بعمل خط بين النقطة الأولي والأخيرة من الخط، كما هو موضح في الشكل رقم (7)، ثم تحدد النقطة علي الخط وهي الأبعد من هذا الخط الذي يربط بين نقطة النهاية وإذا كانت المسافة بين الخط والنقطة أقل من epsilon (قيمة محددة) يتم تجاهل النقطة. وتبدأ الخوارزمية مرة أخري حتي لا توجد نقطة بين نقطتي النهاية، وإذا كانت المسافة بين النقطة والخط أكبر من epsilon فإن النقطتين الأولي والأبعد متصلتان بخط أخر، ويتم ذلك لكل نقطة أقرب من epsilon إلي هذا الخط، وفي كل مرة يتم تحديد نقطة أبعد جديدة، وينقسم خطنا الأصلي الي قسمين، وتستمر الخوارزمية في كل جزء علي حده.

وتعتمد هذه الخوارزمية علي لغة Python عن طريق تحديد وإزالة الرؤوس الزائدة نسبياً لتبسيط البيانات وعرضها علي مستويات أصغر، وتعد من أسرع خوارزميات التبسيط، وغالباً ما تستخدم هذه الخوارزمية لضغط البيانات أو للتبسيط الخشن، وتزداد زاوية الخطوط الناتجة بشكل ملحوظ مع زيادة قيمة tolerance. وقد تم إجراء تحسينات علي هذه الخوارزمية لتستخدم في برنامج ArcGIS تحت اسم خوارزمية Point remove والتي تعتمد علي أقصي مسافة عمودية مسموح بها بين كل رأس والخط الجديد الذي تم إنشاؤه، كما في شكل رقم (8)، الذي يوضح اختلاف حدة وزوايا الخطوط الناتجة عن استخدام خوارزمية Point_Remove مع تغيير قيمة tolerance بين (صفر، 5، 10).

- خوارزمية Visvalingam–Whyatt تتشارك في الهدف مع خوارزمية Douglas – Peuker في تحديد النقاط التي يمكن ازالتها، ومع ذلك فإن المبدأ مختلف في تحديد قيمة epsilon أو tolerance، فهو هنا مساحة وليس مسافة؛ إذ تقوم الخوارزمية في الخطوة الأولي بإنشاء مثلثات بين النقاط، وعندما تحدد أصغر هذه المثلثات وتتحقق مما إذا كانت مساحتها أصغر أو أكبر من قيمة epsilon. فإذا كانت أصغر يتم تجاهل النقطة المرتبطة بالمثلث، ونبدأ من جديد، ونولد مثلثات جديدة، وتحدد أصغرها ويتحقق منا ويكررها. وتتوقف الخوارزمية عندما تكون جميع المثلثات المولدة أكبر من قيمة epsilon.

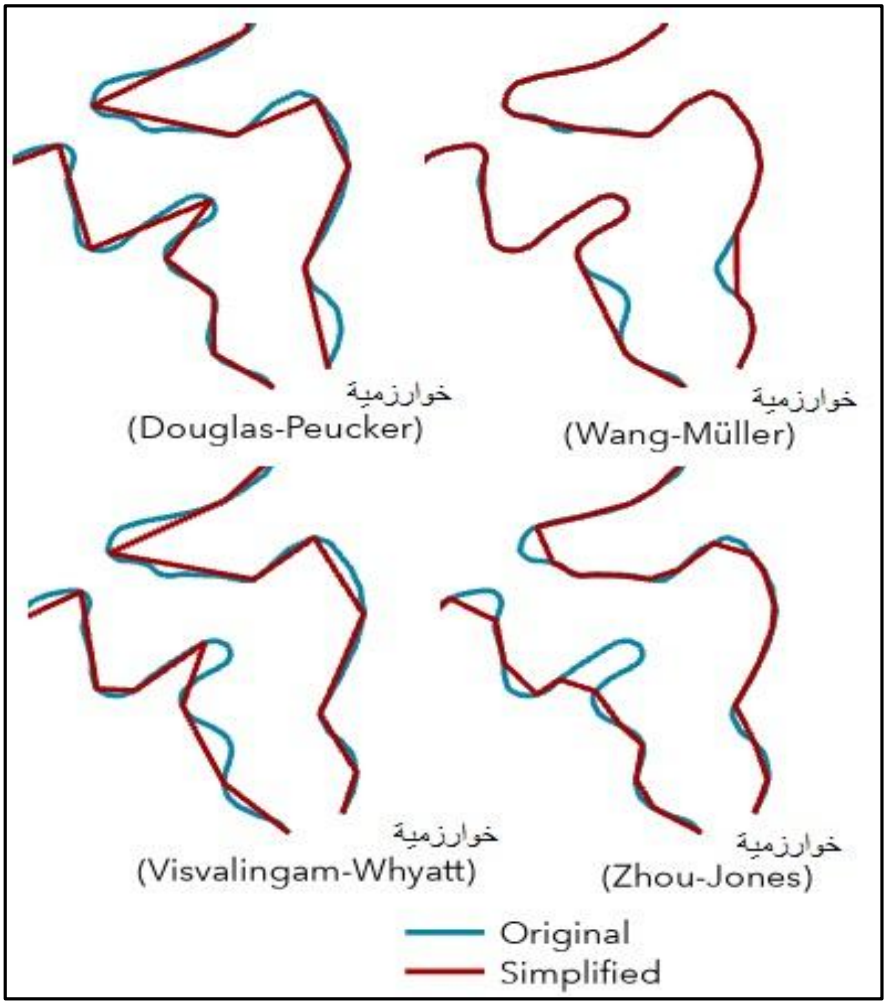


شكل رقم (7) خوارزمية Point remove التي تعد تحسين لخوارزمية Douglas–Peuker
المصدر: (ArcGIS 10.7 Help).



شكل رقم (8) تطبيق خوارزمية Point remove، Weighted Area، Bend simplify علي احدي خطوط الكنتور خريطة غرب القاهرة بمقياس 1: 50000

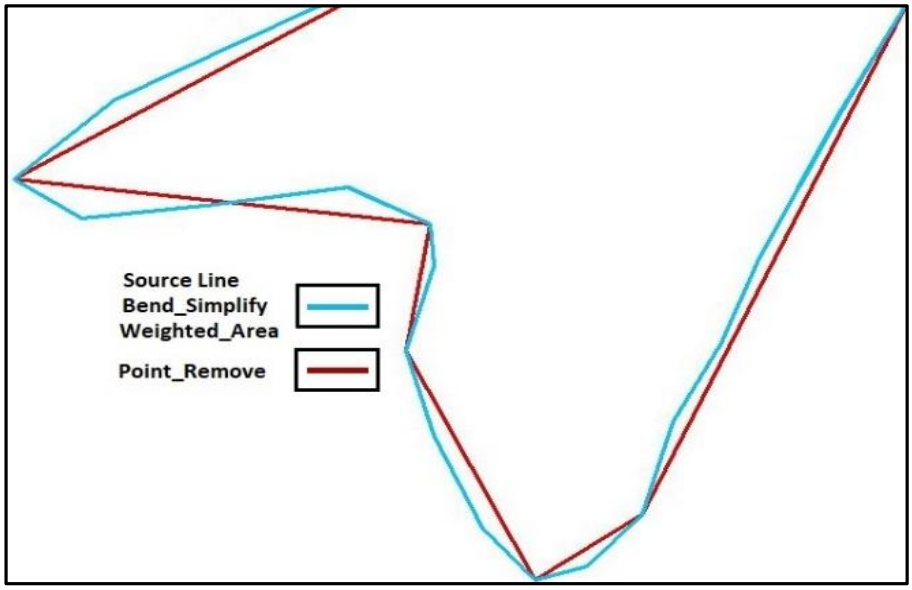
وعند المقارنة بين الطريقتين نجد أن كليهما ينتج أشكالاً هندسية مختلفة؛ إذ تميل Visvalingam–Whyatt إلي إنتاج شكل أجمل، وغالباً ما تفضل لتبسيطها المعالم الطبيعية، ولكن تميل خوارزمية Douglas–Peuker إلي إنتاج خطوط حادة في هيئة محددة، علي الرغم من كونه أكثر وأسرع في الأداء والمخرجات.



شكل رقم (9) أهم الخوارزميات المستخدمة في تبسيط الخطوط.

- خوارزمية Wang–Müller تقوم علي لغة Python؛ إذ تقوم علي تحديد الانحناءات غير المهمة نسبياً والتخلص منها لتبسيط البيانات لعرضها في مقاييس أصغر، وعادة ما تكون النتائج أقرب إلي المدخلات، ولكنها يمكن أن تستغرق وقتاً طويلاً في المعالجة، وتعتمد هذه الخوارزمية علي الخوارزمية المحددة لدي كل من Wang, Zeshen and Müller, Jean–Claude، والذي يعتمد علي خصائص الشكل الأصلي، وتعتمد عليها أداة Bend simplify داخل برنامج ArcGIS، وتكون الدرجة فيها هي قطر الدائرة التي تقترب من الانحناء الكبير.

- خوارزمية Weighted Area تعتمد علي أعمال Zhou and Jones 2005 ، وهي تعمل أولاً علي تعريف مثلثات المناطق الأكثر أهمية لكل النقاط، مع إعطاء أهمية نسبية لكل المثلثات من خلال مجموعة من المقاييس لمقارنة الأسطح ومعامل الالتواء لكل منطقة؛ إذ تحدد درجة التبسيط بمساحة المثلث المهم المحدد بثلاثة رؤوس متجاورة، وكلما زاد انحراف المثلث عن تساوي الأضلاع زاد وزنه، وقلت احتمالية إزالته، بما يسهم في إزالة الرؤوس المتماثلة من أجل تبسيط الخط مع الاحتفاظ بأكبر قدر ممكن بالشكل العام للخط، وعموماً لا تتطلب بعض تطبيقات خوارزميات التبسيط قيماً لـ epsilon أو tolerance، ولكن قد تطلب نسب مئوية، أو كم عدد النقاط التي تريد الاحتفاظ بها، ومن الأمثلة علي تلك التطبيقات برنامج Mapshaper.



شكل رقم (10) تطبيق خوارزمية Point remove، Weighted Area، Bend simplify علي إحدي خطوط الكنتور خريطة غرب القاهرة بمقياس 1: 50000 باستخدام برنامج ARCGIS 10.7

ومن الناحية النظرية نوقشت عمليات تقييم جودة التعميم سواء أكان التعميم يدوياً أم بطريقة آلية، فقد اقترحت البحوث السابقة في تقييم جودة التعميم أنه يمكن إجراء التقييم في ثلاث مراحل مختلفة (قبل، وأثناء، وبعد) لعملية التعميم، ومن أجل الحكم علي جودة البيانات المهمة والاستفادة من تدابير الدقة الموضعية هناك حاجة إلي تطوير المواصفات الكارتوجرافية وتحديد القيود المناسبة. وعند النظر إلي جودة التعميم الخطي يمكن أن تكون القيود، والتي منها (الحفاظ علي الأشكال والخصائص الأصلية للخطوط، ودرجة التبسيط المناسبة لمقياس الخريطة الجديدة، والحد من شكل التشويه، والتقليل من الخطأ) (الربيعان والفرادي، 2018، ص44).

وللتأكيد علي مدي آداء خوارزميات التبسيط الخطي المستخدمة داخل برنامج ARCGIS 10.7 وهي (Point_Remove, Bend_Simplify, Weighted_Area)، يمكن استخدام كُلاً من الطول الفعلي للخط، وأعداد الرؤوس كمقاييس للدلالة والمقارنة بين الخوازرميات الثلاثة لبيان التغير الناتج، وقد تم استخدام جزء من خطوط الكنتور الموجودة علي خريطة غرب القاهرة الطبوغرافية مقياس 1: 50000 ، وهو خط كنتور 100 بالركن الجنوبي الغربي من الخريطة، مع تثبيت قيمة Tolerance وكانت (10 متر).

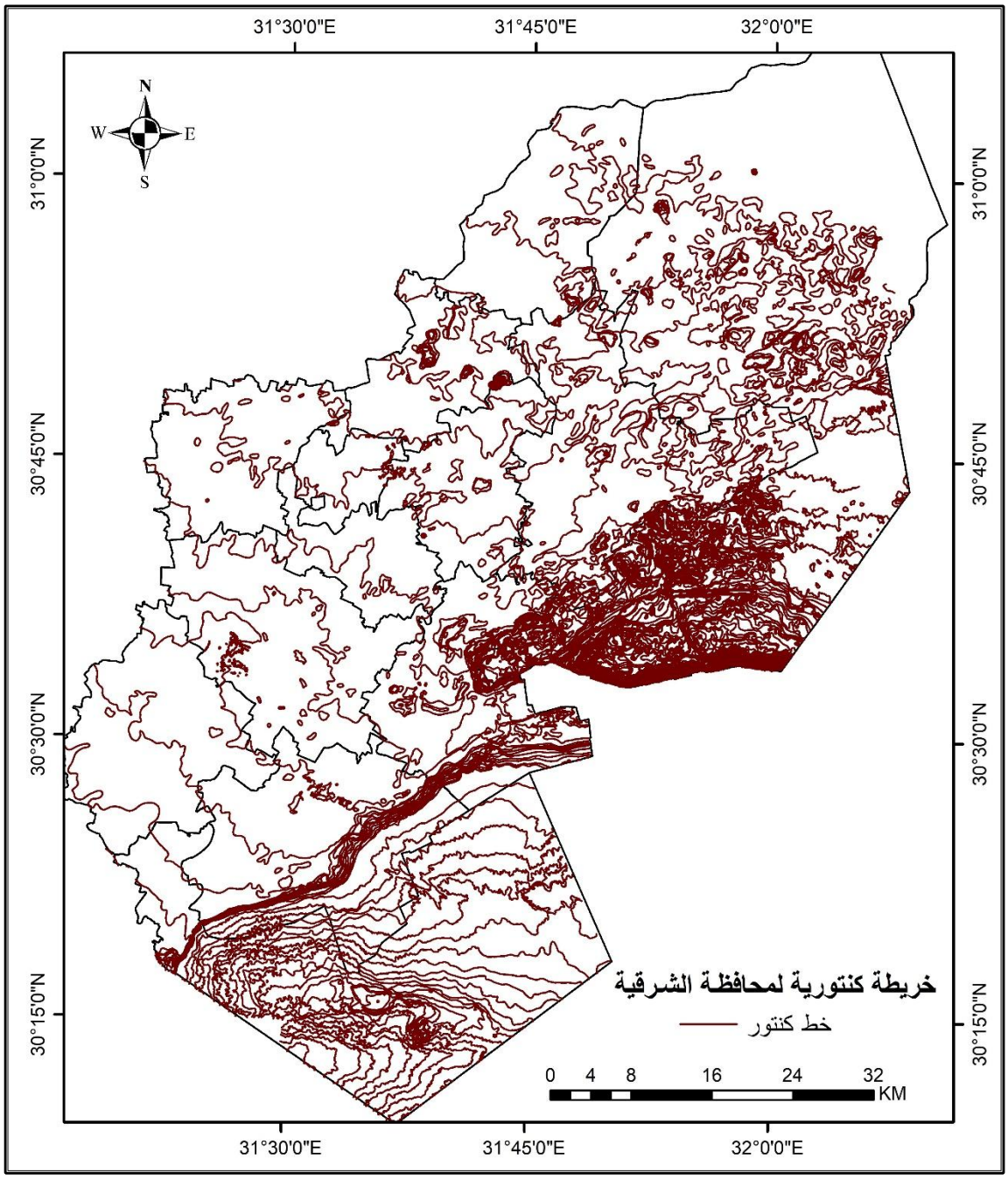
جدول رقم (1) نتائج استخدام خوازميات التبسيط في برنامج ARCGIS 10.7

الخوارزمية	طول الخط/ متر	عدد الرؤوس
الخط الأصلي	26669	762
باستخدام point_remove	26405	310
باستخدام Bend_Simlify	26669	762
باستخدام Weighted_Area	26669	761

ومع تطبيق الخوارزميات الثلاثة علي خط الكنتور وجد أن خوارزمية Point_Remove قامت بتقليص عدد الرؤوس الموجودة علي خط الكنتور لتصل الي (310 رأس) بعد أن كانت (762 رأس) ليكون الفرق حوالي (452 رأس) أي جاء التقليل بنسبة حوالي (60%)؛ مما ترتب عليه التقليل من طول الخط الأصلي بعد أن كان حوالي (26669 متر) أصبح بعد تطبيق الخوارزمية حوالي (26405 متر) أي بفارق 264 متر أي بنسبة حوالي 1%. وفي المقابل لا يوجد أي تغيير أو تعديل يذكر علي الخط الأصلي مع تطبيق خوارزمية (Bend_Simplify, Weighted_Area).

جدول رقم (2) نتائج استخدام خوازميات التبسيط مع خطوط الكنتور لمحافظة الشرقية

Weighted area				Bend simplify				Point remove				Source line		قيمة Tolerance
%	عدد رأس	%	الطول/متر	%	عدد رأس	%	الطول/متر	%	عدد رأس	%	الطول/متر	عدد رأس	الطول/متر	
0.2	69855	0	8035749	0	69961	0	8035753	26.4	51515	0.1	8029191	69961	8035753	10 متر
0.2	69794	0	8035535	0	69961	0	8035753	44.7	38723	0.5	7998802	69961	8035753	20 متر
0.6	69513	0	8032693	0.1	69898	0	8035750	56.3	30576	1	7952213	69961	8035753	30 متر
1.6	68868	0.2	8018500	0.3	69782	0	8035736	63.6	25484	1.6	7903692	69961	8035753	40 متر
3	67830	0.5	7994044	0.6	69515	0	8035534	68.3	22153	2.2	7857234	69961	8035753	50 متر



شكل رقم (11) خريطة كنتورية لمحافظة الشرقية.

ومع التطبيق علي خريطة خطوط الكنتور لمحافظة الشرقية باستخدام مقاييس جملة أطوال خطوط الكنتور، وكذلك جملة أعداد الرؤوس كمقاييس للدلالة والمقارنة بين الخوارزميات الثلاثة في بيان مدي فاعلية أي منهما وقدرتها في تبسيط الخطوط وخصوصاً مع تغيير قيمة Tolerance وكانت النتيجة كما جاء في جدول رقم (2) الذي يبين جملة أطوال خطوط الكنتور، وجملة عدد الرؤوس ونسب التناقص محسوباً نسبة الي جملة أطوال خطوط الكنتور وعدد الرؤوس من الخريطة المصدر.

حيث وجد أن خوارزمية Point_Remove هي الأكثر تأثيراً وتعديلاً في خصائص خط الكنتور محل الدراسة؛ إذ ترتب علي استخدامها التقليل من جملة أطوال خطوط الكنتور وكذلك تناقص أعداد رؤوس (Vertex) وقد تزايدت تلك النسبة مع تزايد قيمة Tolerance، مقارنة بالخريطة المصدرية ومع تحديد قيمة (10 متر) وصلت نسبة تناقص جملة أطوال الخطوط الي (0.1%) كما وصلت نسبة تناقص عدد الرؤوس الي (26.4%)، كما وصلت النسبة مع قيمة (20 متر) جملة أطوال الخطوط الي (0.5%) كما وصلت نسبة تناقص عدد الرؤوس الي (44.7%)، في حين وصلت النسبة مع قيمة (30 متر) كانت نسبة جملة أطوال الخطوط (1%) كما وصلت نسبة تناقص عدد الرؤوس الي (56.3%)، وعند قيمة (40 متر) كانت نسبة جملة أطوال الخطوط (1.6%) كما وصلت نسبة تناقص عدد الرؤوس الي (63.6%)، أما مع تحديد قيمة (50 متر) فقد وصلت نسبة تناقص جملة أطوال الخطوط الي (2.2%) كما وصلت نسبة تناقص عدد الرؤوس الي (68.3%).

في حين لم تظهر كل من خوارزمية (Bend_Simplify, Weighted_Area) أي تغيير ملحوظ ماعدا خوارزمية Weighted_Area التي أظهرت قدر من التغيير، وذلك عند تزايد قيمة Tolerance ووصولها الي قيمة (50 متر) لتصل نسبة التناقص في جملة أطوال خطوط الكنتور الي (0.5%) كما وصلت نسبة التناقص في جملة أعداد الرؤوس الي (3%)، في الوقت الذي لم تظهر خوارزمية Bend_Simplify أي تغيير ملحوظ، مما يدل علي أن خوارزمية Point_Remove أكثر فاعلية في تعميم الأشكال الخطية وتبسيطها ومنها خطوط الكنتور.

النتائج والتوصيات:

تُعَدُّ عملية التعميم والتبسيط الكارتوجرافي علي الظواهر الخطية من الأمور المهمة في برمجيات نظم المعلومات الجغرافية، ولها قواعد معينة ينبغي اتباعها عند إجراء عملية التعميم. وقد شهدت برمجيات نظم المعلومات تطوراً في مجال برمجة مجموعة من الخوارزميات التي تسهم بصورة آلية في عمليات التعميم الكارتوجرافي، في حين أن العمل اليدوي مازال مطلوباً ومن الأفضل دمج معرفة وخبرات الكارتوجرافيين مع أنظمة التعميم الآلية فيما يعرف بالنظم الخبيرة الكارتوجرافية.

ومع تطبيق أهم خوارزميات التبسيط الخطية في برمجيات نظم المعلومات الجغرافية وخاصة برنامج ARCGIS 10.7 وجد أن خوارزمية Point_Remove هي الأكثر تأثيراً وتعديلاً في خصائص الظواهر الخطية ومنها خطوط الكنتور، كما يتضح أيضاً أنه مع استخدام خوارزمية Point_Remove فقد تبين وجود علاقة بين مستوي تعقيد الخطوط وبين أعداد الرؤوس وأطوال الخطوط الجديدة؛ فإنه كلما زاد تعقيد الخط من خلال تزايد تعرجاته فإنه سيتم إزالة كثيراً من الرؤوس وبالتالي التقليل من الطول الفعلي للخط. وبالتالي نجد أن العلاقة هنا عكسية بين مستوي تعقيد وأطوال الخطوط الناشئة في الخرائط الجديدة.

وعلي الرغم من أن خوارزمية خوارزمية Point_Remove هي الأكثر فاعلية وتأثيراً علي الظواهر الخطية ضمن برمجيات نظم المعلومات الجغرافية فإنه يجب أخذ الحيطة والحذر؛ لأن ذلك من شأنه أن يؤثر علي الدقة الموضعية للخط، كما يجب أن يراعي ذلك عند اختيار قيمة معامل Tolerance الذي يؤثر بشكل كبير علي الدقة الموضعية للخط.

وفي الختام يعد التعميم عملية معقدة تتوقف علي اختيارات الكارتوجرافي ذاته، وهو مهم في تطوير الخريطة وتحسينها وتحقيق رسالتها، ومع تطوير برمجيات نظم المعلومات الجغرافية وخصوصاً برنامج ARCGIS وخوارزميات التعميم والتبسيط الخطي أصبح من السهل إجراء عمليات التبسيط، لكن مازال الأمر بحاجة إلي كثير من الدراسات من أجل البحث عن أدوات ونماذج وخوارزميات جديدة تتعامل مع أدوات وعناصر التعميم الكارتوجرافي علي اختلافها وتنوعها.

المراجع:

أولاً: باللغة العربية:

1- الخياط، نمير نذير مراد وآخرون (2020) "أسس تعميم المعالم علي الخريطة الطبوغرافية لمحافظة ذي قار"، مجلة كلية التربية، جامعة واسط، العراق، العدد 41، الجزء 2، ص ص:425 – 452.

2- الزيدي، نجيب عبدالرحمن و الكبيسي، أحمد محمد جهاد (2018) "دراسات في التعميم الكارتوجرافي Studies in Cartographic Generalization"، المكتب العربي للمعارف، القاهرة، الطبعة الأولي.

3- الربيعان، أريج بنت مزيد و الفرادي، مفرح بن ضايم (2018) "مراجعة أدبية للتعميم الخرائطي"، المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية، جامعة الملك سعود، الجمعية الجغرافية السعودية، مج 11، ع 2، ص ص:1 – 53.

4- الزيدي، نجيب عبدالرحمن و مسعود، حسين مجاهد (2005) "علم الخرائط"، دار اليازوري، الأردن، عمان، الطبعة العربية.

5- الزيدي، نجيب عبدالرحمن محمود و الجبوري، منهل عبدالله حمادي (2011) "التعميم والتنعيم في خرائط الخطوط الكنتورية"، مجلة جامعة تكريت للعلوم، العراق، المجلد 18، العدد 8، ص ص: 223–282.

6- الكبيسي، أحمد جهاد والزيدي، نجيب عبدالرحمن (2017) "النمذجة الآلية لتعميم استعمالات الأرض الحضرية لمدينة بلد في العراق"، المجلة الليبية العالمية، جامعة بنغازي، كلية التربية بالمرج، ع 23، ص: 1– 20.

7- مصطفي،أحمد أحمد و السوداني، محمد أحمد (2016) "تصميم وتنفيذ الخرائط"، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.

ثانياً: باللغة الإنجليزية

1- Weibel, R and Dutton, G (1999) "Generalising spatial data and dealing with multiple representations", https://www.geos.ed.ac.uk/~gisteac/gis_book_abridged/files/ch10.pdf

2- AlGamdi, (2007) "The Multi-dimensional Problem of Quantifying Cartographic Generalization Uncertainty: Linear Features as an Example", مجلة الآداب والعلوم الاجتماعية، جامعة الملك قابوس، كلية الآداب والعلوم الاجتماعية، العدد1، ص ص:2 - 13

3- Thibault, Philippe Alcide (2002) "Cartographic Generalization of Fluvial Features", Requirements for the degree Doctor of Philosophy, University of Minnesota, USA.
4- Wilson, Ian D.et al., (2003) "AGenetic Algorithm approach to cartographic map generalization", Computer in Industry 52, 291-304.
5- Mackaness, William.et al., (2014) "Map Generalization: Fundamental to the Modelling and Understanding of Geographic Space", in Budrghardt, D. et al., (2014) "Abstracting Geographic Information in a Data Rich World methodologies and Applications of map Generalization", Springer international publishing Switzerland, 2014.
6- Stanislawski, Lawrence V.el al., (2014) "Generalizing Operators", in Budrghardt, D. et al., (2014) "Abstracting Geographic Information in a Data Rich World methodologies and Applications of map Generalization", Springer international publishing Switzerland, 2014.
7- Steinger, Stefan and Weibel, Robert (2007) "Relation among map objects in cartographic generalization", cartographic and geographic information science, PP 175- 197, Dol: 10.1559/152304007781697866.
8- Ware, J. M.et al., (2003) "A Knowledge based genetic algorithm approach to automating cartographic generalization", Knowledge-based systems, 16(2003) 295-303.
9- Stoter, jantien.et al., (2014) "Evaluation in Generalization", in Budrghardt, D. et al., (2014) "Abstracting Geographic Information in a Data Rich World methodologies and Applications of map Generalization", Springer international publishing Switzerland, 2014.
10- Gutman, Moshe (2012) "Continuous and Adaptive Cartographic Generalization of River Networks", Requirements for the degree Doctor of Philosophy, University of Oklahoma, Norman, Oklahoma.
11- Sikazemi.et al, (2005) "Integration of Cartographic Knowledge with Generalization Algorithms", IEEE.
12- Jenks, Goerge F. (1963) "Generalization in Statistical Mapping", Annals of the Association of American Geographers, Vol.53, No.1, PP.15-26.