د. عبد الرحمن مصطفى دبس

أستاذ الخرائط ونظم المعلومات الجغرافية المشارك

بقسم العلوم الاجتماعية

كلية الآداب والعلوم الإنسانية

جامعة طيبة

التعميم الخرائطي لشبكة الطرق

دراسة حالة: شبكة طرق المدينة المنورة على الخريطة / ١:٥٠ ٠٠٠

ملخص البحث Abstract:

إن جميع الرموز المرسومة على الخريطة هي جزء مبسط من المعالم الموجودة داخل المنطقة الجغرافية المصورة على الخريطة، وسيكون من غير الممكن عملياً تصوير كامل سطح الأرض على خريطة بمقياس ١:١ ، وأن عملية التبسيط هذه لا تجري إلا بمرافقة عدة عواقب، ومشاكل غير مرغوب بها، وهي عملية حتمية اضطرارية بسبب: الانخفاض في المسافات التي تفصل بين المعالم، فقدان الوضوح البصري للمعالم على الخريطة، تضمين الخريطة تفاصيل كثيرة لا تتوافق مع المقياس والمساحات على الخريطة، أو الغرض من الخريطة، أو موضوع الخريطة. لذا يلجأ الكارتوغرافيون عادة عند إنتاج خرائط جديدة، من خرائط أخرى مصدرية، إلى إجراء عملية التعميم الخرائطي، وذلك من أجل استخراج البيانات المطلوبة من الخرائط المصدرية، وتبسيط تمثيلها على الخرائط الجديدة.

تقوم مشكلة البحث على تحديد خواص ومميزات شبكة الطرق بالمدينة المنورة، ودراسة مدى تلاؤمها مع عمليات التعميم الخرائطي، التي تخضع له أثناء رسمها على خرائط بمقاييس مختلفة . كما يكمن الغرض من هذا البحث في تحقيق الأهداف التالية :

١)التعرف على طبيعة وخصائص شبكة الطرق بالمدينة المنورة، ٢) دراسة عناصر شبكة الطرق بالمدينة المنورة، والتعرف على الأسس التخطيطية والتصنيفية التي تقوم عليها، ٣) تطبيق نموذج من نماذج التعميم الخرائطي على شبكة الطرق بالمدينة المنورة، ٤) تعميم شبكة الطرق بالمدينة المنورة على الخريطة ١:٥٠ ٠٠٠.

بنيت المنهجية المطبقة في هذا البحث على ثلاثة عوامل رئيسية هي **أولاً :** الاختيار الكمي للطرق، حيث يقوم على عاملين رئيسيين هما : طول الطريق، والمسافة الدنيا بين الطرق. **ثانياً:** الاختيار النوعي للطرق (الأهمية)، ويقوم مبدأه بناءً على الأهمية النسبية للطرق، والتي تم قياسها

نسبة إلى العوامل الثلاث التالية : الاستمرارية (امتداد لطريق)، والوصل بين الطرق، والمركزية . **ثالثاً:** دور الكارتوغرافي معمم الخريطة.**رابعاً:** تطبيق عمليات الدمج والإزاحة.

بينت هذه الدراسة أن عملية تعميم شبكة الطرق بالمدينة المنورة، مهمة ليست بالسهلة، نظراً لتعقيداتها المكانية وغير التخطيطية، التي ظهرت بشكل جلي، خاصة في الأحياء القديمة، حيث العديد من الطرق غير المكتملة، وغير المترابطة، والمغلقة، والقصيرة، وكذلك عدم وجود تصنيف واضح لطرق الشبكة، يمكن الاستعانة به في عملية التعميم .

الكلمات المفتاحية Key Words: التعميم الخرائطي، التعميم الخطي، شبكة الطرق، المدينة المنورة، نظم المعلومات الجغرافية، الإدراك البصري.

Cartographic Generalization of Road Network:

A Case Study on the Road Network of Al-Madinah Al-Munawarrah

(Map scale 1:50 000)

All the symbols which are stated on the map are a simple part of the features that exist within the geographic which is depicted on the map. Thus It is not practically plausible to depict the details of land surface on a map scale 1:1, as the process of simplistic does not accomplish without certain obstacles and undesired problems. It is an inevitable compelling process owing to the decline in the distances which separate the fea-

tures, the missing of visual clearness of the features on the map, or the purpose of the map or its topic. Thus cartographers used to apply the cartographic generalization process in producing new various maps from a source maps in order to extracting data from them and simplifying its representation on the new maps.

The issue of his study, however, based on the characterizations and specifications of the road (streets) network of Al-Madinah Al-Munawarrah and its uniformity with the cartographic generalization process which followed by it during their setting on maps of several scales. This paper also aims to fulfill the goals as follow: 1) Being acquainted with the nature and characteristics of the road (streets) network of Al-Madinah Al-Munawarrah. 2) Studying the elements of the road (streets) network of Al-Madinah Al-Munawarrah, as well as the planning and assorting basics which it based on. 3) Applying one of the module of mapping generalization on the road (streets) network of Al-Madinah Al-Munawarrah. 4) Generalizing the streets network of Al-Madinah Al-Munawarrah on the map of 1: 50 000 scale.

The applied method in this paper based on three major factors as follow:

First: the quantitative selection of roads which based itself on two factors; the length of the road and the distance between roads.

Second: the qualitative selection of roads (i.e.)Importance) whose principle relies on the relative importance of the roads which has been measured according to the following three factors: the continuity (along the road), the connection between roads and the centralization.

Third: the cartographer role as map generalizer.

Fourth: applying the process of compiling and removing.

This study revealed that the process of generalizing the road (streets) network of Al-Madinah Al-Munawarrah is not an easy task owing to its unplanned and spatial complexities, which appeared obviously particularly in the old districts. Whereas many roads; incomplete, unconnected, closed and short. As well as the lack of clear classification for the road's net which can be used in the generalization process.

مقدمة Introduction:

على الرغم من أن استخدام أجهزة الكمبيوتر في عملية إنتاج الخرائط أضحت في الوقت الحاضر على نطاق واسع، إلاّ أن عملية التعميم الخرائطي تتم عادة من قبل رسامي الخرائط يدويا، وذلك بسبب طبيعة التعميم المعقدة، والتي تتطلب من الكارتوغرافي كميات كبيرة من الجهد والمعالجة اليدوية. والهدف الرئيس من عملية التعميم هو جعل البيانات المرسومة على الخريطة متوافقة مع مقياس وهدف وموضوع الخريطة، والمنطقة الجغرافية المصورة عليها، وهذا يعني حذف المعلومات الأقل أهمية، والحفاظ على المعلومات المهمة، التي تعكس صفات وخصائص المنطقة الجغرافية. وفي الوقت الحاضر يمكن الوصول إلى نتائج موثوقة من عملية التعميم بالطريقة التجريبية التفاعلية، أما بالطريقة المؤتمتة فما يزال الأمر يحتاج إلى مزيد من العمل والجهد، من أجل تحديد ما هي المعلومات التي ستحذف من الخريطة؟ وما هي المعلومات التي سيحافظ عليها ؟ (Boffet, 2000) .

تعتبر عملية التعميم الخرائطي لشبكة الطرق (الشوارع) داخل المدن واحدة من أصعب المهمات التي تواجه الكارتوغرافي عند تصميه للخرائط الحضرية، التي تنفذ بناءً على خرائط، أو صور جوية، أو فضائية أكبر مقياساً، وذلك بسبب تشابك هذه الطرق، واتصالها مع بعضها البعض، والاختيار والحذف منها، مع الحفاظ على الخصائص العامة للشبكة، ووضوحها على الخريطة. هذا وتتحكم بعملية تعميم الخريطة عدة عناصر أهمها: مقياس رسم الخريطة، الغرض من الخريطة، موضوع الخريطة، نوع استخدام الخريطة، نوعية وكمية البيانات، محدودية الرسم .(Jones,& Zhou 2004)

تعرض هذه الدراسة أسلوباً متكاملاً لتعميم شبكة الطرق، بالاستناد إلى عدة عوامل أهمها : الصفات الكمية، الصفات النوعية، معايير الادراك

البصري، الخصائص المكانية للطرق داخل الشبكة. وذلك بالتطبيق على الشبكة الطرقية للمدينة المنورة على الخريطة مقياس١:٥٠ ٠٠٠اعتماداً على خريطة مصدرية أخرى لشبكة طرق المدينة المنورة مقياس١:١٠ ٠٠٠مشكلة البحث: تقوم مشكلة البحث على السؤال التالي: هل تمتلك شبكة الطرق بالمدينة المنورة خواص ومميزات شبكة الطرق الحديثة، التي تمتاز بالتخطيط الجيد، والتكامل، والترابط، والتصنيف الواضح، بحيث يسهل التعامل معها ودراستها، وتعميمها بشكل سليم، من أجل رسمها بشكل صحيح وواضح على الخرائط بمقاييس مختلفة ؟

أهداف البحث: الغرض من هذا البحث هو تحقيق الأهداف التالية :

١) التعرف على طبيعة وخصائص شبكة الطرق بالمدينة المنورة.

٢) دراسة عناصر شبكة الطرق بالمدينة المنورة، والتعرف على الأسس التخطيطية والتصنيفية التي تقوم عليها.

٣) تطبيق نموذج من نماذج التعميم الخرائطي على شبكة الطرق بالمدينة المنورة.

٤) تعميم شبكة الطرق بالمدينة المنورة على الخريطة ١:٥٠ ٠٠٠

اقتراح التوصيات اللازمة بشأن شبكة الطرق بالمدينة المنورة

الإطار النظري للبحث Background :

يعرف التعميم الخرائطي Cartographical Generalization بأنه عبارة عن عمليات انتقاء وتعميم تنفذ على محتوى الخرائط الجغرافية عند وضعها، بهدف الحفاظ على المميزات النموذجية العامة، والصفات الخاصة للمعالم المصورة على الخرائط، وذلك توافقاً مع هدف الخريطة وموضوعها، وإمكانيات مقياسها، وصفات المنطقة الجغرافية المصورة على الخريطة (Dic. Academic Rus). وبالطبع يأتي المقياس في طليعة العوامل المؤثرة على التعميم الخرائطي، وذلك لأن مساحة ١كم^{2} على الطبيعة تظهر على الخريطة مقياس ١:١٠٠٠ بمساحة تساوي ١م^{2} ، وتظهر على الخريطة ذات المقياس١:١٠ ٠٠٠ بمساحة تساوي ديسيمتر مربع واحد (١سم^{2})، وتظهر على الخريطة ذات المقياس ١:١٠ ٠٠٠بمساحة تساوي ١ سم^{2} ، أما على الخريطة المليونية١:١٠٠٠ ٠٠٠فتظهر بمساحة تساوي ١مم٢ . وبناءاً على ما تقدم فإن تمثيل المساحة المذكورة أعلاه على كل هذه الخرائط، بنفس التفاصيل والكثافة، أمر مستحيل، لذا يتوجب علينا حذف التفاصيل الأقل أهمية للمعالم بشكل متزايد، يتفق مع نسبة تصغيير المقياس (Berliant, 2002). ثمة تعريف آخر للتعميم يقول: تقوم عملية التعميم الكارتوغرافي على انتقاء الظاهرات الجغرافية، وتعميم خصائصها النوعية والكمية، والتعميم الرسومي لشكلها الخارجي، والانتقال من الظاهرات الصغيرة البسيطة إلى الظاهرات الأعم الأكبر (Salishev, 1990) . هذا ويعتبر التعميم الخرائطي من أهم الخواص المميزة لجميع الخرائط، ذلك لأنه حتمي التنفيذ على جميع الخرائط، حتى على الخرائط كبيرة المقياس، بسبب عدم إمكانية عرض جميع تفاصيل سطح الأرض على هذه الخرائط .

يتميز التعميم الخرائطي بالخصائص التالية :

• أن التعميم الخرائطي عملية حتمية وضرورية عند إنشاء كل خريطة، سواء بالاعتماد على قياسات ميدانية، أو خرائط جغرافية أكبر مقياساً، أو من أي مصدر آخر .

• في نتيجة التعميم لا بد أن يكون محتوى الخريطة مبسطاً، وسليماً، وواضحاً .

• يتعرض محتوى الخريطة إلى التقليل من تفاصيله، عن طريق الحذف العلمي الممنهج، الذي يأخذ بعين الاعتبار جميع العوامل المؤثرة على عملية التعميم .

• عند إجراء التعميم على الخرائط لا بد من الحفاظ على الخصائص الأساسية المميزة للظاهرات الجغرافية الممثلة على الخرائط .

• تزداد درجة التعميم مع صغر مقياس الخريطة .

• تتناسب درجة التعميم مع الغرض من إنشاء الخريطة .

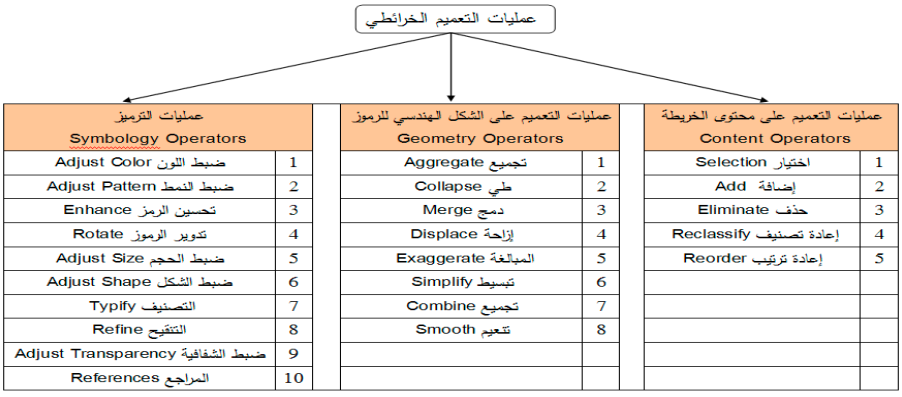
• عند إجراء عملية التعميم يتعرض محتوى الخريطة إلى العديد من العمليات التي تغير من محتواه ودقته، أهم هذه العمليات: الاختيار المنظم، الحذف، التعميم، التبسيط، الإزاحة، المبالغة، الدمج.

تنفذ عملية التعميم الخرائطي بواسطة سلسلة متتابعة من العمليات، التي تعتمد على تطبيق مجموعة من عناصر التعميم أهمها، أنظر الشكل رقم (١) :

• **الانتقاء Selection:** ويعني اقتصار محتوى الخريطة على إظهار فقط المعالم الضرورية، من وجهة نظر: الغرض من الخريطة، مقياس الخريطة، موضوع الخريطة. وإزالة المعالم الأخرى الأقل أهمية (Ber-liant, 2002). تحدد عادة حدود انتقاء المعالم المنتمية إلى فئات مختلفة

عن طريق المعايير الكمية والنوعية، مثال: يتم حذف كل الأنهار التي يقل طولها عن ١ سم على الخريطة مقياس ١:١٠٠٠٠٠٠ . وفي كثير من الأحيان يتم تحديد حدود الانتقاء رياضياً، وذلك عن طريق تحديد عدد المعالم التي ستظهر في حدود مساحة تساوي ١ دسم٢ على الخريطة بمقياس ما.

- **التبسيط Simplification:** يقوم التبسيط على تخفيف حواف وتعرجات الملامح الشكلية (الرسومية) للمعالم الخطية والمساحية، والتي ينتج عنها المحافظة على الخصائص الرئيسية العامة لها، وصفاتها المميزة. تنفذ عملية التبسيط على الخرائط بإزالة التعرجات الصغيرة من أشكال المعالم الخطية والمساحية، والابقاء على التعرجات الكبيرة، التي تحافظ على الخصائص الشكلية العامة للظاهرة، والاتجاه العام لمسارها أو موقعها . وبشكل عام تنفذ عملية التبسيط لجعل شكل الرمز أكثر وضوحاً (Li et al., 2004)، ومن المفيد هنا أن نذكر أن عملية التبسيط أمر لا بد منه عند إنشاء الخرائط، والانتقال من الخرائط الكبيرة إلى الخرائط صغيرة المقياس، وذلك لأنه لو تركت كل التفاصيل الموجودة على الخرائط المصدرية لدخلت هذه التفاصيل ببعضها البعض، وشوهت شكل المعالم ووضوحها على الخرائط.



عمليات التعميم على محتوى الخريطة Content Operators		عمليات التعميم على الشكل الهندسي للرموز Geometry Operators		عمليات الترميز Symbology Operators	
Selection اختيار	1	Aggregate تجميع	1	Adjust Color ضبط اللون	1
Add إضافة	2	Collapse طي	2	Adjust Pattern ضبط النمط	2
Eliminate حذف	3	Merge دمج	3	Enhance تحسين الرمز	3
Reclassify إعادة تصنيف	4	Displace إزاحة	4	Rotate تدوير الرموز	4
Reorder إعادة ترتيب	5	Exaggerate المبالغة	5	Adjust Size ضبط الحجم	5
		Simplify تبسيط	6	Adjust Shape ضبط الشكل	6
		Combine تجميع	7	Typify التصنيف	7
		Smooth تنعيم	8	Refine التنقيح	8
				Adjust Transparency ضبط الشفافية	9
				References المراجع	10

الشكل رقم (١) أهم عمليات التعميم الخرائطي / المصدر (Nyangweso, 2011)

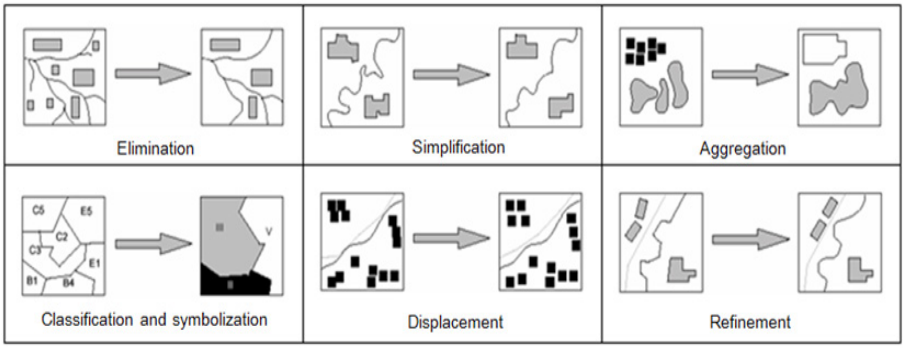
• **الدمج Merge:** يعني الدمج في المفهوم الخرائطي ضم أو توحيد عدة ظاهرات جغرافية صغيرة، تنتشر بجوار بعضها البعض، في وحدة واحدة، أو نطاق واحد، مع إظهار المنحى العام لانتشار هذه الظاهرات، وعدم المحافظة على خصائص كل ظاهرة على حدى (Shea, 1988) ، مثال : عند تمثيل مدينة ما على الخريطة الأولى ذات المقياس الأكبر فإنه تظهر كافة تفاصيل المدينة من أبنية وشوارع فرعية ورئيسية، وبالانتقال إلى الخريطة الثانية، الأصغر منها، يظهر من المدينة فقط حدود الكتل السكنية والشوارع الرئيسية، وعند الانتقال إلى الخريطة الثالثة ذات المقياس الأصغر من الثانية، يظهر من المدينة فقط حدود الأحياء السكنية، وبالانتقال إلى خريطة رابعة مقياسها أصغر من الثالثة تظهر المدينة بشكل رمز صغير خارج عن مقياس الخريطة (دائرة أو مربع أو نجمة) .

• **الإزاحة Displacement:** تعني الإزاحة في المفهوم الخرائطي التحريك البسيط الذي يصيب رموز بعض الظاهرات الجغرافية على الخرائط، من مواقعها الحقيقية إلى مكان آخر مجاور، وذلك بهدف إظهار وتوضيح عدة رموز متجاورة، سواء كانت نقطية أو خطية أو مساحية . على سبيل المثال: تحريك الطريق وسكة الحديد قليلاً عن خط الساحل، وتحريك الطريق قليلاً عن مجرى النهر .

• **المبالغة Exaggeration:** تعني المبالغة خرائطياً الزيادة في حجم ومساحة بعض الرموز، ذات الأهمية النسبية العالية، بدرجة تكفي لإظهارها على الخريطة بشكل واضح، وتجرى هذه العملية بهدف تلبية احتياجات محددة للخريطة (Shea, 1988).على سبيل المثال يبالغ في حجم رموز المدن المهمة سياحياً، أو دينياً، أو تاريخياً لإظهارها على الخريطة، ويبالغ في سمك بعض الخطوط الممثلة للطرق الرئيسية، ويبالغ كذلك في سمك الخطوط الممثلة للحدود الدولية .

- **التصنيف Classification:** يعرف التصنيف على أنه تقسيم الأشياء إلى أصناف، أو مجموعات، أو رتب محددة، وفقاً لمعايير أو أسس مشتركة تتعلق بهذه الأشياء، أنظر الشكل رقم (٢) . والتصنيف في علم الخرائط يستخدم لتحقيق ثلاثة أمور: الأول من أجل تصنيف البيانات والمعلومات المجمعة من أجل تأليف خريطة جديدة، والثاني من أجل تصنيف الظاهرات الجغرافية المراد تمثيلها على الخريطة، والثالث من أجل إجراء عملية التعميم الخرائطي، حيث تصنف المعالم المرسومة على الخريطة إلى عدة فئات وفقاً لمعايير نوعية أو كمية يتم بواسطتها إجراء عملية التعميم. وبشكل عام يمكن تصنيف الظاهرات الجغرافية نسبة إلى معايير متعددة منها : النوع، التركيب، الوظيفة، الأهمية، التبعية، العدد، الحجم .

- **الترميز Symbolization:** يعتبر الترميز من الخواص الرئيسية المميزة للخريطة، إذ يميزها عن باقي أنواع الصور، ويقوم على استبدال جميع محتوى الخريطة برموز نقطية وخطية ومساحية، تمثل المعالم والظاهرات المنتشرة في المنطقة الجغرافية الممثلة على الخريطة . وعند إجراء عملية الترميز على الخريطة يجري بعناية انتقاء الرموز لتمثيل الظاهرات الجغرافية على خريطة ما وفق مقياسها، أي أن الرمز المستخدم على الخرائط الكبيرة المقياس يبين تفاصيل كثيرة غير موجودة في الرمز المرسوم على الخرائط الصغيرة المقياس، وهذا يعني أن عملية الترميز بحد ذاتها تقوم على التعميم . بالإضافة إلى ذلك في نهاية كل عملية تعميم خرائطي عادة يتم إعادة الترميز لمعظم المعالم الموجودة على الخريطة، وذلك بما يتناسب مع الخريطة الجديدة .



الشكل رقم (٢) رسوم توضيحية لأهم عمليات التعميم الخرائطي (Jabeur, 2006)

الدراسات السابقة

- **دراسة (Gulgen, & Gokgoz, 2008)** : تقوم هذه الدراسة المعنونة «اختيار الطرق من أجل التعميم الكارتوغرافي» على اقتراح طريقة محددة لكيفية اختيار الطرق عند إجراء التعميم الخرائطي، وذلك بالاعتماد على المقارنة بين المساحة (السوداء / البيضاء) على الخريطة الجديدة والمصدرية . وقد تم في هذه الدراسة إجراء تطبيق الاختيار المذكور على خريطتين جديدتين مقياس من خريطة مصدرية مقياس1:5 000 000، 1:10 000 000 من خريطة مصدرية مقياس 1: 250 000ورغم أن النتائج التي توصل إليها الباحثان في هذه الدراسة كانت موفقة، إلا أنهما لم يأخذا بعين الاعتبار باقي العوامل الفاعلة في عملية الاختيار مثل : الترميز، الكثافة، طول الطريق .

- **دراسة (Edwardes, & Mackaness, 2000) :** استندت هذه الدراسة المعنونة (التعميم الواعي لشبكة الشوارع الحضرية) على دراسة الباحثان توملسون و ريتشاردسون اللذان طورا تقنية ترتيب أهمية الطرق على أساس استمرارية الشبكة، مع إجراء التحسين عليها . وقد اعتمدت هذه الدراسة على تصنيف الطرق وفق عدد من العوامل أهمها : استمرارية الشبكة، الربط بينها، الاتصال مع المدن المجاورة، الطول، الدلالة. وقد توصلت الدراسة إلى نتائج جيدة من جهة الصورة المرئية

الجيدة والمترابطة لبنية شبكة الطرق. وقد تم التطبيق على خريطتين مقياس1:5 000و 1:50 000. وبالرغم من توصل هذه الدراسة إلى نتائج مرئية جيدة لشبكة الطرق على الخريطة إلا أنها أهملت حجم الطرق، التي سوف تحذف من الشبكة، وبالتالي أهملت عنصر المقارنة بين محتوى الخريطة الجديدة المعممة والخريطة المصدرية.

- **دراسة (Bugaevsky, & Podolskaya, 2004)**: يقوم مبدأ هذه الدراسة على: أولاً: تقسيم مساحة الخريطة إلى خلايا (مربعات صغيرة)، وذلك بناءً على أنماط توزيع المعالم المرسومة عليها . ثانياً: تحديد نوع العلاقة الرياضية التي تربط بين معالم الخريطتين. وقد تم إجراء مثال تطبيقي على خريطتين طبوغرافيتين عامتين مقياس 1:200 000و1:500 000حيث تم أولا تقسيم مساحة كلا الخريطتين إلى خلايا، ثم أجريت حسابات الكثافة، والتردد، والطول نسبة إلى مساحة هذه الخلايا، بعد ذلك تم تحديد العلاقات الرياضية لهذه القيم بين عناصر محتوى الخريطتين، وبناء على ذلك تم تحديد درجة التعميم لكل عنصر وخلية .

- **دراسة (Chaudhry & Mackaness, 2005)**: عرضت هذه الدراسة إطاراً على أساس الإدراك البصري، الذي يستخدم السمات الدنيا لتعميم كامل شبكة الطرق (الطرق الريفية والحضرية) على الخريطة، وذلك على نطاق كبير من التغيير في مقياس الرسم، دون المرور تدريجياً بمقاييس متتابعة . وقد اعتمدت هذه الدراسة على طريقة (Thomsonand Richardson, 1999)، التي نصت على تجميع أجزاء الطرق المستمرة أو التي تبدو أنها مستمرة بصرياً في سلسلة من أجزاء الطرق. وقد نفذت الدراسة على خمس مراحل: خصصت المرحلتان الأولى والثانية لمعالجة وتدعيم قاعدة البيانات الخاصة بشبكة الطرق، لتشكل الأساس لعملية الاختيار، في المرحلة الثالثة تم تنفيذ عملية اختيار الطرق، وخصصت المرحلة الرابعة لفحص عقد الوصل

بين أجزاء الطرق، وخصصت المرحلة الأخيرة لمناقشة كل مرحلة على حدى، وتقييم النتائج . وقد توصلت الدراسة إلى اقتراح نموذج يقوم على الإدراك البصري لاختيار وتجميع ومحي أجزاء الخطوط داخل شبكة الطرق، بالاعتماد على أطوال أجزاء هذه الخطوط، لترتيبها حسب الأهمية . ومن مآخذ هذه الدراسة أنها اعتمدت على الإدراك البصري الذي من الصعب قياسه مادياً في عملية رياضية معقدة مثل التعميم الخطي .

المنهجية Methodology:

رغم أن التعميم يعتبر عملية معقدة ومتشعبة، تم القيام بالعديد من الدراسات في هذا المجال على مستوى العالم، أما في عالمنا العربي فهي قليلة جداً لا تكاد تذكر. والتعميم بحد ذاته عملية مركبة، تشتمل على مجموعة واسعة من العلاقات الترابطية بين المنطقة الجغرافية والتنوع الكبير في الخرائط، التي تعتبر التمثيل الحقيقي له. وثمة رأي آخر يقول أن التعميم الخرائطي هو مجموعة محددة ومركبة من العمليات، التي تستند في المقام الأول على المنطق، الذي ينعكس في تصميم ورسم الخريطة، وهذا بدوره يجعل من الممكن القيام بالتصور والتفسير الصحيحين لمحتوى الخريطة (Wiezlaw, 2004) . والجدير بالذكر أن عملية التعميم يجب أن تكون تدريجية بين المقاييس، هذا يعني أنه عندما تتغير مقاييس الخرائط بشكل تدريجي، يجب أن يصاحبه تغير تدريجي أيضاً في محتوى الخرائط (Miao & Clader, 2013) .

تشتمل عملية التعميم الخرائطي على ثلاثة أنواع من التعميم هي: التعميم النقطي للمعالم، التعميم الخطي، التعميم المساحي، ولكل من هذه الأنواع مبادئ ونماذج تقوم عليها، فتعميم شبكة الطرق مثلاً، والذي يتبع للتعميم الخطي يمكن أن يقوم على المبادئ: خوارزمية أقصر طريق، خوارزمية الحد الأدنى لامتداد شجرة الطرق، تخفيض عدد العقد في الخطوط بواسطة الدمج، حذف الأقواس(Isak-2005 Bjorke& sen). اقترح (Nickerson, 1988) ثلاث مراحل

لإجراء عملية التعميم الخطي هي: حذف العناصر (الخطوط)، تبسيط الخطوط، الكشف عن أماكن الكثافة المرتفعة للخطوط وحلها . وعند إجراء عملية التعميم لشبكة الطرق لا بد من الأخذ بعين الاعتبار الخصائص التالية: الطبوغرافية (ربط الطرق ببعضها البعض)، أطوال الطرق وانحناءاتها، الهرمية (الانتقال من الطرق الرئيسية إلى الفرعية).

بنيت المنهجية المطبقة في هذا البحث على العوامل التالية :

الاختيار الكمي للطرق: حيث يقوم الاختيار الكمي للطرق على عاملين رئيسيين هما :

- طول الطريق
- المسافة الدنيا بين الطرق

وهذان الأمران مكملان لبعضهما البعض، وفي كثير من الأحيان يمكن أن ينوب أحدهما عن الآخر، ومن المعروف أن شبكة الطرق في المدن التي تسهل حركة المرور في المدينة، تشبه كثيراً الشبكة المائية (الأنهار وفروعها)، وشبكة الأوعية الدموية في جسم الإنسان، حيث تكون هذه الشبكات مبنية هرمياً من الأكبر (الرئيس) إلى الأصغر، ثم الأصغر، بالتوافق مع تناقص المسافة تدريجيا بينها. واختيار الطرق نسبة إلى عامل الطول يتحدد عادة بكمية العناصر المحذوفة أو نسبتها، وهو يختلف من شبكة إلى أخرى حسب طبيعة الشبكة وتعقيداتها، أما تحديد المسافة الدنيا بين الطرق فيحكمه عادة تعقيدات شبكة الطرق، ومقياس الخريطة، ونسبة اللون الأسود إلى الأبيض على الخريطة، وغيرها من العوامل . وفي هذه الدراسة تم تحديد المسافة الدنيا بين الطرق بأن تساوي 1مم وهي المسافة الكافية لتمييز الطرق عن بعضها البعض على الخريطة بشكل واضح، وبسماكة واضحة، وقد تم تحديد هذه المسافة بناءً على رأي , (Salishev, 1990) الذي يقول أنه في أقصى الحالات يمكن رسم أربع خطوط في 1 مم . وبالنسبة لطول الطريق تم استخدام

قانون توبفر (Topfer & Pillewizer, 1966)، الذي عادة ما يطبق عند إجراء عملية التعميم الخطي لخريطة ما، اعتماداً على خريطة مصدرية أخرى.

الاختيار النوعي للطرق (الأهمية): يقوم مبدأ الاختيار النوعي للطرق على الأهمية النسبية للطرق، وقد تم في هذه الدراسة تقدير الأهمية النسبية، وتصنيف الطرق وفقاً للعوامل التالية :

- الاستمرارية (امتداد لطريق): وتعني أن هذا الطريق يعتبر امتداد لطريق آخر، وتساعد هذه الميزة في توضيح الشكل العام لاستمرارية الطرق ضمن الشبكة، وتظهر ترابطها.

- الوصل بين طريقين: تعتبر هذه الميزة من الميزات المهمة للطرق، حيث تعطي هذه الميزة لبعض الطرق خاصية إضافية مهمة عن غيرها من الطرق، ألا وهي الوصل بين الطرق، وخاصة الرئيسية، وبالتالي تساعد على وصل الشبكة ببعضها البعض بشكل جيد .

- المركزية: وتعني هذه الميزة وقوع الطريق في وسط (مركز) مجموعة من الطرق، بحيث تجعله يتفوق عن غيره من الطرق بالوصل الوسط بين الطرق .

دور الكارتوغرافي معمم الخريطة: للكارتوغرافي دور مهم وأساسي في عملية التعميم الخرائطي، وذلك بسبب الطبيعة المعقدة والمركبة للتعميم الخرائطي، كما تم ذكره آنفاً، واعتمادها على معايير كثيرة ومتنوعة، يصعب التحكم بها، وتوجيهها إلى الطريق الصحيح بدون التدخل المباشر للكارتوغرافي في المراقبة، والتقييم، والتقويم، ووضع اللمسات النهائية لعملية تعميم الخريطة. يستخدم الكارتوغرافي عادة في عملية التعميم الخرائطي: مهارته، وخبرته، وعامل الإدراك البصري . وفي هذه الدراسة تم مراقبة وتقييم جوانب متنوعة لشبكة الطرق المعممة منها : مدى تناسب درجة التعميم للطرق، وضوح الطرق، كثافة الطرق، مدى حفاظ شبكة

الطرق المعممة على الملامح العامة وخصائص شبكة الطرق الأصلية، وغيرها من الجوانب التي تم ملاحظتها من خلال الإدراك البصري لشبكة الطرق المعممة، واتخاذ الإجراءات التقويمية اللازمة لها.

تطبيق عمليات الدمج والإزاحة: تم تطبيق عمليات الدمج والإزاحة على الطرق التي اقتربت من بعضها البعض، لمسافة أقل من (١ مم) على الخريطة المختارة كأساس لعملية التعميم، أنظر الشكل رقم (١٠)، وذلك للحفاظ على الرؤية الواضحة لشبكة الطرق على الخريطة.

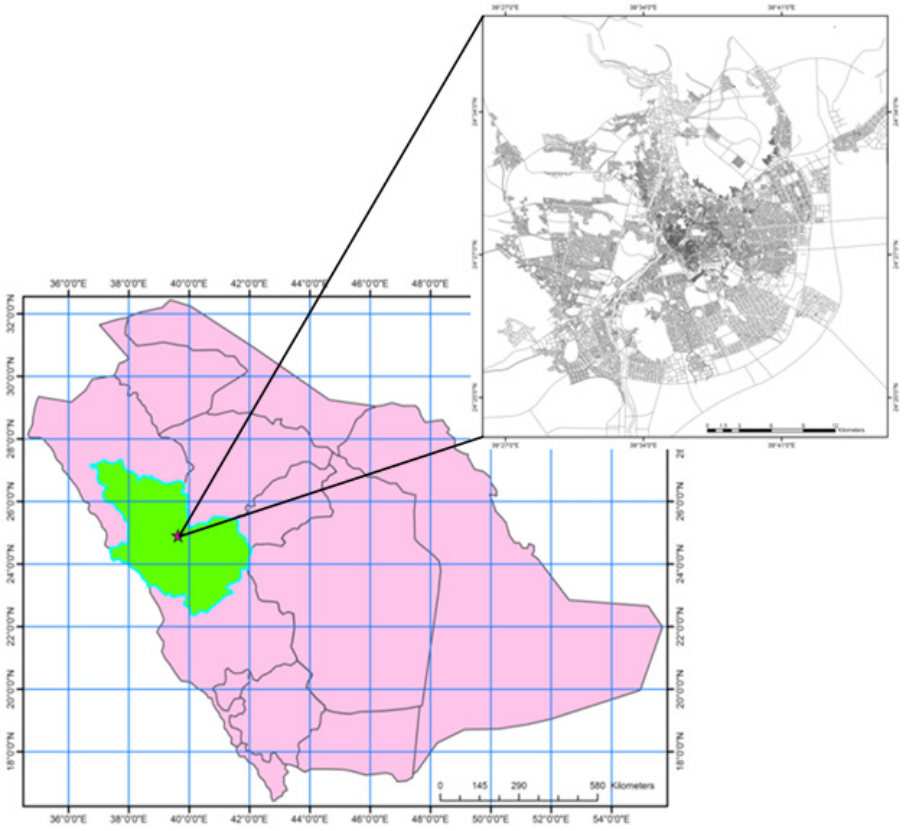
دراسة حالة / منطقة الدراسة (المدينة المنورة) :

تقع المدينة المنورة في وسط المنطقة الغربية من المملكة العربية السعودية، على خط طول ٣٩° درجة و ٣٦َ دقيقة، ودائرة عرض ٢٤° درجة و ٢٨َ دقيقة، أنظر الشكل رقم (٣) ، وترتفع عن سطح البحر ٦٢٥ متراً تقريباً، وتقوم المدينة المنورة فوق بقعة خصبة رسوبية التكوين تحيط بها الحرات من جهاتها الثلاث: الشرقية (حرة واقم)، والجنوبية (حرة شوران)، والغربية (حرة الوبرة)، ويحدها جبل أحد من الشمال، وجبل عير في الجنوب الغربي، أنظر الشكل رقم (٤) ، ويخترق المدينة المنورة عدد من الأودية، أهمها: وادي العقيق، وادي رانوناء، وادي بطحان، وادي مذينيب.

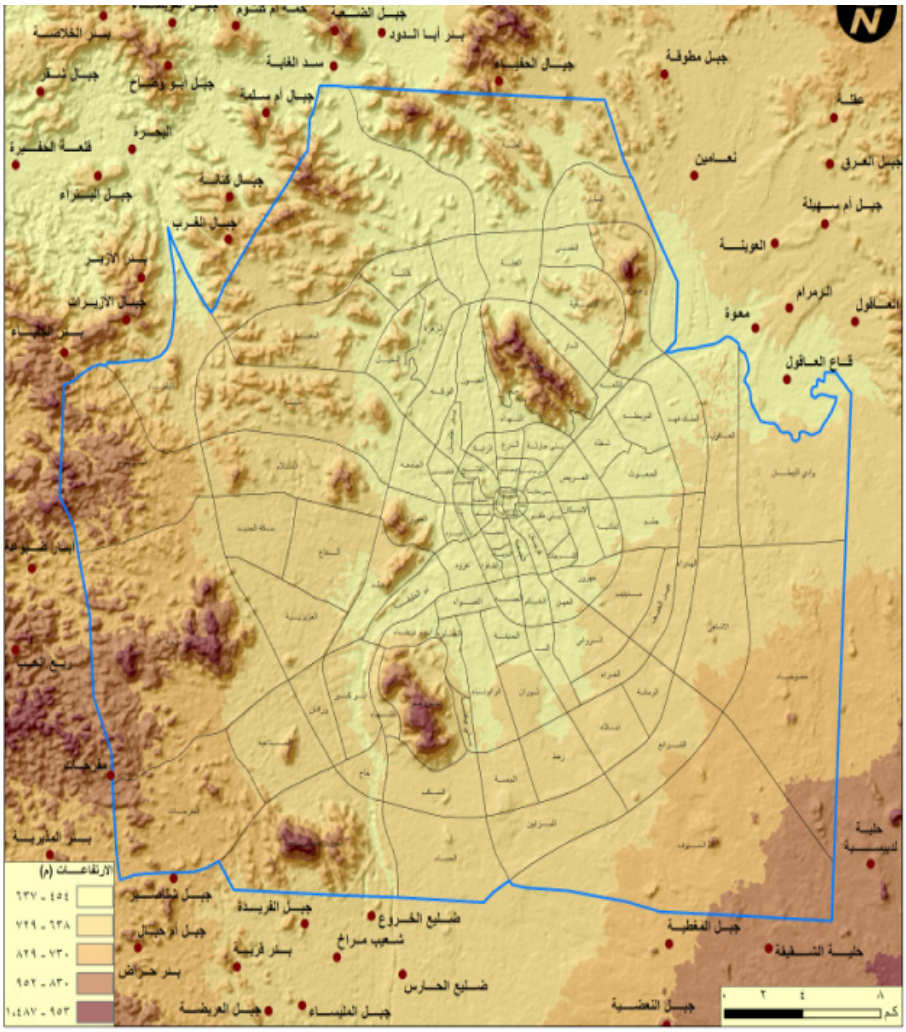
ظهرت المدينة المنورة تاريخياً كمركز عمراني قبل الهجرة النبوية بأكثر من ١٥٠٠ عام، وعرفت قبل ظهور الإسلام باسم «يثرب» ولقد كان وراء ظهورها وتطورها عدد من العوامل الطبيعية والبشرية منها: موقعها في وسط واحة واسعة، تتوفر فيها الموارد المائية، والتربة الخصبة، والأشجار والزراعات المختلفة، كما ساعدها بذلك أيضاً موقعها الجغرافي الهام على طريق القوافل التجاري الدولي القديم (البخور)، والذي كان يربط جنوب الجزيرة العربية ببلاد الشام ومصر، بالإضافة

إلى أهمية هذا الموقع داخلياً، حيث يقع في عقدة طرق المواصلات التي تربطها بأهم المدن السعودية.

وبعد هجرة الرسول صلى الله عليه وسلم إلى المدينة عام ٦٢٢ م. أخذ شكلها العام يتميز بالتمركز حول المسجد النبوي الشريف، الذي أصبح يمثل قلب المدينة العمراني، ومن حوله أخذت تنشأ المساكن والأسواق والدوائر الدينية والحكومية، وذلك لأن الرسول صلى الله عليه وسلم جعلها مقراً له، وفيما بعد تطورت ونمت أكثر لأنها صارت العاصمة الفتية للدولة الإسلامية مترامية الأطراف . بلغ عدد سكان المدينة المنورة في آخر فترة قبل الإسلام ما بين ١٢ و١٥ ألف نسمة، ولما هاجر المسلمون الأوائل إليها من مكة المكرمة ازداد بالطبع عدد سكانها، إذ بلغ عند وفاة النبي صلى الله عليه وآله وسلم حوالي ٣٠٠٠٠ ألف نسمة . وفي عهد الخلفاء الراشدين، وبسبب الفتوحات الإسلامية نقص عدد سكانها إلى بضعة آلاف نسمة، ومن ثم تابع عدد سكانها بالتناقص فيما بعد في العهد الأموي والعباسي، وذلك بسبب انتقال عاصمة الدولة الإسلامية إلى دمشق وبغداد . ومع بداية العهد العثماني ازداد عدد سكان المدينة ووصل في القرن الثالث عشر الهجري إلى عشرين ألف نسمة تقريباً، ومن ثم وصل إلى ٨٠٠٠٠ نسمة في العام ١٩٠٨ م. بسبب مد الخط الحجازي وهجرة الكثير من أهالي تركيا وبلاد الشام إليها، لكنه عاد وانخفض بعد الحرب العالمية الأولى والثانية ليصبح في العام ١٩٥٩ حوالي ٤٠ ألف نسمة (مكي، ١٤٠٥ هـ). ومع اكتشاف البترول والبدء باستخراجه في المملكة العربية السعودية، انعكس ذلك على نمو المدن السعودية كافة وازدياد عدد سكانها بشكل كبير، حيث تضاعف عدد سكان المدينة المنورة عدة مرات خلال العقود الأربعة الأخيرة، وزاد عدد سكانها الان عن المليون نسمة . وبالتوازي مع ذلك زادت مساحة المدينة المنورة لتصبح (٥٨٩) كيلو متر مربع، منها (٢٩٣) كيلو متر مربع تشغلها المنطقة العمرانية بالمدينة المنورة، مع شبكة كبيرة ومعقدة من الطرق.



الشكل رقم (٣) الموقع الجغرافي للمدينة المنورة ومنطقتها



الشكل رقم (٤) خريطة تضاريسية للمدينة المنورة (المصدر: أمانة المدينة المنورة)

تقوم هذه الدراسة على إنتاج خريطة جديدة معممة مقياس ١:٥٠٠٠٠ لشبكة الطرق في المدينة المنورة، اعتماداً على خريطة مصدرية مقياس ١:٢٠٠٠٠ ، أنظر الشكل رقم (٥) . لتنفيذ عملية التعميم هذه تم أولاً حساب مجموع أطوال الطرق على الخريطة المصدرية ١:٢٠٠٠٠، وقد بلغ (٦٣٢٢ كيلومتر)، ثم وباتخاذ عامل طول الطريق كأساس لإجراء عملية اختيار الطرق على الخريطة المعممة، تم وباستخدام برنامج نظم

المعلومات الجغرافية تنفيذ عملية الاختيار Select ، على الشبكة الطرقية في الخريطة المصدرية، وذلك من أجل استخراج الخرائط المطلوبة وكانت على الشكل التالي :

أولاً: تم وفق قانون **Topfer & Pillewizer** حساب مجموع أطوال الطرق على الخريطة(١:٥٠ ٠٠٠)، وذلك اعتماداً على مجموع أطوال الطرق على الخريطة المصدرية (١:٢٠ ٠٠٠)، ومعادلته على الشكل التالي (Buttenfield et al., 2011) :

$$Length_{Target} = length_{source} * \sqrt{RF_{source} / RF_{target}}$$

حيث أن :Length Target هو مجموع أطوال الخطوط على الخريطة الهدف (الخريطة المعممة)

Length source هو مجموع أطوال الخطوط على الخريطة المصدرية (الأصل)

RF source هو مقام مقياس الخريطة المصدرية

RF target هو مقام مقياس الخريطة الهدف (الجديدة)

Length Target = 6322 * √ 20000/50000 = 3998 km.

أي أن الرقم التقريبي لطول شبكة الطرق على الخريطة الجديدة هو (3998 كم). وبناءً عليه تم باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية ARC GIS 10 لتنفيذ عملية الاختيار على الشبكة الطرقية في الخريطة

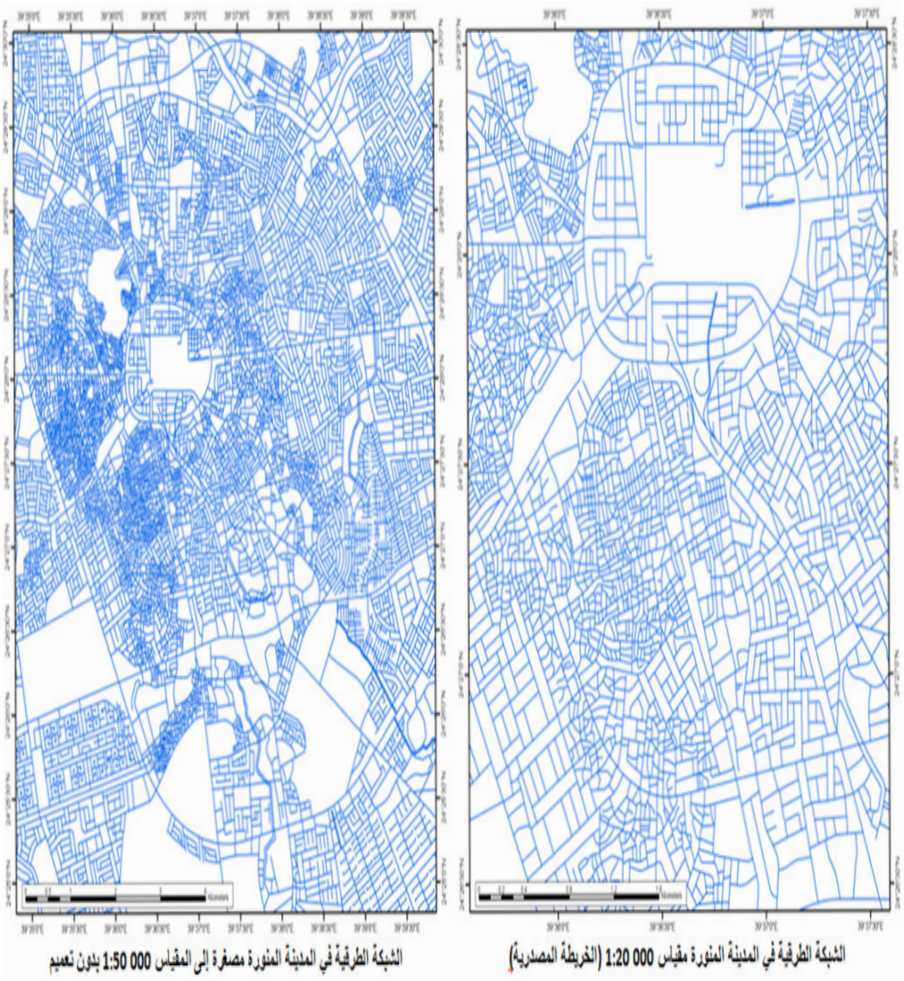
المصدرية عدة مرات، وذلك من أجل الحصول على رقم لمجموع أطوال الطرق، يكون قريباً من الرقم الذي حصلنا عليه آنفاً بتطبيق

قانون Topfer & Pillewizer ، وعلى هذا الأساس تم تحديد ثلاث خرائط لإجراء عملية التعميم عليها وهي:

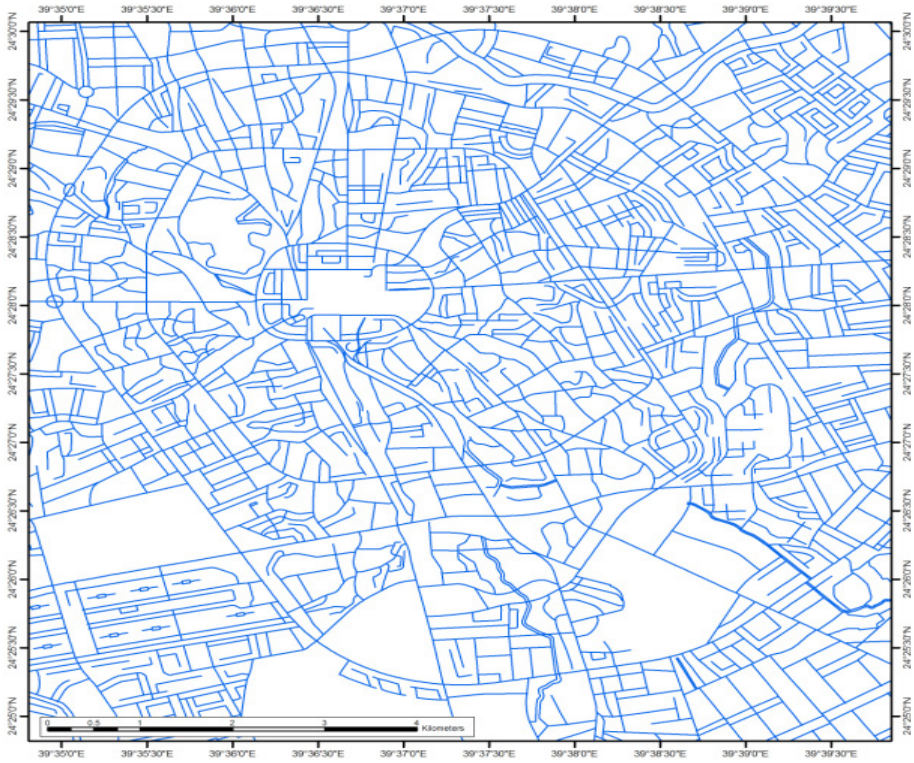
- الخريطة (١) تم استخراجها بناءً على (طول الطريق ≤ ٣٠٠ م.)، وقد بلغ مجموع الطرق عليها (٤٣٢١٠٠٠ م.)، بنسبة مئوية بلغت ٦٨٪ ، أنظر الشكل رقم (٦) .

- الخريطة (٢) تم استخراجها بناءً على (طول الطريق ≤ ٣٥٠ م.)، وقد بلغ مجموع الطرق عليها (٤٠٣٩٠٠٠ م.)، بنسبة مئوية بلغت ٦٤٪ ، أنظر الشكل رقم (٧) .

- الخريطة (٣) تم استخراجها بناءً على (طول الطريق ≤ ٤٠٠ م.)، وقد بلغ مجموع الطرق عليها (٣٧٩٨٠٠٠ م.)، بنسبة مئوية بلغت ٦٠٪ ، أنظر الشكل رقم (٨) .



الشكل رقم (٥) شكل شبكة الطرق على الخريطتين : المصدرية والجديدة غير المعممة



الشكل رقم (٦) شبكة الطرق معممة مبدئياً بطول ≤ ٣٠٠ م.

الشكل رقم (٧) شبكة الطرق معممة مبدئياً بطول ≤ ٣٥٠ م.

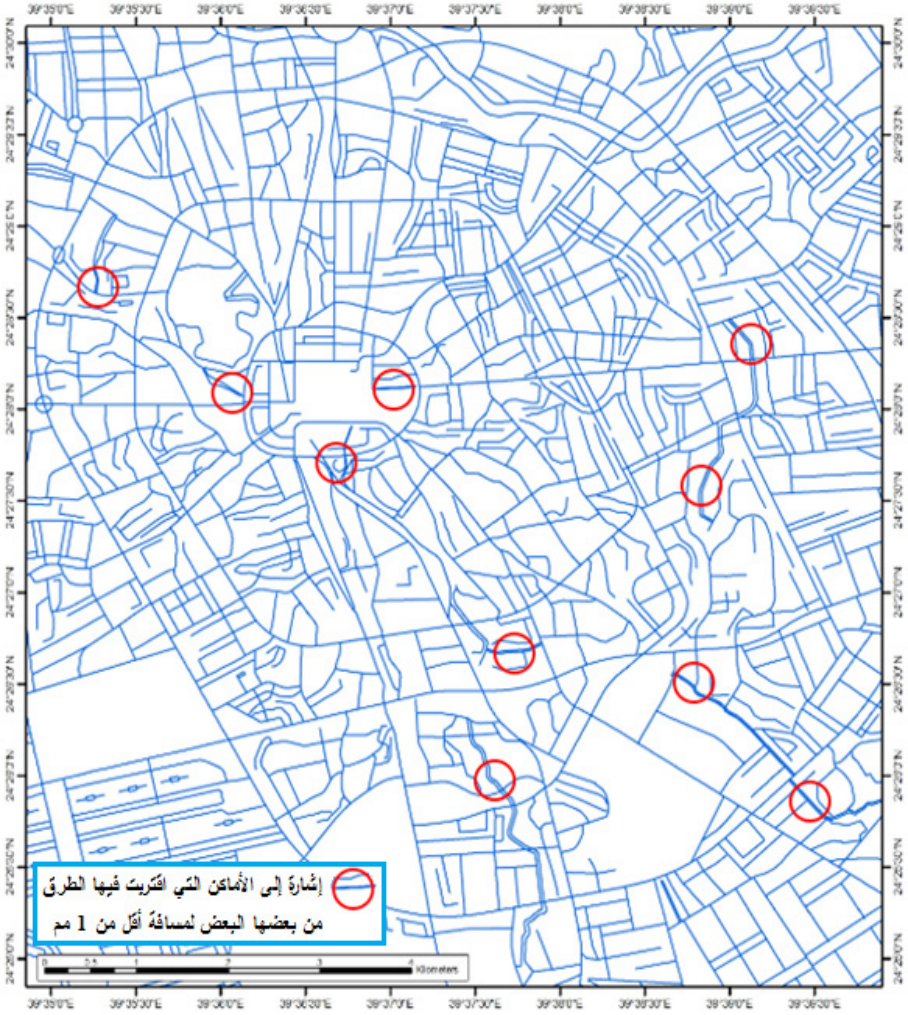
الشكل رقم (٨) شبكة الطرق معممة مبدئياً بطول ≤ ٤٠٠ م.

وبعد التدقيق في مجموع أطوال الطرق على الخرائط المستخرجة الأنفة الذكر، تبين أن أقرب خريطة من درجة التعميم الصحيحة هي الخريطة في الشكل رقم (٧) ، وذلك لأنها تتمتع بالصفات التالية : حافظت على الشكل العام لشبكة الطرق، قلة الطرق التي تقترب من بعضها البعض لأقل من ١ مم، كثافة الشبكة عليها متوسطة. وبناء عليه تم اعتماد هذه الخريطة كأساس لعملية التعميم الخرائطي التي ستجرى عليها، أما الخريطتين الأخريتين، أنظر الشكل رقم (٦، ٨) ، فسوف تستخدمان كخريطتين مساعدتين في عملية التعميم، ذلك لأن الخريطة الأولى (طول الطرق ≤ ٣٠٠ م.) تميزت بكثرة الطرق التي اقتربت من بعضها البعض لأقل من ١ مم، واحتوائها على تفاصيل كثيرة من الطرق الصغيرة قليلة الأهمية . أما الخريطة الثانية (طول الطرق ≤ ٤٠٠ م.) فهي على عكس الخريطة الأولى تميزت بالعموم وقلة التفاصيل، مما أدى إلى تخلخل في شبكة الطرق، وبالتالي فقدها لشكلها العام .

ثانياً: إجراء عملية الدمج والإزاحة للطرق التي اقتربت من بعضها البعض، أقل من المسافة الدنيا المحددة (١ مم) على الخريطة المختارة كأساس لعملية التعميم. وبعد التدقيق وجد على الخريطة (طول الطرق ≤ ٣٥٠ م.) عدة أماكن، اقتربت بها الطرق من بعضها البعض لمسافة أقل من ١ مم. أنظر الشكل رقم (١٠).

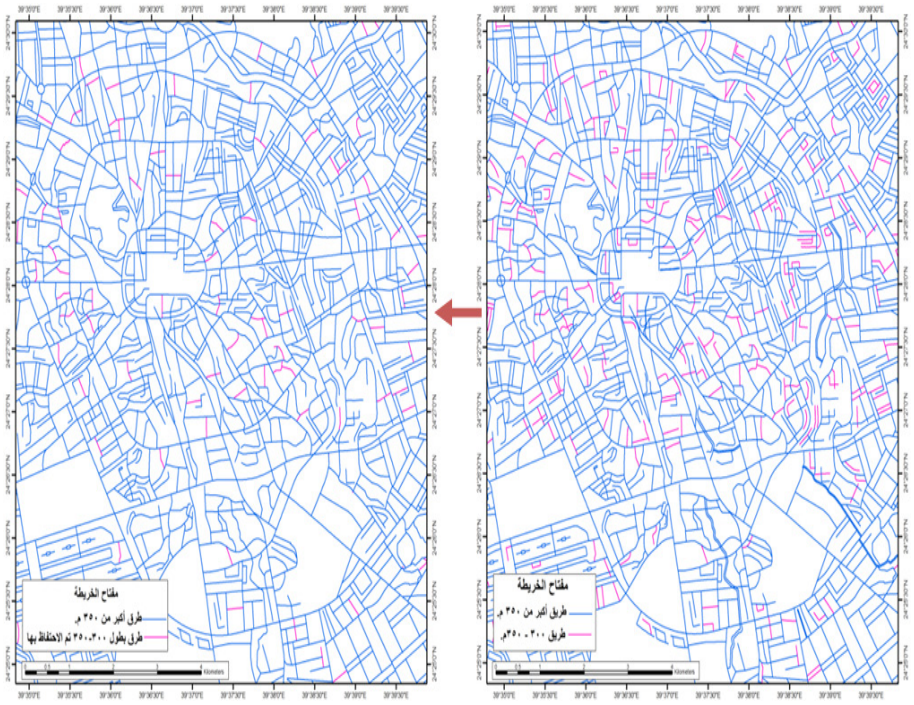
ثالثاً: ثم إجراء عملية الاختيار النوعي للطرق وفق طول الطريق (٣٠٠ - ٣٥٠ م)، وذلك من أجل إعادة الطرق المهمة منها، أي اختيارها وإضافتها إلى الخريطة (طول الطرق ≤ ٣٥٠ م.) ، التي اختيرت كأساس لعملية التعميم، وذلك وفق عوامل الاختيار النوعي التي تم ذكرها آنفاً في المنهجية، وهي الاستمرارية، والوصل بين طريقين، والمركزية، أنظر الشكل رقم (١١) .

الشكل رقم (٩) الخريطة المعممة مبدئياً بطول الطرق ≤ ٣٥٠ م.



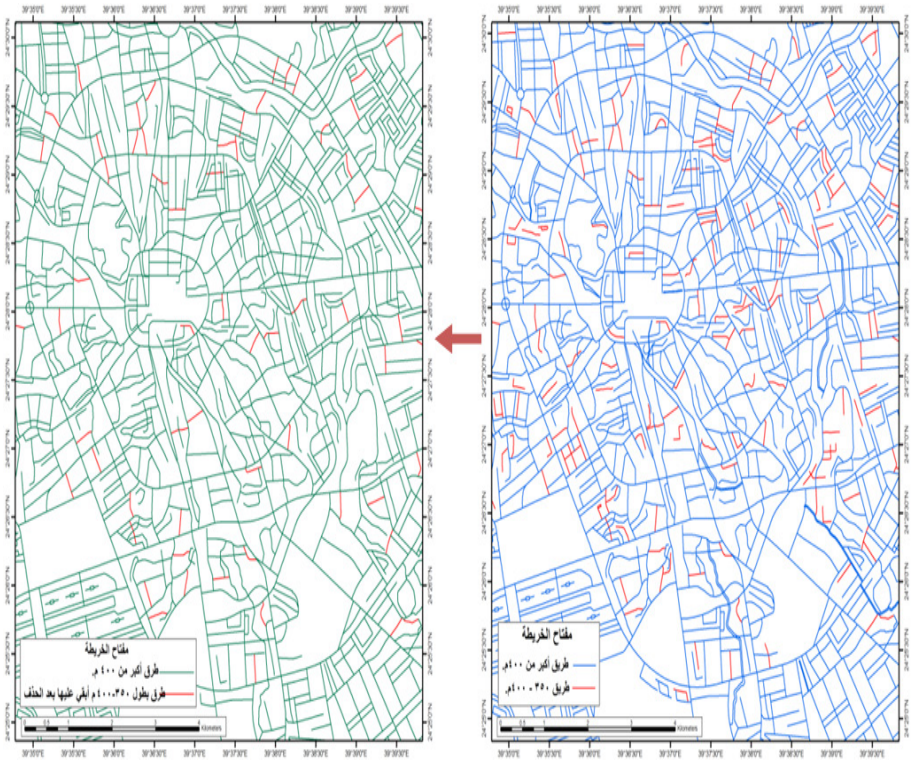
الشكل رقم (١٠) خريطة توضح الأماكن التي اقتربت فيها الطرق من بعضها البعض لمسافة أقل من ١ مم.

رابعاً: كذلك تم إجراء عملية الاختيار النوعي للطرق من ضمن مجموعة الطرق التي يتراوح طولها من ٣٥٠ إلى ٤٠٠ م ، وذلك من أجل حذف الطرق غير المهمة من على الخريطة الهدف رقم (٢)، والإبقاء فقط على الطرق المهمة منها، أنظر الشكل رقم (٨) .

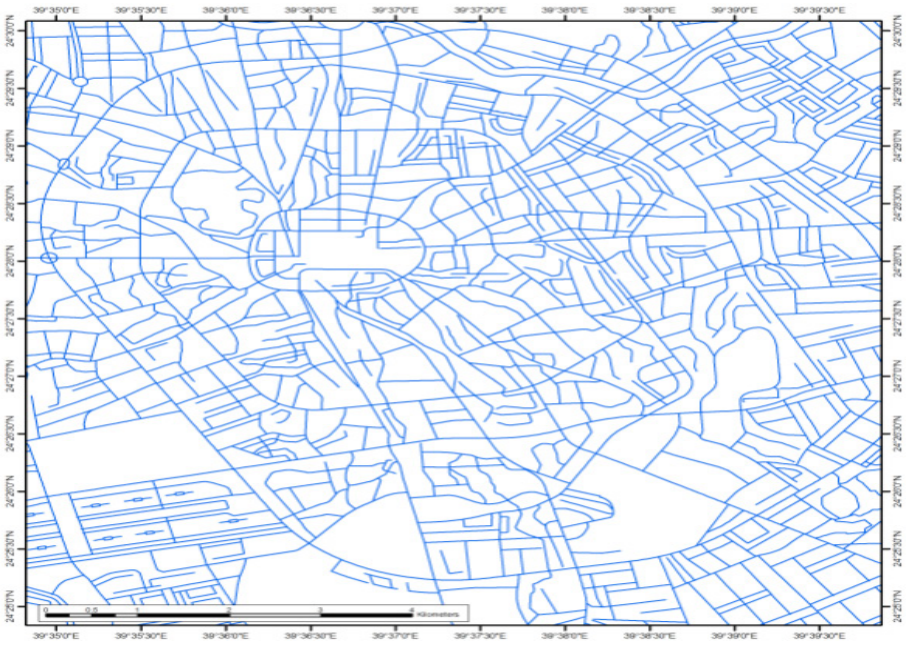


الشكل رقم (١١) الحفاظ على الطرق المهمة من ضمن مجموعة الطرق التي هي بطول ٣٠٠ - ٣٥٠ على الخريطة الهدف

خامساً: إخراج الخريطة المعممة الجديدة لشبكة الطرق في المدينة المنورة، على الخريطة ذات المقياس١:٥٠ ٠٠٠ ، بصورتها النهائية ، أنظر الشكل رقم (١٣) .



الشكل رقم (١٢) حذف الطرق غير المهمة من ضمن مجموعة الطرق التي هي بطول ٣٥٠ – ٤٠٠ م. على الخريطة الهدف



الشـكل رقـم (١٣) الخريطـة المعممـة النهائيـة لشـبكة الطـرق داخـل المدينـة المنـورة، بمقيـاس ١:٥٠ ٠٠٠

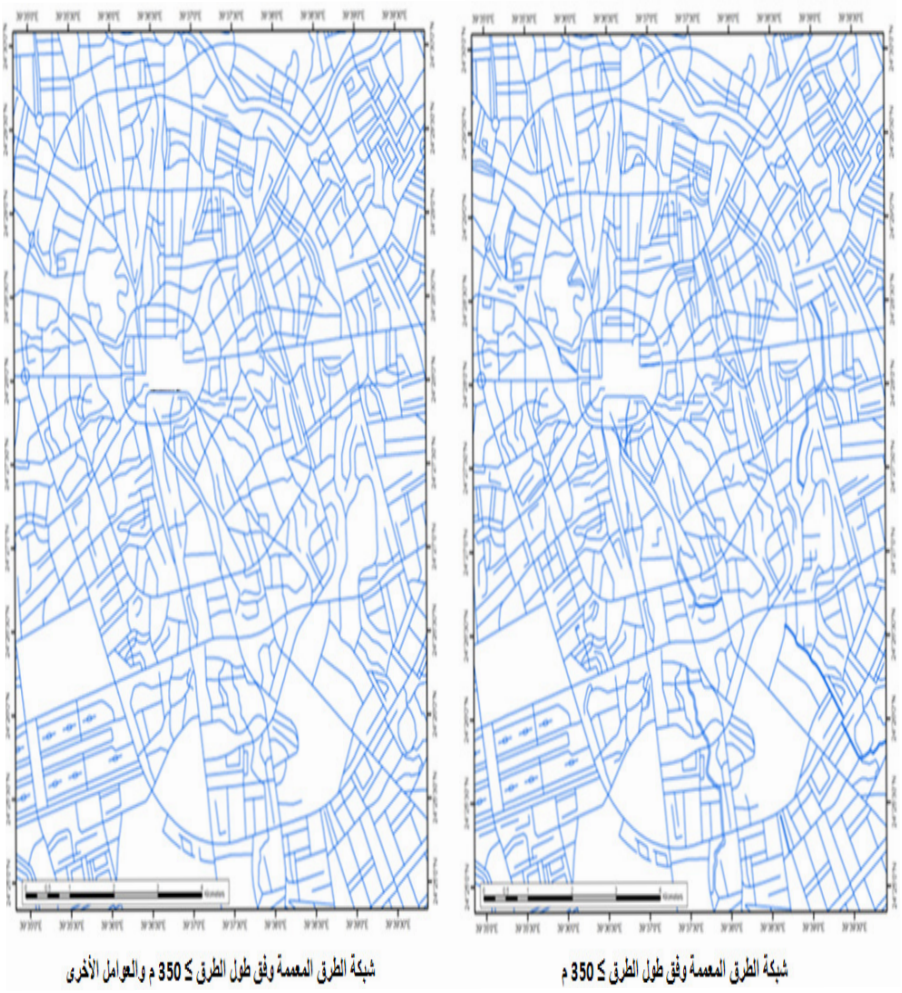
النتائج Results:

يعتبر التعميم بمثابة عملية خرائطية ضرورية، وحتمية عند تصميم وإنتاج أي خريطة جديدة، سواء بالاعتماد على بيانات موجودة على خرائط أكبر مقياساً، أو من خلال الحصول على بيانات جديدة، ميدانية أو عن طريق الاستشعار عن بعد . وعملية التعميم الخرائطي هي بالأصل عملية شاقة ومعقدة ومركبة، يؤثر على تطبيقها العديد من العوامل، سواء الكمية (الرياضية) أو النوعية، أو الإدراك البصري، أو غيرها . وأساس عملية التعميم هو الانتقاء Selection ، الذي إذا ما تم بشكل سليم تمت كامل عملية التعميم الخرائطي بشكل صحيح، ورغم تركز العديد من الدراسات في الآونة الأخيرة باللغة الإنجليزية على هذه العملية الحيوية، إلا أن التوصل إلى قوانين صارمة، تحدد آلية تطبيق هذه العملية يحتاج إلى مزيد من الدراسات .

من خلال هذه الدراسة تبين أن عملية تعميم شبكة الطرق داخل المدن، مهمة ليست بالسهلة، نظراً لتعقيداتها المكانية وغير التخطيطية، التي ظهرت بشكل جلي في الأحياء القديمة من المدينة المنورة، حيث العديد من الطرق غير مكتملة، وغير مترابطة، ومغلقة، وقصيرة، مما انعكس على خلخلة في الشبكة أثناء عملية التعميم . ورغم محاولة الباحث الحصول على نموذج جيد ومتكامل لعملية تعميم شبكة الطرق في المدينة المنورة، إلا أنه كان للعوائق التي تم ذكرها بصمة سالبة حالت دون ذلك . وبناء عليه توصي هذه الدراسة بالآتي : ١) ضرورة ربط كامل الطرق ببعضها البعض كأغصان الشجرة، ضرورة إيجاد تصنيف دقيق للطرق داخل المدينة المنورة من قبل الجهات المسؤولة، يسهل عملية التعميم. ٢) إكمال استمرارية الطرق الرئيسية وعدم تجزأتها. ٣) الأخذ بعين الاعتبار في عملية التعميم بعوامل كمية أخرى مثل: الحمولة الطرقية، عرض الطرق، درجة تصنيف الطريق، الكثافة الطرقية.

المناقشة Discussion:

بينت هذه الدراسة بأن الاعتماد فقط على عوامل التعميم الكمي والنوعي لا يكفي لإنجاز عملية تعميم دقيقة وسليمة لشبكة الطرق في المدينة، وذلك بسبب خصوصية هذه الشبكة وتعقيداتها، وإنما لا بد من اللمسات النهائية التقويمية للكارتوغرافي، والتي انحصرت في الجوانب التالية : التدقيق في مدى تناسب درجة التعميم للطرق مع المقياس، التدقيق في توازن درجة التعميم على كامل شبكة الطرق، مدى وضوح شبكة الطرق، وكثافتها على الخريطة. والهدف النهائي من وراء هذا التدخل للكارتوغرافي هو حفاظ الخريطة الجديدة المعممة على الملامح العامة، وخصائص شبكة الطرق الأصلية، والذي يعتبر الحجر الأساس في كل عملية تعميم تجرى، والفرق واضح من خلال المقارنة بين الخريطتين: الأولى عممت فقط بالاعتماد على العوامل الكمية، والثانية التي عممت اعتماداً على كافة العوامل، بما فيها لمسات الكارتوغرافي، أنظر الشكل رقم (١٤) .



الشكل رقم (١٤) المقارنة بين الخريطتين: الأولى وقد عمت فقط بالاعتماد على العوامل الكمية، والثانية عممت اعتماداً على كافة العوامل .

المراجع References:

1. Berliant, A. M., (2002), Cartography, Aspect Press, Moscow.

2. Bjorke, J.T. and Isaksen E., (2005), Map generalization of road networks: Case study from Norwegian small scale maps. In: Proceedings XXII International cartographic Conference, A Coruna, Spain.16.

3. Bugaevsky, L. M. & Podolskaya, E. S., (2004), Methods cartographic generalization Settlements , hydrography and road network at the Review-topographic maps, Geodezy & Cartography Jurnal, N1, P 84-97, MIIGAik, Moscow.

4. Buttenfield, B. P., Stanislawski, L. V., Brewer, C. A., (2011), Adapting Generalization Tools to Physiographic Diversity for the United States National Hydrography Dataset, Cartography and Geographic Information Science, Vol. 38, No. 3, 2011, pp. 289-301.

5. Chaudhry, O. & Mackaness, W., (2005), Rural and Urban Road Network Generalization ,Deriving 1:250,000 from OS MasterMap.

6. Dic. Academic Rus (http://dic.academic.ru/)

7. Edwardes, A. & Mackaness, W., (2000), Intelligent Road Network Simplification in Urban Areas.

8. ESRI, 1996, Automation of Map Generalization: The Cutting-Edge Technology, ESRI, White Paper Series 12 P.

9. Gulgen, F., & Gokgoz, T., (2008), Selection of Roads for Cartographic Generalization. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B4., (pp. 615-619). Beijing.

10. Jabeur, N., (2006), A multi-agent system for on-the-fly web map generation and spatial conflict resolution, University of Laval, Quebec.

11. Li Z.L., Yan H.W., Ai T.H., and Chen, J., 2004. Automated building generalization based on urban morphology and gestalt theory. International Journal of Geographical Information Science, Volume 18, Issue 5.

12. Miao, D. & Calder, B., (2013), “Gradual Generalization of Nautical Chart Contours with a Cube B-Spline Snake Model”, *Center for Coastal and Ocean Mapping,* Paper 863. (http://scholars.unh.edu/ccom/863).

13. Nakos, B. The Problem of Cartographic Generalization in the Context of Fracs tal Geometry.

14. Nickerson, B.G., (1988), Automated cartographic generalization for linear features. Cartographica, 25(3), pp. 15-66.

15. Robinson, A, H., & others, (1995), Elements Of Cartography 6th Edition, Published by Wiley, ISBN 10: 0471555797 / ISBN 13: 9780471555797 .

16. Salishev, K. A., (1990), Introduction to Cartography, MGU, Moscow.

17. Shea, K. S., (1988), Cartographic Generalization. NOAA Technical Report NOS 127 CGS 12 . Reston, Virginia, United States of America: US Department of Commerce.

18. Topfer, F. and Pillewizer, W. (1966), The Principles of Selection. The Cartographic Journal, 3, 10-16. http://dx.doi.org/10.1179/caj.1966.3.1.10

19. USGS. (2009, October 22). Data Availability. Retrieved October 28, 2009, from National Hydrography Dataset: http://nhd.usgs.gov/data.html.