التقنيات المعلوماتية الحديثة ودورها في دقة وفاعلية التمثيل المكاني لخرائط خطوط التساوي

"دراسة مقارنة لخطوط التساوي القياسية والمضيئة"

إعـداد

د. أشرف إبراهيم حمودة

أستاذ مشارك قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية
كلية الآداب الامام عبد الرحمن بن فيصل

التقنيات المعلوماتية الحديثة ودورها في دقة وفاعلية التمثيل المكاني لخرائط خطوط التساوي

"دراسة مقارنة لخطوط التساوي القياسية والمضيئة"

د. أشرف إبراهيم حمودة (•)

ملخص:

تركز الدراسة الحالية على تصميم وتقييم فاعلية خرائط خطوط التساوي وتأثير بدائل التصميم الكارتوجرافي على دقة وفاعلية التمثيل الكارتوجرافي لهذه النوعية من الخرائط. وتقترح الدراسة الحالية بعض التحسينات على تصميم خرائط خطوط التساوي التي يمكن أن تزيد من دقتها وفاعليتها في توصيل المهام المختلفة التي تصمم من أجلها الخريطة من خلال مجموعة من البرامج النصية التي تعمل كملحقات إضافية مع برنامج ArcGIS10.6.1. ولتحقيق أهداف الدراسة أجريت مجموعة من الاختبارات على عينة من مستخدمي الخرائط ينجزون بعض المهام التي تصمم من أجلها الخريطة بهدف مقارنة فاعلية الأنواع المختلفة لخرائط خطوط التساوي. وتشير النتائج إلى أن قراء الخريطة يمكن التمييز بين الاختلافات في القيم النسبية بصورة أفضل وأسرع مع خطوط التساوي المضيئة مع وجود أو غياب قيم خطوط التساوي والتدرج اللوني طبقا لهذه القيم، بينما انخفضت الفاعلية بدرجة كبيرة مع خطوط التساوي القياسية خاصة مع غياب قيم خطوط التساوي والتدرج اللوني، كما أسفرت نتائج الدراسة أن خرائط خطوط التساوي المضيئة حققت أعلى درجات الفاعلية في مهمة توصيل نمط التوزيع للظاهرة الممثلة على الخرائط خاصة مع تضمين عنصر التدرج اللوني في تصميم الخريطة.

كلمات مفتاحية : فاعلية التمثيل الكارتوجرافي، خطوط التساوي القياسية، خطوط التساوي المضيئة، خطوط التساوي المظللة، البرمجة النصية.

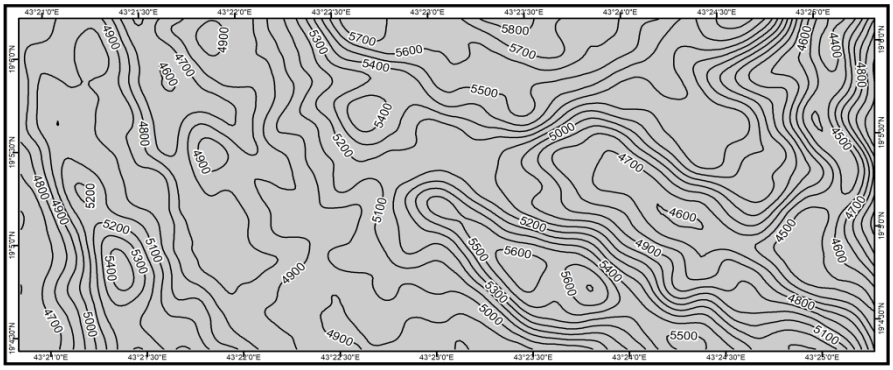
• أستاذ مشارك ، كلية الآداب ، جامعة الامام عبد الرحمن بن فيصل

مقدمة

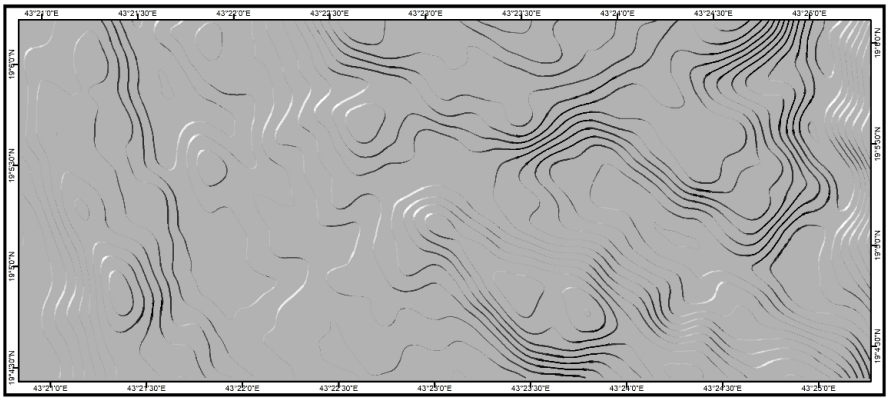
تستخدم خطوط التساوي في تمثيل الأسطح للبيانات المستمرة بواسطة خطوط تصل بين النقاط متساوية القيمة، ويشيع استخدامها في تمثيل خطوط الارتفاع المتساوي المعروفة بخطوط الكنتور Contour lines، إضافة إلى تمثيل السطوح الأخرى مثل الضغط الجوي، وكمية التساقط، إضافة إلى جودة الهواء، والكثافة السكانية. وقد أثبتت بعض الدراسات أن هناك العديد من المشاكل الإدراكية عند تفسير قارئ الخريطة لخرائط خطوط التساوي (Griffin and Lock, 1979,P.65). كما أن خرائط خطوط التساوي أقل فاعلية في نقل صورة ذهنية ثلاثية الأبعاد إلى ذهن قارئ الخريطة بالمقارنة مع غيرها من أساليب التمثيل الكارتوجرافي الأخرى مثل ظلال التضاريس Shaded Relief. ومع ذلك فإن إحدى المزايا الأساسية التي تتفوق فيها خرائط خطوط التساوي على ظلال التضاريس هي أنه يمكن للقارئ استنتاج القيم المطلقة والنسبية لمواقع محددة بصورة أدق من خريطة ظلال التضاريس (Imhof, 1982,P.120).

تقترح الدراسة الحالية أن طريقة خطوط التساوي المضيئة Illuminated Isopleth lines هي الأسلوب البديل الذي يمكن من خلاله تحسين مظهر البعد الثالث على خرائط خطوط التساوي من خلال تغيير سمك ولون الخط طبقا لزاوية الإضاءة. خطوط التساوي المضيئة غالبا ما تكون بيضاء على الجانب المضيء وسوداء على الجانب الواقع في الظل، وكذلك يختلف سمك خط التساوي حيث يكون أقل سمكا في زاوية الجانب العمودي على اتجاه الإضاءة. شكل (١) يمثل نموذج لخريطة خطوط تساوي قياسية تقليدية، بينما يوضح الشكل (٢) نموذج لخريطة خطوط تساوي مضيئة

شكل (١) نموذج لخريطة تساوي قياسية تقليدية



شكل (٢) نموذج لخريطة تساوي مضيئة



وبالرغم من أن تاريخ خطوط التساوي المضيئة يرجع إلى منتصف القرن التاسع عشر، الا أنها لم تنتشر بشكل كبير في الدراسات الكارتوجرافية، إضافة إلى ندرة الدراسات التي بحثت في تقييم فاعليتها مقارنة بطريقة خطوط التساوي القياسية، ويرجع ذلك إلى صعوبة تصميمها بالطرق التقليدية (MacEachren 2004, p. 147) إضافة إلى أن معظم برامج نظم المعلومات الجغرافية GIS وبرامج التصميم بمساعدة الحاسوب CAD لا تتوفر بها الأدوات التحليلية الخاصة بإعداد هذه النوعية من الخرائط، وبالتالي يتطلب إنشاؤها من خلال برامج نظم المعلومات العديد من الخطوات التي تستغرق وقتا طويلا (McGrath, 2009,P.62)، كما يرجع عدم انتشار استخدام خطوط التساوي المضيئة على نطاق واسع بين الكارتوجرافيين إلى عدم وجود أدلة كافية توثق المهام التحليلية لاستخدام هذه الأساليب.

الدراسات السابقة:

هناك ندرة شديدة في الدراسات المتعلقة بتصميم وتقييم فاعلية خرائط خطوط التساوي القياسية بصفة عامة وخرائط خطوط التساوي المضيئة بصفة خاصة، وقد أمكن للباحث الوقوف على بعض الدراسات الأجنبية التي تناولت البحث في تصميم وتقييم فاعلية خرائط خطوط التساوي القياسية بصفة عامة، وطرق تصميم خرائط خطوط التساوي المضيئة بالطرق التقليدية، وبعض الدراسات المتعلقة بطرق تصميم هذه النوعية من الخرائط باستخدام برامج التصميم بمساعدة الحاسوب CAD وبرامج نظم المعلومات الجغرافية GIS، ويمكن تقسيم تلك الدراسات إلى ثلاثة أقسام:

١. دراسات تتعلق بتصميم خرائط خطوط التساوي المضيئة بالطرق التقليدية.
٢. دراسات تتعلق بتصميم خرائط خطوط التساوي المضيئة ببرامج التصميم بمساعدة الحاسوب.
٣. دراسات متعلقة بالبحث في دقة وفاعلية خرائط خطوط التساوي.

أولا : دراسات تتعلق بتصميم خرائط خطوط التساوي المضيئة بالطرق التقليدية:

بالرغم من أن تاريخ ظهور خرائط خطوط التساوي المضيئة يرجع إلى منتصف القرن التاسع عشر، الا أنه تندر الدراسات التي بحثت في فهم وتفسير هذه النوعية من الخرائط، حيث تشير بعض الدراسات أن الاستخدام التاريخي لتصميم خطوط التساوي المضيئة اعتمد على التحكم في سمك الخط يدويا، حيث استخدم الكارتوجرافيون متغير سمك الخط اعتمادا على زاوية الرؤية على افتراض وجود مصدر للضوء. وبلا شك فإن عملية تصميم خرائط خطوط التساوي المضيئة بالطريقة اليدوية هي عملية شاقة ومعقدة إلى حد كبير (Tanaka, 1950,P.445). ونتيجة لعدم وجود معايير محددة تحدد في ضوئها فاعلية خرائط خطوط التساوي المضيئة، فقد تنوعت أساليب التصميم بشكل كبير، مما ترتب عليه ظهور خرائط بأشكال متنوعة لدرجة أنه في بعض الحالات يمكن أن تظهر خطوط التساوي المضيئة بشكل غير متناسق على الخريطة الواحدة.

وتعد دراسة **"تاناكا"** (Tanaka 1950) إحدى الدراسات الرائدة في هذا المجال فقد وضعت أسس وقواعد إنشاء خطوط التساوي المضيئة، حيث اعتمدت فكرة إنشائها على التحكم في سمك ولون الخط اعتمادا على زاوية واتجاه الرؤية والإضاءة.

ثانيا : دراسات تتعلق بتصميم خرائط خطوط التساوي المضيئة ببرامج التصميم بمساعدة الحاسوب :

لقد قام **" بيكر وآخرون "** (Peucker et al. 1974) بتقديم برنامج حاسوبي لإنشاء خطوط التساوي المضيئة باستخدام الحاسوب والراسم عن طريق التحكم آليا في سمك ولون خطوط التساوي، إلا أنه نظرا للإمكانيات المحدودة للحاسوب والراسمات في تلك الفترة فلم تلق قبولا بين الكارتوجرافيين نظرا لدرجة التشويه الكبيرة في خطوط التساوي.

وقدم **"ايتون"** (Eyton, 1984) أيضا برنامج حاسوب لإنشاء خطوط تساوي مضيئة آليا من نموذج الارتفاع الرقمى DEM، وبالرغم من أن خطوط التساوي اختلفت فقط درجات اللون بين الأسود والأبيض مع ثبات سمك الخط إلا أنها كانت أفضل في المظهر المرئي مقارنة بالمخرج الذى قدمه " بيكر".

أما **"كينللي و كيمرلنج"** (Kennelly and Kimerling , 2001) فقد تناولا أسس وقواعد إنشاء خطوط التساوي المضيئة بواسطة برمجيات نظم المعلومات الجغرافية، بالاستعانة بالبرامج النصية التي يتم إضافتها كملحقات إضافية إلى برمجيات نظم المعلومات الجغرافية، وتميزت هذه الملحقات أنها أدخلت بعض التعديلات على طريقة "تاناكا"Tanaka، وذلك بتغيير سمك الخط بناء على درجة انحدار السطح، حيث تميزت خطوط التساوي التي تقع على المنحدرات الشديدة بأنها أكثر سمكا، وبالتالي تنقل للقارئ الاختلاف في درجات الانحدار.

ثالثا : دراسات متعلقة بالبحث في دقة وفاعلية خرائط خطوط التساوي:

تعد دراسة **"فيليبس وآخرون "** (Phillips et al. 1975) إحدى الدراسات الرائدة التى بحثت فى المقارنة بين فاعلية خطوط التساوي القياسية وظل التضاريس ونقاط المناسيب، وتوصلت هذه الدراسة إلى أن درجة فاعلية خرائط خطوط التساوي لم تختلف كثيرا عن ظل التضاريس في توصيل الاختلافات النسبية بين المناسيب.

أما **" بوتاشي وآخرون "** (Potash et al.,1978) فقد تناول مقارنة بين خرائط خطوط التساوي القياسية وخطوط التساوي القياسية المظللة. وجاءت نتائج هذه الدراسات متناقضة. وقد أشارت إلى أن هذا التناقض يمكن أن يرجع إلى هدف الخريطة ونوع المعلومات التى يهدف الكارتوجرافى توصيلها من خلال الخريطة، إضافة إلى مستوي قدرة قارئ الخريطة، وقد أوصت الدراسة بضرورة وجود نموذج ثلاثي الأبعاد للمنطقة للوصول إلى تفسير دقيق لخصائص المنطقة.

كما تناولت دراسة **" ويبيت "** (Wheate ,1979) مقارنة بين خطوط التساوي القياسية والمظللة وتوصلت نتائج الدراسة إلى أنه لم تكن هناك اختلافات جوهرية بين خرائط الاختبار فيما يتعلق بخصائص وسمات المنطقة الممثلة على الخريطة.

وقد قام **"ديبياسي وآخرون "** (DiBiase et al. 1994) بدراسة تفصيلية للبحث في فاعلية مقارنة خطوط التساوي القياسية، والمظللة، والمرجحة التي يختلف سمك خط التساوي طبقا لقيم البيانات، وتوصلت الدراسة إلى تفوق خطوط التساوي المرجحة في دقة وسرعة تفسير خصائص الظاهرة على خطوط التساوي القياسية والمظللة.

اما دراسة **"موريتا"** (Morita, 2001) فقد تناولت البحث في مدى قدرة قارئ الخريطة على تحديد أشكال المنحدرات على خرائط خطوط التساوي المضيئة، وتوصلت الدراسة إلى أن أفراد العينة استطاعوا التمييز بين الانحدارات المقعرة والمحدبة.

موضوع البحث وأهدافه:

تهدف هذه الدراسة إلى البحث في دقة وفاعلية خرائط خطوط التساوي القياسية والمضيئة وتأثير اختلاف عوامل التصميم الكارتوجرافي على دقة وفاعلية توصيل المعلومات المكانية التي تصمم من أجلها خرائط خطوط التساوي، ولتحقيق أهداف الدراسة أجريت مجموعة من الاختبارات على عينة من مستخدمي الخرائط ينجزون خلالها مجموعة من المهام المتنوعة التي تصمم من أجلها الخريطة.

وروعي في اختيار العينة أن تكون لديهم الخبرة في تصميم واستخدام الخرائط، وقد تم اختيار ٤٦ طالبة بالمستوى الثامن بقسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية بكلية الآداب جامعة الإمام عبد الرحمن بن فيصل والمسجلات بالعام الجامعي ١٤٣٩ / ١٤٤٠ هـ لتمثل عينة الدراسة. كما تهدف الدراسة البحث في بدائل التصميم الكارتوجرافي التي يمكن من خلالها تحسين فاعلية خرائط خطوط التساوي القياسية والمضيئة، ولتحقيق ذلك تم الاستعانة بمجموعة من البرامج النصية التي تضاف إلى برامج نظم المعلومات كملحقات إضافية، والتي تسمح للكارتوجرافيين بإعداد وتصميم خرائط خطوط التساوي القياسية والمضيئة بصورة سريعة ودقيقة، إضافة إلى مرونة وسهولة التحكم في متغيرات التصميم الكارتوجرافي التي يفترض أن تؤثر في فاعلية هذه النوعية من الخرائط.

السؤال البحثي :

- هل هناك اختلاف جوهري في دقة وفاعلية خرائط خطوط التساوي القياسية وخرائط خطوط التساوي المضيئة ؟
- الفرضية البحثية: لا يوجد فرق جوهري في دقة وفاعلية خرائط خطوط التساوي القياسية وخرائط خطوط التساوي المضيئة.
- الفرضية البديلة: توجد فروق جوهرية في دقة وفاعلية خرائط خطوط التساوي القياسية وخرائط خطوط التساوي المضيئة.

منهجية الدراسة وأساليبها:

تبحث هذه الدراسة في الطرق الكارتوجرفية المختلفة لتصميم خرائط خطوط التساوي القياسية والمضيئة وتقييم دقتها وفاعليتها في إيفائها بالمهام المختلفة التي تصمم من أجلها الخريطة، وستتم معالجة الدراسة اعتماداً على المنهج التجريبي المقارن، ويتم ذلك من خلال عرض مجموعة متنوعة من خرائط خطوط التساوي على عينة مختارة من مستخدمي الخرائط، وتكليفهم بإنجاز بعض مهام استخدام الخريطة التي تحددها الدراسة، كما يتم الاستعانة ببعض المقاييس والاختبارات الإحصائية لتحليل نتائج استجابات افراد عينة الدراسة.

في ضوء ما سبق سوف تناقش الدراسة المحاور الرئيسة الآتية:

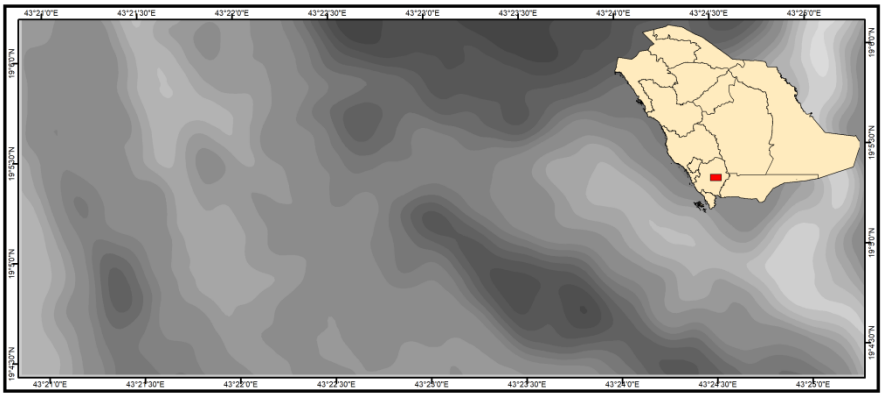
١. منطقة الدراسة والبيانات المستخدمة في إعداد خرائط الاختبار.
٢. عرض للأدوات التحليلية المستخدمة في تصميم الأنواع المختلفة لخطوط التساوي.
٣. وصف خرائط الاختبار المستخدمة في الدراسة.
٤. تقييم دقة وفاعلية خرائط خطوط التساوي في ضوء المهام المختلفة التي تصمم من أجلها الخرائط.

أولا : منطقة الدراسة والبيانات المستخدمة في إعداد خرائط الاختبار :

يتطلب تحقيق أهداف الدراسة استخدام تنوع واختلاف في طبيعة السطح الاحصائي لخريطة الأساس المستخدمة في الدراسة، ونظرا لأن خرائط خطوط التساوي يمكن أن تستخدم في تمثيل الظاهرات الطبيعية والبشرية على حد سواء، فقد تم اختيار منطقة جغرافية تقع جنوب غرب المملكة بين خطي طول ٢١ ٤٣ و ٢٥ ٤٣ شرقا وخطي عرض ٣٠ ٤ ١٩ و ٠ ٦ ١٩ شمالا، وتم

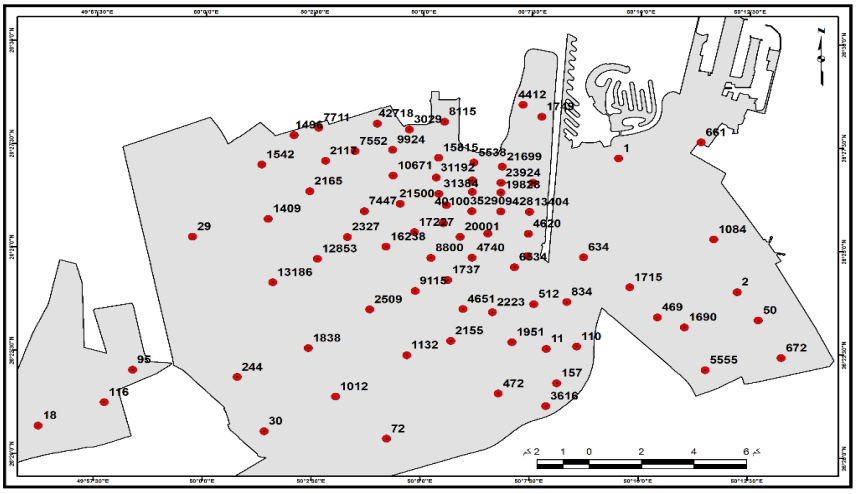
اختيار هذه المنطقة لتنوع وتباين المظاهر التضاريسية بها بين الارتفاعات والانخفاضات ودرجات الانحدار المختلفة، واستخدم نموذج ارتفاع رقمي DEM لهذه المنطقة من أجل إنشاء خرائط اختبار الدراسة التي تختص بتمثيل الظاهرات الطبيعية بواسطة الأنواع المختلفة لخطوط التساوي. شكل (٣) يوضح موقع منطقة الدراسة.

شكل (٣) موقع منطقة الدراسة



ولتمثيل الظاهرات البشرية تم اختيار كثافة السكان لأحياء مدينة الدمام بالمنطقة الشرقية عام ١٤٣٦ هـ ؛ نظرا للتباينات الكبيرة بين الكثافة السكانية لأحياء المدينة، وهذا يسمح بظهور التباينات في السطح الإحصائي الناتج من التمثيل الكارتوجرافي للكثافة السكانية بواسطة الأنواع المختلفة لخطوط التساوي. شكل (٤) يمثل خريطة أساس لمنطقة الدراسة التي تختص بتمثيل الظاهرات البشرية، وتظهر عليها نقاط التحكم Control Point والكثافة السكانية لكل نقطة من نقاط التحكم والتي يتم من خلالها إنشاء خطوط التساوي.

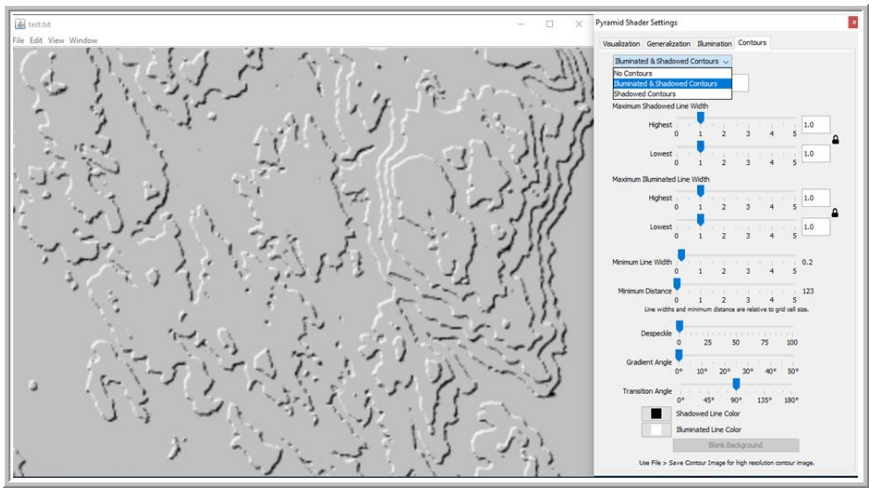
شكل (٤) نقاط التحكم والكثافة السكانية طبقا لأحياء منطقة الدراسة



ثانيا : عرض للأدوات التحليلية المستخدمة وتصميم الأنواع المختلفة لخطوط التساوي:

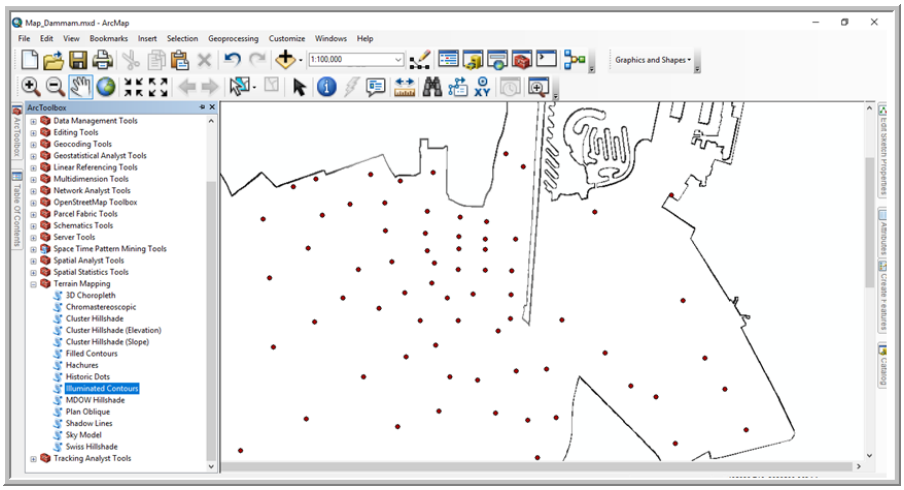
يرجع عدم انتشار بعض أنواع خرائط خطوط التساوي - لا سيما خطوط التساوي المضيئة - إلى الصعوبة الشديدة والعديد من المشاكل الفنية التي تواجه الكارتوجرافيين عند إنشائها بالطرق التقليدية، إضافة إلى ندرة البرامج والأدوات التحليلية التي يمكن أن تستخدم في إنشائها بالطرق الآلية، وعلى حد علم الباحث لا يتوفر سوى القليل من البرامج التي يمكن من خلالها إعداد خريطة خطوط التساوي المضيئة، وقد أمكن للباحث الحصول على بعض البرامج الحاسوبية التي تختص بإنشاء هذه النوعية من الخرائط، أشهرها برنامج PyramidShader الذى يستخدم في إنشاء معظم خرائط خطوط التساوي والنماذج ثلاثية الأبعاد المستخدمة في تمثيل أشكال سطح الأرض، ونظرا لإمكانياته المحدودة في لعناصر التصميم الكارتوجرافي والإخراج النهائي للخريطة، فقد استعان الباحث ببعض البرامج النصية التي تستخدم كملحقات إضافية لبرامج نظم المعلومات الجغرافية، والتي تسمح للكاتوجرافي بالتعديل فيها لتحقيق الهدف النهائي للمخرج الكارتوجرافي الذى يحقق أهداف الدراسة. الشكل رقم (٥) يوضح واجهة برنامج PyramidShader والمخرج النهائي لنموذج من خرائط خطوط التساوي المضيئة.

شكل (٥) واجهة برنامج PyramidShader

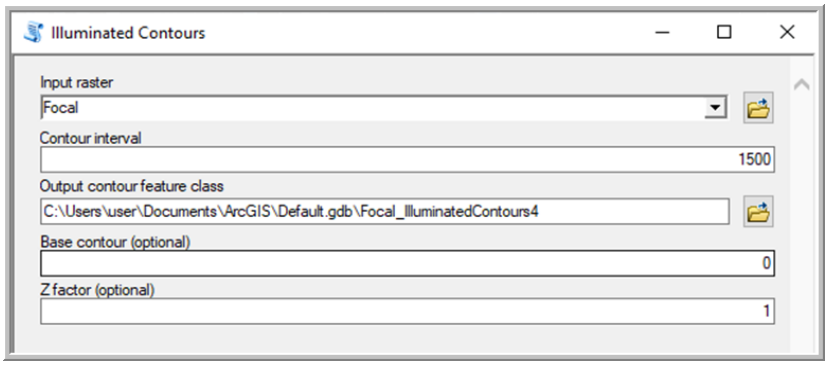


وتوضح الأشكال من (٦) إلى (٩) نافذة البرنامج النصي المستخدم في اعداد خرائط الدراسة وخطوات إعداد خريطة خطوط التساوي المضيئة.

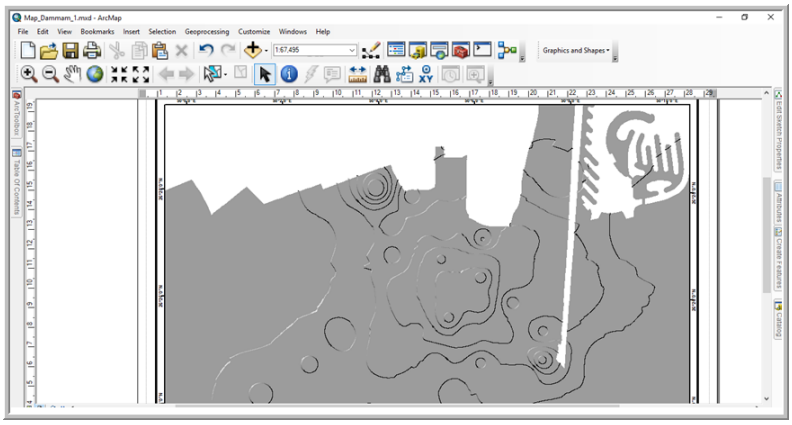
شكل (٦) الخطوة الأولى من اعداد خطوط التساوي المضيئة



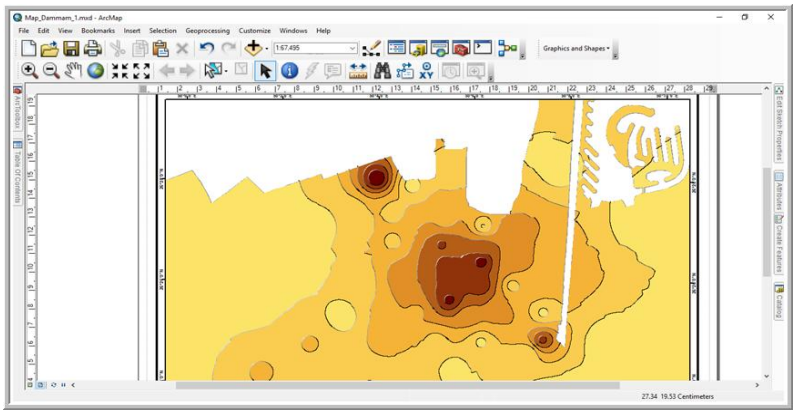
شكل (٧) الخطوة الثانية من اعداد خطوط التساوي المضيئة



شكل (٨) الإخراج النهائي لخطوط التساوي المضيئة غير المتدرجة.



شكل (٩) الإخراج النهائي لخطوط التساوي المضيئة متدرجة اللون.



ثالثا : وصف خرائط الاختبار المستخدمة في الدراسة :

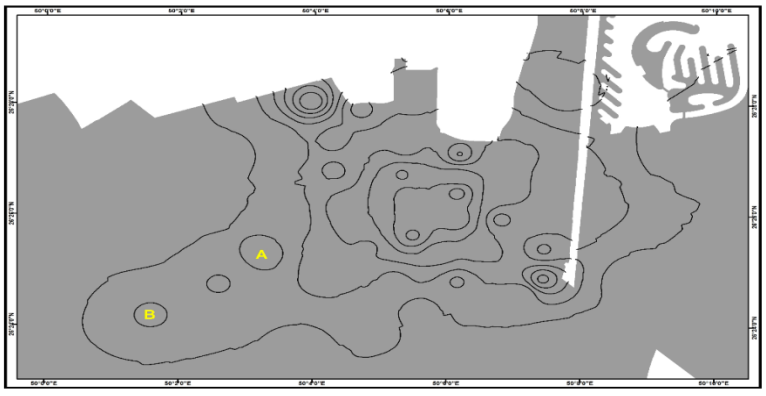
نظرا لأن الهدف الأساسي لهذه الدراسة هو تصميم وتقييم فاعلية الأنواع المختلفة لخرائط خطوط التساوي في ضوء الأهداف الأساسية التي تصمم من أجلها الخرائط ؛ فقد تم تصميم خرائط الاختبار المستخدمة لتحقيق الهدف من الدراسة. وقد تم اختيار خريطة أساس مدينة الدمام والبيانات الخاصة بكثافة السكان على مستوى الأحياء التي تضم ٨٣ حيا، طبقا لتعداد سنة ١٤٣٦ هـ، ويعتبر هذا العدد كافيا لتمثيل نقاط التحكم Control Point، التي تستخدم في إنشاء خطوط التساوي، إضافة لاختيار منطقة جنوب غرب المملكة التي تمثل ظاهرات طبيعية، وتم الحصول على نموذج ارتفاع رقمي لهذه المنطقة بهدف إنشاء خطوط التساوي من هذا النموذج.

ولأغراض الاختبار تم تصميم عدد من خرائط خطوط التساوي القياسية والمضيئة والتي تختلفان في عناصر التصميم الكارتوجرافي، وذلك على النحو الآتي:

١. خرائط خطوط التساوي القياسية :

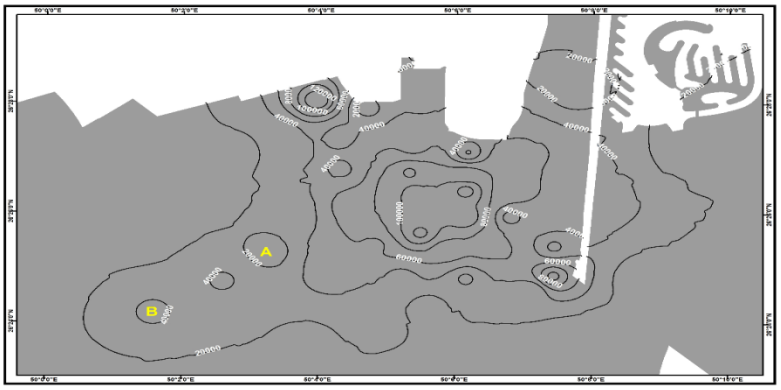
تعد خرائط خطوط التساوي القياسية من الطرق الكارتوجرافية المألوفة بين الكارتوجرافيين والجغرافيين على حد سواء، ولتحقيق أهداف الدراسة فقد تم تصميم عدد متنوع من خرائط خطوط التساوي القياسية والتي تختلف في عناصر التصميم الكارتوجرافي، ويوضح الشكل رقم (١٠) أحد نماذج خرائط خطوط التساوي القياسية التي تظهر عليها خطوط التساوي مع غياب قيم خطوط التساوي، بينما يظهر الشكل رقم (١١) الخريطة نفسها مع وجود قيم خطوط التساوي، أما الشكل (١٢) فيختلف في إضافة عنصر التدرج اللوني بحث تتناسب درجة اللون مع القيم الكمية لخطوط التساوي، والهدف من تلك الاختلافات في عناصر التصميم المذكورة معرفة : هل توجد اختلافات جوهرية في فاعلية خريطة خطوط التساوي نتيجة اختلاف عوامل التصميم الكارتوجرافي ؟

الشكل رقم (١٠) أحد نماذج خرائط خطوط التساوي القياسية في غياب قيم خطوط التساوي

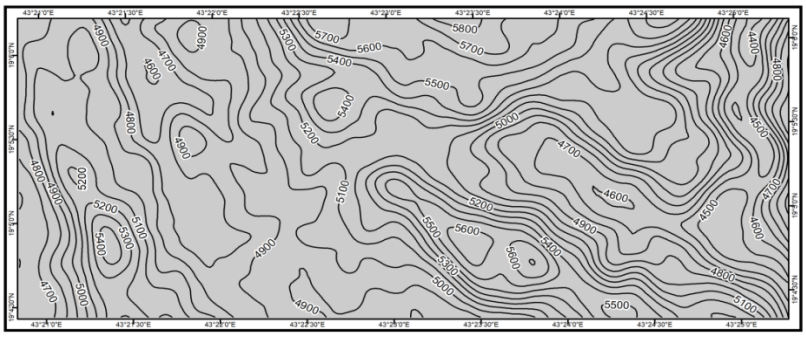


الشكل رقم (١١) أحد نماذج خرائط خطوط التساوي القياسية

(أ)

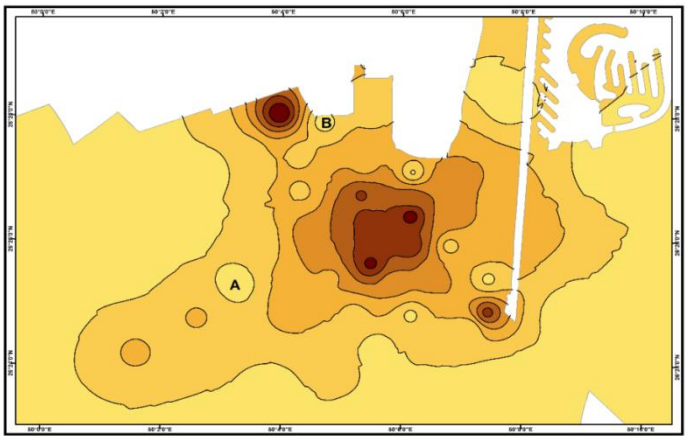


(ب)

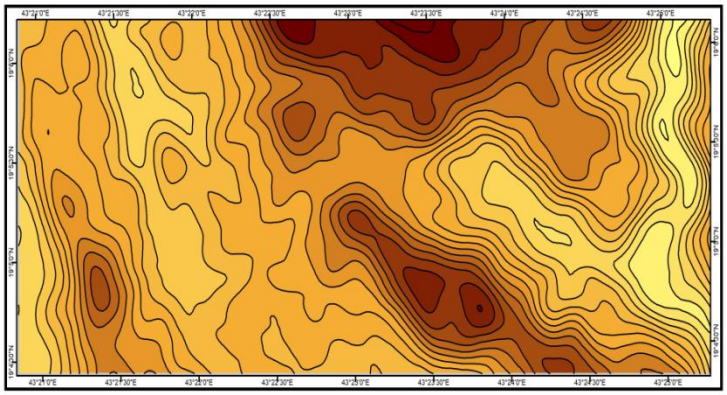


شكل (١٢) أحد نماذج خرائط خطوط التساوي القياسية متدرجة اللون.

(أ)



(ب)

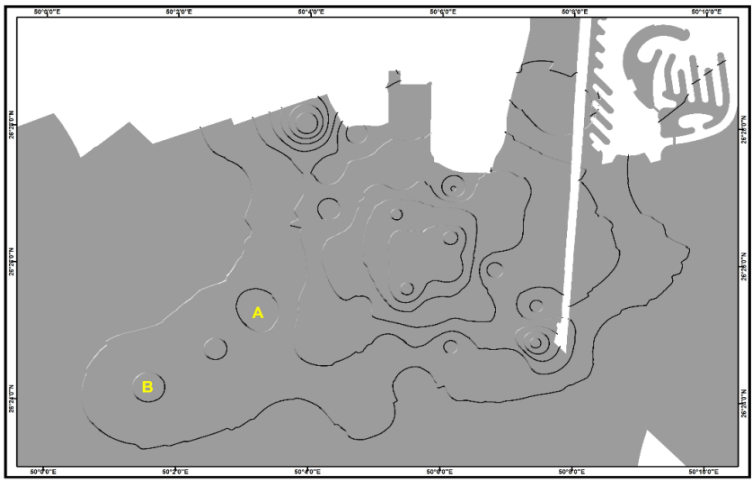


٢- خرائط خطوط التساوي المضيئة :

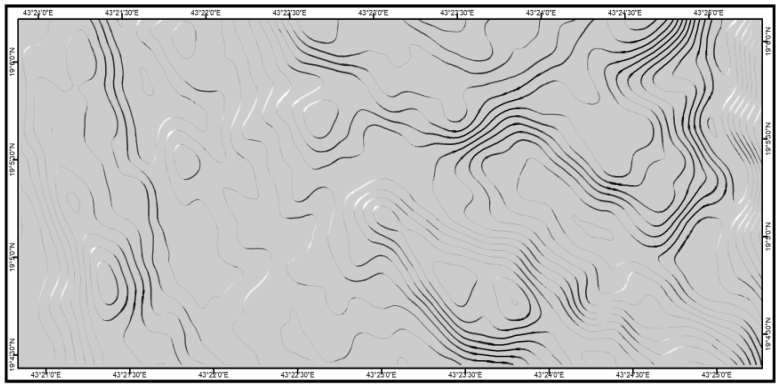
بالرغم من أن خرائط خطوط التساوي المضيئة يعود تاريخها إلى القرن التاسع عشر إلا أنها لم يشع استخدامها بين الكارتوجرافيين والجغرافيين؛ بسبب صعوبة تصميمها بالطرق اليدوية التقليدية، ولتحقيق أهداف الدراسة فقد تم تصميم عدد متنوع من خرائط خطوط التساوي المضيئة والتي تختلف في عناصر التصميم الكارتوجرافي، ويوضح الشكل رقم (١٣) أحد نماذج خرائط خطوط التساوي المضيئة أحادية اللون، بينما يظهر الشكل رقم (١٤) الخريطة نفسها مع إضافة التدرج اللوني طبقا لقيم خطوط التساوي.

شكل (١٣) أحد نماذج خرائط خطوط التساوي المضيئة أحادية اللون

(أ)

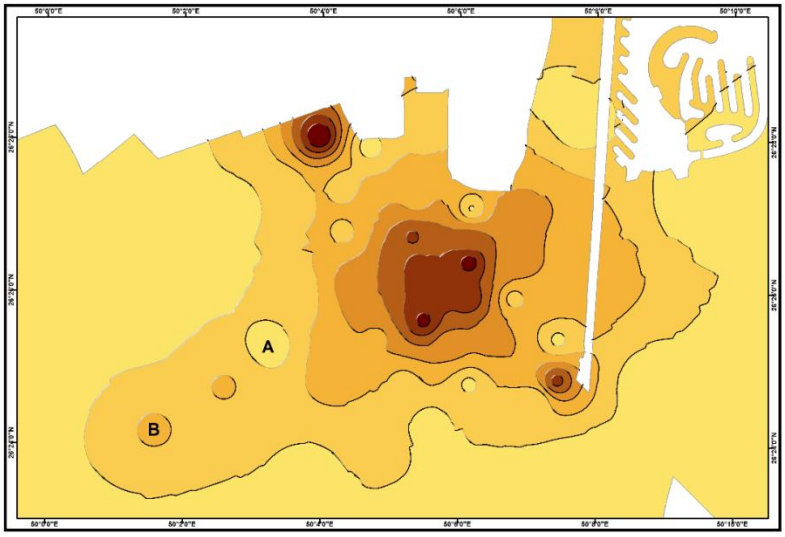


(ب)

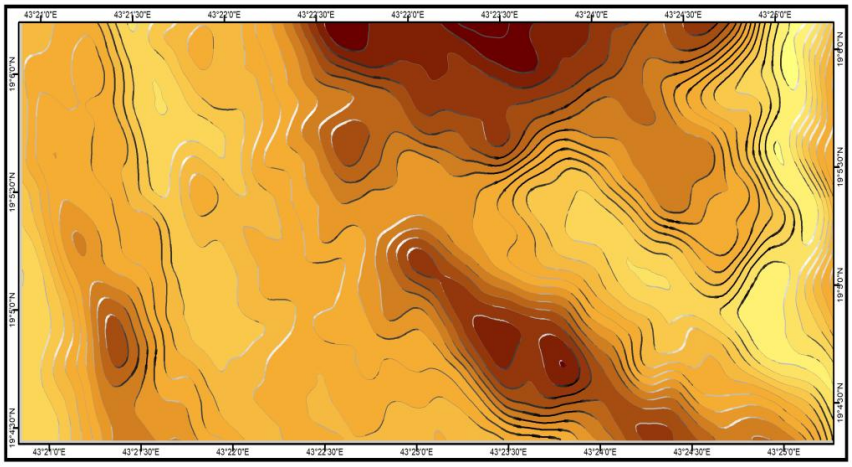


شكل رقم (١٤) أحد نماذج خرائط خطوط التساوي المضيئة متدرجة اللون

(أ)



(ب)



رابعا : تقييم دقة وفاعلية خرائط خطوط التساوي في ضوء أهداف تصميم الخرائط :

لتحقيق أهداف الدراسة تم إجراء اختبار عملي على عينة مختارة من مستخدمي الخرائط، بتكليفهم بإنجاز عدد من مهام استخدام الخريطة التي تحقق أهداف هذه الدراسة، وذلك من خلال مجموعة من خرائط خطوط التساوي القياسية والمضيئة، والتي تختلف في عناصر التصميم الكارتوجرافي التي تفرض الدراسة أنها تؤثر في دقة وفاعلية الخرائط لتوصيل المهام المختلفة التي تصمم من أجلها الخريطة، وذلك بغرض معرفة ما إذا كانت هناك فروق ذات دلالة إحصائية في الفاعلية بين أنواع خرائط خطوط التساوي نتيجة اختلاف عوامل التصميم الكارتوجرافي.

أفراد العينة :

روعي في اختيار أفراد العينة أن يكون لديهم خلفية عملية في تصميم واستخدام الخرائط ؛ لذا تم اختيار عينة من طالبات المستوى الثامن بقسم الجغرافيا بكلية الآداب للبنات في جامعة الامام عبد الرحمن بن فيصل بالدمام، والمسجلات في العام الجامعي ١٤٣٩/١٤٤٠ هـ، واللاتي سبق لهن دراسة عدة مقررات في الخرائط، يفترض فيمن درسها أن تكون لديه خبرة ومهارة مناسبة في استخدام وتفسير الخرائط، وقد بلغ عدد أفراد العينة ٤٦ طالبة مسجلات بمادة تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في الجغرافيا الطبيعية في العام الجامعي ١٤٣٩ / ١٤٤٠ م.

إجراءات الاختبار :

تم إجراء الاختبار على مرحلتين :

١- الاختبار التمهيدي :

تم إجراء اختبار تمهيدي (تجريبي) على مجموعة من الطالبات من نفس المستوى والتخصص، ولكن ليس من أفراد عينة الدراسة، وذلك بهدف تقدير المدة الزمنية الملائمة للانتهاء من كل سؤال من الأسئلة المستخدمة في الاختبار الفعلي، ولمعرفة ما إذا كانت هناك صعوبات في صياغة واستيعاب بعض الأسئلة، وقد ساعد ذلك على مراجعة وإعادة صياغة بعض الأسئلة التي وجدت الطالبات صعوبة في فهمها واستيعابها.

٢- الاختبار الأساسي :

يستخدم الكارتوجرافيين خطوط التساوي القياسية والمضيئة لأغراض مختلفة. وتفترض الدراسة الحالية أن إضافة التدرجات اللونية أو التدرج الرمادي إلى خطوط التساوي سواء القياسية أو المضيئة يمكن أن يزيد من فاعلية الخريطة، خاصة فيما يتعلق بمهمة توصيل القيم النسبية وخصائص التوزيع الممثل عن الظاهرة محل الدراسة. وقد تم إجراء الاختبار على أفراد عينة الدراسة، وذلك بتكليفهم بالإجابة عن سؤالين بما يحقق أهداف الدراسة.

يختص **السؤال الأول** : بتحديد درجة فاعلية الخريطة في توصيل الاختلافات النسبية في قيم الظاهرة. ولتحقيق ذلك يقوم أفراد العينة باختيار النقطة التي تمثل القيمة الأعلى من المنطقتين المحددتين على الخريطة بالحروف اللاتينية، والتي تم وضعهما بشكل عشوائي على الخريطة.

وهذا السؤال مؤشر على فاعلية الخريطة لتوصيل وتفسير الاختلافات والتباينات في قيم الظاهرة المدروسة والممثلة على الخريطة. ونظرا لأن فاعلية الخريطة تقاس من خلال دقة وسرعة توصيل رسالتها إلى قارئها، فقد حدد فترة زمنية مقدارها خمس عشرة ثانية للانتهاء من الإجابة على هذا السؤال.

بينما يختص **السؤال الثاني** بتحديد النقطة التي تمثل أعلى قيمة على الخريطة ككل، وهذا السؤال يختص بتقييم فاعلية الخريطة في توصيل نمط التوزيع الممثل على الخريطة، وتتطلب الإجابة على هذا السؤال أن يقوم كل فرد من أفراد العينة بفحص الخريطة ككل، ويحدد أعلى منطقة بوضع علامة مميزة عليها. وقد حدد فترة زمنية مقدارها عشرون ثانية للانتهاء من الاجابة على هذا السؤال.

واستخدم الباحث نتائج استجابات مجموعة أفراد العينة في المهمتين ؛ وذلك لاختبار صحة فروض الدراسة.

٣- تحليل نتائج الاختبار:

تطلب تحليل نتائج الاختبار حساب نسبة الإجابة الصحيحة لكل سؤال من السؤالين اللذين كلف بهما أفراد العينة، واستخدمت هذه النسبة لتحديد درجة الفاعلية التي أنجزت بها كل مهمة. وفيما يلى تحليل نتائج كل مهمة من المهام المستخدمة في تقييم فاعلية ودقة خرائط الاختبار.

أ- تحليل نتائج السؤال الأول (مهمة توصيل القيم النسبية) :

يتطلب اختبار صحة الفرض الخاص بهذه المهمة تحليل التباين لنتائج استجابات أفراد العينة الخاصة بها في حالتي خرائط خطوط التساوي القياسية والمضيئة ؛ وتصاغ الفرضية المبدئية (العدمية) H0 على النحو التالي : لا يوجد فارق ذو دلالة إحصائية في فاعلية خرائط الاختبار لتوصيل الاختلافات في القيم النسبية للظاهرة الممثلة على الخريطة في حالتي خطوط التساوي القياسية والمضيئة، وذلك في مقابل الفرضية البديلة H 1 : يوجد فارق ذو دلالة إحصائية بين فاعلية الخرائط خطوط التساوي القياسية والمضيئة على مستوى دلالة يساوي(0.1) .

وقبل البدء بتحليل التباين يجب اختيار المقياس الإحصائي الذى يتناسب مع بيانات استجابات أفراد العينة لهذه المهمة، ويتطلب ذلك معرفة ما إذا كانت استجابات الطلاب تتبع التوزيع الطبيعي أم لا ؟ ولمعرفة ذلك لابد من إجراء اختبار اعتدالية التوزيع Normality Test للبيانات الخاصة باستجابات الطلاب. ويستخدم في هذه الحالة اختبار " شابيرو - ويلكShpiro-Wilk " ، الذى يستخدم عندما يقل حجم العينة عن ٥٠ حالة، وتكون قاعدة القرار هي قبول أن البيانات تتبع التوزيع الطبيعي إذا كانت قيمة مستوى الدلالة أكبر من ٥٪، وبتطبيق ذلك على استجابات أفراد العينة لمهمة توصيل القيم النسبية، على النحو المبين بالجدول رقم (١)، يتضح من نتائج اختبار " شابيرو – ويلك " أن قيمة مستوى الدلالة تتراوح بين (٠,٠٢ – ٠,٤١٢) أي تقل عن القيمة ٥٪، مما يشير إلى أن استجابات أفراد العينة في جميع حالات الخرائط المستخدمة في اختبار هذه المهمة لا يتبع التوزيع الطبيعي ؛ لذلك يجب استخدام أحد الاختبارات غير المعلميةNon-Parametric Tests ، التي لا تشترط أن يكون توزيع البيانات معتدلا، إضافة إلى صلاحيتها للاستخدام في حالة العينات الصغيرة.

جدول رقم (١) اختبار اعتدالية التوزيع لتقديرات أفراد العينة لمهمة القيم النسبية

مجموعات الخرائط		شابيرو - ويلك		
		قيمةD	درجات الحرية	مستوى الدلالة
القياسية	أحادية اللون	٠,٢٨٣	٤٥	٠,١٨٢
	تدرج لوني	٠,٠١٨	٤٥	٠,٠١٩
المضيئة	أحادية اللون	٠,٠٦٧	٤٥	٠,٠٣٧
	تدرج لوني	٠,٧١٤	٤٥	٠,٤١٢

المصدر : من إعداد الباحث اعتمادا على استجابات أفراد العينة

ويعد اختبار " مان- وتني "U Test Mann- Whitney أحد الاختبارات غير المعلمية والذى يستخدم للمقارنة بين مجموعتين مستقلتين، ويستخدم كبديل لاختبار T-Test في حالة ما إذا كانت البيانات غير موزعة طبيعيا ؛ لذلك تستخدم هذه الدراسة هذا الاختبار لتحليل

التباين للبيانات الخاصة باستجابات أفراد العينة مع مهمة توصيل القيم النسبية للظاهرة. ويظهر الجدول رقم (٢) نتائج تحليل التباين لهذه المهمة. حيث يتضح ما يلي :

- تتراوح قيمة اختبار " مان – وتني " لتقديرات أفراد العينة مع جميع خرائط الاختبار المستخدمة في هذه المهمة بين (٣٠٤,٥ -٦٠٧) بمستوي دلالة ٠,٠٠٠١ وهي أقل من ٥ ٪، مما يشير إلى وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين فاعلية خرائط الاختبار طبقا لمهمة توصيل القيم النسبية.

جدول رقم (٢) تحليل التباين لاستجابات أفراد العينة لمهمة توصيل القيم النسبية

مجموعة الخرائط	ي١	ي٢	ز	مستوى الدلالة
القياسية	٣٤٦	٦٠٧	٢,٠٥٧ -	٠,٠٠٠١
المضيئة	٤٠٤,٥	٣٠٤,٥	٣,٥٥٤ -	٠,٠٠٠١

المصدر : من حساب الباحث اعتمادا على استجابات أفراد العينة.

ولمعرفة تأثير نوع خط التساوي المستخدم على فاعلية ودقة الخرائط، يتم تحليل التباين لاستجابات أفراد عينة الدراسة بالنسبة للمجموعات المختلفة من خرائط الاختبار، ونظرا لأن البيانات الخاصة باستجابات أفراد عينة الدراسة لا تتبع التوزيع الطبيعي، فيستخدم اختبار "كورسكال – واليس"

Kruskal - Wallis لتحليل التباين لاستجابات الطلاب لمجموعات الخرائط المختلفة في خط التساوي، وذلك في حالتي خطوط التساوي القياسية والتقليدية، ويوضح الجدول رقم (٣) نتائج تحليل التباين، حيث بلغت قيمة "مربع كاي" في حالة خرائط خطوط التساوي القياسية (٢٥٥,٢٧٠)، أما في حالة خطوط التساوي المضيئة فبلغت القيمة (١٢٢,١٨٤) ومستوى دلالة (٠,٠٠٠) مما يدل على وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين فاعلية مجموعات خرائط خطوط التساوي المستخدمة في الاختبار ؛ ونظرا لأن اختبار تحليل التباين لا يحدد مصدر الاختلاف بالضبط بين الخرائط التي تختلف في درجة فاعليتها ؛ لذا يجب تحليل الاستجابات لمعرفة مصدر هذا الاختلاف.

جدول رقم (٣) تحليل التباين لمهمة المستوى الأول

مجموعات الخرائط	هـ	مستوى الدلالة
القياسية	٢٥٥,٢٧٠	٠,٠٠
المضيئة	١٢٢,١٨٤	٠,٠٠٠

المصدر : من حساب الباحث اعتمادا على استجابات أفراد العينة.

جدول (٤) نسبة فاعلية خرائط الاختبار في وجود وغياب قيم خطوط التساوي

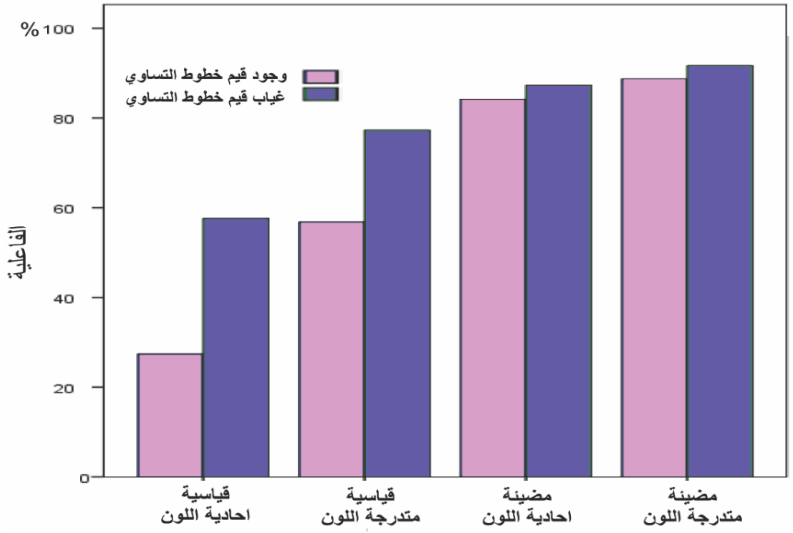
نوع خطوط التساوي		غياب قيم خطوط التساوي		وجود قيم خطوط التساوي	
		نسبة الدقة ٪	الانحراف المعياري	نسبة الدقة ٪	الانحراف المعياري
قياسية	احادية اللون	٢٧,٤	١,٨	٥٧,٦	١,٥
	تدرج لوني	٥٦,٨	١,٤	٧٧,٣	١,٩
مضيئة	احادية اللون	٨٤,٢	١,٦	٨٧,٣	١,٧
	تدرج لونى	٨٨,٧	١,١	٩١,٧	١,٣

المصدر : من حساب الباحث اعتمادا على استجابات أفراد العينة.

ونظرا لأن اختبارات تحليل التباين توضح فقط وجود اختلاف بين استجابات أفراد العينة لمجموعات الخرائط المختلفة، ولا تحدد مصدر الاختلاف بالضبط بين الخرائط التي تختلف في درجة فاعليتها ؛ لذا يجب تحليل نتائج الاستجابات بيانيا، حيث يتضح من تحليل بيانات الجدول رقم (٤) والشكل رقم (١٥) أن خرائط خطوط التساوي المضيئة متدرجة اللون جاءت في المرتبة الأولى في دقة وفاعلية توصيل القيم النسبية، بينما جاءت خريطة خطوط التساوي المضيئة أحادية اللون في المرتبة الثانية من حيث سرعة الإجابات حيث كانت

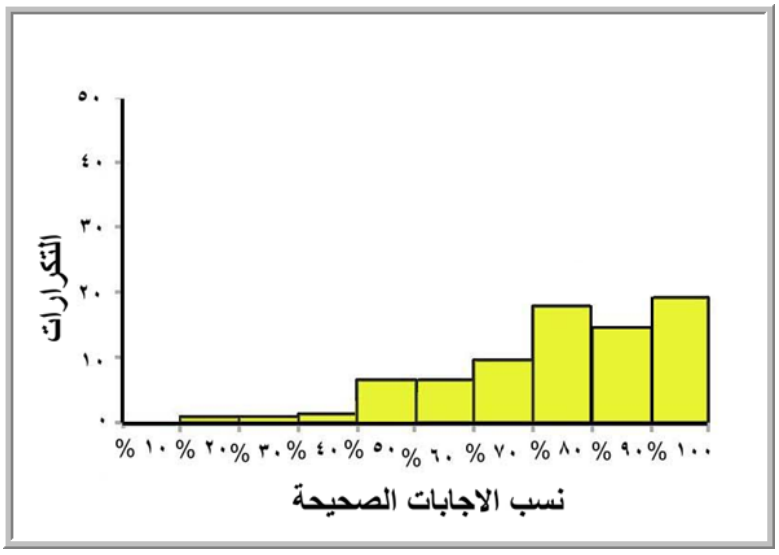
الإجابة أسرع بشكل عام، أما خرائط خطوط التساوي القياسية متدرجة اللون فقد جاءت في المرتبة الثالثة، أما خرائط خطوط التساوي القياسية أحادية اللون فقد جاءت في المرتبة الأخيرة من حيث الدقة والسرعة، ولم يكن لوجود أو غياب قيم خطوط التساوي تأثير ملحوظ على الدقة في حالة خرائط خطوط التساوي المضيئة، بينما على خرائط خطوط التساوي القياسية فقد كان لقيم خطوط التساوي تأثير ملحوظ على الفاعلية خاصة مع الخرائط احادية اللون.

شكل (١٥) نسبة فاعلية خرائط الاختبار طبقا لمهمة توصيل القيم النسبية

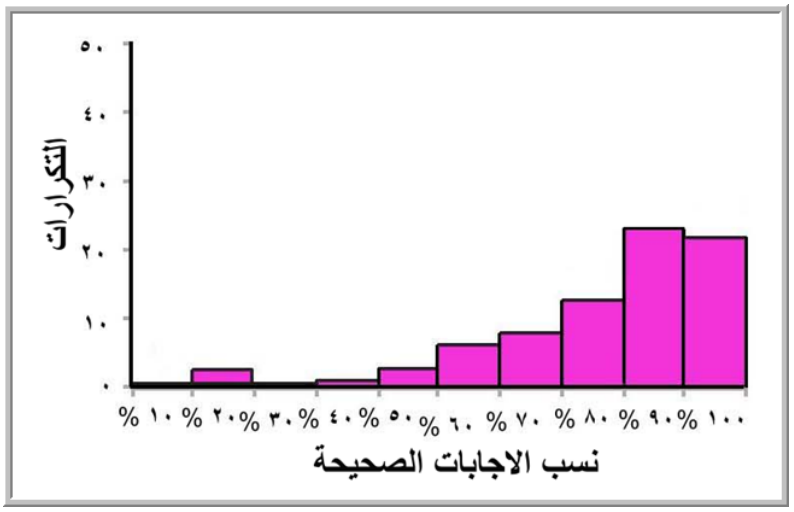


وتوضح الاشكال من (١٦) إلى (١٩) التوزيع التكراري لإجابات افراد العينة لجميع أنواع خرائط خطوط التساوي المضيئة، حيث يتضح عدم وجود اختلافات جوهرية بين أنواع خرائط التساوي المضيئة في توصيل البيانات النسبية عن قيم الظاهرة.

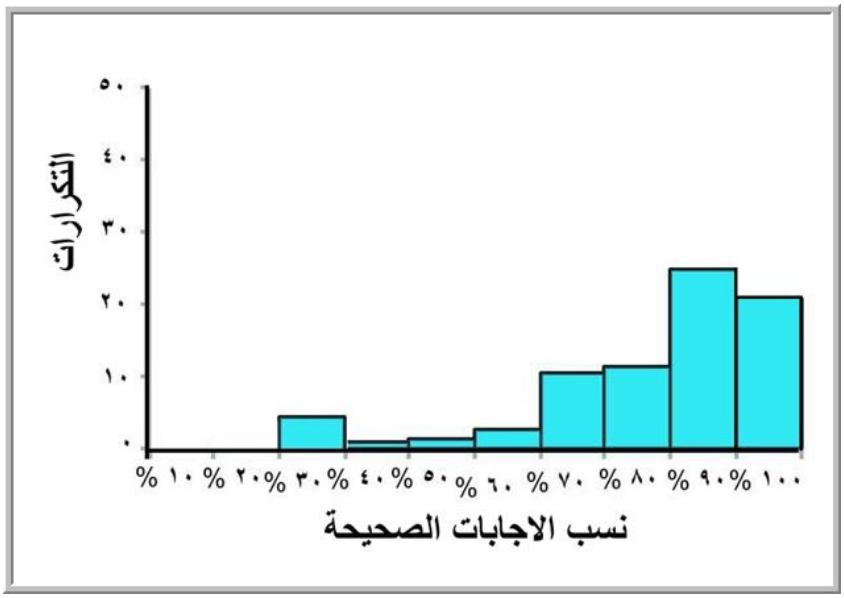
شكل (١٦) الاجابات مع خطوط التساوي المضيئة أحادية اللون
في غياب قيم الخطوط



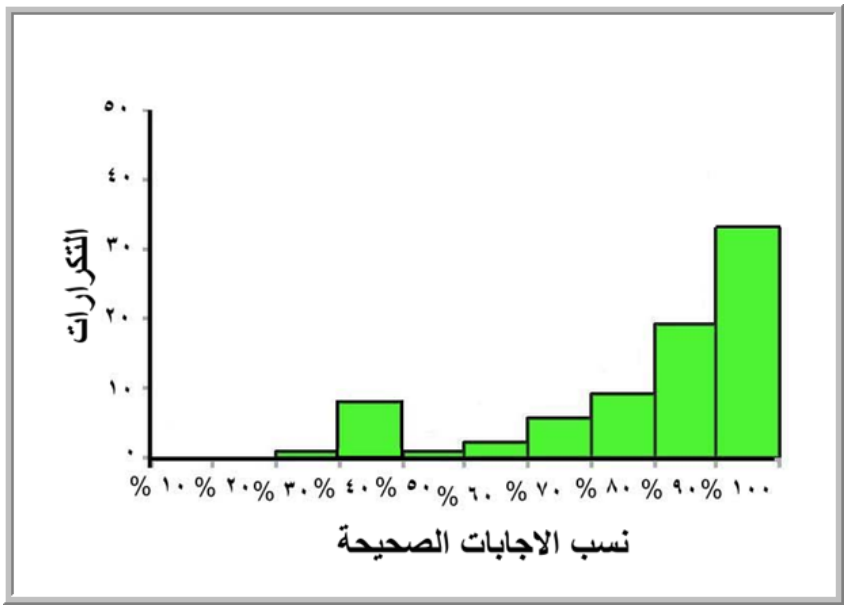
شكل (١٧) الاجابات مع خطوط التساوي المضيئة متدرجة اللون
في غياب قيم الخطوط



شكل (١٨) الاجابات مع خطوط التساوي المضيئة احادية اللون مع وجود قيم الخطوط



شكل (١٩) الاجابات مع خطوط التساوي المضيئة متدرجة اللون مع وجود قيم الخطوط



ب- تحليل نتائج السؤال الثاني (مهمة توصيل نمط التوزيع) :

تختص المهمة الثانية بتقييم فاعلية ودقة خرائط الاختبار في ضوء توصيل خصائص الظاهرة الممثلة على الخريطة، وذلك بتكليف أفراد العينة بتحديد النقطة التي تمثل أعلى قيمة على الخريطة ككل.

وقد تنوعت خرائط الاختبار المستخدمة في هذه المهمة من حيث إظهار وإخفاء قيم خطوط التساوي، واختلاف نظام التدرج اللونى المستخدم في تظليل خريطة التساوى المظللة، وذلك مع طريقتي خطوط التساوي القياسية والمضيئة ؛ لتقييم فاعلية خرائط الاختبار في توصيل نمط التوزيع الممثل عليها من خلال تعيين أفراد العينة للمنطقة التي تمثل أعلى القيم للظاهرة الممثلة على الخريطة.

ولتحليل نتائج استجابات أفراد العينة طبقا لهذه المهمة، ونظرا لعدم وجود إجابات صحيحة مطلقة أو خاطئة مطلقة، فقد قدرت الفاعلية بحساب مؤشر الفاعلية لإجابات كل فرد من أفراد العينة، وذلك بنسب درجة انحراف القيمة المختارة من القيمة الحقيقية ؛ وبالتالي كلما اقتربت القيمة من الصفر كلما زادت دقة إجابة أفراد العينة حيث تبلغ أقصى دقة عندما يصل المؤشر قيمة الصفر، وتقل الفاعلية كلما زاد المؤشر عن الصفر سواء بالموجب أم السالب. ويوضح الجدول رقم (٥) نسب الفاعلية لخرائط الاختبار طبقا لمهمة توصيل نمط التوزيع.

جدول (٥) نسبة فاعلية خرائط الاختبار في وجود وغياب قيم خطوط التساوي طبقا لمهمة نمط التوزيع

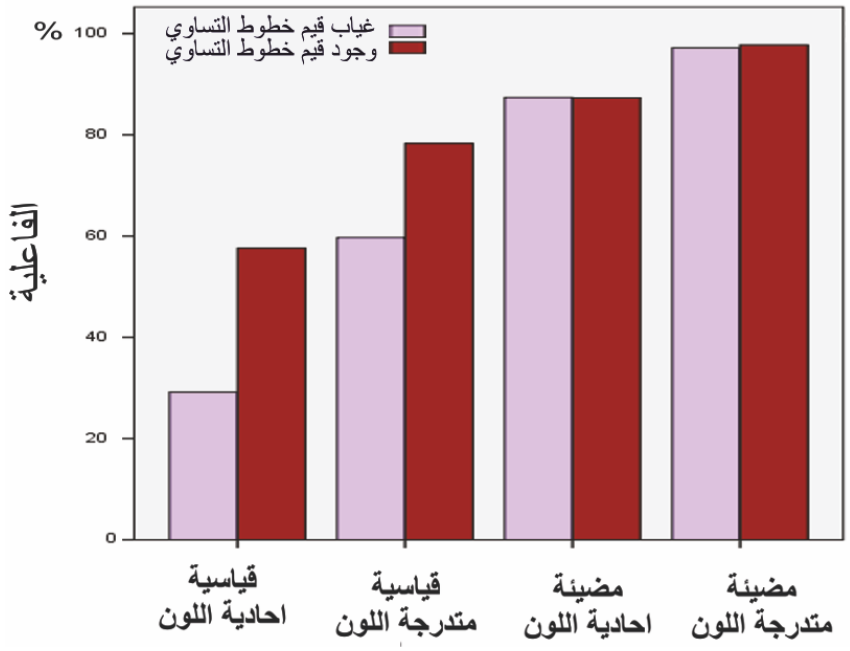
نوع خطوط التساوي		غياب قيم خطوط التساوي		وجود قيم خطوط التساوي	
		نسبة الدقة ٪	الانحراف المعياري	نسبة الدقة ٪	الانحراف المعياري
قياسية	احادية اللون	٢٩,٢	١,٧	٥٧,٦	١,٤
	تدرج لوني	٥٩,٧	١,٨	٧٨,٣	١,٦
مضيئة	احادية اللون	٨٧,٤	١,٩	٨٧,٣	١,٥
	تدرج لونى	٩٧,٢	١,٧	٩٧,٨	١,٧

المصدر : من حساب الباحث اعتمادا على استجابات أفراد العينة.

ومن تحليل بيانات الجدول رقم (٥) والشكل رقم (١٦) يتضح أن مؤشر الفاعلية طبقا لمهمة توصيل نمط التوزيع أن خطوط التساوي المضيئة في حالة غياب قيم خطوط التساوي والتدرج اللوني حققت درجة فاعلية (٨٧,٤ ٪)، بينما حققت خرائط خطوط التساوي القياسية في غياب قيم خطوط التساوي

والتدرج اللوني درجة فاعلية (٢٩,٢ ٪)، أما في حالة خطوط التساوي المضيئة مع إضافة التدرج اللوني وفي غياب قيم خطوط التساوي وصل مؤشر الدقة ٩٨,٦ ٪، في حين أن خطوط التساوي التقليدية مع التدرج اللوني وفي غياب قيم خطوط التساوي حققت نسبة فاعلية قدرها ٥٩,٧ ٪، وفيما يتعلق بفاعلية خطوط التساوي القياسية مع وجود قيم خطوط التساوي والتدرج اللوني فقد حققت درجة فاعلية ٧٨,٣٪، بينما لم تتأثر الفاعلية بدرجة كبيرة لخرائط خطوط التساوي المضيئة حيث حققت درجة فاعلية مقدارها ٩٧,٨ ٪.

شكل (٢٠) نسبة فاعلية خرائط الاختبار طبقا لمهمة توصيل نمط التوزيع



النتائج والتوصيات:

لقد أثبتت نتائج هذه الدراسة اختلاف درجة فاعلية ودقة خرائط خطوط التساوي طبقا لاختلاف نوعية البيانات التي يهدف الكارتوجرافي إلى توصليها من خلال الخريطة، وطبقا لاختلاف عناصر التصميم الكارتوجرافي، فقد حققت خريطة خطوط التساوي المضيئة درجة الفاعلية الأعلى في حالة توصيل القيم النسبية للظاهرة الممثلة، ولم تتأثر الفاعلية بشكل كبير في حالة وجود أو غياب قيم خطوط التساوي والتدرج اللوني ؛ فقد استطاع أفراد عينة الدراسة من تقدير القيم النسبية للظاهرة الممثلة على الخريطة بصورة دقيقة وسريعة مع خرائط خطوط التساوي المضيئة مقارنة بخطوط التساوي القياسية في جميع الحالات. وبالنسبة لتأثير اختلاف عناصر التصميم الكارتوجرافي فلم يكن لها تأثير كبير على الفاعلية في حالة خرائط خطوط التساوي المضيئة، حيث لم تظهر اختلافات جوهرية في تقديرات أفراد العينة مع هذه النوعية من الخرائط سواء في حالات وجود أم غياب كل من قيم خطوط والتدرج اللوني.

وفيما يتعلق بفاعلية خطوط التساوي في المهمة الثاني والتي تتعلق بتوصيل نمط التوزيع الممثل على الخريطة، فقد أظهرت نتائج الدراسة أن خرائط خطوط التساوي المضيئة حققت أعلى درجات الفاعلية في مهمة توصيل نمط التوزيع، ولم يكن لوجود أو غياب قيم خطوط التساوي والتدرج اللوني تأثير على إجابات أفراد العينة في هذه المهمة، ومن ناحية أخرى فقد انخفضت درجة الفاعلية طبقا لهذه المهمة مع خرائط خطوط التساوي القياسية، خاصة في حالة غياب كل من قيم خطوط التساوي والتدرج اللوني، بينما ارتفعت فاعلية خرائط خطوط التساوي القياسية بشكل ملحوظ خاصة في وجود كل من قيم خطوط التساوي والتدرج اللوني على خرائط الاختبار.

وبذلك توصي نتائج هذه الدراسة بما يلي :

- ضرورة التحديد المسبق للهدف الذى تصمم من أجله خريطة خطوط التساوي ؛ لأنه في ضوء هذا الهدف يمكن للكارتوجرافي أن يتحكم في عوامل وبدائل التصميم الكارتوجرافي للوصول بالخريطة إلى أقصى درجات الفاعلية، فإذا كان الهدف الأساسي من إعداد خريطة خطوط التساوي هو توصيل القيم النسبية عن الظاهرة الممثلة فإن نتائج هذه الدراسة تشير إلى أن طريقة خطوط التساوي المضيئة يكون الاختيار الأفضل ؛ حيث تحقق هذا الهدف بفاعلية بغض النظر عن وجود أو غياب قيم خطوط التساوي أو التدرج اللوني. ومن

ناحية أخرى فإذا كانت هناك ضرورة لاستخدام خطوط التساوي القياسية، وكان الهدف الأساسي هو توصيل القيم النسبية عن الظاهرة الممثلة، فهذا يتطلب ضرورة تضمين قيم خطوط التساوي والتدرج اللوني على الخريطة لتحقيق هدف الخريطة بدرجة مقبولة من الفاعلية.

- توصي الدراسة أيضا بمزيد من الدراسات الكارتوجرافية التجريبية التي تبحث في فاعلية خرائط خطوط التساوي، لاسيما طريقة خطوط التساوي المضيئة، خاصة في تمثيل خرائط الضغط الجوي والمطر المتساوي وجودة الهواء، حيث تشير نتائج الدراسة الحالية أن هذه النوعية من الخرائط يمكن أن توصل المعلومات المتعلقة بهذه العناصر بدرجة فعالة.
- ضرورة استفادة الكارتوجرافيين من التطور الهائل في التقنيات المعلوماتية الحديثة، وذلك عن طريق إجراء المزيد من البحث التجريبي للبحث في فاعلية أنواع الخرائط التي كان من الصعب تصميمها قبل ظهور هذه التقنيات، خاصة مع ظهور البرمجة النصية "بايثون" Python التي يمكن من خلالها إعداد الأدوات التحليلية المختلفة لإعداد أنواع الخرائط غير المدرجة في برمجيات نظم المعلومات وبرامج التصميم بمساعدة الحاسوب.
- ضرورة تضمين الطرق الكارتوجرافية الحديثة ضمن المقررات الدراسية، خاصة في ظل التطور التقني المتعاظم الذى نشهده في كافة العلوم.

المراجع والمصادر:

1. DiBiase, D., Sloan, J., and Paradis, T., 1994. Weighted isolines: an alternative method for depicting statistical surfaces. The Professional Geographer, 46 (2), 218–228.
2. Dutton, R., 1978. The mediation of three-dimensional visualization for isolinal graphics. British Journal of Educational Technology, 9 (3), 211–216.
3. Eyton, J.R., 1984. Raster contouring. Geo-processing, 2 (3), 221–242.
4. Filippakopoulou, V., 1998. A study of children's perception of cartographic landform representation. In: Joint International Cartographic Association seminar maps for special users, 2–4 June Wroclaw, 93–104.
5. Gilman, C.R., 1973. Photomechanical experiments in automated cartography. Journal of Research of the U.S. Geological Survey, 1 (2), 223–228.
6. Gilman, C.R., 1981. The manual/photomechanical and other methods for relief shading. Cartography and Geographic Information Science, 8 (1), 41
7. Griffin, T.L.C. and Lock, B.F., 1979. The perceptual problem in contour Interpretation. The Cartographic Journal, 16 (2), 61–71.
8. Imhof, E., 1982. Cartographic relief presentation. Berlin: de Gruyter.
9. Jenny, B., et al., 2014. Design principles for Swiss-style rock drawing. The Cartographic Journal, 51 (4), 360–371.
10. Kennelly, P. and Kimerling, A.J., 2001. Modifications of Tanaka's illuminated contour

method. Cartography and Geographic Information Science, 28 (2), 111–123.

11. Köpcke, C., 1885. Ueber Reliefs und Relief-Photogramme. Der Civilingenieur, 31, 1–2.
12. Lanca, M., 1998. Three-dimensional representations of contour maps. Contemporary Educational Psychology, 23 (1), 22–41.
13. MacEachren, A.M., 2004. How maps work: representation, visualization, and design. New York, NY: Guilford Press.
14. McGrath, K.J., 2009. Hillshading with illuminated contours. Cartographic Perspectives, 64, 62–63.
15. Motulsky, H., 2014. Intuitive biostatistics: choosing a statistical test. 3rd ed. New York, NY: Oxford University Press.
16. Phillips, R., Lucia, A., and Skelton, N., 1975. Some objective tests of the legibility of relief maps. The Cartographic Journal, 12 (1), 39–46.
17. Phillips, R.J., 1979. An experiment with contour lines. The Cartographic Journal, 16 (2), 72–76.
18. Tanaka, K., 1950. The relief contour method of representing topography on maps. Geographical Review, 40 (3), 444–456.
19. Yoeli, P., 1983. Shadowed contours with computer and plotter. The American Cartographer, 10 (2), 101–110