



منهجية خرائطية مقترحة لاستخراج شبكات مجاري مائية من نماذج الارتفاع الرقمية

علي معاضه الغامدي

أستاذ
قسم الجغرافيا
كلية الآداب
جامعة الملك سعود
aghamdi1@ksu.edu.sa

ناديه عوض السفري

أستاذ مساعد
قسم نظم المعلومات الجغرافية
كلية العلوم الاجتماعية
جامعة جدة
naalsafri22@gmail.com

منهجية خرائطية مقترحة لاستخراج شبكات مجاري مائية من نماذج الارتفاع الرقمية

ناديه عوض السفري، وعلي معاضه الغامدي

الملخص

يُضطر مستخدمو نظم المعلومات الجغرافية وغيرها من النظم المكانية إلى إجراء تجارب عديدة للوصول إلى خرائط مناسبة لشبكة المجاري المائية من نماذج الارتفاع الرقمي. ورغم أن هذه الآلية قد تكون كافية لتحقيق الهدف المطلوب، إلا أن هذه الخرائط المنتجة ليست بالضرورة مناسبة من المنظور الخرائطي الصرف. فلإنتاج خريطة مقبولة خرائطياً لابد أن يكون هناك توافقاً بين خصائص نموذج الارتفاع الرقمي ومقياس الرسم. وفي ظل انعدام هذا المطلب، كمعيار خرائطي، فقد تكون شبكة المجاري إما أكثر تفصيلاً من اللازم أو أكثر تعميماً عند عرضها على مقياس رسم معين. ولهذا فإن هذه الدراسة تركز بشكل أساسي على استخراج شبكة المجاري المائية من نماذج الارتفاع الرقمي ملتزمةً بمتطلبات مقياس الرسم. تم اتباع منهجية من ثلاث مراحل: إعداد البيانات، البحث في المعايير الخرائطية الخاصة بتمثيل شبكات المجاري المائية، وأخيراً تم تجريب المعيار المقترح على نماذج الارتفاع الرقمي من خلال ضبط قيمة عتبة التدفق التراكمي لاستخراج خرائط شبكات المجاري المائية. بناءً على نتائج المرحلة الثانية والثالثة، وجدت الدراسة أن أقصر مجرى مائي كان معياراً مناسباً، وأن قيمة (0.5 سم) على الخريطة عند مقياس رسم معين هي الأنسب، حيث ظهرت الشبكات المنتجة في تناسق وانتظام مع اختلاف مقاييس الرسم. توصي الدراسة باستخدام هذه القيمة كقيمة أولية. ولكي يمكن تعميم هذه القيمة، يفضل إجراء المزيد من التجارب على نماذج ارتفاع رقمي مختلفة سواء في درجة الوضوح أو في التفاصيل الطبوغرافية.

الكلمات المفتاحية: استخراج شبكة المجاري المائية، نموذج الارتفاع الرقمي، مقياس الرسم، درجة الوضوح المكانية، عتبة التدفق التراكمي.

A Proposed Methodology for Extracting Cartographically Valid Drainage Networks from DEMs

Nadiyah A. Al-Safri and Ali M. Al-Ghamdi

Abstract

GIS and other spatial systems users are commonly have to perform numerous experiments to extract proper drainage network maps from digital elevation models (DEMs). Although this mechanism may be sufficient for the desired goal, these produced maps are not necessarily appropriate from a purely cartographic perspective. That is, to produce a cartographically acceptable map, there must be an agreement between the DEM's characteristics and the map scale. In the absence of this requirement, as being a cartographic standard, the drainage network may be either too detailed or too generalized when represented at a specific map scale. As such, this study mainly focuses on extracting drainage networks from DEMs in adherence with map scale requirements. A three-stage methodology was followed: Data preparation, examining relevant cartographic criteria and/or standards regarding drainage networks representation, and finally applying an empirical proposed criterion on test DEMs through calibrating the flow accumulation threshold values to extract the drainage networks maps. Based on the second and the third stages results, the study found that the shortest stream was an appropriate criterion, with the value of (0.5 cm) on the map at a given scale as being the most appropriate, as the output networks appeared inconsistency and agreement with different map scales. The study recommends usage of this value as a preliminary value. However, in order to provide a widely accepted value, further experiments on different DEMs at different resolutions and for different topographic details are needed.

Keywords: Drainage network extraction, DEM, Map scale, Spatial resolution, Flow accumulation threshold.

المقدمة

التعميم، أو بيانات قليلة التفاصيل عديمة الفائدة ولا تساعد على تحليل صحيح.

يُستنتج مما سبق أن عملية تمثيل المجاري المائية عند مقياس رسم معين بالطريقة التقليدية تتطلب قدراً كبيراً من المهارة الشخصية أكثر منها قواعد وإرشادات تنفيذية محددة. وبذلك فإن التمثيل الخرائطي التقليدي ليس محكوماً بآلية قابلة للقياس والتكرار كالعنصرية التقنية التي تتميز بصرامتها وإمكانية تكرارها وإخراج نفس النتائج، خصوصاً لبعض العمليات التي تتطلب قدراً من المرونة مثل التعميم الخرائطي. فعملية إبقاء بعض الظواهر أو إزالتها تعتمد على أهميتها ودلالاتها المحلية مما يجعل هذه العملية مهارة خرائطية محكومة بخبرة الخرائطي؛ ومن ثم يتوقع بالضرورة أن الخرائطين ينتجون مثلاً شبكات مجاري مائية بدرجات تفصيلية مختلفة.

وفي هذا الاتجاه، يركز هذا البحث على تقديم آلية رقمية لاستخراج شبكة مجاري مائية من نماذج الارتفاع الرقمي تأخذ عامل مقياس الرسم في الاعتبار؛ أي شبكة مجاري مائية مناسبة لمقياس الرسم بالدرجة الأولى. وهذا العامل يعد أهم العوامل التي تتحكم في درجة تفاصيل الظاهرة الجغرافية بهدف الوصول إلى تمثيل مناسب يبرز شخصية الظاهرة على حساب التفاصيل غير المهمة. وبذلك يمكن الخروج بدرجة وضوح مكانية ملائمة للشكل الهندسي للظاهرة الجغرافية. وللوصول إلى هذا الهدف لابد أولاً من ربط درجة وضوح نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بمقياس الرسم، وثانياً لابد من تحديد المعيار الخرائطي المعني بأقصر مجرى يجب أن يظهر عند مقياس الرسم المعطى، وثالثاً الربط بين هذا المعيار وقيمة عتبة التدفق التراكمي لاستخراج المجاري المائية. وهذا ما سوف تتبعه هذه الدراسة بنفس الترتيب، ثم مناقشة النتائج وتقييمها من المنظور الخرائطي. وبهذا فإن هذه الدراسة تعد من الدراسات المهمة في مجال تأطير المعرفة الخرائطية (Formalizing Cartographic Knowledge) من خلال أتمتة العمليات الخرائطية سعياً لتقديم حلول عملية موضوعية تسهل مهمة إعداد الخرائط آلياً دونما إخلال بأسس ومفاهيم خرائطية أصيلة.

مصطلحات الدراسة:

عتبة التدفق التراكمي (Flow Accumulation Threshold): تعتبر الأسلوب الأكثر شيوعاً لاستخراج شبكات التصريف؛ فهي الحد الأدنى من مساحة الحوض واللازمة لبدء التصريف لتشكل شبكات مجاري الأودية، وعلى الرغم من أن اختلاف قيمة مساحة العتبة يؤدي إلى استخراج شبكات مجاري متباينة للحوض ذاته إلا أنه يتم تحديدها بطريقة عشوائية أو تجريبية متكررة، أو على أساس التشابه البصري بين الشبكة المستخرجة والخطوط الزرقاء المبينة على الخرائط الطبوغرافية (Helmlinger et al., 1993: 2600; Montgomery and Foufoula-Georgiou, 1993: 3925). ويعتبر تحديد قيمة عتبة التدفق التراكمي قضية بحثية اهتمت بها العديد من الدراسات.

يتطلب تمثيل شبكات المجاري المائية على مقياس رسم متوسط بالطريقة التقليدية (اليديوية) حذف بعض التفاصيل، والاحتفاظ بأخرى للدلالة على الخصائص العامة وتوزيع التصريف، وذلك في إطار عملية التعميم الخرائطي. فالحكم في حذف بعض التفاصيل يتركز على الأهمية النسبية للدلالة المحلية للظاهرة وليس حجمها فقط. فالحذف الانتقائي يمكن تطبيقه باستمرار على مساحات واسعة، إلا أن صعوبة التحكم في تطبيقه تزداد كلما صغرت المنطقة أو المساحة (النطاق المحلي). ولجعل عملية الحذف الانتقائي منطقية وأكثر اتساقاً؛ فإنه يمكن تصنيفها إلى مجموعتين رئيسيتين: الأولى محدّدة ترى إجراء عملية الحذف ضرورة لتخفيض كمية المعلومات عند تصغير المقياس، والثانية مؤكدة تستخدم معلومات إضافية للأهمية النسبية وللتأكيد على أهمية الظواهر الصغيرة (Keates, 1989).

يسهم الحذف في تقييد دلالة الظاهرة التي تم اختيارها وتصميمها، كما أنه متفاوت في أثره تبعاً للمقياس، والكثافة الجغرافية، والأهمية النسبية. فعلى سبيل المثال، الخريطة التي تحتوي على ظاهرة الأنهار لا توضح بالضرورة جميع الخصائص الموجودة في المنطقة، ولكن نسبة معينة منها فقط، وتختلف من جزء لآخر في الخريطة (Keates, 1982). كما أن عملية اختيار خاصية من خصائص الظواهر مرتبطة بالهدف من الخريطة؛ فالخريطة قد تشتمل على ظواهر مائية رئيسية، وقد لا تشتمل على شيء منها، وعليه لابد أن يكون لدى رسامي الخرائط فكرة واضحة عن المعلومات التي ستقدم على الخريطة. فالمفهوم الشامل للخريطة والغرض منها والتصميم الأولي يتحكم فيما يعرض من ظواهر ومعلومات جغرافية. فالخرائطيون يضطرون إلى حذف بعض النقاط يدوياً، سواء كان ذلك للظاهرة النقطية أو الخطية أو المساحية، استناداً ليس فقط على تعقيد الظاهرة بل على موضوع الخريطة ومقياس الرسم. وفي هذه القرينة يقوم الخرائطي بحذف النقاط غير المهمة بصرياً، وهذه العملية مهارة يكتسبها الخرائطي بعد خبرة كبيرة (Robinson et al., 1995).

ومع ذلك، لم تعط متطلبات التمثيل الخرائطي الاهتمام الكافي عند استخراج البيانات الخطية، مثل مجاري الأودية من نموذج الارتفاع الرقمي، وبخاصة مقياس الرسم الملائم لدرجة وضوح نموذج الارتفاع الرقمي (DEM Resolution). وهذا يؤدي إلى عدم تطابق هذه البيانات مع بيانات مكانية أخرى مثل المرتبات الفضائية أو الصور الجوية. كما أن عدم الالتزام بمتطلبات التمثيل الخرائطي الرقمي الملائم للهدف والعرض أثناء تجهيز قاعدة بيانات وما يستلزم ذلك من توفر اتساق وتكامل في البيانات، يعد خطأً أو ما يعرف بالصحة الزائفة (False Accuracy)، وهذا بدوره يقود إلى مخرجات خاطئة أو مضللة سواء من حيث العرض أو التحليل. فقاعدة البيانات الجغرافية ليست منفصلة عن الأسس والمفاهيم الخرائطية، فالبيانات التي تخرج من نماذج الارتفاع الرقمية مثلاً لم تراعي متطلبات جودة التمثيل الخرائطي فينتج منها إما بيانات تفصيلية أكثر من اللازم ومن ثم الحاجة إلى

التمميم الخرائطي (Cartographic Generalization): هو تطبيق كل التحويلات المكانية والخصائص من أجل الحفاظ على الوضوح، مع المحتوى الملائم، عند مقياس معين؛ لغرض الخريطة المختار والجمهور المستهدف (Goodchild, 1996: 767). والتمميم الخرائطي هو تمثيل تجريدي للظواهر أو المعالم الجغرافية، استلزم عمليات تقليل أو تخفيض أو تبسيط للتفاصيل تبعاً لتغير مقياس الرسم أو درجة الوضوح، ويشمل عملية تخفيض عدد النقاط في خط دون أن تفقد المعالم شكلها الأساسي، وكذا توسيع وإعادة تمثيل الخلايا في النموذج الخلوي (Wade and Sommer, 2006: 83).

خلفية نظرية

ناقشت العديد من الدراسات أثر عتبة التدفق التراكمي على شبكات المجاري المائية المستخرجة من نماذج الارتفاع الرقمي؛ فعلى سبيل المثال، أشارت دراسة أولكلاين ومارك (O'Callaghan and Mark, 1984) إلى أن عتبة التدفق التراكمي تتحكم في حجم شبكة للمجاري المائية. في حين توصلت دراسة جنسون ودومينك (Jen-son and Domingue, 1988)، ودراسة مونتقمري وفوفولا-جورجيو (Montgomery and Foufoula-Georgiou, 1993) إلى وجود علاقة عكسية بين قيمة عتبة التدفق التراكمي وكثافة شبكة المجاري المائية. أما دراسة تشن وآخرين (Chen et al., 2010) فتوصلت إلى أن أطوال وكثافة شبكة المجاري المائية تتأثر بقيمة العتبة.

وتوصلت دراسة جياسي- أجيا وآخرين (Gyasi- Agyei et al., 1995) إلى أن اختلاف قيمة العتبة المستخدمة يؤثر على تمثيل شبكات المجاري المائية المستخرجة من نماذج الارتفاع الرقمي تأثيراً مماثلاً لأثر تغيير مقياس الخريطة. وأشارت دراسة (الغامدي، ٢٠٠٦) إلى أن قيمة عتبة التدفق التراكمي ليست ثابتة بحيث تصلح لكل شبكة مجاري مائية.

وتوصلت دراسة هيلمينجر وآخرين (Helmlinger et al., 1993) إلى أن الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف تختلف باختلاف قيمة العتبة؛ وبالتالي فإن الإشارة إلى هذه الخصائص دون توضيح قيمة العتبة المرتبطة بها والمستخدم لاستخراج الشبكة يجعل استخدامها في الدراسات الهيدرولوجية موضع شك. وأشارت الدراسة إلى أن اكتمال شبكة المجاري المائية يعتمد على قيمة العتبة لكن بطريقة لا يمكن التنبؤ بها. وأشارت دراسة مينغليانغ وآخرين (Mingliang et al., 2008) إلى أن العلاقة بين عتبة التدفق التراكمي وعدد رتب المجاري المائية علاقة عكسية، لكن لم يتضح من الدراسة كيفية قياس العلاقة الكمية بينهما. وأوصت الدراسة بزيادة الاهتمام بغموض تأثير عتبة التدفق التراكمي في مجال النمذجة الهيدرولوجية، مع أخذ الحذر والموضوعية عند اختيار قيمة العتبة. وهذا يتفق مع ما أشارت إليه دراسة داروس وبورجا (DaRos and Borga, 1997) من حيث شدة تأثير العتبة على حجم أو اكتمال الشبكة وخصائصها المورفومترية، حيث بينت الدراسة أن زيادة مساحة العتبة يتبعه انخفاض في أطوال المجاري وعددها.

وعلى الرغم من اتفاق معظم الدراسات على أثر قيمة عتبة التدفق التراكمي في الشبكات المستخرجة من نماذج الارتفاع الرقمي، وحرصها على استخراج شبكات مجاري مائية مناسبة من خلال استخدام مصادر بيانات مختلفة كضابط لقيمة العتبة، إلا أنها لم تأخذ في الاعتبار مدى توافق درجة وضوح نموذج الارتفاع الرقمي مع درجة وضوح مصادر البيانات المعتمدة للصحة. وهذا يؤدي إلى إنتاج خرائط لشبكات مجاري مائية لا تتفق مع المقياس الخرائطي الذي يتم عرضها عليه، ومع ذلك يتم الاعتماد على هذه الخرائط لإجراء الحسابات المورفومترية وغيرها.

من جهة أخرى، اعتمدت بعض الدراسات على الشبكات المرقمة (Digitized) من الخرائط كميّار لصحة الشبكات المستخرجة من نماذج الارتفاع الرقمي، مثل دراسة أنورنو وآخرين (Anornu et al., 2012) التي قارنت بين الشبكات المشتقة آلياً من نموذجي ارتفاع رقمي، أحدهما من نوع (ASTER) بدرجة وضوح (٢٠ م)، والآخر من نوع (SRTM) بدرجة وضوح (٩٠ م) مع شبكة مماثلة من الخريطة الطبوغرافية. فالدراسة قارنت بين نموذجي ارتفاع رقمي وخريطة طبوغرافية دون مراعاة مفهوم تقارب أو توحيد درجات الوضوح المكاني. أما دراسة غولغن وغوكغوز (Gulgen and Gokgoz, 2007) فقارنت بين شبكة المجاري المائية المستخرجة آلياً من نموذج الارتفاع الرقمي بدرجة وضوح (١٠ م) بالشبكة المرقمة من خريطة كميّار للصحة. ولكن لم تحدد هذه الدراسة مقياس رسم الشبكة المرقمة، ومدى ملائمتها لدرجة وضوح نموذج الارتفاع الرقمي الذي استخرجت منه شبكات المجاري بطريقة آلية. واعتمدت دراسة عبدالله وآخرين (Abdallah et al., 2006) شبكات المجاري المائية المرقمة يدوياً من الخرائط الطبوغرافية مقياس (٥٠,٠٠٠: ١) معياراً لصحة المجاري المائية المستخرجة آلياً من نموذج الارتفاع الرقمي بدرجة وضوح (٣٠ م). لكن هذه الدراسة أيضاً استخدمت الشبكة المستخرجة من خريطة طبوغرافية كميّار لصحة الشبكة المستخرجة من نموذج الارتفاع الرقمي دون مراعاة مدى توافق مقياس الخريطة الطبوغرافية مع درجة وضوح نموذج الارتفاع الرقمي.

كما اعتمدت دراسات أخرى على الشبكة المستخرجة من نموذج الارتفاع الأعلى وضوحاً، مثل دراسة جوا-آن وآخرين (Guo- an et al., 2001) التي اعتمدت شبكات المجاري المائية المستخرجة من نموذج ارتفاع رقمي بدرجة وضوح (٥ م) معياراً لصحة شبكات المجاري المائية المستخرجة من نماذج الارتفاع الرقمي بدرجات وضوح (١٠ م)، و(٢٠ م)، و(٤٠ م). أيضاً، اعتمدت دراسة جياسي- أجيا وآخرين (Gyasi- Agyei et al., 1995) نموذج الارتفاع الرقمي الأعلى وضوحاً معياراً لصحة الشبكات عند استخراج شبكة المجاري المائية من نماذج ارتفاع رقمي (DEM) لحوضي تصريف مياه صناعيين بدرجة وضوح (١ م)، ولحوضي تصريف مياه طبيعيين بدرجة وضوح (٢٠ م)، و(٥٠ م). كما اعتمدت بعض الدراسات على الصور الجوية أو المرئيات الفضائية

مائية متسقة مع المتطلبات الخرائطية والتي يأتي في مقدمتها مقياس الرسم.

بيانات الدراسة:

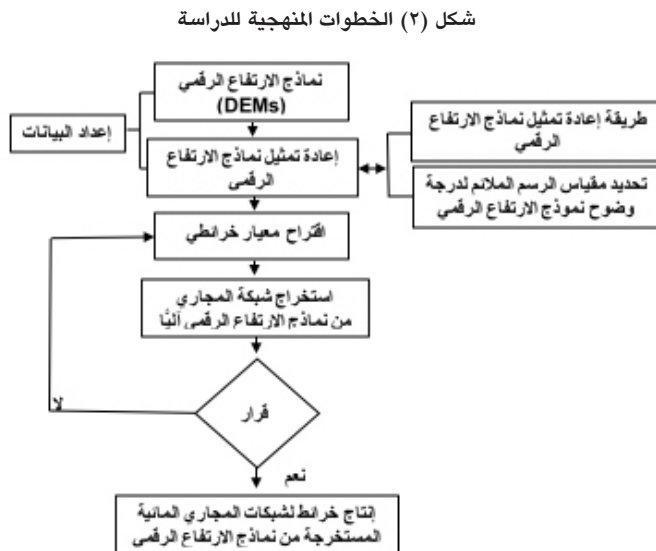
تم تطبيق الدراسة على نموذج ارتفاع رقمي للحوض الأعلى لوادي راش الذي يقع بمنطقة الباحة جنوب غرب المملكة العربية السعودية. ينبع من سلسلة جبال الحجاز من محافظة بلجرشي، وينحدر باتجاه الجنوب، وتبلغ مساحته (١٢٧) كيلا مربعا، كما يتصف بالتضرس الشديد، الشكل (١). وهو نموذج تم اقتطاعه من نموذج يغطي منطقة أكبر تم إنتاجه من قبل الباحثين باستخدام مريثات (Stereo-pair) من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية -معهد دراسات وأبحاث علوم الفضاء للقمر الصناعي SPOT 5، من اللاقط HRG 2، وبالنطاق الأبيض والأسود (Panchromatic) وبدرجة وضوح (٢,٥م)، ومستوى معالجة Level A1.

وقد تم اختيار نموذج الارتفاع الرقمي للحوض الأعلى لوادي راش بمنطقة الباحة في المملكة العربية السعودية لتطبيق الدراسة وإجراء التجارب؛ لتوافر خريطين طبوغرافيتين بمقياسي (١: ٥٠,٠٠٠)، و(١: ٢٥٠,٠٠٠) لنفس شبكة المجاري المائية. مما يساعد على التحقق من مناسبة القيمة المحددة لأقصر مجرى يظهر على الخريطة لضبط قيمة عتبة التدفق التراكمي لاستخراج شبكة مجاري الأودية من نموذج الارتفاع الرقمي.

منهجية الدراسة

استخدمت الدراسة المنهجية التجريبية (Experimental)؛ لأنها تهتم بالتمذجة (Modeling) وبناء الحلول أو النماذج معتمدة على نظم المعلومات الجغرافية.

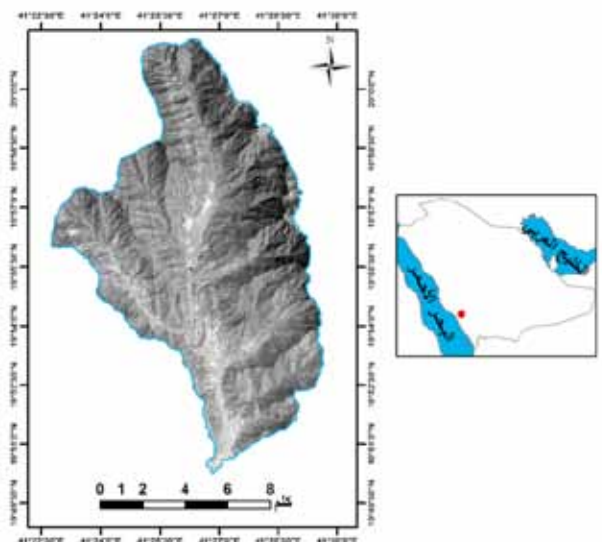
فقد تم في هذا البحث استخراج شبكة المجاري المائية باستخدام برنامج (ArcHydro) الملحق بنظام (ArcGIS) الذي يمثل بيئة العمل الفعلية. أما تنفيذ المنهجية فستكون على النحو التالي (الشكل ٢):



أو العمل الميداني أو اعتمادها جميعاً كمعيار للصحة مثل دراسة (الغامدي، ٢٠٠٦) التي استخدمت شبكة المجاري المائية المرقمة يدوياً من بيانات القمر الهندي (IRS-Pan) بدرجة وضوح (٥,٨ م) لحوض صغير من وادي ذرى كمعيار لصحة الشبكة المشتقة من نموذج الارتفاع الرقمي (٣٠ م). واعتمدت دراسة جارسيا وكاماراسا (Garcia and Camarasa, 1999) على ترقيم شبكة المجاري المائية من الصورة الجوية بمقياس (١:٣٣,٠٠٠)، بالإضافة للعمل الميداني، كمعيار لصحة شبكة المجاري المائية المستخرجة من نموذج الارتفاع الرقمي بدرجة وضوح (٢٥ م). أما دراسة تشن وآخرين (Chen et al., 2010) فاعتمدت على العمل الميداني والتحليل المتكامل لصور الاستشعار عن بُعد (SPOT5) بوضوح مكاني (٢,٥ م) كمعيار لصحة الشبكات المستخرجة من سبعة نماذج ارتفاع رقمي بدرجات وضوح راوحت بين (٥م)، و(٣٢٠م). ويلاحظ اعتماد هذه الدراسة على مريثة فضائية ذات درجة وضوح مرتفعة مقارنة بدرجات وضوح نماذج الارتفاع الرقمي. في حين اعتمدت دراسة حسين زاده (Hossein-zadeh, 2011) على ترقيم شبكة المجاري المائية من صور الأقمار الصناعية (IRS)، وتفسير الصور الجوية بمقياس (١: ٢٠,٠٠٠)، بالإضافة للعمل الميداني، كمعيار لصحة شبكة المجاري المائية المستخرجة من نموذج الارتفاع الرقمي بدرجة وضوح (٣٠ م). ويُلاحظ استخدام صور الأقمار الصناعية وتفسير الصور الجوية والعمل الميداني دون مراعاة ما إذا كانت تتناسب مع درجة وضوح نموذج الارتفاع الرقمي.

يلاحظ مما سبق أن هناك إدراك بوجود علاقة بين نموذج البيانات الرقمي وشبكة المجاري المائية وقيمة عتبة التدفق، ومدى تأثير هذه العلاقة على تفصيل الشبكة، ومن ثم أهمية ضبط هذه العلاقة من خلال أكثر من طريقة. وبالمثل، هناك إدراك بأهمية المقارنة مع خرائط أو مريثات فضائية أو صور جوية. بالمقابل، يلاحظ غياب الرجوع إلى الارشادات العملية الخرائطية، وغياب تقديم آلية رقمية يمكن الاعتماد عليها لاستخراج شبكة مجاري

شكل (١) منطقة الدراسة (الحوض الأعلى لوادي راش)



وفي إطار إمكانية درجة وضوح نموذج الارتفاع الرقمي. وتبين الأجزاء اللاحقة تفصيلاً لهذه العملية.

التحليل والنتائج

بناءً على ما تقدم من عرض عام لمراحل المنهجية، فإن عرض النتائج سيكون وفقاً لتسلسل المنهجية وذلك على النحو المبين أدناه.

أولاً: تحديد المعيار الخرائطي لتمثيل شبكة المجاري المائية تحاول هذه الدراسة أن تحقق توازناً حذراً ومقبولاً لعملية نمذجة العلاقة بين درجة وضوح نموذج الارتفاع الرقمي، وقيمة عتبة التدفق التراكمي، والمتطلبات الخرائطية. فالتعامل مع نماذج الارتفاع الرقمي يفترض وجود قدر واضح من الانتظام الرقمي في الحساب، والتمثيل، والنمذجة. في حين أن خاصية انتظام المعايير الخرائطية تقل كلما صغر المقياس؛ لأن تمثيل الظواهر مرتبط بأهميتها النسبية. فعلى سبيل المثال، يمكن التنبؤ بمقدار انخفاض درجة وضوح نموذج الارتفاع الرقمي تبعاً لمقياس الرسم؛ أي أن هناك علاقة كمية طردية منتظمة يمكن تقديرها بين درجة وضوح نموذج الارتفاع الرقمي ومقياس الرسم، بينما يصعب أو لا يمكن التنبؤ بكمية المعلومات المُمثلة على الخرائط بمقاييس مختلفة، وذلك لخضوعها لخبرة الخرائطي. ولأن الهدف من العمل هو محاولة إيجاد طريقة موضوعية للتنبؤ بقيمة عتبة التدفق التراكمي لجعل عملية الإنتاج الخرائطي أكثر موضوعية؛ فمن خلال البحث في المعايير والمواصفات الخرائطية المستخدمة لتمثيل شبكات المجاري المائية والمتبعة في المؤسسات الخرائطية، يلاحظ أن معظمها يعتمد على خاصيتي طول وعرض المجرى كمعايير لتمثيل المجاري في الخرائط بالمقاييس المختلفة، سواء كان ذلك لتمثيلها على هيئة خطوط (Lines) أو مضلعات (Polygons) أو حتى حذفها. وقد تم اختيار معيار طول أقصر مجرى مائي يظهر على الخريطة عند مقياس رسم معين كمعيار لتحديد قيمة عتبة التدفق التراكمي؛ وذلك لاهتمام هذه الدراسة بتمثيل المجاري المائية كظاهرة خطية.

وبالنسبة لمقدار أقصر مجرى يمكن تمثيله على مقياس معين فقد وُجد أن هناك أكثر من قيمة لتحديد مقدار أقصر مجرى لنفس مقياس الرسم عند مؤسسات الإنتاج الخرائطي الرسمية الشهيرة، كما يتضح من الآراء الموضحة أدناه.

تستلزم المساحة الجيولوجية الأمريكية (U.S. Geological Survey, 2009) لاختيار المجاري المائية عند مقياس رسم (١: ٢٤,٠٠٠) ألا يقل أقصر مجرى مائي عن (٧٦٢ م) على الطبيعة (٣,١٧٥ سم) على الخريطة. كما تستلزم لاختيار المجاري المائية عند مقياس رسم (١: ١٠٠,٠٠٠) أطوالاً وفق ثلاث حالات: ألا يقل الحد الأدنى للمجرى المائي الدائم عن (١٦٠٠ م) على الطبيعة (١,٦ سم) على الخريطة، وألا يقل الحد الأدنى للمجرى المائي الموسمي في المنطقة الرطبة عن (١٦٠٠ م) على الطبيعة (١,٦ سم)

• المرحلة الأولى: إعداد البيانات.

• المرحلة الثانية: التعرف على المعايير الخرائطية المستخدمة لتمثيل شبكات المجاري المائية في المؤسسات الخرائطية العالمية. ومن ثم إيجاد وتحديد المعيار الخرائطي الملائم.

• المرحلة الثالثة: إجراء التجارب على المعيار الخرائطي المقترح لتمثيل شبكات المجاري المائية، واستخراجها من نماذج الارتفاع الرقمي آلياً باستخدامه.

المرحلة الأولى: إعداد البيانات

تم بناء قاعدة بيانات باستخدام برنامج (Arc Catalog) أحد البرامج الملحقة ببرنامج (Arc GIS)، ثم تم في برنامج (Arc Map) إجراء إعادة التمثيل (Resampling) لنموذج الارتفاع الرقمي بدرجة وضوح (٢,٥ م) إلى سلسلة من نماذج الارتفاع الرقمي بدرجات وضوح أقل تتناسب مع مقاييس الرسم التقليدية (١: ١٢,٥٠٠) و (١: ٢٥,٠٠٠) و (١: ٥٠,٠٠٠) و (١: ١٠٠,٠٠٠) و (١: ٢٥٠,٠٠٠) و (١: ٥٠٠,٠٠٠) و (١: ١٠٠٠,٠٠٠) وقد تم ذلك اعتماداً على المعادلة رقم (١) والمعادلة رقم (٢) التي توصلت لها دراسة (السفري والغامدي، ٢٠١٧).

(معادلة رقم ١) $Scale Map = 5000(DEM Resolution)^1$

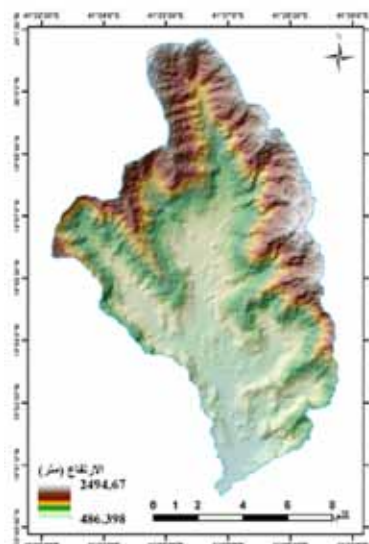
(معادلة رقم ٢) $DEM Resolution = 0,0002(Scale Map)^1$

وتم استخدام التمثيل من الأصل اعتماداً على طريقة الجار الأقرب (Nearest Neighbor) في عملية إعادة تمثيل نماذج الارتفاع لإنتاج نماذج ارتفاع رقمي بدرجات وضوح أقل؛ للحصول على أكبر قدر ممكن من تفاصيل لشبكة المجاري المائية، وللحفاظ على تفاصيل نموذج الارتفاع الرقمي.

وقد تم اختيار طريقة الجار الأقرب لأنها تعتبر الطريقة الوحيدة التي لا تدخل قيماً جديدة في مجموعة البيانات، ولا تنتج قيماً متداخلة؛ مما يجعلها مثالية للحفاظ على مجموعة البيانات (Studley and Weber, 2011). وبذلك تم إنتاج (٧) نماذج ارتفاع رقمي وبسبع درجات وضوح راوحت ما بين (٢,٥ م) و (٢٠٠ م)؛ للحوض الأعلى لوادي راش (شكل ٣).

المرحلة الثانية: التعرف على المعايير الخرائطية المستخدمة لتمثيل شبكات المجاري المائية في المؤسسات الخرائطية العالمية، وتحديد المعيار الخرائطي الملائم لاستخراج الشبكات. وفي هذه المرحلة تم اعتماد معيار أقصر مجرى مائي يجب إظهاره على الخريطة وفق مقياس رسم معطى، باعتباره المعيار الخرائطي الأنسب، حيث تم البحث في المعايير المستخدمة في مؤسسات الإنتاج الخرائطي الرسمية.

المرحلة الثالثة: تم في هذه المرحلة إجراء التجارب على المعيار الخرائطي المقترح لاستخراج شبكات المجاري المائية من نماذج الارتفاع الرقمي؛ لتحديد مقدار الطول الذي يضمن تمثيلاً مناسباً لكثافة وأطوال شبكة المجاري المائية وفق مقياس رسم معين



شكل (٣) نموذج الارتفاع
الرقمي لمنطقة الدراسة
(الحوض الأعلى لوادي
راش)

جدول (١) مقدار أقصر مجرى مائي على خرائط طبوغرافية مختارة

مقياس الرسم	مقدار أقصر مجرى مائي (منطقة شديدة التضرس)		مقدار أقصر مجرى مائي (منطقة قليلة التضرس)	
	على الخريطة (ملم)	على الطبيعة (م)	على الخريطة (ملم)	على الطبيعة (م)
١: ١٠,٠٠٠	٧	٧٠	١٥	١٥٠
١: ٥٠,٠٠٠	١٠	٥٠٠	٦	٣٠٠
١: ٢٥٠,٠٠٠	٦	١٥٠٠	٨	٢٠٠٠

جدول (٢) معدل مقدار أقصر مجرى مائي على الخرائط الطبوغرافية

مقياس الرسم	مجموع مقدار أقصر مجرى مائي على الخريطين (ملم)	المعدل	مقدار أقصر مجرى مائي	
			على الخريطة (ملم)	على الطبيعة (م)
١: ١٠,٠٠٠	٢٢	١١	١١	١١٠
١: ٥٠,٠٠٠	١٦	٨	٨	٤٠٠
١: ٢٥٠,٠٠٠	١٤	٧	٧	١٧٥٠

في اختيار تفاصيل أعلى عند مقاييس الرسم الكبيرة خاصة مع صغر مساحة المنطقة التي تمثلها الخريطة. كما يلاحظ أيضاً، عدم انتظام هذا التدرج في الزيادة من مقياس لآخر. يُستنتج من القياسات التطبيقية أعلاه أن عدم انتظام تدرج مقدار أقصر مجرى يظهر على الخريطة، وفقدانه للاتجاه الصحيح، أو حتى انعدامه، يؤكد على ما تم الإشارة إليه أعلاه. وهو أن تمثيل المجاري المائية خرائطياً، والتمثيل الخرائطي بصفة عامة، يخضع لخبرة الخرائطي الذاتية. وهذه الخبرة تتميز بأنها معقدة ولا تتقيد بمعيار صارم قادر على التنبؤ؛ إذ تأخذ في الاعتبار عدة عوامل واعتبارات في وقت واحد مثل طبيعة المنطقة المُمثلة، ومساحتها، وأهمية الظاهرة المُمثلة، ومقياس رسم الخريطة. ويمكن تلخيص أبرز الآراء حول مقدار أقصر مجرى على الخريطة وفقاً لمقياس الرسم في الجدول (٣). حيث يلاحظ من الجدول (٣) عدم وجود اتفاق على معايير خرائطية موحدة لدى المؤسسات الخرائطية العالمية بخصوص مقدار أقصر مجرى مائي يظهر على

على الخريطة، وألا يقل الحد الأدنى للمجرى المائي الموسمي في منطقة جافة عن (٣٠٤٨ م) على الطبيعة (٣,٠٤٨ سم) على الخريطة (Sen and Gokgoz, 2013).

أما المساحة العامة السعودية (Saudi General Survey, n.d.) فتشترط في قاعدة بيانات مقياس (١: ٢٥,٠٠٠) ألا يقل أقصر مجرى مائي عن (١٦٠ م) على الطبيعة، (٠,٦٤ سم) على الخريطة. وأن مواصفات قاعدة بيانات مقياس (١: ٢٥,٠٠٠) هي نصف مواصفات قاعدة بيانات مقياس (١: ٥٠,٠٠٠).

أما المعهد الجغرافي العسكري الإيطالي (IGMI) فيشترط في قاعدة بيانات مقياس (١: ٢٥,٠٠٠) ألا يقل الحد الأدنى للمجرى المائي عن (٢٥٠ م) على الطبيعة، (١ سم) على الخريطة (Sandro et al., 2011).

كما اقترح رابوسو (Raposo, 2010) تحديد طول الخط على الخريطة من خلال الربط بين نظريتي جمع العينات لتوبلور (To-bler, 1987) التي تنص إحداها على "أنه يمكن التقاط ظاهرة فقط إذا كان معدل جمع العينات هو نصف حجم الظاهرة المراد كشفها"، وتنص الأخرى على "أن أفضل قانون للتجربة هو استخدام فاصل أخذ العينات بمقدار خمس امتداد الظاهرة المراد كشفها". فعلى سبيل المثال، يكون أقصر خط يظهر على الخريطة هو (٦٢,٥ م) على الطبيعة عند مقياس رسم (٢٥,٠٠٠ ١:١)، وبطول (٢,٥ ملم) على الخريطة، من خلال ضرب درجة وضوح الخريطة (١٢,٥ م) في خمسة (٥).

وتبعاً لاختلاف القيم لمعيار أقصر مجرى مائي يظهر على الخريطة؛ فقد استدعى الأمر إجراء قياسات على الخرائط الطبوغرافية السعودية، وذلك لست خرائط طبوغرافية بمقاييس رسم: (١: ١٠,٠٠٠)، و(١: ٥٠,٠٠٠)، و(١: ٢٥٠,٠٠٠)، بواقع خريطين لكل مقياس. فتم قياس أقصر مجرى مائي ظهر على الخريطة وذلك في منطقتين؛ إحداها منطقة شديدة التضرس، والأخرى منطقة قليلة التضرس؛ للحصول على قياسات تساعد على المقارنة والاستنتاج. كما روعي عند أخذ قياسات المجاري الصغيرة أن تكون هذه المجاري بعيدة عن إطار الخريطة؛ لتُمثل المجرى الأصغر الذي يظهر واضحاً على الخريطة والذي قد يُمثل في الوقت ذاته المعيار المعتمد لدى الخرائطي في عمله، ويبين الجدول (١) نتيجة القياسات.

يُلاحظ من الجدول (١) أنه لا يوجد تدرج في الزيادة في مقدار أقصر مجرى على الخريطة، سواء كانت المنطقة شديدة التضرس أو قليلة التضرس. هذه النتيجة، وأياً كان السبب، تؤكد ما تم توضيحه سابقاً حول آلية العمل الخرائطي اليدوي. وقد تم حساب معدل القياسين لكل مقياس رسم؛ للخروج بنتيجة موحدة لتكرار القياس، كما هو مبين في الجدول (٢). ويُلاحظ من الجدول (٢) أن طول أقصر مجرى مائي على الخريطة أصبح متدرجاً في الزيادة باتجاه المقياس الأكبر، والعكس صحيح. وهذا في الحقيقة لا يتوافق مع المنظور الخرائطي؛ إذ من الأفضل أن يكون مقدار أقصر مجرى مائي على الخريطة إما ثابتاً باختلاف مقاييس الرسم أو متناقصاً باتجاه المقياس الأكبر؛ مما يسهم

القيمة الأولى:

تم اختيار القيمة الأولية لضبط قيمة عتبة التدفق التراكمي لتكون (٣ سم) والتي حددتها هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية باعتبارها أقصر خط يمكن رسمه على الخريطة للمجاري المائية في المناطق الجافة. وقد تم اختياره لاتفاقه مع المنظور الخرائطي. ذلك وكما يتضح من الجدول رقم (٤)، فإن (٣ سم) على خريطة بمقياس رسم (١: ١٠,٠٠٠) تمثل (٣٠٠ م) على الطبيعة، و(٣٠٠ م) على الطبيعة عند مقياس رسم (١: ١٠٠,٠٠٠). وهذا يدل على وجود تفاصيل أكبر على الخريطة الأولى (مقياس أكبر) مقارنة بالخريطة الثانية (مقياس أصغر). وبهذا تكون (٣ سم) هي القيمة الأولى التي سيتم اختبارها وتقييمها.

وفقاً لقيم أقصر مجرى مائي في الجدول (٤)، تم ضبط قيمة عتبة التدفق التراكمي يدوياً (تدخل متكرر) في البرنامج ليتوافق مقدار أقصر مجرى في الشبكة مع القيمة الأولى بالمتر عند كل مقياس رسم. وفي هذا تم اختيار قيمة أولية أصغر لعتبة التدفق التراكمي لاستخراج أعلى كثافة ممكنة لشبكة المجاري المائية، ليتبع ذلك قياس أطوالها ثم تتبع المجاري المائية المخالفة للقيمة المحددة، ومن ثم العمل على التخلص منها آلياً من خلال تغيير

الخريطة. كما لا يوجد معيار خرائطي تعتمده مؤسسه خرائطية معينة لجميع المقاييس الخرائطية المتعارف عليها ضمن التدرج المناسب من مقياس إلى آخر. بالإضافة إلى أن بعض المؤسسات الخرائطية تترك هذه القضية لخبرة الخرائطي المنتج للخريطة، إذ يلاحظ تباين قيمة أقصر مجرى مائي يظهر على الخريطة عند قياسه من خريطتين بنفس المقياس، وتكرر ذلك في ثلاث مقاييس رسم: (١: ١٠,٠٠٠)، و(١: ٥٠,٠٠٠)، و(١: ٢٥٠,٠٠٠). وهذا لا يتفق مع فكرة أتمتة الخرائط. لذا كان لابد من إجراء تجارب وقياسات؛ لتحديد معيار خرائطي يضمن التدرج من مقياس إلى آخر. ويسهم في وضع أساس يكون انطلاقة لأتمتة المعايير الخرائطية.

ثانياً: ضبط قيمة عتبة التدفق لاستخراج شبكات المجاري المائية من نماذج الارتفاع الرقمي.

نظراً لاختلاف الآراء حول تحديد أقصر مجرى يظهر على الخريطة وفقاً لمقياس الرسم؛ فإنه لابد من تحديد قيمة معينة لتقدير الحد الأدنى لطول مجرى مائي عند كل مقياس رسم، استناداً إلى المعايير الخرائطية المؤسسية. وعليه، فقد تم اختيار ثلاثة قيم لإجراء التجارب عليها، ثم تحديد القيمة الأمثل.

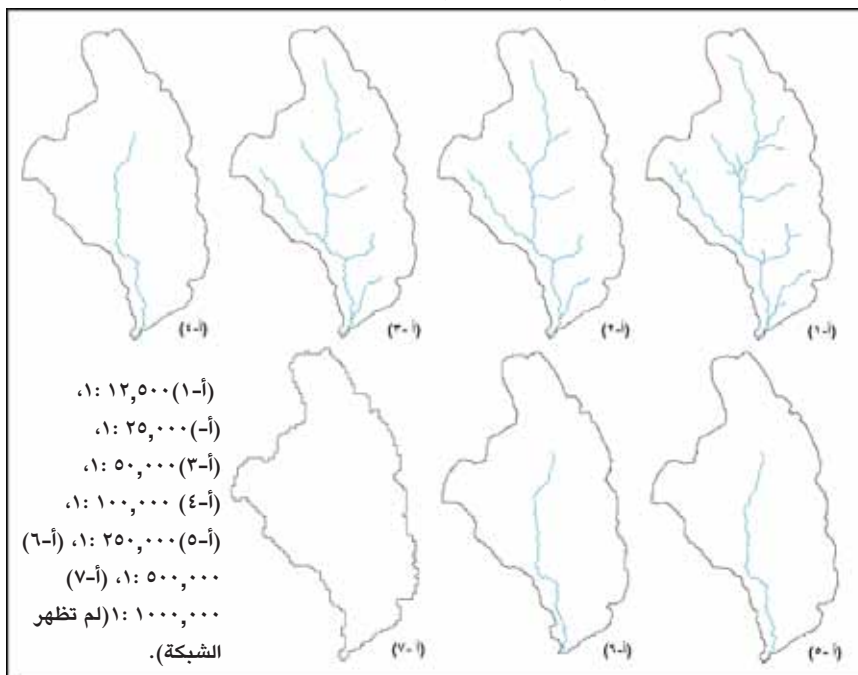
جدول (٣) مقياس الرسم ومقدار أقصر مجرى وفقاً لعدد مختار من المصادر.

ملاحظات	المصدر	مقدار أقصر مجرى مائي				مقياس الرسم
		المعدل		على الخريطة (سم)	على الطبيعة (م)	
		على الخريطة (سم)	على الطبيعة (م)			
محسوبة من القياس على الخريطة.	خريطة طبوغرافية، وزارة الشؤون البلدية والقروية، الإدارة العامة للمساحة والخرائط-السعودية.	١,١	١١٠	١,١	١١٠	١: ١٠,٠٠٠
	المساحة الجيولوجية الأمريكية.	٣,١٧٥	٧٦٢	٣,١٧٥	٧٦٢	١: ٢٤,٠٠٠
	المعهد الجغرافي العسكري الإيطالي.	٠,٨٢	٢٠٥	١	٢٥٠	١: ٢٥,٠٠٠
	المساحة السعودية العامة.			٠,٦٤	١٦٠	
					٠,٦٤	٣٢٠
محسوبة من القياس على الخريطة.	خريطة طبوغرافية، وزارة البترول والثروة المعدنية، إدارة المساحة الجوية السعودية.	٠,٧٢	٣٦٠	٠,٨	٤٠٠	
إذا كان المجرى المائي دائم.	المساحة الجيولوجية الأمريكية.	١,٦	١٦٠٠	١,٦	١٦٠٠	١: ١٠٠,٠٠٠
إذا كان المجرى المائي موسمي وفي منطقة رطبة.		١,٦	١٦٠٠	١,٦	١٦٠٠	
إذا كان المجرى المائي موسمي وفي منطقة جافة.		٣,٠٤٨	٣٠٤٨	٣,٠٤٨	٣٠٤٨	
محسوبة من القياس على الخريطة.	خريطة طبوغرافية، وزارة البترول والثروة المعدنية، إدارة المساحة الجوية السعودية.	٠,٧	١٧٥٠	٠,٧	١٧٥٠	١: ٢٥٠,٠٠٠

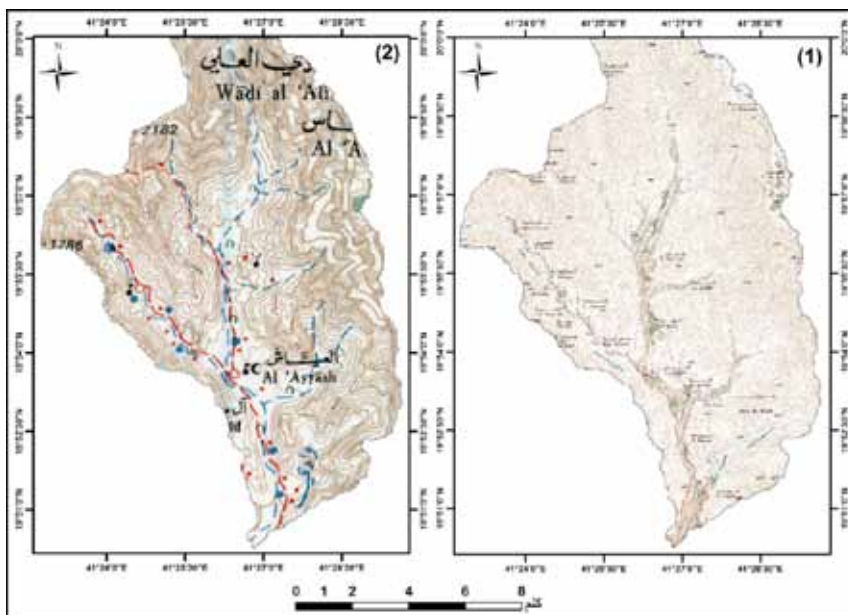
المجري المائية من نماذج الارتفاع الرقمي وذلك بنفس الآلية المبينة أعلاه.

ووفقاً لنتائج القيمة الثانية (١ سم)، يُلاحظ أنه لم يظهر إلا المجرى الرئيس فقط للحوض الأعلى لوادي راش عند المقياسين (١: ٥٠٠,٠٠٠) و (١: ١٠٠٠,٠٠٠)، كما هو مبين في الشكل رقم (٦)، في حين كان يُفترض أن يظهر تفصيل أكثر عند كل من مقياس (١: ٢٥٠,٠٠٠)، ومقياس (١: ٥٠٠,٠٠٠)، مقارنة بالشبكة عند مقياس (١: ١٠٠٠,٠٠٠). وعليه فإنه من الضروري البحث عن قيمة أخرى (ثالثة) تأخذ في الاعتبار الملاحظات السابقة.

شكل (٤) شبكات مجري الأودية للحوض الأعلى لوادي راش وفقاً للقيمة الأولى (٣ سم على الخريطة) عند مقاييس مختلفة



شكل (٥) الطبقة المرجعية للحوض الأعلى لوادي راش من الخريطة الطبوغرافية. (١) عند مقياس (١: ٥٠٠,٠٠٠)، (٢) عند مقياس (١: ٢٥٠,٠٠٠)



قيمة عتبة التدفق التراكمي بطريقة متكررة إلى أن يكون أقصر مجرى مائي موافقاً للطول المحدد في الجدول لكل مقياس رسم. وللتأكد من ضبط هذه العملية، تمت الاستعانة بخريطتين طبوغرافيتين بمقياسي (١: ٥٠٠,٠٠٠) و (١: ٢٥٠,٠٠٠) لنفس منطقة الدراسة (شكل ٥)، مما يساعد على التحقق من مناسبة القيمة المحددة لأقصر مجرى يظهر على الخريطة لضبط قيمة عتبة التدفق التراكمي لاستخراج شبكة المجري المائية من نموذج الارتفاع الرقمي. ويوضح الشكل (٤) نتائج تطبيق القيمة الأولى.

يبين الشكل (٤) الشبكة بعد تطبيق القيمة الأولى (٣)

سم)، إذ يلاحظ أن المجرى الرئيس للوادي لم يظهر على المقياس (١: ١٠٠٠,٠٠٠)؛ لأنه أقصر من القيمة المقترحة عند هذا المقياس. في حين ظهرت الشبكات معقدة بشكل كبير عند كل المقاييس. وتم التأكد من ذلك - من خلال مقارنة الشبكة المستخرجة للحوض الأعلى لوادي راش لمقياسي (١: ٥٠٠,٠٠٠) و (١: ٢٥٠,٠٠٠) بالخريطتين الطبوغرافيتين المعتمدين للمقارنة (الشكل ٥).

وعليه كان من الضروري البحث عن قيمة أخرى يُفترض أن تكون أصغر؛ لتحقيق كثافة أعلى للشبكات عند كل المقاييس.

القيمة الثانية:

تم إجراء التجارب على قيمة أخرى (القيمة الثانية) تشترط أن يكون الحد الأدنى لأقصر مجرى مائي يظهر على الخريطة هو (١ سم)، وذلك اعتماداً على رأي المعهد الجغرافي العسكري الإيطالي، كما هو مبين أعلاه. ويوضح الجدول (٥) مقدار أقصر مجرى مائي عند كل مقياس، كما يوضح الشكل (٦) نتائج تطبيق القيمة الثانية؛ لضبط قيمة عتبة التدفق التراكمي لاستخراج شبكة

جدول (٤) أقصر مجرى مائي على الطبيعة يظهر على مقياس الرسم (القيمة الأولى: ٣ سم على الخريطة).

مقياس الرسم	مقدار أقصر مجرى مائي على الطبيعة (م)
١: ١٠,٠٠٠	٣٠٠
١: ١٢,٥٠٠	٣٧٥
١: ٢٥,٠٠٠	٧٥٠
١: ٥٠,٠٠٠	١٥٠٠
١: ١٠٠,٠٠٠	٣٠٠٠
١: ٢٥٠,٠٠٠	٧٥٠٠
١: ٥٠٠,٠٠٠	١٥٠٠٠
١: ١,٠٠٠,٠٠٠	٣٠,٠٠٠

القيمة الثالثة:

بناءً على ما سبق من نتائج للقيمتين الأوليين، فإن القيمة الثالثة في هذه الحالة لابد أن تكون توفيقية وبذلك تصبح (٥, ٠ سم). وبهذا تعد قيمة مناسبة؛ كونها على وجه الخصوص قريبة من القيمة المعتمدة في المساحة العامة السعودية عند المقياسين (١: ٢٥,٠٠٠) و (١: ٥٠,٠٠٠) التي توصي بأن لا يقل أقصر مجرى مائي على الخريطة عن (٠,٦٤ سم). ويوضح الجدول (٦) مقدار أقصر مجرى عند كل مقياس. كما يوضح الشكل (٧) نتائج تطبيق القيمة الثالثة؛ لضبط قيمة عتبة التدفق التراكمي لاستخراج شبكة المجاري المائية من نماذج الارتفاع الرقمي.

وبعد تطبيق القيمة الثالثة (٥, ٠ سم) كانت النتائج أكثر ملاءمة؛ وذلك للسببين التاليين:

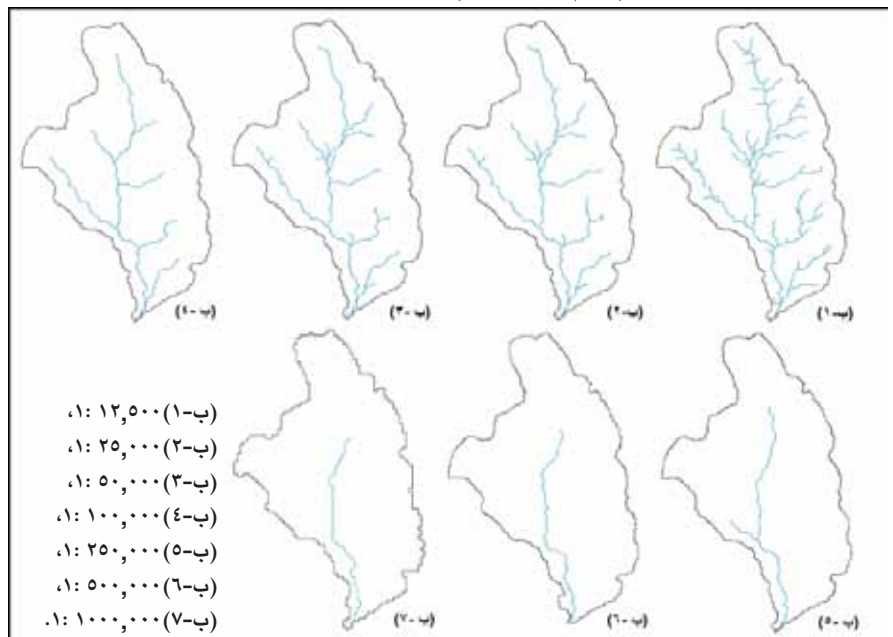
أولاً: ظهرت الشبكات المستخرجة أكثر كثافة ومتوافقة مع اختلاف مقاييس الرسم، مقارنة بالشبكات المستخرجة باعتماد القيمتين الأولى (٣ سم)، والثانية (١ سم). هذه النتيجة منطقية من الناحية الخرائطية؛ لأنها تضمن استخدام قيمة عتبة تدفق تراكمية منخفضة تسهم في إنتاج شبكات مجاري مائية ذات كثافة عالية، خصوصاً أن الخرائطي يريد أن يحصل أولاً على شبكة مجاري مائية عالية الكثافة؛ ليتمكن فيما بعد من إجراء عمليات التعميم اللازمة التي تلائم متطلبات التمثيل، والتصميم الخرائطي.

ثانياً: ظهر المجرى الرئيس عند المقياس (١: ١٠٠٠,٠٠٠) باعتماد القيمة الثالثة لضبط عتبة التدفق التراكمي مقارنة بالقيمة الأولى، على الرغم من صغر منطقة الدراسة، وهذه نتيجة خرائطية مهمة؛ لضرورة محاولة الإبقاء على المجاري الرئيسة في الخرائط ذات المقياس الصغير. وتزداد الأهمية كون منطقة التطبيق أو الدراسة صغيرة، كما هو الحال في هذه الدراسة؛ فالمنطقة الصغيرة

هذه تمثل امتداداً لمنطقة أخرى مجاورة يُفترض أن يستمر فيها المجرى الرئيس؛ ومن ثم لابد أن يظهر المجرى الرئيس إلى أن يكتمل. ولهذا لابد أن يظهر المجرى الرئيس قدر الإمكان في أي نموذج ارتفاع رقمي لمنطقة صغيرة الحجم. وللتوضيح أكثر فإن الجدول (٧) يبين المواصفات الخرائطية التي يجب اتباعها؛ فيلاحظ أنه كلما صغر المقياس الخرائطي، كبر الحيز الجغرافي (المنطقة من الأرض) على الخريطة؛ أي أن الحيز الجغرافي الذي يتم تمثيله على هذه الخرائط كبير؛ ومن ثم لا يمكن تمثيل كل تفاصيل المنطقة، باستثناء الأشكال الكبيرة أو الظواهر الأبرز حجماً مثل مجاري المياه الرئيسة، والعكس صحيح.

بعد إجراء التجارب على القيم الثلاثة لمعيار أقصر مجرى يظهر على الخريطة تم اعتماد القيمة الثالثة (٥, ٠ سم) لتكون القيمة المقترحة لضبط قيمة عتبة التدفق التراكمي في هذه الدراسة؛ لأنها ساعدت على استخراج أعلى كثافة ممكنة مقارنة بالقيمتين (٣ سم) و (١ سم)، كما تم التوضيح سابقاً. بالإضافة إلى أن تثبيت هذه القيمة لكل المقاييس يتفق مع المنظور الخرائطي في أمرين، الأول: أن التصميم الخرائطي يهتم بهذا الثبات - من منظور متطلبات الاستيعاب البصري؛ أي أن الخط على سبيل المثال لا يجب أن يقل عن حد معين. هذا الحد المعين يُسهم في رؤية الخط بوضوح بالعين المجردة، وبالتالي إدراك طبيعة الظاهرة التي يُمثلها؛ والثاني: إمكانية تمثيل التفصيل المكاني للظاهرة؛ أي أن هناك تدرجاً موضوعياً للتفصيل من حيث التناقص والتزايد مع المقياس. وبهذا يمكن اعتماد قيمة (٥, ٠ سم) لتحديد طول أقصر مجرى يظهر على الخريطة عند مقياس رسم معطى بطريقة تنبؤية، وبذلك يوفر طريقة موضوعية من الناحية النظرية والتجريبية لضبط قيمة عتبة التدفق التراكمي.

شكل رقم (٦) شبكات مجاري الأودية للحوض الأعلى لوادي راش وفقاً للقيمة الثانية (١ سم على الخريطة) عند مقاييس مختلفة.



جدول (٥) أقصر مجرى مائي على الطبيعة يظهر على مقياس الرسم (القيمة الثانية: ١ سم على الخريطة).

المقياس	مقدار أقصر مجرى مائي على الطبيعة (م)
١: ١٢,٥٠٠	١٢٥
١: ٢٥,٠٠٠	٢٥٠
١: ٥٠,٠٠٠	٥٠٠
١: ١٠٠,٠٠٠	١٠٠٠
١: ٢٥٠,٠٠٠	٢٥٠٠
١: ٥٠٠,٠٠٠	٥٠٠٠
١: ١,٠٠٠,٠٠٠	١٠٠٠٠

المناقشة

أولاً: المعايير الخرائطية

وفقاً للطريقة الآلية (تغيير قيمة عتبة التدفق التراكمي) في استخراج شبكة المجاري المائية بشكل عام من نماذج الارتفاع الرقمي، أكدت هذه الدراسة أنه يصعب التنبؤ بأي المجاري يجب إزالتها وأنها يجب أن يبقى دون وجود معيار معين أو تدخل من قبل المستخدم بطريقة ما. وهذا يتفق مع ما أشارت إليه دراسة هيلملينجر وآخرين (Helmlinger et al., 1993: 2602) حيث تقول "إن اكتمال شبكة المجاري المائية يعتمد على قيمة العتبة بشكل عشوائي لا يمكن التنبؤ به..." ودراسة مينغليانغ وآخرين (Mingliang et al., 2008: 221, 219) التي أشارت إلى "عدم وضوح كيفية قياس العلاقة الكمية بين عتبة التدفق التراكمي ورتب المجاري المائية، وأوصت بزيادة الاهتمام بغموض تأثير عتبة التدفق التراكمي...". ولهذا كان لابد من الرجوع في هذه الدراسة إلى الأصل في تحديد هذا التدخل ألا وهو المعايير الخرائطية التي تحكم الإنتاج الخرائطي.

ولهذا، تم استخراج شبكة مجاري مائية من منظور خرائطي، من خلال ضبط عتبة التدفق التراكمي، باستخدام معيار أقصر مجرى مائي يظهر على الخريطة وفقاً لمقياس الرسم. وتم الرجوع إلى الدراسات السابقة ومناقشتها، ثم اختيار ثلاث قيم للتجارب، وهي (٣ سم)، و(١ سم)، و(٠,٥ سم). وبعد التجريب على القيم الثلاثة تم اختيار معيار أقصر مجرى مائي يظهر على الخريطة ليكون (٠,٥ سم)؛ لأنه ساعد على استخراج أعلى كثافة ممكنة مقارنة بالقيمتين (٣ سم) و(١ سم)، بالإضافة إلى كونه متفقاً مع ما جاء في الدراسات من حيث صلاحيته في المناطق الجافة؛ لأنه يقدم أعلى كثافة ممكنة، أما في المناطق الرطبة فقد تقود هذه القيمة إلى إخراج كثافة عالية جداً قد لا تتلاءم ومقياس الرسم.

كما قامت الدراسة بربط عتبة التدفق التراكمي بمقياس الرسم، وأكدت على الافتراض الذي أشارت إليه دراسة جياسي- أجيا وآخرين (Gyasi- Agyei et al., 1995: 379-380) اختلاف قيمة العتبة المستخدمة يؤثر في تمثيل شبكات المجاري المائية المستخرجة

جدول (٦) أقصر مجرى مائي على الطبيعة يظهر على مقياس الرسم (القيمة الثالثة: ٠,٥ سم على الخريطة).

المقياس	مقدار أقصر مجرى مائي على الطبيعة (م)
١: ١٢,٥٠٠	٦٢,٥
١: ٢٥,٠٠٠	١٢٥
١: ٥٠,٠٠٠	٢٥٠
١: ١٠٠,٠٠٠	٥٠٠
١: ٢٥٠,٠٠٠	١٢٥٠
١: ٥٠٠,٠٠٠	٢٥٠٠
١: ١٠٠٠,٠٠٠	٥٠٠٠

من نماذج الارتفاع الرقمي تأثيراً مماثلاً لأثر تغيير مقياس الخريطة...، ولكنها لم تربطه بمقياس الرسم.

ثانياً: آلية استخراج شبكة مجاري مائية من نماذج الارتفاع الرقمي ملائمة خرائطياً.

اعتمدت آلية العمل على الملاحظة والمعاودة اليدوية، بدءاً من إيجاد قيمة عتبة التدفق التراكمي الأولية إلى قياس أطوال المجاري؛ للوصول إلى قيمة عتبة التدفق التراكمي التي تتفق مع المعيار؛ لأنها تتطلب تقديرًا بصرياً، ومن ثم حكماً متخصصاً.

واهتمت هذه الدراسة بمقياس الرسم كمعيار لضبط أطوال المجاري المائية، وأكدت على المفهوم العام لتأثير قيمة عتبة التدفق التراكمي، أو درجة الوضوح على كثافة شبكة المجاري المائية، والذي أشارت إليه عدة دراسات سابقة كدراسة أوكلاهين ومارك ((O'Callaghan and Mark, 1984: 343) التي أشارت إلى أن "عتبة التدفق التراكمي تتحكم في حجم شبكة المجاري المائية...". ودراسة جنسون ودومينيك (Jenson and Domingue, 1988: 1599) التي أشارت إلى أن "كثافة شبكة المجاري المائية تزيد بانخفاض قيمة العتبة...". ودراسة تشن وآخرين (Chen et al., 2010:1)

التي أشارت

إلى "أن أطوال

وكثافة

شبكة

المجاري

المائية تتأثر

بقيمة العتبة

ودرجة

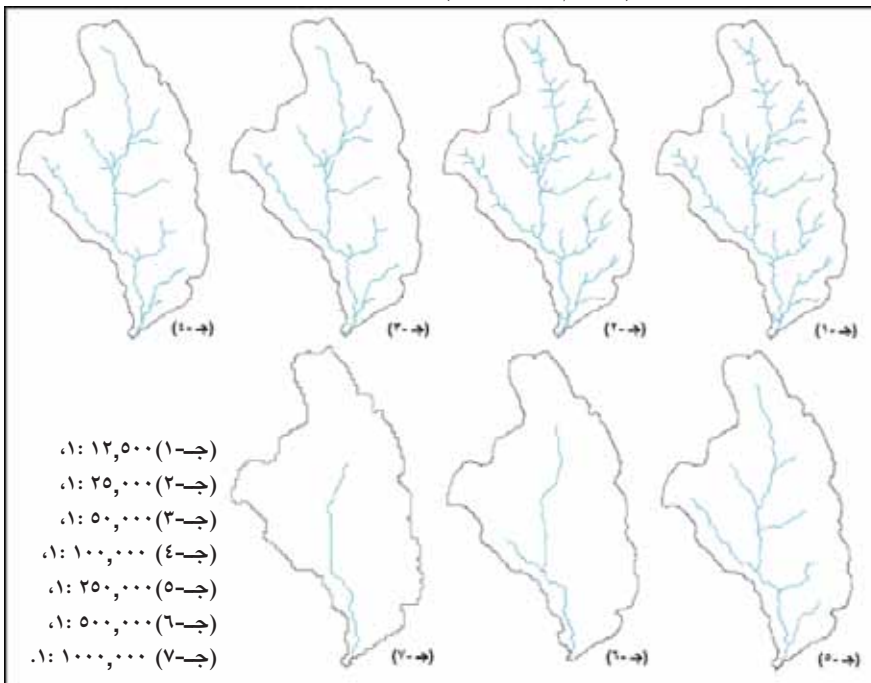
وضوح

نموذج

جدول (٧) أبعاد الحيز الجغرافي على الخريطة وفقاً لمقياس الرسم*

المقياس	الأبعاد
١: ٥٠,٠٠٠	١٥ دقيقة طول × ١٥ دقيقة عرض
١: ١٠٠,٠٠٠	٣٠ دقيقة طول × ٣٠ دقيقة عرض
١: ٢٥٠,٠٠٠	١,٣٠ درجة طول × ١ درجة عرض
١: ٥٠٠,٠٠٠	٣ درجات طول × ٢ درجة عرض
١: ١٠٠٠,٠٠٠	٦ درجات طول × ٤ درجات عرض

شكل رقم (٧) شبكات مجاري الأودية للحوض الأعلى لوادي راش وفقاً للقيمة الثالثة (٠,٥ سم على الخريطة) عند مقاييس مختلفة.



بلجرشي، لوحة رقم (4-37 NE)، مقياس الرسم (١:٢٥٠,٠٠٠).
وزارة البترول والثروة المعدنية بالمملكة العربية السعودية،
(١٩٧٩)، إدارة المساحة الجوية، الرياض، خريطة طبوغرافية
لمربع المخوة، لوحة رقم (٤١-٤١٩٩)، مقياس الرسم
(١:٥٠,٠٠٠).

وزارة البترول والثروة المعدنية بالمملكة العربية السعودية،
(١٩٧٩)، إدارة المساحة الجوية، الرياض، خريطة طبوغرافية
لمربع جبل الجبيل، لوحة رقم (٣٤-٤٧٢٤)، مقياس الرسم
(١:٥٠,٠٠٠).

وزارة البترول والثروة المعدنية بالمملكة العربية السعودية،
(١٩٨٤)، إدارة المساحة الجوية، الرياض، خريطة طبوغرافية لمربع
الرياض، لوحة رقم (16-38 NG)، مقياس الرسم (١:٢٥٠,٠٠٠).

وزارة الشؤون البلدية والقروية بالمملكة العربية السعودية،
(٢٠٠٣)، وكالة الوزارة للأراضي والمساحة، الرياض، خريطة
طبوغرافية لمربع أبها-خميس مشيط، لوحة رقم ٢٦٠-٢٠٥٢-٢
(١:١٠,٠٠٠) مقياس الرسم (٣٨).

وزارة الشؤون البلدية والقروية بالمملكة العربية السعودية،
(٢٠٠٣)، وكالة الوزارة للأراضي والمساحة، الرياض، خريطة
طبوغرافية لمربع أبها-خميس مشيط، لوحة رقم ٢٩٢-٢٠٤٠-٤
(١:١٠,٠٠٠) مقياس الرسم (٣٨).

المراجع الأجنبية

Abdallah, C., Kheir, R. B., Khawlie, M., and Faour, G., (2006), "Comparative Analysis of Drainage Networks Extracted from DEMs and Conventional Approaches in Lebanon", *Lebanese Science Journal*, Vol. 7, No. 1, 2006, pp.49-62.

Anornu, G. K.,Kabo-bah, A., and Kortatsi, B. K., (2012), "Comparability Studies of High and Low Resolution Digital Elevation Models for Watershed Delineation in the Tropics: Case of Densu River Basin of Ghana", Vol. 1, No. 1, *International Journal of Cooperative Studies*, pp. 9-14.

Chen, J., Lin, G., Yang, Z., and Chen, H., (2010), "The relationship between DEM resolution, accumulation area threshold and drainage network indices", in *Geo-informatics*, IEEE, pp. 1-5.

DaRos, D., Borga, M., (1997), "Use of digital elevation model data for the derivation of the geomorphological instantaneous unit hydrograph", *Hydrological Processes*, 11, pp. 13-33.

Garcia, M. J. L. and Camarasa, A. M., (1999), "Use of geomorphological units to improve drainage network extraction from a DEM Comparison between automated extraction and photointerpretation methods in the Carraixet catchment (Valencia, Spain), *JAG*, Volume 1 - Issue 3/4, pp.187-195.

الارتفاع الرقمي، بالإضافة إلى أن تناقص درجة الوضوح مع تثبيت قيم عتبة التدفق يُنتج شبكات مجار أكثر تعميمًا..".
ودراسة هيلملينجر وآخرين (Helmlinger et al., 1993: 2604-2605) التي أشارت إلى "أن الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف تختلف باختلاف قيمة العتبة ودرجة وضوح نموذج الارتفاع الرقمي..". ودراسة مينغليانغ وآخرين (Mingliang et al., 2008: 220) التي أشارت إلى "وجود علاقة عكسية بين عتبة التدفق التراكمي وعدد رتب المجاري المائية..".

الخاتمة

اهتمت هذه الدراسة باستخراج شبكة المجاري المائية من نماذج الارتفاع الرقمي ملائمة خرائطياً، من خلال مناقشة عدد من الدراسات السابقة، وأدلة المؤسسات المعنية بإنتاج الخرائط؛ لإيجاد معيار خرائطي يُستخدم لضبط قيمة عتبة التدفق التراكمي. فتم إجراء التجارب على ثلاثة قيم (٣ سم) و(١ سم) و(٠,٥ سم). وقد تم اختبار هذه القيم وتقييمها بالتطبيق على نموذج الارتفاع الرقمي للحوض الأعلى لوادي راش، من خلال مقارنة النتائج بخريطين طبوغرافيتين للمنطقة ذاتها وبمقياسي رسم (١:٥٠,٠٠٠)، و(١:٢٥٠,٠٠٠). تم اعتماد القيمة (٠,٥ سم) لطول أقصر مجرى مائي على الطبيعة يظهر على الخريطة؛ نظراً لكثافة الشبكات المستخرجة باختلاف مقاييس الرسم مقارنة بالقيمتين (٣ سم) و(١ سم). كما ظهر المجرى الرئيس على المقياس (١:١٠٠,٠٠٠)، مقارنة بنتيجة القيمة (٣ سم).

ورغم أن نتائج معيار أقصر طول للمجرى المائي باستخدام قيمة (٠,٥ سم) على الخريطة تعد نتائج مقبولة من الناحية الخرائطية، إلا أن هناك ضرورة لمزيد من الدراسات من خلال تطبيق هذه القيمة على نماذج ارتفاع رقمي مختلفة ولتضاريس طبوغرافية مختلفة. ومع ذلك يمكن اعتبار هذه النتائج في هذه الدراسة واعدة، خصوصاً وأن الباحثين قد تمكنوا من تطبيق الآلية المقترحة على مناطق دراسة مختلفة ما يشجع على عرض النتائج الجديدة في بحث آخر، للتمكن لاحقاً من تقديم نتيجة قابلة للتعميم خصوصاً لمجاري الأودية في المناطق الجافة.

المراجع

الإدارة العامة للمساحة والخرائط، (٢٠٠٥)، مشروع تطوير مناهج العمل المساحي في البلديات دليل قراءة وتحليل الخرائط، المملكة العربية السعودية وزارة الشؤون البلدية والقروية وكالة الوزارة للأراضي والمساحة.

السفري، نادية عوض؛ الغامدي، علي معاضه (٢٠١٧). "علاقة درجة الوضوح المكانية بمقياس رسم الخريطة: مراجعة أدبية وحلول مقترحة"، *المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية*، المجلد (١٠)، العدد (١)، ٤٣-٤١.

الغامدي، سعد أبو راس (٢٠٠٦) "توظيف نظم المعلومات الجغرافية في استخراج بعض القياسات المورفومترية من نماذج الارتفاعات الرقمية دراسة حالة وادي ذرى في المملكة العربية السعودية"، ٣١٧-٢٠٦ أكتوبر، الجمعية الجغرافية الكويتية، الكويت.

وزارة البترول والثروة المعدنية بالمملكة العربية السعودية، (١٩٧٠)، إدارة المساحة الجوية، الرياض، خريطة طبوغرافية لمربع

- Data", *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 28, pp.328-344.
- Raposo, P., (2010), "Piece BY Piece: A Method of Cartographic Line Generalization Using Regular Hexagonal Tessellation", A special joint symposium of ISPRS Technical Commission IV & AutoCarto in conjunction with ASPRS/CaGIS 2010 Fall Specialty Conference, November 15-19, 2010 Orlando, Florida.
- Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J. and Guptill, S. C., (1995), *Elements Of Cartography*, John Wiley & sons, INC. Printed in the United States of America.
- Sandro, S., Massimo, R., Fabio, C., Giovanni, L. and Marco, R., (2011), "Model Generalization of the Hydrography Network in the CARGEN Project", A. Ruas (ed.), *Advances in Cartography and GIScience. Volume 1: Selection from ICC 2011*, 439 Paris, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp.439-457.
- Saudi General Survey, (n.d.), 1:25,000 Scale (Phase 2) Photogrammetry Feature Compilation Procedure Criteria's, Kingdom of Saudi Arabia.
- Saudi General Survey, (n.d.), OVERVIEW OF EDITING FOR CARTOGRAPHY 1:50,000, Kingdom of Saudi Arabia.
- Sen, A. and Gokgoz, T., (2013), "Determining Weights of the Attributes in the Model Generalization of River Networks", *Proceedings of the 26th International Cartographic Conference*, August 25-30, Dresden, Germany.
- Studley, H. and Weber, K. T., (2011), "Comparison of Image Resampling Techniques for Satellite Imagery", *Final Report: Assessing Post-Fire Recovery of Sagebrush-Steppe Rangelands in Southeastern Idaho*, pp. 185-196.
- Tobler, W. R., (1987), "Measuring spatial resolution", *International Workshop On Geographic Information Systems*, International Geographical Union (IGU), Geographical Society of China, National Natural Science Foundation of China, National Remote Sensing Center of China, International Development Research Center, Canada, Beijing, China, 48, pp. 42-48.
- U.S. Geological Survey, (2009), *National Hydrography Dataset Feature Catalog Based on 1:24,000-scale USG*.
- Wade, T. and Sommer, S., (2006), *A to Z GIS: an Illustrated Dictionary of Geographic Information System*, ESRI Press, Redlands, California.
- Goodchild, M. F., (1996), "Generalization uncertainty and error modeling", *Proceedings, GIS/LIS 96*, Denver, November 19-21, p.p. 765-774.
- Gulgen, F., and Gokgoz, T., (2007), "Comparison of Drainage Networks Extracted From DEMs Automatically using Accumulation Values and PPA", *Proceedings of 23rd International Cartographic Conference*, 4-10 August 2007, Moscow, Russia.
- Guo-an, T., Yang-he, H., and Strobl, J., (2001), "The Impact of Resolution on the Accuracy of hydrologic data derived from DEMs", *Journal of Geographical Sciences*, Vol. 11(4), p.p.393-402.
- Gyasi-Agyei, Y., Willgoose, G. and De Troch, F. P., (1995), "Effects of Vertical Resolution and Map Scale Of Digital Elevation Models on Geomorphological Parameters used in Hydrology", *Hydrological Processes*, vol. 9, p.p. 363-382.
- Helmlinger, K. R., Kumar, P. and Foufoula-Georgiou, E., (1993), "On the Use of Digital Elevation Model Data for Hortonian and Fractal Analysis of Channel Networks", *Water Resources Research*, vol.29, no. 8, p.p. 2599-2613.
- Hosseinizadeh, S. R., (2011), "Assessing the quality of ASTER DEMs for Hydrological Applications Case Study: Cheshmehkhan Catchment in the northeastern of Iran", *International Conference on Environment Science and Engineering*, vol.8, p.p.37-41.
- Jenson, S. K. and Domingue, J. O., (1988), "Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54(11): 1593-1600.
- Keates, J. S., (1982), *Understanding Maps*, First edition, Longman Group Limited, Essex, England.
- Keates, J. S., (1989), *Cartographic Design and production*, 2nd edition, Longman Scientific & Technical, Essex, England.
- Mingliang, L., Guoan, T. and Youfu, D., (2008), "Uncertainty of Flow Accumulation Threshold Influence in Hydrology Modeling A Case Study in Qinling Mountain SRTM3 DEM based", *2008 International Workshop on Education Technology and Training & 2008 International Workshop on Geoscience and Remote Sensing*, pp. 219-222.
- Montgomery, D. R. and Foufoula-Georgiou, E., (1993), "Channel Network Source Representation Using Digital Elevation Models", *Water Resources Research*, Vol. 29, pp. 3925-3934.
- O'Callaghan, J. F. and Mark, D. M., (1984), "The Extraction of Drainage Networks From Digital Elevation