الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف

دراسة مقارنة لمصادر وطرق اشتقاق البيانات المورفومترية

☜ إعـداد

د/ أحمد زايد

مدرس الجغرافيا الطبيعية

كلية الآداب – جامعة اسيوط

د/ نضال سفيان

مدرس مساعد، كلية الآداب، جامعة تعز.

مقدمة:

تُعد الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف من الخصائص المهمة فى فهم الخصائص والتطور الجيومورفولوجي، ومعرفة أي مرحلة من مراحل الثعرية تمر بها هذه الأحواض، فضلاً عن دورها فى إمكانية تحديد درجات خطورة تلك الأحواض فى حالة الجريان المائى بها، وإعادة التأهيل البيئى لها (عبد المحسن العمري، ٢٠١١، ص٤٠٦) ، وارتباط ذلك بمجالات تنمية المصادر المائية ومشروعات التنمية الزراعية والرعوية (على عبد عباس العزاوى، ٢٠٠٩، ص٩٧). هذا بالإضافة إلى ارتباط كافة الخصائص الهيدرولوجية والميزانية المائية بقيم المعاملات المورفومترية (أحمد زايد، ٢٠١٤، ص ص ٥٦٧-٥٧٥).

وقد حلت وسائل التحليل المورفومترى محل وسائل وأساليب الوصف التقليدية خاصة فيما يخص تحليل شبكات التصريف النهرية والأحواض النهرية (محمد صبرى محسوب، ١٩٩٧، ص٢٠٢)، كما تسهم البيانات المورفومترية فى بناء قاعدة بيانات تمكن من التعرف على الخصائص المورفومترية للحوض، وخصائص شبكات التصريف كما يمكن من خلالها عمل العلاقة الارتباطية بين متغيرات الحوض والشبكة، وتساعد على فهم العوامل الطبيعية المؤثرة فى نشأتها (عبدالمجيد أحمد مداغش، ٢٠١٠، ص٣٥).

ونظراً لأهمية الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف فى فهم أوضح لمراحل التعرية النهرية؛ فإن التدقيق في جودة المصادر التى يشتق منها هذه الخصائص أيضاً من الثوابت المهمة، التى تسعى هذه الدراسة إلي التثبت منها، والكشف عن الاختلافات وأوجه الشبه بين المصادر المختلفة لاشتقاق البيانات والقيم المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف، ليس هذا فحسب بل أيضاً الوقوف على

طرق اشتقاق البيانات، ومميزات ومشكلات كل طريقة بهدف تحديد المصدر الأفضل والطريقة الأمثل لإشتقاق البيانات بجودة عالية.

وقد اختلفت الدراسات الجيومورفولوجية المعنية بدراسة أحواض التصريف المائى فيما بينها من حيث مصدر اشتقاق البيانات المورفومترية والتى تراوحت ما بين خرائط طبوغرافية، وصور جوية[١]، وأخرى فضائية تتمثل في: المرئيات الفضائية، وأنموذج الارتفاع الرقمي. كما اختلفت الدراسات (التى سيتم عرضها) فى طريقة اشتقاق البيانات. حيث ذهبت بعض الدراسات إلى استخدام الطريقة اليدوية فى اشتقاق البيانات من الخرائط الطبوغرافية مثل: دراسة(محمد معتمد، ٢٠٠٦)، ودراسة (أحمد زايد، ٢٠٠٦)، ودراسة (طاهر عبد الرحيم إبراهيم السباعي، ٢٠٠٦) ودراسة (تامر يوسف عمرون، ٢٠٠١)، وغيرها من الدراسات. اعتمدت دراسات أخرى على التحليل البصرى لمرئيات Landsat tm والخرائط الطبوغرافية بشكل ثنائى مثل: دراسة (محمد بن عبدالله الصالح،١٩٩٩)، وذهبت دراسات ثالثة إلى الاعتماد على الطريقة الآلية باستخدام أنموذج الارتفاع الرقمى DEM باعتباره مصدراً لاشتقاق البيانات مثل: دراسة (simon,et al.,2008)، ودراسة(Qannam,2003)، ودراسة(سعد سعيد الغامدى، ٢٠٠٦)، ودراسة (حنان الغيلان، بدون تاريخ)، وأخيراً ذهبت بعض الدراسات الأخرى كدراسة (علاء نبيل حمدون، حكمت صبحى، بدون تاريخ) إلى استخدام جميع المصادر سابقة الذكر، وذلك لاشتقاق البيانات المورفومترية الخاصة بشبكة وحوض التصريف.

مشكلة وتساؤلات الدراسة:

تُعد الخرائط الطبوغرافية أحد أهم وأقدم مصادر البيانات المورفومترية للظاهرات الجيومورفولوجية المختلفة والتى يتم قياسها منها وحسابها والتى اعتمدت

عليها كثير من الدراسات السابقة فى تحليل الخصائص المورفومترية لاسيما الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف، وذلك باستخدام الطريقة اليدوية فى تحرير شبكة التصريف وحدود الحوض، فى ضوء التحليل البصرى للخريطة الطبوغرافية، وتشترك معها فى ذلك المرئيات الفضائية، وإن كانت تالية لها من حيث زمن استخدامها حيث اعتمدت بعض الدراسات على مصدر أو أكثر من المصدرين السابقين لاشتقاق البيانات المورفومترية، وذلك في ضوء التحليل البصرى لكل من المصدرين، غير أنه بعد توافر إمكانية تطبيق نماذج الارتفاع الرقمى والتى تمكن المكوك الفضائى اندیفور من إجراء عمليات المسح الرادارى ضمن مشروعات وكالة الاستخبارات الجيوفضائية الأمريكية عام ٢٠٠٠ (إبراهيم ناجى الشباني، ٢٠٠٧، ص ١٦٧)، فإنه أخذت بعض الدراسات فى الاعتماد على مثل هذه النماذج فى التحليل المورفومترى للظاهرات الطبيعية، وبخاصة أحواض وشبكات التصريف بطريقة آلية، وأكدت هذه الدراسات على أهميه أنموذج الارتفاع الرقمى[٢] فى تحديد مناطق التغذية المائية، وتحديد أطوال المجارى بدقة عالية (هالة محمد سعيد، وآخرون،٢٠١٠، ص١٨٣).

نظراً لاختلاف الدراسات فيما بينها من حيث الاعتماد على مصادر اشتقاق البيانات المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف، واختلاف طرق اشتقاق البيانات بين طرق يدوية وأخرى آلية، فإنه تتجلى بعض التساؤلات المهمة الآتية:

١- هل يمكن الاعتماد على أنموذج الارتفاع الرقمي باعتباره بديل للخرائط الطبوغرافية؟

٢- هل يمكن الاعتماد علي أنموذج الارتفاع الرقمي والثقة بنتائجه بدرجة كبيرة؟

٣- هل يمكن أن تظل الخريطة الطبوغرافية فى صدارة مصادر اشتقاق البيانات المورفومترية للظاهرات الجيومورفولوجية من حيث أهميتها ودقتها؟

٤- هل البيانات المأخوذة من أنموذج الارتفاع الرقمى تتسم بالدقة؟ أم تقتصر دقتها على فهم تضاريس وانحدارات سطح الأرض؟

٥- هل مقاييس الخرائط الطبوغرافية كلها تصلح لرصد الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف؟

٦- ما المشكلات المرتبطة بكل طرقية ومصدر لإشتقاق البيانات؟ وأيها أكثر دقة فى إشتقاق البيانات المورفومترية؟

فروض الدراسة:

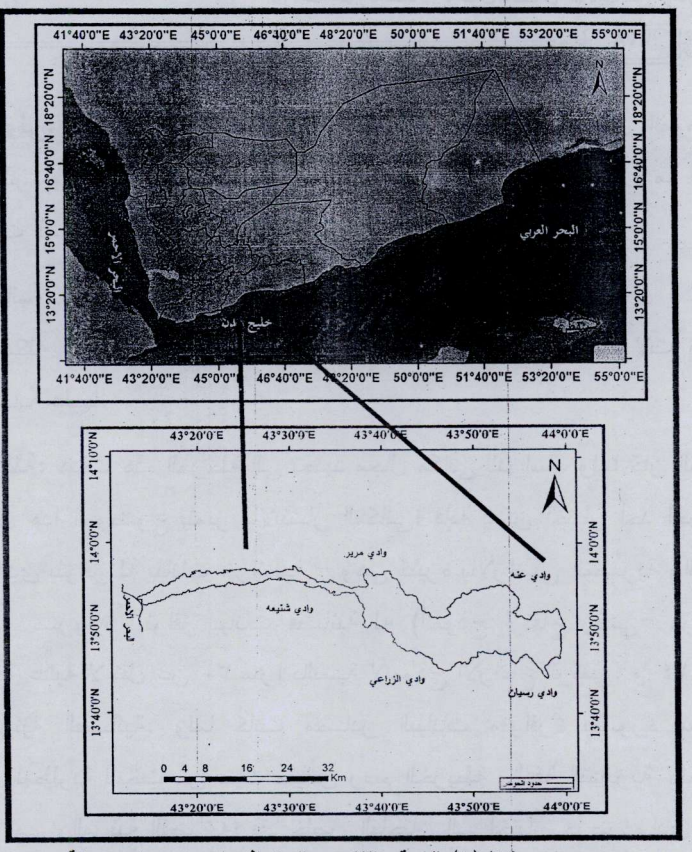
تتبنى الدراسة فرضية مفادها أنه بالرغم من الطفرة التى حققتها المساحة لتصويرية الرقمية وظهور ما يعرف بنماذج الارتفاع الرقمي؛ فإن أهمية هذا الأنموذج تظل قاصرة على فهم أكبر لطبوغرافية سطح الأرض؛ لما يتمتع به من إمكانية إظهار تفاصيل سطح الأرض بصورة ثلاثية الأبعاد، كما يصبح دوره في فهم أبعاد أحواض وشبكات التصريف به جانباً من القصور. وتأتى الخريطة الطبوغرافية بمساعدة المرئيات الفضائية باعتبارها أكثر دقة فى اشتقاق البيانات المورفومترية لأحواض شبكات التصريف؛ ومن ثم فإن إتباع الطرق اليدوية فى تحرير البيانات المورفومترية يُعد أكثر دقة من اتباع الطرق الآلية فى اشتقاق البيانات.

المراحل المنهجية للدراسة: مرت الدراسة الراهنة ببعض المراحل المنهجية فى محاولة للكشف عن إجابات لتساؤلات الدراسة، ومن ثم التحقق من الفرضيات والاجابة على التساؤلات التى من شأنها تم إعداد هذه الورقة البحثية، وفيما يلى عرض للمراحل المنهجية التى مرت بها الدراسة:

المرحلة الأولى: مرحلة جمع وتصنيف التراث البحثى الذى كُتب حول الموضوع بطريقة مباشرة وغير مباشرة، وذلك في محاولة لبناء تصور واضح حول ما انتهت إليه الدراسات السابقة فى هذا المجال.

المرحلة الثانية: تتمثل فى مرحلة الصياغة التصورية للدراسة، وقد حاول الباحثان صياغة المشكلة البحثية وبلورتها فى صورتها النهائية، مع وضع تساؤلات تسعى الدراسة الاجابة عليها.

المرحلة الثالثة: هدفت هذه المرحلة إلى تحديد مجال مكانى للدراسة، ولما كان التحديد المكانى لمثل هذا الموضوع يتميز بالانتشار المكانى؛ فإنه يمكن اختيار أحد أحواض التصريف الذى يتوافر له بيانات خرائطية - وهى كثيرة بالأراضى المصرية والبلدان العربية- مع ضرورة توافر بيانات فضائية له (أنموذج ارتفاع رقمي- مرئيات فضائية) بدقة عالية لا تقل عن ٣٠ متراً بالنسبة لأنموذج الارتفاع الرقمي، و ١٤ متراً بالنسبة للمرئية الفضائية. ولما كانت مصادر البيانات متوافرة بصورة مطابقة للمواصفات المطلوبة للبحث من حيث مقياس رسم الخريطة والدقة التمييزية لأنموذج الارتفاع الرقمي والمرئية الفضائية؛ فقد خلُصَ الباحثان إلى اختيار حوض وادى نخلة ليكون مجالاً للدارسة، وهو أحد الأودية التى تقع فى المرتفعات الغربية للجمهورية اليمنية شكل (١). وينحدر الحوض بشكل عام من الشرق إلى الغرب لينتهي في سهل تهامة، ويصب في البحر الأحمر. وينحصر حوض الوادي بين دائرتي عرض ٤٤° ١٣′ ٥٧″ ١٣° شمالاً، وخطي طول ٤٣° ١٣′ - ٤٤° شرقاً، ويشترك الحوض بخط تقسيم المياه مع بعض الأحواض المجاورة له مثل: حوض وادي عنه والمرير فى الشمال، وحوض وادي رسيان والزراعى وشنيعة فى الجنوب، ويشكلا حوضى وادى عنه ووادى رسيان الحدود الشرقيه.



شكل(١) الموقع الفلكى والجغرافى لحوض وادي نخلة

المرحلة الرابعة: مرحلة اشتقاق البيانات وهى مرحلة مطولة فى إعدادها وتطبيقاتها، وانقسمت هذه المرحلة بدورها إلى قسمين: الأول- يخص اشتقاق البيانات المورفومترية من الخرائط الطبوغرافية مقياس ١: ٥٠٠٠٠ ، والمرئية الفضائية +ETM بدقة مكانية ١٤م لعام ٢٠٠٢ بالاستعانة بحزمة برامج GIS. وقد تم دمج

المصدرين معاً؛ نظراً للتشابه الكبير بينهما فى طريقة اشتقاق البيانات فى هذه المرحلة، حيث يتم رسم حوض التصريف وشبكاته بطريقة يدوية أولاً يعتمد فيها الباحث على خبرته فى طريقة اشتقاق البيانات. ولما كان إشتقاق البيانات من المصدرين يعتمد بشكل أساسى على خبرة وتقدير الباحث، لذا عمد الباحثان إلى محاولة الكشف عن دور اختلاف تقديرات الباحثين فى اشتقاق البيانات حيث قام الباحث الأول باشتقاق البيانات من الصورة الفضائية، بينما قام الباحث الثانى باشتقاق البيانات من الخرائط الطبوغرافية.

ويحتاج كل من المصدرين (الخرائط الطبوغرافية- المرئيات الفضائية) إلي بعض الإعدادات قبل إجراء عملية تحرير شبكات التصريف، وتتمثل بالنسبة للخريطة الطبوغرافية فى إدخال الخرائط إلىْ جهاز الحاسب الآلى عبر جهاز الماسح الضوئى، ثم تصحيح اللوحات الطبوغرافية تصحيحاً هندسياً وإسقاطها بأحد المساقط المُستخدمة، واستخدمت هذه الدراسة مسقط مركيتور المستعرض العالمى (UTM)، ثم أدمجت جميع اللوحات فى لوحة واحدة (Mosaic)؛ لكي يسهل عملية تحرير البيانات وهى ذات المرحلة التالية، حيث تم إجراء تحرير شبكة التصريف عن طريق إنشاء ملفين أحدهما خطى لرسم شبكة التصريف، والآخر مساحي لرسم المساحة الحوضية. في حين تحتاج المرئيات الفضائية بعض المعالجات مثل: التحسين الطيفي (Image Enhancement)، وزيادة الفروق والتباين الطيفى بين الفئات الطيفية، وتعزيز التباين Contrast Enhancement ، وتحسين الحواف Edge Enhancement، وتراكيب الألوان الزائفة False Color Composite؛ وذلك بهدف توضيح محتويات المرئية الفضائية، وإبراز معالمها بصورة أوضح حتى يمكن تفسيرها والتعرف بدقة على شبكات أحواض التصريف الفرعية.

أما القسم الثاني فقد هدف إلى اشتقاق البيانات من أنموذج الارتفاعات الرقمية، وهى طريقة يتم فيها اشتقاق البيانات المورفومترية بطريقة آلية، حيث اعتمدت الدراسة على أنموذج ارتفاع رقمى بدقة مكانية قدرها ٣٠ متراً لعام ٢٠٠٠، وتم إجراء المعالجة الأولية لهذا الأنموذج بهدف إشتقاق البيانات المورفومترية، وتتمثل هذه الاجراءات فى إضافة أنموذج الارتفاع الرقمي الخاصة بمنطقة الدارسة الى برنامج Arc map وحفظها؛ ليتم العمل عليها.

ولاستخلاص شبكة التصريف تم اتباع الخطوات الآتية:

ملئ الحفر Fill Sinks: تتم عملية ملئ الحفر للتخلص من القيم الشاذة، وذلك من أداة الإضافة Arc Hydro 2.0 (يحيى محمود سعيد أبوحصيرة، ٢٠١٣، ص٤٠).

تحديد اتجاهات الجريان Flow Direction: تتلخص هذه الفكرة في أن كل خلية من خلايا أنموذج الارتفاع الرقمي له قيمة منسوب ارتفاع، وبتتبع قيم الارتفاعات للخلايا المجاورة الثمانية لأي خلية Pixel فإنه يمكن تحديد اتجاهات التدفق ومساراته آليا بحكم أن التدفق يتجه من الخلايا الأعلى منسوباً إلى الخلايا الأقل منسوباً (سعد سعيد الغامدى ، ٢٠٠٦، ص٢٠).

حساب تراكم الجريان Flow Accumulation: يتم حساب كمية تراكم الجريان في كل خلية بناء على ما يحيط بها من خلايا تصب المياه فيها، حيث يعتمد هذا الاجراء على اتجاهات الجريان (وسام الدين محمد، ٢٠٠٨، ص٦٨) كما هو مبين فى المراحل السابقة وهى تحديد اتجاهات الجريان.

تحديد قيمة العتبة أو التحسس Stream Definition: تُمثل قيمة العتبة الحد الأدنى من الدقة في استخلاص ما يمكن أن يكّون شبكة تصريف من المسارات التي تحدد آلياً فيما يتعلق باتجاه الجريان وتجمعاته. وليس هناك قيمة ثابتة للعتبة المشار إليها تصلح

لكل حوض مائي؛ لذلك فمن الضرورى إجراء كثير من المحاولات التجريبية لمقارنة نتائج هذا الأسلوب مع شبكة مجاورة موثوق بصحتها، كشبكة مجارٍ مستخلصة من صور جوية ذات مقياس رسم كبير (سعد سعيد الغامدى ، ٢٠٠٦، ص٢٠).

تجزئة الجداول Stream Segmentation: يتم فصل خطوط الجريان وتجميع خطوط الجريان المتشابهة فى رتبة ذات القيمة الموحدة إلي خطوط جريان مستقلة تأخذ لوناً متشابها مع بعضها وتكون أطوال هذه الخطوط مُقدرة بالخلية.

استخراج رتب المجارى Stream Order: في هذه الخطوة يتم العمل من صندوق أدواتArc Toolbox، وذلك بالاستعانة بأدوات التحليل المكاني Spatial Analyst Tools ويتم إختيار أداة التحليل Hydrology ثم الضغط على Stream Order ، ومن خلال هذا الأمر يمكننا الحصول على تصنيف الرتب حسب طريقة كلٌ من (ستريلر Strahler, 1952 وشريف Shreve, 1967)، ولقد تم في هذه الدراسة الاعتماد على طريقة ستريلر فقط.

تحويل شبكة الرتب إلى طبقات خطية وتسمى هذه الأداة باسم Stream to Feature: ويتم في هذه الخطوة تحويل رتب المجاري من شكل خلية تعرف Raster إلى عنصر رقمى Vector لتصبح طبقة خطوط as a layer نحصل من خلالها على عدد وأطوال الرتب بالحوض، ويتم ذلك من أداة spatial analyst tools.

المرحلة الخامسة: مرحلة إشتقاق البيانات المورفومترية الأساسية الأخرى للحوض ولشبكة التصريف مثل: مساحة ومحيط وطول ومتوسط عرض الحوض، فضلاً عن التضرس المحلى، وعدد المجارى وأطوال المجارى، وطول المجرى الأفقي، وذلك في محاولة لاشتقاق البيانات المورفومترية المُكملة مثل : نسبة الاستطالة، والاستدارة، ومعامل الشكل، ومعاملى الاندماج والانبعاج.....إلخ.

المرحلة السادسة: المرحلة التحليلية لمجموع البيانات المورفومترية المشتقة من الخرائط الطبوغرافية وأنموذج الارتفاع الرقمى والمرئية الفضائية، إلي جانب الاستعانة بمجموعة الخرائط والأشكال المنتجة؛ لتوضيح وتفسير حجم الاختلافات أو الاتساق فيما بين البيانات المشتقة من المصادر المختلفة، مع عرض للمشكلات المرتبطة بطريقة اشتقاق البيانات.

تتعدد مصادر البيانات التى يتم الاعتماد عليها في اشتقاق البيانات المورفومترية الخاصة بأحواض وشبكات التصريف بين الخرائط الطبوغرافية، وأنموذج الارتفاع الرقمي، والمرئيات الفضائية. وتختلف هذه المصادر فيما بينها فى طريقة اشتقاق البيانات المورفومترية منها، وأيضاً درجة دقة البيانات، وحيثما كانت هذه البيانات مختلفة فيما بينها تبعاً لمصدر وطريقة اشتقاقها، فإن ذلك يُعد مدعاة لاجراء البحث حول طرق إشتقاق البيانات المورفومترية، والمشكلات المرتبطة بإشتقاق هذه البيانات، ومحاولة التعرف على أسباب اختلاف دقتها، علاوة على إقتراح لطريقة يمكن اشتقاق البيانات المورفومترية منها؛ لذا يرى الباحثان أن الدراسة يمكن أن تسير على النحو الآتي:

أولاً: المشكلات المرتبطة بطرق إشتقاق البيانات المورفومترية:

تتعدد مصادر وطرق اشتقاق البيانات المورفومترية، إلا أن طرق اشتقاق تلك البيانات تنحصر فى طريقتين أساسيتين هما: الطريقة اليدوية والآلية، حيث يتم اتباع الطريقة الأولى مع الخرائط الطبوغرافية والمرئيات الفضائية، بينما تُتَبع الطريقة الثانية مع أنموذج الارتفاع الرقمي. وسواء تم إتباع أي من الطريقتين؛ فإن الباحث يواجه بعض المشكلات التى ترتبط بالطريقة التى يتبعها فى إشتقاق البيانات المورفومترية،

وفيما يلى عرض موجز للمشكلات التى تواجه الباحث سواء فى الطريقة اليدوية أو الآلية:

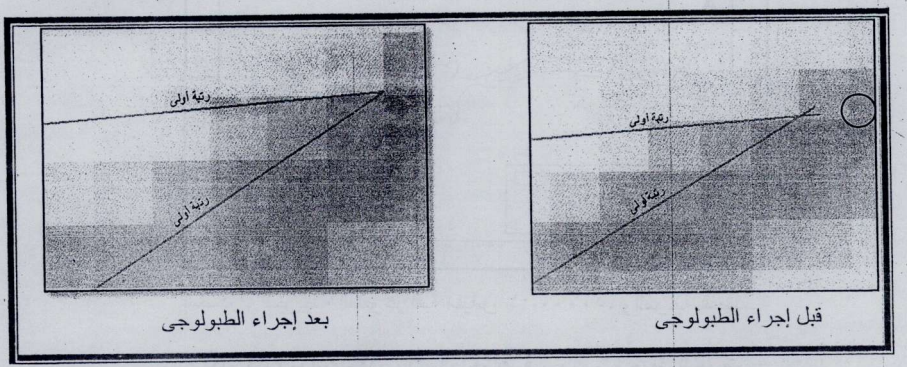
١- **توفير الخرائط الطبوغرافية بمقاييس رسم مناسبة والمرئيات الفضائية ونماذج الارتفاع الرقمى بدقة مكانية مرتفعة للمنطقة:** حيث تنتج الخرائط الطبوغرافية بمقاييس رسم مختلفة، ومنها: (١: ٢٥٠٠٠٠)، أو (١: ١٠٠٠٠٠)، أو (١: ٥٠٠٠٠)، أو (١: ٢٥٠٠٠)، وتختلف هذه الخرائط تبعاً لمقاييس رسمها في حجم ونوعية البيانات التى توضحها، فضلاً عن عدم توافر بعض الخرائط ذات المقاييس الكبيرة مثل خرائط مقياس (١: ٢٥٠٠٠) إلا لمناطق محدودة من البلدان العربية مثل: السهل الفيضي في الوادي والدلتا بمصر. هذا وتُعد الخرائط الطبوغرافية مقياس ١: ٥٠٠٠٠ هى الأكثر شيوعاً واستخداماً؛ نظراً لتوافرها فى أغلب البلدان العربية، وتغطيتها جل مساحات الدول العربية.

يعتبر الحصول على مرئية فضائية بدقة مكانية عالية تسمح للباحث أن يحللها بصرياً بصورة ميسرة من الأمور الصعبة؛ لارتفاع التكلفة، حيث إن مثل هذه المرئيات غير متاحة بصورة مجانية على شبكة المعلومات الدولية، ويستعاض عن ذلك بالاعتماد على صور القمر الصناعى Landsat ETM+ التى إعتمدت عليها الدراسة الراهنة، وهو يُعد من أفضل الأقمار الصناعية المتاحة بالرغم من انخفاض دقته المكانية[٣] والتى تصل إلى ٢٨ متراً، لمقارنة بأقمار صناعية أخرى تصل دقتها المكانية إلى ١٠ أمتار مثل: القمر الصناعي الفرنسي اسبوت Spot، أو ٥ أمتار إلي ٢،٥ متر مثل: القمر الصناعي كويك بيرد QuickBird؛ وذلك لأن الطول الموجي لصور القمر الصناعى لاند سات يُغطي عدداً من حزم ضوئية لا تتوفر في بعض صور الأقمار الأخرى. كما يتمتع القمر الصناعى لاند سات بسجل تاريخى يجعله أفضل خيار إن لم يكن الوحيد،

إلي جانب توافر الصور الفضائية لنفس القمر بصورة مجانية، الأمر الذي تفتقر إليه بقيه الأقمار الصناعية سابقة الذكر، والتي ترتفع تكلفة الحصول على مرئية فضائية ملتقطة بأى منها.

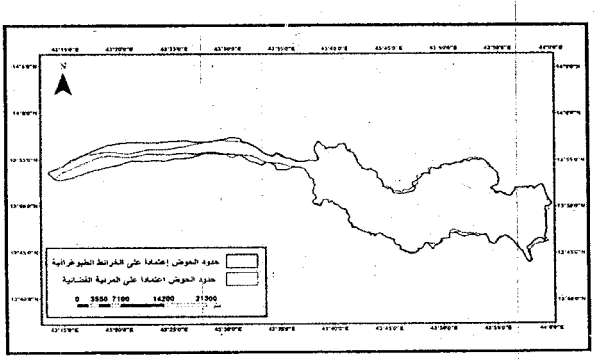
وبالمثل فإذا كانت الدقة المكانية مهمة لاشتقاق البيانات من المرئية الفضائية؛ فهي الأخرى مهمة لأنموذج الارتفاع الرقمي، حيث أن ارتفاع الدقة المكانية(٤) لأنموذج الارتفاع الرقمي يتحدد على إثره دقة نتائج البيانات المورفومترية المشتقة منه (عاهد ذنون الحمامى، وآخرون، ٢٠١٠، ص٢).

٢- **تستغرق الطريقة اليدوية وقتاً وجهداً كبيرين فى تحرير البيانات المورفومترية سواء من الخرائط الطبوغرافية أو المرئيات الفضائية**، فهي تستغرق أياماً وفى بعض الحالات أشهراً بحسب المساحة الحوضية لكل وادي. ولتطبيق ذلك على حوض التصريف مجال الدراسة فقد استغرق تحرير شبكة التصريف من الخريطة الطبوغرافية قرابة شهر بينما استغرقت شهرين من المرئية الفضائية بالطريقة اليدوية، وهي فترة كبيرة جداً بالمقارنة بالطريقة الآلية لاشتقاق البيانات المورفومترية التي لا تستغرق إلا بضع ساعات، فضلا عن الوقت المستغرق فى الطبولوجى Topology، حيث تنجم عن الطريقة اليدوية أخطاء أثناء عملية الرسم وذلك كما يتضح من الشكل (٢)، وتتنوع هذه الاخطاء بين حدوث تقاطع لرتبتين من نفس الفئة أو عدم تقابل رتبتين من نفس الفئة؛ مما دفع الباحث للقيام بتنفيذ أمر Topology للوقوف على أخطاء عملية الرسم وإصلاحها؛ الأمر الذي استغرق كثيراً من الوقت والمجهود.



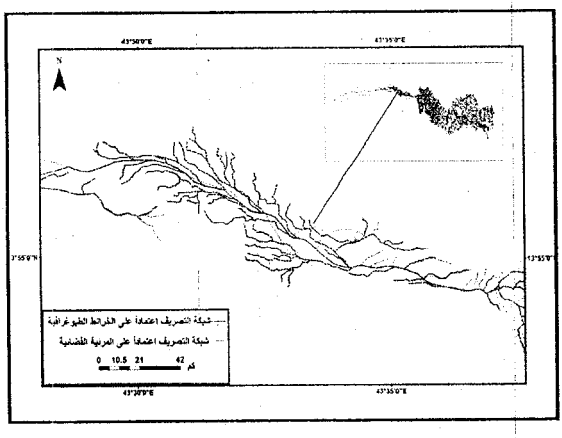
شكل (٢) أنموذج لأخطاء الرسم اليدوى لشبكة التصريف المائى وطريقة معالجتها طبولوجياً

٣- **تباين تقديرات الباحثين فى اشتقاق البيانات بطريقة يدوية**، حيث كشفت ازدواجية القيام بعملية تحرير البيانات من قبل الباحثين عن ثمة اختلاف فى تقدير بعض الجوانب مثل الحدود الخارجية لحوض التصريف وهو ما يظهر جلياً فى شكل (٣). فقد تطابق جزء من الحدود الخارجية للحوض، بينما لم تتطابق أجزاء أخرى؛ وقد رجع هذا الاختلاف إلى تقديرات كل باحث على حدة. أيضاً ظهرت جوانب الاختلاف فى مجموعة المجارى المائية القريبة من مخرج الوادى حيث قدر أحد الباحثين -الذى اعتمد على الخريطة الطبوغرافية فى إشتقاق البيانات- مجموع المجارى التى تُرفد إلى المجرى الرئيس من اليمين واليسار بالقرب من المصب على أنها روافد ترفد المجرى الرئيس، وذلك كما يتضح من شكل (٤) بينما قدر الآخر أن بعض هذه المجارى روافداً فعلية والبعض الآخر أعتبرت فروع للوادي، ومن ثم لا يمكن إعتبارها روافد للمجرى؛ وقد يرجع التباين فى تقديرات الباحثين إلى استواء سطح المنطقة القريبة من مخرج الوادي؛ مما نتج عنه عدم ظهور مجارى الأودية نظراً لاستواء السطح، وتعرض المجارى فى نهاياتها للطمر بفعل ما تنقله الأودية والرياح من رواسب تطمر الملامح العامة لنهايات تلك الأودية.



المصدر: الخريطة الطبوغرافية مقياس ١: ٥٠٠٠٠، والمرئية الفضائية

شكل (٣) تباين تقديرات الباحثان فى رسم محيط الحوض



المصدر: الخريطة الطبوغرافية مقياس ١: ٥٠٠٠٠، والمرئية الفضائية

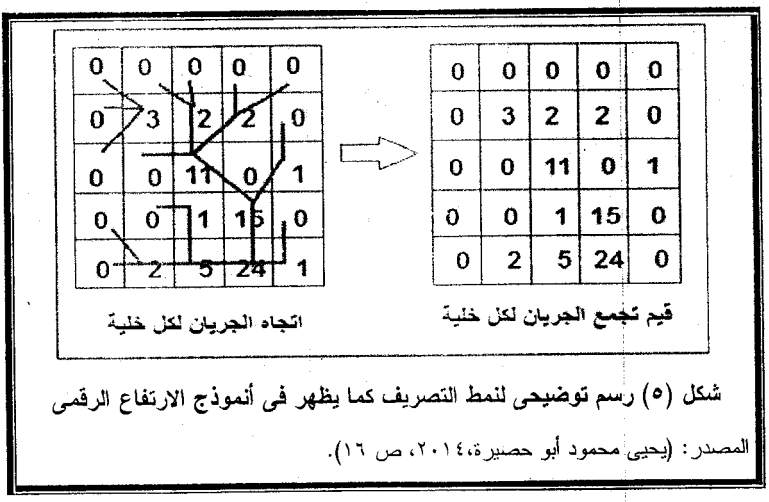
شكل (٤) تباين تقديرات الباحثان فى رسم الروافد فى المنطقة القريبة من المصب

ولم تقتصر جوانب الاختلاف عند هذا الحد، بل امتدت إلى الاختلاف فى أعداد وأطوال رتب المجارى وهى فى حقيقتها خصائص مورفومترية؛ وهو ما يعزي إلى

اختلاف مصادر اشتقاق البيانات وطبيعة وخصائص وإجراءات إنتاج(٥) كل مصدر من هذه المصادر لنجد أن الخريطة الطبوغرافية التى تُعنى بالرسم التفصيلي للمكان، حسب ما يسمح به مقياس الرسم، لذلك فإن أعداد وكثافة ونوعية الظاهرات التى تمثلها تعتمد على مقياس الرسم المستخدم، ولكن تحتفظ الخريطة الطبوغرافية باختلاف مقاييسها بالظاهرات التضاريسية لسطح الأرض التى تمثلها بواسطة خطوط الكنتور، فعلى سبيل المثال الخرائط الطبوغرافية مقياس (١: ٢٥٠٠٠٠) تظهر عليها الشبكة الرئيسة لأحواض التصريف المائى، بينما تُظهر الخرائط مقياس (١: ٥٠٠٠٠) جل شبكة التصريف المائى، وبهذا فإنه كلما كَبُر مقياس رسم الخريطة ظهرت تفصيلات أكبر على الخريطة بما فيها شبكة التصريف المائى، ويظهر شكل (٦) وجدول (٢) تباين تقديرات الباحثان فى تحرير شبكة التصريف من حيث الأعداد والأطول. وقد يقدر الباحث بعض الجوانب أثناء عملية اشتقاق البيانات تقديراً خاطئاً، وذلك كما يتضح من شكل(٦) فى الموضع رقم (١) حيث اختلف الباحثان فى تقدير منابع الرتبة الأولى عن طريق التحليل البصرى.

٤- **عدم تطابق شبكة التصريف المائى التى تُستخرج من أنموذج الارتفاع الرقمي من حيث الشكل بأرض الواقع**، حيث تظهر شبكة التصريف المائى فى شكل خطوط مستقيمة أو مُنكسرة، شكل (٦) موضع رقم (٣،٤) كما أنها تظهر شبكة التصريف المائى خاصة الرتب الأقل فى شكل متوازى تقريباً؛ الأمر الذي قد يفسر خطأً بتعرض المساحة الحوضية الكلية إلى تصدعات ساهمت فى اتخاذ شبكة التصريف الشكل المستقيم والمتوازى أحياناً، وهو ذلك الأمر نفسه الذى قد تكون أجزاء من المساحات الحوضية قد تعرضت له، وإن كانت تظهر هذه المشكلة فى أى أحواض تصريف مائى أخرى يتم تطبيق الطريقة الآلية فى استخراج البيانات المورفومترية بها حتى لو لم

تتأثر بأى تصدعات تسهم فى تحديد أشكال المجارى المائية ونمط التصريف. ويمكن تفسير هذا عن طريق اتخاذ شبكة التصريف المائى -خاصة الرتب الأقل- شكلاً متوازياً أو خطوط منكسرة فى ضوء خصائص أنموذج الارتفاع الرقمي التي تقوم فكرة اشتقاق البيانات المورفومترية لشبكة التصريف المائى وحساب تراكم واتجاه الجريان منه على قيم مناسيب كل خلية من خلايا الأنموذج، حيث تعمل أداة اتجاه الجريان على تحديد اتجاه المياه من خلية إلى خلية مجاورة لها، وذلك بمقارنة منسوب الخلية مع مناسيب الخلايا المجاورة آلياً. في حين تعمل أداة تجميع المياه على حساب عدد الخلايا التى تصرف المياه إلى خلية معينة، وبما أن كل خلية لها مركز يمثل بداية الرتب الأولى أو تمثل مساراً للرتب الأعلى منها؛ لذا تظهر شبكة التصريف بخطوط مستقيمة أو منكسرة، وذلك كما يتضح من الشكل (٥).

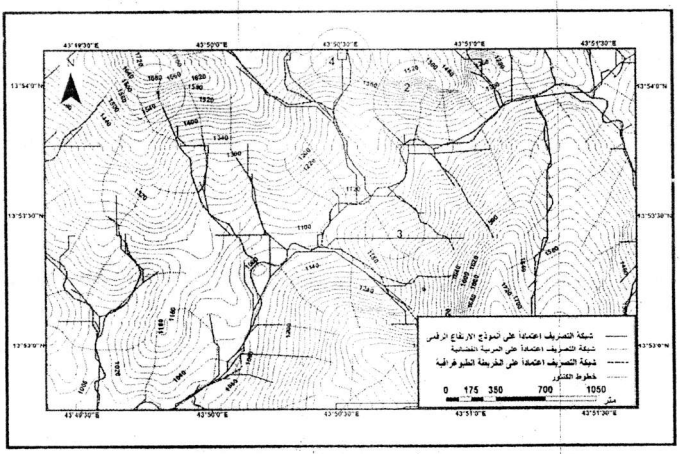


شكل (٥) رسم توضيحى لنمط التصريف كما يظهر فى أنموذج الارتفاع الرقمى

المصدر: (يحيى محمود أبو حصيرة،٢٠١٤، ص ١٦).

٥- عدم وجود قيمة ثابتة لعتبة اشتقاق البيانات بالطريقة الآلية تصلح لكل حوض تصريف: تتباين أعداد وأطوال رتب المجارى عادة؛ وذلك تبعاً لتباين العتبات، حيث

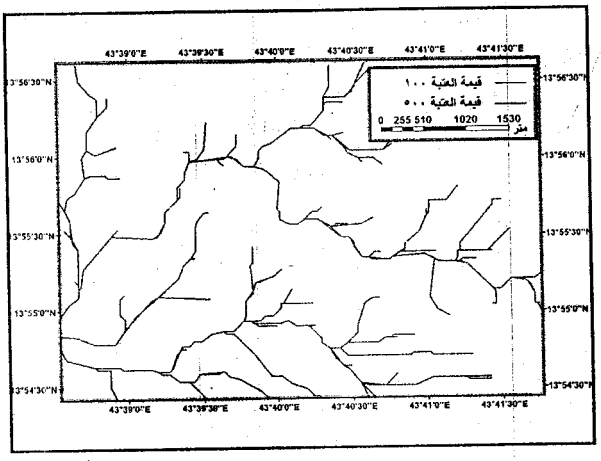
يظهر من الشكل (٧) تباين أعداد المجارى وأطوالها بسبب اختلاف العتبتين المستخدمتين فقد تم استخدام عتبة ١٠٠ فكانت أعداد المجارى ٣١١٥ مجرى، بإجمالي أطوال بلغت ١٢٤٧كم، بينما استخدمت عتبة بقيمة ٥٠٠ فوصلت أعداد المجارى ٦٦٧ مجرى، بإجمالي أطوال لم تزد عن ٦٠٢,٥كم، وبهذا فإن أعداد وأطوال المجارى تزداد بانخفاض قيمة العتبة، ولم يقتصر تغير العتبة عند ذلك الحد، بل يؤثر في قيمة أعلى رتبة يصل لها الوادي، فنجد أن أعلى رتبة وصلت لها شبكة التصريف بالحوض كانت الرتبة الخامسة وذلك باستخدام عتبة قيمتها ٥٠٠ في حين زادت ووصلت إلى الرتبة



شكل (٧) تباين أعداد وأطوال المجارى المائية تبعاً لاختلاف العتبات

السادسة باستخدام عتبة ذات قيمة ١٠٠.

المصدر: الخريطة الطبوغرافية مقياس ١: ٥٠٠٠٠، وأنموذج الارتفاع الرقمي، والمرئية الفضائية من القمر الصناعى Landsat 7



شكل (٦) مواضع المشكلات المرتبطة باشتقاق البيانات تبعاً لمصدر البيانات

المصدر: أنموذج الارتفاع الرقمي

ثانيا: دراسة مقارنة لنتائج طرق اشتقاق البيانات المورفومترية.

على الرغم من تعدد الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف المائي، والتي اعتمدت عليها جميع الدراسات السابقة فى الأدبيات الجغرافية التى تناولت جيومورفولوجية أحواض التصريف المائي؛ فإننا هنا فى هذه الدراسة نقتصر على دراسة بعض الخصائص باختلاف مصدر اشتقاقها ومنها: مساحة ومتوسط عرض الحوض، وطول ومحيط الحوض، والتضرس المحلى، وأعداد وأطوال المجارى، وطول المجرى الأفقى باعتبارها مُعَامِلات رئيسة في اشتقاق بقية المُعَامِلات المورفومترية الأخرى، لذا فإن أى تغير في قيم هذه المُعَامِلات يُحدث تغيراً بالتبعية فى بقية المُعَامِلات المورفومترية الأخرى (أحمد زايد، ٢٠١٤، ص ص ٥٦٧-٥٧٠).

أ- الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف:

١- **مساحة الحوض:** شهدت مساحة الحوض باختلاف مصادر اشتقاقها تباينات جوهرية خاصة المساحة الحوضية المُشتقة من الخرائط الطبوغرافية من جهة بالمقارنة بالمرئية الفضائية وأنموذج الارتفاع الرقمي من جهة أخرى. بلغت مساحة الحوض قياساً من مصدر الخرائط الطبوغرافية ٦٢٢,٣كم٢، بينما قلت إلى ٥٥٧كم٢ قياساً من المرئيات الفضائية، في حين بلغت ٥٨٧,٣كم٢ قياساً من أنموذج الارتفاع الرقمي، وترجع هذه التباينات الجوهرية بين المصدر الأول (الخرائط الطبوغرافية) والمصدرين الآخرين في الأساس إلى إدخال مساحات كبيرة داخل المساحة الحوضية عند مخرج الوادي، وهى مناطق شبه مستوية لا تجرى بها إلا أعداد قليلة من المجارى وتنتشر بها فروع نهرية. وقد قدرت البيانات المشتقة من الخرائط الطبوغرافية أنه يمكن أن يتم تضمين كل المساحات التى تجرى فيها الروافد والفروع أيضا داخل المساحة الحوضية؛ ويرجع تقدير ذلك أساساً إلى أن الخرائط الطبوغرافية لا تفرق من خلالها فى نمط المجارى المائية بين الروافد والفروع لذلك قدر الباحث الأول أن هذه المجارى هى عبارة عن روافد مائية، بينما يرى الباحث الثانى أن بعض من هذه المجارى هى روافد وبعضها الآخر فروع، لاسيما وأن المنطقة شبه مستوية وتقع عند مخرج الوادي، كما أن الانحدار العام للمجرى يتجه صوب الغرب، بينما انحدار هذه المجارى -إذا ما اعتبرت روافد- تتجهة نحو الشرق والجنوب الشرقى، وهو ما يصعب تحقيقة خاصة فى ظل ميل السطح إلى الاستواء.

وبهذا يظهر اختلاف تقديرات الباحثين فى اشتقاق البيانات المورفومترية بالطريقة اليدوية؛ غير أنه ثمة تقارب نسبى بين نتائج البيانات المساحية المشتقة من المرئية الفضائية وأنموذج الارتفاع الرقمي، والذي يُعد من أفضل المصادر التى يمكن

الاعتماد عليها فى اشتقاق البيانات بالمناطق شبه المستوية، والتي غالباً ما تكون عند مخارج أحواض التصريف.

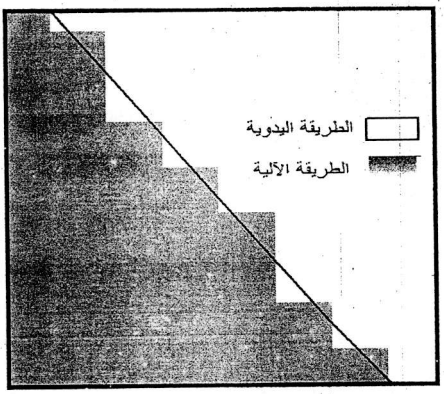
٢- **متوسط عرض الحوض:** ثمة تباينات طفيفة فى متوسط عرض الحوض تظهر نتيجة اختلاف مصادر اشتقاق البيانات. فقد تراوح متوسط عرض الحوض باختلاف مصادر القياس ما بين ٦،٩-٧،٥٨ كم، حيث سُجل أدنى متوسط تم اشتقاقه من المرئيات الفضائية، بينما أكبر قيمة سجلت كانت من الخريطة الطبوغرافية، وأخيراً يأتي أنموذج الارتفاع الرقمي ليسجل قيمة وسيطة تقدر بـ ٧،٢٩كم؛ ويرجع عدم وجود تباينات جوهرية فى قيمة متوسط عرض الحوض المقاسة من المصادر المختلفة إلى أن هذه القيمة قيمة متوسطة وليست قيمة مطلقة، هذا من جهة وتفسر الاختلافات فى قيمة متوسط عرض الحوض باختلاف مصادر البيانات المقاسة من مصادر متباينة وذلك في ضوء اختلاف تقديرات الباحثين[٦] فى اشتقاق البيانات المورفومترية أيضاً.

٣- **طول الحوض:** تُشير بيانات طول الحوض إلى وجود تباينات تراوحت ما بين ٨٢،١- ٨٤،٣ كم باختلاف مصادر اشتقاقها، ويُعد هذا المعامل من المعاملات التى يتم اشتقاقها يدوياً باختلاف مصادر اشتقاق البيانات، حيث بلغ ٨٢،١ كم اعتماداً على الخرائط الطبوغرافية، و٨٤،٣ كم اعتماداً على المرئية الفضائية وأنموذج الارتفاع الرقمي.

وبالرغم من عدم وجود اختلافات فى المسافة بين أبعد نقطة على محيط الحوض ونقطة المصب، (وهى تلك المسافة التى تُعبر عن معامل طول الحوض)؛ فإن ثمة اختلاف بين تقديرات الباحثين في قيمة طول الحوض. وهذا لا يعنى أن أحد الباحثين تقديره صحيحا مقارنة بالآخر، ولكن نود أن نشير إلى أمرين هما: الأول- أن جميع البيانات المورفومترية التى يتم اشتقاقها يدوياً تتباين باختلاف الباحثين فى مجال

الجيومورفولوجيا عامة، والثاني هو أنه على الباحث أن يتحرى الدقة فى اشتقاق البيانات يدوياً ويُخضعها للقياس أكثر من مرة حتى تكون دقيقة لأقصى درجة.

٤- **محيط الحوض:** توجد تباينات كبيرة فى قيمة محيط الحوض باختلاف مصدر اشتقاقها، حيث تراوح محيط الحوض ما بين ٢٣٦-٢٧٤،٤ كم باختلاف مصدر البيانات؛ ومرد ذلك أن هذا المعامل يُعد من المعاملات التى يتم اشتقاقها بطريقة آلية من أنموذج الارتفاع الرقمي الذي سجل ٢٧٤،٤كم باعتباره القيمة الشاذة بالمقارنة بالقيمة المشتقة بطريقة يدوية من الخريطة الطبوغرافية والمرئية الفضائية والتى سجلت ٢٤٤،٨كم و٢٣٦كم على الترتيب؛ ويرجع شذوذ قيمة محيط الحوض المشتقة من أنموذج الارتفاع الرقمي إلى طبيعة وخصائص هذا الأنموذج الذي يعتمد في اشتقاق بعض البيانات المورفومترية على طول ومنسوب الخلايا المكونة له لنجد أن محيط الحوض المشتق من أنموذج الارتفاع الرقمي ينطبق مع الحدود الخارجية للخلايا المكونة لخط تقسيم المياه، وبالتالي يظهر في صورة خط منكسر متماشياً مع حدود الخلايا المكونة لأنموذج الارتفاع الرقمي؛ الأمر الذي جعل محيط الحوض أكبر بكثير من قيمته المشتقة بالطريقة اليدوية، والتي تعتمد على تحرير محيط الحوض فى خط مستقيم أو شبه مستقيم فى نفس الموضع، وذلك كما يتضح من شكل (٨):



شكل (٨)

اختلاف شكل محيط الحوض بين الطريقة اليدوية والآلية

المصدر: أنموذج الارتفاع الرقمي

٥- **التضرس المحلى:** ثمة تباينات طفيفة فى قيم التضرس المحلى باختلاف مصادر اشتقاقها؛ إذ تراوحت قيم التضرس المحلى ما بين (٢٦٠٠-٢٠٢٦ متراً)، وتشابه كل من المرئيات الفضائية وأنموذج الارتفاع الرقمي في قيمة التضرس المحلى ليسجلا ٢٦٢٦مترا؛ ويرجع هذا التشابه بدرجة أساسية إلى اعتبار أن كل من المصدرين من المصادر الفضائية، بينما سجل التضرس المحلى من الخريطة الطبوغرافية قيمة ٢٦٠٠ متر؛ ويعود هذا الاختلاف إلى كون الخريطة الطبوغرافية تُظهر مناسيب سطح الأرض بما يتمشى مع مقياس الرسم الذى أُنتجت به الخريطة وهو مقياس (١: ٥٠٠٠٠) التى لا تظهر فى هذه الحالة تفصيلات مكانية أكثر دقة.

ب- الخصائص المورفومترية لشبكات التصريف:

أظهرت نتائج البيانات المورفومترية لشبكة التصريف لوادى نخلة باختلاف مصادر اشتقاقها وجود فروق كبيرة فى جل البيانات المورفومترية الخاصة بها، والتي تزيد عن

التباينات الخاصة بالمعاملات المورفومترية للحوض ويمكن تفسير ذلك فى ضوء ما يلي:

- معظم البيانات المورفومترية الخاصة بشبكة التصريف التى يتم اشتقاقها من مصدر أنموذج الارتفاع الرقمي تتم بطريقة آلية، في حين أن معظم البيانات الخاصة بحوض التصريف يتم اشتقاقها من المصدر نفسه بطريقة يدوية بمساعدة الكمبيوتر بعد إجراء التحليلات الآلية لاستخراج البيانات الخاصة بشبكة التصريف؛ لذلك فإن تدخل الباحث -بشرط أن يمتلك من الخبرة ما يؤهله لذلك- في اشتقاق البيانات حتى من أنموذج الارتفاع الرقمي، (والذي يعتمد بشكل أساسى على الطريقة الآلية) يجنب كثير من المشكلات التى ترتبط بالبيانات المورفومترية.
- لا تؤثر الخريطة الطبوغرافية فى تباين الأبعاد الشكلية للحوض باعتبار أن الخريطة تمثل مصدراً من مصادر البيانات المورفومترية باختلاف مقاييسها ، بينما يؤثر اختلاف مقياس الرسم فى البيانات الخاصة بشبكة تصريف الحوض من حيث أعداد ورتب وأطوال المجارى.
- تُعد شبكة التصريف المائى من البيانات الثانوية التى تُظهرها الخريطة الطبوغرافية وفقاً لمقياس رسم الخريطة، وحيث أن شبكة التصريف ليست من البيانات الأساسية؛ فإنها عُرضة دائما لأعمال الازاحة والحذف والتعميم التى تتعرض لها الخريطة الطبوغرافية المنتجة أثناء مراحل إعدادها، وهذا ما تم رصده فى المشكلات المرتبطة بطريقة اشتقاق البيانات، وما أكدته الدراسات السابقة حول المشكلات التى يعانى منها إنتاج الخرائط الطبوغرافية.

- لوحظ محدودية تدخلات الباحثين فى تقدير المعاملات المورفومترية الخاصة بأحواض التصريف بالمقارنة بزيادة تدخلاتهم فى تقدير المعاملات المورفومترية الخاصة بشبكة التصريف سواء تم اتباع الطريقة اليدوية أو الآلية.

١- **أعداد المجارى:** ثمة تباينات كبيرة فى أعداد المجارى باختلاف مصادر اشتقاقها، فقد سجلت المرئيات الفضائية أعداد أكبر للمجارى بلغت ٥١٧٤ مجرى، أي أنها أكثر من خمسة أضعاف ما سجلته الخريطة الطبوغرافية، بينما جاء أنموذج الارتفاع الرقمي ليسجل ٣٩٦١ مجرى فقط، علماً بأن قيمة العتبة المستخدمة بلغت ٥٠ ، في حين احتلت الخريطة الطبوغرافية أدنى المصادر من حيث استخراج أعداد المجارى والتى بلغت ١٠٣٤ مجرى فقط؛ ويرجع التباين الكبير للغاية فى أعداد الرتب باختلاف مصادر اشتقاقها إلى أعمال الحذف والتعميم التى تتعرض لها الخريطة الطبوغرافية أثناء إنتاج شبكة التصريف المائى، بالإضافة إلى الدقة المكانية العالية للمرئية الفضائية التى تم الاعتماد عليها فى إشتقاق البيانات المورفومترية، والتي مكنت الباحثين من إظهار تفصيلات شبكة التصريف بصورة أقرب ما تكون للواقع. ومما يؤكد ذلك هو تطابق مسارات شبكة التصريف مع تراجعات خطوط الكنتور بالخريطة الطبوغرافية وأنموذج الارتفاع الرقمي نحو المناسيب الأعلى، حيث أن خطوط الكنتور تعتبر عنصراً أساسياً بالخريطة الطبوغرافية الذى لا تتعرض إلى التعميم أو الحذف أو الإزاحة. أما فيما يخص أنموذج الارتفاع الرقمي فإن أعداد المجارى تعتمد فى الأساس على قيمة العتبة المُستخدمة، وبالتالي يصعب الاعتماد عليها فى اشتقاق البيانات الخاصة بشبكة التصريف بدرجة عالية.

٢- **مجموع أطوال المجارى:** تُعد أطوال المجارى انعكاسا لأعداد المجارى، ومادام أن المرئية الفضائية سجلت أعداد أكبر للمجارى، فإنها أيضا تُسجل قيماً أكبر لأطوال المجارى، حيث بلغت أطوال المجارى بها ٢٣٨٧,٢كم، أي ما يزيد على ضعف أطوال المجارى المستخرجة من الخريطة الطبوغرافية تقريباً، والتي سجلت مجموع أطوال مجارى يقدر بـــ١٢٠٣,١كم، ومرة ونصف قدر أطوال المجارى المستخرجة من أنموذج الارتفاع الرقمي والتي وصلت١٦٠٨,٢كم.

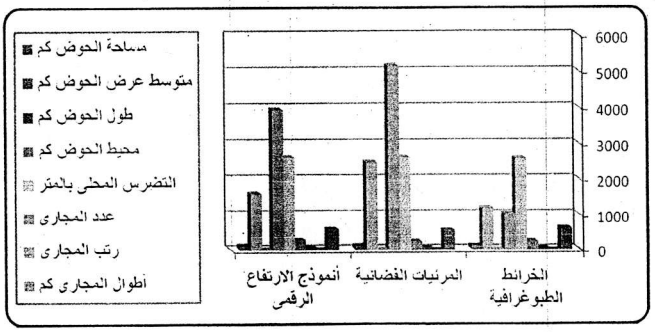
٣- رتب المجارى: تم إتباع طريقة استيلر (strahler,1952) لتصنيف رتب المجارى فى المصادر التى استخدمت فى هذه الدراسة ، حيث تساوت رتب المجارى فى كل من الخريطة الطبوغرافية وأنموذج الارتفاع الرقمي، ليصل الوادي عند الرتبة السادسة، بينما ارتفع إلى الرتبة السابعة فى البيانات المشتقة من المرئية الفضائية، ويرجع الاختلاف الأخير (الرتبة السابعة) إلى ارتفاع الدقة المكانية للمرئية الفضائية ومن ثم إظهار عدد أكبر للمجارى المائية لم تتمكن الخرائط الطبوغرافية -فى ضوء مقياس رسمها (١: ٥٠٠٠٠)- وأيضاً أنموذج الارتفاع الرقمى -فى ضوء العتبة المستخدمة(٥٠)- من إظهار المجارى الصغيرة.

٤- طول المجرى الأفقى: لم تُظهر البيانات الخاصة بطول الحوض فروق جوهرية فى اشتقاقها بالطريقة اليدوية سواء كانت الخريطة الطبوغرافية أو المرئية الفضائية، فقد سجل طول المجرى الأفقى ١٢٣,٩، و١٢٤,٩كم بكل من المصدرين على الترتيب وهما قيمتان متقاربتان، في حين سجل أنموذج الارتفاع الرقمي قيمة أقل من ذلك بشكل واضح، بما يقرب من ٤ كم ليسجل ١٢٠،٣كم. ويرجع تقارب قيم النتائج المستخرجة لطول المجرى الافقى فى كلا المصدرين (الخرائط الطبوغرافية والمرئيات الفضائية) إلى اتباع الطريقة اليدوية فى إشتقاق البيانات من كلا المصدرين حيث تسير

المجارى وفق تعرجاتها الحقيقية وهذا ما يبرر ارتفاع قيمة طول المجرى الافقى من كلا المصدرين بالمقارنة بقيمته المستخرجة من أنموذج الارتفاع الرقمى التى أظهرت إنخفاضاً نظراً لاستقامة مجارى التصريف مما يقلل من طولها الحقيقى للمجرى الأفقى.

شكل (٩) تبين المعاملات المورفومترية لأحواض وشبكة التصريف باختلاف مصادر اشتقاقها

المصدر: الخريطة الطبوغرافية مقياس ١: ٥٠٠٠٠، وأنموذج الارتفاع الرقمي، والمرئية الفضائية من القمر الصناعى Landsat 7



جدول (١) الخصائص المورفومترية المستقلة لشبكة وحوض وادى نخلة وفقاً للمصادر المختلفة

الخريطة الطبوغرافية								
مساحة الحوض	متوسط عرض الحوض كم	طول الحوض	محيط الحوض كم	التضرس المحلي بالمتر	عدد المجارى	رتب المجارى	أطوال المجارى كم	طول المجرى
٦٢٢,٣	٧,٥٨	٨٢,١٥	٢٤٤,٨	٢٦٠٠	١٠٣٤	٦	١٢٠٣,١	١٢٣,٩
المرئية الفضائية								
مساحة الحوض	متوسط عرض الحوض كم	طول الحوض	محيط الحوض كم	التضرس المحلي بالمتر	عدد المجارى	رتب المجارى	أطوال المجارى كم	طول المجرى
٥٥٧	٦,٩	٨٤,٣	٢٣٦	٢٦٢٦	٥١٧٤	٧	٢٤٨٧,٢	١٢٤,٩
أنموذج الارتفاع الرقمي								
مساحة الحوض	متوسط عرض الحوض كم	طول الحوض	محيط الحوض كم	التضرس المحلي بالمتر	عدد المجارى	رتب المجارى	أطوال المجارى كم	طول المجرى
٥٨٧,٣	٧,٢٩	٨٤,٣	٢٧٤,٤	٢٦٢٦	٣٩٦١	٦	١٦٠٨,٢	١٢٠,٣

المصدر: الخريطة الطبوغرافية مقياس ١: ٥٠٠٠٠، وأنموذج الارتفاع الرقمي، والمرئية الفضائية من القمر الصناعى Landsat 7

جدول (٢) رتب وأعداد المجارى لشبكة تصريف حوض وادي نخلة تبعاً للمصادر المختلفة

الرتبة	الأولى		الثانية		الثالثة		الرابعة		الخامسة		السادسة		السابعة		الاجمالى	
	عدد	طوال/كم	عدد	طوال/كم	عدد	طوال/كم	عدد	طوال/كم	عدد	طوال/كم	عدد	طوال/كم	عدد	طوال/كم	عدد	طوال/كم
الخرائط الطبوغرافية	٧٩٧	٧٠٨,٣	١٨٨	٢١٤,٦	٣٩	١٢١,٦	٧	٤٠,٢	٢	٧٢,٧	١	٤٥,٧	---		١٠٣٤	١٢٠٣,١
المرئية الفضائية	٤٢٦٢	١٦٤٤,٥	٧٢٥	٤١١	١٤٨	١٨٣	٣٠	١٢٣,١	٦	٣٠,٥	٢	٤٩,١	١	٤٦	٥١٧٤	٢٤٨٧,٢
أنموذج الارتفاع الرقمd	٣٠٨٤	٨١٨,٩	٦٩٢	٣٦٥,٨	١٤٨	١٩١,٩	٣٠	٩٩,٨	٦	٣٩,٢	١	٩٢,٦	---		٣٩٦١	١٦٠٨,٢

المصدر: الخريطة الطبوغرافية مقياس ١: ٥٠٠٠٠، وأنموذج الارتفاع الرقمي، والمرئية الفضائية من القمر الصناعى Landsat 7

ثالثا: نتائج الدراسة

١- يُسهم أنموذج الارتفاع الرقمي في تحرير شبكة التصريف المائى خاصة فى المناطق قليلة الانحدار، والمجارى المائية التى طُمرت بعضها فى نهاياتها بالرواسب، ويصبح الاعتماد عليه فى اشتقاق باقى المساحة الحوضية وما يجرى بها من مجارٍ مائية أمر محفوف بانخفاض الدقة المطلوبة وموثوقية البيانات المشتقة منه. وهذا لا يعنى بالضرورة انخفاض قيمة أنموذج الارتفاع الرقمي في الدراسات الجغرافية بصفة عامة والطبيعية منها بصفة خاصة، ولكن حقق هذا الأنموذج تقدماً ملحوظاً فى تفسير تضاريس سطح الأرض بصورة أكبر من بقية المصادر الأخرى، لما يمتلك من إمكانات تجعله يُظهر تضاريس سطح الأرض ثلاثية الأبعاد؛ الأمر الذي يساعد على عملية الإدراك البصري، وتكوين صورة عامة وشاملة عن الأقسام التضاريسية التى تتكون منها المنطقة.

٢- تُساعد الخرائط الطبوغرافية فى تحديد حدود أحواض التصريف النهرى بشكل أكثر دقة من مصادر أخرى، وذلك بالاستعانة بخطوط الكنتور التى تمثل أداة مساعدة في تحديد خطوط تقسيم المياه بين أحواض التصريف المتجاورة.

٣- تُسهم المرئيات الفضائية، خاصة ذات الدقة التميزية المكانية الكبيرة فى تحرير شبكات التصريف المائى بأعدادها وأطوالها وأشكالها الحقيقية، حيث تمثل المرئية الفضائية صورة لكافة تفاصيل سطح الأرض وقت التقاطها بواسطة القمر الصناعى، ولا تمر بأى معالجات من شأنها إحداث إزاحة أو تعميم، بل كل ما يجرى عليها من معالجات من شأنها أن تُعطى تفسيراً أوضح لتفاصيل سطح الأرض، وذلك على النقيض من الخرائط الطبوغرافية التى يجرى عليها كثير من عمليات الإزاحة والتعميم والحذف والتجريد.

٤- يصعب اشتقاق أي بيانات مورفومترية موثوق فى صحتها دون الاستعانة بالمصادر الثلاثة معا لاشتقاق البيانات؛ لما يميز كل مصدر من هذه المصادر

من مميزات ينفرد بها وتميزه عن المصادر الأخر، فلابد أن يّعتمد على الخرائط الطبوغرافية فى ترسيم حدود تقسيم المياه والمجارى الرئيسة والفرعية خاصة التى تصب فى المجرى الرئيس؛ ومرد ذلك إلى احتمالية حدوث جريان مائى كبير فى تلك المجارى أثناء التصوير الفضائي لها، وبالتالي يصعب اشتقاقها من المصادر الفضائية، بينما يّعتمد على المرئيات فى تحرير المجارى المائية القصيرة، والتي لا تُظهرها الخريطة الطبوغرافية وهذه ميزة للمرئيات الفضائية. وأخيراً يتم الاعتماد على أنموذج الارتفاع الرقمي في المناطق شبه المستوية بشكل أساسى والمناطق المتضرسة بشكل استثنائى؛ بسبب انخفاض دقة البيانات، وعدم دقة مسارات وأطوال المجارى المستخرجة منها.

المراجع والمصادر

١) إبراهيم ناجى الشبانى، (٢٠٠٧) استخدام نماذج الارتفاع الرقمية لإنتاج خريطة الارتفاعات المتساوية لمدينة الديوانية بواسطة برنامج Global mapper7، **مجلة القادسية فى الآداب والعلوم التربوية**، العدد ٣-٤، ص ص ١٦٦-١٧٧.

٢) أحمد زايد عبد الله(٢٠٠٦) **المخاطر الجيومورفولوجية بمراكز العمران الرئيسة على ساحل البحر الأحمر فى مصر، دراسة فى الجيومورفولوجيا التطبيقية**، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة القاهرة.

٣) أحمد زايد عبد الله، (٢٠١٤) أخطار السيول بين الواقع والنظرية – نحو أنموذج معدل لحساب درجات الخطورة، **المؤتمر السنوى** الدولى، معهد البحوث والدراسات الأفريقية، المجلد الأول، ص ص ٥٤٧-٥٩٢

٤)تامر يوسف عمرون (٢٠٠١): "**جيمورفولوجية أحواض التصريف النهرى والنطاق الساحلى للبحر الأحمر فيما بين رأس العش ومصب** وادى ملاح"، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة القاهرة.

٥) حنان عبداللطيف الغيلان، (بدون تاريخ) توظيف تقنية نظم المعلومات الجغرافية فى بناء قاعدة بيات جغرافية ذات متغيرات مورفومترية لأحواض الأودية الجافة، متاح على الرابط http://www.saudigis.org

٦) سعد سعيد الغامدى، (٢٠٠٦) توظيف نظم المعلومات الجغرافية فى استخراج بعض القياسات المورفومترية من نماذج الارتفاعات الرقمية، دراسة حالة وادى ذرى فى المملكة العربية السعودية، **مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية**، العدد ٣١٣.

٧) شبكة المعلومات الدولية، موقع هيئة المساحة الأمريكية www.gloves.com

٨)طاهر عبدالرحيم إبراهيم السباعى (٢٠٠٦): "**الأخطار الجيومورفولوجية بالسهل الساحلي شمالي شبه جزيرة سيناء**"، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة المنوفية.

٩) عاهد ذنون الحمامى، ابراهيم أنور، (٢٠١٠) توظيف وسائل الاستشعار عن بعد فى دراسة طبوغرافية بحيرة سد الموصل، **مجلة التربية والعلم**، كلية التربية، جامعة الموصل، المجلد ١٧، العدد ٢، ص ص ١-١٤.

١٠) عبدالمجيد أحمد مداغش (٢٠١٠)، مقارنة تحديد شبكات التصريف المائى لأحواض الأودية بالوسائل التقليدية مع وسائل تحليل نماذج الارتفاع الرقمية- نموذج حوض صعدة، **المؤتمر الرابع للجغرافيين اليمنيين**، جامعة صنعاء، كلية الآداب والعلوم الانسانية بالتعاون مع الجمعية الجغرافية اليمنية خلال الفترة من ٢٧-٢٩ ديسمبر ٢٠١٠.

١١) عبدالمحسن صالح العمرى، (٢٠١١) تحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف فى منطقة كريتر عدن باستخدام معطيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، **ندوة عدن بوابة الحضارة**، جامعة عدن، الفترة ١٨-١٩ يناير ٢٠١١.

١٢) علاء نبيل حمدون، حكمت صبحى الدغشانى، (بدون تاريخ) تحليل الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف فى منطقة دهوك شمال العراق باستخدام معطيات الاستشعار عن بعد، مركز التحسن النائى، جامعة الموصل، متاح على الرابط www.4geography.com.

١٣) على عبد عباس العزاوى (٢٠٠٩) تمثيل النماذج المفتوحة فى أنظمة المعلومات الجغرافية، (GIS) دراسة تطبيقية على حوض مائى شمال العراق، **مجلة جامعة كركوك للدراسات الانسانية**، العدد٢، المجلد ٤، ص ص ٩٧-١١٣.

١٤) _____، صباح حسين على، (٢٠٠٦) استخدام نظم المعلومات الجغرافية فى إنشاء وتمثيل بيانات نموذج الارتفاع الرقمي لنماذج مختارة من شمال العراق، **مجلة التربية والعلم**، المجلد ١٣، العدد ٢، ص ص ٤١-٥٦.

١٥) مبارك بن محمد بن ناصر، (٢٠٠٤) **إنتاج الخرائط الطبوغرافية من ملفات المسح الجوي مباشرة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية**، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الملك سعود.

١٦) محمد بن عبدالله الصالح، (١٩٩٩) استخدام صور الماسح الموضوعى المحسنة والخرائط الطبوغرافية للتحليل المورفومترى لوادى عنان ووادى مزيرعة بوسط المملكة العربية السعودية، **مجلة جامعة الملك سعود**، مجلد ١١، عدد ٢، ص ص ٢٨٧-٣٠٤.

١٧) محمد صبرى محسوب، (١٩٩٧) **جيومورفولوجية الأشكال الأرضية**، دار الفكر العربى، الطبعة الخامسة، القاهرة.

١٨) محمد عبدالمعتمد عبدالرسول (٢٠٠٦): "**الأخطار الجيومورفولوجية بالجانب الغربى لوادى النيل**

جامعة أسيوط.

١٩)مصلحة المساحة والسجل العقاري (١٩٨٢) ، الجمهورية اليمنية، صنعاء، الخرائط الطبوغرافية مقياس ١: ٥٠٠٠٠، طبعت بمديرية المساحة لما وراء البحار ، المملكة المتحدة.

٢٠)نضال محمد سفيان (٢٠١٤)، **جيومورفولوجية حوض وادي نخلة في محافظة تعز بالجمهورية اليمنية**، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب- جامعة الملك سعود.

٢١)هالة محمد سعيد، وآخرون (٢٠١٠) أهمية دراسة أنموذج الارتفاع الرقمي DEM وتطبيقاته المختلفة، **مجلة ديالى**، العدد الثالث والأربعون، ص ص ١٧٥-١٨٩.

٢٢)_____، (بدون تاريخ) الدور الجيومورفولوجى فى تصنيف وتقسيم الأراضى فى منطقة جنوب شرق محافظة أربيل، **مجلة الآداب**، العدد ١٠٧، ص ص ٢٤١-٢٥٦. متاح على الرباط **http://www.iasj.net**

٢٣)وسام الدين محمد، (٢٠٠٨) أساسيات نظم المعلومات الجغرافية متاح على الرابط **www.4geography.com**..

٢٤)يحيى محمود سعيد ابو حصيرة، (٢٠١٤) مقدمة في التحليل الهيدرولوجي (Arc Hydro 2.0) بالاعتماد على أنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) متاح على الرابط **http://site.iugaza.edu.ps**.

٢٥)_____، (٢٠١٣) **تطبيق نظم المعلومات الجغرافية فى دراسة الخصائص المورفومترية لحوض نهر العوجاء-فلسطين**، رسالة ماجستير غير منشورة ، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، الجامعة الاسلامية، غزة.

26) *Qannam.Z(2003): "A Hydrogeological, Hydrochemical And Environmental Study In Wadi Al Arroub Drainage Basin, South West Bank, Palestine"*, (Unpublished) Ph.D ,Bergakademie Freiberg Technische Universität

27) Simon .W.u, Jonathan. L.i,& Huang. G.H (2008): "A Study on DEM-Derived *rimary Topographic Attributes for Hydrologic Applications: Sensitivity to Elevation Data Resolution*", Applied Geography, 28, pp.210–23.

28) Strahler,A. N. (1952): "Hypsometric (Area - Altitude) analysis of erosional Topography". **Bull . Geol. Soc. Amer.**, Vol. 63.

الحواشى

(١) لما كانت الخرائط الطبوغرافية تمر فى إحدى مراحل إنتاجها بالصور الجوية لاخذ البيانات الجغرافية حول المعالم المختلفة (مبارك بن محمد بن ناصر، ٢٠٠٤، ص٤)؛ فقد اقتصر البحث هنا على إجراء دراسة مقارنة بين ثلاثة مصادر هي: الخرائط الطبوغرافية، وأنموذج الارتفاع الرقمي، والمرئيات الفضائية.

(٢) نموذج الارتفاع الرقمي: هو عبارة عن تمثيل رقمي للتضاريس الأرضية متباينة الارتفاع، وهو المخرجات الأساسية لنظام المعلومات الجغرافية التى تُعطى الفرصة للتمثيل الرقمي الثلاثي الأبعاد، والخاص بالارتفاعات باستخدام المتغيرات (X,Y,Z) التى يمثل فيها (X,Y) الاحداثيات الأفقية بينما يمثل (Z) الإحدائي العمودي (ارتفاع) (على عبد عباس، وآخرون ٢٠٠٦، ص٤٧).

(٣) فعلى الرغم من انخفاض الدقة المكانية للمرئيات الفضائية للقمر الصناعى لاند سات إلا أنه يمكن رفع هذه الدقة إلى ١٤ متراً، وذلك من خلال إجراء بعض المعالجات مثل: دمج الباند الثامن ذو الدقة المكانية ١٤ متراً؛ بالإضافة إلى تطبيق معالجة Resolution Merge التى تقوم بتقسيم الخلية إلى أربعة خلايا بحيث تصبح الصورة الفضائية ذات دقة مكانية ١٤ متراً، وتهدف هذه الاجراءات إلى رفع الدقة المكانية للصورة الفضائية؛ نظرا لأهمية هذه الاجراءات فى تحليل الصورة الفضائية.

(٤) حيث تعد الدقة المكانية لنماذج الارتفاع الرقمى المتعارف عليها ٩٠ متراً، فعلى الرغم من أن هذه الدقة تعد مقبولة خاصة فى المساحات الواسعة إلا ان العمل على نطاق ضيق فعلي سبيل المثال دراسة حوض تصريف واحد يحتاج إلى دقة مكانية أعلى تصل إلى ٣٠ متراً أو أقل، وهو ما لم يتوافر بسهولة لبعض المناطق.

(٥) تنتج الخريطة الطبوغرافية عبر مجموعة من المراحل الكارتوجرافية، تبدأ بإنتاج البيانات الموضعية التى تتكون من قسمين هما بيانات المسوحات الجوية؛ بهدف اشتقاق ملف مبدئي لإنتاج الخريطة يُعرف بملف التصوير الجوى. أما القسم الثانى فيختص بإنتاج ملف التحقق الحقلى حيث تظهر به كافة التفاصيل غير الواضحة فى ملف التصوير

أساس إنتاج الخريطة الطبوغرافية. ويمر إنتاج الخريطة الطبوغرافية بمرحلة أخيرة تعرف بمرحلة الطباعة الكارتوجرافية حيث يتم إنتاج ملف جديد بالاستعانة بالبيانات الموضوعية، حيث يجرى مصمم الخريطة كثير من التعديلات تشمل الحذف والتعميم والتبسيط والازاحة على البيانات الموضوعية بغية الوصول إلى المواصفات المحددة لإنتاج خريطة واضحة المعالم مجال الاهتمام تتوافق ومقياس الرسم المحدد لها. (مبارك بن محمد بن ناصر، ٢٠٠٤، ص ص٢٧-٢٩)؛ لذلك فقد لا تظهر بعض شبكات التصريف الدقيقة حتى لا تحدث تزاحم داخل الخريطة ويكتفى بإظهار شبكات التصريف الرئيسة، وجانباً من الروافد الفرعية.

(٦) يذهب بعض الباحثين لقياس عرض الحوض على مسافات متساوية، ثم يقوم بتجميع هذه القياسات وقسمتها على عدد القياسات، بينما يذهب البعض الآخر إلى قياس عرض الحوض ثلاث مرات، بحيث يمثل أكبر وأدنى عرض وأخرى تعبر عن منطقة وسطى، ثم تجميع هذه القياسات وقسمتها على عددهم.