# التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية باستخدام تقنية الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية (دراسة حالة وادي تماسلة في ليبيا).

**د. عيسى علي بحر**
قسم الجغرافيا/كليّة التربية – ناصر/ جامعة الزاوية
*e.bahar@zu.edu.ly*

## الملخص:

هدفت هذه الدراسة إلى البحث في جيومورفولوجية وادي تماسلة بواسطة بناء قاعدة معلومات للخصائص المورفومترية في حوض الوادي، وذلك من خلال تحليل نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة تمييزية 30 متر، الذي يعتبر أحد المصادر الرقمية المستخدمة في أنظمة المعلومات الجغرافية، والذي استخدم كمعطيات إدخال للوصول إلى عدد كبير من المتغيرات والقياسات المورفومترية، وذلك لفهم مدلولاتها واستقراء بعض الخواص الجيومورفولوجية والهيدرولوجية وبالتالي فهم حركة المياه على سطح الحوض، وتم تطبيق المعادلات المورفومترية الرياضية وذلك للحصول على قيم المتغيرات المحسوبة من تلك المعادلات، بحيث شملت تلك الصيغ الرياضية ما يلي: (مساحة وطول وعرض ومحيط الحوض ومعدل الاستدارة ومعدل الاستطالة ومعامل الاندماج ومعامل الانبعاج ومعامل شكل الحوض ومعامل التضرس ودرجة الوعورة والانحدار، إضافة إلى التكامل الهيبسومتري والذي يعتبر مقياساً زمنياً يعبر عن المرحلة الحتية التي يمر بها حوض وادي تماسلة، وكذلك أعداد وأطوال ورتب المجاري المائية ونسبة التشعب واتجاهات المجاري والكثافة العددية ومعدل بقاء المجرى ومعامل التعرج ومعدل النسيج الطبوغرافي وزمن الاستجابة)، وقد اشتملت الدراسة على بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية في الحوض، كما توصلت إلى أنّ الحوض يميل في شكله العام إلى الشكل المثلث المتساوي الساقين، حيث قاعدته في أتجاه الشمال الغربي وراسه في الجنوب الشرقي، وإنّه يميل إلى الاستطالة مما يقلل من حدوث الفيضان في أدنى الحوض، وقد أكد ذلك مجموعة من الخصائص المورفومترية والمتغيرات الهيدرولوجية الأخرى، كما أتضح من الدراسة أنّ الحوض لازال في مرحلة الشباب، أي أن القسم الأكبر من الحوض غير متعرٍ عن طريق التصريف المائي وتُسمى هذه المرحلة بمرحلة عدم التوازن، أوصت الدراسة بضرورة بناء قواعد البيانات والاهتمام بها، وتوظيف تقنيتي الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية في الدراسات الجيومورفولوجية المتعلقة بالخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف، لما لها من نتائج دقيقة وما توفره من جهد ووقت، والعمل على تنوع مصادر البيانات الحديثة ذات الوضوح المكاني الكبير والدقة العالية كأساس لبناء قواعد البيانات الجغرافية.

**الكلمات المفتاحية:** نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، الاستشعار عن بُعد (RS)، نموذج التضرس الرقمي (DEM)، الخواص المورفومترية.

**مقدمة:**

يتميز الوقت الحالي بالاعتماد على التقنية والمعلومات، وذلك لما شهده العالم من تطور كبير في أجهزة ومكونات الحاسب الألي، وتوفر كم هائل من البيانات والمعلومات المختلفة المصادر والمتمثلة في (الإحصاءات والتعدادات والقياسات الميدانية والخرائط المتنوعة والمرئيات الفضائية والصور الجوية وغيرها)، وهي تحتاج إلى طرق سريعة ومتقدمة من حيث جمع البيانات Collection Data وتصحيحها Data Editing وتصنيفها Data Classification وتحليلها Data Analysis وتخزينها Storage واسترجاعها Data Retrieving وتحديثها Data Updating وعرضها Data Presentation، ومن هنا ازدادت أهمية نظم المعلومات الجغرافية كوسيلة متقدمة للتعامل مع تلك البيانات والمعلومات في مختلف المجالات والتخصصات العلمية بصورة عامة والدراسات الجغرافية بصورة خاصة.

وتُعتبر نظم المعلومات الجغرافية (Geographic Information System) أسلوباً تكنولوجياً متطوراً يجمع ما بين أجهزة الحاسب الألي Hardware والبرامج Software المتخصصة في بناء الخرائط والتعامل مع مكوناتها وربطها بمختلف البيانات المصاحبة لهذه البرامج، مع إمكانية ترميزها وتخزينها واسترجاعها وقت الحاجة إليها، وأيضاً إمكانية إجراء مختلف أنواع التطبيقات الجغرافية عليها، (سلمى، 1420 هـ، 243)، وبما أن البيانات والمعلومات المكانية تشكل الأساس والجزء الأهم لأي برنامج من برامج نظم المعلومات الجغرافية، وعليه فإن (الخصائص المورفومترية) تُعد من الخصائص الجيومورفولوجية وهي أساليب كمية تحليلية Quantitative Geomorphology تتناول ظاهرات سطح الأرض تعتمد على البيانات المتحصل عليها من مختلف أنواع الخرائط والصور الجوية والمرئيات الفضائية إلى جانب الدراسات الحقلية، (محسوب، وضاحي 2006، 224).

وبذلك تُعد من الخصائص الجيومورفولوجية التي سيتم الاعتماد عليها في إنشاء قاعدة البيانات الجغرافية ذات المتغيرات المورفومترية واستخدام التقنيات المتقدمة لبرامج نظم المعلومات الجغرافية لدراستها عن طريق أدوات التحليل التي تتيحها تلك البرامج، لرسم صورة رئيسية لشبكة التصريف المائية لحوض وادي تماسلة كظاهرة طبيعية ذات خصائص

جيومورفولوجية مورفومترية، ومن ثم الوصول إلى الأهداف المرجوة من هذه الدراسة، والمتمثلة بشكل رئيسي في توضيح دور نظم المعلومات الجغرافية في دراسة مثل تلك الخصائص.

إن الدراسات المورفومترية تعني التحليل العددي لشكل الأرض وايجاد العلاقة الرياضية التي تربط بين الطوبوغرافيا وشبكات التصريف المائية، هذه الدراسات الكمية لأحواض الأودية والأنهار ما هي إلا متغيرات مورفومترية يُمكن تصنيفها إلى ثلاثة أنواع هي المساحة Area والشكل Shape والتضرس elief، ( Morisawa, 1968, 175).

ويُعد نموذج الارتفاعات الرقمية DEM (Digital Elevation Model)، والمشتق من نموذج Shutlle Radar Topographic Mission (SRTM). ويتوفر نموذج التضرس الرقمي بقدرة تمييزية تصل إلى 30م، وهو ما تم استخدامه لاستنتاج الخصائص الطبوغرافية لحوض وادي تماسلة واستقراء المعلومات عن تضاريسه وعملية المحاكاة الهيدرولوجية لجريان مياه الأمطار باستخدام مجموعة من الطرق التحليلية المطبقة على المعلومات الرقمية لحساب الارتفاعات والميول والمعالم السطحية كحدود الحوض المائية وشبكات تصريفه، (زرقطة هيثم، 2007).

**مشكلة الدراسة:**

تُعد دراسة أحواض التصريف المائي من أهم الدراسات الجيومورفولوجية خصوصاً في المناطق الجافة وتحظى باهتمام كبير من قبل الباحثين، وبالرغم من ذلك لايزال هناك نقص في الدراسات المتعلقة بدراسة أنظمة أحواض التصريف.

وتعتمد أسس التحليل المورفومتري للأحواض المائية على الطرق الكمية القائمة على إجراء العديد من القياسات، ونظراً لدقة القياسات المورفومترية والتي تتطلب جهداً كبيراً ووقتاً طويلاً إضافة إلى التكلفة المالية الكبيرة، وذلك عندما يتم إجراؤها بالطرق التقليدية التي تعتمد على الأجهزة البسيطة، ورغم الجهود الكبيرة التي تتطلبها تلك الطرق، فقد لا تأتي النتائج والقياسات بالدقة المطلوبة بعد زيادة الكم الهائل من البيانات والمعلومات وتعدد مصادرها والتي تتطلب سرعة في التصنيف والمعالجة والتحليل مما يؤثر بدوره على النتائج المعتمدة على تلك القياسات، لذلك كان لابد من تلافي تلك الإشكاليات باللجوء إلى وسائل تقنية حديثة لها مميزات متقدمة عن الطرق القديمة والمتمثلة في نظم المعلومات الجغرافية في إنشاء

قواعد بياناتها والتي تعد المرئيات الفضائية (Satellite Images) ونموذج الارتفاعات الرقمية (Digital Elevation Model) من أهمها، نظراً لما يتميز به ذلك النوع من مصادر البيانات من التغطية الشاملة للظواهر الجغرافية الموجودة بمنطقة الدراسة، ودرجة الوضوح المكاني العالية (High Resolution) لمعالم المرئية والدقة الهندسية مما يُسهل عمليات القياس المورفومتري.

**وتتلخص مشكلة الدراسة فيما يلي:**

1. افتقار حوض وادي تماسلة إلى خرائط طبوغرافية تفصيلية تساعد الدراسات والتطبيقات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية المتعلقة بأحواض التصريف المائية.
2. التخلص من نسبة التعميم التي تعاني منها القياسات المورفومترية بالطرق التقليدية باستخدام الخرائط الطبوغرافية الورقية عن طريق الاعتماد عل تقنية أكثر تطوراً وهي برامج نظم المعلومات الجغرافية.
3. تُعد الأجزاء العُليا من الحوض (المنطقة الداخلة في منطقة ترهونة) من المناطق الواقعة في منطقة مناخها شبه جاف، حيث الأراضي الزراعية الخصبة الغير مستغلة، وتُرجّع المشكلة إلى عدم توفر مصدر دائم للمياه لإعادة تنمية الأراضي البور.

**أهمية الدراسة:**

تُعد هذه الدراسة من الدراسات الخاصة بجيومورفولوجية الأنهار والأودية التي تتناول الموضوع بشكل تفصيلي، وتبرز أهمية هذه الدراسة من خلال ما توفره من معلومات دقيقة عن الحوض، واعتمادها على الأساليب الألية الدقيقة في تحليل البيانات المكانية وربطها بالبيانات الوصفية وذلك باستخدام الصور الرادارية (DEM)، مما ساعد في دراسة الخصائص الهندسية والتضاريسية والمورفومترية لحوض وادي تماسلة بطرق آلية متطورة وبناء قاعدة بيانات جغرافية ذات متغيرات مورفومترية ومظاهر جيومورفولوجية معتمدة على مصادر بيانات متطورة وإجراء التحليلات المكانية المتقدمة بما يضمن الدقة في النتائج التي نتوصل إليها وعدم حصول أي فقدان في نتائج أي جزء من أجزاء الحوض، والذي قد ينجم عن الدراسات الميدانية أو عند استخدام الخرائط الطبوغرافية والتي تحتاج إلى جهد ووقت كبيرين في دراستها.

**أهداف الدراسة:**

تهدف هذه الدراسة بشكل أساسي إلى:

1. دراسة الخصائص الجيومورفولوجية لحوض وادي تماسلة وإيجاد المدلول الهيدرولوجي لها، بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية وتخزينها على الحاسب الآلي.
2. تحديد المجاري المائية وروافدها وخطوط تقسيم المياه فيما بينها للتعرف على أنماط التصريف السائدة بالحوض.
3. استخراج الخصائص الخطية والنقطية والمساحية بمنطقة الحوض.
4. تطبيق الأسس المنهجية الرياضية للتحليل المورفومتري عن طريق تقنية برامج نظم المعلومات الجغرافية والبرامج المساعدة وذلك للوصول إلى نتائج أكثر دقة.
5. إنشاء وتصميم خرائط رقمية دقيقة لمنطقة الدراسة باستخدام برامج نظم المعلومات الجغرافية.
6. استخدام نتائج التحليل المورفومتري لوضع مقترحات تساعد في تنمية المشاريع المستقبلية، وتحديد مواقع لإنشاء السدود التي تمنع الفيضانات وتساعد في التنمية الزراعية والاقتصادية من قبل الجهات المختصة.

**الفرضيات:**

الفرضيات هي إجابة مبدئية تتولد في عقل الباحث عن طريق الملاحظة العابرة وتفسير مؤقت للظاهرة المدروسة، ويتم التحقق من صحة الفرضية أو عدمها بالدراسة والبحث وتقصي الحقائق وما يمكن الوصول إليه من نتائج، وتم من خلال البحث إثبات أو نفي الفرضيات الآتية:

1. لا تتعارض نتائج المعادلات المورفومترية مع الملاحظة البصرية لشكل الحوض.
2. تكفي الطرق الكمية لإعطاء صورة واضحة عن خصائص الحوض البنائية والجيومورفولوجية.
3. هناك علاقة موجبة بين اتجاهات الصدوع من جهة واتجاهات المجاري المائية من جهة أخرى في حوض وادي تماسلة.

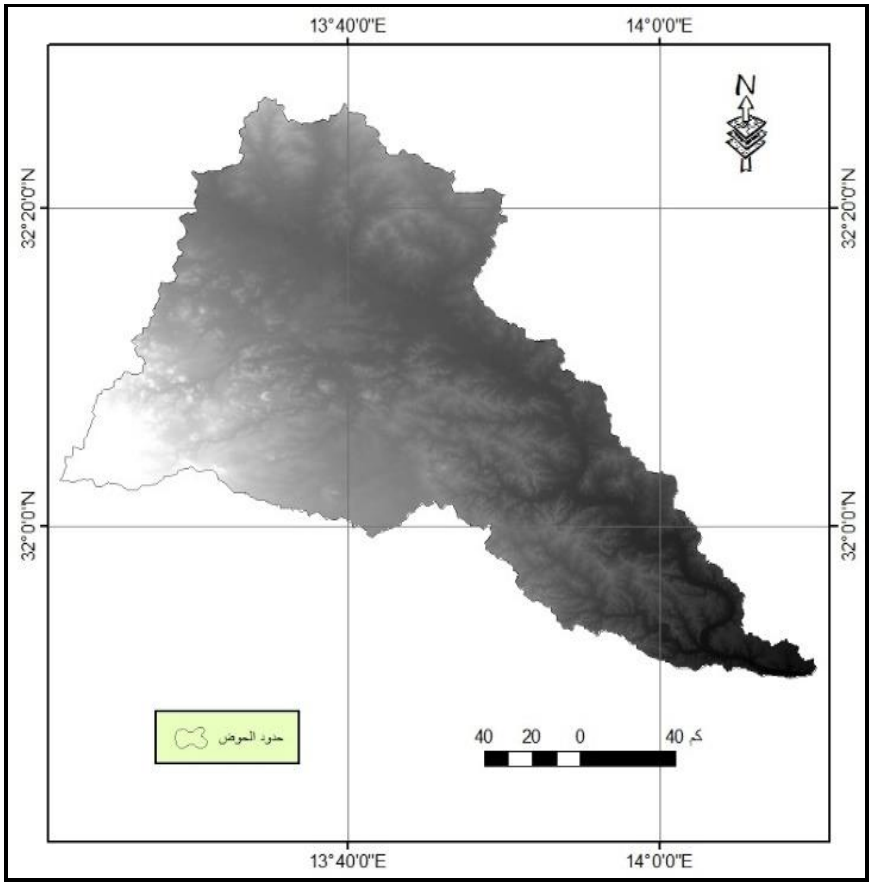
**منهجية الدراسة:**

ترتكز هذه الدراسة بشكل رئيسي على توظيف نظم المعلومات الجغرافية في معالجة بيانات الارتفاعات الرقمية والتي تُعرف باسم نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) لاستخراج القياسات والمؤشرات المتعلقة بشكل حوض وادي تماسلة وأبعاده وتضاريسه وشبكة تصريفه، وذلك من خلال بعض البرامج المتخصصة في هذا النوع من التطبيقات، وهذا يستلزم بالضرورة عرضاً لهذه البيانات والبرامج وأساليب المعالجة.

1. الحصول على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة 30 متراً، ويُمكن الحصول عليه من عدة مصادر، وفي الدراسة تم الاعتماد على SRTM) Shuttle Radar Topography Mission)، وهو ملف ناتج من المسح الراداري للتضاريس، قام به مكوك الفضاء (أنديفور) التابع لوكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) عام 2000، وهو متوفر لكل دول العالم ولكن باختلاف الدقة المكانية Spatial Resolution وتُبين الخريطة (1) الجزء المقتطع من تلك البيانات على حدود محيط الحوض.
2. إدخال نموذج الارتفاع الرقمي إلى برنامج (Arc GIS 10.3) عن طريق الأمر Add Data، وهنا تظهر المرئية باللونين الأبيض والأسود وغير واضحة المعالم، ولغرض التعامل مع هذا النموذج (نموذج الارتفاع الرقمي) للمنطقة نقوم بتحويلها من نوع (Format) tif الذي حصلنا عليه من المصدر إلى نوع Grid لأن هذا النوع هو الأفضل والأسرع في التعامل مع أدوات التحليل الهيدرولوجي وكذلك أدوات التحليل الطوبوغرافي داخل بيئة برنامج Arc GIS 10.3 والتي تعرض لها الباحث أثناء الدراسة الهيدرولوجية والطبوغرافية للمنطقة.
3. تغيير نظام الاحداثيات للطبقة الجديدة: قبل البدء في إجراء التحليلات بأنواعها يجب أولاً تغيير احداثيات الطبقة المراد العمل عليها من نظام الاحداثيات الجغرافية Coordinate System Geographic إلى نظام الاحداثيات المسقطة (المترية) Projected Coordinate System، والطبقة التي لدينا مُعرّفة من مصدرها بنظام الاحداثيات الجغرافية (بالدرجة)، ونريد تغييرها إلى المسقط المحلي (بالمتر) لليبيا، وهنا نتعامل مع المستوى الثالث لنظم المعلومات الجغرافية، وهو ما يُعرف ببرنامج صندوق

الأدوات Arc Toolbox، ويحتوي على أغلب الادوات التي تستخدم في التعامل مع الطبقات والصور الشبكية وإجراء التحليلات المكانية عليها، وتم تغيير احداثيات الطبقة من خلال أداة الاسقاط Project Raster من مجموعة أدوات الملفات الشبكية Raster الموجودة في المجموعة الفرعية الرئيسية Projections and Transformation وهي من أدوات إدارة البيانات Data Management Tools.

**الخريطة (1) الجزء المقتطع من المرئية الفضائية (DEM) على حدود محيط الحوض.**

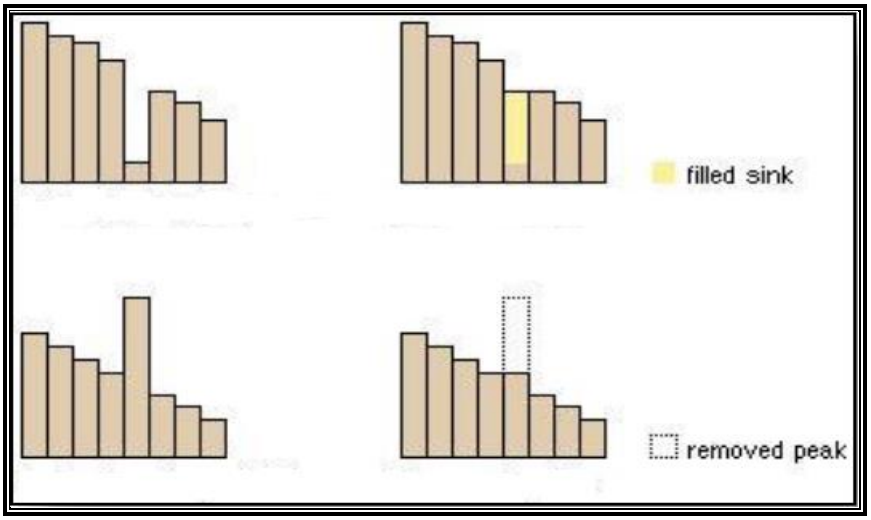



**المصدر**: من عمل الباحث بواسطة برنامج Arc GIS 10.3 استناداً على صورة فضائية DEM من موقع SRTM.

4. التحليل الهيدرولوجي من ملفات DEM: إن ملف الارتفاعات الرقمية (DEM) الذي تحصلنا عليه من موقع SRTM يمثل طبوغرافية سطح الأرض في صورة شبكية، وعليه فإن دراسة وتحليل هذا النوع من الملفات يعطينا بيانات غاية في الأهمية للعديد من التطبيقات الجغرافية والبيئية والهندسية وغيرها، ومن التطبيقات التي استفدنا منها في دراسة هذا النوع من الملفات استنتاج الخصائص الهيدرولوجية لمنطقة الدراسة ومعرفة أحواضها الرئيسية والفرعية ومعرفة اتجاه سريان وتجميع المياه السطحية بعد هطول الأمطار وغيرها من الخصائص، وهو ما يُعرف بالتحليل الهيدرولوجي بواسطة نظم المعلومات الجغرافية، ويمكننا الوصول لأدوات التحليل الهيدرولوجي من أدوات التحليل المكاني Spatial Analyst Tools، عن طريق الأداة الفرعية Hydrology والتي تحتوي عل العديد من الأدوات التي تم استعمال بعضاً منها في هذه الدراسة مثل معالجة القيم الشاذة في الارتفاع والانخفاض Fill والشكل (1) يبين نموذج لكيفية معالجة القيم الشاذة، وكذلك اتجاه الجريان Flow Direction وتحديد مناطق تجميع المياهFlow Accumulation واستنباط رُتب المجاري المائية Stream Orders بواسطة طريقة سترهلر المعدلة عن هورتون والتي تم الاعتماد عليها في تصنيف شبكة المجاري المائية بحوض وادي تماسلة، وغيرها من الأدوات المستعملة في هذه الدراسة.

5. التحليل الطبوغرافي من ملفات DEM: يُعتبر نموذج الارتفاعات الرقمية أحدث ما وصلت إليه عمليات المسح الطبوغرافي، وهو عبارة عن مصفوفة رقمية على هيئة خلوية ذات أبعاد متساوية مرتبطة بنظام الاحداثيات افقياً، فيما ترتبط عمودياً بمناسيب الارتفاع عن مستوى سطح البحر، ونموذج الارتفاعات الرقمية يكون على هيئة شبكية Raster، وهو عبارة عن بكسلات Pixels أي خلايا لها الأبعاد نفسها طولاً وعرضاً، ، وسنتعرض هنا لأهم طرق التحليل الطبوغرافي منها طرق استخراج خرائط الميول أو الانحدار Slopes وخرائط الكنتور Contour وخرائط الأوجه Aspect وغيرها.

**الشكل (1) يبين نموذج لكيفية معالجة القيم الشاذة.**



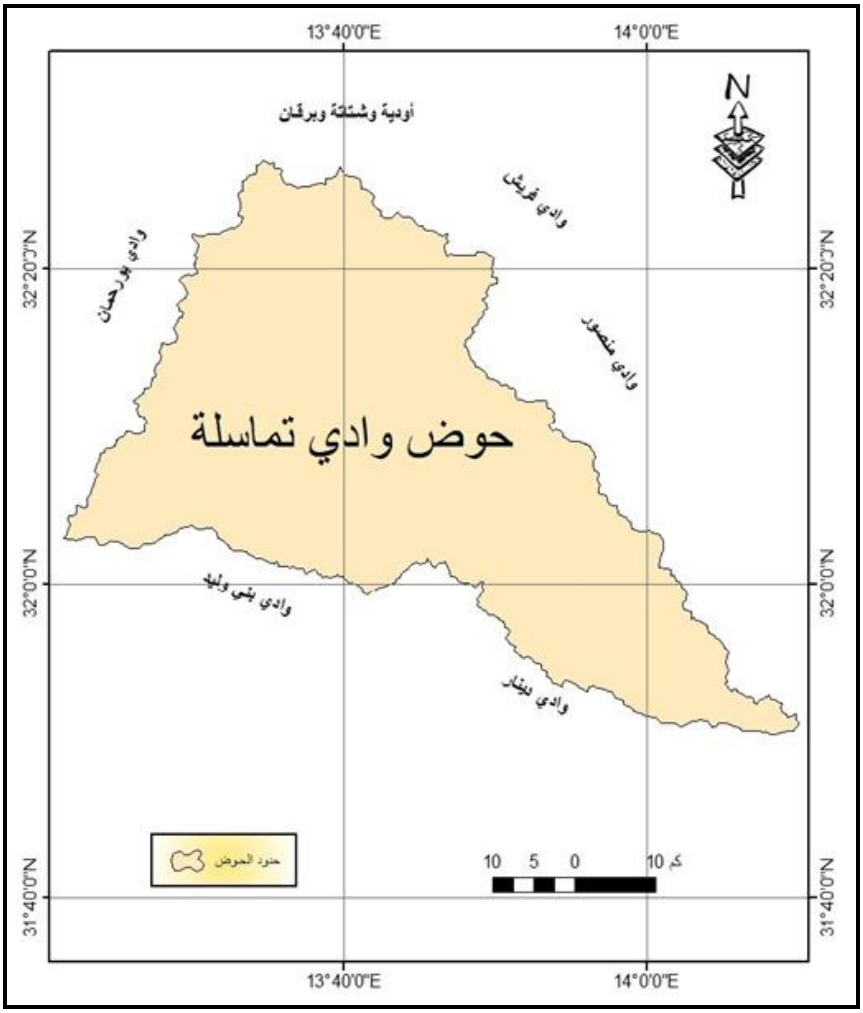

**المصدر**: شبكة المعلومات الدولية (الأنترنت).

6. التحليل الطبوغرافي من ملفات DEM: يُعتبر نموذج الارتفاعات الرقمية أحدث ما وصلت إليه عمليات المسح الطبوغرافي، وهو عبارة عن مصفوفة رقمية على هيئة خلوية ذات أبعاد متساوية مرتبطة بنظام الاحداثيات افقياً، فيما ترتبط عمودياً بمناسيب الارتفاع عن مستوى سطح البحر، ونموذج الارتفاعات الرقمية يكون على هيئة شبكية Raster، وهو عبارة عن بكسلات Pixels أي خلايا لها الأبعاد نفسها طولاً وعرضاً، ، وسنتعرض هنا لأهم طرق التحليل الطبوغرافي منها طرق استخراج خرائط الميول أو الانحدار Slopes وخرائط الكنتور Contour وخرائط الأوجه Aspect وغيرها.

**موقع منطقة الدراسة:**

يقع حوض وادي تماسلة في الجزء الشمالي الغربي لليبيا وتحديداً إلى الجنوب الشرقي من مدينة طرابلس بحوالي 95 كم ويُحيط به مجموعة من أحواض الأودية، بحيث يحده من الشمال أودية وشتاتة وبرقان وتصب مياهها في منطقة ترهونة، أما من الجهة الجنوبية فيحده وادي بني وليد ووادي دينار، أما أودية منصور وفريش فتحده من الجهة الشرقية، ومن الناحية الغربية فيحده وادي بو رحمان الذي يصب مياهه في منطقة العربان، و(الخريطة 2) توضح هذه الأحواض.

**الخريطة (2) الأحواض المائية المحيطة بحوض وادي تماسلة.**

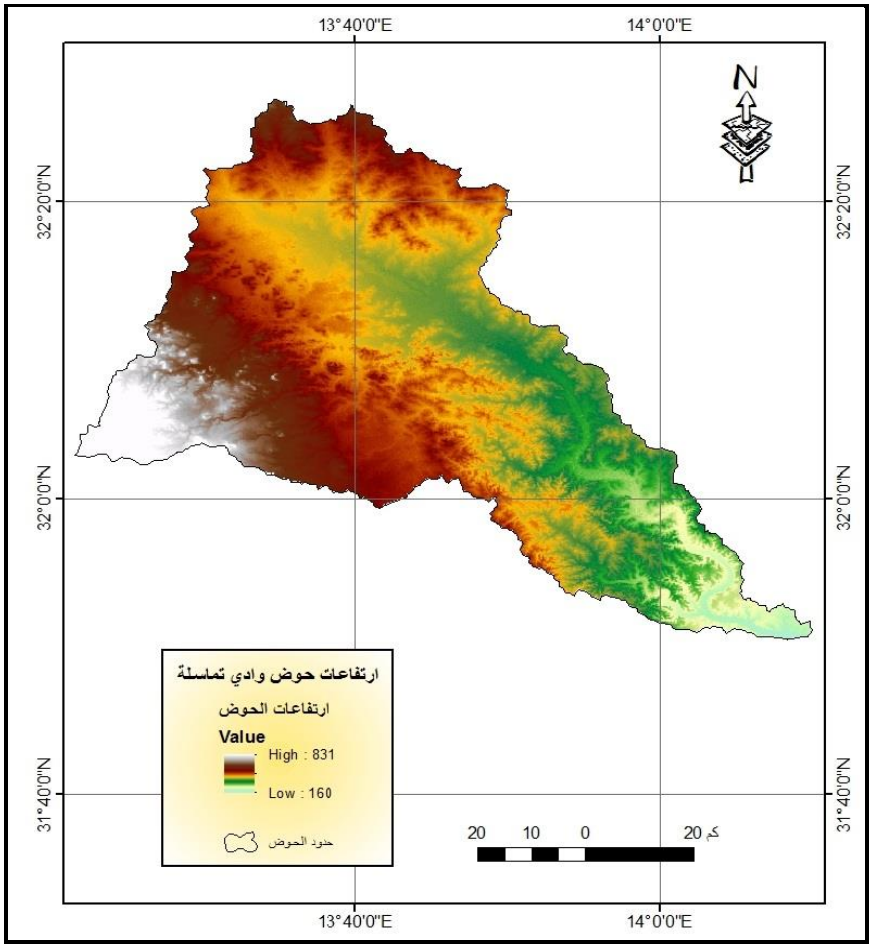



**المصدر**: من عمل الباحث بواسطة برنامج Arc GIS 10.3 استناداً على صورة فضائية DEM من موقع SRTM.

ومنطقة الدراسة تعتبر هضبة يبلغ متوسط ارتفاعها 495.5 متر فوق مستوى سطح البحر، وتتدرج في الانخفاض بشكل هين كلما اتجهنا من الشمال نحو الجنوب ثم الجنوب الشرقي وأخيراً بالتوجه نحو المصب في أقصى الشرق حيث يلتقي مجرى وادي تماسلة بمجرى وادي المردوم، والتي تمثل أخفض نقطة بمنطقة الدراسة بحيث بلغت (أقل من 160 متراً) فوق

مستوى سطح البحر، أما أعلى نقطة فقد سُجلت في أقصى الشمال الغربي للحوض حيث منطقة تقسيم المياه مع حوض وادي وشتاتة، بحيث وصلت إلى (أكثر من 831 متراً) فوق مستوى سطح البحر، وهذا ما يخص موقعها الجغرافي، و(الخريطة 3) توضح ارتفاعات حوض وادي تماسلة.

**الخريطة (3) ارتفاعات حوض وادي تماسلة.**

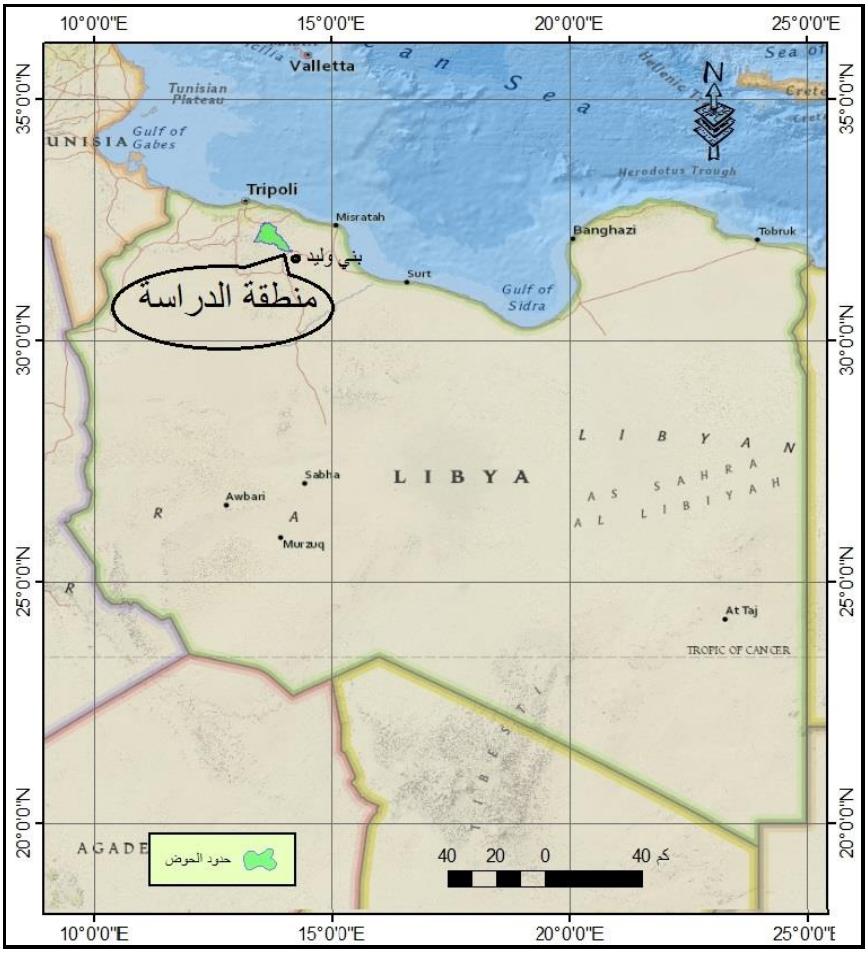



**المصدر**: من عمل الباحث، باستخدام برنامج Arc GIS 10.3

أما موقعها الفلكي فإنها تقع ما بين خطي (ً18 َ21 ْ13 و ً12 َ10 ْ14) شرقاً، ودائرتي عرض (ً24 َ50 ْ31 و ً00 َ27 ْ32) شمالاً، ويميل شكله إلى الشكل المثلث المتساوي الساقين، رأسه في الجنوب الشرقي، وقاعدته في الشمال الغربي، ويُعَدُّ حوض

وادي تماسلة من الأحواض المتوسطة المساحة في ليبيا، حيث تبلغ مساحتهُ (2080كم$^2$)، ويبلغ أقصى طول للحوض (90.836كم)، وأقصى عرض له بلغ (55.82كم)، والخريطة (4)، توضح الموقع الفلكي والجغرافي لحوض الوادي.

**خريطة (4) الموقع الفلكي والجغرافي لحوض وادي تماسلة.**




**المصدر**: من عمل الباحث، باستخدام برنامج Arc GIS 10.3.

وبهذا الموقع الفلكي والجغرافي فإن منطقة الدراسة تدخل ضمن اقليم القبلة، أي المنطقة الانتقالية الواقعة بين مرتفعات الجبل الغربي من الشمال والصحراء من الجنوب، وببعدها عن المؤثرات البحرية جعلها تقع تحت تأثير المناخ القاري شبه الصحراوي.

- **الخصائص المورفومترية لحوض وادي تماسلة:**

أرست العديد من الدراسات ذات الطابع المورفولوجي مثل (دراسات هورتون 1945) (ستيلر 1952) (شورلي 1971) وغيرهم، قواعد التحليل الكمي وأُسسهُ لتفسير العلاقة بين خصائص الأحواض وتوضيحها، وإجراء مقارنة دقيقة بينها بالاعتماد على الفوارق بين النتائج، (الغامدي، سعد، 2006، 13 ).

وركزت هذهِ الدراسة على الاستخراج الآلي لقيم 27 متغيراً مورفومترياً بواسطة برنامج Arc GIS 10.3 وبعض المعادلات الرياضية، سواء على مستوى الرتبة أو الحوض ككل، شاملة بذلك المتغيرات المطلوبة في الدراسات المورفومترية.

وترتبط الخصائص المورفومترية لحوض وادي تماسلة ارتباطاً مباشراً بالظروف البيئية السائدة في بيئة الحوض الجيولوجية والظروف المناخية، والغطاء النباتي، والتربة، وتأثير الإنسان، وأية تغيرات تطرأ عليها، وتُلقي هذه الخصائص الضوء على هيدرولوجية المجاري المائية، ومدى استجابة مواد سطح الحوض لعملية الحت، وتتألف دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي تماسلة من العناصر التالية (مورفولوجية حوض التصريف، ومورفولوجية شبكة التصريف).

**أولاً: الخصائص المورفولوجية لحوض التصريف:**

وشملت دراسة الخصائص المورفومترية لحوض الوادي كلاً من الخصائص الهندسية (المساحية والشكلية)، والخصائص التضاريسية.

1 – **الخصائص الهندسية:**

**أ – الخصائص المساحية لحوض وادي تماسلة:** وتشمل كلاً من مساحة الحوض وطول وعرض الحوض وكذلك محيط الحوض، وهي على النحو التالي:

**1. مساحة الحوض:**

ترجع الأهمية الجيومورفولوجية لهذا المتغير إلى تأثيره المباشر في حجم التصريف المائي وحمولتهِ، أما على المستوى الجغرافي فإن للمساحة دلالة مهمة على الوضع المحلي لمنطقة الدراسة بالنسبة إلى محيطها الإقليمي ومدى تأثيرها فيه وتأثرها بهِ، هذا فضلاً على أن بعض المعادلات الرياضية المورفومترية الأخرى تعتمد في استخراجها على هذا المتغير، وقد بلغت مساحة حوض وادي تماسلة (2080كم$^2$).

**2. طول الحوض:**

يُمكن تحديد أو قياس طول الحوض بعدة طرق، والباحث في هذه الدراسة فضل قياس أقصى طول للحوض من مصبه إلى أبعد نقطة عند محيطه بتتبع المجرى الرئيسي للحوض لأن حوض وادي تماسلة يُعتبر من الأحواض البسيطة الشكل، وقد تم قياس طول الحوض بواسطة برنامج Arc GIS 10.3 على الخريطة الرقمية، ووجد أن طوله يساوي 90.836 كيلومتراً.

**3. عرض الحوض:**

أعتمد الباحث على طريقة حساب أقصى أتساع، ويتمثل بأبعد نقطتين متقابلتين عن محور الحوض لكونها تتناسب مع أقصى طول له، كما تُفيد في إعطاء صورة محددة عن مدى أتساع الحوض، ومن ثم إمكانية تحديد الزمن اللازم لوصول المياه كلها من أبعد نقاط الحوض إلى مصبه، وقد بلغ أقصى أتساع للحوض (55.82 كم) وهو ذو محور شمالي شرقي . جنوبي غربي، يمتد من حدود منطقة تقسيم المياه مع حوض (وادي منصور ووادي فريش) إلى حدود حوض وادي (بور حمان) ماراً بالمجرى الرئيسي للوادي.

**4. مُحيط الحوض:**

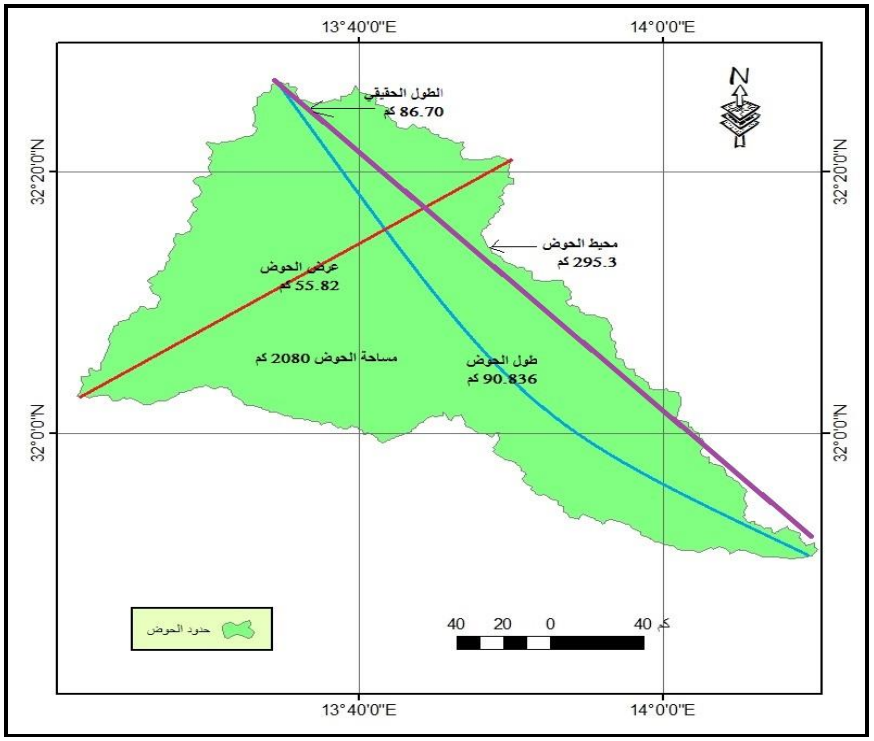
يتمثل محيط الحوض بخط تقسيم المياه الذي يشكل الحدود الخارجية للأحواض المائية ويفصلها عن بعضها البعض في الوقت ذاته، وتم قياس محيط الحوض بتتبع خطوط تقسيم المياه لكي يتم فصل الحوض عن الأحواض والمناطق المجاورة، وبواسطة برنامج Arc GIS 10.3 وُجد أنّ محيط حوض وادي تماسلة يبلغ (295.3 كيلومتراً)، ويلخص (الجدول 1) بعض الخصائص المساحية للحوض، و(الخريطة 5) تبين ابعاد حوض وادي تماسلة.

**الجدول (1): الخصائص المساحية لحوض وادي تماسلة.**

| المتغير المورفومتري | مساحة الحوض | طول الحوض | عرض الحوض | محيط الحوض |
|---|---|---|---|---|
| القيمة بالكيلومتر | 2080كم$^2$ | 90.836كم | 55.82 كم | 295.3كم |

**المصدر**: من عمل الباحث استناداً على قيم المتغيرات المورفومترية للحوض.

**الخريطة (5) أبعاد حوض وادي تماسلة.**




**المصدر**: من عمل الباحث، باستخدام برنامج Arc GIS 10.3.

**ب ـ الخصائص الشكلية لحوض وادي تماسلة:**

إن الدراسة التطبيقية المورفومترية لسمات شكل الحوض لها اهميتها في قياس معدلات الحت المائي، والتعرف على ذروة التصريف المائي ودلالة خطر الفيضان، مما له تأثير متفاوت في الأشكال الأرضية الناتجة، ومساحة احواضها، (Anderson, 1988, 11).

**أ ـ نسبة تماسك المساحة (معدل الاستدارة):**

يُقصد بمعامل الاستدارة مدى اقتراب شكل الحوض المدروس من الشكل الدائري، وتتراوح قيم نتائج هذهِ المعادلة بين الصفر والواحد صحيح، وتشير القيم المرتفعة التي تقترب من الواحد صحيح إلى أن أحواضها تقترب من الشكل الدائري، وتشير هذه القيم المرتفعة إلى تقدم هذه الأحواض في دورتها التحاتية، وسيادة عمليات النحت الرأسي في مجاريها، وفي المقابل تُشير القيم المنخفضة لهذا المعدل إلى عدم انتظام شكل هذه الأحواض وابتعادها عن الشكل الدائري، (سلامة، 1982، ص5).

وبدراسة هذا المعامل ووجد أنه يساوي إلى (0.29)، وهي قيمة أقرب للصفر منها للواحد صحيح مما يدل على ان خط تقسيم المياه المحيط بوادي تماسلة لا يسير على نحو منتظم بل بتعرجات ملحوظة، وهذا يشير إلى أن الحوض لا يقترب من الشكل الدائري.

**ب ـ معامل الاستطالة:**

يُعتبر هذا المعامل من أهم وأدق المعاملات المورفومترية في قياس أشكال الأحواض التصريفية، وتتراوح نسبة الاستطالة ما بين الصفر والواحد صحيح، فإذا كانت النتيجة قريبة من الواحد صحيح يكون الشكل قريب من الاستطالة، وإذا كانت أقرب إلى الصفر فيكون للحوض شكل أخر، (سلامة، 1980، ص97).

وبدراسة هذا المعامل ووجد أنه يساوي (0.28)، ويدل ذلك على أن شكل الحوض يتخذ شكل المستطيل الغير منتظم، وأنه مازال ينتظره شوطاً طويلاً في عمليات الحت المائي إذا تعرض لظروف مناخية أكثر رطوبة، كما يعني ذلك زيادة في عدد الروافد من الرتب الدنيا وأطوالها (الرتبة الأولى والثانية والثالثة) بحيث وصل عددها إلى 3929 رافد وبطول 3977.76 كم.

**ج ـ نسبة تماسك المحيط (معامل الاندماج):**

يُعد مقياس نسبة تماسك المحيط مقياساً آخراً للتأكيد مدى اقتراب أو ابتعاد الحوض من الشكل الدائري، فكلما كان الناتج قريباً من الواحد الصحيح، كان الشكل قريباً من الشكل الدائري والعكس صحيح، مع العلم بأن الناتج دائماً أكثر من الواحد صحيح، (شريف، 2000، ص208).

ومن الدراسة تبين أن نسبة تماسك المحيط أو معامل الاندماج كان (1.8) وهي نسبة متوسطة، مما يعني ابتعاده عن الشكل المستدير المنتظم، أي قلة الترابط بين أجزاء الحوض، وعدم انتظام خطوط تقسيم مياهه.

**د ـ معامل الانبعاج:**

يُعد هذ المعامل الحل الأمثل لمشكلة مقارنة شكل الحوض الطبيعي بالأشكال الهندسية المجردة، بحيث يكشف عن مدى قُرب شكل الحوض من الشكل الكمثري Pear shape، وتدل القيم المنخفضة على تفلطح الحوض وزيادة أعداد وأطوال مجاريه الأولية، ومن ثم نشاط عمليات الحت التراجعي، مما يدل على أن الحوض قد قطع شوطاً طويلاً من دورته الحتية، في حين تشير القيم المرتفعة إلى عكس ذلك، وبالدراسة أتضح أنّ معامل الانبعاج لحوض وادي تماسلة هو (0.90)، مما يشير إلى أن حوض الوادي أقل انبعاجاً ولا يزال في بداية دورتهِ التحاتية، قبل أن تُدركه ظروف الجفاف الحالية.

**هـ – معامل شكل الحوض:**

تأتي أهمية تحديد أشكال الأحواض المائية من خلال ربط ذلك بالخصائص الهيدرولوجية لنظام التهاطل الذي يفرض شروطه على نظام الجريان السطحي ولهذا فائدة كبيرة من الناحية التطبيقية، حيث يُساعد في تحديد المعايير الهندسية التي يجب مراعاتها عند إنشاء السدود وإدارتها وكذلك مد قنوات الري وسعتها، بل يتعدى ذلك إلى تحديد الحصص ونظام اقتسام مياه الحوض بين المستفيدين منها وفق معيار الزمن الذي يتطلبهُ الحوض لتصريف كامل مياهه، فضلاً عن تحديد خصائص قمة الفيضان وما يتطلبهُ ذلك من حيطة وإجراءات لتلافي خطرها، وبالأخص في الأحواض الجبلية التي تتميز بشدة انحدار سطحها ووعورته، مما ينعكس بشكل خطير على كمية المياه الجارية وحمولتها الرسوبية، (سالم، 1991، ص5).

ومن (الجدول 1) نجد أن طول حوض وادي تماسلة يُعادل أكثر من مرتين عرضه تقريباً، وهذا يدل على استطالة الحوض وما يتبع ذلك من تأثير على قيمة زمن التركيز، ويتبين ذلك من قيمة معامل الشكل Shape factor التي وصلت إلى (0.28)، والتي تدل

على صغر المساحة مقابل طول الحوض، مما يعكس قلة التجانس بينهما، بالإضافة إلى دلالته على كثرة الصدوع وضعف تجانس التركيب الصخري.

والحوض في شكله العام أقرب إلى شكل المثلث المتساوي الساقين، حيث قاعدته في أتجاه الشمال الغربي وراسه في الجنوب الشرقي، وهذا الشكل الهندسي للأحواض يجعل ذروة التدفق Peak discharge تتزامن تقريباً من نهاية فترة موجة المطر Storm duration بعد أن تتصاعد تلك القمة تدريجياً وببطء منذ بداية التساقط، (Viessman, W., G. Lewis, and J. Knapp, 1989,)، وهذا نتيجة لتأخر وصول التغذية السطحية من جميع المجاري في الجزء الأعلى من الحوض.

**و ـ معامل نسبة الطول إلى العرض الحوضي:**

تعتبر نسبة الطول إلى العرض من المعاملات المورفومترية المهمة والمبسطة لقياس مدى استطالة الأحواض المائية، وهو يتشابه مع معامل الاستطالة في المدلول الجيومورفولوجي من حيث النتائج، ولكن تعني القيم المرتفعة لنسبة الطول إلى العرض في الأحواض المائية زيادة تقارب شكل الحوض من الشكل المستطيل، بعكس معامل الاستطالة الذي تدل قيمهُ المنخفضة على زيادة استطالة شكل الحوض، وبالدراسة ووجد إنّ الناتج يساوي (1.6)، وهي نسبة منخفضة تدل على أن الحوض يميل إلى الاستطالة أكثر منه إلى الاستدارة، والجدول (2) يبين قيم المتغيرات الشكلية لحوض وادي تماسلة.

**الجدول (2) قيم متغيرات شكل الحوض.**

| المتغير المورفومتري | القيمة |
|---|---|
| الاستدارة | 0.29 |
| الاستطالة | 0.28 |
| الاندماج | 1.8 |
| الانبعاج | 0.90 |
| الشكل | 0.28 |
| نسبة الطول إلى العرض | 1.6 |

**المصدر**: من عمل الباحث استناداً على النتائج السابقة.

**2 – الخصائص التضاريسية لحوض وادي تماسلة:**

**أ– معامل التضرس:**

يعبر هذا المعدل على مدى تضرس حوض الوادي بالنسبة لطوله، وهو يشير بصورة مباشرة إلى درجة انحدار الحوض، وترتفع قيمة هذا المعدل بزيادة الفارق بين أعلى وأدنى نقاط الحوض، وبناءً على القياسات التي تم الحصول عليها باستخدام برنامج Arc GIS 10.3، وجد الباحث أن معامل التضرس للحوض بلغ (7.4) وهي قيمة مرتفعة بسبب صغر مساحة الحوض قياساً لارتفاعه.

**ب– درجة الوعورة:**

تعتبر من أهم المعاملات المورفومترية التي تشير بدقة إلى المرحلة التطورية التي وصل إليها الحوض، وتزداد مع زيادة الكثافة التصريفية من ناحية ومع زيادة التضرس من ناحية أخرى، وبالتالي زيادة عمليات الحت المائي ونقل الترسبات، (عادل، 2015، ص113)، وبما أن القيم الصغيرة تشير إلى قلة التضرس وقلة التعرية المائية وبالتالي انخفاض في كميات الرواسب المائية المنحدرة من أعالي الحوض، فإن قيمة الوعورة لحوض وادي تماسلة كانت (1.8) وهي تعتبر قيمة منخفضة.

**ت– درجة الانحدار:**

تُعد الانحدارات من أهم عناصر مظاهر السطح التي يتم تحليلها باستخدام أساليب قياسية وتحليلية؛ لأنها ذات علاقة وطيدة بالنشاط البشري بأشكاله، حيث يعتمد إقامة أي مشروع على طبيعة الانحدار وشدته واستقراره، (الدليمي، 1425 هـ، ص162)، كما أن انحدار المجاري المائية نحو المصب، يساعد على جريان المياه واندفاعها، وهنا تُنقل الرواسب والمفتتات من المناطق العليا وتترسب على جوانب الوادي في قسميهِ الأوسط والأدنى وتُرسب على حسب أحجامها وأنواعها، (أبو العينين، 1976، ص386).

وبناءً على تصنيف يونج (Young, 1972, 173) للمنحدرات، فان حوض وادي تماسلة يعتبر ذو انحدار متوسط، إذ بلغ انحداره (9.15 درجة)، وذلك نظراً لمساحته المتوسطة، ولأنه عادة ما ترتبط مثل هذه المساحات بالانحدارات الخفيفة إلى المتوسطة.

**ث- التكامل الهيبسومتري:**

يعتبر هذا المعامل من أدق المعاملات المورفومترية في تعبيره عن دورة التعرية النهرية، ويستعمل كمقياس زمني يُعبر عن المرحلة الحتية التي تمر بها الأحواض المائية، ومن دراسة حوض وادي تماسلة، أتضح أنّ التكامل الهيبسومتري قد بلغ (30)، وهذا يعني أنّ الحوض قد قطع (30 %) من الدورة الحتية، وأنّ (70 %) من التكوينات الصخرية لازالت في انتظار دورتها الحتية، ووفقاً لتصنيف هورتون فإن الحوض لازال في مرحلة الشباب، أي أن القسم الأكبر من الحوض غير متعرٍ عن طريق التصريف المائي وتُسمى هذه المرحلة بمرحلة عدم التوازن، ونظراً لأن ما نسبته (30 %) من مساحة الحوض المائي قد أُزيلت، فهنا تكون السيادة لعمليات التعرية أكثر من عمليات الترسيب، ويشتمل (الجدول 3) على بعض الخصائص التضاريسية لحوض وادي تماسلة.

**الجدول (3): بعض الخصائص التضاريسية لحوض وادي تماسلة.**

| المتغير المورفومتري | القيمة |
|---|---|
| معامل التضرس | 7.4 |
| قيمة الوعورة | 1.8 |
| زاوية الانحدار | 9.15 |
| التكامل الهيبسومتري | % 30 |

**المصدر**: من عمل الباحث استناداً على المعادلات السابقة.

**ثانياً: الخصائص المورفولوجية لشبكة التصريف لحوض وادي تماسلة:**

تمثل المجاري المائية العنصر الخطي من أحواض التصريف المائي، في حين تمثل سطوح المنحدرات العنصر المساحي.

وفيما يلي دراسة لعدد من المتغيرات المهمة المرتبطة بشبكة التصريف المائي في الحوض، والتي تمكننا من فهم خصائصه وعلاقات هذه المتغيرات ببعضها البعض، وإبراز العديد من الخصائص المورفومترية والمورفولوجية للحوض ومجاريه.

**1. أعداد ورتب المجاري المائية:**

تكتسب عملية ترتيب المجاري المائية أهميتها في كونها ترتبط ارتباطاً مباشراً ووثيقاً بحجم شبكة التصريف، كما يرتبط بزيادة الرتب كمية كبيرة للجريان المائي، (أبو راضي، 1991، ص336).

وعند دراسة النظم النهرية يجب الاهتمام بتمييز رتبة النهر أو الوادي، وما مدى العلاقة بين عدد المجاري المائية التابعة لكل رتبة والنسبة فيما بينها، ويرتبط بزيادة رتب الشبكة كمية جريان المياه بالحوض، و(الجدول 4) يوضح أعداد المجاري المائية في كل رتبة وأطوالها بالكيلومتر في حوض وادي تماسلة.

**2. أطوال المجاري المائية:**

إن كانت أعداد المجاري ترتبط أساساً بعملية تشكل المجرى بفعل الحت المائي، فإن أطوالها ترتبط بتطور هذا المجرى ونموه، بسبب نشوء المنعطفات والتعرجات النهرية، أو يزداد الطول بفعل الحت المتراجع والتنافس على مناطق الصراع الجيومورفولوجي الحدودية، (Horton, 1945).

وتم قياس جميع أطوال المجاري المائية في حوض وادي تماسلة عن طريق برنامج Arc GIS 10.3، حيث بلغ إجمالي طول جميع المجاري المائية (4543.5 كم)، بحيث ينتمي منها إلى الرتبة الأولى ما نسبتهُ (52.92 %) وبطول بلغ (2404.2كم)، وتشكل نسبة المجاري المائية من الرتبة الثانية حوالي (22.68 %)، وبطول يصل إلى (1030.27 كم) من مجموع أطوال مختلف الرتب، أما مجاري الرتبة الثالثة فيصل طولها إلى (543.29 كم) وبنسبة (11.96 %) من أجمالي أطوال الروافد، في حين يصل طول مجاري الرتبة الرابعة إلى (291.82 كم) وبنسبة تقدر بحوالي (6.42 %) من مجمل طول جميع الرتب، ووصل طول روافد الرتبة الخامسة إلى (125.39 كم) وبنسبة مئوية قدرت بحوالي (2.76 %) من مجموع أطوال المجاري، أما مجاري الرتبة السادسة فيصل طولها إلى (48.93 كم) وبنسبة (1.08 %) أما طول المجرى الرئيس للحوض والذي يمثل الرتبة السابعة والأخيرة، فقد وصل

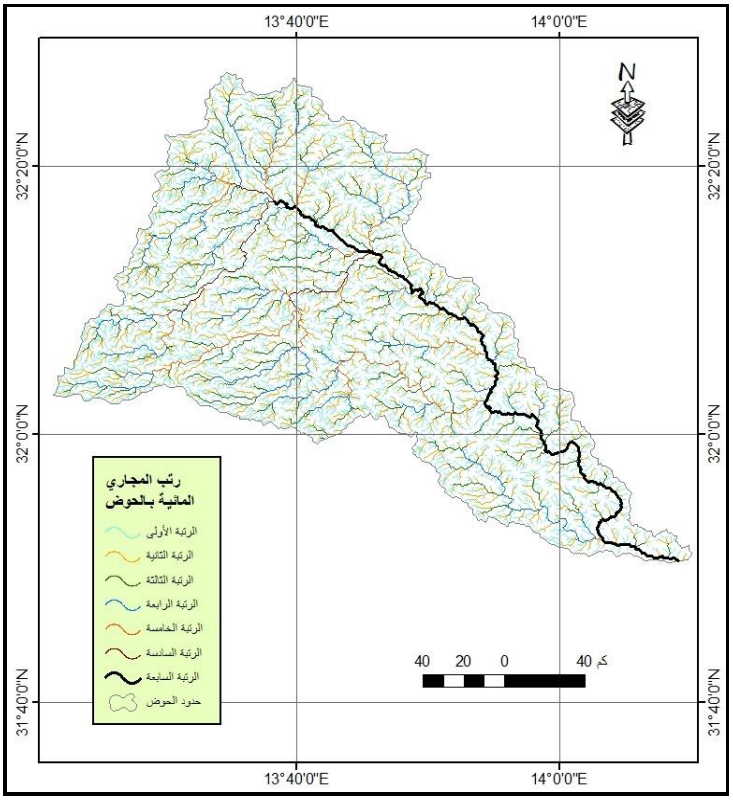
إلى (99.54كم) ويمثل ما نسبتهُ (2.19 %) من مجمل أطوال جميع الرتب، وكما هو موضح (بالجدول 4) و(الخريطة 6) يوضحان رتب المجاري المائية بحوض وادي تماسلة.

**الجدول (4):أعداد المجاري المائية وأطوالها حسب الرتب.**

| النسبة % | عدد المجاري المائية | الرتبة | أطوال المجاري المائية كم | النسبة % |
|---|---|---|---|---|
| 46.1% | 1892 | الأولى | 2404.2 | 52.92% |
| 36.65% | 1504 | الثانية | 1030.27 | 22.68% |
| 12.99% | 533 | الثالثة | 543.29 | 11.96% |
| 3.36% | 138 | الرابعة | 291.82 | 6.42% |
| 0.78% | 32 | الخامسة | 125.39 | 2.76% |
| 0.1% | 4 | السادسة | 48.93 | 1.07% |
| 0.02% | 1 | السابعة | 99.54 | 2.19 |
| **100%** | **4104كم** | **المجموع** | **4543.5كم** | **100%** |

**المصدر**: من عمل الباحث، استناداً على جدول البيانات الوصفية لطبقة المجاري المائية في برنامج Arc GIS 10.3.

**الخريطة (6): رتب المجاري المائية بحوض وادي تماسلة.**




**المصدر**: من عمل الباحث باستخدام برنامجArc GIS 10.3.

### 3. نسبة التشعب:

تُعرّف نسبة التشعب بأنها "النسبة بين عدد القنوات المائية لرتبة ما وعدد القنوات المائية للرتبة التي تليها مباشرة، وتكمن أهمية هذه النسبة في كونها تتحكم في كمية التصريف، (Strahler, 1964, p39).

تُعد نسبة التشعب أحد المؤشرات التي تبين مدى التجانس بين البُنية الجيولوجية وظروف المناخ السائدة في الحوض أو انعدام مثل هذا التجانس، إذ أن اقتراب قيم نسب التشعب بين رتب مجاري الوادي من (3-5) حسب تصنيف ستيرهلر، دليل على تجانس الحوض جيولوجياً ومناخياً، وإن ارتفاع أو انخفاض هذه النسب عن الحدود المذكورة دليل على عدم تجانسهِ جيولوجياً ومناخياً، (الشامي، 1995، ص64).

وبدراسة نسبة التشعب لكافة رتب الحوض عدا الرتبة السابعة التي ليس لديها رتبة أعلى منها والمتمثلة في الرتبة الثامنة، وذلك لأن عدد رتب الحوض سبعة رتب فقط، تبين إن معدل التشعب بين الرتب النهرية لحوض وادي تماسلة بلغت (4.05)، وهذا ما يتفق مع المدى الذي حدده سترهلر، والذي يعكس مدى التجانس الموجود بين مظاهر السطح والبُنية الجيولوجية وظروف المناخ السائدة في الحوض، و(الجدول 5) يبين معدل التشعب بين الرتب النهرية بحوض الوادي.

**الجدول (5): معدل التشعب بين الرتب النهرية بحوض الوادي.**

| الرتبة | نسبة التشعب |
|---|---|
| الرتبة الأولى والثانية | 1.3 |
| الرتبة الثانية والثالثة | 2.8 |
| الرتبة الثالثة والرابعة | 3.9 |
| الرتبة الرابعة والخامسة | 4.3 |
| الرتبة الخامسة والسادسة | 8 |
| الرتبة السادسة والسابعة | 4 |
| نسبة التشعب لجميع الرتب | 4.05 |

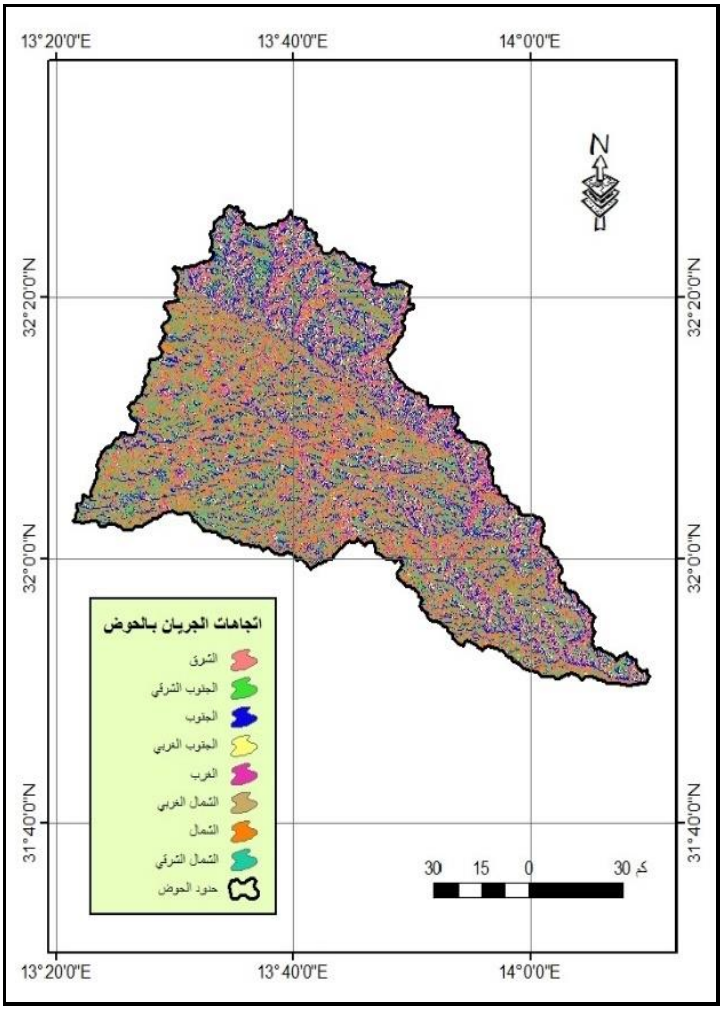
**المصدر**: من عمل الباحث، استناداً على معادلة حساب نسبة التشعب.

## 4. اتجاهات المجاري المائية:

تمثل قياسات اتجاهات المجاري المائية لأحواض التصريف إحدى الخصائص المورفومترية المهمة، وتعكس اتجاهات المجاري المائية مدى تأثرها باتجاه منحدرات السطح من جهة، والصدوع والكسور من جهة ثانية، وهي ايضاً تعكس عمر الشبكة المائية للأحواض.

وتم التوصل إلى اتجاهات المجاري المائية بحوض وادي تماسلة بالاعتماد على برنامج Arc GIS 10.3، و(الخريطة 7) توضح ذلك، وايضاً تحصلنا على بيانات (الجدول 6).

**الخريطة (7): اتجاهات الجريان بحوض الوادي.**




**المصدر**: من عمل الباحث باستخدام برنامجArc GIS 10.3.

**الجدول (6): مساحة ونسبة اتجاهات الجريان بالحوض.**

| الاتجاه | المساحة | النسبة % |
|---|---|---|
| شرق | 379.17 | 18.23 |
| جنوب شرقي | 213.4 | 10.26 |
| جنوب | 380.97 | 18.3 |
| جنوب غربي | 144.09 | 6.92 |
| غرب | 229.07 | 11.01 |
| شمال غربي | 114.16 | 5.48 |
| شمال | 379.23 | 18.2 |

| | | |
|---|---|---|
| شمال شرقي | 239.91 | 11.6 |

**المصدر**: من عمل الباحث باستخدام برنامجArc GIS 10.3.

**5. الكثافة العددية أو (تكرارية المجاري):**

تُعد كثافة أعداد المجاري المائية أكبر أهمية من كثافة أطوال الشبكة المائية في تقدير حجم التصريف وكفاءة الشبكة النهرية وتقطع السطح، وترتبط كثافة أعداد المجاري المائية من حيث تطورها وتغير قيمتها بما يطرأ على أعداد المجاري المائية أو مساحة التصريف من تغيرات عبر مراحل تطور شبكة المجاري المائية، (سلوم، 2012، ص424).

وبدراسة تكرار المجاري المائية بحوض وادي تماسلة فقد وصلت إلى 2، وتدل هذه القيمة المنخفضة على محدودية عدد المجاري المائية في حوض الوادي الذي يتميز بمساحته المتوسطة، إلا أنها تؤكد قصر مجاري الحوض بالنسبة لعددها، ونستخلص من هذا أن حوض الوادي ذو نسيج طبوغرافي خشن ولازال أمامه شوطاً طويلاً ليقطعه في دورته التحاتية.

**6. معدل بقاء المجري:**

يُعبر معدل بقاء المجاري عن النسبة بين الوحدة المساحية اللازمة لتغذية الوحدة الطولية الواحدة من مجاري الشبكة المائية، وكُلما كبرت قيمة هذا المعدل كلما دل ذلك على أتساع المساحة الحوضية على حساب مجاري شبكتها المحدودة الطول، مما ينتج عنه انخفاض الكثافة التصريفية، (أبو راضي، 1991، ص354).

وبدراسة هذا المعامل لحوض وادي تماسلة ووجد إنه يساوي (0.46)، ويُلاحظ أنّ معدل بقاء المجرى يرتبط بالمرحلة الحتية، إذ أن تقارب هذه الأودية من بعضها البعض، وتقلص المساحات الفاصلة بينها في أودية الحوض التي تمر بمرحلة الشباب، إذ تجعل قيمة معدل بقاء المجرى تصل إلى حدها الأدنى والعكس صحيح.

**7. معامل التعرج:**

يُستخدم هذا المعامل لمعرفة المرحلة الحتية التي يمر بها الوادي بالإضافة إلى قدرته على الإزاحة والحركة الجانبية مما يؤثر على استعمالات الأراضي، وتكمُن أهمية إيجاد هذا المعامل في معرفة مدى انعطاف المجرى وما لذلك من تأثير على كمية المياه في المجرى، (الحربي، 1419هـ، ص30).

استخرج معامل التعرج لحوض وادي تماسلة من خلال برنامج Arc GIS 10.3، بحيث بلغ مؤشر التعرج في هذا الحوض (1.05)، وبناءً على تصنيف شوم فإن الحوض محل الدراسة ذو مجاري مستقيمة، والتي بدورها تؤدي إلى سرعة جريان المياه من اعالي الحوض إلى مصبه وهذا يؤدي إلى قلة التبخر وأيضاً قلة التسرب.

## 8. معدل النسيج الطبوغرافي (نسبة التقطع):

يُعبر هذا المعدل عن درجة تقطع سطح الحوض بمجاري الشبكة التصريفية، أي مدى تقارب أو تباعد هذه المجاري عن بعضها البعض دون وضع أطوالها بعين الاعتبار.

ومن الدراسة تبين إن معدل النسيج الطبوغرافي بحوض وادي تماسلة (أي درجة تقطع سطح الحوض بالمجاري المائية) قد بلغت (13.9)، وبتطبيق تصنيف سميث على الحوض نجد أنه ضمن النمط الأخير ذو النسيج الناعم، والذي يدل على أن صخور الحوض ذات مقاومة ضعيفة لعمليات الحت المائي.

## 9. زمن الاستجابة (التركيز) والسرعة:

يُعرّف زمن الاستجابة (التركيز) بأنه الفترة الزمنية التي يستغرقها جريان المياه من أبعد نقطة في الحوض إلى نهاية الحوض أو مخرج الحوض، ويمكن حساب زمن التركيز لحوض الوادي من خلال المعادلة التالية: $TC=76.3\ \sqrt{s}/\sqrt{i}$(عبد المطلب، 2012، ص23).

وبتطبيق هذه المعادلة يكون الزمن الذي تستغرقه المياه لكي تصل إلى مخرج حوض وادي تماسلة من أبعد نقطة فيه هو (19 ساعة) أي أقل من يوم، وبالتالي فإن سرعة الجريان بالوادي تعتبر سرعة عالية، وهي تعكس درجة انحدار الحوض، وتُرجّع زيادة سرعة الجريان إلى أن درجات الانحدار الشديدة تتركز في عدة مناطق داخل حوض التصريف، و(الجدول 7) يبين متغيرات خصائص الشبكة التصريفية بحوض وادي تماسلة.

**الجدول (7): متغيرات خصائص الشبكة التصريفية بحوض وادي تماسلة.**

| المتغير | الرتبة الأولى | الرتبة الثانية | الرتبة الثالثة | الرتبة الرابعة | الرتبة الخامسة | الرتبة السادسة | الرتبة السابعة | الحوض |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| أطوال المجاري/ كلم | 2404.2 | 1030.27 | 543.29 | 291.82 | 125.39 | 48.93 | 99.54 | 4543.5 |
| أعداد المجاري | 1892 | 1504 | 533 | 138 | 32 | 4 | 1 | 4104 |
| نسبة التشعب | 1.3 | 2.8 | 3.9 | 4.3 | 8 | 4 | – | 4.05 |
| كثافة التصريف | – | – | – | – | – | – | – | 2.2 |
| تكرار المجاري | – | – | – | – | – | – | – | 2 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| معدل بقاء المجرى | - | - | - | - | - | - | - | 0.46 |
| معامل التعرج | - | - | - | - | - | - | - | 1.05 |
| نسبة التقطع | - | - | - | - | - | - | - | 13.9 |
| زمن الاستجابة | - | - | - | - | - | - | - | 19ساعة |

**المصدر**: من عمل الباحث استناداً على المعادلات السابقة.

## النتائج:

هذه الدراسة توصلت إلى عدد من النتائج المتعلقة بمورفومترية حوض وادي تماسلة وهي كالتالي:

1. أن الحوض من الرتبة السابعة وفقاً لنظام سترهلر Strahler، ومساحته بلغت 2080كم$^2$ ويُعتبر من الأحواض المتوسطة المساحة.
2. من خلال دراسة الخصائص المساحية والشكلية تبين أن حوض وادي تماسلة يميل للاستطالة أكثر منه للاستدارة، فقد بلغ عرض الحوض 55.82 كم وطوله 90.836 كم، فالعرض يمثل حوالي نصف الطول تقريباً، كما أن نسبة الاستدارة بلغت 0.29 وهي قيمة أقرب للصفر منها للواحد صحيح، مما يدل على ان خط تقسيم المياه المحيط بوادي تماسلة لا يسير على نحو منتظم بل بتعرجات ملحوظة، كما أن نسبة الاستطالة في الحوض بلغت 0.28 وهذا يدل على أن شكل الحوض يتخذ شكل المستطيل، وأن الحوض مازال ينتظره شوط طويل في عمليات الحت المائي إذا تعرض لظروف مناخية أكثر رطوبة، وكل ذلك يعني أن مياه الأمطار تقطع مسافة طويلة للوصول إلى مخرج الحوض وتصل ضعيفة ومشتتة نتيجة للتبخر والتسرب.
3. إن نسبة تماسك المحيط أو معامل الاندماج لحوض وادي تماسلة وصلت إلى (1.8) وهي نسبة متوسطة، مما يعني ابتعاد الحوض عن الشكل المستدير المنتظم، أي ضعف الترابط بين أجزاء الحوض وعدم انتظام خطوط تقسيم مياهه.
4. إن معامل الانبعاج يُعالج بعض سلبيات معدل الاستدارة، حيث يندر وجود أحواض مستديرة تماماً، وتبين أنّ معامل الانبعاج لحوض وادي تماسلة هو (0.90)، مما يشير إلى أن حوض الوادي أقل انبعاجاً ولا يزال في بداية دورتِهِ التحاتية قبل أن تُدركه ظروف الجفاف، وهذا يُشير إلى أن الحوض مازال أمامه شوط طويل ليقطعه في دورته الحتية.

5. من دراسة معامل الشكل لحوض وادي تماسلة وُجد أنه يساوي 0.28 وهذه النتيجة تدل على صغر المساحة مقابل طول الحوض مما يعكس قلة التجانس بينهما، والحوض في شكله العام أقرب إلى الشكل المثلث.
6. إن معامل نسبة الطول إلى العرض الحوضي بلغ (1.6)، وهي نسبة منخفضة تدل على أن الحوض يميل إلى الاستطالة أكثر منه إلى الاستدارة.
7. انخفاض معدل التضرس لحوض الوادي بالنسبة لطوله، والذي يشير بصورة مباشرة إلى درجة انحدار الحوض، وترتفع قيمة هذا المعدل بزيادة الفارق بين منسوبي أعلى وأدنى نقاط الحوض، وبدراسة معدل التضرس لحوض وادي تماسلة نجد أنه بلغ (7.4) وهي قيمة منخفضة.
8. إن قيمة الوعورة التي تشير إلى العلاقة بين تضرس سطح أرضية الحوض وأطوال مجاريه المائية الموجودة به ومساحته الحوضية، وبدراسة هذا المعدل فإن قيمة الوعورة للحوض كانت (1.8) وهي تعتبر قيمة منخفضة.
9. دراسة الانحدار العام لأرضية الحوض تساعد على فهم جريان المياه واندفاعها وانتقالها من أعلى المجرى إلى الأجزاء الدنيا منه، وبناءً عليه فإن الحوض يعتبر ذو انحدار متوسط إذ بلغ انحداره (9.15 درجة).
10. يعتبر التكامل الهيبسومتري مقياس زمني يُعبر عن المرحلة الحتية التي مر بها الحوض، وبدراسة هذا المعامل فقد بلغ (40)، وهذا يعني أنّه قد قطع (40%) من الدورة الحتية، وإن (60%) من التكوينات الصخرية لازالت في انتظار دورتها الحتية.
11. يضم الحوض عدداً من المجاري المائية يحمل مجراها الرئيسي الرتبة (السابعة)، بحيث بلغ عددها 4104 مجرى بطول 4543.5كم.
12. بلغت نسبة التشعب بالحوض (4.05)، وهذا ما يتفق مع المدى الذي حدده سترهلر، والذي يعكس مدى التجانس الموجود بين مظاهر السطح والبُنية الجيولوجية وظروف المناخ السائدة في الحوض، وهذا دليل على تجانس الحوض مناخياً وبنيوياً.
13. إن كثافة التصريف في الحوض بلغت 2.2، مما يعني أنّ كل (1 كم$^2$) من مساحة الحوض تمتلك (2.2 كيلومتر) من المجاري المائية لتصريف مياهها وحمولتها، وأنّ الأودية

في الحوض قليلة وبالتالي ما تصرفه من مياه قليل جداً، وذلك متوقع بالنظر إلى قلة التساقط على منطقة الدراسة وصلابة التكوينات الصخرية وقصر المجاري المائية بالإضافة إلى استطالة الحوض.

14. تكرارية المجاري في الحوض تُعبر عن مجموع الأودية أو الروافد المائية في وحدة مساحة الحوض، ووصلت هذه القيمة إلى 2 والتي تعتبر قيمة منخفضة جداً بسبب محدودية عدد المجاري المائية في حوض الوادي، إلا أنها تؤكد قصر مجاري الحوض بالنسبة لعددها، ونستخلص من هذا أن حوض وادي تماسلة ذو نسيج طبوغرافي خشن وفقاً لتقسيم Zakar Zewska.

15. إن معدل بقاء المجرى في حوض وادي تماسلة بلغ (0.46كم)، وذلك بسبب تقارب أودية الحوض مع بعضها البعض وقلة المساحات الفاصلة بينها.

16. بلغ مؤشر التعرج في حوض وادي تماسلة (1.05)، وبناءً على تصنيف شوم فإن حوض الوادي ذو مجاري غير منتظمة.

17. إن معدل النسيج الطبوغرافي أو درجة تقطع سطح الحوض بمجاري الشبكة التصريفية قد بلغت (13.9)، وبتطبيق تصنيف سميث على الحوض نجد أنه يقع ضمن النمط الأخير ذو النسيج الناعم.

18. إن زمن الاستجابة أو سرعة الجريان بالوادي قليلة وهي تعكس درجة انحدار الحوض، بحيث كان الزمن الذي تستغرقه المياه لكي تصل إلى مخرج الحوض من أبعد نقطة فيه هو (19 ساعة) أو (1144.5 دقيقة) تقريباً.

19. أعطت المعادلات المستخدمة نتائج تتفق مع الملاحظة البصرية، وأكدت أنّ شكل الحوض أقرب إلى الشكل المثلثي، وأثبتت **صحة الفرضية الأولى**.

20. أعطى استخدام الطرق الإحصائية والهندسية لدراسة اتجاهات القنوات والمجاري المائية وشكل الحوض وخصائص الشبكة المائية، نتائج استفادت منها الدراسة في تحديد العديد من الخصائص الجيومورفولوجية والبنائية، **وهو إثبات للفرضية الثانية**.

21. هناك ارتباط وثيق بين اتجاهات الصدوع واتجاهات المجاري المائية في حوض وادي تماسلة، بحيث تؤثر الصدوع في نشأة المجاري المائية الرئيسية واتجاهاتها أو المنخفضات التي سلكتها هذه المجاري وروافدها، وهذا **إثبات لصحة الفرضية الثالثة.**
22. تعتبر برامج نظم المعلومات الجغرافية الوسيلة المثلى لإدخال ومعالجة وتحليل وإخراج بيانات نماذج الارتفاعات الرقمية مدعومة بعدد من المزايا، أهمها السرعة في الإنجاز والدقة العالية مقارنة بالوسائل التقليدية، وقابليتها لاستخراج عشرات من القياسات المورفومترية لعدة أحواض في وقت واحد.
23. استطاع البحث أن يلبي الهدف من الدراسة بنجاح، إذ تم بناء قاعدة بيانات للمتغيرات المورفومترية لحوض وادي تماسلة، اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمية.
24. أُنتجت العديد من الخرائط المورفومترية لحوض وادي تماسلة، اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمية.

**التوصيات:**

وبعد هذا العرض لأهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة، فإن الباحث يوصي بما يلي:

1. ضرورة توظيف تقنية نظم المعلومات الجغرافية في الدراسات الجيومورفولوجية المتعلقة بالخصائص المورفومترية والهيدرولوجية، لما لها من نتائج دقيقة وما توفره من جهد ووقت.
2. العمل على تنويع وتكثيف مصادر البيانات الحديثة ذات الوضوح المكاني الكبير والدقة العالية كأساس لبناء قواعد البيانات الجغرافية لدراسة المتغيرات الطبوغرافية والمورفومترية.
3. إجراء دراسات تطبيقية مماثلة لبقية الأحواض المائية، ودراسة الشبكات المائية وبناء قواعد بيانات مورفومترية تساعد على الاستفادة منها في استغلال المياه، خصوصاً وأنّ المنطقة عموماً تعاني شُحاً في مصادر المياه.
4. الاعتماد على قاعدة البيانات الجغرافية الخاصة بحوض وادي تماسلة عند إعداد الخطط التنموية، وكذلك العمل على تحديث بياناتها دورياً والاستفادة من الخرائط التفصيلية التي تم وضعها لخدمة التخطيط لتنمية الحوض.

## المصادر والمراجع:

**أولاً: المصادر والمراجع العربية:**

- أبو راضي، فتحي عبدالعزيز، (1991)، التوزيعات المكانية: دراسة في طرق الوصف الإحصائي وأساليب التحليل العددي، الإسكندرية، دار المعرفة الجامعية.

- أبو العينين، حسن سيد، (1976)، أصول الجيومورفولوجيا: دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض، بيروت، دار النهضة العربية.
- الحربي، خالد مسلم معوض، (1419 هـ)، مصادر المياه بمنطقة وادي الليث: دراسة في جغرافية الموارد، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة أم القُرى، مكة المكرمة.
- الدليمي، خلف حسين، (1425هـ)، التضاريس الأرضية: دراسة جيومورفولوجية عملية تطبيقية، عمان، دار صفاء للنشر والتوزيع.
- زرقطة، هيثم يوسف، (2007)، نظم المعلومات الجغرافية GIS والدليل العلمي الكامل لنظام Arc view 9، الطبعة الأولى، سوريا شعاع.
- سالم، أحمد، (1991)، الجريان السيلي في الصحاري: دراسة لجيومرفولوجية الأودية الصحراوية، سلسلة الدراسات، القاهرة، معهد البحوث والدراسات العربية.
- سلمى، ناصر محمد، (1420 هـ)، مدخل إلى علم الخرائط ونظم المعلومات الجغرافية، الطبعة الأولى، السعودية، مكتبة الملك فهد الوطنية.
- سلامة، حسن رمضان، (1980)، التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية للأحواض المائية في الأردن، مجلة دراسات، الجامعة الأردنية، (العدد 1).
- سلامة، حسن رمضان، (1982)، الخصائص الشكلية ودلالاتها الجيومورفولوجية، نشرة دورية تصدر عن قسم الجغرافية، العدد (43)، الكويت الجمعية الجغرافية، الكويتية.

- سلوم، غزوان، (2012)، حوض وادي القنديل، (دراسة مورفومترية)، مجلة جامعة دمشق، (المجلد 28)، العدد الأول.
- الشامي، إبراهيم زكريا، (1995)، التحكم في السيول: الاستفادة من مياهها ودرء أخطارها، الجمعية الجغرافية المصرية، ندوة المياه في الوطن العربي، (المجلد الأول)، القاهرة.
- شريف، أزاد جلال، (2000)، هيدرومورفومترية نهر الخابور، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، بغداد، العدد (43).

- عادل، محمد عبدالله، (2015)، دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي غزة والحصاد المائي لحوضه الأعلى باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، فلسطين، جامعة النجاح الوطنية، نابلس.
- عبد المطلب، محمد عبدالرحيم، (2012)، الخصائص الهيدرولوجية للأودية في البيئات الجافة: دراسة تطبيقية على وادي الرواكيب باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد، مجلة إيجي ماتيكس، العدد (3).
- الغامدي، سعد أبوراس، (2006)، توظيف نظم المعلومات الجغرافية في استخراج بعض القياسات المورفومترية من نماذج الارتفاعات الرقمية، "دراسة حالة وادي ذرى في المملكة العربية السعودية"، مكة المكرمة، جامعة أم القرى.
- محسوب، محمد صبري ، وضاحي، أحمد فوزي، (2006)، الدراسة الميدانية والتجارب المعملية في الجيومورفولوجيا، مصر، الإسراء للطباعة.

**ثانياً: المراجع الأجنبية:**

- M G. Anderson,1988. *Modeling Geomorphological System*. New York. Jon Wily & sons.
- Morisawa, M, 1968, *Streams; Their Dynamics and Morphology*, McGraw-Hill, New York.
- Viessman, W., G. Lewis, and J. Knapp, 1989, *Introduction to Hydrology*, Harper & Row, Publishers, New York, USA.
- Horton, R, E; 1945, *Erosional Development of Streams and their Drainage Basins Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology*, Gew, Soc, Amer, Bull, V,56.
- Strahler, A.N, 1964, *Quantitative Geomorphology of Drainage Basin and Channel Network*