التحليل الرقمي للخصائص المورفومترية والتضاريسية ومدلولاتها الجيمورفولوجية في حوض وادي رهجان بمدينة مكة المكرمة

Digital analysis of morphometric and topographical characteristics and their geomorphological implications in the Rahjan Valley Basin in the city of Makkah

إعداد

ماجده عبد الله الدعدي

Majda Abdullah Al-Daidi

باحثة دكتوراه- قسم الجغرافيا- جامعة القصيم

Doi : 10.21608/jasg.2021.179855

استلام البحث: ١٢/ ٥ /٢٠٢١ قبول النشر: ٢٥/ ٥ / ٢٠٢١

الدعدي ، ماجده عبد الله (٢٠٢١). التحليل الرقمي للخصائص المورفومترية والتضاريسية ومدلولاتها الجيمورفولوجية في حوض وادي رهجان بمدينة مكة المكرمة. مج ٤، ع ١٠، ***المجلة العربية للدراسات الجغرافية***، المؤسسة العربية للتربية والعلوم والآداب، ص ص ١٩٥-٢٢٢.

التحليل الرقمي للخصائص المورفومترية والتضاريسية ومدلولاتها الجيمورفولوجية في حوض وادي رهجان بمدينة مكة المكرمة

المستخلص:

تعود أهمية البحث في اعتماده على أساليب التحليل المكاني لبناء قاعدة بيانات رقمية للخصائص المورفومترية لشبكة التصريف المائي لحوض وادي رهجان بمنطقة مكة المكرمة. والذي يعد من الروافد الكبرى لوادي نعمان الذي يقع في جنوب شرق مكة المكرمة حيث المشاعر المقدسة (منى ومزدلفة وعرفات) بالإضافة إلى مباني المدينة الجامعية لجامعة أم القرى، والتي تقع في مواجهة السيول المتدفقة من وادي عرنة ووادي نعمان، والتي تهدد في خطورتها موسم الحج. وتقوم هذه الدراسة على حساب وتحليل المتغيرات التضاريسية والمورفومترية مباشرة من بيانات نموذج الارتفاع الرقمي Digital Elevation Model لحوض وادي رهجان بوضوح مكاني قدره 12.5 مترا باستخدام تطبيقات التحليل المكاني Spatial Analysis Applications. كما اعتمدت على طريقة Strahler في تحديد الترتيب الهرمي لمجاري الشبكة المائية. كما أظهر التحليل المورفومتري والذي يلعب دوراً بالغاً في التنبؤ بخصائص السيول وآثارها تباين خصائص المجاري المائية من رتبة لأخرى من حيث مجموع أطوال المجاري المائية، متوسط مساحة التصريف، كثافة وتكرارية المجاري. وقادت نتائج الدراسة إلى تأثر الترتيب الهرمي لمجاري الشبكة المائية بعدد المجاري مما ساعد على عدم تطور الرتبة النهائية لمجاري حوض وادي رهجان إلى أكثر من الرتبة السادسة. وقدمت الدراسة عدد من التوصيات الضرورية. أهمها ضرورة الاعتماد على شبكة المجاري المائية المستخلصة من نماذج الارتفاعات الرقمية كأساس لبناء قواعد البيانات الجغرافية للأحواض المائية، ومن ثَمَّ دراسة السيول والفيضانات والتنبؤ المبكر لمخاطرها.

كلمات مفتاحية: وادي رهجان، التحليل المكاني، الخصائص المورفومترية، نماذج الارتفاعات الرقمية

Abstract:

The importance of the research is due to its reliance on spatial analysis methods to build a digital database for the morphometric characteristics of the water drainage network of the Rahjan Valley Basin in the Makkah region. Which is one of the major tributaries of Wadi Numan, which is located in the southeast of Mecca, where the holy sites (Mina, Muzdalifah and Arafat) in addition to the university city buildings of Umm Al-Qura University, which are located in the face of torrents

flowing from Wadi Arna and Wadi Nu`man, which threaten the Hajj season. This study is based on calculating and analyzing the topographic and morphometric variables directly from the data of the Digital Elevation Model of the Rahjan Valley Basin with a spatial clarity of 12.5 meters using the Spatial Analysis Applications. It also relied on the Strahler method in determining the hierarchical arrangement of the waterways of the network. The morphometric analysis, which plays a major role in predicting the characteristics of torrents and their effects, also showed the variation of the characteristics of the waterways from one rank to another in terms of the total lengths of the waterways, the average area of discharge, the density and frequency of the streams. The results of the study led to the effect of the hierarchical arrangement of the waterways of the network by the number of sewers, which helped not to develop the final rank of the streams of the Rahjan Valley basin to more than the sixth rank. The study made a number of necessary recommendations. The most important of these is the necessity of relying on the network of waterways extracted from digital elevation models as a basis for building geographical databases for water basins, and then studying torrents and floods and early prediction of their risks.

المقدمة:

تعتبر الدراسات المورفومترية إحدى أهم الدراسات التطبيقية في تحليل الخصائص الجيومورفولوجية للأحواض المائية. ويشكل حوض التصريف المائي مساحة تتحدد فيها الخصائص الجيومورفولوجية التي يمكن قياسها كمياً بهدف التحليل والتصنيف لأحواض الروافد المشكلة للشبكة المائية ويوفر استخدام التحليل المكاني عبر نظم المعلومات الجغرافية (GIS) الوقت والجهد مع الدقة لاشتقاق وبناء قاعدة البيانات واستخلاص الخصائص المورفومترية بشكل سريع والتي تساهم في تفسير

نمط التصريف المائي من خلال نماذج الارتفاعات الرقمية(DEM). (المطيري، 2020)

وتتزايد الدقة في التحليل المورفومتري مع تزايد التطور الذي عرفته نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد وارتفاع درجة الوضوح المكاني للبيانات المستخدمة مما يساعد على إبراز تفاصيل الشبكة المائية للحوض المائي ويعتبر تحليل الخصائص المورفومترية من المعايير المهمة في تحديد الخصائص الهيدرولوجية للحوض المائي لأنه يوفر معلومات مهمة تتعلق بالوصف الكمي لعناصر الشبكة المائية والذي يعد أهم جوانب توصيف الحوض المائي (Strahler 1964،).

وتزايد الاهتمام في السنوات الأخيرة بدراسة ظاهرة السيول ومخاطرها البيئية التي تتشكل في المجاري المائية التي تقطع مجاريها النسيج العمراني في العديد من مناطق المملكة العربية السعودية، وذلك بعد حوادث وكوارث متعددة اجتاحت بعض مدن المملكة العربية السعودية، كان أبرزها سيول جدة ومدينة الرياض. (النشوان،2018).

وتأتي أهمية وادي رهجان جيمورفولوجياً كونه أحد الروافد الكبرى لوادي نعمان الذي يقع في جنوب شرق مكة المكرمة حيث المشاعر المقدسة وهي منى ومزدلفة وعرفات بالإضافة إلى مباني المدينة الجامعية لجامعة أم القرى، والتي تقع في مواجهة السيول المتدفقة من وادي عرنة ووادي نعمان، والتي تهدد في خطورتها موسم الحج. بالإضافة لتوسع المراكز العمرانية العشوائية على مجاري الشعاب التي لم تأخذ في الحسبان عند تخطيطها اعتبارات المخاطر البيئية المتعلقة بمجاري الأودية والتي أصبحت تشكل خطراً عليها خلال أوقات سقوط الأمطار الغزيرة وجريان السيول.

كما يضم الوادي عدد من المواقع التي تتوفر فيها جميع متطلبات الجذب السياحي متمثلة في شلالات "الخرَّار" و "الخشعة" مع غياب كامل للخدمات البلدية والصحية والسياحية وخدمات الطرق.

لذلك هدفت هذه الدراسة إلى تحليل الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف المائي في حوض وادي رهجان والمتمثلة بالخصائص الشكلية والتضاريسية، وخصائص الشبكة المائية. وبناء قاعدة بيانات تكون مرجعاً في دراسات السيول والفيضانات داخل هذا الحوض، ومرجعاً للدراسات التي تدعم خطط التنمية العمرانية والسياحية وتلافي الأخطار التي قد تواجهها والمساعدة على الوصول إلى أفضل القرارات.

الدراسات السابقة:

١- دراسة (المطيري،2020) عن استخلاص الخصائص التضاريسية والمورفومترية لحوض وادي الأيسن بمنطقة الرياض والتي قدمت تحليلاً كمياً للخصائص المورفومترية لحوض وادي الأيسن باستخدام أدوات التحليل المكاني

بهدف تحديد عناصر الشبكة المائية المتمثلة في متوسط مساحة التصريف، عدد المجاري، متوسط أطوال المجاري، متوسط انحدار الحوض، وتوصلت الدراسة الى ان الحوض يميل الى الاستطالة.

٢- دراسة (النشوان،2018) للخصائص المورفومترية لحوض شعيب تمرة في محافظة السليل والتي هدفت إلى تقدير مدى الخطورة التي تتعرض لها مظاهر التنمية في هذا الحوض، وذلك بتوظيف التقنيات الحديثة وما يتبعها من دراسة كمية للخصائص المورفومترية من خلال الأساليب الكمية والمعادلات الرياضية، وخلصت الدراسة إلى أن شعيب تمرة لا يتعرض للفيضانات في الظروف العادية التي تكون كمية الأمطار بين 50 إلى 150ملم، إنما أخطار الفيضانات تحدث عندما تزيد كمية الأمطار عن 250ملم.

٣- دراسة (البارودي وآخرون،2012) عن حوض وادي نعمان والذي يعد وادي رهجان أحد روافده الكبرى، حيث هدفت الدراسة إلى تقدير احجام السيول عند المجرى الأدنى لوادي نعمان من خلال تطبيق نموذج سنايدر، واشتقاق مخطط مائي(الهيدروجراف) لحوض الوادي يمكن الاعتماد عليه في التنبؤ بزمن تصريف الذروة للسيول.

٤- دراسة (البارودي وباوزير،2011) حول استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تقدير أحجام السيول ومدى خطورتها من خلال تطبيق نموذج سنايدر عند المجاري الدنيا لواديا عرنة ونعمان جنوب مدينة مكة المكرمة باعتماد نموذج الارتفاعات الرقمية ASTER من أهم الدراسات والتي هدفت الى استخدام تقنية نظم المعلومات في الاستخراج الآلي للخصائص المورفومترية لأحواض التصريف في منطقة البحث، وتقدير أحجام السيول عن طريق تطبيق نموذج سنايدر، وقد تم اشتقاق مخطط مائي(هيدروجراف) في هذه الدراسة لوادي عرنة لعدد من الحالات يمكن الاعتماد عليه في التنبؤ بزمن تصريف الذروة للسيول في الوادي وخاصة في حال حدوث عاصفة مطرية ذات شدة محددة إضافة إلى التنبؤ بالزمن الذي تستمر فيه هذه السيول بالجريان.

٥- دراسة (علاجي،2010) عن تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية ومدلولاتها الهيدرولوجية في حوض وادي يلملم" حيث أشارت إلى المدلول الهيدرولوجي للخصائص المورفومترية لحوض وادي يلملم، وقدمت هذه الدراسة انموذجاً تطبيقياً لنظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات لأحواض التصريف، مما جعلها تسهم مع بقية الدراسات

الأخرى إسهاماً علمياً يوضح جدوى وأهمية استخدام التقنيات الحديثة في دراسة المجاري المائية المرتبطة بأحواض التصريف في المملكة.

ومن خلال استعراض الدراسات السابقة تبين أنها دراسات مفيدة استفادت منها الباحثة في معرفة أهم الخصائص المورفومترية والتضاريسية والشكلية لشبكات التصريف، كما تعرَّفت على طريقة وأسلوب هذه الدراسات في توظيف الأساليب الكمية والإحصائية في دراسة التباينات المكانية للمتغيرات المورفومترية، إضافة الى التحليل المورفومتري لشبكة التصريف، وبناء قاعدة البيانات الجغرافية للخصائص المورفومترية، وتوظيف الوسائل والتقنيات الحديثة في الدراسات المورفومترية لأحواض المجاري المائية.

أهمية موضوع البحث

تكمن أهمية البحث في اعتماده على أساليب التحليل المكاني لبناء قاعدة معلومات رقمية للخصائص المورفومترية لشبكة التصريف المائي لحوض وادي رهجان بإستخدام بيانات نماذج الارتفاعات من جهة. كما أن أهمية هذا البحث تتمثل في تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي رهجان التي لم يتم التطرق لها في دراسات سابقة مما يؤهل هذه الدراسة لأن تنفرد بتقديم التحليل الكمي لعناصر الشبكة المائية لهذا الحوض المائي الذي يعد أحد أهم روافد وادي نعمان بمدينة مكة المكرمة.

منهج البحث وإجراءاته

اعتمدت الدراسة على المنهج التحليلي والذي من خلاله يمكن تحليل بيانات نموذج الارتفاع الرقمي(DEM)، والخرائط واجراء القياسات وتطبيق المعادلات للمتغيرات والخصائص المورفومترية والتضاريسية.

وتتلخص الخطوات المنهجية لهذه الدراسة وآلية تنفيذها في (الجدول 1) التالي:

(جدول1) ملخص الخطوات المنهجية

التحليلات	مصادر بياناتها	تقنياتها
الجيولوجية	الخريطة الجيولوجية لمربع مكة مقياس 25000/1 الصادرة عن هيئة المساحة الجيولوجية	نظم المعلومات الجغرافية
المناخية	بيانات محطة مكة المكرمة المطرية الممتدة من عام 1967 الى 2017 م الصادرة عن وزارة الزراعة والمياه، ومحطة مكة المكرمة الشاملة الممتدة من عام 1985 الى 2013 م الصادرة عن هيئة الأرصاد.	الإحصاء – (المتوسطات الحسابية) -Excel
المورفومترية والتضاريسية	Digital Elevation Model- الصادر من بيانات القمر الصناعي ALOS PALSAR 12.5 - الخرائط الطبوغرافية - صور الأقمار الصناعية	- أسس التحليل الكمي - نظم المعلومات الجغرافية - Hydrology tool
التربة	خريطة التربة من الأطلس العام للتربة للمملكة العربية السعودية الصادر عن وزارة الزراعة 1406	- نظم المعلومات الجغرافية

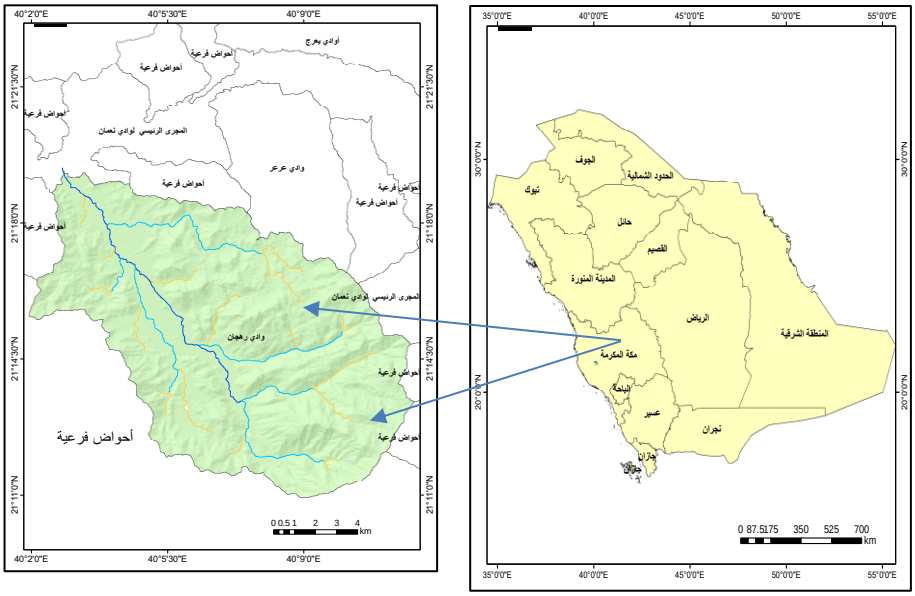
المصدر: اعداد الباحثة

منطقة الدراسة

يقع حوض وادي رهجان إلى الجنوب والجنوب الشرقي من مدينة مكة المكرمة ويحده فلكياً دائرتي عرض 21° 11' 0"N 21° 21' 30 شمالا وخطي طول 40° 9' 0E 40° 2' 0" شرقاً (الشكل 1).

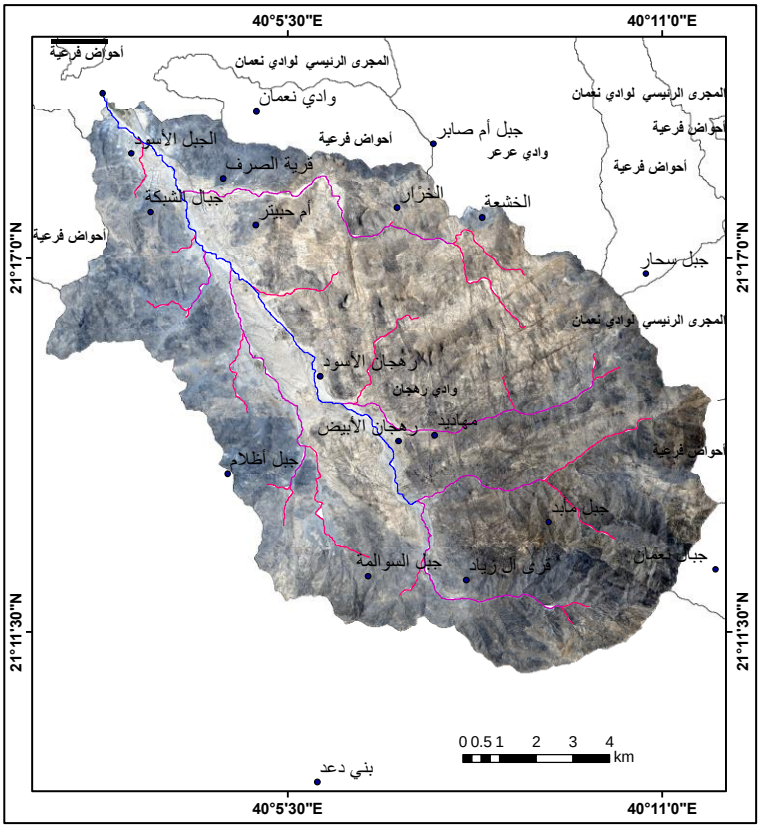
ويمتد حوض وادي رهجان على ارتفاعات تتراوح ما بين 2023 و373 متر فوق مستوى سطح البحر ويصب في وادي نعمان والذي يعد من أكبر أودية مكة المكرمة.

(شكل1) موقع وادي رهجان من مدينة مكة المكرمة

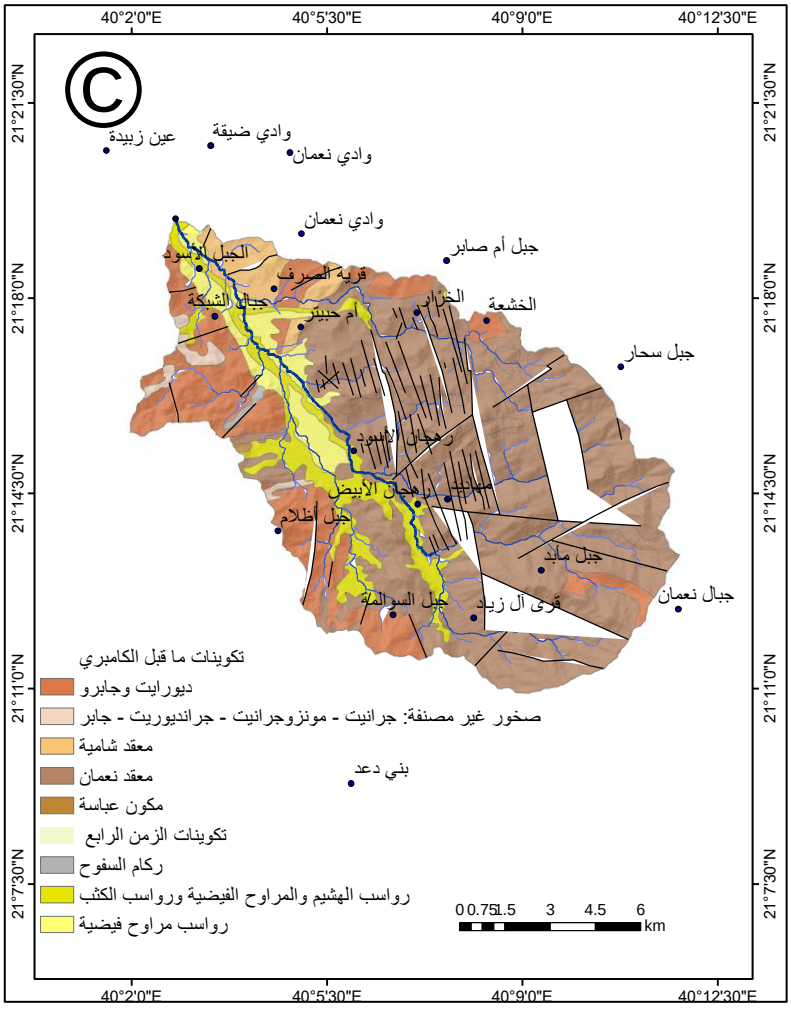


المصدر: اعداد الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي(DEM) الصادر من بيانات القمر الصناعي ALOS PALSAR 12.5

(شكل2) مرئية فضائية للقمر Geo Eye لحوض وادي رهجان
المصدر: مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



ويبين (شكل3) توزيع التكوينات الجيولوجية في حوض وادي رهجان والذي من خلاله واستناداً للتقرير المرفق للخريطة الجيولوجية لمربع مكة يمكن تمييز وحدتين رئيسيتين أولاهما وحدة صخور ما قبل الكامبري وثانيهما وحدة رواسب الزمن الرابع الفتاتية.



(شكل 3) التكوينات الجيولوجية لحوض وادي رهجان

المصدر: اعداد الباحثة بالاعتماد على الخريطة الجيولوجية لمربع مكة مقياس 25000/1

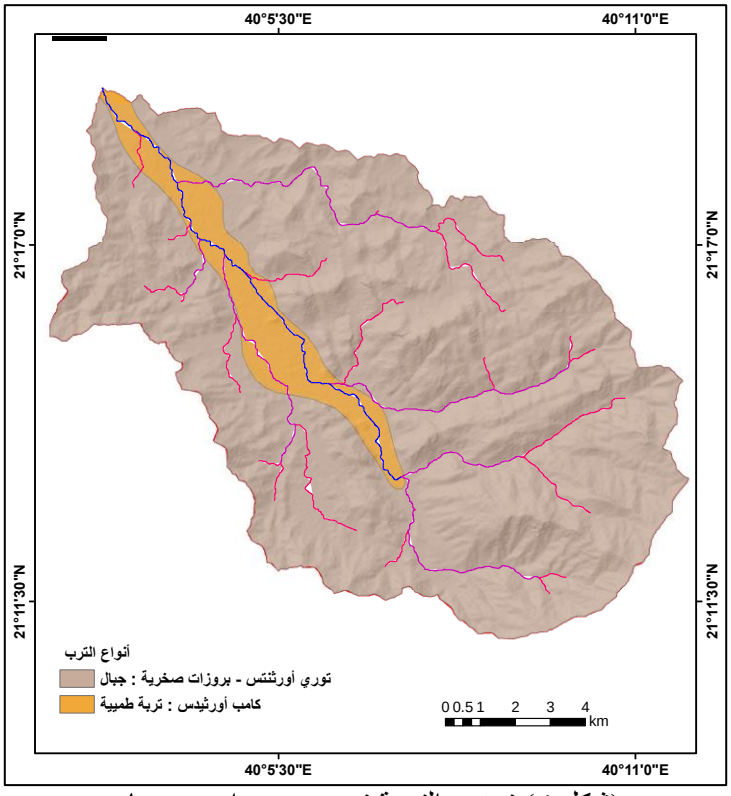
تنقسم صخور وحدة ما قبل الكامبري الى نوعين رئيسين وهما الصخور النارية الباطنية المتبلورة، ومتكونات ما قبل الكامبري الطباقية ويشمل النوع الأول معقدات ما قبل الكامبري كمعقدات نعمان والشامية ومعقد نعمان هو الأكثر انتشاراً في منطقة البحث، حيث يشغل الجهات الشرقية والشرقية الجنوبية لحوض الوادي بمساحة تقدر

ب 99 كم٢، ويتكون من الجرانيت والجرانوديوريت، أما صخور ما قبل الكامبري الطباقية فهي في معظمها صخور نارية وفتاتية متحولة وتشمل مساحات صغيرة جداً من متكون عباسة من مجموعة سمران في الجهات الغربية لحوض الوادي بالقرب من جبل أظلام.بمساحة تقدر بـ 34.21 كم٢.

أما أرسابات الزمن الرابع فتتوزع في مجاري الأودية بالدرجة الأولى وتتكون من الرواسب الرملية والحصوية. كما تظهر هذه الرواسب في المراوح الفيضية حول المجرى الرئيس للوادي حيث مجرى وادي رهجان الأبيض ووادي رهجان الأسود إضافة الى رواسب المدرجات النهرية ورواسب الكثبان الرملية والتي تتوزع بالقرب من المصب. وتشغل هذه الإرسابات مساحة تقدر بـ 21.1 كم٢ .

وتصنف التربة في حوض الوادي إلى نوعين من التربة (شكل 4) حيث تغطي تربة توري اورثنتس- بروزات صخرية معظم أجزاء الحوض وتتألف هذه الوحدة من مساحات شديدة الانحدار من الأراضي الصخرية والترب الضحلة على الجبال والتلال والوهاد والجروف والمرتفعات المعراه والمنحدرات المشطرة. وتوجد مناطق الأراضي الصخرية على المنحدرات الخلفية والمرتفعات الجبلية والتلال وعلى المنحدرات المحدبة للمرتفعات والوهاد وتغطي أجزاء من قمم المرتفعات وهي ترب هيكلية طمية عديمة الملوحة الى شديدة الملوحة معظمها ضحلة جدا الى صخر المهد لكنها ضحلة في بعض المواقع ذات نفاذية متوسطة الى سريعة نسبيا وقدرة منخفضة على الاحتفاظ بالماء. وتشغل مساحة 141 كم٢.

اما تربة الكامب اورثيدس - توري سامنتس فتنتشر في مجاري الأودية والسهول الرسوبية حول المجرى الرئيس وفي المناطق شبه المستوية وهي ترب عميقة عديمة الملوحة الى شديدة الملوحة ويشتمل هذا النوع على ترب رقائقيه في الوديان الصغيرة وترب حصوية جدا في المروحيات الرسوبية وترب ضحلة ومتوسطة العمق في المنحدرات السفلى. وتقدر مساحتها بـ 13.4كم٢



(شكل 4) توزيع التربة في حوض وادي رهجان

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على أطلس التربة (لوحة رقم 159)

ويتكون الغطاء النباتي في حوض وادي رهجان من نباتات جافة وشبه جافة تتوزع في أجزاء الحوض، وتتعدد الأنواع النباتية بسبب التنوع في البيئات الطبيعية المشكلة لمنطقة الدراسة، حيث تتكون من النباتات دائمة الخضرة وتمثلها الأشجار العالية التي تسود في الأجزاء المرتفعة من المنطقة. كما هو الحال في الوديان المنتشرة في جبال نعمان وجبل السوالمة. كما تتوزع الأنواع النباتية الجفافية على السفوح الجبلية في الأجزاء الشرقية من المنطقة. وتنتشر النباتات القزمية في الأراضي السهلية حول مجاري الوديان وبعيداً عنها لاسيما في الجزء الغربي من المنطقة. (الجميعي، 2015)

ويظهر (الجدول 2) الأنواع النباتية السائدة في منطقة الدراسة، حيث يرتبط التنوع النباتي في المنطقة بالأجزاء التي تتلقى كميات امطار مرتفعة في الأجزاء الشرقية والجنوبية الشرقية حيث يتدرج الغطاء النباتي من النباتات دائمة الخضرة في

الأجزاء الشرقية من الحوض والتي تبرز بها المرتفعات الجبلية الى الأنواع الجفافية والقزمية في معظم أجزاء الحوض وذلك في سفوح الجبال وفي الأراضي السهلية المحيطة بمجاري الاودية وبعيدا عن الاودية.

(جدول 2) المصطلحات العلمية للنبات الطبيعي في حوض وادي رهجان

الاسم العربي	الاسم العلمي
عُشر	Calotropisprocera
مرخ	Leptadeniapyroteehnice
عرعر	Juniperusprocera
سلم	Acacia ehrbergiana
قرظ	Acacia etbaica
طلح	Acacia gerrardii
سمر	Acacia tortilis
سنامكي	Sennaalexandrina
سدر	Ziziphusspina

المصدر: اعداد الباحثة بالاعتماد على الدراسة الميدانية

وتؤثر عوامل المناخ على الأحواض المائية من مكان لآخر ومن نطاق مناخي لآخر ومن فترة زمنية لأخرى. ويعتمد هذا البحث في دراسة الخصائص المناخية على قياسات محطة مكة المكرمة المطرية خلال الفترة الممتدة من 1967 الى 2017 م الصادرة عن وزارة الزراعة والمياه، ومحطة مكة المكرمة الشاملة الممتدة من عام **1985 الى 2013 م** الصادرة عن هيئة الأرصاد. والتي تمثل بياناتها المناخية أهم التغيرات الزمنية والمكانية لعناصر المناخ بحوض وادي رهجان (الجدول 3)

وقد تبين من دراسة عناصر المناخ في المحطتين أن كمية الامطار الساقطة على منطقة الدراسة

تتفاوت من شهر لآخر حيث وصلت معدلات الأمطار الشهرية القصوى بين 23.76 ملم خلال شهر يناير الذي يعتبر أكثر شهور السنة تساقطاً، في حين بلغ أدنى معدلات التساقط الشهري 0.40 في شهر يوليو الذي يعتبر أكثر شهور السنة جفافاً.

وتتباين كذلك معدلات الحرارة من شهر لآخر بحيث تصل أقصى معدلات درجات الحرارة العظمى في شهر يونيو إلى 43.66 وفي شهر يناير إلى 29.86مº. بينما نجد أن معدلات الرطوبة النسبية تصل أقصاها في شهر يناير بما يعادل 58.13% وأدناها بما يعادل 32.07% في شهر يونيو.

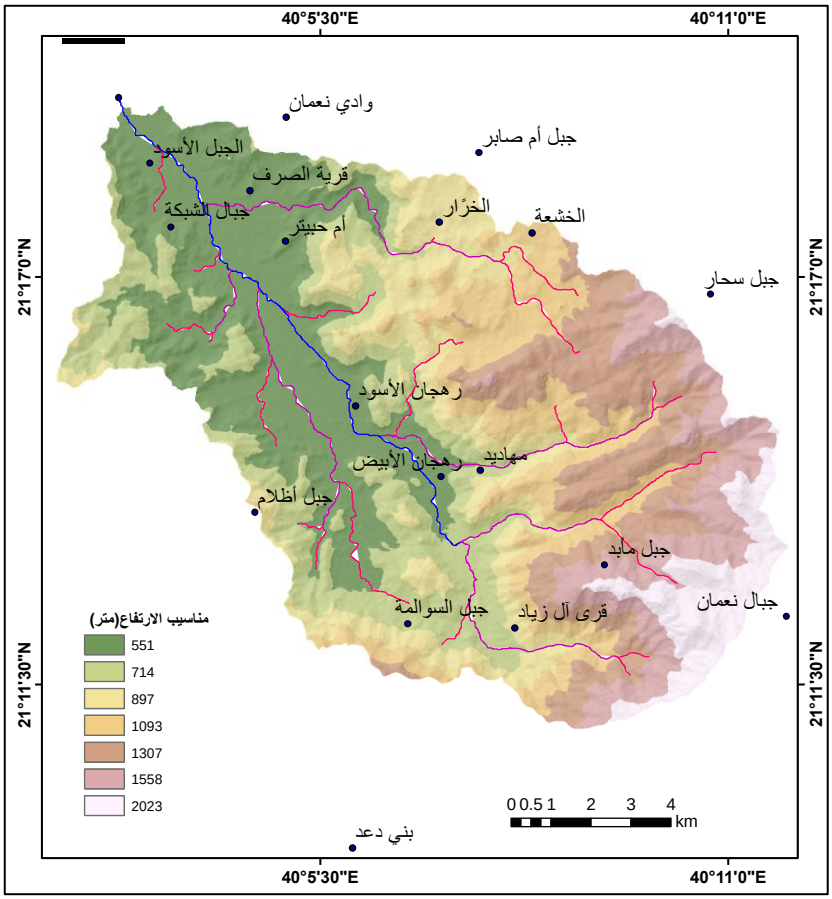
(جدول 3) متوسطات أهم العناصر المناخية لحوض وادي رهجان

الشهر	الأمطار(ملم)	درجة الحرارة الصغرى (مْ)	درجة الحرارة العظمى (مْ)	معدل الرطوبة % النسبية
يناير	23.76	18.17	29.86	58.13
فبراير	1.94	19.14	31.83	53.76
مارس	5.88	21.25	34.95	47.65
إبريل	4.64	24.56	38.70	42.39
مايو	3.84	27.43	41.66	35.95
يونيو	0.50	28.58	43.66	32.07
يوليه	0.40	29.31	43.05	33.66
أغسطس	2.70	29.59	42.76	38.88
سبتمبر	1.93	28.92	42.81	44.43
أكتوبر	3.44	26.07	40.15	49.58
نوفمبر	14.71	23.11	35.43	57.11
ديسمبر	7.52	20.23	31.97	59.03
المعدل السنوي	71.27	24.72	38.09	46.02

المصدر: عمل الباحثة اعتمادا على البيانات المناخية الصادرة عن وزارة الزراعة المياه وهيئة الأرصاد.

الخصائص التضاريسية لحوض وادي رهجان:

تعد الخصائص التضاريسية محصلة التطورات الجيومورفولوجية التي شهدها حوض وادي رهجان منذ نشأة الشبكة المائية. وتتصف منطقة الدراسة بالتباين في التضاريس، حيث تتكون المنطقة من وحدتين تضاريسيتين مختلفتين الأولى وتتمثل في المرتفعات الجبلية الي يزيد ارتفاعها عن 2023م فوق سطح البحر، وتتوزع في الأجزاء الشرقية والجنوبية الشرقية للوادي. أما الوحدة الثانية التي تتكون منها تضاريس المنطقة فهي السهول المستوية الواسعة وتتوزع هذه السهول حول المجرى الرئيس للوادي والذي بلغ ارتفاعه عند مصبه 373م فوق مستوى سطح البحر.



(شكل5) مناسيب الإرتفاع لحوض وادي رهجان

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM

التحليل والمناقشة:

وسوف تقتصر الدراسة المورفومترية على تحليل العناصر التالية: (جدول4)

- **الخصائص التضاريسية لحوض وادي رهجان**

الارتفاع المتوسط للحوض المائي Mean elevation:

هو عبارة عن الارتفاع الذي يمثل 50% من ارتفاعات الحوض المائي وهو فارق الارتفاع بين أقصى ارتفاع وأدنى ارتفاع في الحوض

وقد تم حساب الارتفاع المتوسط لحوض وادي رهجان بواسطة تطبيقات التحليل المكاني والبالغ 1011.5 م.

الارتفاع الأدنى للحوض Minimum elevation (Outlet elevation)

هو عبارة عن أدنى منسوب على خط تقسيم المياه ويمثل عادة ارتفاع مصب الحوض المائي. وقد بلغ 373م.

الارتفاع الأقصى للحوض Maximum elevation

هو عبارة عن أعلى منسوب على خط تقسيم المياه وقد بلغ 2023م.

(جدول4) الخصائص التضاريسية لحوض وادي رهجان

المتغير		الرمز	المعادلة	المصدر	القيمة
الارتفاع المتوسط (متر)	Mean elevation (m)	H' (m)	$H,(m)=\frac{h.(m)-h(m)}{2}+$	Horton (1932)	1011.5
الارتفاع الأدنى (متر)	Minimum elevation(m)	H min (m)	_____	GIS software output	373
الارتفاع الأقصى(متر)	Maximum elevation (m)	H max (m)	_____	GIS software output	2023
طول محيط الحوض(كلم)	Basin perimeter(km)	P (Km)	_____	Schumm (1956)	61.3
طول المجرى المائي الرئيس(كم)	Main channel length (km)	km) L_b	_____	GIS software output	16.1
انحدار المجرى المائي الرئيس(متر/متر)	Main channel slope (m/m)	(m/m) I_s	m/m) $(=\frac{H_{c\,(m)}-h_{c\,(m)}}{d_c}$ I_s	Langbein (1947	11.6
نسبة التضاريس النسبية (م/كلم)	Relative relief ratio (m/km)	m/km R_{hp}	$R_{hp}=\frac{100H}{P}$	Melton(1957)	26.92
نسبة التضرس (م/كلم)	Relief ratio (m/km)	m/km R_b	$R_{h=}\frac{H}{L_b}$	Schumm (1956)	84.74
اجمالي تضاريس الحوض	**Total basin relief**	Z-z(m)	H (m) = Z (m) –z (m)	Straher (1952)	1650

المصدر: عمل الباحثة

انحدار المجرى الرئيس Main channel slope

هو عبارة عن العلاقة النسبية بين ارتفاعي المنبع والمصب والمسافة الفاصلة بينهما.

طول محيط الحوض Basin Perimeter

هو طول خط تقسيم المياه بكل تعرجاته والمحيط بالشبكة المائية للحوض المائي. ويدل المحيد على حجم وشكل الحوض المائي (Schumm 1956)

طول المجرى الرئيس Main channel length

عبارة عن طول المجرى الذي تصب فيه جميع الروافد لنفس الشبكة المائية ويمتد من مصب الحوض إلى المنبع بالقرب من خط تقسيم المياه.

نسبة التضاريس النسبية Relative relief ratio

يمثل العلاقة النسبية بين ارتفاعات الحوض وطول محيطه

نسبة التضاريس Relief ratio

تعني العلاقة النسبية بين ارتفاعات الحوض وطول المجرى الرئيس

اجمالي تضاريس الحوض Total basin relief

عبارة المدى التضاريسي للحوض الذي يمثله فارق الارتفاع بين اقصى وأدنى ارتفاعين بالحوض المائي (متر)

- **الخصائص المورفومترية لحوض وادي رهجان:**

حُسبت المتغيرات المورفومترية لحوض وادي رهجان باستخدام تطبيقات التحليل المكاني من برنامج ArcGIS اعتماداً على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي Digital Elevation Model بوضوح مكاني قدره 12.5 متر وتتمثل المتغيرات المورفومترية التي تمت دراستها فيما يلي: (جدول5)

مساحة الحوض

هي المساحة التي تمد مجرى واحد أو مجموعة من المجاري المائية بالمياه، وهي تعد المصدر الذي يزود المجاري باحتياجاتها المائية (Leopold er al. 1964)

طول الحوض (Basin length)

يُعرف طول الحوض المائي بالمسافة المستقيمة التي تفصل بين مصب الحوض وخط تقسيم المياه وتمر بمنبع المجرى الرئيس (Horton, 1932).

متوسط عرض الحوض Mean basin width

عبارة عن العلاقة النسبية بين مساحة الحوض وطوله.

علاقة الطول بالمساحة Length Area relation

وجد Hack أن طول الكثير من الأحواض المائية يرتبط بعلاقة أسية بمساحة التصريف

نسبة معامل الشكل: (Form Factor Ratio)

تحسب قيمة معامل شكل الحوض المائي بواسطة العلاقة النسبية التي وضعها Hortonبين مساحة التصريف ومربع طول الحوض المائي، ويعتبر معامل الشكل من المؤشرات الإحصائية الدالة على شكل مساحة التصريف للحوض المائي التي ترتبط بها عملية الجريان السطحي وكمية التدفق السيلي للحوض المائي. وتتراوح

قيمة هذا العامل بين 0.78 للدائرة الكاملة الاستدارة وبين صفر للخط المستقيم (العقيل،2001). وبدراسة معامل الشكل لحوض وادي رهجان فنجد أن قيمته بلغت 0.41ويتضح من خلال هذه القيمة للحوض أنه يقترب من القيمة المطلقة لمعامل الشكل ومن ثم فهو يميل إلى التجانس بين المساحة والطول.

نسبة الاستطالة Elongation Ratio

عرَّف Schumm نسبة الاستطالة بالعلاقة النسبية بين أقصى طول للحوض المائي وقطر دائرة لها مساحة تساوي مساحة التصريف لنفس الحوض.

وتبلغ قيمة هذا المعامل 1 إذا كانت مساحة التصريف دائرية تماماً. وبلغت قيمة معامل الاستطالة لحوض وادي رهجان 0,72 مما يعني اقتراب شكل الحوض من الشكل الدائري وهو ما ينعكس على خصائص السيول في الحوض والتي تجعله أكثر استجابة. كما أن المياه تصل من المجاري الفرعية إلى المجرى الرئيسي ومن ثم إلى المخرج في وقت واحد مما يعني إمكانية حدوث قمة حادة للفيضان، وخلال مدة قصيرة يترتب عليها الكثير من الأخطار على السكان وممتلكاتهم بعكس ما يحدث في الأحواض المستطيلة.

نسبة الاستدارة Circulation Ration

تحسب قيمة نسبة الاستدارة بواسطة العلاقة النسبية التي وضعها Millerبين مساحة التصريف للحوض المائي ومربع محيطه، وتبلغ قيمة هذه النسبة 1 إذاُ كانت مساحة التصريف دائرية تماماً.

وقد بلغت نسبة الاستدارة في حوض وادي رهجان 0,52 وهو ما يشير إلى زيادة استدارته وبالتالي فإن وصول مياه الجريان نحو المجرى الرئيسي يتم سريعاً الأمر الذي يجعل زمن الاستجابة قصيراً ومن ثم تزداد خطورته أثناء الفيضان.

نسبة الانحدار Gradient ratio

يعبر عن العلاقة النسبية بين فارق الارتفاع بين الارتفاعين الأقصى والأدنى من جهة وطول الحوض المائي من جهة ثانية.

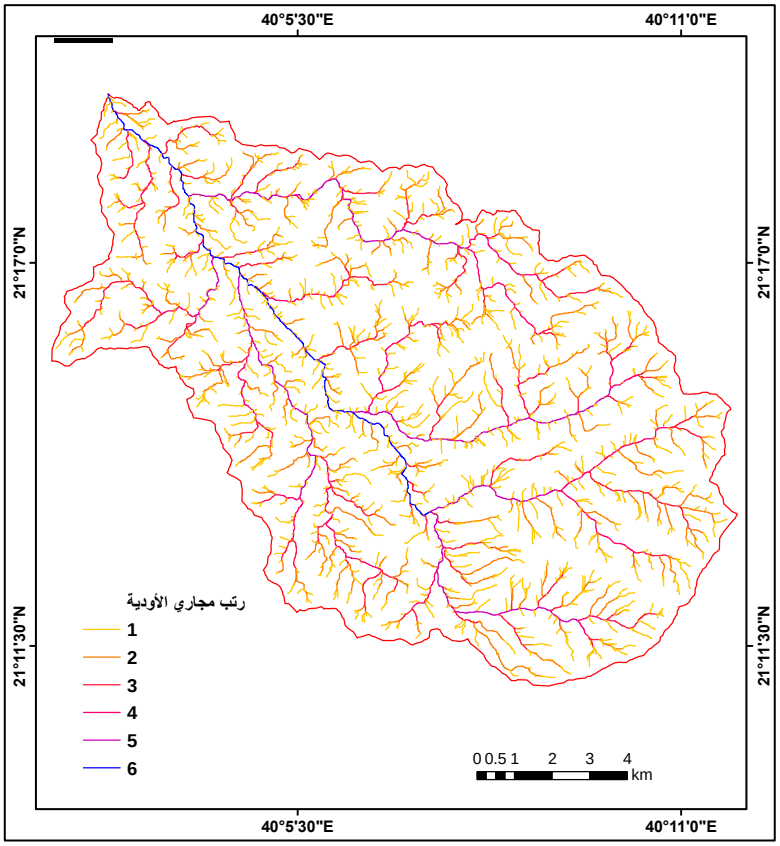
(جدول5) الخصائص المورفومترية لحوض وادي رهجان

المتغير		الرمز	المعادلة	المصدر	القيمة
المساحة (كم٢)	Area (km2)	A	_____	GIS software output	154.6
طول الحوض (كلم)	Basin length(km)	L_b	_____	GIS software output	19.5
متوسط عرض الحوض(كم)	Mean basin width (km)	W_b	$W_b = \frac{A}{L_b}$	Horton (1932)	7.93
نسبة معامل الشكل	Form factor ratio	F_f	$F_f = \frac{A}{L_b{}_2}$	Horton (1932)	0.41
نسبة الاستطالة	Elongation Ratio	R_e	$R_e = \frac{2*\sqrt{2}\sqrt{A/n}}{L_b}$	Schumm (1956)	0.72
نسبة الاستدارة	Circulation Ration	R_c	$R_c = \frac{12.57A}{P^2}$	Miller(1953)	0.52
نسبة الانحدار	Gradient ratio	R_g	$R_g = \frac{Z-z}{L_b}$	Sreedevi)(2001	84,6

المصدر: عمل الباحثة

- **خصائص الترتيب الهرمي لمجاري الشبكة المائية بحوض وادي رهجان**

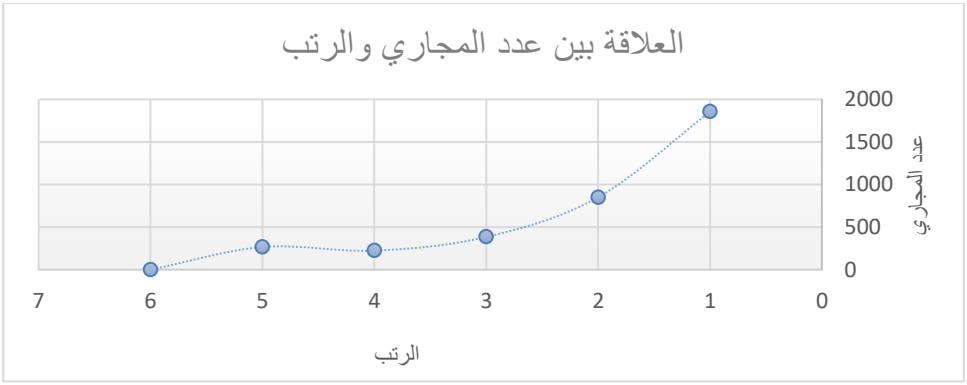
يصنف Srtahler مجاري الأحواض المائية إلى رتب مختلفة تفيد عند دراسة كمية التصريف المائي الخاصة بكل وادي أو مجموعة من الرتب المختلفة داخل مساحة التصريف المائي للحوض الرئيس (Srtahier ,1964) وعادة تنتهي التباينات المورفومترية الكمية بين المجاري المائية الى ترتيب هرمي يعكس مختلف العلاقات المكانية بين الروافد المتشعبة بالشبكة المائية (بوربة 2002).



(شكل6) الترتيب الهرمي لشبكة المجاري المائية بحوض وادي رهجان
المصدر: اعداد الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي

- **العلاقة بين عدد المجاري والرتبة:**

يميل حوض التصريف في منطقة الدراسة كما في الاحواض المائية بالمناطق الصحراوية الى زيادة عدد المجاري من الرتبة الأولى (صالح 1999) ويصنف حوض وادي رهجان في الرتبة السادسة بمساحة تصريف بلغت 154.6كم2 وبمجموع عدد مجاري يصل الى 3671 مجرى. (الجدول 6)



(شكل7) العلاقة بين عدد المجاري والرتب

المصدر: اعداد الباحثة

وتتسم العلاقة بين عدد المجاري والرتبة بتباينات مكانية هامة في توزيع عدد المجاري بين الرتب بحيث نجد أن الترتيب الهرمي لمجاري الشبكة المائية بطريقة strahler الذي يعتمد على اقتران مجريين من الرتبة الدنيا لظهور مجرى من الرتبة الموالية لها قد تأثر بخصائص حوض وادي رهجان الجيومورفولوجية بظروف التعرية التي يمر بها من مرحلة لأخرى.

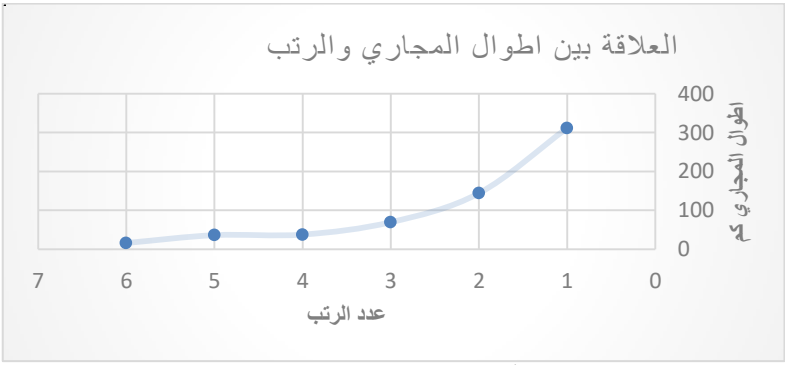
(جدول6) أهم التباينات المكانية للترتيب الهرمي لمجاري الشبكة المائية بحوض وادي رهجان

المتغير	الرتبة					
	الاولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة
عدد المجاري المائية	1854	850	385	224	267	1
مجموع أطوال المجاري المائية (كلم)	311.5	144.04	69.53	37.67	36.2	16.1
متوسط أطوال المجاري المائية(كلم)	0,2	0,2	0,2	0,2	0.1	16,1
مساحة التصريف (كلم٢)	93.5	27,2	14.6	8.5	8.3	2.4
تكرارية المجاري (مجرى/كلم٢)	19.8	31.3	26.4	26.4	32.2	0.4
كثافة المجاري (كلم/كلم٢)	303	5.3	4.8	4.4	4.4	6.7

المصدر: عمل لباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM

- **العلاقة بين اطوال المجاري والرتبة:**

تمثل العلاقة بين أطوال المجاري المائية ورتبها التطور الطردي لأطوال المجاري بواسطة عمليات التعرية المائية والحفر الرأسي. وتظهر العلاقة عدم انتظام التوزيع المكاني للمجاري المائية بحوض وادي رهجان. وتبرز أهم التباينات المكانية لهذه العلاقة في حوض منطقة الدراسة فيما يلي: (الشكل 7) حيث تراوحت أطوال المجاري المائية ما بين 311.5كم في الرتبة الأولى و16.1كم للرتبة السادسة، بينما بلغ متوسط اطوال المجاري المائية على مستوى حوض وادي رهجان ٠,٢كلم/مجرى.



(شكل7) العلاقة بين أطوال المجاري والرتب

المصدر: اعداد الباحثة

العلاقة بين الرتبة وتكرارية المجاري

تفيد دراسة تكرارية المجاري في توضيح مدى تقطع سطح الحوض المائي من خلال العلاقة النسبية بين عدد المجاري ومساحة التصريف لكل رتبة التي وضعها Horton على النحو التالي:

$$F_S = \frac{N}{A}$$ Horton (1945),p,285

بحيث يمثل:

N: عدد المجاري المائية (مجرى)

A: مساحة التصريف (كلم٢)

ومن خلال هذه العلاقة يتبين أن تكرارية المجاري تتطور بزيادة عددها ولقد تأثرت هذه العلاقة بالتباينات المكانية لتوزيع عدد المجاري المائية على مساحة التصريف لحوض وادي رهجان. وقد بلغت تكرارية المجاري على مستوى مساحة التصريف لحوض وادي رهجان 23.7 مجرى/ كلم. وترتبط تكرارية المجاري

بنوعية الصخور وبدرجة مقاومتها لعملية الحفر الرأسي بواسطة مياه الجريان السطحي خلال فترات هطول الامطار من جهة وكذلك بدرجة الانحدار لسطح تضاريس الحوض بحيث تساعد شدة الانحدار على سرعة زيادة عمليات الحفر الرأسي بالمناطق المتضرسة والوعرة وتتطور تكرارية المجاري بحوض وادي رهجان طردياً مع تتطور الترتيب الهرمي لمجاري الشبكة المائية بحيث بلغت 19.8 مجرى/كلم عند مجاري الرتبة الأولى و 31.3 مجرى/كلم عند مجاري الرتبة الثانية في حين بلغت 0.4عند مجاري الرتبة السادسة.

العلاقة بين الرتبة وكثافة المجاري

تعتبر كثافة المجاري من أهم الخصائص المورفومترية التي تساعد في تحليل خصائص الشبكة المائية من الناحية الجيومورفولوجية لأنها تمثل مؤشراً جيداً عن مدى تعرض سطح الحوض المائي لعمليات النحت والتقطيع بواسطة المجاري المائية (كليو،1988) وتعد كثافة المجاري من المقاييس المورفومترية الهامة التي تفيد في تحليل الخصائص الجيومورفولوجية لحوض التصريف من خلال العلاقة النسبية بين مجموع أطوال المجاري ومساحة التصريف لكل رتبة التي وضعها Horton على النحو التالي:

Horton (1945) $D_d = \frac{\sum L}{A}$

بحيث يمثل:

L: مجموع أطوال المجاري المائية (مجرى)

A: مساحة التصريف (كلم٢)

ولقد بلغت كثافة المجاري على مستوى مساحة التصريف لحوض وادي رهجان 3.9 كلم/كلم٢ ، وهي كثافة منخفضة نسبياً تدل على عدم اكتمال شبكة التصريف في صورتها النهائية وذلك نتيجة لظروف الجفاف التي تسود في الوقت الحاضر، ويرجع السبب في انخفاض كثافة التصريف إلى قلة عدد الروافد في القطاع الأدنى من الحوض، وترتبط كثافة المجاري أيضاً بنفس العوامل التي تتأثر بها تكرارية المجاري ولذا تتطور كثافة المجاري مع الامتداد المكاني للمجاري المائية طولها وعدديا. ولقد بلغت كثافة المجاري بحوض وادي رهجان 3.3 كلم/كلم٢ عند مجاري الرتبة الأولى و5.3 كلم/كلم٢عند الرتبة الثانية و 4.8 كلم/كلم٢عند مجاري الرتبة الثالثة و4.4 كلم/كلم٢ عند مجاري الرتبة الرابعة و 4.4 كلم/كلم٢ عند مجاري الرتبة الخامسة و 6.7 كلم/كلم٢ عند مجاري الرتبة السادسة. وهي تعبر كثافة مقاربة لكثافة بعض الأحواض الأخرى خارج منطقة الدراسة مثل وادي ملكان

الذي بلغت كثافة التصريف فيه 2.80كم/كم٢، وتراوحت كثافة التصريف في أودية الحرم المكي ما بين (2.17-2.35 كم/كم٢).

الخاتمة

لقد أظهر حساب وتحليل المتغيرات المورفومترية التي تم الحصول عليها مباشرة من بيانات نموذج الارتفاع الرقمي Digital Elevation Model لحوض وادي رهجان بوضوح مكاني قدره 12.5 متراً باستخدام تطبيقات التحليل المكاني، إمكانية اشتقاق قيم المتغيرات التضاريسية ومتغيرات الخصائص الشكلية والمساحية لحوض التصريف والمتغيرات المورفومترية للشبكة المائية لوادي رهجان بتطبيق العديد من النماذج الرياضية المستخدمة في هذين المجالين ولقد تم الاعتماد على طريقة Strahler في تحديد الترتيب الهرمي لمجاري الشبكة المائية الذي انتهى إلى الرتبة السادسة بمجموع 3671 مجرى بالحوض الدروس. منها 1854مجرى من الرتبة الأولى و 850 مجرى من الرتبة الثانية و 385مجرى من الرتبة الثالثة و 224مجرى من الرتبة الرابعة و 257مجرى من الرتبة الخامسة و مجرى واحد للرتبة السادسة. كما أظهر التحليل المورفومتري تباين خصائص المجاري المائية من رتبة لأخرى بحيث تراوح مجموع اطوال بين 322.5 كلم بمجاري الرتبة الأولى و144.04كم بمجاري الرتبة الثانية و69.53 كم بمجري الرتبة الثالثة و37.7كم بمجاري الرتبة الرابعة، و 36.2 كم بمجاري الرتبة الخامسة و16.1بمجاري الرتبة السادسة.

ولقد تأثرت المتغيرات المورفومترية الأخرى بهذه التباينات بحيث تراوحت مساحة التصريف بين 93.5 كم٢ بالرتبة الأولى و2.4 بالرتبة السادسة. في حين تراوحت تكرارية المجاري بين 0.4 للرتبة السادسة و19.8 للرتبة الأولى.

ولقد تأثرت كثافة المجاري بالتباينات المكانية لتكرارية المجاري بحيث تراوحت بين 6.7 كلم/كلم٢ بالرتبة السادسة و3.3كلم/كلم٢ بالرتبة الأولى.

كما يشير المدلول الجيومورفولوجي للخصائص الشكلية للحوض أن حوض وادي رهجان يتميز باستدارة واضحة، حيث بلغت قيمة معامل الشكل 0.41 ونسبة الاستدارة بلغت 0.52 بينما نسبة الاستطالة بلغت 0.72 الأمر الذي يعزز من أخطار تدفق كميات كبيرة من المياه من الأجزاء العليا للحوض باتجاه الأجزاء الدنيا، مما يسمح بتجميع كميات كبيرة من المياه تشكل خطر سيلي كبير على المنطقة.

وتعتبر هذه الدراسة مساهمة علمية في بناء قاعدة المعلومات المورفومترية لحوض وادي رهجان الى جانب بقية الدراسات التي تمت على احواض الاودية الأخرى بمدينة مكة المكرمة

التوصيات:

١- توصي هذه الدراسة بالاستفادة من قاعدة البيانات لحوض وادي رهجان في دراسات السيول والفيضانات والتنبؤ المبكر لمخاطرها.

٢- كما توصي بضرورة تقديم الدراسات والمقترحات والحلول التي تدعم خطط التنمية العمرانية والسياحية في الوادي.

٣- اجراء المزيد من الدراسات حول إمكانية تنمية المواقع السياحية في الوادي.

٤- الاعتماد على تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تتبع تغير أغطية الأرض واستخداماتها بين مدة وأخرى لما من أهمية في التوصل الى نتائج دقيقة تتعلق بتغير أغطية الأرض وما يترتب عليها من تغيرات في احجام وأخطار السيول على الأنشطة البشرية بحوض وادي رهجان.

المراجع العربية:

١- البارودي، محمد سعيد، (٢٠١١) **تقدير أحجام السيول ومخاطرها عند المجرى الأدنى لوادي عرنة جنوب شرق مكة المكرمة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية**، سلسلة بحوث جغرافية، العدد ٤٨، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة.

٢- البارودي، محمد سعيد، ومرزا، معراج، وداوود، جمعة، (٢٠١٢) **استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تقدير أحجام السيول ومدى خطورتها عند المجرى الأدنى لوادي نعمان جنوب مدينة مكة المكرمة من خلال تطبيق نموذج سنايدر واعتماد نموذج الارتفاعات ال رقمية ASTER**، جامعة طيبة

٣- بوربه، محمد بن فضيل (2002م)، **الخصائص المورفومترية لحوضي وادي عركان ووادي يخرف رافدي وادي بيش بالمملكة العربية السعودية**: دراسة تطبيقية مقارنة، بحوث جغرافية53،الجمعية الجغرافية السعودية، الرياض.

٤- الجميعي، زين مطلق(2015م)، **تراجع الغطاء النباتي الطبيعي في الحوضين الأعلى والأدنى لوادي نعمان جنوب شرق مدينة مكة المكرمة**: دراسة تطبيقية في المحافظة على الغطاء النباتي الطبيعي.

٥- صالح، أحمد سالم،(1999م)، **العمل الميداني في قياس أشكال السطح: دراسة في الجيومورفولوجية**، دار عين للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية، القاهرة.

٦- العقيل، هيا محمد صالح (2001م)، **(جيومورفولوجية حوض وادي لحاء أحد روافد حوض وادي حنيفة بالمملكة العربية السعودية**، رسالة دكتوراه غير منشورة مقدمه لقسم الجغرافيا، كلية التربية للبنات، الرياض.

٧- علاجي، آمنة بنت أحمد (2010م)،**تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية ومدلولاتها الهيدرولوجية في حوض وادي يلملم**. رسالة ماجستير، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة أم القرى

٨- كليو، عبدالحميد أحمد (1988م)، **أودية حافة جبال الزور: تحليل جيومورفولجي**، منشورات المجلس العلمي بجامعة الكويت، الكويت

٩- المطيري، مناور بن خلف، (2020م)، **استخلاص الخصائص التضاريسية والمورفومترية لحوض وادي الأيسن بمنطقة الرياض**، المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل.

١٠- النشوان، عبد الرحمن بن عبد العزيز، (2018م)، **الخصائص المورفومترية لحوض شعيب تمرة في محافظة السليل**، مجلة جامعة حضرموت للعلوم الإنسانية، المجلد 15، العدد1.

المراجع الأجنبية

1. Hach,J. T . 1957, Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Marvland. U.S. geological survey professional paper. 294-B. pp 45-97.
2.Horron, R.E . 1932 Drainage basin characteristics Trans. Amer. Geophys. Union, 13: 350-361.
3.Horton, R.E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basine : a hydrophysical approach to quantitative morphology. Geol. Soc.Am.Bull. 56(56): 275-370.
4.Langbein, W.B. 1947. Topographic characteristics of draing basins. U.S. Geol. Survey Water Supply Paper 986c. 125-57

5.Leopold, L. B., Wolman, M. G. and Miller, J. P. 1964.Fluvial Process in Geomorphology. Freeman and Co., London.
6.Melton, M.A. 1957. An analysis of the relations among elements of climate, surface properties and geomorphologe. Project NR 389042. Tech. Rep.11.Columbia University.

7.Miller, V.C. 1953. A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristic in the clinch, Mountain area, Verginia, and Tennessee. Projet NR Tech. Rept. 3. Columbia University, Department of Geography branch, New York,pp 389-042.
8.Schumm, S.A. 1956. Evolution of drainage system and slope in badlands of Perth Amboy, New Jersey. Bull. Geol. Soc. Am. 67. 507-46
9.Sreedevi,P.D.Srinivasalu.S.and Kesave Raju, K. 2001.Hydrogeomorphological and groundwater prospects of the Pageru River basin by using remote sensing data. Environ Geol. 40(8): 1088-1094

10.Strahler, A.N. 1952. Hypsometric analysis of erosional topography. Bulletin of the Geological Society of America. 63: 1117-42.
11.Strahler, A.N. 1964. Quantive geomorphology of drainage basins and channel networks. In:Ven Te Chow (ed.) Hand book of Applied Hydrology. McGraw Hill Book Company, New York.