

التحليل الهيدرومورفومتري للأحواض الشرقية للبحر الميت باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد (ابن حماد، الكرك، زرقاء ماعين)

Hydromorphometry analysis of the eastern basins of the Dead Sea using geographical information systems and remote sensing (ibn Hammad, Karak, Zarqa Ma'ain)

عاطف الغميص

Atef Ghumaid

Ministry of Education, Jordan

Corresponding author: atef05969@gmail.com

Received: (17/4/2020), Accepted: (28/10/2020)

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل الخصائص الهيدرومورفومترية (المورفومترية والهيدرولوجية) لشبكة التصريف المائية للعينة المختارة من الأحواض الشرقية للبحر الميت، والمتمثلة بالخصائص المساحية والشكلية والطولية والتضاريسية، فضلاً عن التعرف على بعض المتغيرات الهيدرولوجية مثل زمن الاستجابة والتباطؤ وحجم الجريان السطحي. واعتمدت الدراسة على تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) وبيانات مناخية وهيدرولوجية. وأظهرت الدراسة أهمية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد كوسيلة لجمع البيانات وتحليل البيانات مكانياً وربطها بالبيانات الوصفية ودورها لتحليل خصائصها الهيدرولوجية. وقد أوصت الدراسة بإنشاء محطات قياس مترولوجية وهيدرولوجية منتظمة في الأحواض لعمل قاعدة بيانات عن المتغيرات الحوضية في أراضيها من أجل الإسهام في الحصول على بيانات دقيقة لاستخدامه في الدراسات.

الكلمات المفتاحية: التحليل الهيدرومورفومتري، الحوض المائي، نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن بعد، البحر الميت.

Abstract

This study aims to analyze the hydromorphometric (morphometric AND hydrological) characteristics of the water drainage network of the selected sample of the eastern basins of the dead sea, represented by the

cadastral, formal, longitudinal and topographic characteristics, as well as to identify some hydrological variables such as response time, slowing down and the volume of runoff, the study relied on remote sensing techniques, geographic information systems, digital elevation models (DEM) and climate and hydrological data. The study demonstrated the importance of GIS and remote sensing as a means of collecting data, analyzing data spatially AND linking IT to metadata AND its role in analyzing its hydrological properties. The study recommended the establishment of regular metrological AND hydrological measurement stations in basins to create a database of basins variables in their territory in order to contribute accurate data for use in studies.

Keywords: Hydromorphometric Analysis, Basin, Geographical Information Systems. Remote Sensing, The Dead Sea.

المقدمة

تُعدُّ الخصائص المورفومترية للأحواض المائية عنصراً مهماً في فهم تطور الأحواض المائية والعمليات الجيومورفولوجية، والهيدرولوجية فيها، وتساعد أيضاً على فهم التأثيرات المتبادلة بين الشبكة المائية، والعوامل الطبيعية الأخرى الجيولوجية، والمناخية، والتربة، والغطاء النباتي، وما ينتج عنها من أشكال أرضية مختلفة تحاتية، ورسوبية في تلك الأحواض (عنيبة، 2016).

ويتم اختلاف الدراسات المورفومترية من حيث عدد المتغيرات المورفومترية المستخدمة فيها إلى الاهتمام العالمي بها من حيث ارتباطها بعدد من الخصائص الطبيعية مثل المناخ والموارد المائية والغطاء النباتي والخصائص الهيدرولوجية خاصة زمن الاستجابة. ويمكن تصنيفها ضمن أربع فئات رئيسة وهي الخصائص الشكلية، والمساحية، التضاريسية، ومتغيرات الشبكة المائية.

وقد أمكن التقدم التقني والتكنولوجي في المعدات وأنظمة التشغيل ولغات البرمجة على استحداث أدوات وملاحق يمكن من خلالها إجراء تحليل مورفومتري بشكل دقيق (العمرى، 2017). وتعدُّ البيانات والخصائص الهيدرولوجية بمثابة المرجع الأساس لتقييم الوضع المائي لأي منطقة سواء حوض المائي أو مساحة جغرافية معينة، لأنها تساهم في عملية الموازنة المائية من حيث تحديد الكمية المياه المتجددة والتي تساهم في تعويض الفاقد من الموارد المائية سواء بالاستهلاك أو بالتبخر أو التسرب. كما تكتسب دراسة الخصائص المورفومترية للروافد المائية أهمية خاصة في الدراسات الجيومورفولوجية التطبيقية لما تقدمه من نتائج دقيقة تساعد على فهم

وتفسير نمو وتطور الأحواض المائية ومدى تأثرها بالمتغيرات الطبيعية كالتكوين الصخري والمناخ والخصائص التضاريسية (كاظم، 2015).

وتعمل الخصائص الهيدرولوجية للأحواض المائية على تقييم الموارد المائية المتاحة فيها وإدارتها سواء كانت تلك الموارد سطحية أو جوفية، وذلك من خلال العلاقة القوية بين الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية، حيث تعين دراسة الخصائص المورفومترية السيطرة على الفيضانات دون فهم مفصل لتلك الخصائص.

مشكلة الدراسة وتساؤلاتها

تتصف عينة الأحواض المائية المختارة بتنوع الأشكال والمظاهر الطبوغرافية وذلك بحكم عدة ظروف عملت على تشكل هذا التنوع الطبوغرافي، ومنها تشكل حفرة الانهدام الأفريقي الآسيوي، بالإضافة إلى غزارة التصريف المائي التي تعرضت لها عينة الأحواض المختارة خلال الفترات السابقة. وتكمن مشكلة الدراسة في أن عينة الأحواض المائية المختارة تقع ضمن المناطق الجافة التي تعاني من نقص في الموارد المائية، في الوقت الذي تزايد فيه الطلب على المياه للأغراض المتعددة كالشرب والزراعة وغيرها، لذلك فإن هناك حاجة ماسة لدراسة جميع مصادر المياه ومحاولة الاستفادة منها إلى أقصى حد للمساعدة في حل المشكلات المتنامية ذات الصلة بهذا النوع من الدراسة، كالحصاد المائي لمياه الأمطار واستخدامات الأرض وغيرها.

فقد أدى التزايد السكاني إلى ازدياد الطلب على الموارد المائية مما يستدعي الانتباه لهذا الأمر من خلال إجراء دراسات مستفيضة تهتم بدراسة الواقع المائي الحالي وتطوير طرق لمواجهة مشاكل المياه المستقبلية وإيجاد الحلول المناسبة لها. ولقد تعددت الطرق والأساليب الهيدرولوجية والتي مردها إن طبقت بشكل صحيح ودقيق في تكوين قاعدة معلومات هيدرولوجية تُبنى عليها تنمية مستدامة من خلال إدارة لموارد المياه في المنطقة الجغرافية.

وجاءت هذه الدراسة للإجابة عن التساؤلات الآتية:

1. ما هي الظروف والخصائص الطبيعية لعينة الأحواض المختارة؟
2. ما هي الخصائص المورفومترية لعينة الأحواض المختارة؟
3. هل هناك علاقة بين الخصائص المورفومترية المستخدمة في هذه الدراسة والخصائص الهيدرولوجية لعينة الأحواض المائية المختارة؟

أهمية الدراسة

تتبع أهمية الدراسة من كون الأحواض المائية المختارة تُعد من الوجهات السياحية التي يكثر ارتيادها من المتنزهين وهواة السياحة البيئية. كما تتميز الأحواض المدروسة بالمظاهر الجيومورفولوجية الأسرة والتي تتكون مجاريها من خنادق عميقة ضيقة جداً تُضفي عليها سحراً طبيعياً، ولكنها في ذات الوقت تشكل مصائد خطيرة للمتزهين عند حدوث الفيضانات الوعرة.

لصعوبة الهروب من هذه الخوانق من جهة، وللارتفاع الكبير لمنسوب المياه المتدفقة التي تحمل معها حمولات صخرية وكميات كبيرة من الطمي الذي يضاعف من الطاقة الحركية للمياه الجارية. أي أن سحر المكان الجاذب للسياح يضاعف من أخطار الفيضانات الوميضية عند حدوثها ويجعل من الضروري دراسة هذه الأحواض وفهم الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لتكوين قاعدة بيانات يمكن الاعتماد عليها عند التخطيط لإدارة الكوارث الطبيعية المتعلقة بالفيضانات.

أهداف الدراسة

يمثل سعي الدراسة إلى تقييم جيومورفولوجية الأحواض المائية المدروسة وفهم الاستجابة الهيدرولوجية لهذه الأودية، والذي يتضمن حساب قمة الفيضان والمدة الزمنية اللازمة للوصول الفيضان لمخرج الوادي، باستخدام الاستشعار عن بعد وأنظمة المعلومات الجغرافية والقرائن الجيومورفولوجية والهيدرولوجية للوصول لأهداف الدراسة الحالية الهدف العام الذي ينبثق منه الأهداف الفرعية الآتية:

1. تحليل الخصائص الهيدرومورفومترية للأحواض المائية المختارة باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية.
2. دراسة العلاقة بين الخصائص المورفومترية لعينة الأحواض وتأثيرها على خصائص الهيدرولوجية.

الدراسات السابقة

تناولت دراسات التحليل الهيدرومورفومتري اهتمام كثير من الجغرافيين والهيدرولوجيين والمهندسين لما لها من أهمية كبيرة في جميع جوانب الحياة، لذلك تعددت الدراسات والبحوث التي تناولت هذا المجال سواء في الدراسات العربية أو الأجنبية وطبقت على كثير من المناطق في مختلف دول العالم واشتملت هذه الدراسة على عدد منها. فقد قام النوايسة (2017) بتحليل وتصنيف الخصائص المورفومترية لحوض الزرق باستخدام نظم المعلومات الجغرافية لأغراض دعم خطط إدارته من ناحية البيئية المتكاملة، وتوصل إلى وجود أربعة عوامل وأنماط حوضية تتجمع حولها المتغيرات المورفومترية، لذا أوصى بضرورة اعتبار الحوض المائي وحدة أساسية يمثل أفضل الوحدات لإجراء تصنيف لأغراض تطوير وإدارة أراضي الحوض.

وقد هدف طاران وزملاءه (2017) في دراسة الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض الحسا إلى تحليل هذه الخصائص باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. وقد كشفت هذه الدراسة أهمية نظم المعلومات الجغرافية كوسيلة للتعامل مع البيانات في تحليل البيانات المكانية وربطها بالبيانات الوصفية.

واعتمدت دراسة الحسبان وزريقات (2015) على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية ونموذج الارتفاعات الرقمية في تحليل الخصائص المورفومترية لحوض نهر الزرقاء، وبينت الدراسة إلى وجود تباين في مساحات الأحواض المائية الفرعية لحوض نهر الزرقاء.

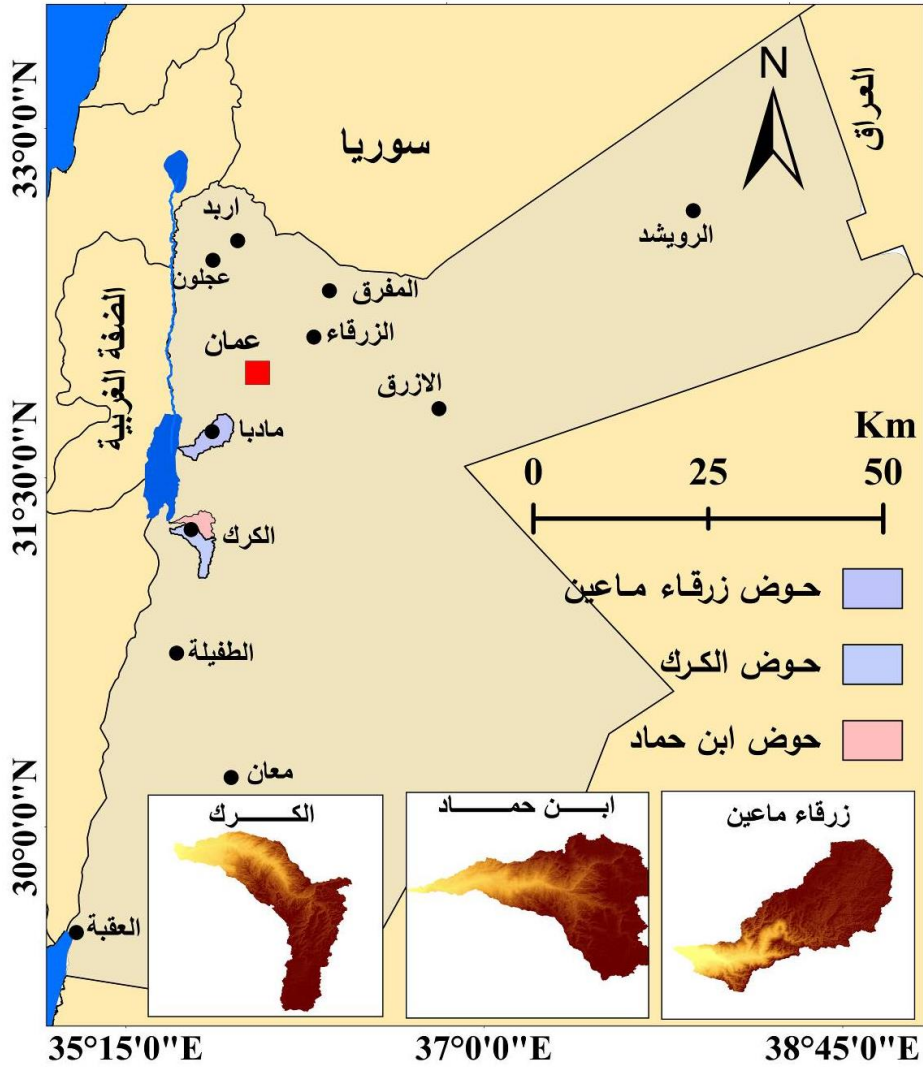
وأوضحت دراسة Chavare (2011) الخصائص المورفومترية لحوض نهر فالهيري باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية، والتي تضمنت الرتب النهري باستخدام طريقة ستريلر (Strahler) نسبة التشعب وكثافة شبكة التصريف النهري، وبلغت كثافة شبكة التصريف النهري للحوض 2.82 كم².

وكما قام الجعيدي (2007) على التحليل التكراري للأمطار والتحليل المورفومتري وخصائص السيول للأحواض المغذية للسود المقترحة على الأحواض العليا لوادي العين، والأحواض العليا لوادي ماوان في منطقة عليا بمحافظة الخرج. ووضح التحليل المورفومتري أن مساحة حوض التصريف للسد في أعلى وادي العين تتجاوز مساحة الحوض المقترح لسد أعلى وادي ماوان بأكثر من 77 كم. وكما أظهرت دراسة الجعيدي إلى أن تدفق الذروة لسيول حوض السد على أعلى وادي العين يصل أقصاه بما يعادل 1310.4 م³/ثانية، بتدفق نوعي قدره 3.59 م³/ثانية/كم².

وكما تناول رمضان (1980) وكما دراسة الخصائص المورفومترية لعينة من الأحواض المائية في الأردن موضعاً أثر العوامل الجيولوجية، ونوع الصخور وبنيتها، والمناخ على خصائص الشبكة المائية، وقد أوضح بايجاز أثر كبر مساحة حوض نهر الزرقاء على تنوع الخصائص الجيولوجية، والتضاريسية، والمناخية، وقام بتصنيف الحوض إلى ثلاثة أنماط أرضية مختلفة.

الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة

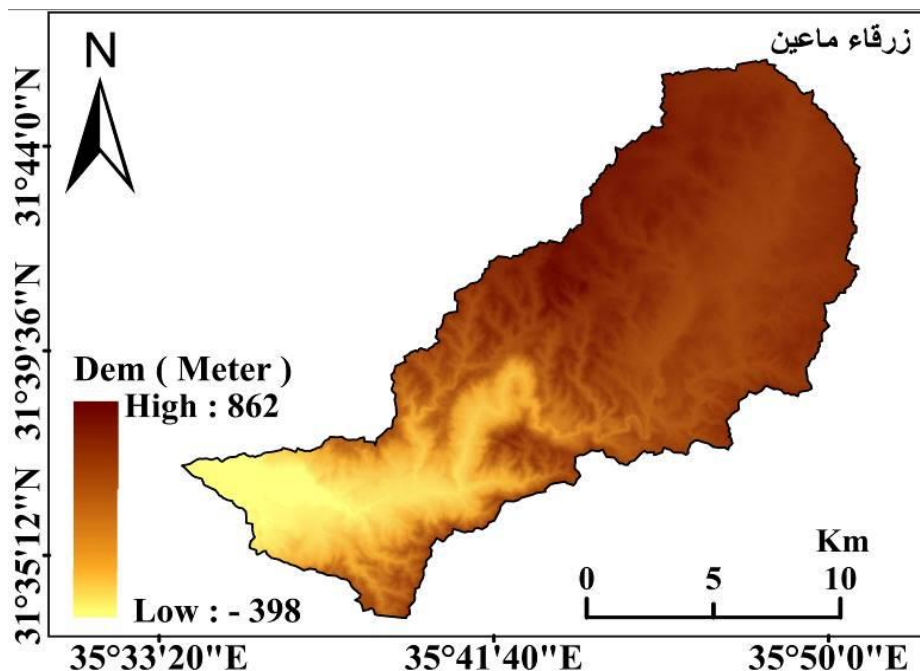
تتضمن منطقة الدراسة الممتدة فلكياً بين خطي طول 20° 35' و 40° 35' شرقاً، ودائرتي عرض 00° 31' و 55° 31' شمالاً على ثلاث أحواض فرعية متواجدة ضمن ما يُعرف محلياً بالغور الأردني، وهي زرقاء ماعين، والكرك، وابن حماد كما هي موضحة في الشكل (1). وقد تمّ اختيار تلك الأحواض بوصفها من المناطق السياحية المرتادة من قبل السياح سواء الأجانب أو المواطنين، كما تعد تلك الأحواض من الأحواض الجانبية الرئيسية للبحر الميت من الجانب الشرقي بالإضافة إلى حوض الموجب والحسا.



شكل (1): موقع الأحواض المائية المختارة.

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات المركز الجغرافي ونموذج Dem من القمر Aster، إحدائيات 2014 ، N31E35

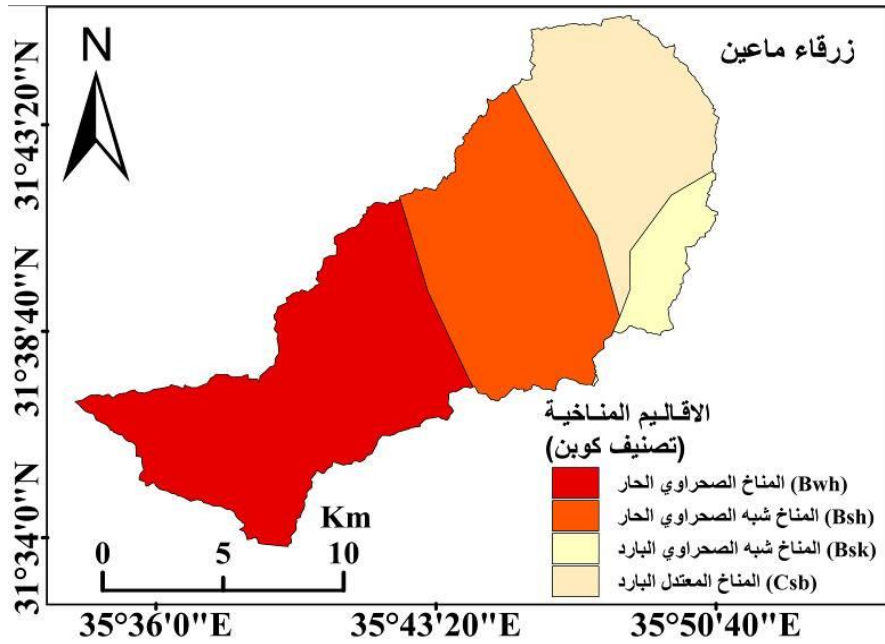
يُشهد حوض زرقاء ماعين الممتد في أراضي محافظة مادبا بمساحة بلغت 235.9 كم² تضرراً حاداً وتنوعاً مورفولوجياً لسطحه، حيث يبلغ التضرس في هذا الحوض 1260م. ولعل حفرة الانهدام الآسيوي الأفريقي هي من عملت على تشكل هذا التنوع الطبوغرافي والتضرس فيه من خلال انخفاض الارتفاع الأدنى تحت مستوى سطح البحر، حيث تتراوح مناسيب الارتفاع في حوض زرقاء ماعين بين -398م تحت مستوى سطح البحر و862م، الأمر الذي عمل على تجدد شباب (Rejuvenation) هذا الحوض عما كان عليه الحال في الأحواض الشرقية للبحر الميت، وما يثبت ذلك قيمة المعامل الهيسومتري له والبالغ 82.7% والتي تشير المرحلة المتوسطة من المرحلة الشباب العمرية ($\geq 60\%$) (Farhan, 2015). ويشير الشكل (2) نموذج الارتفاع الرقمي لحوض زرقاء ماعين.



شكل (2): نموذج الارتفاع الرقمي لحوض زرقاء ماعين.

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نموذج Dem من القمر الصناعي Aster، إحدائيات N31E35، 2014

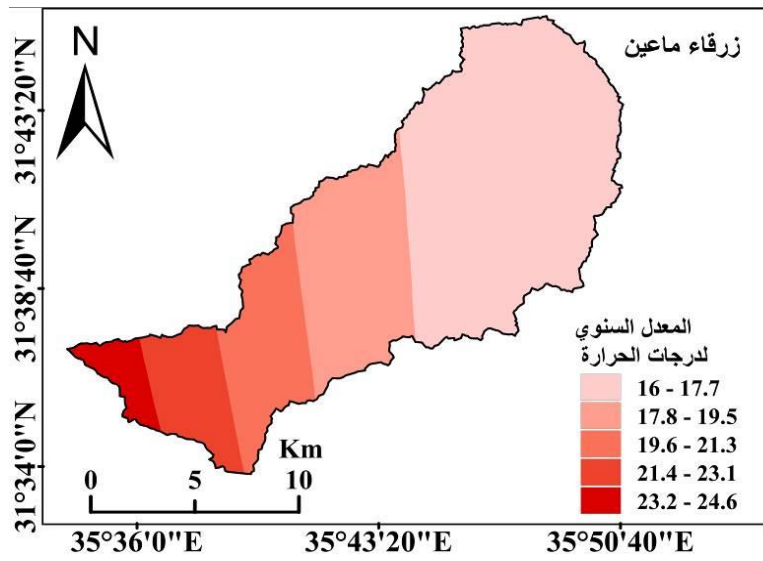
ويتواجد حوض زرقاء ماعين ضمن الإقليم المناخي الجاف وشبه الجاف بنمطيهما الحار والبارد حسب تصنيف كوبن، حيث تكون الأجزاء الجنوبية والغربية ضمن نطاق المناخ الجاف الحار، في حين أن المناطق الشمالية والشرقية ضمن نطاق الجاف البارد ويمثل الشكل (3) الأقاليم المناخية في حوض زرقاء ماعين حسب تصنيف كوبن.



شكل (3): الأقاليم المناخية في حوض زرقاء ماعين حسب تصنيف كوبن.

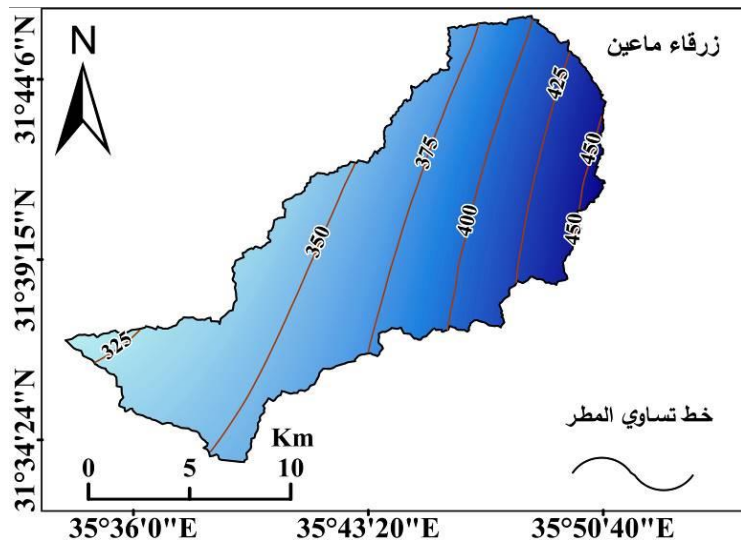
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على شحادة، 1990

أما بالنسبة لمعدل درجات الحرارة فأنها تتباين مكانياً بين أجزاء الحوض سواء الأعلى أو الأدنى، حيث يسجل الجزء الأعلى من الحوض أدنى درجة حرارة من الأعلى والتي تبلغ 16° في حين تبلغ في الجزء الأدنى 24.6° ويبين الشكل (4) تباين درجات الحرارة في حوض زرقاء ماعين. أما بالنسبة لكميات الأمطار فهي تشهد تبايناً بين اجزائه المختلفة، فقد سجلت أكثر كمية من الأمطار الهاطلة في الجزء الأعلى منه بقيمة بلغت 450 ملم/ سنوياً وذلك في محطة مادبا، في حين تلقت محطة الشونة الجنوبية المتواجدة في الجزء الأدنى منه أقل كميات امطار هاطلة على الحوض 150 ملم/سنوياً ويوضح الشكل (5) تباين كميات الأمطار في حوض زرقاء ماعين (وزارة المياه والري، 2019).



شكل (4): تباين درجات الحرارة في حوض زرقاء ماعين.

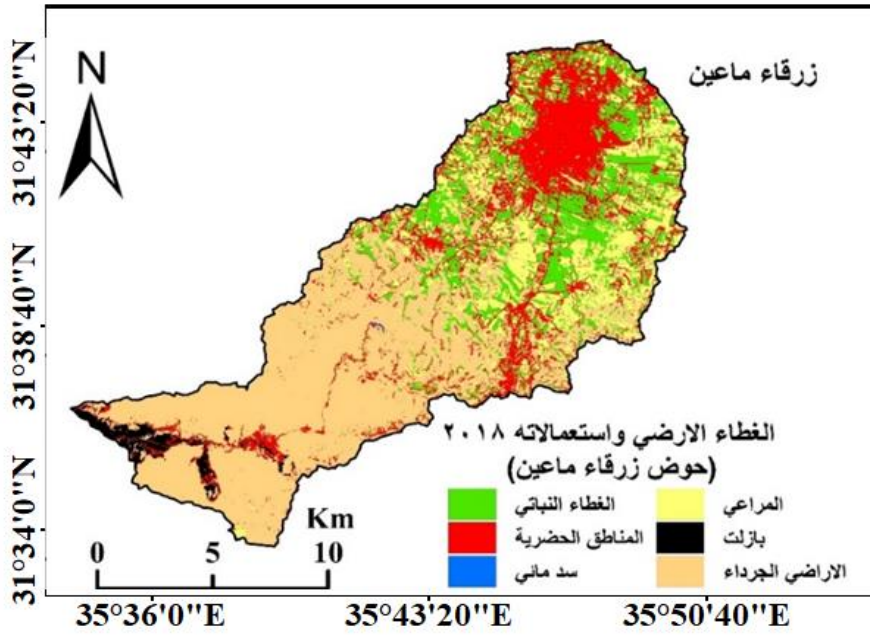
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على وزارة المياه والري، 2019



شكل (5): تباين كميات الأمطار في حوض زرقاء ماعين.

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على وزارة المياه والري، 2019

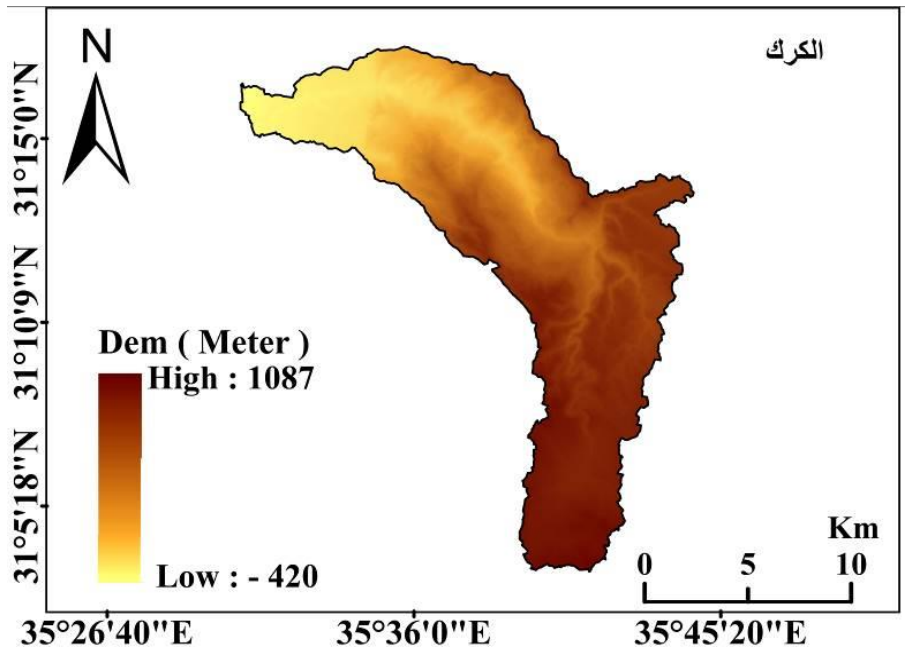
وتنوع أصناف الغطاء الأرضي المنتشرة في حوض الزرقاء ماعين ضمن ستة أصناف وهي سد مائي بمساحة بلغت 0.5 كم²، وبازلت 4.8 كم² وهذين الصنفين يعتبران المميزان لحوض زرقاء ماعين، أما بقية الأصناف المشتركة مع بقية عينة الأحواض المائية المختارة فهي: المراعي والتي تشغل مساحة بلغت 38.80 كم²، والمناطق الحضرية بمساحة قدرها 46.4 كم²، وأخيرًا الأراضي الجرداء التي تشكل أغلب أراضي الحوض بمساحة بلغت 108.6 كم². ويمثل الشكل (6) أصناف الغطاء الأرضي واستعمالاته في حوض زرقاء ماعين.



شكل (6): أصناف الغطاء الأرضي واستعمالاته في حوض زرقاء ماعين.

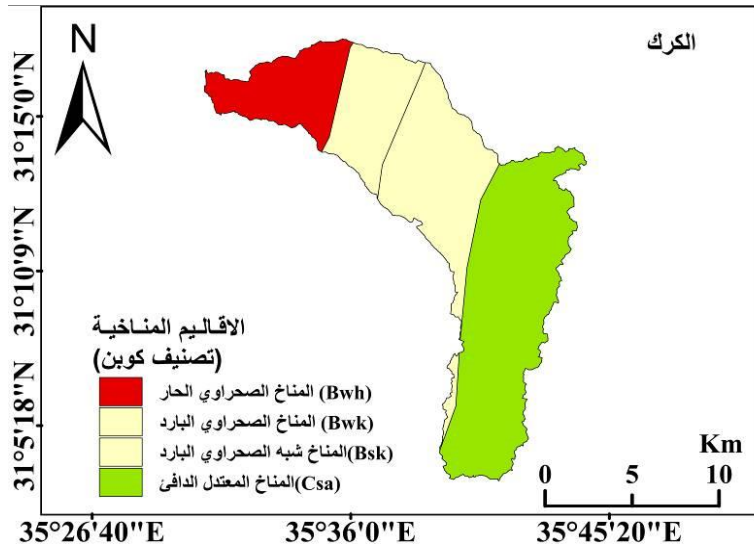
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مرئيات 2 Sentinel، Tile Number (36RYV)، 2018م.

أما حوض الكرك والمتواجد ضمن أراضي محافظة الكرك فتتراوح فيه الارتفاعات بين 1277م و-383 تحت مستوى سطح البحر، ويظهر التنوع التضاريسي والطبوغرافي في أراضي حوض الكرك بفعل تأثير حفرة الانهدام الأفريقي والتي عملت على تجدد شبابه كما هو الحال في حوض زرقاء ماعين. ويوضح الشكل (7) نموذج الارتفاع لحوض الكرك.



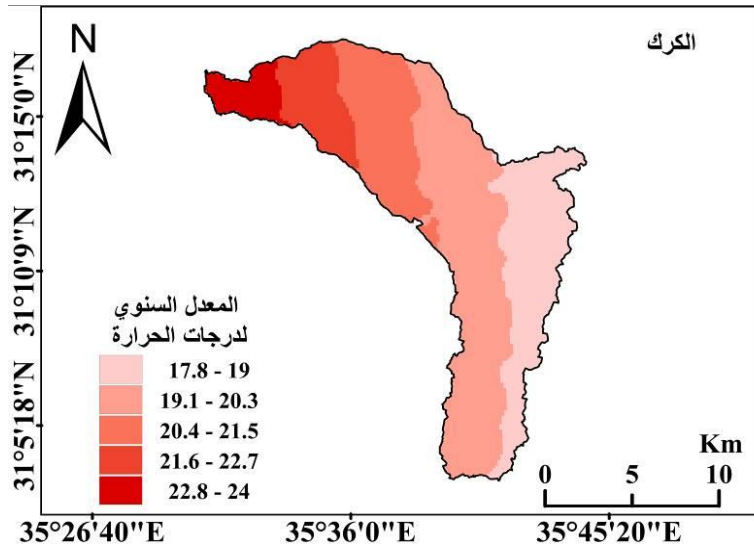
شكل (7): نموذج الارتفاع الرقمي لحوض الكرك.

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نموذج Dem من القمر الصناعي Aster ، إحدائيات N31E35 ، 2014 ، وبحسب تصنيف كوبن فإن حوض الكرك يخضع لسيادة المناخ الجاف بنمطية الحار والبارد والمناخ شبه الجاف بنمطية البارد والحار أيضاً، وكما يتواجد أيضاً في أراضيه المناخ المعتدل الدافئ، ويوضح الشكل (8) الأقاليم المناخية في حوض الكرك حسب تصنيف كوبن. أما بالنسبة للعناصر المناخية فقد بلغ معدل درجة الحرارة السنوي في محطة الربة 24.6 ويوضح الشكل (9) تباين درجات الحرارة في الكرك أن المناطق الغربية من حوض الكرك تشهد معدلات درجات حرارة أكثر من المناطق الشرقية منه. أما بالنسبة لكميات الأمطار فهي تشهد تبايناً بين اجزائه المختلفة، فقد سجلت أقل كمية من الأمطار الهائلة في الجزء الغربي بقيمة بلغت 269.3 ملم/ سنوياً وذلك في محطة الكرك في حين تلقت محطة الربة المتواجدة في الجزء الشرقي منه أقل كميات امطار هائلة على الحوض 383.1 ملم/سنوياً ويبين الشكل (10) التباين كميات الأمطار في حوض الكرك (وزارة المياه والري، 2019).



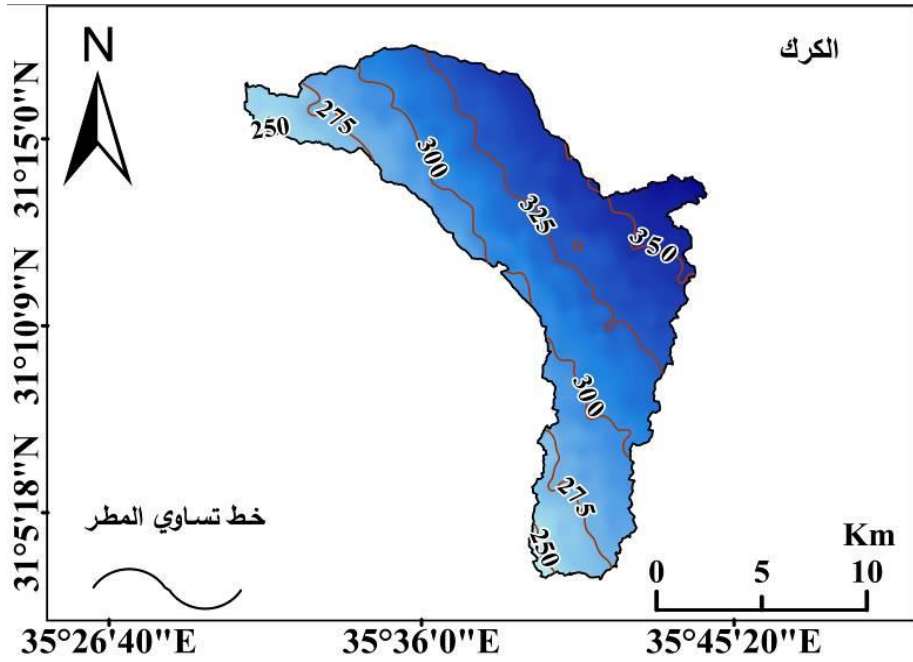
شكل (8): الأقاليم المناخية في حوض الكرك حسب تصنيف كوبن.

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على شحادة، 1990



شكل (9): تباين درجات الحرارة في حوض الكرك.

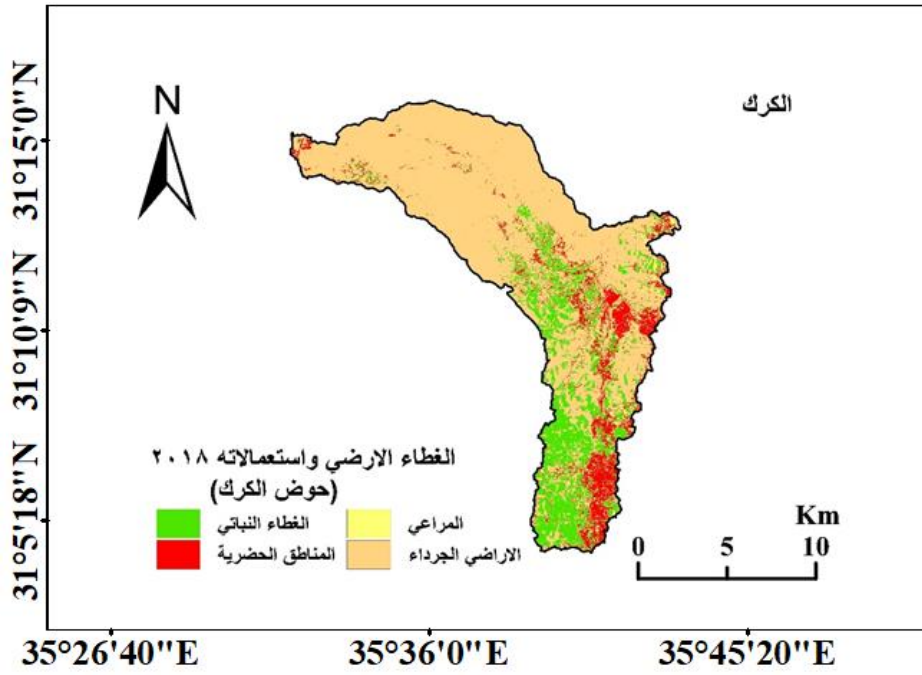
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على وزارة المياه والري، 2019



شكل (10): تباين كميات الأمطار في حوض الكرك.

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على وزارة المياه والري، 2019

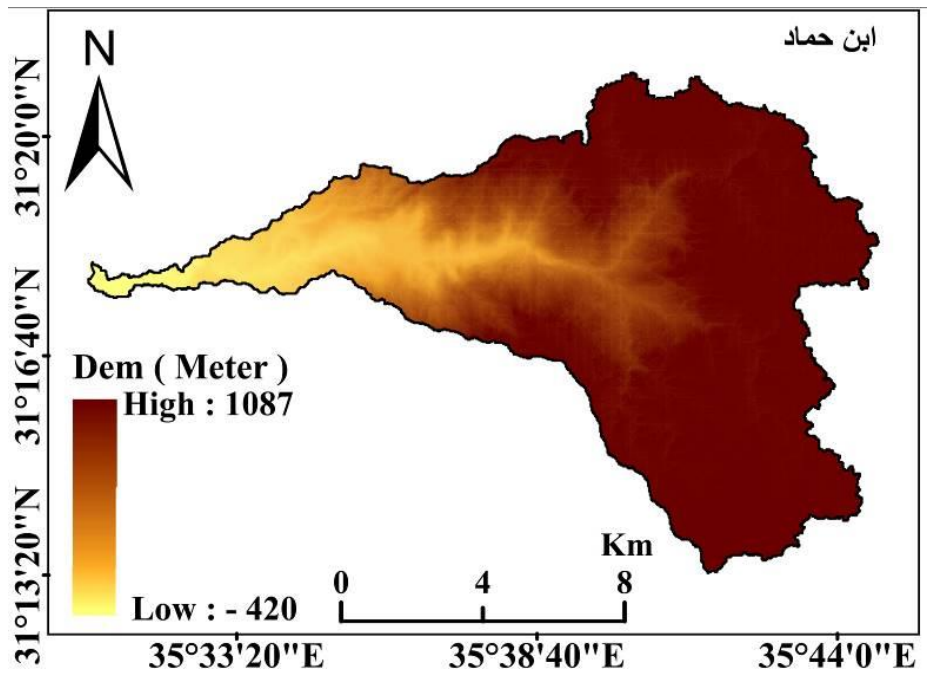
ويعد حوض الكرك من أقل أحواض الدراسة تنوعاً في الأغطية الأرضية، إذ يقتصر على أربعة أصناف رئيسية وهي: المراعي وهو الصنف الأقل انتشاراً ضمن أرجائه بمساحة بلغت 1.4 كم²، ثم المناطق الحضرية بمساحة بلغت 19.5 كم²، فالغطاء النباتي الذي إحتمل المرتبة الثالثة بمساحة بلغت 32.4 كم²، أما الأراضي الجرداء وهي الصنف الأكثر في جميع الأحواض وليس فقط في حوض الكرك، وقد شغلت المساحة 139.1 كم² من مجمل مساحة الحوض. ويوضح الشكل (11) أصناف الغطاء الأرضي واستعمالاته في حوض الكرك.



شكل (11): أصناف الغطاء الأرضي واستعمالاته في حوض الكرك.

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مرئيات 2 Sentinel، (Tile Number (36RYV)، 2018م.

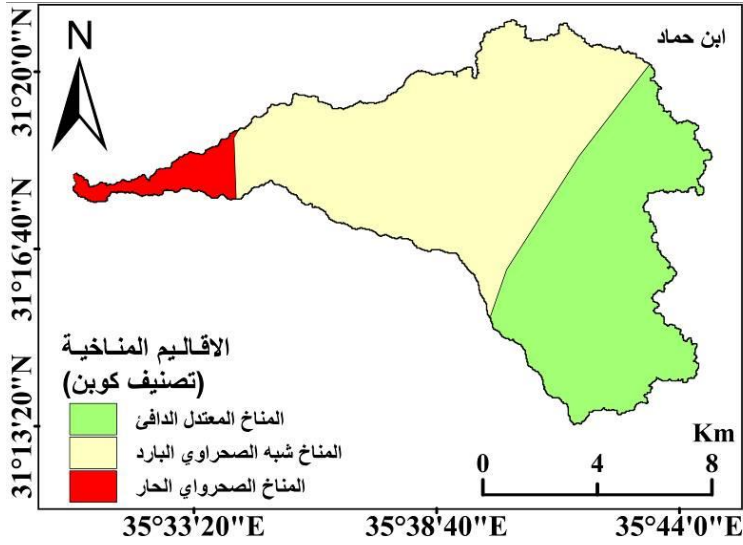
أما حوض ابن حماد والمتواجد ضمن أراضي محافظة الكرك فتتراوح فيه الارتفاعات بين 1087م و-420م تحت مستوى سطح البحر، ولا يختلف هذا الحوض عن سابقه في تجدد شبابه بحكم تأثير حفرة الانهدام الافريقي الأمر الذي أدى إلى تنوع تضاريسه وطبوغرافيته. ويوضح الشكل (12) نموذج الارتفاع الرقمي لحوض ابن حماد.



شكل (12): نموذج الارتفاع الرقمي لحوض ابن حماد.

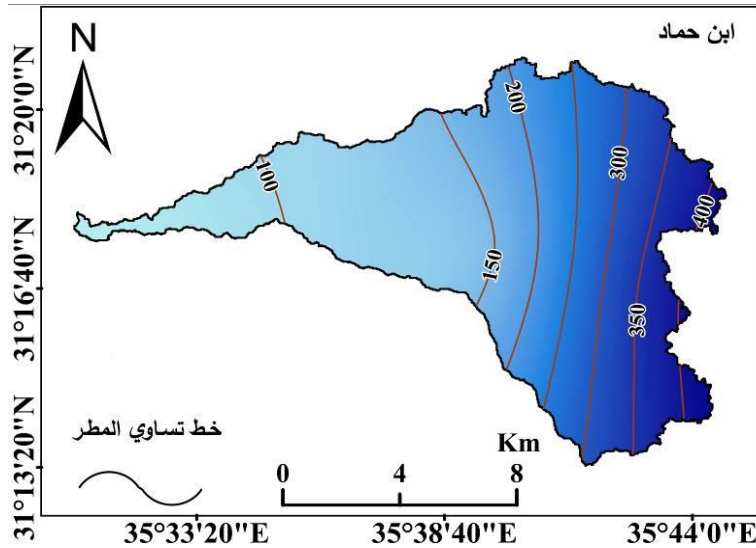
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نموذج Dem من القمر الصناعي Aster ، إحداثيات N31E35 ، 2014

وأما بالنسبة للنواحي المناخية فهي لا تختلف عن الأحواض الأخرى من حيث خضوع أراضيه للمناخ الجاف الحار وشبه الجاف البارد والمناخ المعتدل الدافئ، حيث ينتشر المناخ الجاف بنمطيه في الجهات الغربية منه، في حين ينتشر شبه الجاف في الجهات الوسطى والشمالية والجنوبية، في حين كانت المناطق الشرقية والجنوبية الشرقية تتبع للمناخ المعتدل الدافئ ويبين الشكل (13) الأقاليم المناخية في حوض ابن حماد حسب تصنيف كوبن. ويبلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة في محطة الربة 21°، في حين بلغ مجموع السنوي لكميات الأمطار فيه حسب محطة الربة 383.1 ملم، ويبين الشكل (14) تباين كميات الأمطار في حوض ابن حماد والشكل (15) تباين درجات الحرارة في حوض ابن حماد (وزارة المياه والري، 2019).



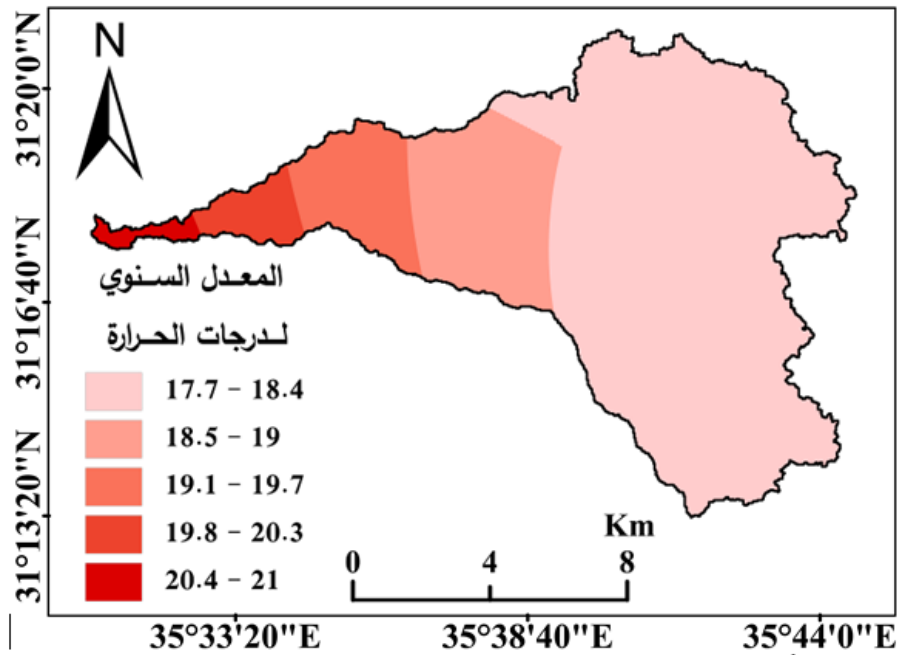
شكل (13): الأقاليم المناخية في حوض ابن حماد حسب تصنيف كوبن.

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على شحادة، 1990.



شكل (14): تباين كميات الأمطار في حوض ابن حماد.

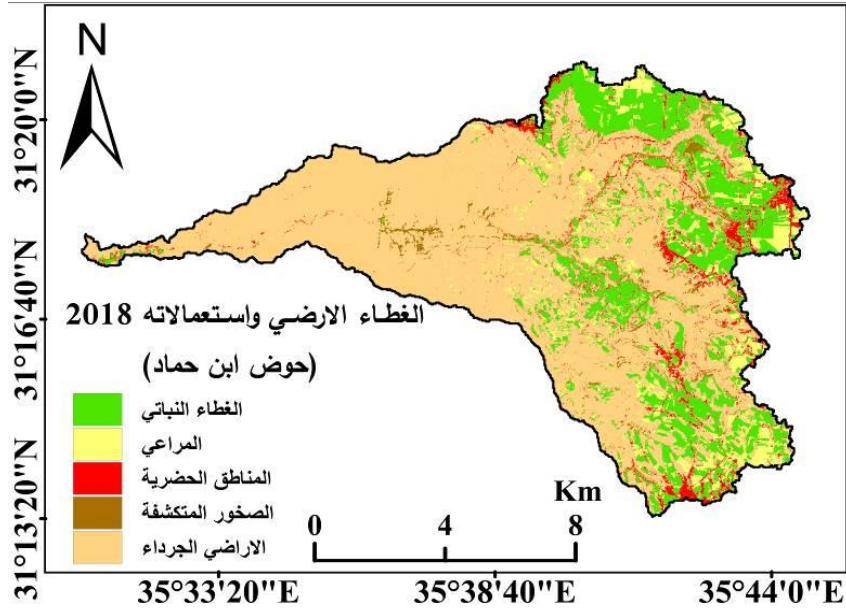
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على وزارة المياه والري، 2019.



شكل (15): تباين درجات الحرارة في حوض ابن حماد.

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على وزارة المياه والري، 2019.

ويضمّ حوض ابن حماد خمسة أصناف من الغطاء الأرضي المنتشر ضمن أراضيه وهي: الأراضي الجرداء الأكثر انتشاراً فيه بمساحة بلغت 66.4% من جلّ مساحة الحوض، ثم يليها الغطاء النباتي والذي يشغل مساحة بلغت 19.6% من مساحة الحوض، ثم المراعي بمساحة بلغت 6.9%، فالمناطق الحضرية فالصخور المتكشفة بمساحة صغيرة نسبياً بالمقارنة مع الأصناف الأخرى، حيث بلغت مساحتهما من إجمالي مساحة حوض ابن حماد على التوالي 5.2% و1.9%. ويوضح الشكل (16) أصناف الغطاء الأرضي واستعمالاته في حوض الكرك.



شكل (16): أصناف الغطاء الأرضي واستعمالاته في حوض الكرك.

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مرئيات Sentinel 2، Tile Number (36RYV)، 2018م.

منهجية الدراسة وأساليب المعالجة

استخدمت الدراسة المنهج الوصفي والتحليلي الكمي لدراسة الخصائص الحوضية والهيدرولوجية بعد معالجة بياناتها المكانية والزمانية حاسوبياً باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. بالإضافة إلى استخدام الأساليب الكمية والكارتوغرافية لحساب المتغيرات الهيدرولوجية والمورفومترية من حيث الاستعانة بتقنيات الإستشعار عن بعد وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية وبرمجية Excel.

مصادر البيانات

اعتمدت الدراسة في تناولها وتحليلها موضوع التحليل الهيدرولوجي للأحواض الشرقية للبحر الميت على عدة مصادر من المعلومات والبيانات وهي:

1. الخرائط الطبوغرافية (1997) لوحتي ماعين والرّبة ضمن مقياس رسم (1:50000). (المركز الجغرافي الملكي، 2019).
2. المرئيات الفضائية: اعتمدت الدراسة على المرئيات الفضائية التي يوفرها القمر الصناعي Sentinel 2 بقدرة تمييزية 10م بهدف إجراء تصنيف أو التعرف على الغطاء الأرضي

وأنماط استعمالاته وفق المحددات التالية وهي: Tile Number (36RYV).
(<https://earthexplorer.usgs.gov>).

نموذج الارتفاع الرقمي (Dem) بقدرة تمييزية 15م والذي توفره وكالة المساحة الجيولوجية الأمريكية بهدف اشتقاق الأحواض المائية المختارة في هذه الدراسة وإجراء تحليلات مورفومترية وهيدرولوجية وفق المحددات الأتية 31 North و 35 East.
(<https://earthexplorer.usgs.gov>).

البرمجيات المستخدمة

استعانته الدراسة في معالجتها لموضوع التحليل الهيدرومورفومتري بمجموعة من البرمجيات وهي:

1. تقنيات نظم المعلومات الجغرافية وخاصة برنامج ArcGis10.4 في إجراء عمليات التصحيح الجغرافي للخرائط الورقية وتحويلها إلى رقمية، وتحديد الأحواض المائية المختارة واشتقاق بعض الخصائص المورفومترية لها، ودورها في عملية الإخراج الكارتوغرافي.
2. برمجية Erdas imagine 2016 لتصنيف الغطاءات الأرضية واستعمالاتها.
3. برمجية Excel للإجراء الحسابات المورفومترية والهيدرولوجية وفق معادلات محددة مبينة في الجدول رقم (1).

إجراءات الدراسة

1. تحديد منطقة الدراسة باستخدام الخرائط الطبوغرافية ونموذج الارتفاعات الرقمي (Dem) ونظام الإحداثيات الجغرافية.
2. دراسة الخصائص المورفومترية لأحواض زرقاء ماعين وابن حماد والكرك: يوضح جدول (1) اهم المتغيرات المورفومترية التي تم اشتقاقها للحوض وفقا لأدبيات الدراسات المورفومترية.

جدول (1): المقاييس المستخدمة لتقدير المتغيرات المورفومترية.

المصدر	المعادلة / طريقة الحساب	الرمز	المتغير المورفومتري	المتغيرات المساحية والشكلية.
Schumm (1956)	القياس الآلي باستخدام برنامج Arc map10.2	A	مساحة الحوض / كم ² Basin area	1
	القياس الآلي باستخدام برنامج Arc map10.2	P	محيط الحوض / كم Basin perimeter	2
	القياس الآلي باستخدام برنامج Arc map10.2	Lb	طول الحوض / كم Basin length	3

...تابع جدول رقم (2)

المصدر	المعادلة / طريقة الحساب	الرمز	المتغير المورفومتري	
	القياس الآلي باستخدام برنامج Arc map 10.2	W	عرض الحوض / كم Basin width	4
Strahler (1956)	$Re = 2L_b \cdot (A \cdot \pi)^{0.5}$: $\pi = 3.14$	R_e	نسبة الاستطالة Elongation ratio	5
Miller (1953)	$R_c = 4\pi A \cdot P^2$: $\pi = 3.14$	R_c	نسبة الاستدارة Circularity ratio	6
Horton (1932)	$F_f = A \cdot L_b^2$	F_f	معامل شكل الحوض Form ratio	7
متغيرات الشبكة المائية				
Strahler (1952)	ترتيب هرمي تبعا لستريلر	S_u	رتبة المجرى / مجرى Stream Order	8
	عدد المجاري المائية من الدرجة الأولى	N_1	عدد المجاري الأولية / مجرى Stream Number	9
Horton (1945)	$N_u = N_1 + N_2 + \dots + N_n$	N_u	مجموع أعداد المجاري / مجرى Total Stream Number	10
Strahler (1964)	$L_u = L_1 + L_2 + \dots + L_n$	L_u	مجموع أطوال المجاري / كم Sum Stream Length	11
Horton (1945)	$L_{ur} = L_u \cdot L_{u-1}$	L_{ur}	معدل أطوال المجاري / كم Stream Length Ratio	12
Strahler (1964)	$R_b = N_u \cdot N_{u+1}$	R_b	متوسط نسبة التشعب Mean Bifurcation Ratio	13
متغيرات النسيج الحوضي.				
Horton (1945)	$C_c = 0.2841 \cdot P \cdot A^{0.5}$	C_c	معامل تماسك الحوض Compactness Coefficient	14
Horton (1932)	$F_s = N_u \cdot A$	F_s	التكرار النهري Stream Frequency	15
	$D_d = L_u \cdot A$	D_d	الكثافة التصريفية كم / كم ² Drainage Density	16
Faniran (1968)	$D_i = F_s \cdot D_d$	D_i	شدة التصريف Drainage Intensity	17
Horton (1945)	$L_g = A \cdot 2 \cdot L_u$	L_g	طول تدفق المجرى / كم Length Of Overland Flow	18

...تابع جدول رقم (2)

المصدر	المعادلة / طريقة الحساب	الرمز	المتغير المورفومتري	
المتغيرات التضاريسية.				
القياس الالي باستخدام Arc map 10.2	أعلى نقاط الحوض ارتفاعاً	Z	أعلى ارتفاع بالحوض / م The Highest	19
	أدنى نقاط الحوض انخفاضاً	z	أدنى ارتفاع بالحوض / م The Lowest	20
Strahler (1952)	$H = Z - z$	H	تضرس الحوض / م Relative Relief	21
Schumm (1956)	$R_h = H / L_b$	R_h	نسبة التضرس Relief Ratio	22
Horton (1945)	$S_g = \tan^{-1}(Z - z) / L_b$	S_g	معدل الانحدار / درجة Mean Slope	23
Strahler (1952)	$H_c = (a/A) \cdot (h/Z)$ المساحة النسبية a/A: الارتفاع النسبي h/Z:	H_c	المعامل الهيسومتري Hypsometric Curve	24

المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على أدبيات الدراسات المورفومترية.

3. تقييم قابلية تعرض أراضي أحواض منطقة الدراسة لخطر الفيضان بواسطة قياس شدة التعرض للفيضان في الأحواض المختارة؛ وذلك بتحديد خصائص الجريان المائي في تلك الأحواض والتي تشمل كلاً من زمن التركيز وزمن التصريف وزمن التأخير (التباطؤ) ويمكن توضيح كيفية احتساب الخصائص الهيدرولوجية بالخطوات الآتية.

زمن التركيز (1)

تبرز أهمية زمن التركيز في معرفة قدرة أراضي الحوض على تحويل مياه الأمطار إلى مياه جارية سطحية ومياه سيول؛ فكلما قل زمن التركيز كلما زادت خطورة تشكل الفيضان، (السقا، 2011). ويُعبّر عن زمن التركيز من خلال تطبيق عدة معادلات والموضحة أدناه وفي ملحق (1):

$$Tc = \frac{4\sqrt{A + 1.5L}}{0.8\sqrt{H}} \dots \dots \dots \text{معادلة (Giandotti) بورية، 2016}$$

(1) زمن التركيز هو عبارة عن الفترة الزمنية لتحويل مياه الأمطار إلى مياه جارية سطحية ووصولها من أبعد نقطة في الحوض إلى المصب.

$$Tc = 64.8 \frac{\sqrt[3]{L * A}}{I} \dots\dots\dots \text{Ruales (2004) (Passini) معادلة}$$

$$Tc = 76.3 \frac{A}{I} \dots\dots\dots \text{Ruales (2004) (Ventura) معادلة}$$

$$Tc = 6 \frac{[A * L]^{0.5}}{I^{0.5}} \dots\dots\dots \text{2016، بورية، (Turazza) معادلة}$$

زمن التأخير (التباطؤ)⁽¹⁾

تفيد دراسة هذا المتغير الهيدرولوجي في التعرف على الوقت اللازم لنشوء الجريان السطحي لكل حوض مائي. ويتم حساب زمن التصريف من خلال تطبيق المعادلة : (النجار، 2004). ملحق (1)

$$Tl = (KA^{0.3})/Sa/Dd$$

معدل التصريف⁽²⁾

ويتم حساب معدل التصريف من خلال تطبيق المعادلة : (الودعاني، 2014). (ملحق 1)

$$T = 1.5C^{1.15}$$

سرعة الجريان⁽³⁾

ويتم حساب سرعة الجريان من خلال تطبيق المعادلة : (النجار، 2004). (ملحق 1)

$$V = L/Tc$$

حجم الجريان السنوي

تم الاعتماد على معادلة بيركلي (Berkly) في حساب حجم الجريان السنوي للأحواض المختارة، وهي بدورها تعتمد على عدة متغيرات ومعطيات المناخية والمورفومترية. (الداغستاني وحמיד، 2011). وتأخذ المعادلة الصيغة التالية: (ملحق 1).

- (1) يشير زمن التأخير إلى الوقت الفاصل بين بداية المطر وبداية تولد الجريان السطحي.
- (2) يمثل معدل التصريف ما يمكن للحوض المائي أن بصرفه من المياه بعد كل عاصفة مطيرة وذلك بافتراض أن المطر يهطل بشكل منتظم وبنفس الغزارة على جميع أنحاء الحوض المائي.
- (3) يرتبط هذا المتغير الهيدرولوجي بالطبوغرافية سطح الحوض المائي، فمن المعروف أن سرعة الجريان السطحي ترتبط بعلاقة طردية مع انحدار سطح الحوض، فكلما زاد انحدار سطح الحوض ازدادت سرعة الجريان والعكس صحيح. ويشير هذا المتغير إلى تحديد مدى ودرجة خطورة الفيضان.

$$R = CI(S)^{0.5} * (W/L)^{0.5}$$

بعد تطبيق المعادلات السابقة على عينة الأحواض المختارة يتم حساب قابلية تعرض كل حوض لخطر الفيضان، حسب كل عامل من العوامل المطبقة، والتعامل معها ضمن مصفوفة الأخطار الطبيعية المتعددة؛ للخروج بالنمط السائد من الخطورة في الحوض المائي، ويوضح الجدول (2) المحددات الرئيسية لتقييم قابلية تعرض أراضي الأحواض المختارة لخطر الفيضان.

جدول (2): تقييم قابلية تعرض أراضي أحواض منطقة الدراسة لخطر الفيضان.

سرعة الجريان	زمن التأخير ساعة / كم	زمن التركيز/ دقيقة	حجم الجريان السنوي م ³	درجة التقييم / الخطر
أقل من 5 م / ث	أكثر من 12	أكثر من 150	أقل من 1 م ³	1- قليلة
5 - 10 م / ث	8-12	125-150	1 م ³ -أقل من 2 م ³	2- متوسطة
10-15 م / ث	4-8	100-125	2 م ³ -أقل من 3 م ³	3- عالية
أكثر من 15 م / ث	أقل من 4	أقل من 100	أكثر من 3 م ³	4- عالية جدا

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على (النوايسة، 2006 والسرحان، 2016).

ولمعرفة درجة قابلية التعرض للفيضان يتم في البداية تقييم حجم الجريان السنوي للأحواض، ومن ثم مقارنتها مع زمن التركيز ضمن مصفوفة الأخطار، وتقارن نتيجتهما مع زمن التأخير وسرعة الجريان وهكذا للوصول إلى الدرجة النهائية للتعرض لخطر الفيضان، وبذلك تكون النتائج ذات تعميم أقل بسبب تعدد العوامل التي تم قياسها.

التحليل والمناقشة

أولا التحليل المورفومتري للأحواض المختارة

يتضمن التحليل المورفومتري إجراء عمليات حسابية للحصول على قيم حسابية تصف النواحي المساحية والتضاريسية والطولية والشكلية وشبكية للأحواض المائية المختارة. ويمثل الجدول (3) الخصائص الإحصائية للمتغيرات المورفومترية لأحواض زرقاء ماعين والكرك وابن حماد.

الخصائص المساحية والشكلية

تتباين المتغيرات المورفومترية المساحية للأحواض بشكل كبيراً حول معدلها العام، حيث نجد وبشكل عام أن حوض ابن حماد تقل دائماً فيه قيم المتغيرات المساحية والطولية عن المعدل العام، في حين أن تفوق المعدل العام في حوضي الكرك وزرقاء ماعين. ويمكن أن يُعزى هذا التباين والاختلاف إلى الاختلاف الكبير في المساحة الحوضية للأحواض المائية المختارة، والتي تُعدُّ من أكثر المتغيرات المورفومترية تأثيراً على بقية المتغيرات، ومما يؤكد ذلك ارتفاع نسبة معامل الاختلاف أو التشتت في قيم المساحة الحوضية لتصل إلى حوالي 31%، عن معدلها العام

والبالغ 183.9 كم²، وبذلك تمتاز بكون مساحة أحواضها بالمقارنة مع أحواض التصريف المائي في الأردن والبالغ معدلها العام 18.6 كم² (رمضان، 1980)، حيث يبلغ مجموع المساحات الحوضية الكلية لأحواض المختارة 551.8 كم². ينفرد حوض زرقاء ماعين في تفوقه على بقية الأحواض في متغيرات حجم وأبعاده، إلا في متغير المحيط حيث يعد أقل الأحواض المائية المختارة، في حين يعد حوض ابن حماد أقل الأحواض المائية في قيم المتغيرات المساحية والطولية إلا في متغير محيط الحوض.

ويردُ التباين في المساحة الحوضية بين الأحواض المختارة إلى تأثرها بظروف البنية والتركيب الجيولوجي، والتقلبات المناخية، التي تعرضت لها المنطقة في فترات سابقة وخصوصاً الميوسين- البلايستوسين، حيث أسهمت الفترات الأكثر رطوبة في تصعيد نشاط عمليات الحث المائي، بسبب ما تعرضت له المنطقة من حركات تكتونية متعددة.

أما بالنسبة للخصائص الشكلية لأحواض زرقاء ماعين وابن حماد والكرك فهي تشير إلى عدم تناسب وانتظام شكل هذه الأحواض حيث أن عرضها يتغير مع امتداد أطوالها من منطقة المنابع إلى مصابها في القاع، لتتخذ شكلاً مثلثاً قاعدته عند الأجزاء العليا، بينما تشكل المصاب رأسه عند مستوى الأساس المحلي في أراضي القاع، ويستدل على ذلك من خلال انخفاض نسبت استدارتها لتصل في المعدل إلى 0.25، وارتفاع معدل استطالتها إلى 0.60 في حين بلغ معدل شكل الحوض فيها 0.28 فيعطيها تلك الدلالة، بمعامل اختلاف قليل يصل إلى 4.6%، وهذا يتفق مع ما توصل إليه رمضان (1980) حين بلغت قيمة معامل شكل الحوض في الأحواض الأردنية 0.29. ونلاحظ من خلال تطبيق متغير الاستطالة إلى أن الأحواض المختارة تتخذ شكلاً مستطيلاً حيث تبلغ قيمها في ابن حماد والكرك وزرقاء ماعين على التوالي 0.62 و0.60 و0.59. (Aldarraji, 2013).

وتشير استطالة الحوض إلى خصائص الشبكة المائية في الحوض المائي، فكلما اقترب شكل الحوض من الشكل المستطيل صغرت أطوال المجاري، وزاد عددها في الرتب الدنيا، وزاد طول المجرى الرئيسي، فتزداد مدة التصريف، ويزداد معها نسبة الفاقد المائي بسبب التسرب والتبخر، ويتضاءل خطر التعرض للفيضان (رمضان، 2017). وما يبرهن على استطالة الأحواض المختارة انخفاض نسب الاستدارة فيها حيث بلغت قيمها في حوض ابن حماد والكرك وزرقاء ماعين على التوالي 0.15 و0.25 و0.34. كما تدل الاستطالة على المرحلة الجيومورفولوجية التي تمر بها الأحواض، ومن خلال قيمها المعطاة تبين أن الأحواض المستخدمة في هذه الدراسة تُمر في مرحلة الشباب (Aldarraji, 2013).

جدول (3): الخصائص الإحصائية للمتغيرات المورفومترية لأحواض زرقاء ماعين والكرك وابن حماد

المتغير المورفومتري	زرقاء ماعين	الكرك	ابن حماد	أعلى قيمة	أدنى قيمة	المجموع	المعدل العام	الانحراف المعياري	معامل الاختلاف %
رتبة المجرى	5	4	5	5	4	14	4.7	0.6	0.1
عدد الروافد	471	391	144	472	144	1007	335.7	170.9	0.5
طول المجرى كم	420.0	350.3	169.5	420.0	169.5	939.9	313.3	129.3	0.4
متوسط طول المجرى كم	0.6	0.7	0.5	0.7	0.5	1.8	0.6	0.1	0.2
نسبة طول المجرى %	1.3	0.7	1.0	1.3	0.7	3.0	1.0	0.3	0.3
نسبة التشعب	4.4	7.4	3.7	7.4	4.4	16.2	5.4	1.7	0.3
متوسط نسبة التشعب	4.4	7.4	3.7	7.4	3.7	15.5	5.2	2.0	0.4
محيط كم	93.6	99.0	101.0	101.0	93.6	293.5	97.8	3.8	0.0
طول الحوض كم	29.4	26.2	20.3	29.4	20.3	76.0	25.3	4.6	0.2
عرض الحوض كم	8.0	7.3	6.1	8.0	6.1	21.4	7.1	1.0	0.1
مساحة الحوض كم ²	235.9	192.6	123.2	235.9	123.2	551.8	183.9	56.8	0.3
نسبة الاستطالة %	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	1.8	0.6	0.0	0.0
نسبة الاستدارة %	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.7	0.2	0.1	0.4
معامل شكل الحوض	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.9	0.3	0.0	0.0
الكثافة التصريفية كم ² /كم ²	1.8	1.8	1.4	1.8	1.4	5.0	1.7	0.2	0.1
التكرار النهري مجرى/كم ²	2.0	2.0	1.2	2.0	1.2	5.2	1.7	0.5	0.3
طول منطقة تدفق المجرى كم	0.9	0.9	0.7	0.9	0.7	2.5	0.8	0.1	0.1
شدة التصريف المائي	1.1	1.1	0.8	1.1	0.8	3.1	1.0	0.2	0.2
أعلى ارتفاع م	862	1277	1087	1277.0	862.0	3226.0	1075.3	207.7	0.2
أدنى ارتفاع م	-398	-383	-420	-383.0	-420.0	-1201.0	-400.3	18.6	0.0
معدل الانحدار الدرجة	3	3	4.4	4.4	3.1	10.9	3.6	0.71	19.5%
المعامل الهيسومتري	82.7	67.4	70.9	82.7	67.4	221.0	73.7	8.02	10.9%
تضرس الحوض م	1260.0	1660.0	1507.0	1660.0	1260.0	4427.0	1475.7	201.8	0.1
نسبة التضرس	42.8	63.3	74.1	74.1	42.8	180.2	60.1	15.9	0.3

المصدر: من عمل الباحث.

خصائص الشبكة المائية

تتباين الأحواض المائية المختارة فيما بينها في خصائص الشبكة المائية حيث يُعد كل من حوضي زرقاء ماعين وابن حماد من الرتبة الخامسة، في حين أن حوض الكرك يعد من الرتبة الرابعة. كما أن عدد الروافد يختلف بين عينة الأحواض حيث بلغ معدل عدد الروافد لكل الأحواض 336 رافداً لكنها تتمايز في بينها بمعامل اختلاف 51%، فقد كان حوض زرقاء ماعين أكثر الأحواض فيها 471 رافداً، ثم يأتي حوض الكرك في المرتبة الثانية من حيث عدد الروافد والبالغ عددها 391 رافداً، في حين أن حوض ابن حماد كان أقل الأحواض في عدد الروافد على الرغم من أن الحوض يعد من الرتبة الخامسة، وبلغ عدد روافده 144 رافداً. ولعل التباين الأحواض في خصائص الشبكة المائية يظهر جلياً في متغير أطوال روافد الحوض

بمعامل اختلاف 41.3% حول المعدل 313 كم، حيث يعدُّ حوض زرقاء ماعين أكثر الأحواض المائية في طول الروافد المائية التي بلغ عدد طولها 420 كم، في حين يعدُّ حوض ابن حماد أقل الأحواض في طول الروافد التي تغذيه، حيث بلغ مجموع طولها 169.5 كم، أما حوض الكرك فقد بلغ مجموع طول الروافد 350 كم. كما تتغير أعداد المجاري المائية بين الرتب المختلفة أو ما يعرف بنسب التشعب حيث بلغت معامل اختلاف 38% حول المعدل 5.2 حيث بلغت أعلى نسب التشعب في حوض الكرك وبلغت قيمتها 7.4، في حين بلغت أقل نسب التشعب في حوض ابن حماد بقيمة بلغت 3.7، أما حوض زرقاء ماعين فقد بلغت قيمة نسبة التشعب 4.4. ويرد التباين بين الأحواض في خصائص الشبكة المائية إلى التباين في الخصائص الطبوغرافية والجيولوجية بين الأحواض. يوضح الشكل (17) الرتب النهرية في الأحواض المائية المختارة.



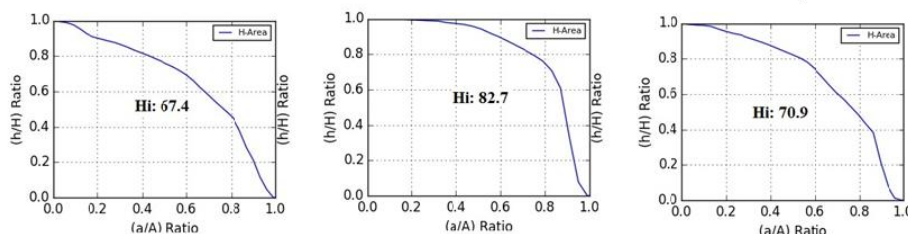
شكل (17): الرتب النهرية في الأحواض المائية المختارة

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نموذج Dem من القمر الصناعي Aster، إحداثيات N31E35، 2014

الخصائص التضاريسية

بلغ متوسط الكلي للتضرس الأحواض المختارة في هذه الدراسة نحو 1475.5م، بانحراف معياري 202، ومعامل اختلاف متواضعة 13.7%، ليشير ذلك إلى ازدياد الفرق بالارتفاع بين الحواف العليا للأودية وبين بطونها ومصابها في القاع، حيث أن الدلالات التضاريسية العالية تعطي مؤشراً على ازدياد انحدار المجاري المائية، وارتفاع كفاءتها الجيومورفولوجية. ولعل حفرة الانهدام الأفريقي الآسيوي أسهمت بازدياد قيم التضرس في أحواض الدراسة حيث انخفض منسوبها بالمقابل مع ارتفاع الجبال المقابل لها. وقد سُجِّل أعلى تضرس في حوض الكرك بحدود 1660م، بينما انخفضت القيمة في حوض زرقاء ماعين إلى 1260م، أما حوض ابن حماد فقد بلغت قيمة التضرس فيه 1570م. وأشارت قيم متغير المعامل الهيسومتري إلى أن الأحواض المائية المختارة لم تقطع شوطاً كبيراً في دورة التعرية، حيث أن جميعها تمر في مرحلة الشباب. وقد قسم المشتغلين بعلم الجيومورفولوجيا قيم المعامل الهيسومتري إلى ثلاث فئات رئيسية وهي: الشباب والتي تبلغ فيها قيم المتغير الهيسومتري $\geq 60\%$ ، ثم مرحلة النضج وتتراوح فيها قيم المتغير الهيسومتري بين 30% و59%، وأخيراً مرحلة الشيخوخة والتي تقل فيها قيم المتغير الهيسومتري عن 30% (Farhan,2015). وقد بلغ معامل الاختلاف للمتغير الهيسومتري بين عينة الأحواض المائية المختارة 11% حول معدل العام 74% وهذا يشير إلى تشابه قيم المتغير الهيسومتري بينها. فقد بلغ أعلى قيمة للمتغير الهيسومتري في حوض زرقاء

ماعين والبالغة 82.7%، في حين كانت اقل قيمه في حوض الكرك والتي بلغت 67.4%، أما حوض ابن حماد فقد بلغت قيمة المعامل الهيسومتري فيه 71%. وتشير هذه القيم والتي تقع ضمن المرحلة الشباب إلى قدرة تلك الأحواض على تغيير خصائصها الحوضية خاصة وإذا توافرت فرص وظروف بيئية مناسبة ويبين الشكل (18) قيم المنحنى والتكامل الهيسومتري لأحواض منطقة الدراسة.



شكل (18): قيم المنحنى والتكامل الهيسومتري لأحواض منطقة الدراسة.

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نموذج Dem من القمر الصناعي Aster، إحداثيات N31E35 ، 2014.

خصائص النسيج الحوضي

تشير قيم النسيج الحوضي (Drainage texture) للأحواض المختارة والتي يبلغ معدلها العام 3.5 إلى أن القوام الطبوغرافي السائد هو الخشن (Smith, 1950). غير أن الأحواض المائية تتباين فيما بينها في درجة خشونة النسيج ويبرهن على ذلك معامل الاختلاف البالغ 53.4%، حيث يتصف قوام النسيج الحوضي في حوض ابن حماد بأنه خشن جداً، في حين تغلب صفة الخشونة على حوض الكرك والبلغ فيه قيمة النسيج الحوض 3.95، أما حوض زرقاء ماعين فأن نسيجه يعد من النسيج المتوسط الخشونة حيث بلغت قيمة النسيج الحوض فيه 5 (Khadri, 2013).

الخصائص الهيدرولوجية للأحواض المختارة

تمثل البيانات والخصائص الهيدرولوجية بمثابة المرجع الأساسي لتقييم الوضع المائي لأي منطقة سواء حوض مائي أو مساحة جغرافية معينة، لأنها تساهم في عملية الموازنة المائية من حيث تحديد كمية المياه المتجددة، والتي تساهم في تعويض الفاقد من الموارد المائية سواء بالاستهلاك أو بالتبخر أو بالتسرب. أدى التزايد السكاني إلى ازدياد الطلب على الموارد المائية مما يستدعي الانتباه لهذا الحال من خلال إجراء دراسات مستفيضة تهتم بدراسة الواقع المائي الحالي وتطوير طرق لمواجهة مشاكل المياه المستقبلية وإيجاد الحلول المناسبة لها. ولقد تعددت الطرق والأساليب الهيدرولوجية والتي مردها إن طبقت بشكل صحيح ودقيق في تكوين قاعدة معلومات هيدرولوجية تنبئ عليها تنمية مستدامة من خلال عمل إدارة لموارد المياه في المنطقة الجغرافية. تبين من خلال إجراء تقييم حجم الجريان السنوي للأحواض، ومن ثم مقارنتها مع زمن التركيز ضمن مصفوفة الأخطار، ومن ثم مقارنة نتيجتهما مع زمن التأخير وسرعة

الجريان أن جميع الأحواض المائية المختارة صُنفت ضمن درجة قابلية عالية جدًا لحدوث الفيضانات. حيث تراوحت قيم زمن التركيز الذي استخدم فيه عدة معايير أو معادلات حسابية وهي Giandotti والتي كان من نتائجها أن حوض زرقاء ماعين (كامل) هو أطول الأحواض المائية في فترة زمنية استغرقتها بما يعرف بزمن التركيز حيث بلغ قيمته 5.66 ساعة في حين كان أقل قيمة له بناء على هذه المعادلة 1.8 ساعة في حوض ابن حماد، أما حوض الكرك فقد بلغت قيمته 3.49 ساعة.

أما المعادلة الثانية التي تم استخدامها في حساب زمن التركيز فهي معادلة Passini، ولم تختلف نتائجها عن المعادلة السابقة حيث ما زال زمن التركيز لحوض زرقاء ماعين هو الأكثر بقيمة بلغت 6.22 ساعة، كما أن حوض ابن حماد استمر في المرتبة الأخيرة 3.85 ساعة، في حين أن حوض الكرك بلغت قيمة زمن التركيز فيه بناء على معادلة Passini 2.35 ساعة. وكذلك لم تختلف القيمة المستخرجة من معادلة Ventura عما هو عليه الحال في المعادلتين السابقتين فقد بقي حوض زرقاء ماعين في المرتبة الأولى 4.75 ساعة، ثم يتلوه حوض الكرك بقيمة بلغت 2.94 ساعة، وأخيرًا بقي حوض ابن حماد في مرتبة الأخيرة بقيمة بلغت 94.1 ساعة. وأخيرًا معادلة Turazza والتي لم تختلف نتائجها عن المعادلة السابقة حيث يعد حوض ابن حماد أقل الأحواض المائية في زمن التركيز بقيمة بلغت 2.12 ساعة، ثم تلاه حوض الكرك بقيمة بلغت 3.46 ساعة، أما حوض الزرقاء ماعين فقد كان الأكثر الأحواض في زمن التركيز بقيمة بلغت 5.58 ساعة. ومرد هذا التباين في قيم زمن التركيز إلى اختلاف مساحة الأحواض المختارة بالإضافة إلى اختلاف طول المجرى الرئيسي لعينة الأحواض فقد بلغ طول المجرى الرئيسي لأحواض زرقاء ماعين والكرك وابن حماد على التوالي 55.9 كم، 55.97 كم، 29.09 كم. وبما أن الخزانات المائية بما فيها السدود بنوعها الإسمنتية والترابية والحفائر تعد بمثابة مصب للمجرى المائي فقد تم حساب زمن التركيز لحوض زرقاء ماعين لتواجد سد مائي ضمن أراضيه وكانت نتائج حساب زمن التركيز لحوض زرقاء ماعين من منطقة المنبع وحتى منطقة السد وفق معادلات Giandotti و Passini و Ventura و Turazza كما يلي على التوالي (بالساعة) 5.19، 5.95، 4.23، 4.8.

أما بالنسبة لزمن التباطؤ فلم تختلف نتائجه عن زمن التركيز من حيث تباين الأحواض المائية فيما بينها في قيم المستخرجة لزمن التباطؤ، بالإضافة إلى أن حوض ابن حماد كان أقل فترة زمنية لبدء الجريان السطحي أو ما يُعرف زمن التباطؤ بقيمة بلغت 27 دقيقة. في حين كان زمن التباطؤ لحوض زرقاء ماعين الأطول بقيمة بلغت 38 دقيقة، أما حوض الكرك فقد بلغ زمن التباطؤ فيه 31 دقيقة. ومرد هذا التباين في قيم زمن التباطؤ بين عينة الأحواض إلى اختلاف معدل انحدار سطح تلك الأحواض حيث بلغت أعلى قيمة له في حوض 4.42°، في حين كانت أقل قيمة له في حوض زرقاء ماعين 3.05°، أما حوض الكرك فقد بلغت فيه معدل درجة الانحدار 3.43°. بالإضافة إلى تمايز الأحواض المائية فيما بينها في الكثافة التصريفية، حيث تربطها علاقة عكسية مع درجة نفاذية الصخور والتربة والغطاء النباتي، فكلما انخفضت قيم الكثافة التصريفية دل ذلك على شدة نفاذية الصخور والتربة للمياه وزيادة مساميتها وقلة الغطاء

النباتي. وقد بلغت قيم الكثافة التصريفية للأحواض زرقاء ماعين والكرك وابن حماد على الترتيب 1.78 كم²/كم²، 1.82 كم²/كم²، 1.4 كم²/كم². ولا يختلف الحال في معدل التصريف الذي يشير إلى مقدار ما يمكنه الحوض المائي أن يصرفه من المياه في كل عاصفة مطيرة وذلك بافتراض أن المطر يهطل بشكل منتظم وبنفس الغزارة على جميع أنحاء الحوض المائي على المتغيرات الهيدرولوجية السابقة من حيث تباين فيما بينها، فقد كان حوض زرقاء ماعين أكثر الأحواض في كمية المياه التي من الممكن أن يصرفه الحوض بقيمة بلغت 204.9م³، ثم تلاه حوض الكرك بقيمة بلغت 170.7م³، وأخيراً حوض ابن حماد 114.2م³. ولعل هذا التمايز والاختلاف بين الأحواض في قيم متغير معدل التصريف يرجع إلى اختلاف مساحة الأحواض المائية المختارة.

وينطبق الحال على سرعة الجريان السطحي المتوقعة للأحواض المائية من حيث تمايزها عن بعضها البعض فيه، والتي تعتمد طول المجرى الرئيسي وهي بمثابة عامل المسافة، زمن التركيز والتي تشير إلى متغير الزمن. وتتأثر سرعة الجريان بالعوامل الطبوغرافية لسطح تلك الأحواض، حيث كلما زاد انحدار سطح الحوض زادت سرعة الجريان والعكس صحيح، بالإضافة إلى مدى توافر الغطاء النباتي والذي يرتبط بعلاقة عكسية مع عامل السرعة حيث أنه كلما زاد الغطاء النباتي أدى ذلك إلى تقليل سرعة الجريان بفعل زيادة امتصاص التربة للمياه وإعاقة حركة المياه وبطء سرعتها والعكس صحيح. وبناءً على ما سبق فقد كانت سرعة الجريان أعلى في حوض ابن حماد بحكم أنه الانحدار فيه الأكثر، وبلغت قيمة متغير سرعة الجريان فيه 16.3م/ث. ثم تلاه حوض الكرك 8.4 م/ث وأخيراً حوض زرقاء ماعين بقيمة بلغت 5.2 م/ث. لا يمكن اقتصار التمايز بين الأحواض المائية المختارة في سرعة الجريان فقط إلى عامل انحدار سطحها وإنما تدخل بعض العوامل الأخرى كعامل المساحة وطول المجرى الرئيسي لها المتباينة بين تلك الأحواض، فكلما زاد طول المجرى أدى ذلك تقليل سرعة الجريان السطحي والعكس صحيح.

وأخيراً يأتي متغير حجم الجريان السطحي المتوقع للأحواض والذي تم حسابه بالاعتماد على معادلة Berkly والتي أظهرت اختلافاً في أحجام الجريان السطحي المتوقع بين عينة الأحواض المائية المختارة. ويُعزى هذا التباين إلى اختلاف كميات الهطول في تلك الأحواض، حيث يبلغ مجموع الهطول السنوي لعام 2019 لمحطة الكرك 269.3 ملم وهي تقع ضمن أرجاء حوض الكرك (وزارة المياه والري، 2019)، في حين تزداد كميات الهطول في محطة الربة والواقعة ضمن أراضي حوض ابن حماد لتبلغ 383.1 ملم (الأرصاد الجوية، 2019)، أما حوض زرقاء ماعين فتتناقص فيه كميات الهطول السنوي حتى تصل 182.9 ملم وذلك في محطة مادبا (الأرصاد الجوية، 2019). بالإضافة إلى اختلاف طبوغرافية السطح لتلك الأحواض المختارة وخاصة انحدار السطح المبين سابقاً. وبناءً على معادلة Berkly فقد كان حوض ابن حماد الأكثر الأحواض المائية في حجم الجريان السطحي السنوي المتوقع بقيمة بلغت 6.8 مليون م³، وذلك بسبب أن انحدار سطح أرضه هو الأكثر من بين تلك الأحواض المائية، والمترافق مع كميات هطول كبيرة من الأمطار السنوية في محطة الربة بالمقارنة مع الأحواض

المائية الأخرى. ثم تبع حوض ابن حماد حوض الكرك في حجم الجريان السطحي بقيمة بلغت 6.2 مليون م³. في حين بلغ حجم الجريان السطحي السنوي المتوقع في حوض زرقاء ماعين 4.3 مليون م³. ويشير الجدول (4) إلى الخصائص الإحصائية للمتغيرات الهيدرولوجية لأحواض زرقاء ماعين والكرك وابن حماد.

جدول (4): إلى الخصائص الإحصائية للمتغيرات الهيدرولوجية لأحواض زرقاء ماعين والكرك وابن حماد.

الخصائص الهيدرولوجية لأحواض المختارة									
المتغير	زرقاء ماعين	الكرك	ابن حماد	أعلى قيمة	أدنى قيمة	المجموع	المعدل العام	الانحراف المعياري	معامل الاختلاف %
زمن التباطؤ (دقيقة)	38	31	27	38	27	96	32	5.57	17
معدل التصريف (م ³)	204.9	170.7	114.2	204.9	114.2	489.8	163.3	45.8	28
سرعة الجريان (م / ث)	5.2	8.4	16.3	16.3	5.2	29.9	9.96	5.71	57
حجم الجريان السطحي المتوقع (م ³)	4.3	6.2	6.8	6.8	4.3	17.3	5.8	1.31	23
زمن التركيز (ساعة)	Turazza	5.58	2.12	5.58	2.12	11.2	3.72	1.74	47
	Ventura	4.75	2.94	4.75	1.94	9.6	3.21	1.42	44
	Passini	6.22	3.85	6.22	2.35	12.42	4.14	1.95	47
	Giandotti	5.66	3.49	5.66	1.8	10.95	3.65	1.93	53

المصدر: من عمل الباحث.

النتائج

- توصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج والتي يمكن أن يتم إيرادها كما يلي:
1. إنشاء قاعدة بيانات هيدرولوجية (مورفومترية وهيدرولوجية) لعينة الأحواض المائية بناء على نموذج Dem وحجم المطر الهاطل.
 2. أظهرت الدراسة مدى الجدوى من تكثيف استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية في التحليلات الهيدرولوجية، حيث تعد من أبرز الأدوات وأفضلها في إجراء تلك التحليلات.
 3. أوضحت الدراسة أن عدم اتساق شكل الأحواض المختارة والذي يتضح من خلال تباين عرض تلك الأحواض مع امتداد طولها.
 4. بينت الدراسة ازدياد عدد الروافد المائية التي تصنف ضمن الرتب الدنيا والذي ترافق أيضا بازدياد أطوالها الأمر الذي عمل على ازدياد طول المجرى الرئيسي مما يعني طول زمن التركيز منتجاً ازدياداً في مدة التصريف مما يسمح بفقدان كميات من المياه سدى على شكل تسرب أو تبخر.
 5. أظهرت الدراسة أن جميع الأحواض المائية المدروسة تنصف ضمن فئة الأحواض ذات قابلية عالية جداً لحدوث فيضان، وذلك وفقاً لمصفوفة الأخطار الطبيعية المتعددة.

6. أوضحت الدراسة أن عينة الأحواض المائية المختار تمر في مرحلة الشباب الأمر الذي يدل على قدرتها على تغير خصائصها الحوضية خاصة إذا توافرت فرص وظروف بيئية مناسبة مثل الظروف المناخية الرطبة.
7. بينت الدراسة أن حوض ابن حماد هو أسرع الأحواض المائية المختارة في تشكل الجريان السطحي بحكم أنه كان أقلها قيمة في زمن التباطؤ (التأخير) والتي بلغت 27 دقيقة، في حين كان حوض زرقاء ماعين أطولها بقيمة بلغت 38 دقيقة. ويرجع السبب في ذلك اختلاف الخصائص الطبوغرافية لأحواض المختارة من الانحدار والغطاء النباتي والنسيج الحوضي.

التوصيات

1. إيجاد بنك معلومات خاص بالأخطار البيئية للمنطقة إن أمكن ذلك.
2. إقامة سدود وعمل خزانات وحفر القنوات في أماكن يتم تحديدها بشكل دقيق حتى لا يتم تهديد التجمعات العمرانية ومحاولة الاستفادة من مياه الفيضانات.
3. إنشاء محطات قياس مترولوجية وهيدرولوجية منتظمة في الأحواض لعمل قاعدة بيانات عن المتغيرات الحوضية في أراضيها من أجل الإسهام في المزيد من الدراسات الدقيقة.
4. ضرورة التركيز على تحليل الخصائص المورفومترية لارتباطها الهيدرولوجي والجيولوجي.
5. العمل على توظيف تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في تحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية للأحواض المائية.

References (Arabic & English)

- Alaji, Amneh Ahmad (2010), application of geographic information systems in building a database of morphometric properties and their hydrological implications in the Wadi Yalamlum Basin. (unpublished Master Dissertation), Umm Al-Qura University, Makkah Al-Mukarramah, Saudi Arabia.
- Aldarraji, A. (2013). Simplify Equation to Calculate Elongation River Basin Proposed by Schumm (1956). AL-USTATH, 2(2), 1-18.
- alnjar, saed. 2004 Geomorphological hazards on the coast of Mariout between the head of the Roman flag Abu Lahore. Master Thesis, Menoufia University, Arab Republic of Egypt.
- Al-Saqa, A. (2011). Morphometric characteristics of Wadi Laban drainage basin in Saudi Arabia, a geomorphological study using

- geographic information systems. King Abdulaziz University Journal - Arts and Sciences, 19 (1), 31-68.
- Al-W. (2014). Torrential Dangers in the Jazan Region, Southwest of Saudi Arabia (Geomorphological Perspective). Jazan University Journal - Humanities Branch, 3 (1), 15-90.
 - Chavare S, (2011). Morphometric Analysis using GIS Techniques: a case study of Valheri River basin, tributary of Tapi River in Nandurbar District (M.S). International Referred Research Journal, 3(31), 62-63.
 - Dagestani, R., & Hamid, Y. (2011). The relationship between geomorphological features, land uses, and surface drainage system and their utilization in water harvesting of the Badush Valley Basin in northern Iraq. Iraqi National Journal of Earth Sciences, 11 (2), 15-32.
 - Enaiba, O. (2016). An Applied Morphometric Analysis of Models of Water Basins in Jordan Using Remote Sensing Technology and Geographic Information Systems, (unpublished Doctoral dissertation), University of Jordan, Amman, Jordan.
 - Europe, Muhammad. (2016). The Geomorphological Characteristics of Wadi Al-Aqiq Basin in Al-Madinah Al-Munawwarah Region, Journal of Arab and Human Sciences, 1 (9), 1331-1391.
 - Faniran, A (1968). The index of drainage intensity-a provisional new drainage factor, Australian Journal of Science. 1(31), 328– 330.
 - Farhan, Y., Anbar, A. Enaba, O. & Al-Shaikh, N. (2015), Quantitative Analysis of Geomorphometric Parameters of Wadi Kerak, Jordan, Using Remote Sensing and GIS, Journal of Water Resource and Protection, 7(6), 456-475.
 - Horton, R. (1932). Drainage basin characteristics. Trans Am Geophys Union, 13(1), 350–361.
 - Horton, R. (1945). Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins; Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. Geological Society of America Bulletin, 1(56), 275-370.

- <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- KHADRI, S. & DHAMANKAR, A. (2013), Morphometric Analysis of Bordi River Basin, Akola District Maharashtra, India Using Remote Sensing and Gis Techniques. International Journal of pure and applied research in engineering and technology, 1(9), 1-21.
- Miller, V. (1953). A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee, Office of Naval Research, Geography Branch, Project NR 389-042, Tech. Rept. 3, p. 30.
- Ministry of Water and Irrigation (2019), climate data, Amman, Jordan.
- Ramadan, H. (1980). Geomorphological Analysis of Morphometric Features of Aquariums in Jordan Studies - Humanities, 2(7), 97-132.
- Ruales, T. (2004). Study About Flood Protection's Work of the Rif Bel and The Chagne's Torrents Through the Guillestre City- Hautes Alpes - France. (Unpublished Master Dissertation), university of thessaly, thessaly, Greece.
- Schumm, S. (1956) Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey. Geological Society of America Bulletin, 67.
- Smith. A (1950). Standards for grading textures of Erosional topography. American Journal of Science, 248(1), 655- 668.
- Strahler, A. (1952). Dynamic basis of geomorphology. Geological Society of America Bulletin, 63(9),923-938.
- Strahler, A (1964). Quantitative geomorphology of basins and channel networks, In: V.T, Chow, Editors, Handbook of Applied Hydrology, Mcgraw Hill Book Company, New York.
- Strahler.AN. (1956) Quantitative Analysis of watershed Geomorphology. Transactions' American Geophysical Union, 38(6) 439-476.
- The Royal Jordanian Geographical Center, 1997, Topographic Maps, Scale 1: 50000, Amman.

ملحق (1)

الرقم	المتغير الهيدرولوجي	اسم المعادلة	نص المعادلة	رموز المعادلة	المصدر
1	تأخير الترسيب	Giandotti	$Tc = \frac{4\sqrt{A+1.5L}}{0.8\sqrt{H}}$	$Tc =$ زمن التركيز بالدقيقة $A =$ مساحة حوض التصريف للحوض المائي (كم ²). $H =$ الارتفاع المتوسط للحوض المائي (متر). $L =$ طول المجرى الرئيسي (كم). $I =$ معدل انحدار سطح الحوض.	بو ربة، 2016
		Passini	$Tc = 64.8 \frac{\sqrt[3]{L * A}}{I}$		Ruales (2004)
		Ventura	$Tc = 76.3 \frac{A^*}{I}$		Ruales (2004)
		Turazza	$Tc = 6 \frac{[A * L]^{0.5}}{I^{0.5}}$		بو ربة، 2016
2	زمن التأخير		$Tl = (KA^{0.3})/Sa/Dd$	$TL =$ زمن التأخير بالدقيقة. $K =$ معامل ثابت تبلغ قيمته 0.4. $A =$ مساحة حوض التصريف للحوض المائي (كم ²). $Sa =$ متوسط انحدار الحوض. $Dd =$ كثافة التصريفية (كم/كم ²).	النجار، 2004
3	معدل التصريف		$T = 1.5C^{1.15}$	$T =$ معدل التصريف م ³ /ث. $C =$ مساحة الحوض كم ² .	الودعاني، 2014
4	سرعة الجريان		$V = L/Tc$	$V =$ سرعة الجريان م ³ /ث. $L =$ طول المجرى الرئيسي (كم). $Tc =$ زمن التركيز (دقيقة).	النجار، 2004
5	حجم الجريان السنوي		$R = C I (S)^{0.5} * (W/L)^{0.5}$	$R =$ حجم الجريان السنوي المتوقع (مليون متر مكعب) / سنوياً. $C =$ معامل الجريان السطحي (Run off coefficient) وقيمته (0.15) في المناطق الجافة وشبه الجافة. $I =$ حجم المطر الهاطل (ألف متر مكعب) = (معدل الهطول المطري ملم * مساحة الحوض كم ²). $S =$ معدل الانحدار (م/كم) = (الفرق بين أعلى وأخفض نقاط الحوض م/طول الحوض كم). $W =$ معدل عرض الحوض (كم).	الداغستاني وحמיד، 2011

معادلات الخصائص الهيدرولوجية.

المصدر: من عمل الباحث.