الخصائص المورفومترية لحوض وادي (المحمديين – الخربة) وأثرها على استخدامات الأرض " دراسة جغرافية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS "

د. عمر سالم المحمدي د. محمد عوض بارشيد كلية الآداب – جامعة حضرموت

تمتاز محافظة حضرموت بكثرة الأودية الجافة والمسيلات المائية ، ويعتبر حوض وادي المحمديين – الخربة من الأودية الجافة التي تصب في ساحل حضرموت وعددها (58) وادياً. وينبع هذا الوادي من هضبة حضرموت الجنوبية إلى الغرب من مدينة المكلا ، ويأخذ اتجاه غربي شرقي ثم يتجه جنوباً نحو بحر العرب ليصب بين حَيِيَّ ابن سيناء وفوه القديمة في ضواحي المكلا الغربية ، وهو من الأودية الساحلية المؤثرة على حركة الناس في مدينة المكلا بسبب حدوث السيول والفيضانات ، ولم ينل هذا الوادي اهتماماً رغم احتوائه على مياه جاريه في بعض أجزائه الوسطى والدنيا ووجود الاستخدامات البشرية الزراعية خصوصاً في أدنى الوادي حيث يسكن على ضفافه عدد كبير من سكان مدينة المكلا ، وتقام في دلتاه الأنشطة الزراعية التي لم تلقَ اهتماماً يذكر ، لذا ستخصص دراستنا هذه للكشف عن خصائص الوادي المورفومترية وتأثيرها على استخدامات الأرض. [1]

أهمية الدراسة :

إن أهمية دراسة حوض وادي المحمديين (الخربة) [*] الواقع غرب مدينة المكلا ، الذي تنبع روافده العليا من الجزء الشمال الغربي لمرتفعات هضبة حضرموت الجنوبية ، وهي واحدة من بين المناطق التي لم تحظَ بدراسات جغرافية وافية وشاملة حتى الآن ، وعلى الرغم مما تنعم به هذه المنطقة من مصادر مائية وبيئية وثروات معدنية إلا أنها لم تستغل بعد إلا في جزء محدود من هذا الحوض نظراً لما لها من دور حيوي في تحقيق جوانب من التنمية الشاملة لهذا الحوض المائي ويمكن ابراز أهم ملامح هذا الحوض الجغرافية في ما يأتي :

---

[1] الشعملي ، عوض عبد الله ، الموارد المائية واستخداماتها في ساحل حضرموت "المكلا – غيل باوزير – الشحر "(دراسة في الجغرافيا الطبيعية)، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الآداب، جامعة حضرموت 2014م، ص32

[*] يطلق على الجزء الأدنى لامتداد وادي المحمديين نحو البحر بوادي الخربة نسبة لقرية الخربة التي تقع في الجزء الأدنى للوادي .

1. يتوزع السكان في هذا الحوض في عدة قرى أو تجمعات استيطانية ريفية في الجزء الأعلى : يشمل وادي المحمدي ووادي الحسني والجزء الأدنى : يشمل وادي الخربة إلى جانب بعض القرى الصغيرة المتناثرة على طول امتداد مجرى الحوض ، حيث يبلغ إجمالي سكان هذه التجمعات السكانية في تعداد عام 2004م حوالي (6482) نسمة.
ويصب هذا الوادي في منطقة فوه (فوه القديمة وابن سيناء) أحد الأحياء الغربية لمدينة المكلا البالغ سكانها في تعداد عام 2004م حوالي (16678) نسمة.
2. تتوفر في منطقة الدراسة عدة مصادر مائية متنوعة ووافرة كالأمطار ، والجريان السطحي ، والمياه الجوفية ، والآبار ، والينابيع أو العيون الجارية.
3. هناك عدة مواقع صالحة للسدود المائية واستغلالها للتنمية البشرية والزراعية في الجزء الأعلى والأدنى للحوض المائي.
4. يعتبر الحوض أحد الأظهره المائية للمنطقة الغربية لمدينة المكلا، بالإضافة إلى اعتباره مخزوناً مائياً استراتيجياً متجدداً للأحياء السكنية لمدينة المكلا.
5. تنتشر في هذا الحوض العديد من استخدامات الارض ومنها الزراعية المستفيدة من تلك المصادر المائية ، بغض النظر عن تأثيراتها الفيضانية .
6. تتواجد في هذا الحوض الكثير من الثروات المعدنية ، إلى جانب أحجار الرخام الصالحة للبناء.

مشكلة الدراسة :

تتلخص مشكلة البحث في معرفة دور الجيولوجيا والعوامل التكتونية في تغيير تضاريس الحوض وشبكة التصريف وأثرها على وجود النشاطات البشرية في أجزاء الحوض المختلفة من خلال الاجابة على الأسئلة الآتية :

1. هل هناك تأثير لجيولوجيا الحوض على الاستقرار والنشاط البشري ؟
2. كيف يمكن توزيع ظاهرات الحوض على خريطة استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ؟
3. ما هو دور الأمطار والفيضانات في تحديد شكل الحوض ؟
4. ما هي المرحلة الجيمورفولوجية التي يمر بها الوادي وفروعه ؟
5. هل هناك أثر للخصائص المورفومترية للحوض المائي على استعمالات الأرض في الحوض؟

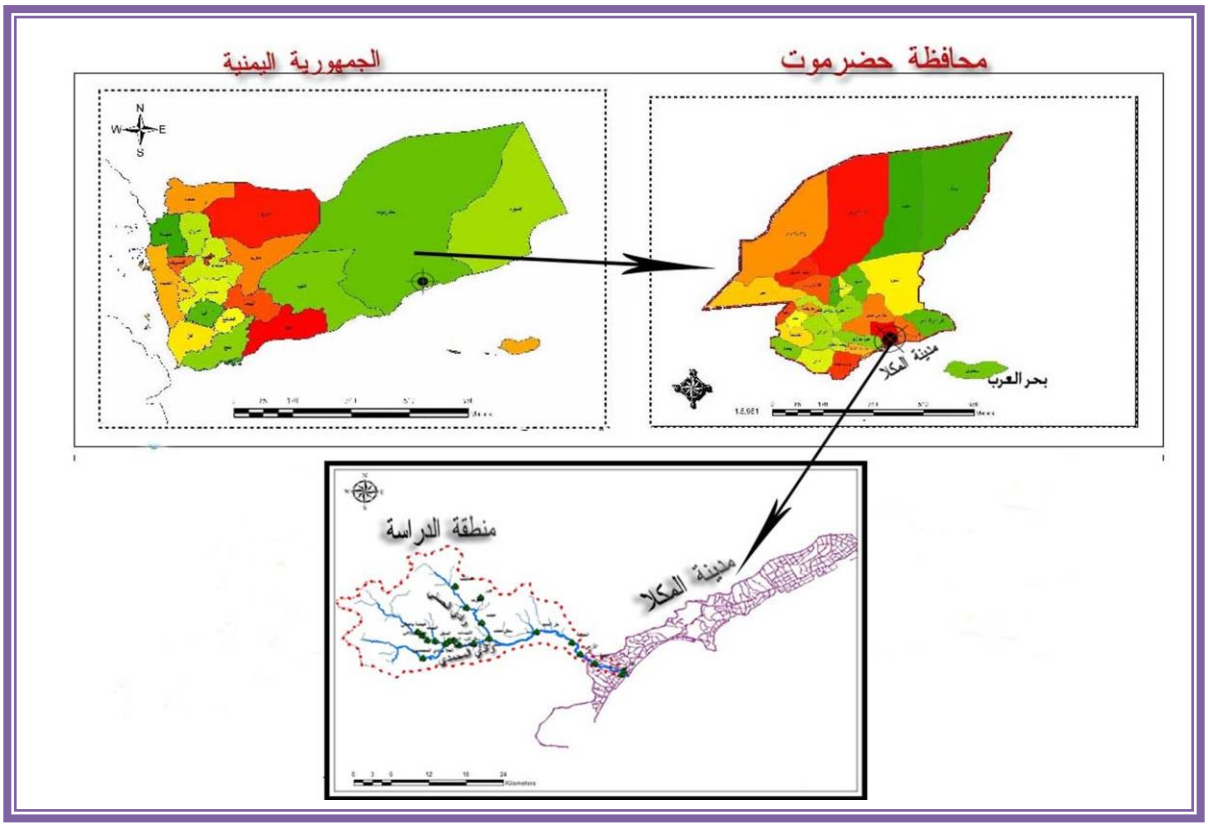
منهجية الدراسة :

اعتمد البحث على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد ، ومستخدماً المنهج التحليلي في دراسة الخصائص المورفومترية للحوض، وأجراء القياسات وتطبيق المعادلات للمتغيرات المورفومترية والاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) لا جراء التحليلات المورفومترية بصورة إلية وتلقائية، بالإضافة إلى تحليل بيانات الصورة الفضائية الخاصة بمنطقة الدراسة المتعلقة باستخدامات الأرض.

منطقة الدراسة:

يقع الحوض المائي لمنطقة الدراسة باتجاه الغرب من مدينة المكلا بمحافظة حضرموت – اليمن ، على خط دائرة العرض (14.574617°) شمالاً وخط طول (48.883379°) شرقاً ، ويسمى بوادي (المحمديين – الخربة – فوه) نسبة إلى وادي المحمدي ومنطقة الخربة وفوه اللاتي يمر بهما ، ويعد هذا الوادي من الأودية الجافة التي تصب في الساحل ، وبشكل عام ينحدر الوادي من الغرب والشمال الغربي من منطقة مستجمع أمطاره التي تقدر مساحتها بنحو (505) كم^2 إلى الشرق والجنوب الشرقي ليصب في البحر العربي بالقرب من منطقة فوه أحد أحياء مدينة المكلا.

خريطة رقم (1) توضح منطقة الدراسة الحوض المائي لوادي (المحمديين – الخربة) بالنسبة لمدينة المكلا – محافظة حضرموت – الجمهورية اليمنية



المصدر: عمل الباحثان ، بالاعتماد على تحليل الصورة الرقمية الملتقطة بالأقمار الصناعية لنموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بواسطة البرنامج لنظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS 10.0)

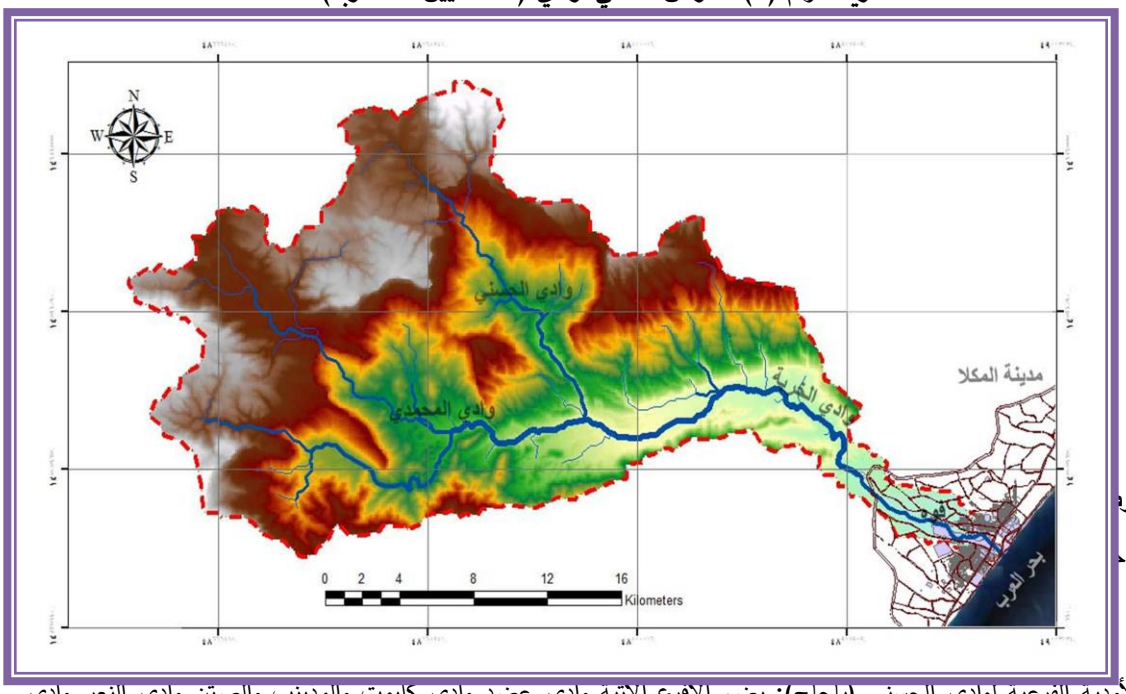
وبحسب مرئية الدراسة لنموذج الارتفاعات الرقمية (*DEM*) بدقة (30) متر ، يشترك هذا الحوض بخط تقسيم المياه مع حوض وادي أمبيخة من الشرق ، وحوض وادي بويش من الشمال الشرقي ، ومن الغرب حوض وادي حجر ، ومن الجنوب حوض وادي الخمر وحلة.

ويبلغ الإجمالي الكلي لطول هذا الحوض من منبعه إلى نهاية مصبه (48) كلم ، ويتمتع بروافد كثيرة يصل عددها حوالي (69) رافداً ، وينقسم هذا الحوض المائي إلى جزئيين طبيعيين اعتماداً على مجاري شبكة التصريف المائية وهما:

أ. الجزء العلوي : يضم وادي المحمدي ووادي الحسني(*) اللذان يلتقيان في الأوســـط.

ب. الجزء الأدنى : المسمى بوادي الخربة(**) ويصب في بحر العرب عند منطقة فوه (مدينة المكلا).

خريطة رقم (2) الحوض المائي لوادي (المحمديين – الخربة)



) **الحو**

وادي ح

2. الأودية الفرعية لوادي الحسني (باحاج): يضم الأفرع الآتية وادي عضد وادي كلبوت والمدينب والصتن وادي النعر وادي الفيوش وادي مسقفه وادي خلخل.

) **الحوض الأدنى** : وادي الخربة ويشمل الروافد: وادي شقر، وادي شتار، وادي يكسى، وادي الهوبجه، ويمغر**(

المصدر: عمل الباحثان ، بالاعتماد على تحليل الصورة الرقمية الملتقطة بالأقمار الصناعية لنموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بواسطة البرنامج لنظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS 10.0)

جولوجية منطقة الدراسة :

تعُد دراسة جيولوجية الحوض وتركيب صخوره ونظام بناءها من الأسس المهمة لدراسة الحوض مورفومترياً وأثرها على تشكيل مظاهر سطح الارض ، واستخداماتها البشرية والأقتصادية.

يقع الحوض ضمن الجزء الرسوبي في جنوب شرق اليمن ، وتشير دراسة شركة (سوجريا) الفرنسية والخرائط والمسوحات الجيولوجية الأخرى ،[2] أن منطقة الدراسة تأثرت بالعديد من التراكيب البنيوية المصاحبة للأخدود الافريقي العظيم الذي نشأ عنه حوض البحر الأحمر وخليج عدن ومنها الانكسارات التي تقع بموازاة الانكسار الكبير لخليج عدن ، لذلك يجري الوادي في كثير من أجزائه العليا في وديان ضيقة وصدوع ذات صخور من أصل بركاني وأخرى رسوبي ، في أربع وحدات جيولوجية كالآتــي : [3]

- المجرى الأعلى للوادي يشتد فيه النحت الراسي ، لضيقه وشدة انحداره حتى ظهرت تكوينات الحجر الرملي والحجر الجيري التي تنبثق منها عدد من الينابيع المائية ، وإلى جانب ذلك يوجد أيضاَ بالمجرى الأعلى رواسب غرينية رقيقة وقاعه غير مستوية.
- على بعد (30) كم من البحر يتآكل الوادي حتى تظهر تكوينات المارل الجبسي الايوسيني ، وهنا يكون الوادي عريضاً ، ويكون السهل الأوسط الذي كان في الماضي مملوءاً بالغرين الخشن (*Coarse Alluvium*) لكن الآن معظمه قد تآكل ، وتشير الدراسات إلى أن هذا الجزء الأوسط يوجد به خزان جوفي .

---

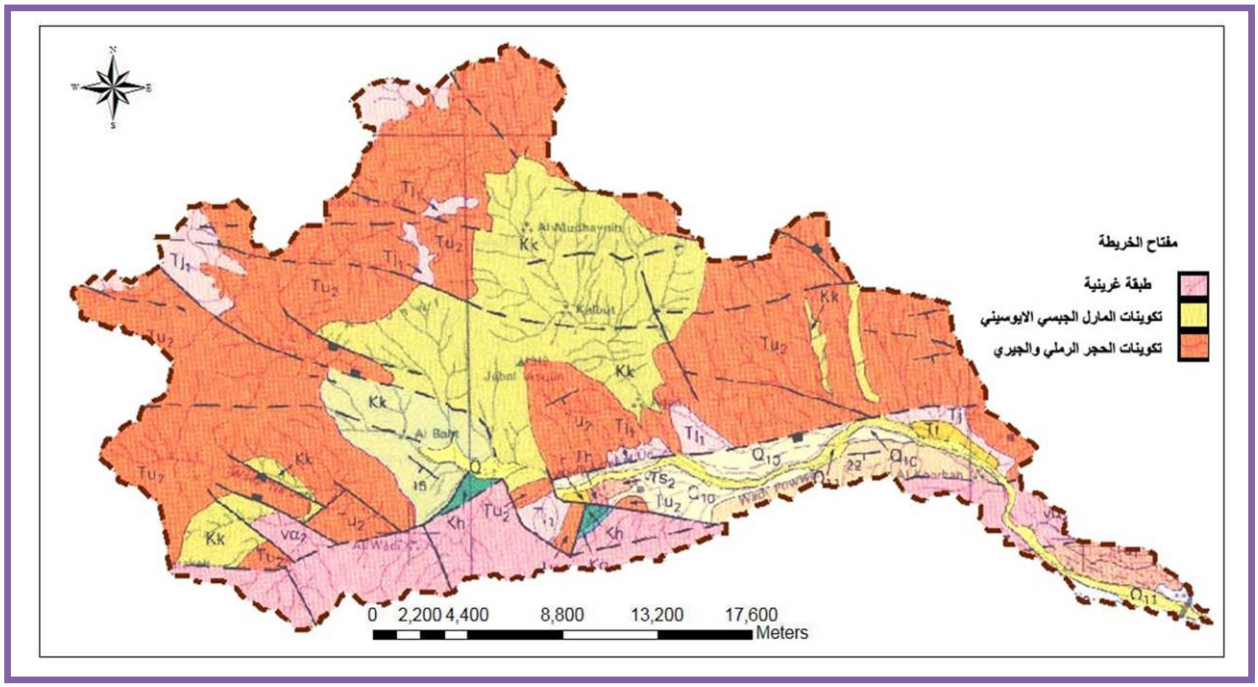
[2] Sogreah, Main Report-Assessment of Water Resources Potential for the Fuwah , Mukalla , Ghil-Bawazir , Shihir , Khird Areas, -Grnble – France (1980), p64

[3] Sogreah, Al mukalla Water Supply Rehabilitation project study Of The Artificial Recharge Of The Aquifers Underlying The Wadis Buwaysh, Khirba And Huwairah, Final Edition, (1985) , p37.

- على بعد (10) كم من البحر في منطقة الخربة يقطع الوادي طبقة بارزة من صخور الأساس التي يجري الماء فوقها مباشرة بعد أن تآكلت تماماً الطبقة الغرينية .
- في المجرى الأدنى من الحوض يكون الوادي ضيقاً نوعاً ما ويتسع بالقرب من منطقة فوه (المكلا) عند دلتاه في السهل الساحلي لبحر العرب . [4]

ويمكن القول أن الجزء الساحلي من الحوض يدخل ضمن التركيبات الجيولوجية للدرع العربي الجنوبي ، وصخوره تنتمي إلى مجموعة العمليات الباطنية المكونة للتضاريس اضافة إلى عمليات التعرية البحرية والقارية التي تقوم بدور كبير في تشكيل الدلتا والكثبان الرملية الساحلية .

خريطة رقم (3) التكوينات الجيولوجية في الحوض المائي



المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على ، الجمهورية اليمنية ، وزارة النفط والثروات المعدنية ، هيئة الاستكشافات المعدنية ، مشروع الموارد الطبيعية – خريطة جيولوجية المكلا ، مقياس الرسم 1 : 250.000

أولا: الخصائص المورفومترية للحوض:

أن دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي (المحمديين– الخربة) من خلال توظيف التقنيات الحديثة وما يتبعها من دراسة الخصائص التضاريسية وشكلية ومورفومترية شبكة التصريف

[4] الشعملي ، عوض عبد الله ، مرجع سبق ذكره ، ص32

للحوض المائي ، من خلال الأساليب الكمية والمعادلات الرياضية، لتقدير المخاطر التي تواجهه واثارها على مظاهر التنمية البشرية المختلفة في الحوض:

1: الخصائص الشكلية للحوض المائي :

ويقصد بها الأبعاد الهندسية للحوض مثل الطول والعرض والمساحة والمحيط...إلخ.[5] وهي جميعها متغيرات لها أهميتها وتأثيراتها المورفومترية على حوض التصريف المائي بل يمكن أن نقول إن هذه الخصائص تتناسب تناسباً طردياً مع حجم التصريف في الحوض ، وتشمل الآتي :

1-1 : مساحة الحوض *basin Area* :

تعتبر مساحة الحوض من أهم الخواص المساحية المستخدمة كثيراً في النماذج الهيدرولوجية وتستخدم في حساب الكثير من المقاييس المهمة مثل كثافة التصريف ونسبة الاستدارة .....الخ والتي تبلغ المساحة الإجمالية للحوض (505) كم^2.

2-1 : طول الحوض *basin length* :

يقصد بطول الحوض طول مسافة الخط المستقيم الذي يرسم بين أبعد نقطة على محيط الحوض والمصب. وقد تم قياس طول الحوض المائي عبر برنامج نظم المعلومات الجغرافية من خلال إجراء عمل (Snapping) على أن يكون طول الحوض موازياً للقناة الرئيسية اعتماداً على المرئية في تحديد طول الحوض، وتتوقف هذه الطرق على طبيعة قناة مجرى الوادي إن كانت متعرجة أو غير منتظمة أو مستقيمة، وعادة ما تستخدم طريقة قياس الطول الموازي لخط التصريف الرئيسي من نقطة المصب إلى أعلى نقطة في الحوض، وقد بلغ طول الحوض(48)كم

3-1 : عرض حوض التصريف *Drainage Basin Width* :

عرض الحوض هو معدل طول مجموعة من الخطوط المتعامدة على الخط المستقيم الذي يمثل طول الحوض ، وليس هناك عدد محدد لهذه الخطوط ، ويؤثر مقياس عرض حوض التصريف

[5] الجيلاني ، محمد عبد القادر ، المياه السطحية الموسمية ومشكلاتها في حوض وادي ميفعة . اليمن ، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الآداب ، جامعة عدن ، 2004، ص107.

على كمية التلقي من التساقط والجريان والتسرب والتبخر والنتح وكلما زاد عرض الحوض زاد ما يتلقاه من التساقط وبالتالي زاد الجريان السطحي ، وقد تستخدم عوضاً عن ذلك المعادلة التالية :

$$\text{عرض الحوض} = \frac{\text{مساحة الحوض (كم}^2\text{)}}{\text{طول الحوض (كم)}} = \frac{505 \text{ (كم}^2\text{)}}{48 \text{ (كم)}} = 10.5 \text{ كم} .$$

وقد بلغ عرض الحوض (10.5) كم وهذا يعني أن هناك زيادة في التساقط والجريان والتسرب وكذلك التبخر والنتح وذلك نظراً لزيادة عرض الحوض والذي بدوره أدى إلى زيادة الجريان السطحي .

1-4: محيط الحوض المائي *Basin Perimeter:*

طول محيط الحوض هو طول حدود الحوض المائي التي تفصله عن الأحواض المائية المجاورة ، وبتحديد محيط الحوض يتحدد شكله ومساحته إضافة إلى أن محيط الحوض هو متغير مستقل وأساسي في استخلاص الكثير من الخصائص المورفومترية الأخرى ، وقد بلغ محيط الحوض المائي (133) كم.

1-5 : معامل الشكل *Form Factor :*

ويظهر معامل الشكل العلاقة بين مساحة الحوض وطوله فكلما انخفضت النسبة بينهما اقترب شكل الحوض من المثلث ، ويكمن تأثير شكل المثلث في الوضع الهيدرولوجي للنهر على نظام التصريف فعندما يكون رأس المثلث في المنبع وقاعدته في المصب فإن التصريف في هذه الحالة سوف يبلغ ذروته بعد سقوط الأمطار مباشرة وذلك لقصر الفترة الزمنية لوصول موجة الفيضان من المنبع إلى المصب والعكس صحيح ، و يمكن الحصول على معامل الشكل من خلال قسمة مساحة الحوض بالوحدة المساحية المربعة على مربع طول الحوض بنفس الوحدة المساحية كما هو مبين أدناه : [6]

$$\text{معامل الشكل} = \frac{\text{مساحة الحوض (كم}^2\text{)}}{\text{مربع طول الحوض (كم}^2\text{)}} = \frac{505}{2(48)} = 10.52$$

[6] محسوب ، محمد صبري ، و الشريعي ، أحمد البدوي محمد ، الخريطة الكنتورية قراءه وتحليل ، دار الفكر العربي ، القاهرة 2005م ، ص227.

6-1 : نسبة الاستدارة *Circularity* :

ويقصد بها مدى اقتراب شكل الحوض من الشكل المستدير (الدائرة) ، فكلما اقتربت النسبة من الواحد الصحيح اقترب شكل الحوض من الدائرة مما يعني أن احتمالية خطر الفيضان عالية بسبب تزامن وصول المياه من الروافد إلى المجرى الرئيسي في وقت واحد تقريباً ، أما إذا ابتعدت النسبة من الواحد الصحيح ابتعد شكل الحوض عن الدائرة مما يقلل من احتمالية خطر الفيضان، ويتم حساب نسبة الاستدارة من خلال المعادلة الآتية :

$$\text{نسبة الاستدارة} = \frac{\text{مساحة الحوض } (\text{كم}^2)}{\text{مساحة دائرة محيطها يساوي محيط الحوض}} \cdot = \frac{505 \ (\text{كم}^2)}{876.5 \ (\text{كم}^2)} = 0.57$$

عند تطبيق المعادلة أعلاه على الحوض اتضح أنه يقترب من الاستدارة أكثر من غيره .[7]

7-1: نسبة الاستطالة *Elongation Ratio* :

وتعني مدى اقتراب شكل الحوض من الشكل المستطيل فكلما اقتربت النسبة من الواحد الصحيح اقترب شكل الحوض من شكل المستطيل والعكس صحيح وتحسب نسبة الاستطالة وفق المعادلة الآتية : [8]

$$\text{معامل الاستطالة} = \frac{\text{طول قطر دائرة مساحتها تساوي مساحة الحوض}}{\text{أقصى طول للحوض}} = \frac{876.5 \ (\text{كم}^2)}{48 \ (\text{كم}^2)} = \%18.2$$

وعند تطبيق المعادلة يتضح أن حوض وادي المحمدين – الخربة نسبة استطالته (18,2) أي ابتعد شكل الحوض عن الشكل المستطيل وهذه النسبة سوف تؤثر دون شك في المميزات الهيدرولوجية للحوض إذ تميل مجاري الرتب الدنيا إلى زيادة أعدادها التي تنعكس إيجاباً على طول

---

[7] حمدان، صبري محمد، بعض الخصائص المورفومترية للجزء الأعلى من حوض الرميمين وسط غرب الاردن باستخدام الطرق التقليدية وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية "دراسة مقارنة"، مجلة الأزهر ، العدد 2 ، المجلد 12 ، 2010م

[8] المومني ، لطفي ، الاستشعار عن بعد في الهيدرولوجي دراسة هيدرولوجية . حوض وادي الموجب الرئيسي في الأردن ، وزارة الثقافة ، عمان . الأردن 1997 ، ص125.

الوادي الرئيسي فتعمل على إطالته مما يجعل المسافة التي يقطعها الماء من المنبع إلى المصب أطول، وهذا يعني تناقص حجم التصريف بسبب زيادة الضائعات المائية عن طريق التبخر من جهة والتسرب من جهة أخرى ، وإن كان له جانب إيجابي يتمثل في زيادة فرص التغذية للخزانات الجوفية (أسفل الوادي).

1- 8: نسبة التفلطح *Lemniscate Ration* :

ويتم حسابها من قسمة مربع أقصى طول للحوض المائي (كم) على مساحة الحوض المائي (كم) مضروبة في (4) وذلك وفقاً لصيغة المعادلة التالية:

$$\text{نسبة التفلطح} = \frac{\text{أقصى طول للحوض المائي (كم)}}{\text{مساحة الحوض المائي(كم)} \times 4} = \frac{48\ (\text{كم})}{505\ (\text{كم}) \times 4} = 0.38\ \text{كم}$$

وهي نسبة التفلطح العامة للحوض المائي حيث تقترب من الشكل الدائري بمقدار النصف ، مما يدل على أن الحوض المائي ابتعد من الاستطالة وبذلك تتوافق نسبة التفلطح مع معامل الشكل والاستدارة التي تم الحصول عليها.

1- 9 : مقاطع الحوض :

هو عبارة عن رسم بياني تخطيطي يوضح شكل سطح الأرض ، وتكويناته بواسطة رسم مقطع طولي وعرضي بصورة أدق على نموذج الارتفاعات الرقمية (*DEM*) بهيئة (*Grid*) ضمن برنامج (*Global Mapper11*).

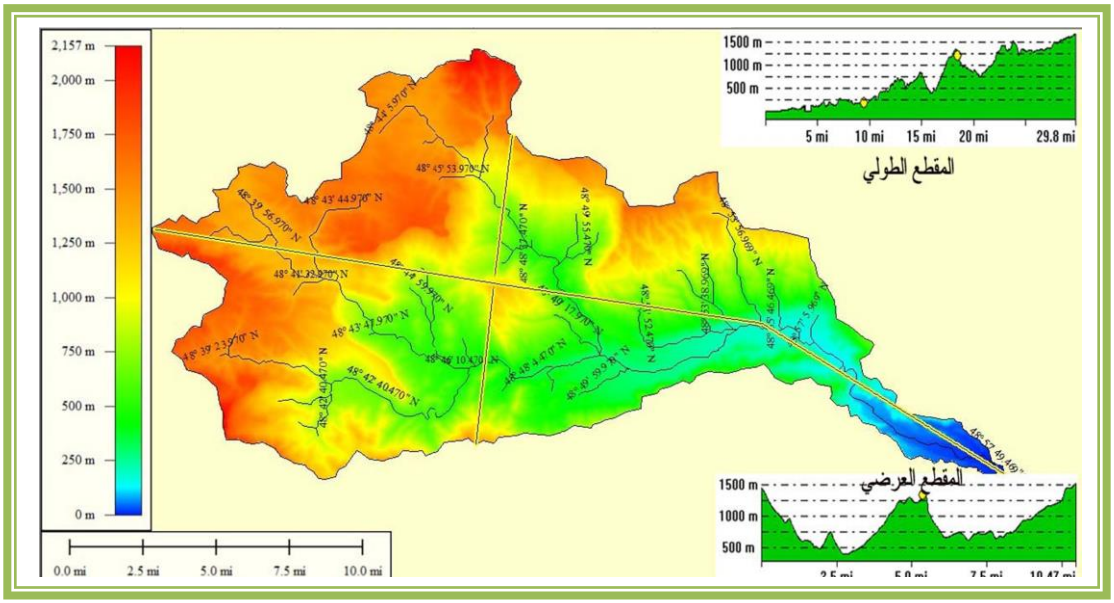
1-9-1 : المقطع الطولي للحوض (*Length of the basin*) :

يبدأ من أعلى نقطة في منابعه إلى أدنى نقطة في مصبه ، وتأتي أهمية هذا المقطع للتعرف على قيم الارتفاعات والانحدارات بالإضافة إلى المعوقات الطبيعية التضاريسية وتأثيرها على استخدامات الأرض على مستوى طول امتداد الحوض.

1-9-2: المقطع العرضي للحوض (*Width of the basin*) :

يقصد به المقطع الذي يمتد بين جانبي الوادي أي على عرض الحوض ومعرفة العمليات الجيومورفولوجية التي تجرى في ضيق وإفساحه للحوض من نحت وإرساب .

خريطة رقم (4) توضح المقطع الطولي والعرضي لحوض وادي المحمديين – الخربة



المصدر: عمل الباحثان، بالاعتماد على برنامج (Global Mapper14) في تحديد قطاعات الارتفاعات للحوض المائي اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM).

2 : الخصائص المورفومترية للشبكة المائية

هي الخصائص المورفومترية المتعلقة بنظام شبكة التصريف والتي نقصد بها خصائص مجموع روافد الأودية التي تكّون بتجميعها حوض تصريف وادي المحمديين – الخربة.

وتتوزع المجاري المائية في الحوض بشكل رتب كمثيلاتها من أحواض التصريف حيث تبدأ بروافد صغيرة وكثيرة تمثل الرتبة الأولى والتي تلتقي مع بعضها لتكون الرتبة الثانية وهكذا حتى نهاية الرتب. وتتلخص طرق رسم شبكة التصريف المائي لحوض وادي المحمدي في الأنواع التالية:

2-1: رتبة المجاري *Stream Order:*

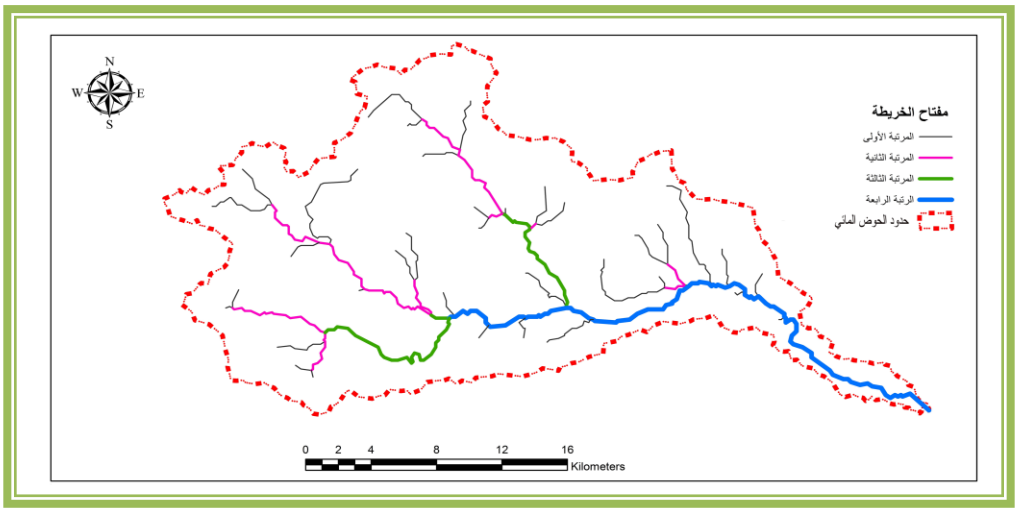
تتوزع المجاري المائية في الحوض بشكل رتب تقل عدداً وتزداد سعة من رتبة إلى أخرى حيث تبدأ بمجاري صغيرة وكثيرة تمثل الرتبة الأولى وهي تلتقي مع بعضها البعض لتكون الثانية التي تكون أقل عدداً وأكثر سعة من الأولى وتلتقي مع بعضها لتكون الرتبة الثالثة كما تلتقي روافدها لتكون الرتبة الرابعة إلى أن تكون آخر رتبة والتي تكون المجرى الرئيسي .

وهناك العديد من الطرق التي تستعمل في دراسة ترتيب المجاري ، ومنها طريقة سترايلر *Strahler* التي تعتبر من أكثر الطرق المورفومترية استعمالاً وتطبيقاً في نظم المعلومات الجغرافية نظراً لبساطتها وسهولتها في إجراء مقارنات بواسطتها للأحواض المائية. وتعطي هذه الطريقة القنوات الابتدائية التي لا رافد لها المرتبة الأولى وهذه هي القاعدة الأولى ، وعندما تلتقي قناتان من نفس الرتبة تنتج قناة من الرتبة التالية وهذه القاعدة الثانية ، والقاعدة الثالثة عندما تلتقي قناتان من رتبتين مختلفتين فالقناة الناتجة بعد نقطة التقائهما أسفل المنحدر ستكون استمراراً للقناة ذات الرتبة الأعلى ، وتكون رتبة الحوض برمته مساوية لرتبة المصب. ونلاحظ أن الحوض يحتوي على (4) رتب وهذا مؤشر على نشاط عملية التعرية وأن الوادي في بداية دورته التحاتية ، كما هي في الجدول الآتي:

جدول رقم (1) عدد اطوال ورتب الحوض المائي

الرتبة	العدد	الطول (كم)
1	35	85.757
2	15	39.257
3	7	20.935
4	12	37.050
الإجمالي	69	182.999

خريطة رقم (5) عدد الرتب لمجاري الحوض المائي



المصدر: عمل الباحثان ، بالاعتماد على تحليل الصورة الرقمية الملتقطة بالأقمار الصناعية لنموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بواسطة البرنامج لنظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS 10.0)

2-2: نسبة التشعب للمجاري المائية *Bifurcation Ratio* :

نسبة التشعب بهذا التحديد مؤشر على العدد اللازم من القنوات من رتبة معينة في المتوسط لدعم وجود قناة من الرتبة التالية ، ولأغراض المقارنة بين أحواض التصريف يمكن حساب نسبة التشعب للشبكة التصريفية كاملة بجميع رتبها وذلك عن طريق حساب متوسط نسب التشعب لرتب القنوات الموجودة في الشبكة فتكون هي نسبة التشعب للحوض بأكمله. وتكمن أهمية قياس نسبة التشعب لحوض التصريف في إظهار حجم العلاقة بين حجم التصريف ومعدل التفرع للمجاري المائية فكلما زاد خطر الفيضانات والسيول عقب سقوط الأمطار زادت كثافة التصريف في مناطق التجمع العليا. وتحسب نسبة التشعب وفق المعادلة الآتية :

$$\text{نسبة التشعب} = \frac{\text{عدد المجاري في رتبة ما}}{\text{عدد المجاري في الرتبة التي تليها}}$$

وتدل نسبة التشعب التي تتراوح بين (0.5 ــ 2.3) بأنها متباينة والتي تدل على عدم التجانس في التركيبة الصخرية الرسوبية من حيث الصلابة والمقاومة في عملية الحت المائي التي يتكون منها الحوض ، وحوض وادي المحمديين – الخربة سوف يكون أكثر خطراً من حيث سرعة وصول الفيضان لانخفاض نسب تشعبها (1.8) ، وهو إذا وصل الماء من الشعاب والمجاري المائية إلى المجرى الرئيسي.

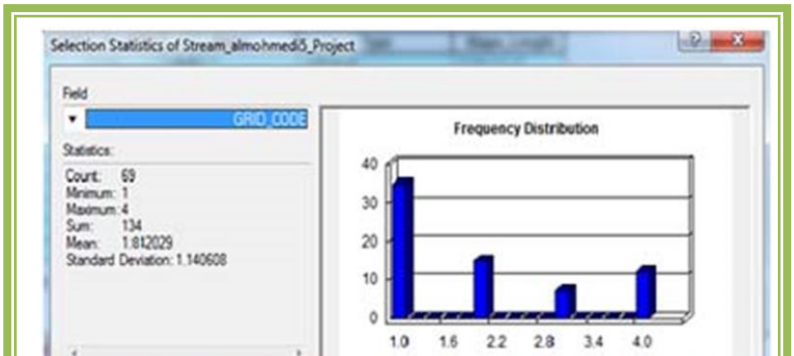
جدول (2) نسبة التشعب في الحوض المائي

الرتبة	عدد المجاري	نسبة التشعب
الأولى	**35**	**2.3**
الثانية	**15**	**2.1**
الثالثة	**7**	**0.5**
الرابعة	**12**	**-**
الاجمالي	**69**	**4.9**

2-3: متوسط نسبة التشعب *Bifurcation Ratio Mean :*

إن متوسط نسبة التشعب في نظم المعلومات الجغرافية تساوي تلقائياً (1.8) من الخصائص الإحصائية لجدول نسبة التشعب (*Statisties*) والتي تقتصر من البيانات الآتية (عدد الرتب ، أدنى قيمة لنسبة التشعب ، أعلى قيمة لنسبة التشعب ، مجموع نسبة متوسط نسبة التشعب ، الانحراف المعياري لنسبة التشعب) والشكل رقم (1) يوضح قيم تلك المعادلات الاحصائية من جدول شبكة التصريف في قاعدة بيانات الحوض المائي لوادي المحمديين – الخربة.

الشكل رقم (1) نافذة القيم الإحصائية لنسبة التشعب في قاعدة بيانات الحوض المائي



2-4: مجموع أطوال المجاري حسب الرتب *Stream Order Length* :

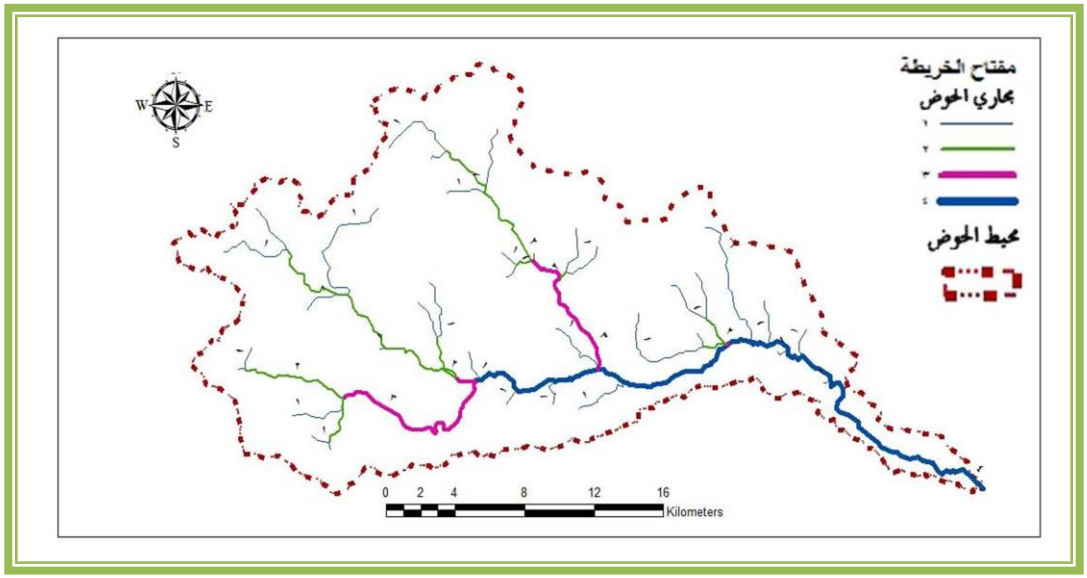
إن مجاري أنهار الرتبة الأولى لها في المتوسط اصغر طول ، في حين أن طول النهر يزداد مع زيادة رتبة المجرى النهري ، وقانون أطوال المجاري النهرية مجموع متوسطات أطوال المجاري النهرية من الرتب المتتالية تميل إلى تكوين متتالية هندسية تبدأ بمتوسط طول مجاري انهار الرتبة الأولى وتتصاعد تبعاً لنسبة طول ثابتة ، بحسب المعادلة التالية :

$$\text{معدل أطوال المجاري في كل رتبة} = \frac{\text{مجموع أطوال المجاري في الرتبة}}{\text{عدد المجاري في نفس الرتبة}}$$

جدول رقم (3) عدد ومجموع أطوال المجاري في الحوض المائي (وادي المحمديين – الخربة).

الرتب	عدد الروافد في كل رتبة	مجموع الأطوال (كم)	أقصر الروافد في الرتبة (كم)	أطول الروافد في الرتبة (كم)
1	35	85.757	0.328	8.006
2	15	39.257	0.380	6.254
3	7	20.935	0.092	11.231
4	12	37.050	0.398	12.794
المجموع	69	182.999	1.198	38.285

المصدر: مستخلص من الخريطة لشبكة التصريف المائي لنموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بواسطة البرنامج لنظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS 10.0)



خريطة رقم (6) يوضح رتب مجاري حوض وادي المحمديين – الخربة .

المصدر: عمل الباحثان ، بالاعتماد على تحليل الصورة الرقمية الملتقطة بالأقمار الصناعية لنموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بواسطة البرنامج لنظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS 10.0)

2-5: تكرارية المجاري *Stream Frequency :*

يقصد به العلاقة بين الجداول المائية لجميع الرتب لحوض معين إلى مساحة الحوض المائي ، وهي تدل بذلك على درجة تخدد الحوض بواسطة التعرية المائية ، وعلية فإن زيادة عدد المجاري بواسطة عملية التخدُّد عن طريق التعرية المائية يؤدي بالضرورة إلى زيادة أطوالها ومن ثم إلى ارتفاع كثافة التصريف ، ويمكن الحصول على تكرارية المجاري بالمعادلة التالية :[9]

$$\text{تكرار المجاري} = \frac{\text{عدد الروافد في الحوض}}{\text{مساحة الحوض (كم}^2\text{)}} = \frac{69}{505} = 0.13 \text{ كم}$$

وعند تطبيق المعادلة نجد أن تكرارية المجاري النهرية لوادي المحمديين – الخربة بلغت حوالي (0.13) أي يجري في الكيلومتر المربع الواحد أقل من نصف رافد / كم^2 وهي نسبة منخفضة

[9] أبو سمور ، حسن ، وحامد الخطيب ، جغرافية الموارد المائية ، الطبعة الأولى ، دار صفاء للنشر والتوزيع ، عمان ، 1999م ، ص26

جداً ويرجع ذلك لكبر مساحة الحوض وعرضه البالغ (10.520) كم وهذا يدل أيضاً على قلة الروافد الجارية وعدم وجود عوائق تقلل من سرعة جريان الماء سواء كانت طبيعية أو بشرية كعدم وجود غطاء نباتي كثيف وعدم وجود مصدات أو حواجز مائية تؤثر في سرعة المياه بالإضافة إلى توسع الوادي أفقياً وجوانب الوادي.

2-6: كثافة التصريف *Drainage Density :*

تعد كثافة التصريف مقياساً أساسياً للخصائص المساحية لحوض التصريف وللتحليل الهيدرولوجي وهي تعكس مدى كفاءة التصريف أو هي مقياس لمدى تقطع أرضية الحوض .

كما أن كثافة التصريف تعكس أثر الصخور والتضاريس والتربة والغطاء النباتي على شبكة التصريف المائي وتظهر كذلك مدى تأثير الإنسان على هذه الشبكة [10] وبالتالي فكثافة التصريف تؤثر في الجريان السطحي للمجاري المائية وتقلل من فترة التباطؤ وتزيد من الجريان السطحي وتعمل على كبر قمة المخطط المائي. [11]

$$\text{كثافة التصريف} = \frac{\text{طول المجاري المائية بجميع رتبها (كم)}}{\text{مساحة الحوض (كم}^2\text{)}} = \frac{182.999}{505} = 0.36$$

2-7: معامل التعرج النهري *Sinuosity index :*

ويحسب بالمعادلة التالية:

$$\text{معامل الانعطاف (التعرج)} = \frac{\text{طول المجرى الحقيقي (كم)}}{\text{طول المجرى المثالي (كم)}} = \frac{48 \text{(كم)}}{43.6 \text{(كم)}} = 1.10 \text{ كم}$$

---

[10] سعدي عبد الدليمي ، هيدرمورغرافية حوض وادي حقلان في منطقة الهضبة الغربية ، رسالة ماجستير غير منشورة . كلية الآداب جامعة البصرة ، العراق ، 2001م ، ص75 .

[11] عزيز ، محمد الخزامي ، نظم المعلومات الجغرافية اساسيات وتطبيقات للجغرافيين ، الطبعة الثالثة ، منشاة المعارف بالإسكندرية ، مصر ، 2004م ، ص476

كلما زادت النتيجة عن واحد صحيح زادت نسبة تعرج الوادي، وتعتبر هذه النسبة مؤشراً لمعرفة المرحلة التحتية التي يمر بها الوادي بالإضافة إلى قدرته على الإزاحة والحركة الجاذبية مما يؤثر على استخدامات الأرض ، وتكمن أهمية إيجاد هذا المعامل في معرفة مدى انعطاف المجرى وما له من تأثير على كمية المياه في ذلك المجرى ، حيث إنه كلما ازدادت درجة انعطاف الوادي ازدادت احتمالات التبخر والترشيح ، بينما تقل هذه الاحتمالات عندما تنقص درجة الانعطاف ، وذلك نتيجة سرعة الجريان ، ووصول المياه إلى منطقة المصب في فترة زمنية قصيرة.

3: الخصائص التضاريسية للحوض المائي

تتلخص أهمية دراسة الخصائص التضاريسية في أنها تلقي الضوء على نشاط عامل التعرية وقوته وتفسير الخصائص الحوضية الأخرى خاصة المساحية وخصائص الشبكة المائية ، وتعتبر المقاييس التضاريسية ضرورية لمعرفة مدى تضرَّس سطح حوض وادي (المحمدين – الخربة) وما لها من علاقة في معرفة كمية الجريان وقمته وتأثيرها على استخدامات الأرض ، وهي كالآتي :

3-1: الإرتفاع الأقصى *Maximum Elevation :*

وهو يمثل أعلى قيمة منسوب على خط تقسيم المياه، وقد تم تحديد أقصى ارتفاع على خط تقسيم المياه للحوض عن طريق بيانات المرئية الفضائية المقدرة بـ (2157) متر.

3-2: الإرتفاع الأدنى *Minimum Elevation* :

وهو أدنى منسوب على خط تقسيم المياه وهو يمثل نقطة المصب والتي تم تحديدها بقيمة(0) متر

3-3: المسافة الأفقية *Horizontal Equivalent* :

وهي عبارة عن المسافة المستقيمة التي تفصل بين نقطتين تمثلان (أقصى وأدنى ارتفاع على خط تقسيم المياه) في الحوض وتقاس في برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) عبر اداة (Measure) وتقدر نتيجة القياس التي تم تسجيلها من نقطة المنبع إلى المصب بحوالي (45335) متر.

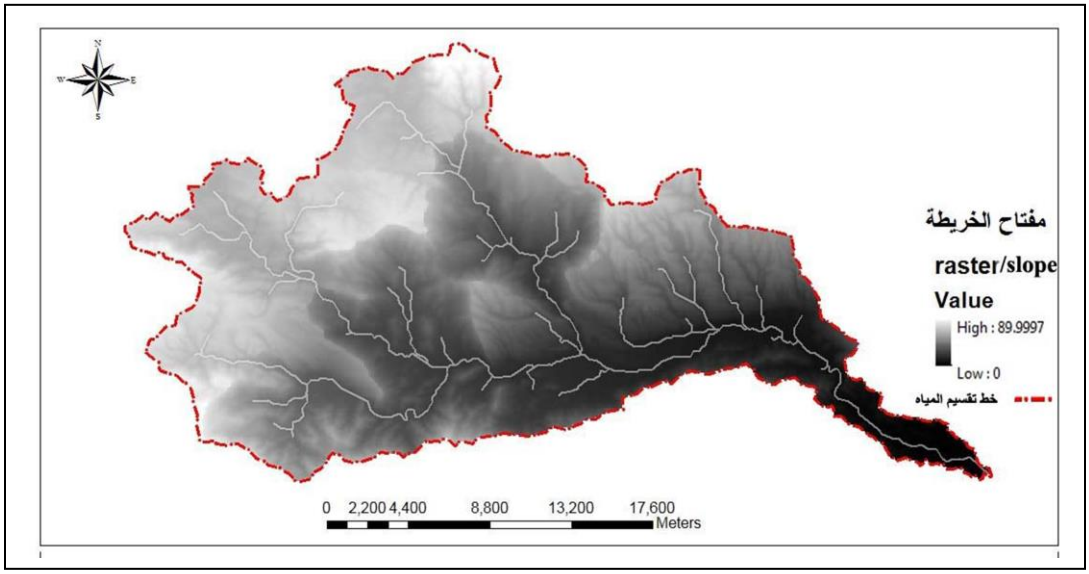
3-4: درجة الانحدار الحوض المائي *Degree of slope* :

يقصد بالانحدار انحراف أو ميل الأرض عن المستوى الأفقي ويكون الانحدار كبيراً كلما زاد الانحراف عن ذلك المستوى.

وتعد الانحدارات ذات أهمية كبيرة في الدراسات الجغرافية عامة والدراسات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية بصورة خاصة لأنها تسهم في تحليل المظاهر الجغرافية الطبيعية والبشرية وعلاقتها باستخدامات الأرض بأشكاله المختلفة كالعمران والطرق والزراعة ...الخ.

ويعتمد استخراج درجة انحدار الحوض المائي بصورة أدق على نموذج الارتفاعات الرقمية (*DEM*) بهيئة (*Grid*) ضمن أدوات التحليل (*Spatial Analyst Tools*) وخريطة رقم (7) توضح مرئية تحليل الانحدار (*Slope*) وهي مصنفة حسب المقياس الرمادي إلى أعلى قيمة انحدار والتي تمثل (89.9) وأدنى قيمة والتي تمثل (صفر).

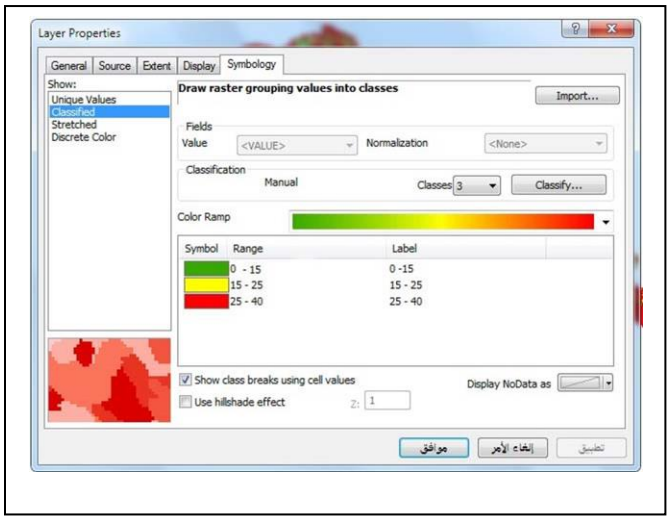
وخريطة رقم (7) توضح مرئية تحليل الانحدار (*Slope*)



المصدر: عمل الباحثان ، بالاعتماد على تحليل الصورة الرقمية الملتقطة بالأقمار الصناعية لنموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بواسطة البرنامج لنظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS 10.0)

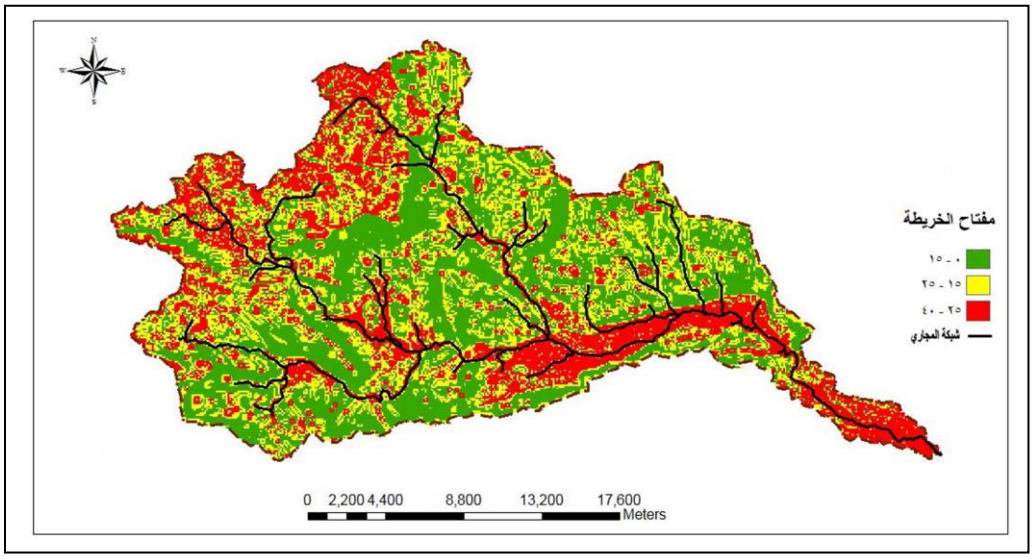
لذلك فإن البرنامج يقوم تلقائياً بتصنيف فئات الانحدار اعتماداً على أعلى وأدنى درجة انحدار معطية لكل فئة رمز لوني نوعي اعتماداً على القيمة الكمية لدرجة الانحدار ، كما هو موضح في الشكل رقم (2) والخريطة رقم (8) الآتيين :

الشكل رقم (2) نافذة تصنيف فئات الانحدار في الحوض المائي



ومن خلال تصنيف وترميز فئات درجات الانحدار تم معرفة تصنيف درجة الانحدار إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي (الانحدار البسيط أو الخفيف – الانحدار المعتدل أو المتوسط – الانحدار الشديد) كما هو موضح في الخريطة الآتية:

وخريطة رقم (8) توضح تصنيف فئات الانحدار في الحوض المائي



المصدر : عمل الباحثان ، بالاعتماد على تحليل الصورة الرقمية الملتقطة بالأقمار الصناعية لنموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بواسطة البرنامج لنظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS 10.0)

3-5: مساحة الانحدار *Slope Areas* :

ونقصد بها حساب مساحة فئات درجة الانحدار من مجموع المساحة الكلية للحوض ، وذلك لمعرفة ما تمثله مساحة كل فئة من فئات الانحدار بالنسبة لمساحة الانحدار الكلي للحوض المائي ، لغرض معرفة مدى صلاحية تلك الأراضي وأثرها على استخدامات الارض في الحوض المائي.

وكذلك تفيد معرفة مقدار تلك المساحات في الخطط التنموية المستقبلية لتطوير الحوض من قبل الجهات المعنية التي تسعى إلى تأهيل المنطقة في مختلف استخدامات الأرض أو الانشطة المختلفة وعلى رأسها النشاط الزراعي وشبكة الطروقات ...الخ.

جدول رقم (4) قياس مساحات فئات درجة الانحدار.

الرقم	فئة الانحدار	المساحة كيلومتر	النسبة المئوية للانحدار	تصنيف الانحدار
1	5<	17.46	3.45	انحدار خفيف جداً
2	15-5	80.38	15.90	انحدار خفيف
3	25-15	75.96	15.03	انحدار متوسط
4	40-25	92.22	18.25	انحدار شديد

5	< 40	239.39	47.37	انحدار شديد جداً
المجاميع		**505.41**	**100**	

المصدر: مستخلص من نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بواسطة الاداة فيSlope – Service – Toolbox للبرنامج لنظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS 10.0)

3-6: التضاريس القصوى للحوض المائي *Maximum Basin Relief* :

تبرز أهمية تضرَّس الحوض باعتباره عنصر مورفومتري له انعكاس على زيادة فعالية ونشاط عمليات التعرية وأثرها في تشكيل سطح الأرض داخل حدود الحوض كما يعد انعكاساً لاستخدامات الأرض في ذلك الحوض ، ويتم حسابه من خلال الفرق بين أعلى نقطة على خط تقسيم المياه وأدنى نقطة والذي يُعرف بقيم التضرس الكلي أو القصوي للحوض المائي .

التضرس الكلي للحوض = 2157 ـ 0 = 2157

إذن بلغ التضرس الكلي للحوض حوالي 2157 متر

3-7: نسبة التضرس للحوض المائي *Relief Ratio :*

وهي نسبة الفرق بين أعلى وأدنى منسوب في الحوض بالمتر إلى طول الحوض بالكيلومتر.[12] يرتبط تضرَّس الحوض بمناخ وجيولوجية المنطقة وبنوعية الصخور في حوض التصريف وباستجابات هذه الصخور لعمليات التعرية النشطة في حوض الوادي .

[12] جلال عبده إبراهيم عثمان ، حوض وادي ورزان دراسة في جغرافية الموارد المائية ، رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير ، كلية الآداب جامعة البصرة 2001م ، ص74

وتفيد دراسة نسبية التضرَّس في معرفة مدى تضرس الأحواض لما له من علاقة بالعمليات الجيومورفولوجية السائدة في هذه الأحواض ، وتنخفض نسبة التضرس في الأحواض ذات المساحة الكبيرة والعكس ، وتدل القيمة المرتفعة لنسبة التضَّرس على شدة النحت والجريان في الحوض. وذلك حسب الصيغة المعادلة التالية:

$$\text{نسبة التضرس} = \frac{\text{أعلى ارتفاع (م) ـ أدنى ارتفاع (م)}}{\text{أقصى طول الحوض (كم)}} = \frac{\mathbf{2157}\text{(م)}}{\mathbf{48}\text{(كم)}} = 44.9 \text{ متر لكل كيلومتر}$$

وقد وصلت نسبة التضرس في الحوض = (44.9 م/كم) وهي نسبة كبيرة ، وذلك بسبب تأثر المنطقة بالحركات التكتونية وعدم تشابه التكوينات الجيولوجية في منطقة الحوض كما أن نسبة التضرس تدل على أن موجة الفيضان تصل إلى المصب بشكل سريع على الرغم من طول الحوض وعرضه ، وذلك لأن شكل الحوض الذي يقترب إلى المثلث عمل على سرعة وصول موجة الفيضان إلى المصب وقد عكست هذه النسبة نفسها على حجم الرواسب المنقولة بفعل الأمطار بالإضافة إلى إنتشار الغطاء النباتي في المراتب العليا والوسطى من الحوض.

3-8: معامل التضرس للحوض المائي *Relief index* :

ويحسب من خلال قسمة مساحة الحوض المائي (كم) على أقصى طول الحوض (كم) وذلك حسب الصيغة المعادلة التالية: [13]

$$\text{معامل التضرس} = \frac{\text{مساحة الحوض المائي (كم)}}{\text{أقصى طول للحوض المائي (كم)}} = \frac{\mathbf{505}\text{(كم)}}{\mathbf{48}\text{(كم)}} = 10.5 \text{ كم}$$

3-9: التضرس النسبية للحوض المائي *Relative Relief* :

ويتم حسابها من خلال قسمة التضرس الكلي (م) والذي يمثل (فارق بين أقصى نقطة وأدنى نقطة على خط تقسيم المياه) على محيط الحوض المائي (كم)، وذلك حسب صيغة المعادلة التالية:

---

[13] النشوان، عبدالرحمن بن عبدالعزيز، الخصائص المورفومترية لحوض شعيب تمرة في محافظة السليل ، مجلة جامعة حضرموت ، العدد 1 ، المجلد 15 ، حضرموت – اليمن ، يونيو 2018م، ص194

$$\text{التضاريس النسبية للحوض المائي} = \frac{\text{التضاريس القصوى للحوض المائي (م)}}{\text{محيط الحوض المائي (كم)}} = \frac{\mathbf{2157}\text{(م)}}{\mathbf{133}\text{(كم)}} = 0.02 \text{ م}$$

3-10: قيمة وعورة التضاريس للحوض المائي *Ruggedness* :

وتحسب من خلال ضرب التضرس الكلي بالمتر والذي يمثل (فارق الارتفاع بين أقصى نقطة وأدنى نقطة على خط تقسيم المياه) بالكثافة التصريفية بالكم^2 ، وذلك حسب صيغة المعادلة التالية: (14)

$$\text{قيمة الوعورة} = \frac{\text{كثافة التصريف} \times (\text{الفرق بين أعلى وأدنى منسوب في الحوض})}{\text{طول الحوض}}$$

$$\text{قيمة الوعورة} = \frac{\mathbf{2157} \times \mathbf{0.36}}{\mathbf{48}\text{(كم)}} = 16.2$$

وتوضح درجة تقطع سطح الحوض الناتج عن نحت المجاري المائية ، وتفيد الدراسة المورفومترية للوعورة بما يتصل بدرجة تصرف الفيضان.

ثانيا : اثر الخصائص المورفومترية على استخدامات الأرض في الحوض

من أجل دراسة أثر الخصائص المورفومترية على أنواع استخدامات الأرض في الحوض تم الاعتماد على تقنيات الاستشعار عن بعد *Remote Sensing* ، وهو علم يبحث في وسائل الحصول على البيانات والمعلومات ، الذي يقوم برصد ومراقبة الأرض من ارتفاعات عالية جداً بواسطة الأقمار الصناعية ، ومنها الصورة الجوية الرقمية *Image* لعام 2014م ذات المقاس (1:200.000) وإدخالها إلى برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ، لإجراء كافة القياسات والتحليلات للظواهر الجغرافية الأرضية لاستخدامات الأرض في الحوض ، كما هو موضح في الجدول الآتي :

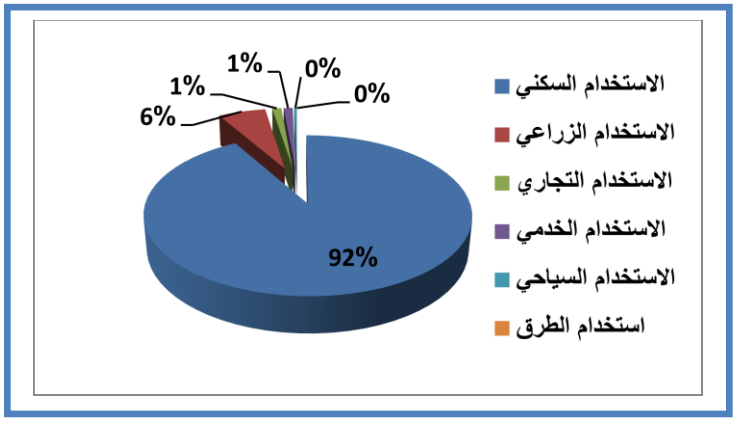
جدول رقم (5) مساحة استخدامات الأرض في الحوض المائي .

(14) الدليمي ، خلف حسين ، التضاريس الأرضية "دراسة جيومورفولوجية عملية تطبيقية" ، الطبعة الأولى ، دار الصفاء للنشر والتوزيع – عمان 2005م ، ص270

ـه	استخدامات الأرض	الجزء الأدنى من الحوض				الجزء الاعلى من الحوض				إجمالي الحوض			
		عدد	%	الهكتار	%	عدد	%	الهكتار	%	عدد	%	الهكتار	%
1	الاستخدام السكني	4683	91.4	28179	90.5	879	88.3	79809	89.9	5562	90.9	107988	90.1
2	الاستخدام الزراعي	19	0.4	1763	5.7	55	5.5	4989	5.6	74	1.2	6752	5.6
3	الاستخدام التجاري	368	7.1	204	0.7	12	1.2	1089	1.2	380	6.2	1293	1.1
4	الاستخدام الخدمي	41	0.8	773	2.5	29	2.9	2633	2.9	70	1.2	3406	2.8
5	الاستخدام السياحي	8	0.2	186	0.6	2	0.2	180	0.2	10	0.2	366	0.3
6	استخدام الطرق	2	0.1	5.62	0.01	19	1.9	7.65	0.2	21	0.3	13.27	0.1
7	استخدام التعدين	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	الاستخدام الرعوي	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	الإجمـــــــالي	5121	100	31110	100	996	100	88707	100	6117	100	119818	100

المصدر: مستخلص من الخريطة الآلية لشبكة التصريف المائي لنموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بواسطة البرنامج لنظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS 10.0)

شكل رقم (3) نسبة استخدامات الأرض في الحوض المائي .



المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على جدول رقم (4)

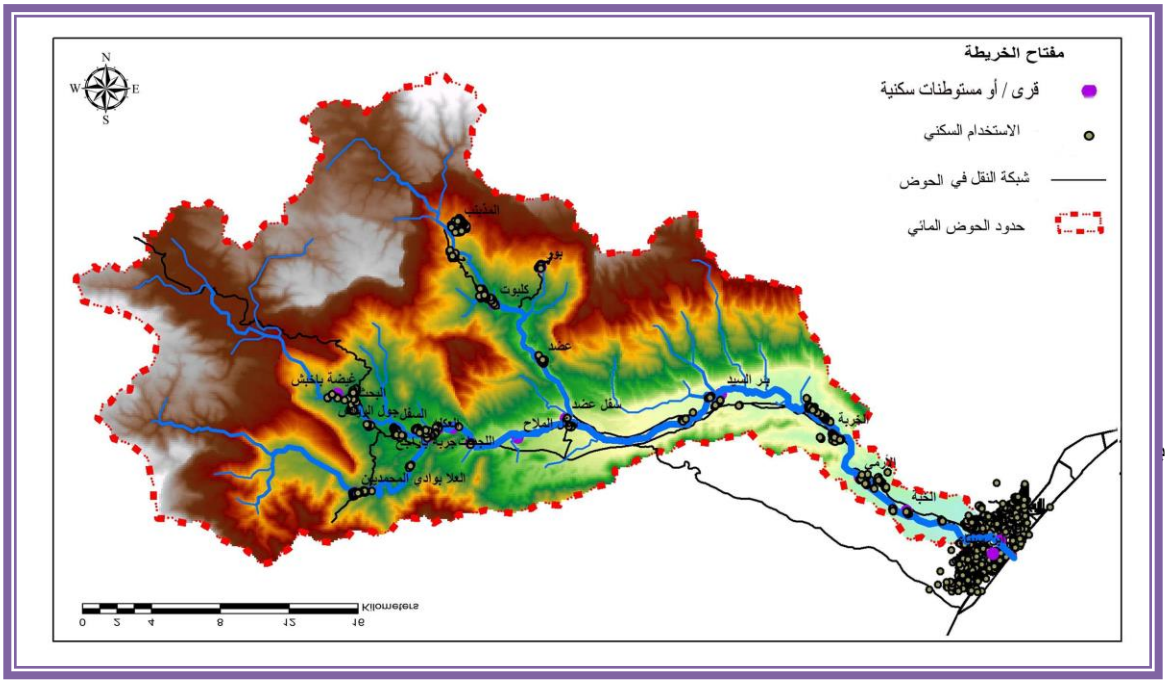
وتصنف استخدامات الأرض في الحوض الى الأنماط الآتية:

2-1: الاستخدام السكني :

تختلف المستوطنات السكنية في أحجامها وكذلك في شكل امتداد وحداتها السكنية [*] في منطقة الدراسة فمنها ما تتخذ أشكالاً مبعثرةً أو منتشرةً كما هو مبين في وسط وأعلى الحوض مثل منطقة وادي المحمديين (السفل ، البحث ، العلا ، وجول الرياض...الخ) ومنطقة وادي باحاج (عضد، كلبوت، بوَّر، المذينب) ، (ومنطقة الخربة واللرمي والخبه) ولكنها في الاصل على شكل تكتل في مستوطنات صغيرة أو منعزلة حيث تمتد مبانيها على جانبي الطريق وفروع الأودية والقنوات المائية ، وتبلغ هذه الوحدات (1182) مسكناً ، بينما تتقارب الوحدات السكنية في أقاليم أخرى أي في أدنى الحوض المائي أو المحيط بدلتاه مكونةً نمطاً متجمعاً في (منطقة فوة) التي تشكل عدد مبانيها حوالي (4380) مسكناً من الإجمالي الكلي لمساكن الحوض البالغ (5562) مسكناً، بمساحة تقدر بحوالي (107988) هكتار ، حيث تشكل النسبة (90%) من الإجمالي الكلي لمساحة استخدامات الأرض في الحوض البالغة (119818) هكتار ، إلى جانب الأنماط السكنية السابقة الذكر هناك حركة التجمعات البدوية المتنقلة وهي حركة تتبع مواسم الأمطار أينما وجدت في أجزاء الحوض.

ولشدة تضرَّس المنطقة ووعورتها أثر كبير على محدودية انتشار الوحدات السكنية في الحوض ، كما أن شكل الحوض يقترب من الشكل المثلث ، ولهذا يتصف الحوض بسرعة وصول الموجات الفيضانية وخطورتها ، نتج عنه عدم السكن قرب ضفاف الوادي والذي تتوفر فيه مساحات قليلة الوعورة نسبياً.

خريطة رقم (9) الاستخدام السكني في الحوض المائي



المصدر: عمل الباحثان ، بالاعتماد على تحليل الصورة الرقمية الملتقطة بالأقمار الصناعية لنموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بواسطة البرنامج لنظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS 10.0)

2-2: طرق النقل :

تخلو منطقة الحوض من الطرق المعبدة الرئيسية ، وتنتشر في معظم أجزائه الطرق الترابية والحصوية البالغ عددها (21) طريق بطول (132) كيلومتر والتي توجد بها بعض الممرات الصعبة والانحدارات الشديدة ومخاطر انزلاقات الكتل الصخرية ، وهناك مشروع للعمل في المسح والسفلتة لطرقات شبكة النقل والمواصلات مازال قيد التنفيذ لربط مدينة المكلا بكافة المستوطنات المتواجدة في ضواحي أجزاء الحوض المائي ، لتسهيل كافة الخدمات التنموية بين المدينة والريف.

إلى جانب ذلك يوجد هناك طريق ترابي يمتد من الشريط الساحلي بالقرب من منطقة فوه (المكلا) وهو يتفادى الحوض جنوباً حتى يصل إلى المجرى الأوسط تجنباً للسيول الفيضانية التي تحدث في مواسم الأمطار ومياه العيون الغيلية الجارية وتأثيرها على طرق مواصلات النقل في المجرى الأدنى عند منطقة الخربة [15]، وهناك طريق أخرى جاري العمل فيها في الجهة الجبلية من جهة الشمال لمنطقة الخربة ، كما هو موضح في الخريطة رقم (9) اعلاه.

وأيضاً يعود إلى ذلك سبب تقطع منطقة الدراسة بشبكة من الأودية والمسيلات المائية والتي بلغ عددها (69) وادٍ موزعةً على أربع مراتب نهرية يصل مجموع أطوالها (182) كم ، كما أن ارتفاع

[15] بارشيد ، محمد عوض ، المحمدي، عمر سالم، الأعاصير وأثرها في ساحل حضرموت ، مجلة جامعة حضرموت ، المجلد (14) ، العدد (1) ، حضرموت – اليمن ، يونيو 2017م ، ص239

نسبة تضرَّس الحوض وكذلك ارتفاع معدل نسيج الحوض كان له الأثر الكبير اقتصادياً في عدم إمكانية مد طرق النقل البالغة مساحتها نحو (13.27) هكتار في كل أجزاء الحوض.

2-3: الاستخدام الزراعي :

من الواضح أن الزراعة وتربية الأغنام هي العمل الرئيسي لسكان هذا الحوض ، وإن الاستخدام الزراعي في هذا الحوض يتركز بشكل محدود في بعض المواقع والقرى الاستيطانية ذات التربة الخصبة وعيون المياه الجارية ، التي تنتج بعض المحاصيل الزراعية مثل (أشجار النخيل والموز والحمضيات (الليم الحامض) والمانجو، والدخن والذرة ..الخ) ، إلى جانب جزء محدود من المساحات الزراعية (الشروج) تروى بمياه الأمطار السيلية والجوفية عن طريق الآبار التي تقدر بنحو (63) بئر ومنها (52%) بئر ارتوازياً في الحوض. [16]

ويقدر إجمالي مساحة الاستخدام الزراعي بحوالي (6752) هكتار بنسبة (5.6%) من استخدامات الأرض ، أما بقية أراضي الحوض فهي غير صالحة للزراعة ، وذلك بسبب شدة التعرية المائية التي تعد من أهم المحددات لاستخدامات الأرض زراعياً والتي جاءت بسبب تضرَّس المنطقة ووعورتها وتقطعها بالأودية والمسيلات.

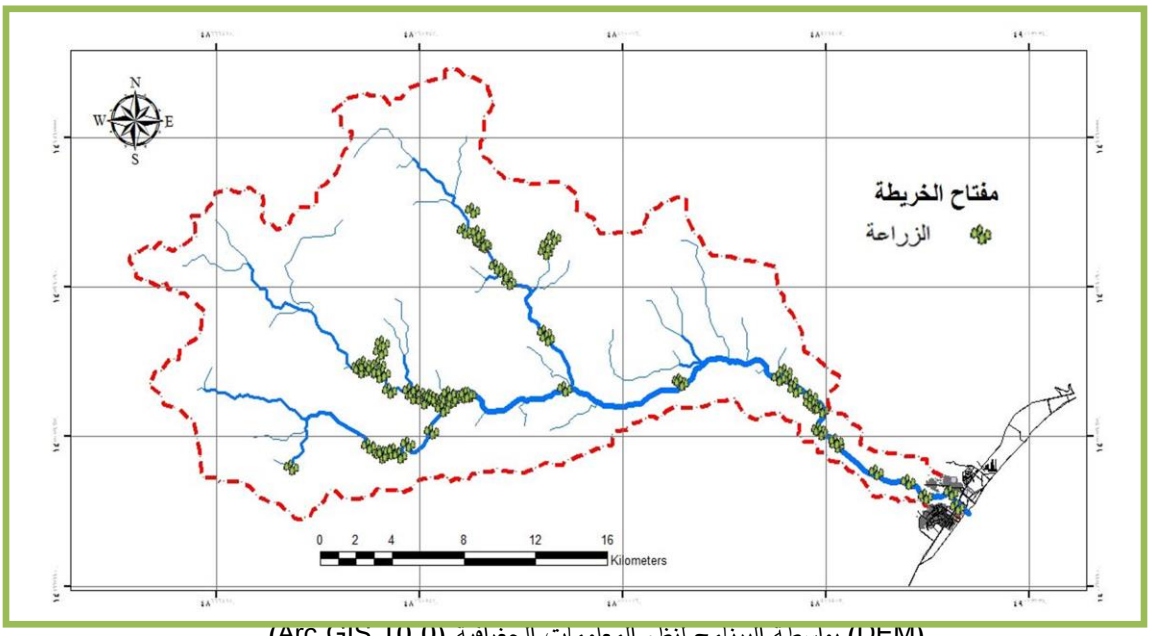
كما أن مجرى الحوض الأعلى يتميز بضيق أوديته وسرعة جريانه خلال موسم الأمطار بعكس الجزء الأدنى ، لذلك فإن عملية التعرية فيه هي الغالبة على عملية الترسيب مما كان له الأثر في عدم تكوَّن الترب بسمك ملائم لنمو المحاصيل الزراعية، كما أن نسيج التربة الثقيلة تعد عامل آخر محدد للزراعة في المنطقة لذلك اقتصرت الزراعة فيها على مساحات قليلة تتمثل بالمراوح الغرينية الخصبة في جزئه الأدنى ، وتقل سمك طبقة الغرين كلما اتجهنا من المجرى الأدنى للوادي نحو المجرى الأعلى حيث يبلغ سمك الطبقة الغرينية في مدينة فوه الواقعة على مصب الوادي نحو (12) متر أما على بعد (4) كم من البحر فيصل سمك الطبقة الغرينية (8) أمتار.[17]

خريطة رقم (10) توضح الاستخدام الزراعي في الحوض

---

[16] Assessing Aquifer Opportunities for Actions In Yemen ,Wadi Fuwwah / Khirba , Well And spring Inventory , For The National Water Resources Authority,Final Report (2010),OP.Cit,p.11.

[17] Sogreah, Main Report-Assessment of Water Resources Potential for the Fuwah , Mukalla , Ghil-Bawazir , Shihir , Khird Areas, -Grnble – France (1980),OP.Cit,p33



(DEM) بواسطه البرنامج لنظم المعلومات الجغرافيه (Arc GIS 10.0)

2-4: الاستخدام التجاري :

يتركز الاستخدام التجاري في الحوض المائي بحوالي (380) موقعاً تجارياً بمساحة تقدر بـ (1293) هكتاراً والتي تشمل المحلات التجارية بالمفرد (الدكان – البقالة) وتتوزع بشكل مبعثر في معظم المستوطنات الريفية في الحوض المائي ، لأن معظم سكان المنطقة اعتمادهم بشكل رئيسي في التسوق (التموين) من مدينة المكلا بالجملة وخاصة الاحتياجات الرئيسية من المواد الغذائية ليكفيهم فترة أطول ، بسبب قلة مواصلات النقل ولتضرَّس المنطقة ووعورتها.

إلى جانب ذلك يعتبر الانتاج الزراعي والحيواني جزءاً من الأنشطة الاقتصادية المهمة التي تخدم منطقة الدراسة شأنها في ذلك شأن غيرها من المناطق ، ومعظم هذا الانتاج يورد إلى مدينة المكلا المتمثلة في المحاصيل الزراعة (التمور ، والمانجو ، والليم الحامض، البرتقال البلدي ، والتبغ ، الباباي ، الموز). والثروة الحيوانية (الاغنام والماعز) ، وخلايا النحل.

2-5: الاستخدام الخدمي :

هناك توجد بعض الاستخدامات الخدمية مثل (مدارس ومراكز صحية ومساجد ومقابر) والتي تقدر بحوالي (70) موقعاً خدمياً وتتوزع مكانياً في المستوطنات أو التجمعات السكنية الريفية في

منطقة الدراسة بمساحة إجمالية تقدر بحوالي (3406) هكتار. حيث تتوزع أنواع الاستخدامات الخدمية في الحوض على النحو الآتي :

- الاستخدام التعليمي : يشمل عدد (7) مدارس ، بمساحة تقدر بـ (637.37) هكتاراً.
- الاستخدام الصحي : يشمل عدد (5) مراكز صحية ، بمساحة بـ (455.95) هكتاراً.
- الاستخدام الديني : يشمل عدد (25) موقعاً بمساحة تقدر بـ (2282)هكتاراً ، منها عدد (15) مسجداً بمساحة (1370.78) هكتاراً ، وعدد (10) مقابر بمساحة تقدر (911.34) هكتار.

2-6: الاستخدام السياحي :

ويتمثل في الحصون والقلاع الأثرية التاريخية وكذلك الأسوار الحربية الدفاعية ، ومساجد وأضرحة وقباب لرجال دين حيث كان يعمل لهم احتفالات أو زيارات دينية سابقاً ، إلى جانب بعض المواقع السياحية التي تتركز في بعض أجزاء الحوض ذات المناظر الطبيعية الزراعية التي تنتشر فيها مياه العيون الجارية ، والتي تقدر مساحتها بحوالي (366) هكتار وتتباين تلك المساحة للاستخدام من منطقة لأخرى ومعظم تركزه في وادي المحمدي ووادي الحسني ومنطقة الخربة التي تنتشر فيها مساحات من الموارد الزراعية والمياه الجارية ولكن بدت هذه المساحات تتناقص بسبب الفيضانات المائية في الحوض.

2-7: المراعي :

يغطى سطح الحوض في بعض أجزاه بغطاء من النباتات والأشجار الطبيعية المختلفة التي تؤهلها أن تكون منطقة رعي جيدة وخاصة في موسم الأمطار ، منها نباتات القرض *Acacia etbaica* والقتاد ، واللبّان والعشَّرق والدمعة والبشام وبعض النبات العشبية الصغيرة التي تتركز في أجزاء المراتب والروافد الجبلية العليا من اطراف الحوض.

أما النباتات والأشجار التي تنتشر في بطون الأودية السيلية مثل الغلب أوالعريط والسدر والسمر *Acacia raddiana* والراك والعشر *Calotropis procera* إلى جانب بعض النبات الصغيرة كالحرمل *Peganum harmala*، أما في أدنى الحوض تنتشر بكثرة أشجار المسكيت (السيسبان). وقد ساهم في زيادة انتشار الاشجار والنباتات الطبيعية سقوط كمية من الامطار السنوية تتراوح ما

بين (50 – 200) ملم لذلك تنتشر فيها النباتات والحشائش الطويلة والمتوسطة والقصيرة ، وتعد منطقة رعي جيدة ، لأنها غنية بالنبات الطبيعي ومعظم نباتاتها مرغوب فيها من قبل الحيوانات (الاغنام والماعز والأبقار والجمال وخلايا النحل) ، إذ تحتل الأغنام والماعز المرتبة الأولى حيث تشكل نسبتها (80%) من العدد الإجمالي للمواشي في الحوض ويبلغ ما تملكه الأسرة الواحدة من الاغنام يصل الى (100) راس كحد أدنى و(350) راس كحد أعلى إلا أن عدد القطعان يظل يتأرجح بين الزيادة والنقصان تبعاً لتغير الظروف المناخية بين الرطوبة والجفاف للمراعي في المنطقة.

2-8: الثروات المعدنية : تنتشر في منطقة الحوض أنواع من المعادن وهي كالآتي :

2-8-1: النحاس والحديد:

يعتبر من أهم المعادن الفلزية والذي يدخل في الصناعات بأنواعها المختلفة ، ويوجد ضمن تكوينات المكلا ومجموعة الطويلة والغبر ، وينتشر في الجزء الجنوبي الغربي من الحوض الأعلى أي بالقرب من جبل الظلوم أو جبل سويدان والدعلية وبنسبة تحتوي على (44.8%) من الحديد و(5.7%) من النحاس. [18]

2-8-2: الرصاص والزنك :

ويوجد على شكل نماذج تمعدنية وعروق مائلة في شقوق الأرض ، وتنتشر في أطراف الجزء الأوسط للحوض في جهة الجنوب القريب من وادي مدَّن ، ولم يجرِ مسح لهذه المعادن لمعرفة كمياتها حتى الوقت الحاضر .

2-8-3: الذهب :

يتركز الذهب في نطاق التجمعات السكنية لحوض وادي المحمديين ، أي بالقرب من أطراف الجزء الأوسط للحوض باتجاه الجنوب في (جبل الظلوم والحاضنة ووادي مدَّن) ، ويوجد موقع الذهب

[18] يسر ، يحيى محمد ، الدراسات الجيولوجية في محافظة حضرموت ، ورقة عمل مقدمة إلى المؤتمر العربي التاسع للثروات المعدنية ، هيئة المساحة الجيولوجية والثروات المعدنية بجدة ، 30/10-11/1، 2006م، ص21

في جوانب الأودية في عدة أقدام من العروق المكشوفة ، وهذه العروق هي عبارة عن *Quarty Calcite* مع تواجد *(Chalcopyrite, Chalcocite, Malachite and Vispel Gold)* .

وتعد أول شركة قامت بالمسح الميداني للاستكشاف والتنقيب في هذا النطاق بمساعدة هيئة الاستكشافات المعدنية والمهندسين الجيولوجيين اليمنيين هي شركة هنتج البريطانية في عام 1978م. ثم توالت عدة شركات منها : شركة مينورا الكندية عام 1998م [19] ، وشركة من جنوب أفريقيا. ثم شركة روسية مقرها الامارات وهي لازالت تدرس الوثائق الخاصة بكل الاعمال السابقة.

ويقدر الاحتياطي الخام عام 2010 من الذهب (678000) طن بدرجة (15) جم/ طن ذهب ، و (11) جم / طن فضه ، أي حوالي (10) طن ذهب ، (6) طن فضه.

2-8-4: أنواع الصخور : توجد بعض أنواع الصخور في هذا الحوض وهي كالآتي :

- الكوارتزيت *Quartzite*.
- سلتون *Sillstone* .
- ارجليت *Argillite*.
- لمستون *Limeston*.
- شـــال *Shale*.

2-8-5: احجار الرخام والجبس :

وهناك تتركز مواقع كثيرة في منطقة الدراسة ، ومنها الحجر الجيري الشبة الرخامي خلف منطقة فوه والذي يستخدم في عمليات الديكور والبناء ويقع على بعد (15) كيلومتر تقريباً غرب مدينة المكلا ، ويمتد الخام بشكل عشوائي من خط تقسيم المياه إلى الحوض الأدنى في دلتا فوه ، ونوع لون الصخور بيضاء إلى كريمي وكذا الوردي والأحمر ويتغيّر اللون من الكريمي إلى الوردي

[19] باصريح ، سالم عبدالله ، التحليل الجغرافي لمرتكزات التوطن الصناعي في محافظة حضرموت ، مجلة جامعة حضرموت ، العدد 15 ، المجلد 7 ، ديسمبر 2008م ، ص28

خلال مسافة قصيرة في الاتجاه العمودي والأفقي وهو يحتوي على فجوات في الغالب خالية وبعض الأوقات مملوءة مُحاطة بالكالسيت يأخذ الشكل الكتلي وتتواجد بعض العروق من الأرقونيت ، يعتبر هذا الموقع المصدر الرئيس لتزويد مدينة المكلا بصخور الزينة لتعدد الألوان فيه ومساحته الكبيرة وإن كان في بعض المواقع في منطقة الدراسة يُستغل بشكل غير صحيح.[1]

وهناك تواجد لبعض الأحجار والرخام القريبة من الحوض ، وفي مواقع أخرى باتجاه بروم حيث تصدر عبر الميناء البحري لمدينة المكلا إلى دول الخليج.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن شدة التعرية المائية في هذا الحوض كانت سبباً أساسياً في عدم صلاحية أراضي الحوض للزراعة إلا أنها من جانب اخر كان لها الفضل الكبير في تكشف التكوينات الجيولوجية في المنطقة وظهور المعادن السابقة الذكر.

النتائج :

1. إن ارتفاع درجة التضرس ووعورة المنطقة كانت سبباً في قلة انتشار الوحدات السكنية ، مما أدى إلى ظهور القرى المبعثرة في ذلك الحوض.

2. إن شدة التعرية المائية ووعورة الأرض أثرت على انجراف التربة ومساحات من الأرض الزراعية وبالتالي عدم صلاحيتها للاستخدام الزراعي في المنطقة إلا في إطار محدود من مساحات الأرض الصالحة للزراعة على ضفاف الحوض.

3. نستنتج أن جميع أجزاء الأحواض المتفرعة لا زالت في مرحلة الشباب والتي تتميز بارتفاع نسبة الحت أكثر من الترسيب ، وإن هذا العمل الهدمي سوف يعمل على ترسيب أطنان من الرسوبيات في الأجزاء السفلية للحوض عند مصبه في منطقة فوه بمدينة المكلا.

[1] يسر ، يحيى محمد ، مصدر سبق ذكره ، ص22

4. إن استخدامات الأنشطة البشرية عادة ما تتركز في أحواض الأنهار ومناطق تصريفها ، والعامل البشري له دور كبير في التأثير على الأحواض المائية من خلال تحويرها ليستفاد منه بشكل جيد ، لكي يتم استثمارها في المشاريع التخطيطية لمشاريع المياه وبناء السدود لغرض خزن المياه والاستفادة القصوى من المياه الجوفية المخزونة في عدة مجالات.

5. إن شكل الحوض يقترب من الشكل المثلث ، و يتميز هذا الشكل بسرعة وصول الموجات الفيضانية من المنبع الى المصب وخطورتها ، فضلاً عن ارتفاع درجة التضرَّس والتي تعني وعورة المنطقة وعدم توفر أراضي منبسطة ، كان له الأثر الكبير في محدودية انتشار الوحدات السكنية ضمن مساحة الحوض في اعلاه.

6. إن تقطَّع منطقة الدراسة بشبكة من الأودية والمسيلات كان له الأثر الواضح في عدم إمكانية مد طرق النقل بين أجزاء الحوض من الناحية الاقتصادية.

7. إن الخصائص المورفومترية للأحواض المائية هي التي ترسم شكل استخدامات الأرض ونوعها على أراضيها.

8. تتعرض منطقة الدراسة لفيضانات السيول عقب سقوط الأمطار الموسمية ، والتي تعد من المعوقات الرئيسية للنشاط الزراعي كونها تعمل على جرف وإزالة الأراضي الزراعية.

9. حجم المساحات الزراعية والمساحات القابلة للتطوير الزراعي في منطقة السهل الفيضي من الوادي ، بطول لا يتجاوز (15) كم يعني هذا ضيقاً في المساحات (المروية وغير المروية)، وتعذر القيام بعمليات الاستثمار الزراعي الواسع فيها.

10. أثر سرعة المياه وكميتها له دور بارز في تحديد حجم الفيضان للحوض وحجم الآثار الناجمة عنه على استخدامات الأرض ومنها الاستخدام الزراعي ، إلى جانب ذلك قد يصاحب انهيارات لبعض الطروقات والجسور المحيطة بدلتاه عند مصبه في البحر بالقرب من منطقة فـوه.

11. بالرغم من أهمية الحوض المائي بالنسبة لمدينة فوه (المكلا) ، حيث يمثل المصدر المغذي للمياه الجوفية التي تعتمد عليه في مياه الشرب والزراعة ، كما يمثل أهم المعالم المميزة لموقعه كخليج وخور مائي سياحي عند مصبه ، إلا أنه من جانب آخر يمثل مصدر خطر يهدد نمو المدينة

، حيث سجلت مدينة فوه (دلتاه) أكبر نسبة لتعرضها من فيضان الحوض المائي في عام 2008م – 2012م – 2015 وهو اعصار شابالا *Chapala* وميج *Megh* وكان أثره على الاستخدام الزراعي (السوق التجاري للخضار والفواكه) وشبكة الطروقات والكهرباء.

12. خدمة الاتصالات لا يقل هذا الجانب في أهميته عن بقية جوانب استخدامات الأرض ، حيث إنها تعتبر همزة وصل وضرورية لا يستطيع المواطن الاستغناء عنها في التواصل بين اقاربهم في الداخل والخارج ، لذلك الخدمة لا تتوفر نهائياً في منطقة الدراسة في الجزء الأعلى من الحوض ، والأمر يتطلب الى لفتة كريمة من شركات الاتصالات لإيصالها لمنطقة الدراسة سوف تخفف ما يعانيه السكان في هذا الجانب.

13. تتميز منطقة الدراسة بتربية النحل (إنتاج العسل) ، لان جميع وديانها وأرضيها مغطاة بأنواع من الأشجار الصالحة للغذاء في فترة مواسم الأمطار الذي يعتبر مصدر من مصادر الدخل لكثير من الأسر.

14. تطوير الإنتاجية والإنتاج الزراعي بفرعية النباتي والحيواني يرتبط إلى حد كبير بالتحديث التقني الذي يتوقف بدوره على البحوث العلمية البحتة والتي ليس لها وجود ويرجع ذلك لضعف الإنفاق وقلة الباحثين العاملين وعدم الدعم من الجهات المختصة للدولة والبحث العلمي ، إلى جانب الهجرة أو النزوح لمعظم أبنائها إلى المدينة بحثاً عن أعمال لتحسين مستواهم المعيشي ، كل هذا كان له دور كبير في العزوف عن مهنة الزراعة وقلة انتاجها النباتي والحيواني الذي يساهم بنسبة كبيرة في الاستهلاك لمدينة المكلا (أي تربطه علاقات إقليمية مؤثرة على المدينة).

التوصيات:

1. ضرورة توظيف تقنية نظم المعلومات الجغرافية الطبيعية الجيومورفولوجية المتعلقة بالخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف الجافة في محافظة حضرموت ثم اليمن بأكملها لما لها من نتائج دقيقة ، وما توفره من جهد ووقت.

2. السعي لسرعة بناء وتأسيس محطات الرصد الهيدرومترية في منظومة متكاملة في معظم مناطق اليمن ومحافظاتها ، وتصميمها في بيئية رقمية مرتبطة بنظم تقنية متطورة تتصل بمراكز المراقبة الرئيسية في وزارة البيئية والمياه والزراعة وغيرها من الوزارات والإدارات التي لها علاقة .

3. العمل على بناء سدود على بعض فروع الأودية الرئيسية للتقليل من خطر الفيضانات واستغلال مياهها في فترات الجفاف.

4.عمل سدود وحواجز ترابية ورملية وحصوية لحجز وخزن مياه السيول والأمطار في بطون بعض الأودية الصغيرة ، وسدود في أحواض كبيرة كالمجرى الأعلى للوادي (وادي حلبون وحمرون) والمجرى الأوسط لوادي الهوتة بقرية سفل عضد ، والمجرى الأدنى لوادي يمَّغر بمنطقة الخربة ، والتحكم بتلك المياه في ري الأراضي الزراعية ، وكذلك الاستخدام البشري ، ورفع منسوب المياه الجوفية (انظر للخريطة ملحق رقم1).

5. التوجه نحو زيادة مساحة أشجار (الغلب أو العريط والسدر) والمحافظة عليها ومنع الرعي الجائر للتخفيف من شدة التعرية المائية وتثبيت التربة.

6. استغلال المعادن المكتشفة في منطقة الدراسة ، وعلى معظم الشركات المحلية والأجنبية العاملة في الثروات المعدنية ومنها منجم الذهب في وادي مدَّن أن تساهم بشكل الزامي في تنمية المنطقة كاستغلال الأيدي العاملة والطرقات والخدمات (التعليم والصحة والكهرباء والاتصالات).

7. العمل على توسيع وسفلتة شبكة النقل في المنطقة بشكل يسمح باستغلال مواردها اقتصادياً.

8. استغلال المادة الأولية لأحجار الكلس في الحوض لإنشاء معمل اسمنت في الجزء الأدنى من الحوض بالقرب من منطقة فوه – مدينة المكلا .

9. إعداد الخرائط الأساسية لشبكات التصريف المائي وخرائط الطبوغرافية للتنمية الخدمية في منطقة الدراسة.

10. ضرورة استكمال شبكة الطرق الرئيسية في الحوض المائي لوادي المحمديين وربطها بمدينة المكلا ضمن خطتها المستقبلية للتنمية الريفية ، واستكمال بقية المشروعات المتعثرة بشكل دوري

وأهمها مشروع شبكة الكهرباء وربطها بمختلف القرى الاستيطانية في الحوض المائي بحسب الامتدادات للخطوط الذي قد انجزت سابقاً.

11. ربط الخلجان الصغيرة والأخوار ومصبات الأودية في دلتا فوه وغيرها التي تخترق مدينة المكلا نحو البحر وإقامة الجسور والمعابر لربط أجزاء المدينة ببعضها البعض تفادياً لمياه الأمطار الفيضانية التي أدت إلى اعاقت شبكة الطرق والنقل الحضري بين أحياء المدينة في عام 2008م – 2012م ، وأخرها اعصار شابالا الفيضاني 2015/11م.

12. معالجة الآثار التي خلفها الاعصار الفيضاني (شابالا) فيما بتعلق بالمؤسسات الخدمية كالمدارس والمراكز الصحية ومرافق الخدمات وذلك بتوفير دعم إتحادي لمشروع المعالجة.

13. توفير دعم مالي لمعالجة الآثار الاجتماعية لفيضان اعصار شابالا عبر المشاركة في بناء المساكن التي تضررت بالتعاون مع منظمات المجتمع المدني والمنظمات الاغاثية من دول الخليج وهذه ستشكل دعماً مادياً ومعنوياً للمواطنين الذين لم يعوضوا من الفيضانات السابقة.

14. تبني برامج توعية للمواطنين عن مخاطر الفيضانات وكيفية التعامل معها عند حدوثها.

مصادر البحث:

1. أبو سمور ، حسن والخطيب ، حامد ، جغرافية الموارد المائية ، الطبعة الأولى ، دار صفاء للنشر والتوزيع ، عمان ، الأردن ، 1999م.
2. بارشيد ، محمد عوض ، عمر سالم المحمدي، الأعاصير وأثرها في ساحل حضرموت ، مجلة جامعة حضرموت ، المجلد (14) ، العدد (1) ، حضرموت – اليمن ، يونيو 2017م
3. باصريح ، سالم عبدالله ، التحليل الجغرافي لمرتكزات التوطن الصناعي في محافظة حضرموت ، مجلة جامعة حضرموت ، العدد 15 ، المجلد 7 ، اليمن ، ديسمبر 2008م.
4. تهاني عباس أحمد عقلان ، الأمكانات الجغرافية لحصاد مياه الأمطار في جبل صبر – محافظة تعز– باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ، رسالة ماجستير غير منشوره ، كلية الآداب جامعة تعز ، اليمن ، 2010م.
5. جلال عبده إبراهيم عثمان ، حوض وادي ورزان دراسة في جغرافية الموارد المائية ، رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير ، كلية الآداب جامعة البصرة ، العراق ، 2001م.

6. الجيلاني ، محمد عبد القادر ، المياه السطحية الموسمية ومشكلاتها في حوض وادي ميفعة – اليمن ، رسالة ماجستير غير منشورة ، جامعة عدن ، اليمن ، 2004م.
7. حمدان ، صبري محمد ، بعض الخصائص المورفومترية للجزء الأعلى من حوض الرميمين وسط غرب الاردن باستخدام الطرق التقليدية وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية "دراسة مقارنة" ، مجلة الأزهر ، العدد 2 ، المجلد 12 ، 2010م.
8. الدليمي ، خلف حسين ، التضاريس الأرضية "دراسة جيومورفولوجية عملية تطبيقية" ، الطبعة الأولى ، دار الصفاء للنشر والتوزيع ، عمان ، الأردن ، 2005م.
9. سعدي عبد الدليمي ، هيدرمورغرافية حوض وادي حقلان في منطقة الهضبة الغربية ، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الآداب جامعة البصرة ، العراق ، 2001م.
10. الشعملي ، عوض عبد الله ، الموارد المائية واستخداماتها في ساحل حضرموت "المكلا – غيل باوزير – الشحر" (دراسة في الجغرافيا الطبيعية) ، رسالة ماجستير غير منشورة ، قسم الجغرافية ، كلية الآداب ، جامعة حضرموت ، اليمن ، 2014م.
11. عزيز ، محمد الخزامي ، نظم المعلومات الجغرافية اساسيات وتطبيقات للجغرافيين ، الطبعة الثالثة، منشاة المعارف بالإسكندرية ، مصر، 2004م.
12. العمري ، عبد المحسن صالح ، تحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف في منطقة كريتر عدن باستخدام معطيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، الندوة العلمية" عدن بوابة اليمن الحضارية"، جامعة عدن، 18–19 يناير 2011م
13. محسوب ، محمد صبري ، و الشريعي ، أحمد البدوي محمد ، الخريطة الكنتورية قراءة وتحليل ، دار الفكر العربي القاهرة ، مصر ، 2005م.
14. مومني ، لطفي ، الاستشعار عن بعد في الهيدرولوجي دراسة هيدرولوجية . حوض وادي الموجب الرئيسي في الأردن ، وزارة الثقافة ، عمان ، الأردن ، 1997م.
15. النشوان، عبدالرحمن بن عبدالعزيز، الخصائص المورفومترية لحوض شعيب تمرة في محافظة السليل ، مجلة جامعة حضرموت ، العدد 1 ، المجلد 15 ، حضرموت – اليمن ، يونيو 2018م
16. يسر ، يحيى محمد ، الدراسات الجيولوجية في محافظة حضرموت. ورقة عمل مقدمة إلى المؤتمر العربي التاسع للثروات المعدنية ، هيئة المساحة الجيولوجية والثروات المعدنية بجدة ، 10/30–11/1 ، 2006م.

17. A Joint Assessment of the Government of Yemen, the World Bank, the United Nations International, Damage, Losses and Needs Assessment October 2008 , Tropical Storm and Floods , Hadramout and Al-Mahara , Republic of Yemen, (2008).

18. Assessing Aquifer Opportunities for Actions In Yemen , Wadi Fuwah / Khirba , Well And spring Inventory , For The National Water Resources Authority, Final Report ,(2010).

19. Republic of Yemen, Ministry of Agriculture and Irrigation, Renardet . SA. Partners ,Agricultural Development Project For Coastal Hadhramout Areas, August, (2010).

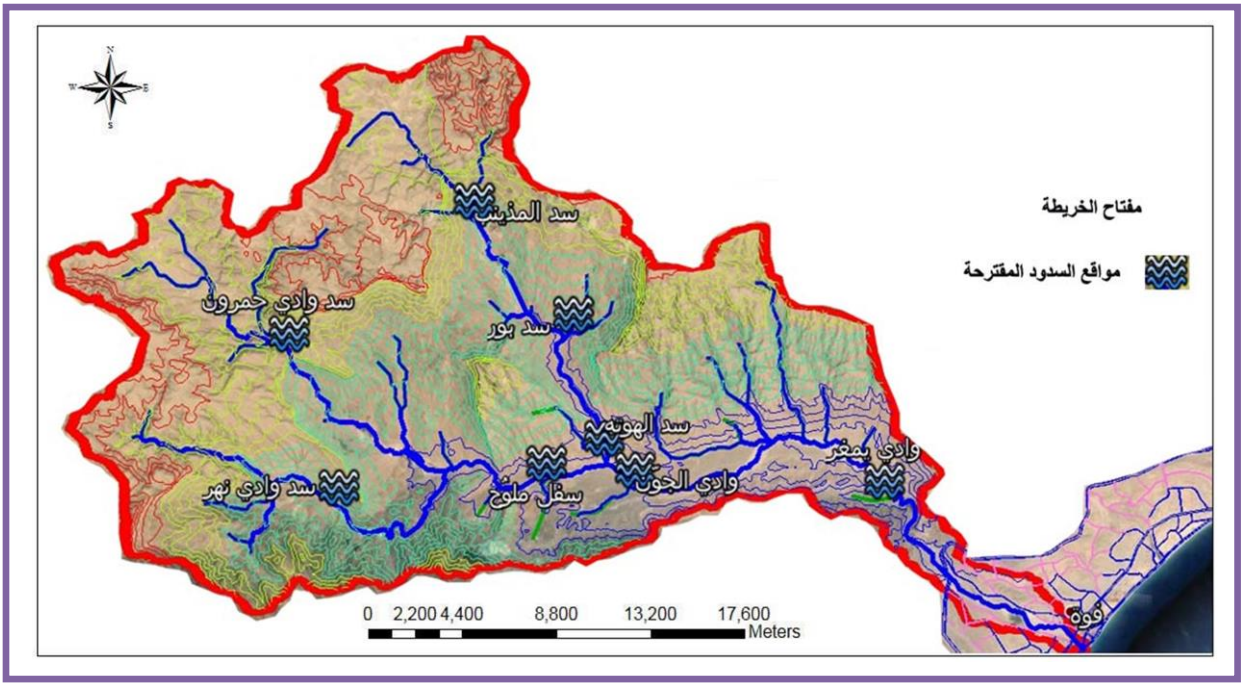
20. Robertson, G.R, The Natural Resources Projects of the oil and Mineral Resources in Al-Mukalla Water Supply and Sanitation Project, Ministry of Electricity and Water, Republic of Yemen, (2002).

21. Sogreah , Main Report-Assessment of Water Resources Potential for the Fuwah , Mukalla , Ghil-Bawazir , Shihir , Khird Areas, - Grnble – France, (1980) .

22. Sogreah, Al mukalla Water Supply Rehabilitation project study Of The Artificial Recharge Of The Aquifers Underlying The WadisBuwaysh , Khirba And Huwairah, Final Edition, (1985).

الملاحق :

ملحق رقم (1) خريطة مواقع السدود المائية المقترحة في الحوض المائي



ملحق رقم (2) صورة توضح الزراعة في المجرى الاعلى للحوض المائي (قرية البحث بوادي المحمديين).

ملحق رقم (3) صورة توضح اثر الفيضانات على الاستخدام الزراعي في المجرى الاعلى للحوض المائي (منطقة وادي العلا)