

تطبيق نظم المعلومات الجغرافية متعددة المعايير لتحديد إمكانات حصاد مياه الأمطار في حوض وادي الاحسية غرب المملكة العربية السعودية

افراح احمد علي الزهراني

قسم نظم المعلومات الجغرافية، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة جدة، جدة، المملكة العربية السعودية.

المستخلص

تهدف الدراسة إلى التحليل المكاني لمعايير حصاد المياه في حوض وادي الاحسية، وتحديد مدى ملاءمة الحوض لحصاد مياه السيول حسب كل معيار، وتطبيق نموذج الملائمة المكانية لتحديد انساب المناطق لحصاد مياه الامطار باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، إذ تم جمع بيانات متعددة ومعالجتها تمهدًا لاشتقاق طبقات معايير نموذج الملائمة المكانية للحصاد، وتحديد ملائمتها المكانية حسب كل متغير، وبالتالي تم حساب اوزان هذه المتغيرات باستخدام طريقة التحليل الهرمي (AHP)، ودمج المعايير حسب اوزانها لإنتاج خريطة الملائمة المكانية لحصاد مياه الامطار في الحوض اعتماداً على جميع المتغيرات المكانية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى تراوح نسبة الملائمة المكانية لحصاد مياه الأمطار في الحوض بين 29.4% إلى 90.6% في المناطق ذات الملائمة العالمية جداً لحصاد مياه السيول في الحوض وبلغت مساحة المنطقة التي تعاني من ملاءمة ضعيفة جداً لحصاد المياه حيث تقل نسبة الملائمة عن 40% نحو 73.14 كم² بنسبة 5.72% من مساحة الحوض ومساحة المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة حيث تتراوح نسب الملائمة بين 40-50% نحو 409.68 كم² بنسبة 32.06% من مساحة الحوض ومساحة المنطقة التي تتصف بملاءمة معتدلة حيث تتراوح نسب الملائمة بين 50-60% نحو 506.9 كم²، بنسبة 39.68% من مساحة الحوض ومساحة المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية حيث تتراوح نسب الملائمة المكانية بين 60-70% نحو 231.3 كم² بنسبة 18.1% من مساحة الحوض ومساحة المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية جداً حيث تتجاوز نسبة الملائمة 70% نحو 56.57 كم²، بنسبة 4.42% من مساحة الحوض.

الكلمات المفتاحية: نبذة الحصاد المائي، الملائمة المكانية، مياه الأمطار، وادي الاحسية، التحليل الهرمي.

Application of Multi-criteria Geographic Information System to Determine the Potential of Rainwater Harvesting in the Wadi Al-Hasbah basin Western Kingdom of Saudi Arabia

Afrah A. Alzahrani

Geographic Information Systems Department, College of Social Sciences, University of Jeddah, Jeddah, KSA.

Abstract

The study aims at the spatial analysis of water harvesting standards in the Wadi Al-Hasbah basin, Determining the suitability of the basin for harvesting runoff according to each criterion and applying the spatial suitability model to determine the most suitable areas for runoff harvesting using geographic information systems. Multiple data were collected and processed in preparation for deriving the spatial suitability model criteria for harvesting and determining their spatial suitability according to each variable. Therefore, the weights of these variables were calculated using the Analytic Hierarchy Process (AHP), and the criteria were merged according to their importance to produce a map of the spatial suitability of rainwater harvesting in the basin, depending on all spatial variables using GIS. The study's results revealed that the proportion of spatial suitability for rainwater harvesting in the basin ranged from 29.4% to 90.6% in areas with very high suitability for harvesting floodwaters. About 73.14 km², at a rate of 5.72% of the basin area, and the area of the region that is characterized by poor suitability, as suitability rates range between 40-50%, is about 409.68 km², or 32.06% of the basin area. The region's area characterized by moderate suitability, where suitability rates range between 50-60%, is about 506.9 km², or 39.68% of the basin area. The basin area and the area are characterized by very high suitability, as the suitability rate exceeds 70%, about 56.57 km², or 4.42% of the basin area.

Keywords: water harvest modeling, spatial fit, rainwater, Wadi Al-Ahsaba, Analytic Hierarchy Process.

المقدمة

تعد المملكة من أكثر البلدان الصحراوية شبه الاستوائية حرارةً وجفافاً في العالم، ويؤكد ذلك متوسط الأمطار 112 ملم سنوياً، وحجم الجريان 158.47 مليار م³ سنوياً (Mahmoud, 2014)، ومن أسباب تفاقم مشكلة المياه في المملكة الافتقار لنظام ممارسة الحصاد (Mahmoud وأخرون، 2015).

Corresponding author.

Email: faaalzahrani@uj.edu.sa

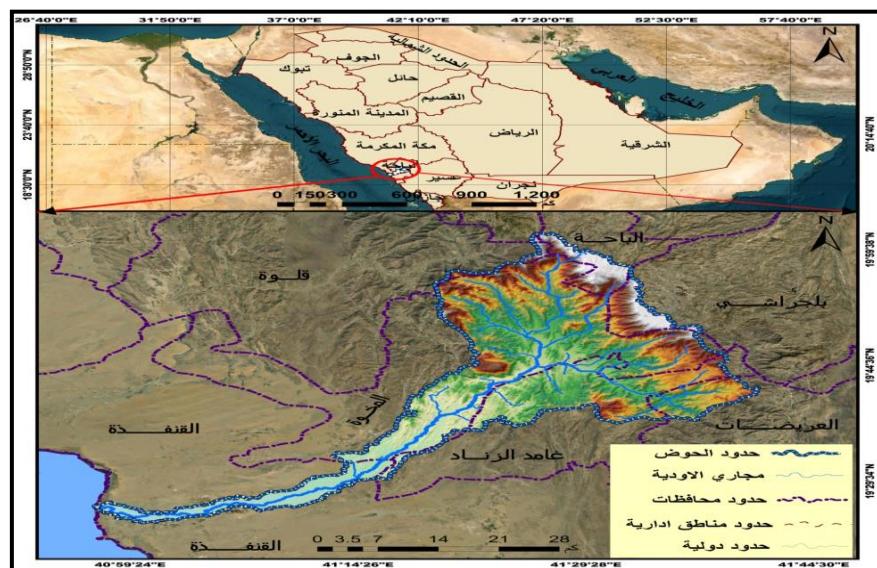
<https://doi.org/10.36531/jds.2023.139464.1034>

Received 2 April 2023; Received in revised form 11 June 2023; Accepted 22 June 2023

حيث مارست المملكة في الماضي أشكال مختلفة للحصاد، وحالياً بدأت تمارس العديد من أنظمة حصاد مياه الأمطار لزيادة تغذية المياه الجوفية وتحقيق أهداف التنمية المستدامة (Mbilinyi وأخرون، 2007).

وتعتبر ندرة المياه قضية رئيسية بالمناطق الجافة وشبة الجافة، بسبب زيادة عدد السكان، ومن أهم الخطول المقترحة لتلبية المتطلبات حصاد مياه الأمطار، الذي أصبح أحد أكثر المصادر البديلة للمياه العذبة التي يمكن استخدامها في هذه المناطق. ومع ذلك هناك عدد قليل من الدراسات، معظمها لأحواض صغيرة حددت المناطق المحتملة للحصاد مع مراعاة العوامل الاجتماعية والاقتصادية. (Toosi وأخرون، 2020).

ويتم اختيار المناطق المحتملة للحصاد حسب منظمة الأغذية والزراعة بالاعتماد على معايير فизائية وحبوبية واجتماعية واقتصادية للمنطقة المستهدفة. (Kahinda وأخرون، 2008). ول توفير المياه في المناطق الجافة وشبة الجافة كحوض وادي الاحتبة، لابد من تحديد الموقع الملائم للحصاد. بالاعتماد على مجموعة متنوعة من خصائص كل منطقة. (Nandin و Setiawan، 2011)، ويكتسب حصاد مياه الأمطار أهمية في قضايا إمدادات المياه، وبعد اختيار موقع الحصاد، وتوفير خرائط الملائمة لموقعها مفيدة لصانع القرار لاستخدامها في إدارة المياه. والتخفيف من الفيضانات وإدارة الموارد المائية المتاحة من الأمطار النادرة (Abdel-Kader وأخرون، 2012). ويقع حوض وادي الاحتبة غرب المملكة ضمن منطقتي الباحة ومكة (شكل 1)، بين دائري عرض 14°S: 23°E - 34°E: 01°S - 20°S: 19°E - 40°E: 55°S - 41°E: 55°S، وخطي طول 30°E: 600 - 900 - 1,200 km². ويتبع روافده من مرتفعات بلجرشي والباحة والعرضيات شرقاً، ثم تتجه غرباً بمحافظات المخواة وغامد الزناد والقفزة شرقاً، بمساحة 1277.6 كم²، وتبعد روافده من مرتفعات بلجرشي والباحة والعرضيات شرقاً، ثم تتجه غرباً بمحافظات المخواة وغامد الزناد والقفزة ليصب في البحر الأحمر غرباً.



الشكل 1. خريطة موقع منطقة الدراسة

*The map shows the details of the study area, such as the borders of the basin and the course of the valleys in relation to the borders of the neighboring governorates.

بناءً على ما سبق تهدف الدراسة الحالية إلى التحليل المكاني لمعايير حصاد المياه في حوض وادي الاحتبة. وتحديد مدى ملاءمة الحوض لحصاد مياه السيول حسب كل معيار. وتطبيق نموذج الملائمة المكانية لتحديد انساب المناطق المحتملة للحصاد مياه الأمطار باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. ويفقر الحوض لدراسات حصاد المياه لذا ستدرج الدراسة بشكل مختصر لأهم دراسات الحصاد حيث رسم Awawdeh وأخرون (2010) خرائط الواقع المحتملة للحصاد في الأردن باستخدام نظم المعلومات الجغرافية متعددة المعايير. وطور Mahmoud و Alazba (2015) منهجية لتحديد المناطق المناسبة للحصاد باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. وحدد Mahmoud وأخرون (2015) الواقع المحتملة لتجييع مياه الأمطار في محافظة الباحة، السعودية، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية القائمة على عدة معايير. وقيم Balkhair و UrRahman (2019) خريطة ملاءمة الحصاد باستخدام التسلسل الهرمي وتقنيتي نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد. وطبق Toosi وأخرون (2020) نظم المعلومات الجغرافية متعددة المعايير لتحديد امكانيات الحصاد في حوض سهل مشهد شمال إيران. وطرق Alzghoula و Al-husbanb (2021) لحصاد المياه بمنطقة عسير باستخدام المنفذة المكانية متعددة المعايير. وحدد Abd-el-Kader وأخرون (2021) المناطق الملائمة لحصاد المياه بحوض وادي النساء، السعودية، باستخدام

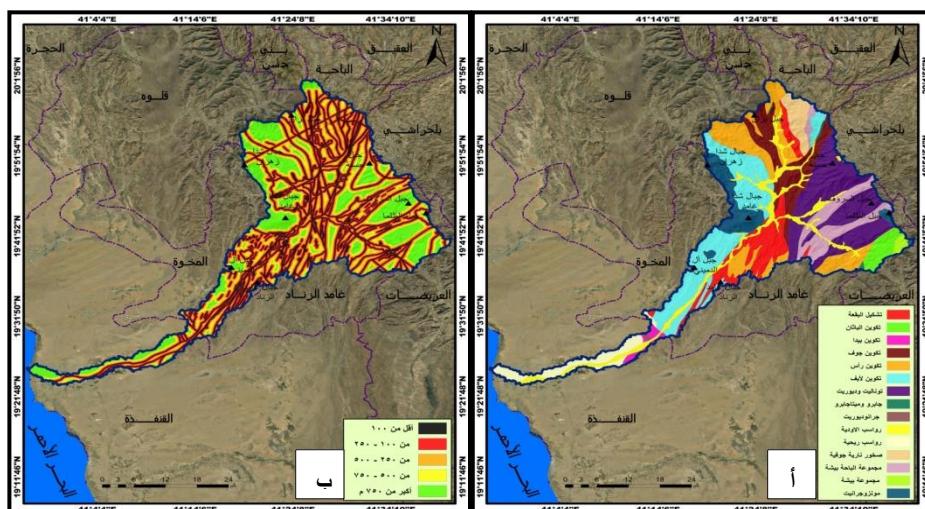
نظم المعلومات الجغرافية متعدد المعايير. وحدد Nandin و Setiawan (2021) الموقع المناسب للحصاد في جزيرة نوسا بیندا، إندونيسيا باستخدام نظم المعلومات الجغرافية متعددة المعايير.

خصائص حصاد المياه في الحوض

1. التركيب والبنية الجيولوجية:

يظهر الشكل 2 - أ التراكيب الجيولوجية اكبرها تكوين (Lif formation) شمال غرب الحوض، ويتألف من صخور متحولة من اصل ناري بازلتى 225.38 كم² بنسبة 17.64%， ومن ثم تأتي صخور التوناليت والدايوريت شرق الحوض، وهي صخور نارية جوفية، بمساحة 224.39 كم² بنسبة 17.56% ويليها تكوين (Ras formation) شمال وجنوب ووسط الحوض، ويتألف من صخور نارية سطحية بمساحة 164.2 كم² بنسبة 12.85%， ويليها تكوين (Buqah formation) جنوب ووسط شمال الحوض، ويتألف من صخور نارية بازلتيه بمساحة 116.65 كم² بنسبة 9.13% ومن ثم رواسب الأودية (Alluvial deposits) وسط شمال وادنى الحوض، وتتألف من مقتات رملية وغرينية وطنينية بمساحة 109.47 كم² بنسبة 8.56% وبعدها جاء تكوين (Gof formation) ووسط وشمال الحوض، ويكون من صخور البريشا والتل البركاني بمساحة 106.58 كم² بنسبة 8.34% وأعقبه مجموعة بيشهة جنوب شرق الحوض وهي صخور متحولة خشنة الحبيبات بمساحة 91.84 كم² بنسبة 7.18%. وبعدها مجموعه جنوب شرق وشمال غرب الحوض، وهي صخور نارية سطحية اهمها مونزوجرانيت بمساحة 76.18 كم² بنسبة 5.96% وبعدها جاء الرواسب الريحية غرب الحوض، وتتألف من الرمال والحسى والسلت بمساحة 61.86 كم²، بنسبة 4.84% وبالتالي الصخور النارية الجوفية والمتحولة جنوب شرق الحوض، وتتألف في الغالب من الجرانيت والاورثوسس بمساحة 40.19 كم² بنسبة 3.14% وبعدها تكوين باثا (Bathan formation) جنوب شرق حوض وادي الاحسبة، وتتألف من صخور رسوبية طباقية بمساحة 34.37 كم² بنسبة 2.69% ويليها تكوين بيدا (Baid formation) وسط غرب الحوض، وهي صخور رسوبية بمساحة 13.04 كم² بنسبة 1.02% وبالتالي جاءت مجموعة بيشهة جنوب شرق الحوض، وهي صخور طباقية نارية ورسوبية ومحولة بمساحة 8.74 كم² بنسبة 0.68% وبعدها جاءت صخور الجابرو شرق الحوض وهي صخور نارية خشنة النسيج بمساحة 3.26 كم² بنسبة 0.25% وأخيراً صخور الجرانيديوريت الاورثوجنيسيس شرق الحوض بمساحة 1.44 كم² بنسبة 0.11% من إجمالي مساحة الحوض.

في المقابل تظهر نتائج تحليل البعد من الصدوع تراوح البعد بين 0 - 3928 م بمتوسط 477 م والشكل 2 - ب وقوع المناطق ضعيفة الملامسة جداً لمنشآت حصاد المياه حيث يقل البعد من الصدوع عن 100 م بمساحة 275.74 كم² بنسبة 21.59% من مساحة الحوض. وتقع المناطق التي تتصف بملاءمة ضعفية للحصاد حيث البعد من الصدوع بين 100 - 250 م بمساحة 293.12 كم² بنسبة 22.94% من مساحة الحوض والمناطق المعتدلة الملاءمة حيث البعد بين 250 - 500 م بمساحة 294.21 كم² بنسبة 23.02% من مساحة الحوض، ومناطق الملاءمة العالية للحصاد حيث البعد بين 500 - 750 م بمساحة 153.76 كم² بنسبة 12.03% من مساحة الحوض والمناطق ذات الملاءمة العالية جداً للحصاد حيث تتجاوز البعد من الصدوع 750 م بمساحة 260.79 كم²، بنسبة 20.41% من مساحة الحوض.



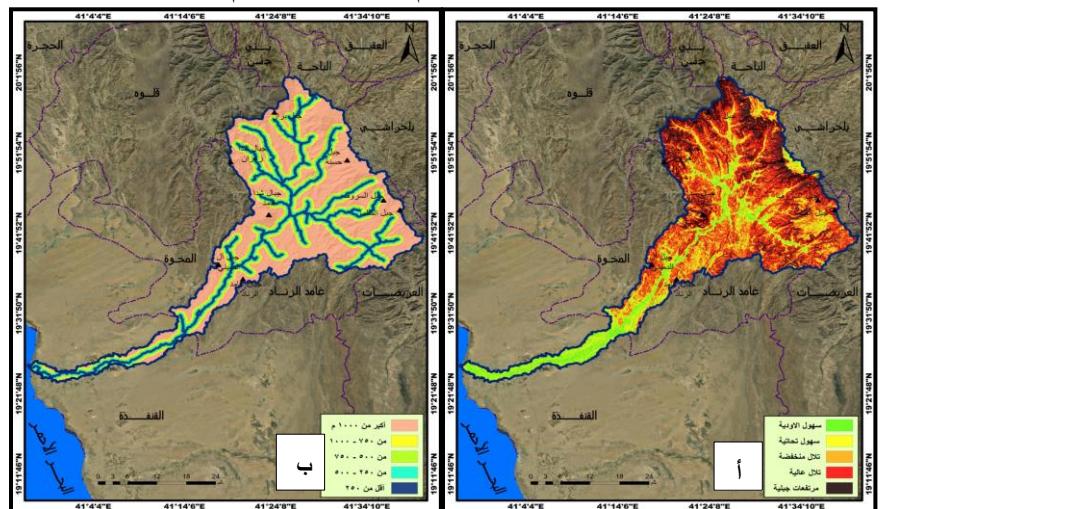
الشكل 2: يبين الخريطة التالية: (أ) خريطة التركيب الجيولوجي لحوض وادي الاحسبة (ب) خريطة البعد من الصدوع في حوض وادي الاحسبة (المصدر: الخريطة الجيولوجية، لوحة القنفذة، مقياس 1:250000).

*The maps show the geological structure northwest of the basin, as the basin consists of several geological structures, the largest of which is formation. As shown by the analysis of the distance of the faults, as the distance ranges between 0 - 3928 m, with an average of 477 m.

2. تضاريس الحوض:

تُعبَّر الخصائص التضاريسية دوراً أساسياً في تحديد موقع منشآت الحصاد المائي وبذلك بلغت مساحة الحوض 1277.66 كم^2 ومحиطة 335.96 كم، وطوله 98.5 كم وعرض الحوض 24 كم ومعامل شكله 0.14 ومتوسط انحداره 17.1°. ويظهر الشكل 3-أ وقوع المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية جداً لإقامة منشآت حصاد المياه، بمناطق سهول الأودية ادنى ووسط الحوض، حيث يقل الانحدار عن 2° بمساحة 130.45 كم² بنسبة 10.21% من مساحة الحوض وتقع الثانية بمناطق السهول التحتانية حيث الملاءمة عالية للحصاد والانحدار بين 2 - 7.99° بمساحة 248.96 كم² بنسبة 19.48% من مساحة الحوض، والثالثة معتدلة الملاءمة للحصاد بمناطق التلال المنخفضة حيث الانحدار بين 8 - 15.99° بمساحة 225.99 كم² بنسبة 17.68% من مساحة الحوض والرابعة لها ملاءمة منخفضة للحصاد بمناطق إنتشار التلال المرتفعة جنوب شرق ووسط الحوض، إذ الانحدار بين 16 - 29.99° بمساحة 474.39 كم² بنسبة 37.13% من مساحة الحوض الخامسة تتسم بملاءمة منخفضة جداً للحصاد حيث يتجاوز الانحدار 29.99° شمال وشرق وغرب الحوض بمساحة 197.86 كم² بنسبة 15.48% من مساحة الحوض.

ويعد بعد من مجاري الأودية من الخصائص المحددة لموقع الحصاد فالعلاقة بينها عكسية فكلما قربت المسافة من المجاري زادت امكانية حصاد المياه والعكس وتراوحت المسافة من اودية الحوض بين 0 - 1304.2 كم بمتوسط 5866.3 كم. ويظهر الشكل 3-ب وقوع المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية جداً لمنشآت الحصاد حيث يقل بعد من الاودية عن 250 م بمساحة 167.46 كم² بنسبة 13.1% من مساحة الحوض وتنصف الثانية بملاءمة عالية للحصاد حيث يتراوح بعد من الاودية بين 250 - 500 م بمساحة 148.6161 كم²، بنسبة 11.63% من مساحة الحوض والثالثة تتسم بملاءمة معتدلة للحصاد حيث يتراوح بعد من الاودية بين 500 - 750 م بمساحة 139.05 كم² بنسبة 10.88% من مساحة الحوض، والرابعة تنصف بملاءمة منخفضة للحصاد بمناطق بعد من الاودية بين 750 - 1000 م بمساحة 130.48 كم² بنسبة 10.21% من مساحة الحوض الخامسة بمناطق الملاءمة المنخفضة جداً للحصاد، إذ يتجاوز بعد من الاودية 1000 م بمساحة 692.03 كم² بنسبة 54.17% من إجمالي مساحة الحوض.



الشكل 3. يبيّن الخريطة التالية: (أ) خريطة الاشكال الجيولوجية في حوض وادي الأحسنة (ب) خريطة بعد من مجاري الأودية في حوض وادي الأحسنة (المصدر: نموذج ارتفاع رقمي دقة 30 م، USGS، 2022).

* The maps show the area that is highly suitable for the establishment of water harvesting facilities in the valley plains below and in the middle of the basin. It is noted that there is a region that is very suitable for harvesting facilities, as the distance from the valleys is less than 250 m, with an area of 167.46 km².

3. بيئولوجية الحوض:

تؤثِّر التربة في تحديد موقع منشآت الحصاد المائي، لأهمية خصائصها في تحديد حجم الجريان، فالترية ناعمة النسيج قليلة التسرب تعزز حجم الجريان الذي يمكن حصاده والعكس، وبذلك يبيّن الشكل 4-أ ستة أنواع من الترب في الحوض اكيرها تربة البروزات الصخرية (توري اورثنس)، وهي ترب طمية حصوية يتراوح انحدارها بين 15 - 80%， ويقل عمق الطبقية غير المنفذة عن 50 سم، ونفاديتها تتراوح بين 5.1 - 15 سم ساعة⁻¹،

بمساحة 1045.95 كم²، بنسبة 81.87% من مساحة الحوض. وتأتي بعدها تربة ليلثك توري اورثنس اعلى الحوض، وهي تربة طمية حصوية يتراوح انحدارها بين 15-60%， ويقل عمقها عن 50 سم، ونفاديتها بين 5.1-1.5 سم ساعة¹ بمساحة 171.77 كم² بنسبة 13.44% من مساحة الحوض وتعقبها تربة الكامب اوريثيز ادنى الحوض، وهي تربة طمية عميقه انحدارها بين 0 - 5.1 سم، ونفاديتها بين 1.5 - 5.1 سم ساعة¹، بمساحة 30.5 كم² بنسبة 2.38% من مساحة الحوض، وتلتها تربة التوري فلوفتنس توري سامنتس ادنى الحوض، وهي تربة رملية رملية انحدارها بين 0 - 2%， ويزيد عمقها عن 140 سم، ونفاديتها بين 1.5 - 5.1 سم ساعة¹ بمساحة 17.93 كم²، بنسبة 1.4%. وبعدها تربة يودي سامنتس توري سامنتس بخرج الحوض، وهي تربة رملية انحدارها بين 3 - 60%， ويزيد عمقها عن 150 سم، وتتجاوز نفاديتها 15 سم ساعة¹، بمساحة 8.2 كم²، بنسبة 0.64% من مساحة الحوض. وأخيراً تربة التوري اورثنس كالسي اوريثيز، وهي تربة رملية انحدارها بين 0 - 5%， ويزيد عمقها عن 150 سم، وتتجاوز نفاديتها 15 سم/ساعة بمساحة 3.3 كم²، بنسبة 0.25% من مساحة الحوض.

ومن محددات موقع الحصاد رطوبة التربة التي تؤثر بزمن الاستجابة للجريان، فارتفاعها يقلل من زمن الاستجابة، ويعزز من إمكانية الحصاد والعكس، وبذلك تراوحت رطوبة تربة الحوض بين 11.2-51.45%， بمتوسط مكاني 35.73%. وبين الشكل 4- ب وقوع منطقة الملاءمة العالية جداً للحصاد على الحوض، حيث تتجاوز الرطوبة 40% بمساحة 359.32 كم²، بنسبة 28.12% من مساحة الحوض. وتقع منطقة الملاءمة العالية وسط أعلى الحوض، حيث الرطوبة بين 40-35% بمساحة 531.59 كم²، بنسبة 41.6% من مساحة الحوض. وتظهر منطقة الملاءمة المعتدلة وسط الحوض، حيث الرطوبة بين 35-30% بمساحة 173.08 كم²، بنسبة 13.54% من مساحة الحوض، ومنطقة الملاءمة الضعيفة وسط الحوض، حيث الرطوبة بين 30 - 25% بمساحة 61.1 كم²، بنسبة 4.78% من مساحة الحوض، ومنطقة الملاءمة الضعيفة جداً إنما تقل رطوبة التربة عن 25% أدنى الحوض، بمساحة 152.6 كم²، بنسبة 11.94% من مساحة الحوض.

وتعد المجموعات الهيدرولوجية للتربة من أهم خصائص تحديد موقع حصاد الأمطار، ولهمما علاقة طردية فزيادة قيم هيدرولوجية التربة تعزز إمكانية الحصاد والعكس، فالمجموعة (A) تتصف بنسيج خشن كالتربة الحصوية والرملية تؤخر زمن الاستجابة، أما المجموعة (D) فتتسم بنسيج ناعم جداً كالترسب الطموحة وتقلص زمن الاستجابة، ويف适用于 الشكل 4- ج ثلاثة مجموعات هيدرولوجية للتربة، الأولى (B) التي تتصف بملاءمة معتدلة للحصاد، وتقع أدنى ووسط الحوض، بمساحة 112.12 كم²، بنسبة 8.77% من مساحة الحوض، والثانية (C) التي تسمى بملاءمة عالية بمساحة 1132.53 كم²، بنسبة 88.64% من مساحة الحوض. والثالثة (D) التي تتصف بملاءمة عالية جداً بمساحة 33.01 كم²، بنسبة 2.58% من مساحة الحوض.

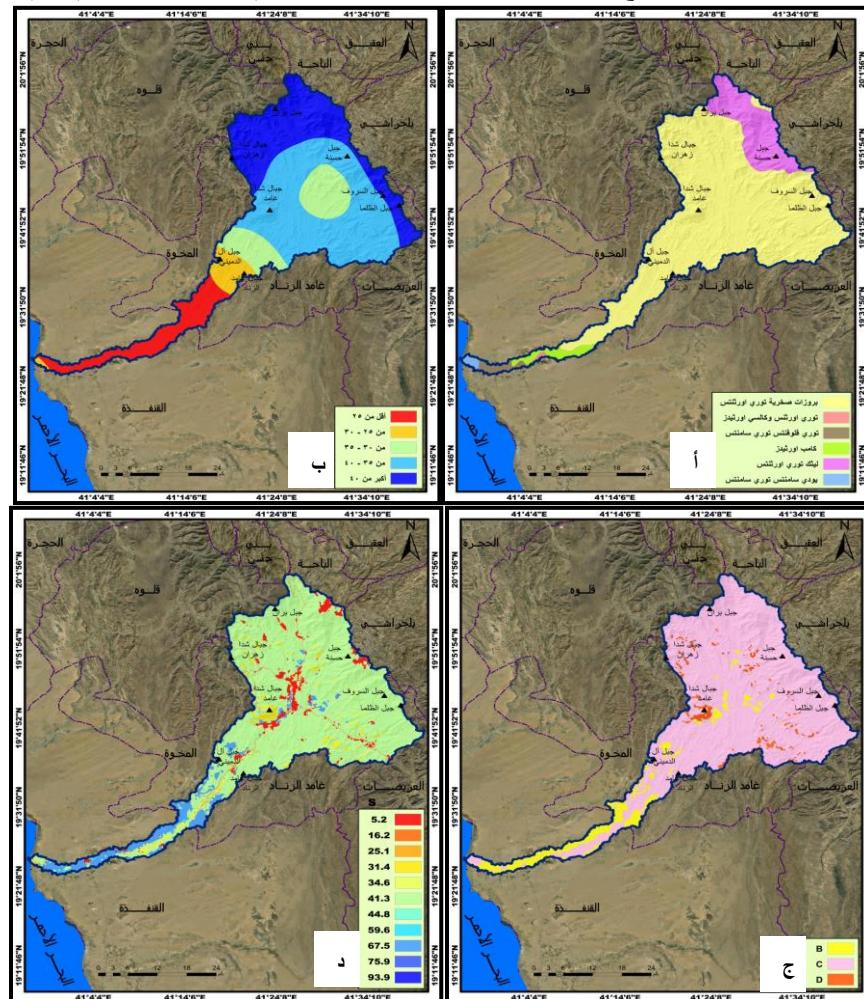
وتعد قدرة التربة التخزينية من أهم محددات موقع حصاد المياه، وتتصف علاقتها بالعكسية، فارتفاع قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء تزداد زمن استجابتها للجريان، وتقلل من إمكانية حصاد الأمطار والعكس، وعليه تراوحت الامكانية القصوى للتربة على الاحتفاظ بالماء في الحوض بين 5.2 ملم بمناطق الطرق والعمارة والسدود، إلى 93.9 ملم بمناطق النبات ضمن المجموعة الهيدرولوجية (B) للتربة.

ويبي في الشكل 4- د وقوع منطقة الملاءمة العالية جداً للحصاد حيث تقل إمكانية التربة على الاحتفاظ بالماء عن 15 ملم بمناطق العمارة والبرك ضمن مختلف المجموعات شرق ووسط الحوض بمساحة 58.51 كم²، بنسبة 4.58% من مساحة الحوض. وتظهر المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية للحصاد حيث تتراوح قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء بين 15 - 30 ملم بمناطق الاراضي الفضاء ضمن المجموعات (C, D) ومناطق الزراعة ضمن المجموعة (D) وسط الحوض، بمساحة 9.92 كم²، بنسبة 0.77% من مساحة الحوض. وتغطي المنطقة التي تتصف بملاءمة معتدلة لحصاد مياه الأمطار غالبية الحوض حيث تتراوح الامكانية التربة على الاحتفاظ بالماء بين 15 - 45 ملم بمناطق المراعي ضمن المجموعتين (C,D) ومناطق الزراعة ضمن المجموعة (C)، والأراضي الفضاء ضمن المجموعة (B)، ومناطق الشجيرات ضمن المجموعة (C)، بمساحة 1104.32 كم²، بنسبة 86.44% من مساحة الحوض. وتقع المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة للحصاد المائي حيث تتراوح إمكانية التربة على الاحتفاظ بالماء بين 45 - 60 ملم بمناطق الزراعة ضمن المجموعات (B) أدنى الحوض، بمساحة 4.97 كم²، بنسبة 0.38% من مساحة الحوض. وتقع المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة جداً للحصاد حيث تتجاوز إمكانية التربة على الاحتفاظ بالماء 60 ملم أدنى ووسط الحوض، بمناطق المراعي ضمن المجموعة (B)، ومناطق الشجيرات ضمن المجموعة (B)، ومناطق الأشجار ضمن المجموعة (C)، بمساحة 99.85 كم²، بنسبة 7.81% من مساحة الحوض.

4. مناخ الحوض :

تلعب خصائص المناخ دوراً مهماً في تحديد موقع الحصاد فالحرارة تؤثر في تبخّر الأمطار قبل وبعد وصولها للسطح مما ينعكس على الجريان الذي يمكن حصاده وتراوحت حرارة الحوض بين 19.1-30.6°C بمتوسط 27.1°C ويفظهر شكل 5- أ وقوع منطقة الملاءمة الضعيفة جداً لحصاد المياه أدنى الحوض، حيث تجاوزت الحرارة 29°C بمساحة 257.74 كم² بنسبة 20.17% من مساحة الحوض. وتقع منطقة الملاءمة الضعيفة حيث الحرارة بين 29 - 27°C وسط الحوض بمساحة 611.27 كم² بنسبة 47.85%. ومنطقة الملاءمة المعتدلة حيث الحرارة بين 27 - 25°C جنوب وسط الحوض

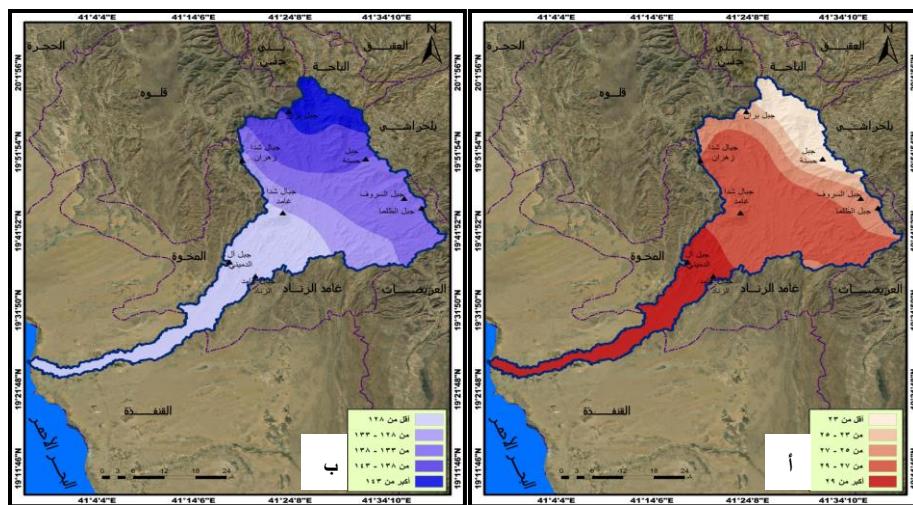
بمساحة 188.22 km^2 بنسبة 14.73% من مساحة الحوض. وتقع منطقة الملائمة العالية حيث الحرارة بين 25 - 23° أعلى الحوض بمساحة 82.03 km^2 بنسبة 6.42%. وتظهر المنطقة التي تتصف بملائمة عالية جداً للحصاد، حيث تقل الحرارة عن 23° أعلى الحوض بمساحة 138.39 km^2 بنسبة 10.83% من إجمالي مساحة الحوض. وتعد الأمطار من أهم متغيرات تحديد موقع حصاد المياه، ولهمما علاقة طردية في زيادة الأمطار تعزز من حجم الجريان الذي يمكن حصاده والعكس، وتتراوح أمطار الحوض بين 119.7 - 149.7 ملم بمتوسط 132.3 ملم سنوياً.



الشكل 4. يبين الخرائط التالية: (أ) خريطة نوع التربة في حوض وادي الأحساء (المصدر: Ministry of Agriculture and Water 1986). (ب) رطوبة التربة في حوض وادي الأحساء (المصدر: مئوية القمر NASA, AMSR2 2022). (ج) المجموعات الهيدرولوجية للتربة في حوض وادي الأحساء المصدر: طبعة رقمية للمجموعات الهيدرولوجية، دقة مكانية 240م، (NASA 2022). (د) الامكانية القصوى للتربة على الاحتفاظ بالماء قبل بدء الجريان المصدر: تطبيق معادلة الامكانية القصوى للتربة على الاحتفاظ بالماء حسب طريقة (CN).

* It is evident that there are six types of soils in the basin, the largest of which is the soil of rocky outcroppings with a percentage of 81.87% of the basin area. Also, the very high suitability for harvesting is located at the top of the basin with an area of 359.32 km^2 . It was found that the area of very high suitability for harvesting, as the ability of the soil to retain water is less than 15 mm, is located in the areas of urbanization and ponds within the various groups, east and middle of the basin, with an area of 58.51 km^2 .

ويظهر شكل 5- ب وقوع منطقة الملائمة الضعيفة جداً للحصاد أدنى الحوض، حيث تقل الأمطار عن 128 ملم سنوياً بمساحة 396.22 km^2 بنسبة 31.01% من مساحة الحوض. وتقع منطقة الملائمة الضعيفة وسط الحوض، إذ الأمطار بين 128 - 133 ملم بمساحة 193.23 km^2 بنسبة 15.12% من مساحة الحوض. ومنطقة الملائمة المعتدلة جنوب شرق ووسط الحوض حيث الأمطار بين 133-138 ملم سنوياً بمساحة 376.93 km^2 بنسبة 29.51%. وتقع منطقة الملائمة العالية وسط أعلى الحوض حيث الأمطار بين 138-142 ملم بمساحة 199.49 km^2 بنسبة 15.62%. وتظهر منطقة الملائمة العالية جداً أعلى الحوض، حيث تتجاوز الأمطار 142 ملم سنوياً بمساحة 111.78 km^2 ، بنسبة 8.74% من مساحة الحوض.



الشكل 5. يبين الخريطة التالية: خريطة (أ) متوسط درجات الحرارة بحوض وادي الأحساء بين 2000 - 2022 المصدر: مرئية القمر (NASA, 2022). (ب). خريطة متوسط الأمطار بحوض وادي الأحساء بين 2000 - 2021 المصدر: مرئية القمر (GPM) (NASA, 2022).

*The map shows areas suitable for water harvesting based on climate characteristics. Climate characteristics play an important role in determining harvesting sites. Temperature affects rain evaporation before and after reaching the surface, which is reflected in the runoff that can be harvested. It also shows the area that is very suitable for harvesting, as the temperature is less than 23 °C at the top of the basin with an area of 138.39 km², or 10.83% of the total area of the basin.

5. هيدرولوجية الحوض:

تعتبر الارقام المئوية من المؤشرات المهمة لتقدير الجريان وتحديد موقع منشآت الحصاد، ولها علاقة طردية، وتتراوح الارقام المئوية بالحوض بين 73 بموقع النبات ضمن مجموعة التربة الهيدرولوجية (C)، الى 98 حيث العمran والبرك. وتقع منطقة الماء العالية جداً للحصاد شكل 6-أ في وسط الحوض حيث تتجاوز الارقام المئوية 95 بمناطق العمran والبرك ضمن مختلف المجموعات بمساحة 58.51 كم² بنسبة 4.58% من مساحة الحوض. وتظهر منطقة الماء العالية حيث الارقام المئوية بين 90-95 بمناطق الزراعة مع المجموعة (D)، والأراضي الفضاء بالمجموعتين C و D وسط وأدنى الحوض، بمساحة 9.92 كم²، بنسبة 0.77%. وتغطي منطقة الماء العالية المعتدلة المراعي ضمن المجموعتين C و D الزراعة والشجيرات مع المجموعة (C)، والأراضي الفضاء بالمجموعة (B)، إذ الارقام المئوية بين 85-90 بمساحة 1104.32 كم² بنسبة 86.43%. وتقع منطقة الماء العالية الضعيفة بمناطق الزراعة بالمجموعة (B) أدنى الحوض، إذ الارقام المئوية بين 80 - 85 بمساحة 4.97 كم² بنسبة 0.38% ومنطقة الماء العالية الضعيفة جداً بمناطق المراعي والشجيرات بالمجموعة (B) والأشجار بالمجموعة (C)، إذ يقل الرقم المئوي عن 80 أدنى ووسط الحوض بمساحة 99.86 كم² بنسبة 7.81% من مساحة الحوض.

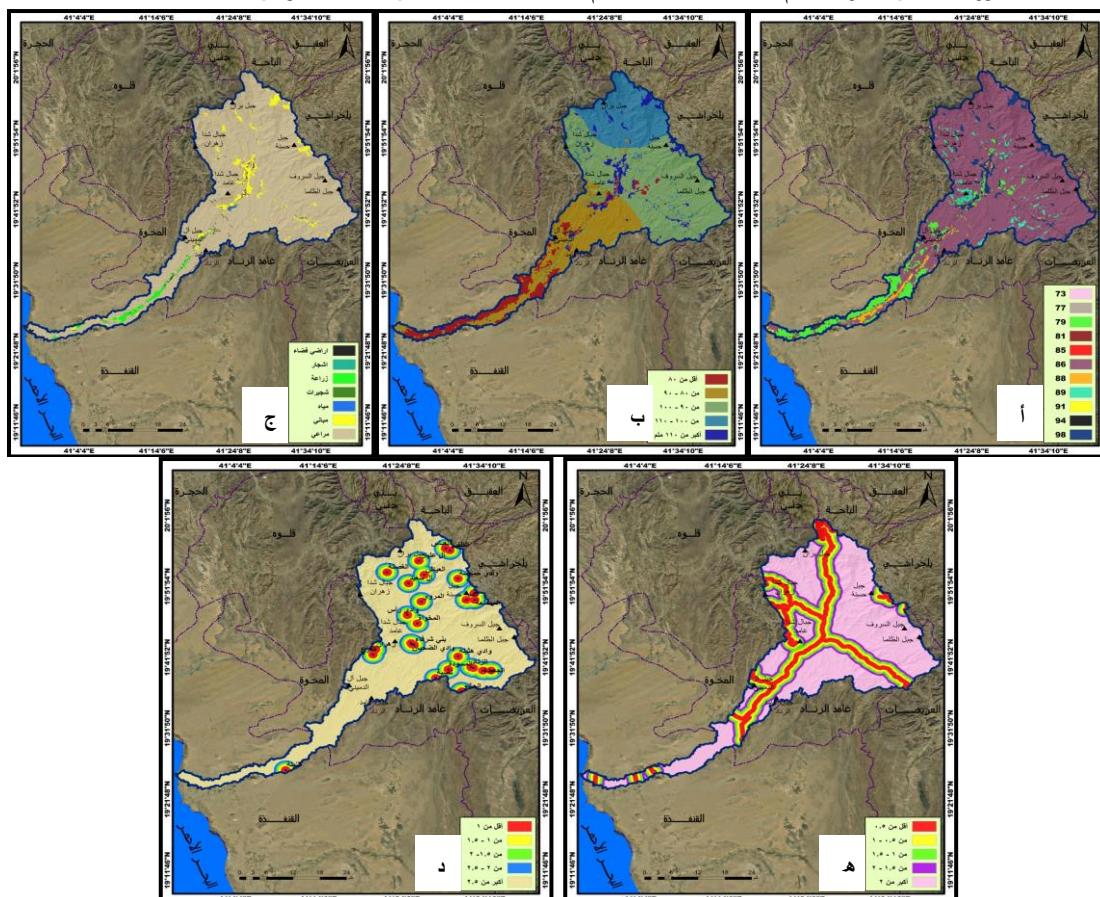
ولعمق الجريان اهمية في تحديد موقع حصاد المياه، ولها علاقة طردية، وتتراوح عمق الجريان في الحوض بين 54.2 ملم الى 143.7 ملم سنوياً، بمتوسط 93.4 ملم سنوياً. ويوضح الشكل 6-ب وقوع منطقة الماء العالية جداً للحصاد حيث تجاوز عمق الجريان 110 ملم شرق ووسط الحوض، بمساحة 59.54 كم²، بنسبة 4.66% من مساحة الحوض. ويتراز منطقة الماء العالية للحصاد حيث عمق الجريان بين 110 - 100 ملم شمال الحوض بمساحة 249.37 كم²، بنسبة 19.51% من مساحة الحوض. وتغطي منطقة الماء العالية المعتدلة للحصاد جنوب شرق ووسط وشمال غرب الحوض حيث العمق بين 100-90 ملم بمساحة 573.7 كم² بنسبة 44.9%. وتقع منطقة الماء العالية الضعيفة حيث عمق الجريان بين 90-80 ملم بمساحة 292.97 كم²، بنسبة 22.93%. وتظهر مناطق الماء العالية الضعيفة جداً حيث يقل العمق عن 80 ملم أدنى ووسط الحوض، بمساحة 102 كم² بنسبة 7.98% من مساحة الحوض.

6. الخصائص البشرية للحوض:

تعتبر أغطية واستعمالات الأرض أحد أهم محددات موقع منشآت حصاد المياه فمناطق العمran والطرق من الاستطاع التي تعزز من حجم الجريان بصورة أكبر من التربة ومناطق الزراعة والغطاء النباتي حيث يقل حجم الجريان بسبب تسرب جزء كبير من مياه الأمطار، وعلى الرغم من اهمية الطرق والعمran في تحويل مياه العاصف إلى جريان، لكن مواضعهم غير ملائمة لإقامة منشآت الحصاد كبقية الأغطية الأخرى. يظهر الشكل 6-ج وقوع المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة جداً للحصاد المائي بمناطق العمran والبرك، بمساحة 58.59 كم² بنسبة 4.579% من مساحة الحوض.

وتقع منطقة الملاءمة الضعيفة حيث تنتشر الاراضي الفضاء وسط وأدنى الحوض بمساحة 11.18 كم² بنسبة 0.87% من مساحة الحوض وتقع منطقة الملاءمة المعتدلة حيث تغطي المراعي غالبية مساحة الحوض، بمساحة 1187.58 كم² بنسبة 92.95% من مساحة الحوض. ومنطقة الملاءمة العالية بمناطق الاشجار والشجيرات أدنى ووسط اعلى الحوض بمساحة 0.101 كم² بنسبة 0.007% من مساحة الحوض. وتحتوي المنطقة التي تتصف بملائمة عالية جدا للحصاد الغطاء الزراعي أعلى الحوض بمساحة 20.2 كم² بنسبة 1.58% من مساحة الحوض.

ويعد البعد من الطرق من الخصائص المهمة لاختيار موقع الحصاد فتوفر الطريق يقل تكاليف تشيد منشآت الحصاد والعكس وتراوح البعد من طرق الحوض بين 0 - 10.5 كم، بمتوسط 2.97 كم. ويظهر الشكل 6-د وقوع منطقة الملاءمة العالية جدا للحصاد شمال ووسط الحوض، حيث يقل البعد من الطرق عن 0.5 كم بمساحة 169.71 كم²، بنسبة 13.28% من مساحة الحوض. ومنطقة الملاءمة العالية حيث البعد بين 1-0.5 كم بمساحة 137.14 كم² بنسبة 10.73% من مساحة الحوض. ومناطق الملاءمة المعتدلة حيث البعد بين 1.5-1 كم، بمساحة 123.52 كم² بنسبة 9.67%. ومناطق الملاءمة المنخفضة حيث البعد بين 1.5 - 2 كم، بمساحة 114.1 كم² بنسبة 8.93% من مساحة الحوض. ومناطق الملاءمة المنخفضة جدا للحصاد حيث يتجاوز البعد من الطرق 2 كم، بمساحة 733.17 كم²، بنسبة 57.39% من مساحة الحوض.



الشكل 6. يبين الخرائط التالية: (أ) خريطة الارقام المنخفضة للجريان في حوض وادي الأحسنة (المصدر: الخريطة 4 ، ج ، 5). (ب) خريطة عمق الجريان السطحي في حوض وادي الأحسنة (المصدر: الخريطة 4 و 5). (ج) اغطية واستعمالات الأرض بحوض وادي الأحسنة عام 2021 (المصدر: مرئية الفرق 2 Sentinel 2). (د) البعد من الطرق في حوض وادي الأحسنة (المصدر: طبقة Shapfile للطرق، امانة منطقة الباحة، المملكة العربية السعودية). (ه) البعد من تجمعات السكان في حوض وادي الأحسنة (المصدر: طبقة Shapfile، لتجمعات السكان، امانة منطقة الباحة، المملكة العربية السعودية).

* According to the maps, the area of very high suitability for harvesting is located in the east and center of the basin. It also shows the occurrence of a very high suitability area for harvesting, where the runoff depth exceeded 110 mm in the east and center of the basin. The distance from the roads is one of the important characteristics for selecting the harvesting sites. The distance from the basin roads ranged between 0-10.5 km, as the area of very high suitability for harvesting is located in the north and center of the basin. The distance from the population gatherings is important in determining the locations of the harvesting facilities. The distance in the basin ranged between 0-23.3 km, as it is clear that the area of very high suitability for harvesting facilities is located, as the distance is less than 1 km in the middle, north and south of the basin.

وللبعد من تجمعات السكان اهمية في تحديد موقع منشآت الحصاد، وتراوح البعد في الحوض بين 0-23.3 كم، بمتوسط مكاني 5.05 كم. ويوضح الشكل 6-ه وقوع منطقة الملاءمة العالية جداً لمنشآت الحصاد، إذ يقل البعد عن 1 كم وسط وشمال وجنوب الحوض، بمساحة 72.97 كم² بنسبة 5.71% من مساحة الحوض. وتقع منطقة الملاءمة العالية، إذ البعد بين 1 - 1.5 كم بمساحة 75.99 كم²، بنسبة 5.94% من مساحة الحوض. وتقع المناطق المعتدلة الملاءمة حيث البعد بين 1.5 - 2 كم بمساحة 95.56 كم² بنسبة 7.47% من مساحة الحوض. ومناطق الملاءمة المنخفضة حيث البعد بين 2 - 2.5 كم بمساحة 103.66 كم² بنسبة 8.11% من مساحة الحوض. ومناطق الملاءمة المنخفضة جداً حيث تجاوز البعد 2.5 كم بمساحة 929.44 كم² بنسبة 72.74% من إجمالي مساحة الحوض.

المواد وطرق العمل

1. جمع ومعالجة البيانات وانتقاد الطبقات:

أ. مراجعة الادبيات السابقة في البيئات الجبلية شبة الجافة لتحديد معايير نموذج ملائمة حصاد المياه بالحوض.
ب. خريطة جيولوجية مقاييس 1:250000 (وزارة البترول والموارد المعدنية، الرياض، 1983). تم إعادة ارجاعها ومنها اشتقت طبقتي انواع الصخور والصدوع.

ج. نموذج ارتفاع رقمي DEM للقمر (SRTM) دقة 30 م تم الحصول عليه من موقع المساحة الجيولوجية الأمريكية (<https://earthexplorer.usgs.gov>)، وتم معالجته ومنه اشتقت طبقتي التضاريس والأودية.

د. خرائط التربة مقاييس 1:250000 (وزارة الزراعة والمياه، الرياض، 1986). تم معالجتها وانتقاد طبقة نوع التربة. وانتقدت رطوبتها من طبقة (Raster) (من موقع ناسا (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov>))، وانتقدتمجموعات التربة الهيدرولوجية من طبقة (Raster) من موقع ناسا (<https://daac.ornl.gov>)، اما خريطة معامل احتفاظ التربة بالماء فتم انتقادها بتطبيق المعادلة الآتية في بيئه نظم المعلومات الجغرافية: $S = 25400/CN-254.$ (USDA,TR-55,2-1).

حيث S الإمكانية القصوى للتربة على الاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان، CN الأرقام المنحنية الناتجة من مطابقة أغطية الأرض والمجموعات الهيدرولوجية للتربة.

هـ. بيانات مناخية للحرارة والأمطار، تم الحصول عليها على شكل طبقات (Raster) من موقع ناسا (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov>) وتم معالجة كل منها تمهيداً لانتقاد خطي حركة حرارة وأمطار الحوض.

وـ. بيانات الهيدرولوجيا كالأرقام المنحنية (CN) المشتقة من جداول مصلحة صيانة التربة الأمريكية بعد دمج طبقتيمجموعات هيدرولوجية التربة وأغطية الأرض بخوارزمية (Combine) في بيئه نظم المعلومات الجغرافية، اما طبقة عمق الجريان السطحي فقد اشتقت بتطبيق معادلة مصلحة صيانة التربة الأمريكية:

$$Q=(P-0.2S)^2/((P+0.8S)) \text{ (USDA,TR-55,2-1).}$$

إذ أن: Q عمق الجريان، P طبقة الأمطار، S طبقة امكانية التربة القصوى على الاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان، la المستخلصات الأولية قبل بدء الجريان وتساوي خمس قيمة امكانية احتفاظ التربة بالماء.

زـ. بيانات الغطاء الارضي اشتقت من طبقة (Raster) تم الحصول عليها من موقع ازري (<https://www.arcgis.com>)، اما طبقتي البعد من الطرق والسكان فقد تم انتقادهما باستخدام خوارزمية المسافة الاقليدية في بيئه نظم المعلومات الجغرافية بالاعتماد على طبقي (Shapfile line, Shapfile points) تم الحصول عليهم من أمانة منطقة الباحة.

يـ. تهيئة البيانات بإعادة ارجاع طبقات (Raster) من نظام الارجاع الجغرافي (Gcs_WGS_1984) إلى النظام المتري (UTM_ZONL_37N)، وتحسين دقتها المكانية وتوجيهها مع دقة طبقة أغطية الارض عند 10 م، وذلك من خلال تحويل طبقات (Shapfile Point) إلى (Interpolation)، وعمل (Shapfile Point) باستخدام خوارزمية (Spline) في بيئه نظم المعلومات الجغرافية.

$$S(x,y) = T(x,y) + \sum_{j=1}^N \lambda_j R(r_j). \text{ (Franke, 1982, p. 276)}$$

2. بناء نموذج الملاءمة:

بعد الانتهاء من اشتقاق الطبقات تم إعادة تصنيفها وتتميزها، وبذاتيةً دمجت طبقات متغيرات كل معيار على حده لتحديد ملاءمتها للحصاد، وبالتالي تم بناء نموذج ملائمة مكانية لتحديد انساب موقع حصاد المياه في الموضع باستخدام طريقة التسلسل الهرمي (Analytic Hierarchy Process)، تحديد أوزان المعايير، ونظم المعلومات الجغرافية حيث جبرت المعايير الجيولوجية والطوبوغرافية والمناخية والبيولوجية والهيدرولوجية والبشرية بالحاسبة الخلوية (Raster Calculator) في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، لحصول على طبقة واحدة تبين نسب ملائمة الحوض للحصاد وفقاً لجميع معايير النموذج.

النتائج والمناقشة

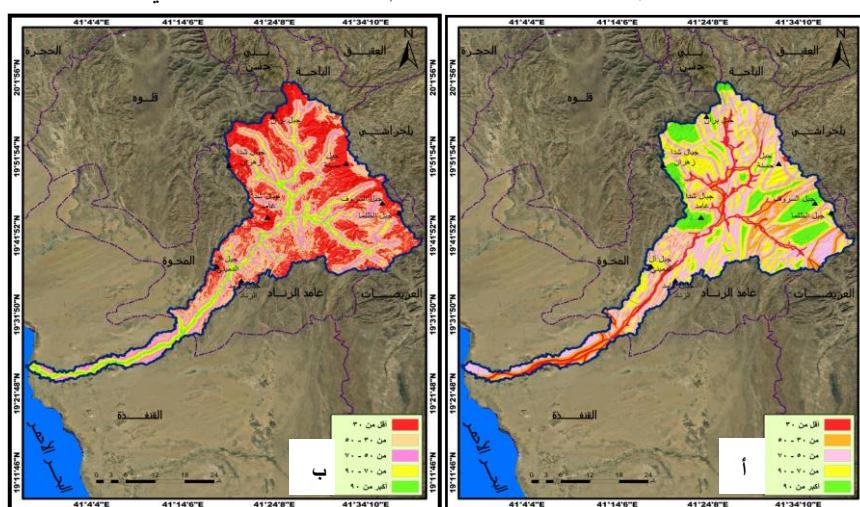
ملاءمة معايير النموذج لحصاد المياه في الموضع

ملاءمة الجيولوجية لحصاد المائي:

توصلت نتائج نمذجة الخصائص الجيولوجية تراوح ملاءمتها بين 20% إلى 100%， بمتوسط مكاني 68.6%. وتنظر منطقه الملاءمة الضعيفه جداً لمنشآت الحصاد الشكل 7-أ وادنى الحوض حيث تقل الملاءمة عن 30%， بمساحة 107.49 كم²، بنسبة 8.41% من مساحة الحوض. وتنظر مناطق الملاءمة الضعيفه جنوب شرق وشمال شرق وأدنى الحوض، حيث الملاءمة بين 30-50% بمساحة 163.47 كم²، بنسبة 12.8%. وتغطي منطقة الملاءمة المعتدلة جنوب شرق وشمال وأدنى الحوض حيث الملاءمة بين 50-70% بمساحة 500.14 كم²، بنسبة 39.15%. ومنطقة الملاءمة العالية بين 70-90% شمال غرب وجنوب وأدنى الحوض، بمساحة 358.18 كم²، بنسبة 28.03%. وتقع منطقة الملاءمة العالية جداً حيث تتجاوز النسبة 90% شمال غرب الحوض، بمساحة 148.3 كم²، بنسبة 11.6% من مساحة الحوض.

ملاءمة التضاريس لحصاد المائي

تؤكد نتائج نمذجة متغيرات تصاريض الحوض للحصاد تراوح ملاءمتها بين 20% إلى 100%， بمتوسط مكاني 49.2%. وتقع منطقة الملاءمة الضعيفه جداً لمنشآت حصاد المياه الشكل 7-ب حيث تقل نسبة الملاءمة عن 30% على الحوض، بمساحة 456.18 كم²، بنسبة 35.7% من مساحة الحوض. ومنطقة الملاءمة الضعيفه حيث النسبة بين 30-50% شمال وشرق ووسط الحوض، بمساحة 378.86 كم²، بنسبة 29.65%. وتنظر منطقة الملاءمة المعتدلة حيث الملاءمة بين 50-70% شمال وجنوب شرق ووسط وأدنى الحوض، بمساحة 236.49 كم²، بنسبة 18.51%. وتقع المنطقة ذات الملاءمة العالية بين 70-90% وسط وأدنى الحوض، بمساحة 157.2 كم²، بنسبة 12.3%. وتثيرز منطقة الملاءمة العالية جداً للحصاد حيث تتجاوز الملاءمة 90% بمحاذة مجاري الأودية، بمساحة 48.86 كم² بنسبة 3.82% من إجمالي مساحة الحوض.



الشكل 7. يبين الخرائط التالية: (أ) خريطة ملائمة الخصائص الجيولوجية لحصاد بحوض وادي الاحسية استناداً إلى الشكل 2، بـ (ب) خريطة ملائمة خصائص التضاريس لحصاد بحوض وادي الاحسية استناداً إلى الشكل 3.

* It is noted that the high suitability zone is located northwest, south, and the lowest of the basin. As for the very high, it is located east and northwest of the basin. The results of modeling the topography variables of the basin for harvest confirm the

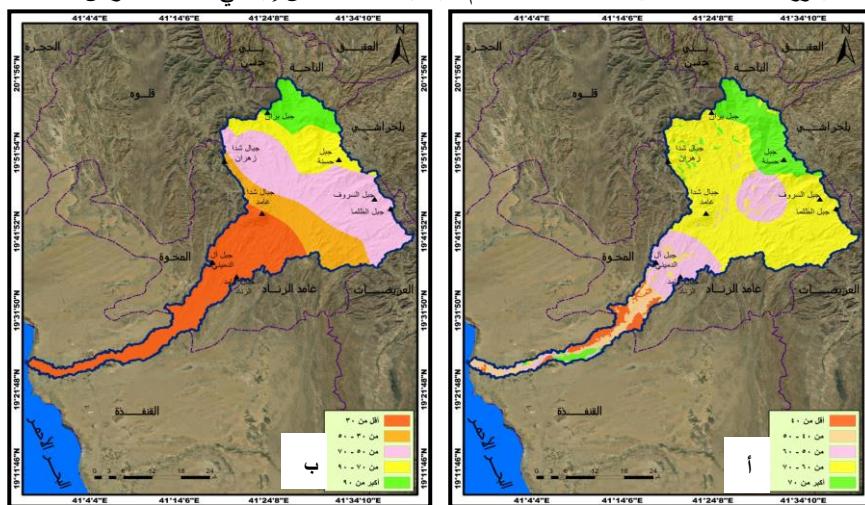
occurrence of highly suitable areas in the middle and lower part of the basin. The area of very high suitability for harvesting stands out along the streams of the valleys.

ملاءمة البيدولوجية للحصاد المائي

تظهر نتائج نمذجة خصائص تربة الحوض تراوح ملاءمتها للحصاد المائي بين 30% إلى 88% بمتوسط 62.8%. وتقع منطقة الملاءمة الضعيفة جداً للحصاد الشكل 8-أ أدنى الحوض بملاءمة تقل عن 40%，مساحة 51.28 كم²، بنسبة 4.01% من مساحة الحوض. وتبرز منطقة الملاءمة الضعيفة للحصاد حيث تتراوح النسبة بين 40-50% شمال وأدنى ووسط الحوض، مساحة 89.3 كم²، بنسبة 6.99%. وتقع المنطقة التي تتسم بملاءمة معتلة وسط وأدنى الحوض حيث الملاءمة بين 50-60%，مساحة 223.78 كم²، بنسبة 17.51%. ومنطقة الملاءمة العالية حيث النسبة بين 60-70% وسط وجنوب شرق وشمال غرب الحوض مساحة 711.3 كم²، بنسبة 55.67%. وتظهر منطقة الملاءمة العالية جداً شمال شرق وجنوب الحوض، حيث تتجاوز الملاءمة 70%，مساحة 201.92 كم²، بنسبة 15.8% من مساحة الحوض.

ملاءمة المناخ للحصاد المائي

تبين نتائج نمذجة خصائص المناخ لمنشآت حصاد المياه تراوح الملاءمة بين 20% إلى 100%， بمتوسط 50.4%. وتقع المنطقة التي يتصنف مناخها بملاءمة ضعيفة جداً للحصاد الشكل 8-ب أدنى الحوض، حيث تقل الملاءمة عن 30% مساحة 395.6 كم²، بنسبة 30.96% من مساحة الحوض. وتقع منطقة الملاءمة الضعيفة وسط الحوض، حيث الملاءمة بين 30-50% مساحة 193.16 كم²، بنسبة 15.11%. ومنطقة الملاءمة المعتلة جنوب ووسط وشمال غرب الحوض حيث الملاءمة بين 50-70% مساحة 430.15 كم²، بنسبة 33.67%. ومنطقة الملاءمة العالية جنوب شرق ووسط وشمال غرب الحوض، حيث الملاءمة بين 70-90% مساحة 154.37 كم²، بنسبة 12.08%. وتظهر منطقة الملاءمة العالية جداً شمال شرق الحوض، حيث تتجاوز الملاءمة 90% مساحة 104.31 كم²، بنسبة 8.16% من إجمالي مساحة الحوض.



الشكل 8. يبين الخرائط التالية: (أ) خريطة ملائمة خصائص التربة للحصاد بحوض وادي الأحساء استناداً إلى الشكل (4-أ). (ب) خريطة ملائمة خصائص المناخ للحصاد في حوض وادي الأحساء استناداً إلى الشكل (5، أ، ب).

* The basin soil character modeling map shows that the zone of high suitability is located in the center, southeast, and northwest of the basin. The region of very high suitability is in the northeast and south of the basin. The climate-characteristics modeling map for water-harvesting facilities shows that the high suitability region is located in the southeast, center, and northwest of the basin. The region shows very high suitability in the northeast of the basin.

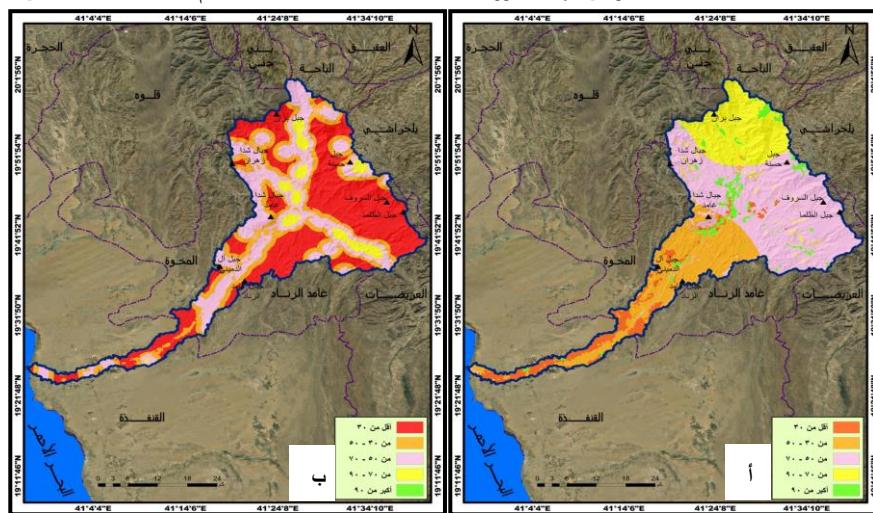
ملاءمة الهيدرولوجيا للحصاد المائي

تبين نتائج نمذجة ملائمة خصائص هيدرولوجية الحوض للحصاد، تراوح نسبة الملاءمة بين 20% إلى 100% بمتوسط 58.4%. وتقع منطقة الملاءمة الضعيفة جداً للحصاد الشكل 9-أ أدنى الحوض حيث تقل نسبة الملاءمة عن 30% مساحة 101.61 كم² بنسبة 7.95% من مساحة الحوض.

وتقع منطقة الملاءمة الضعيفة وسط وأدنى الحوض بملاءمة بين 30 - 50% بمساحة 292.78 كم² بنسبة 22.91%. ومنطقة الملاءمة المعتدلة جنوب شرق ووسط وشمال غرب الحوض بملاءمة بين 50 - 70% بمساحة 574.56 كم² بنسبة 44.97%. وتظهر منطقة الملاءمة العالية شمال وشمال شرق الحوض بملاءمة بين 70 - 90% بمساحة 249.5 كم² بنسبة 19.52%. ومنطقة الملاءمة العالية جداً شمال وشرق ووسط الحوض، حيث تتجاوز الملاءمة 90%， بمساحة 59.14 كم² بنسبة 4.62% من مساحة الحوض.

ملائمة الخصائص البشرية للحصاد المائي

توصلت نتائج نمذجة الخصائص البشرية لحصاد المياه تراوح ملائمتها بين 20% إلى 100%، بمتوسط 42.8%. وتقع منطقة الملاءمة الضعيفة جداً الشكل 9-ب جنوب شرق وشمال وأدنى الحوض بملاءمة تقل عن 30% بمساحة 557.29 كم² بنسبة 43.62%. وتبرز منطقة الملاءمة الضعيفة وسط وغرب الحوض بملاءمة 30-50% بمساحة 299.05 كم² بنسبة 23.4%. وتقع منطقة الملاءمة المعتدلة وسط وشمال غرب الحوض بملاءمة 50-70% بمساحة 351.44 كم² بنسبة 27.5%. ومنطقة الملاءمة العالية شرق ووسط الحوض، بملاءمة بين 70 - 90% بمساحة 69.65 كم² بنسبة 5.45%. ومنطقة الملاءمة العالية جداً شمال الحوض، إذ تتجاوز الملاءمة 90% بمساحة 0.15 كم² بنسبة 0.01% من مساحة الحوض.



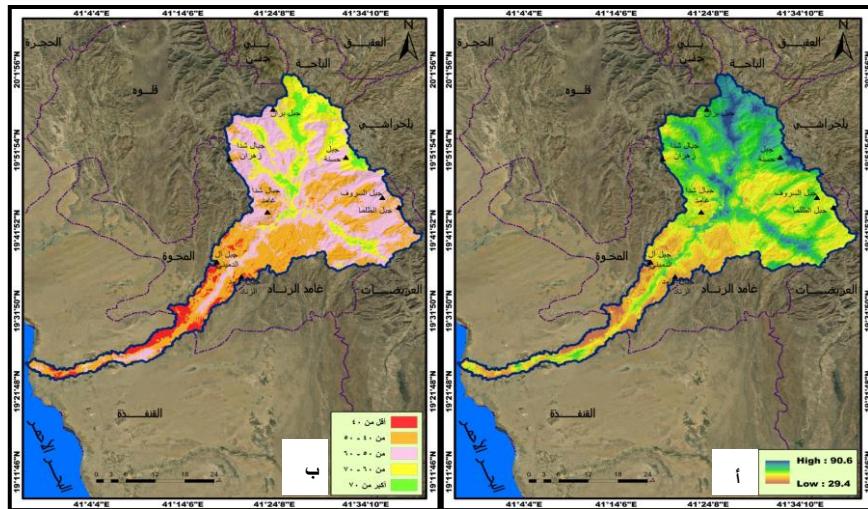
الشكل 9. يبين الخرائط التالية: (أ) خريطة ملائمة الخصائص الهيدرولوجية لحصاد بحوض وادي الأحسية استناداً إلى الشكل (6). (ب) خريطة ملائمة الخصائص البشرية لحصاد المياه بحوض وادي الأحسية استناداً إلى الشكل (6-ج-ه).

* A modeling map of the suitability of the basin's hydrological characteristics for harvesting shows that the high suitability area is located north and northeast of the basin. The very high suitability zone is in the north, east and center of the basin. The anthropogenic modeling map of aquatic harvesting represents a region of high suitability in the east and center of the basin. The region of very high suitability is in the north of the basin.

الملائمة المكانية لحصاد المياه في الحوض

توصلت نتائج نموذج الملاءمة المكانية لحصاد مياه الأمطار بغير طبقات معايير الجيولوجيا بوزن 10% والتضاريس 15% والتربة 25% والمناخ 15% والمعيار البشري 20% في نظم المعلومات الجغرافية الشكل 10-أ تراوحت نسبة الملاءمة بين 29.4% إلى 90.6% بمتوسط مكاني 53.4%.

وتقع منطقة الملاءمة المكانية الضعيفة جداً لمنشآت حصاد المياه الشكل 10-ب جنوب وأدنى الحوض، حيث تقل نسبة الملاءمة عن 40%， بمساحة 73.14 كم²، بنسبة 5.72% من مساحة الحوض. وتغطي منطقة الملاءمة الضعيفة وسط وأدنى وجنوب شرق الحوض، حيث تسب الملاءمة بين 40 - 50%， بمساحة 409.68 كم²، بنسبة 32.06% من مساحة الحوض. وتقع منطقة الملاءمة المعتدلة وسط وجنوب شرق وشمال غرب الحوض، إذ تسب الملاءمة بين 50 - 60% بمساحة 506.9 كم²، بنسبة 39.68% من مساحة الحوض. ومنطقة الملاءمة العالية شمال ووسط الحوض، حيث تسب الملاءمة بين 60 - 70% بمساحة 231.3 كم²، بنسبة 18.1% من مساحة الحوض. ومنطقة الملاءمة العالية جداً شمال ووسط الحوض، إذ تتجاوز نسبة الملاءمة 70% بمساحة 56.57 كم²، بنسبة 4.42% من مساحة الحوض.



الشكل 10. يبين الخريطة التالية: (أ) خريطة نسب الملائمة المكانية ل收藏 المياه بحوض وادي الأحسية استناداً إلى الشكل (8-أ). (ب) فئات الملائمة المكانية ل收藏 المياه في حوض وادي الأحسية استناداً إلى الشكل (8-ب).

* The spatial fit model map for rainwater harvesting in the basin is illustrated. The suitability rate ranged from 29.4 to 90.6%, with a spatial mean of 53.4%. The suitability zone for high and very high-water harvesting facilities is located in the north and center of the basin.

الاستنتاجات

توصلت الدراسة إلى امتلاك حوض وادي الأحسية متغيرات بيئية مكаниبة تشجع على عملية الحصاد المائي في الحوض، ومن تلك المتغيرات تتنوع التركيب الجيولوجي وتتوفر مناطق آمنة لتشييد منشآت الحصاد المائي في الحوض، حيث بلغ متوسط ملائمة الحوض جيولوجياً 68.6%. فضلاً عن توفر خصائص جيومورفولوجية ومورفومترية ومساحية وشكلية وطبوغرافية تدعم عملية الحصاد المائي في الحوض، إذ بلغ متوسط ملائمة تضاريس الحوض 49.2%. وتدعم بعض متغيرات التربة عملية الحصاد، فجفاف التربة لا يشجع كثيراً على الحصاد، ويؤكد ذلك متوسط رطوبتها الذي لا يتعدي 35.73%，في حين تدعم مجموعات هيدرولوجية للتربة بصورة كبيرة عملية الحصاد في الحوض، فنحو 91.22% من إجمالي مساحة الحوض تقع في مناطق تتصف بملائمة عالية إلى عملية جداً للحصاد، وتشجع قدرة التربة التخزينية للمياه بشكل نسبي عملية الحصاد في الحوض، إذ لا تتجاوز نسبة مساحة المناطق التي تتصرف بملائمة عالية إلى عملية جداً للحصاد 5.35% من مساحة الحوض، مع ذلك يعتبر معيار التربة أكثر أهمية في دعم عملية الحصاد المائي مقارنة بالتضاريس، ويؤكد ذلك متوسط ملائمتها للحصاد بلغت 62.8%. وأكدت نتائج تحليل مناخ الحوض جدوى استغلال متغيري الحرارة والامطار في عملية الحصاد في الجزئين الاعلى والأوسط من الحوض بعكس الجزء الادنى منه، وبلغ متوسط ملائمة معيار المناخ 50.4%. وتعكس نتائج تحليل المتغيرات الهيدرولوجية في الحوض وجود امكانية جيدة لاستغلالها في حصاد المياه، فقد اظهرت قيم الارقام المنحنية للجريان سطح الحوض على تحويل ما نسبته 73% إلى 98% من مياه الامطار إلى جريان، ووقوع غالبية مساحة الحوض ضمن المنطقة التي لها قدرة على تحويل 81% من مياه الامطار إلى جريان سطحي يمكن حصاده، ومتوسط عمق الجريان السطحي 93.4 ملم سنوياً، وهذا يعني ان هناك امكانية ل收藏 119.34 مليون متر مكعب سنوياً، وبذلك بلغ متوسط ملائمة المعيار الهيدرولوجي 58.4%. ويمتلك الحوض شبكة جيدة من الطرق يمكن تسيير في تقليل تكاليف تشيد منشآت الحصاد، وبلغ متوسط ملائمة المعيار البشري 42.8%. وتوصلت نتائج تطبيق النموذج إلى انه لا توجد منطقة في الحوض تistani من انعدام الملائمة المكانية للحصاد، ويؤكد ذلك ان ادنى نسبة ملائمة بلغت 29.4%，كما لا يوجد أي منطقة في الحوض حققت ملائمة بنسبة 100%，اذ بلغت أعلى نسبة ملائمة مكانية للحصاد في الحوض 90.6%，بمتوسط على المستوى المكاني للحوض بلغ 53.4%. وبذلك توصي هذه الدراسة الجهات المختصة في وزارة الزراعة والمياه إلى استغلال هذه الامكانيات البيئية لتعميم الموارد المائية، وتحفيز، الآثار البيئية لموقع الحوض، لاسيما التخفيف من حدة الجفاف بأنواعه المختلفة المناخي والهيدرولوجي والزراعي والاجتماعي والاقتصادي، خاصة في الجزئين الاعلى والأوسط حيث تتوفر المقومات المكانية الجيدة للحصاد، وتنتشر التجمعات السكانية بما يضمن تغطية احتياجات السكان من المياه في مختلف الاستخدامات، وتحقيق التنمية البيئية المستدامة لمختلف مكونات النظام البيئي في الحوض.

References

- Abd-el-Kader, M., Elfeky, A., Saber, S., AlHarbi, M., & Alataway, A. (2021). Designating Appropriate Areas for Determining Potential Rainwater Harvesting in Arid Region Using a GIS-based Multi-criteria Decision Analysis, pp.1-36.
- Alzghoula, M., & Al-husbanb, Y. (2021). Rainwater harvesting and storage in Asir, Kingdom of Saudi Arabia, using spatial modeling and geographic information systems. *Desalination and Water Treatment*, 233, pp.19–29.
- Awawdeh, M., Obeidat, M., & Seelawi, N. (2010). Mapping Potential Sites for Rainwater Harvesting (Dams) in the Pan-Handle of Jordan Using Geographic Information Systems, International Conference on Water Resources and Arid Environments, Riyadh, Saudi Arabia, pp. 844- 857.
- Balkhair, K. S., & Ur Rahman, K. (2019). Development and assessment of rainwater harvesting suitability map using analytical hierarchy process. *GIS and RS techniques Geocarto International*, 36(4), 421-448.
- ESRE, Land use/land cover. (2022). Source imagery, Sentinel-2, spatial resolution 10 m.
- Kahinda, J. M., Lillie, E. S. B., Taigbenu, A. E., Taute, M. & Boroto, R. J. (2008). Developing suitability maps for rainwater harvesting in South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth*, 33, 788–799.
- Mahmoud, S. H., & Alazba, A. A. (2015). The potential of in situ rainwater harvesting in arid regions: developing a methodology to identify suitable areas using GIS-based decision support system. *Arab J Geosci*, 8, 5167–5179.
- Mahmoud, S. H., Mohammad, F. S., & Alazba. A. A. (2015). Delineation of potential sites for rainwater harvesting structures using a geographic information system-based decision support system. *Hydrology Research*, 46, 591-606.
- Mahmoud, S. H. (2014). Delineation of potential sites for groundwater recharge using a GIS-based decision support system. *Environmental Earth Sciences*, 72, 3429–3442.
- Mbilinyi, B. P., Tumbo, S. D., Mahoo, H. & Mkiramwinyi, F. O. (2007). GIS-based decision support system for identifying potential sites for rainwater harvesting. *Phys. Chem. Earth*, 32 (15), 1074–1081.
- Ministry of Agriculture and Water.(1986). Atlas of the General Map of Soils. Soil Maps (184, 185), scale, 1:250000, Riyadh, pp. 1-314.
- Ministry of Petroleum and Mineral Resources. (1983). Al-Qunfudhah Geological Map. scale 1:250000, Riyadh.
- NASA, Digital Earth Climate Data. (2022), spatial resolution of 0.25-0.50°.
- NASA, Several datasets including land cover, biophysical parameters, elevation, and selected ORNL DAAC archived data are available through SDAT. (2022). spatial resolution of 228- 1088 m.
- Setiawan, O., & Nandin, R. (2021). Identification of suitable sites for rainwater harvesting using GIS based multi-criteria approach in Nusa Penida Island, Bali Province. Indonesia, 4th International Conference on Environmental Resources, Management (ICERM-2021) *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 1039 (2022) 012010, IOP Publishing, pp1-19.
- Toosi, A. S., Tousi, E. G., Ghassemi, S. A., Cheshomi, A., & Alaghmand, S. (2020), A multi-criteria decision analysis approach towards efficient rainwater harvesting. *Journal of Hydrology*, 582, 124- 135.
- USGS. Digital elevation modeling. 2022. spatial resolution 30 m.
- USDA, TRR-55. (1986). Urban Hydrology for small watersheds, USA.

Authors, 2023, Center of Desert Studies, University of Anbar. This is an open-access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).