قوائم المحتويات متاحة على المجلات الأكاديمية العراقية

مجلة رؤية للدراسات الاجتماعية

الصفحة الرئيسة للمجلة: https://visj.dws.gov.iq/

التحليل الهيدرولوجي لتحديد المواقع المثلى لحصاد مياه الجريان السطحي في حوض وادي الضباع ـ بادية المثنى

Hydrological Analysis to Identify Optimal Sites for Surface Runoff Water Harvesting in Wadi Al-Dhibaa Basin – Al-Muthanna Desert

م.د. مجيد حسين خضير الركابي

وزارة التربية المديرية العامة لتربية بغداد/ الكرخ الاولى

P.H.D. Majeed Hussen Kudayer AL-Rekaby

dktwrmiydarkaby@gmail.com

Keywords
Hydrological analysis, surface runoff water harvesting, Digital Elevation Model (DEM).

Abstract

This study aims to identify the optimal sites for surface runoff water harvesting within the Wadi Al-Dhibaa Basin, located in the western plateau of Al-Muthanna Governorate, southern Iraq. The basin features a clear topographic gradient, descending from the elevated southern headwaters (106–140 m above sea level) toward the low northern alluvial plains (14–70 m), which directly influences surface runoff dynamics and water accumulation patterns.

The study relied on Digital Elevation Model (DEM) data from the NASA Shuttle Radar Topography Mission with a spatial resolution of 30 m, processed using ArcGIS 10.6 to derive flow directions using the D8 algorithm, calculate flow accumulation, extract the drainage network, and classify streams according to Strahler's stream order method. The analysis identified 71 stream segments totaling 37 km, distributed across four orders, with the first-order streams being the most numerous (38 streams) and the fourth-order stream representing the main channel of the basin.

Results indicate that the outlets of third-order streams are the most suitable locations for surface runoff harvesting, as they naturally converge upstream tributaries before joining the main channel, enhancing water collection efficiency. Geological factors, particularly the widespread Dammam limestone formation with moderate permeability, combined with seasonal rainfall averaging 105.42 mm per year, further support the feasibility of the proposed water harvesting structures.

Integrating topographic, hydrological, and geological analyses within a GIS framework provides a robust scientific methodology for selecting runoff harvesting sites, supporting sustainable water resource management in arid and semi-arid environments, and offering a practical foundation for small-scale water harvesting development.

معلومات المقال

تاريخ المقال:
الإرسال:٢٠٢٦/٢/١٠
المراجعة:٢٠٢٦/٢/١٥
القبول:٢٠٢٦/٢/٢٦

الكلمات المفتاحية:
التحليل الهيدرولوجي، حصاد مياه الجريان السطحي، النموذج الرقمي للارتفاعات

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد المواقع المثلى لحصاد مياه الجريان السطحي ضمن حوض وادي الضباع، الواقع في نطاق الهضبة الغربية بمحافظة المثنى جنوب العراق. يتميز الحوض بتدرج طبوغرافي واضح يبدأ من المنابع الجنوبية المرتفعة التي يتراوح ارتفاعها بين (١٠٦–١٤٠) متر فوق مستوى سطح البحر، ويتجه نحو السهول الرسوبية الشمالية المنخفضة التي يتراوح ارتفاعها بين (١٤–٧٠) متر، الأمر الذي يؤثر بصورة مباشرة في ديناميكية الجريان السطحي وأنماط تركّز المياه. وقد اعتمدت الدراسة على بيانات نموذج الارتفاعات الرقمية المستمدة من بعثة المكوك الراداري الطبوغرافي التابعة لناسا بدقة مكانية تبلغ ٣٠ مترًا، وتمت معالجتها باستخدام برنامج ArcGIS 10.6 لاشتقاق اتجاهات الجريان وفق خوارزمية (D8)، وحساب تراكم الجريان، واستخراج شبكة التصريف المائي، وتصنيف المجاري بحسب رتبها وفق طريقة Strahler. وقد أظهر التحليل وجود ٧١ مقطعًا نهريًا بطول إجمالي بلغ ٣٧ كم، موزعة على أربع رتب نهرية، حيث شكلت الرتبة الأولى العدد الأكبر (٣٨ مجرى)، بينما تمثل الرتبة الرابعة المجرى الرئيس للحوض. وبينت النتائج أن نهايات المجاري من الرتبة الثالثة تمثل أكثر المواقع ملاءمة لحصاد مياه الجريان السطحي، لكونها نقاط التقاء طبيعية للروافد قبل انضمامها إلى المجرى الرئيس، مما يزيد من كفاءة تجميع المياه. كما دعمت الاعتبارات الجيولوجية، ولا سيما انتشار الحجر الجيري لتكوين الدمام ذي النفاذية المتوسطة، إلى جانب تركز الأمطار في الموسم الشتوي بمعدل سنوي يبلغ ١٠٥.٤٢ ملم، جدوى إنشاء منشآت حصاد المياه المقترحة. وإن دمج التحليل الطبوغرافي والهيدرولوجي والجيولوجي ضمن إطار نظم المعلومات الجغرافية يوفر منهجية علمية رصينة لاختيار مواقع حصاد الجريان السطحي، ويسهم في دعم استراتيجيات الإدارة المستدامة للموارد المائية في البيئات الجافة وشبه الجافة، فضلاً عن تقديم أساس تطبيقي لتطوير منشآت حصاد مياه صغيرة النطاق.

١. مقدمة

يُعد حصاد مياه الأمطار أحد أهم الأساليب التقليدية والحديثة لإدارة الموارد المائية[1] في المناطق الجافة وشبه الجافة، إذ اعتمد عليه الإنسان منذ القدم لمواجهة محدودية المياه وعدم انتظام الهطول المطري. ومع تزايد تأثيرات التذبذب المناخي وتراجع الموارد المائية التقليدية، برزت تقنيات الحصاد المائي بوصفها خيارًا استراتيجيًا لتعزيز الأمن المائي، ولاسيما في البلدان التي تعاني من شح الموارد المائية، ومن بينها العراق، اذ يسود المناخ الجاف وشبه الجاف معظم أراضيه، الأمر الذي جعل الموارد المائية المتاحة غير كافية لتلبية المتطلبات التنموية والاحتياجات السكانية المتزايدة. وتكتسب المناطق الجنوبية من العراق أهمية خاصة في هذا المجال[2]، إذ تستقبل كميات من الأمطار خلال المدة الممتدة بين شهري أكتوبر وأبريل، يمكن استثمارها بفاعلية عند توظيف تقنيات حصاد المياه المناسبة، مثل إنشاء الحواجز الترابية، والأحواض والخزانات الأرضية لتجميع مياه السيول والجريان السطحي. غير أن نجاح هذه المشروعات يعتمد بدرجة كبيرة على اختيار المواقع الملائمة، وهو ما يتطلب فهمًا دقيقًا للخصائص الطبوغرافية والهيدرولوجية التي تتحكم في حركة المياه على سطح الأرض.

وفي هذا السياق، يركز البحث الحالي على إجراء تحليل هيدرولوجي لتحديد المواقع المثلى لحصاد مياه الجريان السطحي في حوض وادي الضباع ضمن بادية المثنى، من خلال توظيف تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. وقد جرى الاعتماد على تحليل النموذج الرقمي للارتفاعات (DEM) لاشتقاق الخصائص الطبوغرافية والهيدرولوجية للمنطقة، وبناء قاعدة بيانات مكانية تسهم في تحديد أنسب المواقع لإقامة منشآت حصاد المياه، بما يدعم استثمار مياه الأمطار وتحسين إدارة الموارد المائية في بيئة تتسم بندرتها.

أولًا:مشكلة البحث

ان المشكلة عبارة عن سؤال غير مجاب عليه ويمكن صياغتها بالشكل التالي:-

(هل يمكن توظيف التحليل الهيدرولوجي المعتمد على النموذج الرقمي للارتفاعات (DEM) وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية لتحديد المواقع المثلى لحصاد مياه الجريان السطحي في حوض وادي الضباع ضمن بادية المثنى؟)

ثانيًا:فرضية البحث

أن تطبيق التحليل الهيدرولوجي المعتمد على بيانات النموذج الرقمي للارتفاعات (DEM) باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية يمكّن من تحديد مواقع مثلى لحصاد مياه الجريان السطحي في حوض وادي الضباع، ولاسيما عند نقاط التقاء المجاري من الرتب الدنيا مع مجاري الرتبة الاعلى، بما يحقق كفاءة أعلى في تجميع مياه السيول.

(1)Shiklomanov, I. A. (1993). World Freshwater Resources. In: Gleick, P. H. (Ed.), Water in Crisis. Oxford University Press, 13–24.

(2)Al-Ansari, N & ,.Knutsson, S. (2011). Integrated Water Resources Management in Iraq: Perspectives and Challenges. Journal of Advanced Science, 1(1), 1–15.

ثالثًا:أهمية البحث

١. الإسهام في دعم إدارة الموارد المائية في بيئة تعاني من شح المياه وعدم انتظام الأمطار.
٢. توفير قاعدة بيانات مكانية تساعد صانعي القرار في التخطيط لمشروعات حصاد المياه.
٣. توظيف التقنيات الحديثة في الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لخدمة الدراسات الهيدرولوجية.
٤. تعزيز فرص التنمية المستدامة في بادية المثنى من خلال استثمار مياه السيول بدل فقدانها.

رابعًا:أهداف البحث

١. تحليل الخصائص الطبوغرافية لحوض وادي الضباع باستخدام النموذج الرقمي للارتفاعات (DEM).
٢. اشتقاق الخصائص الهيدرولوجية للحوض، مثل اتجاهات الجريان وتراكمه ورتب المجاري المائية.
٣. تحديد المواقع المغذية ونقاط التقاء المجاري المائية.
٤. تعيين المواقع المثلى لحصاد مياه الجريان السطحي وفق أسس علمية مكانية دقيقة.

خامسًا:منهج البحث

اعتمد البحث المنهج التحليلي المكاني القائم على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد[٣]، من خلال معالجة بيانات النموذج الرقمي للارتفاعات (DEM)المشتقة من بعثة NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)، وتحليلها باستخدام برنامج ArcMap لاشتقاق المعطيات الطبوغرافية والهيدرولوجية، ومن ثم تفسيرها مكانيًا لتحديد أنسب مواقع حصاد مياه الجريان السطحي في منطقة الدراسة.

سادساً:مراحل البحث:

يمكن عرض مراحل البحث على النحو الآتي:

١. معالجة نموذج الارتفاع الرقمي: (DEM) اعداد ومعالجة بيانات النموذج الرقمي للارتفاعات بوصفها الأساس التحليلي للدراسة.
٢. تحليل الخصائص التضاريسية:اشتقاق السمات الطبوغرافية لسطح المنطقة مثل الانحدار والاتجاهات العامة للتضرس.
٣. تحديد اتجاه الجريان المائي: استخراج اتجاهات تدفق المياه السطحية اعتمادًا على خصائص الانحدار.
٤. تحديد رتب المجاري المائية: تصنيف شبكة التصريف إلى رتب هيدرولوجية وفق التسلسل الهرمي للمجاري.
٥. تحليل الخصائص الهيدرولوجية:دراسة خصائص الحوض التصريفية المرتبطة بالجريان السطحي وشبكة الأودية.
٦. تحديد مناطق تجمع المياه:تعيين مواقع تراكم الجريان السطحي اعتمادًا على نتائج التحليل المكاني.
٧. تحديد الأحواض التصريفية الرئيسية واختيار المواقع المثلى لتجميع مياه الجريان:حصر

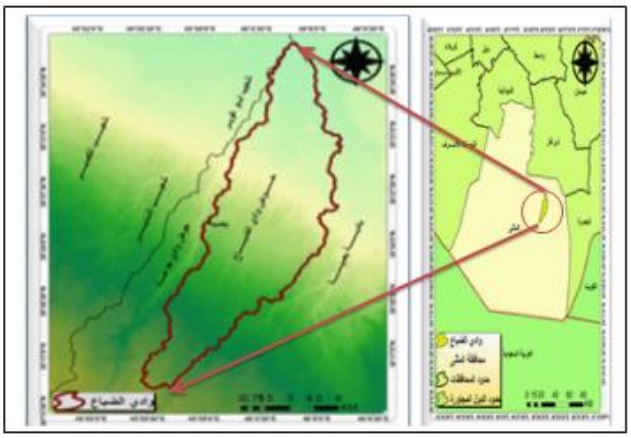
(3)**Burrough, P. A & ,.McDonnell, R. A. (1998). Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press.**

الأحواض المغذية الرئيسة وتحديد أنسب النقاط لإقامة منشآت حصاد مياه الجريان السطحي.

سابعاً:حدود منطقة الدراسة

يقع حوض وادي الضباع فلكياً بين دائرتي عرض(30° 30' 34" - 30° 17' 0") شمالاً وخطي طول (45° 52' 0" - 46° 9' 30") شرقاً. اما جغرافياً فيقع في بادية بصية جنوب محافظة المثنى، ويُعد أحد الأودية التابعة للهضبة الغربية. يتخذ الوادي اتجاهًا انحداريًا من الجنوب الغربي نحو الشمال الشرقي، ويحدّه من الشمال وادي أبو غوير، ومن الشرق بادية بصية، ومن الغرب وادي جدعة وشعيب السدير . وينتهي جريانه بالتصريف في وادي جدعة الذي يصب بدوره في منخفض الصليبات. تبلغ مساحته حوالي ٦٣٠.٦ كم٢، وبلغ الطول الحقيقي للحوض نحو ٥١.٢٥ كم. وقد سُمّي الوادي بهذا الاسم نسبةً إلى حيوان الضبع الذي ينتشر في المنطقة. وتتسم أراضيه بطبيعة حجرية وصخرية في معظم أجزائه، ويمتد لمسافة تقارب ١١ كم، مما يجعله بيئة ملائمة لنمو العديد من النباتات البرية، فضلًا عن كونه موطنًا لعدد من الطيور والحشرات والحيوانات. كما تتمتع منطقة الوادي بإمكانات اقتصادية واعدة، لاسيما بوجود مساحات واسعة صالحة للزراعة وتوفر موارد المياه الجوفية. تلاحظ الخريطة (١).

الخريطة (١) موقع حوض وادي الضباع من بادية المثنى ومن العراق



المصدر:الباحث اعتماداً على المرئية الفضائية للقمر الصناعي(Landsat 8)، نوع (ETM) لسنة ٢٠٢٥ بدقة تمييزية قدرها (٣٠م) والخرائط الطوبوغرافية لمنطقة الدراسة بمقياس (١/١٠٠٠٠٠).

ثامناً:المفاهيم والمصطلحات المتعلقة بالبحث

١. الاستشعار عن بعد (RS): تقنية علمية تُستخدم للحصول على معلومات عن سطح الأرض دون تماس مباشر، من خلال تسجيل وتحليل الإشعاع الكهرومغناطيسي المنعكس أو المنبعث من الظواهر الطبيعية، بما يسهم في دراسة الخصائص التضاريسية والهيدرولوجية لحوض وادي الضباع.

٢. نظم المعلومات الجغرافية (GIS): منظومة تقنية متكاملة تعتمد على الحاسوب لمعالجة وتحليل البيانات المكانية والوصفية، وإنتاج الخرائط الرقمية، وبناء قواعد بيانات مكانية تُستخدم في

تحليل الخصائص الطبوغرافية والهيدرولوجية للحوض.

٣. نموذج الارتفاع الرقمي(DEM): تمثيل رقمي لسطح الأرض بصيغة شبكية(Raster) ، تحتوي كل خلية فيه على قيمة ارتفاع محددة وإحداثياتها الجغرافية، ويُعد الأساس في اشتقاق الانحدار، واتجاه الجريان، وشبكة التصريف في الدراسة.

٤. الطبقات:(Layers)ملفات رقمية تُخزن فيها البيانات الجغرافية بأنواعها المختلفة (تضاريسية، هيدرولوجية، مناخية)، وتُستخدم في بيئة نظم المعلومات الجغرافية لإجراء التحليل المكاني.

٥. البيانات المتجهة(Vector Data): أسلوب لتمثيل الظواهر المكانية باستخدام عناصر هندسية بسيطة (نقطة، خط، مضلع)، مثل تمثيل المجاري المائية وحدود الأحواض.

٦. البيانات الشبكية (Raster Data): بيانات مكانية تُعرض على هيئة شبكة من الخلايا (Pixels)، تمثل كل خلية مساحة محددة من سطح الأرض، كما هو الحال في نموذج الارتفاع الرقمي.

تاسعاً:البرامج المستخدمة في الدراسة

١. برنامج Environment لمعالجة بيانات الاستشعار عن بعد:استُخدم لاقتطاع نموذج الارتفاع الرقمي الخاص بمنطقة حوض وادي الضباع وتجهيزه للتحليل.

٢. برنامج ArcMap 10.4.1: استخدم لتحليل الخصائص التضاريسية لسطح الحوض، والاعتماد على ملحق النمذجة الهيدرولوجية (Hydrologic Modeling)لاشتقاق اتجاهات الجريان، وتراكمه، ورتب المجاري المائية.

٣. برنامج SPSS: استُخدم في تحليل بيانات الأمطار الخاصة بمنطقة الدراسة.

عاشراً:معالجة بيانات نموذج الارتفاع الرقمي(DEM)

يُعد نموذج الارتفاع الرقمي ملفًا رقميًا بصيغةRaster ، تمثل كل خلية فيه قيمة رقمية تعبر عن متوسط ارتفاع سطح الأرض ضمن مساحتها، ويُظهر التضاريس الطبيعية مجردة من الغطاء النباتي والمنشآت البشرية، خلافًا لنموذج السطح الرقمي (DSM) الذي يتضمن جميع الظواهر السطحية. اذ اعتمدت الدراسة على بيانات بعثة NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)[٤]، التي تغطي قرابة ٨٠% من سطح الأرض، بدقة مكانية تبلغ ٣٠ مترًا، وتم الحصول عليها من موقع U.S. Geological Survey (USGS).ويُعد هذا النوع من البيانات ملائمًا لإجراء الدراسات الهيدرولوجية وتحديد مواقع حصاد مياه الجريان السطحي بدرجة دقة مناسبة، إذ استُخدم كأساس لاشتقاق الخصائص الطبوغرافية والهيدرولوجية لحوض وادي الضباع.

(4)NASA SRTM Mission Data (Shuttle Radar Topography Mission). (2000). U.S. Geological Survey

١ – الخصائص الجيولوجية لحوض وادي الضباع:

يتواجد في منطقة وادي الضباع أنواع مختلفة من الصخور، منها الصخور الرسوبية مثل الحصى والرمال، وصخور الكالسيت والحجر الجيري. هذا التنوع اثر على خصائص التربة والخصوبة وتنكشف التكوينات الجيرية المتعاقبة حديثة العهد والمتباينة من حيث مقاومتها لعوامل النحت والتعرية في منطقة الدراسة، اذ ينكشف تكويني (الدمام والغار) ضمن حدود خط تقسيم المياه لحوض وادي الضباع وهي من تكوينات الزمن الثالث، ويسود في الغالب تكوين الدمام الذي يتميز بالتتابع الطبقي، ويغطي ٨٠% [٥]، من مساحة الحوض، ويعد من أقدم الترسبات المنكشفة على السطح، ويتألف هذا التكوين من صخور جيرية، (طباشيرية، فتاتية عضوية، دولومايت، وصلصال وسجيل)، ويقدر سمكة ما بين (٢٥٠-٢٩٠) متر والرواسب تتكون معظمها من الطين الاخضر الرمادي مع صخر طيني يحتوي على كمية كبيرة من الجبس وبلورات الاملاح القوية، حيث يتدرج من حجر جيري مخلوط بالطين الاصفر الى مارل طيني كريمي، ويتغير لون الصخر بالارتفاع الى حجر جيري ضارب الى البياض، وبعض الحجر الطيني شديد الملوحة قرب المصب، ويحتوي على بلورات من الجبس، وتخلو هذه الطبقة من الحفريات، وتنحدر الطبقات الصخرية الرسوبية المكونة لتلك التكوينات الجيولوجية أنحداراً خفيفاً يتراوح ما بين ٣ درجة من الجنوب الغربي نحو الشمال الشرقي أي باتجاه نهر الفرات، مما يؤثر على تدفق المياه الجارية وعمليات التآكل والترسيب. في حين يشكل تكوين الغار الجزء الشمالي من الحوض. يساهم وجود هذه التكوينات الجيولوجية في الحفاظ على المياه الجوفية، بالإضافة إلى وجود ينابيع طبيعية أو بحيرات صغيرة تتكون عقب الشداة المطرية تعمل على تحسين التنوع البيولوجي في حوض الوادي. تشمل مساحة حوض التغذية المساحة المحصورة بالحاجز المحيط به، اي مساحة المقطع الافقي للحوض وتطرح المساحات العمياء او الميتة غير المساهمة من المساحة الكلية للحوض.[٦]

وتميز الزمن الرابع بالتغيرات المناخية من تتابع الرطوبة والجفاف، والاودية الجافة الموجودة حالياً كانت تتلقى قدراً كبيراً من التساقط، واخذت الاراضي العراقية الجنوبية شكلاً لا يختلف كثيراً عن شكلها الحالي مع نهاية الزمن الثالث، ومع بداية البلايستوسين بالزمن الرابع . كما ان ترسيبات الزمن الرابع تنتشر في بعض اجزاء الوادي المنبسطة بمكوناتها من المواد الطينية والغرينية مع بعض الحصى والرمل، ويقدر سمك هذه الرواسب ما بين (٠.٥-٢م) * (٢٠٢٤/١٢/٢٩) والخريطة رقم (٢) توضح توزيع التكوينات الجيولوجية. كان المناخ رطباً

(5)Al-Dabbas, M. A & ,.Al-Ansari, N. (2012). "Geological formations and soil characteristics in southern Iraq." Arabian Journal of Geosciences, 5(2), 123–135.

(6) الوائلي ، عبد الزهرة ، علم الهيدرولوجي والمورفومتري ، جامعة بغداد ، كية التربية ، ابن رشد ، 2012 ، ص24.

* الدراسة الحقلية.

ممطراً وهناك فترات جفاف وقد جرفت الاودية والانهار الترسبات الهائلة.[٧]

الخريطة (٢) التكوينات الجيولوجية لحوض وادي الضباع في بادية المثنى

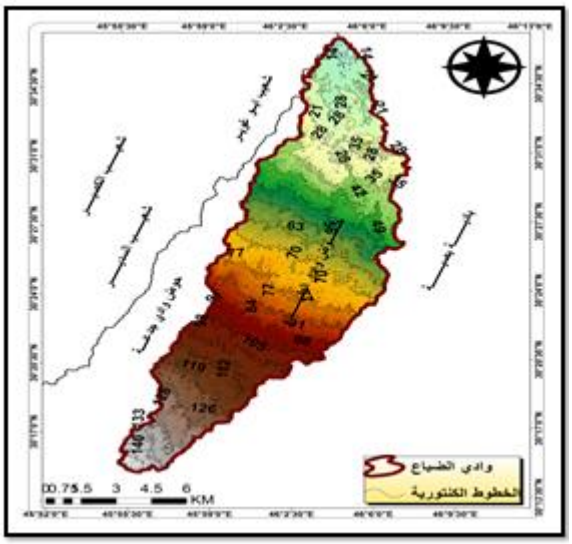
المصدر :عمل الباحث باستخدام برنامج ArcGIS 10.4.1.

٢- طبوغرافية حوض وادي الضباع

يعد حوض وادي الضباع جزءًا من الهضبة الغربية، وتحديدًا ضمن بادية المثنى، حيث تقع منابع الروافد في الأجزاء الجنوبية والجنوبية الشرقية من الحوض، وتتميز هذه المناطق بأراضٍ صخرية عارية من التربة أو مغطاة بالحصى والرمال. أما أقصى الأجزاء الشمالية والشمالية الغربية للحوض، فتقع ضمن منطقة السهل الرسوبي، وتمثل المناطق المنخفضة من الوادي التي تمتد تدريجيًا باتجاه الشمال.

ويتضح من الخريطة (٣) أن خطوط الارتفاعات المتساوية (خطوط الكنتور) بشكل عام متباعدة في وسط الحوض ومناطق المصب، مما يعطي انطباعًا بانبساط النسبي للأرض وقلة التضرس، بينما تكون خطوط الكنتور شبه متقاربة في مناطق منابع الوادي عند ارتفاعات بين (٨٠–١٢٦) متر تقريبًا، مما يعكس تضرس المنطقة بفعل نشاط عمليات التعرية والحت الطبيعي.

الخريطة (٣) خطوط الارتفاعات المتساوية في حوض وادي الضباع بناحية بصية



المصدر:الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي لحوض الدراسة ومخرجات برنامج ArcGIS 10.4.1.

باستخدام نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) وبرنامج Arc.map10.6، تم تقسيم الحوض إلى ثلاث فئات ارتفاعية كما يلي:

(7) جاسم محمد الخلف، جغرافية العراق الطبيعية والاقتصادية والبشرية ، ط3، القاهرة ، 1965، ص27.

١. الجزء الأدنى للحوض:يتراوح ارتفاع هذه الفئة بين (١٤—٧٠) متر فوق مستوى سطح البحر، ويمثل الأراضي الشمالية والمنخفضة للوادي، حيث تبلغ مساحتها حوالي ٢٤٠ كم^2 تقريبًا، بنسبة تصل إلى نحو ٤١% من مساحة الحوض الكلية، وتنتشر ضمن منطقة السهل الرسوبي.
٢. الجزء الأوسط للحوض:يتراوح ارتفاع هذه الفئة بين (٧١—١٠٥) متر، ويشمل الأجزاء الوسطى من الوادي، حيث تبلغ مساحته حوالي ٢١٠ كم^2، أي ما يعادل نحو ٣٧% من مساحة الحوض الكلية، ويظهر تدرجًا طبوغرافيًا معتدلًا نحو الجنوب.
٣. الجزء الأعلى للحوض:يتراوح ارتفاع هذه الفئة بين (١٠٦—١٤٠) متر تقريبًا، وتشمل الأراضي الجنوبية العليا ضمن منابع الحوض، حيث تبلغ مساحتها حوالي ١٢٥ كم^2، بما يعادل نحو ٢٢% من مساحة الحوض الكلية، وتعكس ارتفاع الأرض تدريجيًا باتجاه الجنوب دون وجود قمم جبلية حادة.

يعكس هذا التوزيع الطبوغرافي التدرج الواضح في الارتفاع من شمال الحوض إلى جنوبه، حيث تنتقل الأرض من مناطق منخفضة نسبياً في الشمال إلى مناطق أعلى في الجنوب، مع ميل أرضي شمالي—جنوبي يسمح بتشكيل مجاري مائية طبيعية باتجاه الجنوب، بينما يُظهر الوسط والانحدار الجنوبي مناطق أكثر تضرسًا نسبيًا بفعل عمليات التعرية المستمرة.

٣- الخصائص المناخية لحوض وادي الضباع

يُعد المطر العامل المناخي الرئيسي المؤثر على الهيدرولوجيا في حوض وادي الضباع، إذ يلعب دورًا مباشرًا في تغذية الجريان السطحي، تشكيل الخصائص الهيدرولوجية للتربة، وتحديد إمكانات استثمار المياه السطحية في الحوض. تم التركيز على الأمطار ضمن دراسة المناخ لأن العناصر المناخية الأخرى، مثل درجات الحرارة أو الرياح، لا توفر معلومات مباشرة حول توفر المياه السطحية، وهو الهدف الأساسي للبحث المتعلق بحصاد مياه الجريان السطحي.

تسقط الأمطار في الحوض من النوع الإعصاري، نتيجة مرور انخفاضات جوية تنشأ عند تقابل كتل هوائية مختلفة المنشأ:كتلة مدارية قارية دافئة وكتلة قطبية بحرية أو قارية باردة. خلال فصل الشتاء، يخضع البحر المتوسط لضغط منخفض نسبي نتيجة دفئه مقارنة باليابس المجاور، وعند اقتراب الكتل الدافئة تهب الرياح الجنوبية الشرقية على المنطقة، ثم تتحول إلى شمالية وشمالية غربية مع مرور الكتل الباردة، فتتشبع بالرطوبة أثناء عبورها البحر المتوسط، ويتكاثف بخار الماء ليشكل الأمطار.

تتميز أمطار الحوض بموسمية واضحة، إذ يبدأ سقوطها في أواسط الخريف ويبلغ ذروته خلال فصل الشتاء، ثم يتناقص تدريجيًا مع بداية الربيع، بينما تكون الصيفية شبه معدومة (حزيران، تموز، آب). وتشير البيانات المناخية لمحطة السماوة خلال الفترة (١٩٩٦—٢٠٢٥) إلى أن

المجموع السنوي للأمطار يبلغ نحو ١٠٥.٤٢ ملم[٨]، مع أعلى كمية في كانون الثاني (٢٤.٢ ملم) يليه تشرين الثاني (١٧.٧ ملم)، كما يتضح من الجدول (١) والشكل (١).

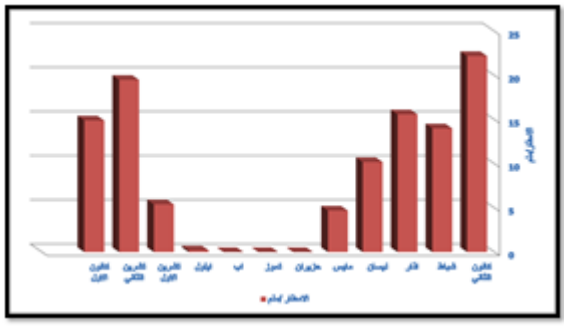
تركز الأمطار الشتوية الجريان السطحي في الحوض، ويؤدي تتابع التساقط خلال موسم الشتاء إلى زيادة محتوى الرطوبة في التربة وتحسين قدرة الحوض على تجميع المياه السطحية، مما يجعلها الفترة الأكثر أهمية لتحديد المواقع المثلى لتطبيقات حصاد مياه الجريان السطحي. وبذلك يصبح التركيز على الأمطار ضروريًا لفهم ديناميات الجريان السطحي وتقدير الموارد المائية القابلة للاستفادة منها في الحوض، بما يتماشى مع أهداف البحث.

الجدول (١) المجموع السنوي للأمطار/ ملم لمحطة السماوة للمدة (١٩٩٦– ٢٠٢٥)

الشهر	كانون الثاني	تشرين الثاني	تشرين الأول	أيلول	آب	تموز	حزيران	مايس	نيسان	آذار	شباط	كانون الثاني	المجموع السنوي
الامطار ملم	24.2	13.8	16	9.12	4.9	0	0	0.1	6.8	17.7	14.8		105.42

المصدر:اعداد الباحث اعتماداً على وزارة النقل، الهيأة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، بيانات غير منشورة، 2026.

الشكل(١) المجموع السنوي للأمطار/ ملم لمحطة السماوة للمدة (١٩٩٦– ٢٠٢٥)



المصدر:عمل الباحث بالاعتماد على الجدول (١)

٤– تحديد اتجاه الجريان السطحي للمياه (Flow Direction)

يمثل الجريان السطحي أحد أهم عناصر الدورة الهيدرولوجية في حوض وادي الضباع، إذ تنتقل مياه الأمطار الساقطة فوق سطح الأرض عبر المنحدرات الطبيعية لتتجمع تدريجيًا في المجاري الصغيرة، ثم في القنوات الرئيسة، وصولًا إلى المجرى الرئيس للوادي. ويبدأ الجريان عادة في المناطق المرتفعة من الحوض، ثم يتجه نحو المناطق المنخفضة تبعًا للانحدار الطبوغرافي، مما يجعل دراسة اتجاهه خطوة أساسية لفهم ديناميكية حركة المياه داخل الحوض.

يتحكم في اتجاه وكميات الجريان السطحي عدد من العوامل، في مقدمتها الخصائص الطبوغرافية المتمثلة بدرجة الانحدار واتجاهه، إضافة إلى طبيعة التربة وكثافة الغطاء النباتي. ونظرًا لكون حوض وادي الضباع يقع ضمن بيئة شبه جافة ذات غطاء نباتي محدود، فإن العامل

(8)Ministry of Transport, Iraq, General Meteorological Authority. (2026). Climate Data for Al-Samawah Station (1996–2025).

الطبوغرافي يعد الأكثر تأثيرًا في توجيه مسارات الجريان السطحي وتحديد مناطق التجمع المائي المحتملة، وهو ما يرتبط مباشرة بهدف البحث في تحديد المواقع المثلى لحصاد مياه الجريان السطحي.

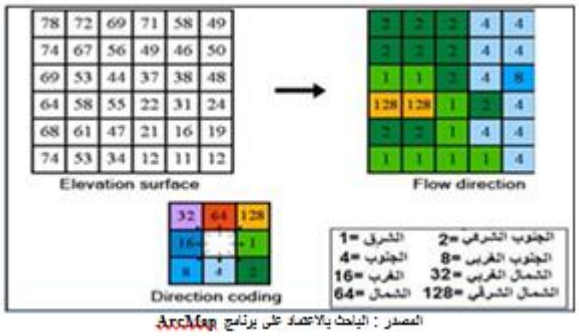
ولأغراض التحليل، تم اعتماد نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) لاشتقاق طبقة اتجاه الجريان [٩] باستخدام أداة Flow Direction ضمن برنامج ArcMap.

تعتمد هذه الأداة على مقارنة قيمة ارتفاع كل خلية شبكية[١٠] بارتفاع الخلايا الثمانية المجاورة لها، وتحديد اتجاه الانحدار الأشد نحو الخلية الأقل ارتفاعًا. وبذلك يُحدد المسار الذي ستسلكه المياه من كل خلية، وتستمر هذه العملية بشكل متتابع لتكوين شبكة رقمية توضح الاتجاهات العامة لحركة المياه داخل الحوض.

ينتج عن هذه الخطوة إنشاء طبقة مكانية تحتوي على قيم رقمية تمثل اتجاه الجريان لكل خلية، وهو ما يسمح بتحليل المسارات الرئيسة لتجمع المياه، وتحديد مناطق التركّز والانحدار، تمهيدًا لاستخدامها في المراحل اللاحقة من التحليل الهيدرولوجي لتحديد أفضل المواقع المقترحة لحصاد مياه الجريان السطحي في حوض وادي الضباع.

اذ يوضح الشكل (٢) آلية اشتقاق اتجاه الجريان السطحي في حوض وادي الضباع بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، وهي خطوة أساسية ضمن التحليل الهيدرولوجي لتحديد المواقع المثلى لحصاد مياه الجريان السطحي.

الشكل (٢) طريقة حساب اتجاه الجريان والتمثيل الرقمي للاتجاهات في برنامج ArcMap



المصدر : الباحث بالاعتماد على برنامج ArcMap

يمثل الجزء الأيسر من الشكل سطح الارتفاعات، حيث تُعبّر القيم الرقمية داخل كل خلية عن منسوب الارتفاع بالمتر. في بيئة حوض وادي الضباع، تمثل هذه القيم التضاريس الحقيقية للحوض، بدءًا من المناطق الأعلى ارتفاعًا في الأطراف، وصولًا إلى المناطق الأخفض التي تمثل مجاري التصريف الرئيسة. تتحرك مياه الأمطار الساقطة فوق هذه الأسطح من الخلايا الأعلى نحو الخلايا الأقل ارتفاعًا تبعًا لأشد انحدار.

يعرض الجزء الأيمن من الشكل طبقة اتجاه الجريان الناتجة بعد تطبيق أداة Flow Direction في برنامج ArcMap. تعتمد هذه الأداة على مقارنة ارتفاع كل خلية بارتفاع الخلايا الثمانية المجاورة لها (شرق، غرب، شمال، جنوب، والاتجاهات القطرية). ثم يتم تحديد الخلية

(9)Tarboton, D. G. (1997). "A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models." Water Resources Research, 33(2), 309–319.

(10)Jenson, S. K & ,.Domingue, J. O. (1988). "Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information-system analysis." Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54(11), 1593–1600.

المجاورة ذات أقل ارتفاع، ويُعطى اتجاه الجريان قيمة رقمية وفق نظام ترميز محدد (D8)[*].

وبذلك فإن كل خلية في حوض وادي الضباع يُحدد لها اتجاه واحد يمثل المسار المحتمل لحركة المياه منها. تتتابع هذه العملية خلية بعد أخرى لتشكّل شبكة متصلة من الاتجاهات تمثل المسارات الطبيعية للجريان السطحي داخل الحوض. أهمية هذه الخطوة في البحث تكمن في أنها تمثل الأساس لحساب تراكم الجريان (Flow Accumulation)، إذ لا يمكن تحديد مناطق تجمّع المياه أو المجاري الرئيسة دون معرفة اتجاه الحركة أولًا.

ومن خلال تحليل اتجاهات الجريان في حوض وادي الضباع يمكن تحديد خطوط التصريف الرئيسة، والمناطق المنخفضة التي تستقبل أكبر كمية من المياه، وهي المواقع المرشحة لإنشاء منشآت حصاد مياه الجريان السطحي مثل السدود الترابية أو الحواجز المائية.

وبذلك فإن طبقة اتجاه الجريان لا تمثل مجرد ناتج رقمي، بل تعد خطوة جوهرية لفهم السلوك الهيدرولوجي للحوض وربطه مباشرة بهدف البحث في تعظيم الاستفادة من الموارد المائية السطحية. يلاحظ الجدول(٢).

الجدول (٢) قيم اتجاه الجريان في كل خلية وفق نظام ترميز (D8) ضمن التحليل الهيدرولوجي في ArcGIS

الشرق	الجنوب الشرقي	الجنوب	الجنوب الغربي	الغرب	الشمال الغربي	الشمال	الشمال الشرقي
١	٢	٤	٨	١٦	٣٢	٦٤	١٢٨

المصدر: الباحث بالاعتماد على برنامج ArcGIS 10.4.1.

من خلال جدول بيانات طبقة الجريان Attribute Layer، كما هو موضح في الشكل (٣)، يظهر أن العمود Value يمثل الرقم الذي يدل على اتجاه الجريان، بينما العمود Count يوضح إجمالي عدد الخلايا لكل اتجاه. على سبيل المثال، نجد أن ٩٣٧٨ خلية تمثل اتجاه الغرب، وهكذا لبقية الاتجاهات. وتعتبر طبقة اتجاه الجريان المائي الأساس الذي تُبنى عليه جميع خطوات التحليل الهيدرولوجي التالية.

تتكون العناصر الرئيسة للميزان المائي على سطح الارض من ما يأتي:

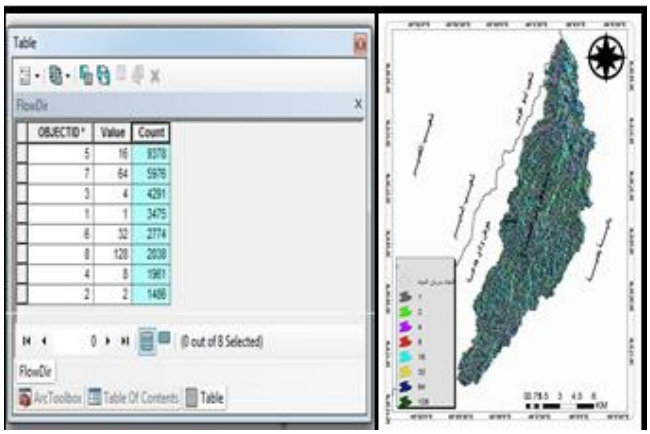
التساقط – التبخر – الترشيح– الجريان السطحي.

لا يحدث الجريان السطحي الا اذا زادت سرعة تساقط الامطار المتساقطة على سعة الترشيح للطبقات السطحية.[١١]

(*)نظام D8 هو أسلوب رقمي يُستخدم لتحديد اتجاه الجريان السطحي من كل خلية في نموذج الارتفاع الرقمي، حيث تتم مقارنة ارتفاع الخلية بارتفاع الخلايا الثمانية المحيطة بها، ثم يُحدد اتجاه أشد انحدار نحو الأسفل ويُمنح قيمة رقمية تمثل مسار حركة المياه.

(١١) ابراهيم حسن حميدة، الهيدرولوجيا والمياه الجوفية ، جامعة القاهرة ، كلية الزراعة ، بدون تاريخ،ص٤٨.

الشكل (٣) جدول بيانات طبقة اتجاه الجريان السطحي للمياه

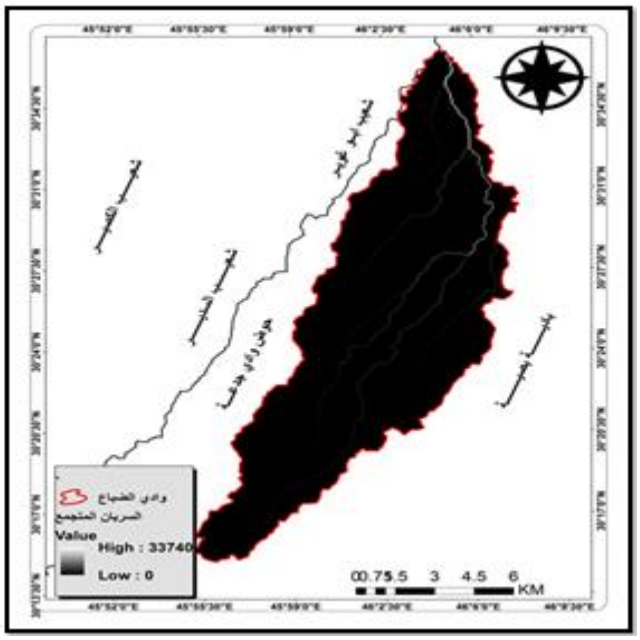


المصدر :الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي لحوض الدراسة ومخرجات برنامج ArcGIS 10.4.1.

٥- تحديد مناطق تجمع المياه (Flow Accumulation):

تهدف هذه الخطوة إلى تحديد المجاري الرئيسة عن طريق حساب تراكم الجريان عند كل خلية، حيث يقوم البرنامج بتحديد عدد الخلايا التي ستصب المياه فيها. تظهر المجاري الرئيسية باللون الأبيض، بينما تظهر بقية المناطق باللون الأسود. بهذه الطريقة يمكن التعرف على الأماكن الأكثر عرضة لمخاطر الفيضانات عند هطول أمطار غزيرة، إذ تشير القيم إلى الخلايا التي يتجمع فيها أكبر حجم من المياه، مما يسهل تحديد أكثر مناطق سطح المدينة تعرضًا للفيضان.

يتم تنفيذ هذه الخطوة باستخدام الأمر Flow Accumulation[12]، ويكون الناتج ملف Raster، يحتوي كل خلية فيه على قيمة تمثل عدد الخلايا الأعلى ارتفاعًا التي تصب المياه فيها. تظهر المناطق التي تتجمع فيها المياه باللون الأبيض، وبقية المناطق باللون الأسود، كما هو موضح في الخريطة(٤).



الخريطة (٤) مناطق تجمع المياه في حوض وادي الضباع

المصدر :الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي لحوض الدراسة ومخرجات برنامج ArcGIS 10.4.1.

٥- تحديد رتب المجاري المائية في حوض وادي الضباع (Stream Order):

(12)Tarboton, D. G. (1997). "A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models." Water Resources Research, 33(2), 309–319.

تشير رتب المجاري المائية إلى التدرج الرقمي لمجموع الروافد التي يتكون منها المجرى الرئيسي، وفقًا لطريقة Strahler، وهي الطريقة الأكثر استخدامًا في التحليل المورفومتري نظرًا لبساطة تطبيقها.

تقسم رتب المجاري المائية في حوض الدراسة إلى أربع رتب، اذ يتم تنفيذ هذه الخطوة باستخدام الأمر Stream Order، وينتج عنها ملف Raster يظهر فيه المجاري بحسب رتبتها. بعد ذلك، تُحوَّل طبقة Raster الناتجة إلى Vector [١٣] كما هو موضح في الخريطة (٥)، ومن خلال جدول بيانات طبقة الجريان Attribute Layer، يمكن تحديد عدد المجاري المائية وأطوالها لكل رتبة، كما هو موضح في الجدول (٣). وكما يأتي:

الرتبة الأولى (N1):

تمثل الرتبة الأولى أصغر المجاري المائية في حوض الدراسة، وهي المجاري التي لا تتفرع منها أي فروع أصغر. تتشكل هذه المجاري من المياه السطحية الناتجة عن الأمطار والسيول الصغيرة في المنحدرات والتضاريس المرتفعة، وتشكل الأساس الذي تبدأ منه عملية جمع الجريان المائي في الحوض. عدد مجاري هذه الرتبة هو ٣٨ مجرى، بإجمالي طول يبلغ ٢٥,١٣٩ متر اي (٢٥ كم). تعتبر هذه الرتبة مهمة لأنها تحدد بداية تدفق المياه وتساهم في تغذية الروافد الأكبر في الرتب التالية.

الرتبة الثانية (N2)

تشمل الرتبة الثانية المجاري الناتجة عن اتحاد رافدين أو أكثر من مجاري الرتبة الأولى. تتسم هذه المجاري بأنها أكبر حجمًا وأكثر استقرارًا في مسارها مقارنة بالروافد الأولية، وتعمل على جمع المياه من الروافد الصغيرة وتوجيهها نحو مجاري أكبر. عدد مجاري هذه الرتبة هو ١٨ مجرى، ويبلغ إجمالي طولها ٨,٢٠٢ متر بما يعادل (٨ كم). تلعب هذه الرتبة دورًا وسيطًا في شبكة الجريان المائي، حيث تربط بين الروافد الصغيرة والمجاري الرئيسية.

الرتبة الثالثة (N3)

تمثل الرتبة الثالثة المجاري الناتجة عن اتحاد رافدين أو أكثر من مجاري الرتبة الثانية، وهي مجاري متوسطة الحجم تجمع مياه الروافد الصغيرة والمتوسطة. عدد مجاري هذه الرتبة هو ١٠ مجاري، بإجمالي طول يبلغ ٢,٨٣٨ متر بما يعادل (٣ كم). تعمل هذه المجاري على توجيه المياه نحو المجاري الرئيسية في الحوض، وتلعب دورًا حيويًا في تنظيم تدفق الجريان المائي وتقليل احتمالية الفيضانات في الروافد الصغيرة.

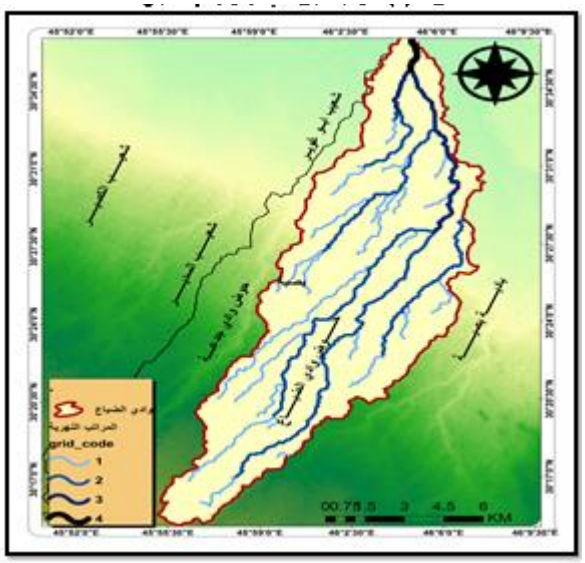
الرتبة الرابعة (N4)

تشمل الرتبة الرابعة المجاري الرئيسية الكبيرة الناتجة عن اتحاد رافدين أو أكثر من مجاري الرتبة الثالثة. هذه الرتبة تشكل المجرى الرئيس لحوض وادي الضباع، حيث تتجمع فيه معظم المياه المتدفقة من الروافد الأصغر. عدد مجاري هذه الرتبة هو ٥ مجاري، بإجمالي طول يبلغ ١,٥٠٠ متر تقريبًا (~١.٥ كم). تعتبر هذه الرتبة محور شبكة الجريان المائي في الحوض، وتحدد اتجاه تدفق المياه

(13)**Burrough, P. A & ,.McDonnell, R. A. (1998). Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press.**

النهائي ومناطق تراكمها المحتملة، وهي الأكثر أهمية عند تحليل المخاطر الهيدرولوجية مثل الفيضانات.

الخريطة (٥) المراتب النهرية في حوض وادي الضباع.



المصدر:الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي لحوض الدراسة ومخرجات برنامج ArcGIS 10.4.1.

الجدول (٣) رتب المجاري المائية بمنطقة الدراسة.

الرتبة	عدد المجاري	الطول	
		الطول (و)	الطول (كم)
N1	38	٢٥,١٣٩	٢٥
N2	18	٨,٢٠٢	٨
N3	10	٢,٨٣٨	٣
N4	5	١,٥٠٠	١
الاجمالي	71	٣٧,٦٧٩	٣٧

المصدر :الباحث بالاعتماد على جدول الخريطة (٥).

٦- تحديد الأماكن المثلى لتجميع مياه الجريان السطحي في حوض وادي الضباع

بعد تحديد رتب المجاري المائية في حوض وادي الضباع، أصبح بالإمكان اختيار المواقع المثلى لتجميع مياه الجريان السطحي اعتمادًا على تصنيف هذه الرتب. وبناءً على التحليل الهيدرولوجي، تم اختيار نهاية مجاري الرتبة الثالثة (N3) كنقاط تجمع رئيسية، نظرًا لأنها تمثل المرحلة التي تتجمع فيها المياه من الروافد الأصغر (N1 وN2) قبل دخول المجرى الرئيسي الكبير (N4).

تم تنفيذ هذه الخطوة عمليًا من خلال إنشاء ملف Vector من نوع Point، حيث تم رسم نقاط التجميع عند نهاية كل مجرى من الرتبة الثالثة. توضح هذه النقاط المواقع الأكثر فعالية لجمع مياه الجريان السطحي وإدارتها، بما يقلل مخاطر الفيضانات في الحوض.

تعكس البيانات الممثلة في الجدول (٤) والخريطة (٦) توزيع نقاط التجميع، وتوضح أن تركيز نقاط التجميع على الرتبة الثالثة يضمن تغطية جميع مجاري الرتبة الثالثة وإدارة التدفق قبل وصوله إلى المجرى الرئيسي (N4)، مما يعزز فعالية التخطيط الهيدرولوجي للحوض.

الجدول(٤) المواقع المثلى لتجميع مياه الجريان السطحي في حوض وادي الضباع

الموقع	خط الطول (درجه، دقيقة، ثانية)	دائرة العرض (درجه، دقيقة، ثانية)	الرتبه المرجعية	ملاحظات
١	"45 52' 30"	"30 17' 0"	N3	نهاية المجرى الثالث/ الأول
٢	"45 57' 0"	"30 25' 0"	N3	نهاية المجرى الثالث/ الثاني
٣	"46 9' 30"	"30 34' 0"	N3	نهاية المجرى الثالث/ الثالث

المصدر:عمل الباحث بالاعتماد على الخريطة (٦).

الخريطة (٦) المواقع المثلي لتجميع مياه الجريان السطحي في حوض وادي الضباعالمصدر:الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي لحوض الدراسة ومخرجات برنامج ArcGIS 10.4.1.

٧– طرائق حصاد مياه الأمطار في منطقة الدراسة:

أولاً:الحواجز الترابية

تنسجم الحواجز الترابية مع الطبيعة الطبوغرافية لحوض وادي الضباع[١٤]، الذي يُعد جزءاً من الهضبة الغربية ضمن بادية المثنى، حيث يتدرج الارتفاع من الجنوب الأعلى نحو الشمال المنخفض ضمن السهل الرسوبي. ففي الجزء الأدنى من الحوض، الذي يتراوح ارتفاعه بين (١٤–٧٠) م ويشكل نحو ٤١% من المساحة الكلية، تتباعد خطوط الكنتور وتبدو الأرض أكثر انبساطاً، ما يهيئ ظروفاً مناسبة لتجمع المياه السطحية. إن إقامة الحواجز الترابية في هذه المناطق، خصوصاً عند نهايات المجاري من الرتبة الثالثة في المواقع ذات الإحداثيات (٣٠°١٧′٠″ شمالاً – ٤٥°٥٢′٣٠″ شرقاً)، و(٣٠°٢٥′٠″ شمالاً – ٤٥°٥٧′٠″ شرقاً)، و(٣٠°٣٤′٠″ شمالاً – ٤٦°٩′٣٠″ شرقاً)، يساهم في إبطاء الجريان المتجه من الأجزاء الجنوبية الأعلى نحو الشمال، وزيادة زمن بقاء المياه فوق السطح. كما أن انتشار الترسيبات الطينية والغرينية في هذه الأجزاء يساعد على احتجاز المياه وتحسين رطوبة التربة، مما يدعم الزراعة والنباتات الرعوية ويقلل من تدهور الغطاء النباتي.

ثانياً:حواجز تغذية المياه الجوفية

ترتبط حواجز تغذية المياه الجوفية بالطبيعة الجيولوجية والطبوغرافية للحوض معاً[١٥]، ففي الأجزاء الوسطى والجنوبية، التي يتراوح ارتفاعها بين (٧١–١٤٠) م وتشكل نحو ٥٩% من مساحة الحوض، تتقارب خطوط الكنتور نسبياً وتزداد درجة التضرس، خاصة في مناطق المنابع التي تقع ضمن أراضٍ صخرية عارية أو مغطاة بالحصى والرمال. هذا التضرس يسهم في تسريع الجريان السطحي باتجاه الشمال، إلا أن وجود تكوينات جيرية متشققة، مثل تكوين الدمام السائد، يوفر بيئة مناسبة لزيادة التسرب إذا ما تم إبطاء حركة المياه. وعليه، فإن إنشاء حواجز نشر مائي عند المواقع المثلى المحددة

(14)Agarwal, A & ,.Narain, S. (1997). Dying Wisdom: Rise, Fall and Potential of India's Traditional Water Harvesting Systems. Centre for Science and Environment

(15)FAO. (2010). Water Harvesting in Drylands. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

بإحداثياتها الثلاث يتيح تجميع المياه القادمة من المناطق المرتفعة وإتاحة فرصة أكبر لتغلغلها في الطبقات الصخرية، مما يعزز تغذية الخزان الجوفي ويعوض النقص الناتج عن السحب المستمر من الآبار، مع تحقيق توازن أفضل في الدورة الهيدرولوجية للحوض.

ثالثاً:السدات أو السدود الصغيرة

تُفسَّر ملاءمة السدود الصغيرة في ضوء الطبوغرافية العامة للحوض، حيث تتسم مناطق المنابع الجنوبية والجنوبية الشرقية بارتفاعات تتراوح بين (١٠٦—١٤٠) م دون وجود قمم جبلية حادة، لكنها تتميز بتضرس نسبي نتيجة نشاط التعرية. كما أن مجاري الأودية هناك تكون أكثر وضوحاً وأضيق نسبياً مقارنة بمناطق المصب. هذا الوضع الطبوغرافي، إلى جانب وجود أكتاف صخرية صلبة من تكويني الدمام والغار، يوفر دعماً طبيعياً لإنشاء سدود منخفضة الارتفاع. وعند إقامتها في نهايات المجاري من الرتبة الثالثة، يمكن تخزين المياه المنحدرة من الأجزاء الأعلى قبل وصولها إلى السهل الرسوبي. وتكمن أهمية هذه السدود في استثمار مياه الموسم المطري وتوفير خزين يُستخدم خلال فترات الشح، فضلاً عن تقليل شدة السيول الناتجة عن الانحدار الملحوظ بين الجنوب والشمال.

رابعاً:مرافق تجميع مياه السيول وشبكة التصريف

يعكس التحليل الطبوغرافي باستخدام نموذج الارتفاعات الرقمية وجود تدرج واضح من الجنوب الأعلى إلى الشمال الأدنى، ما يؤدي إلى تشكل شبكة تصريف تضم ٧١ مجرى مائياً بطول إجمالي ٣٧ كم. وتتقارب خطوط الكنتور في مناطق المنابع، مما يدل على زيادة سرعة الجريان، بينما تتباعد في الوسط والمصب حيث يقل الانحدار وتتسع مناطق التجمع. إن اختيار نهايات المجاري من الرتبة الثالثة كمواقع مثلى، عند الإحداثيات المحددة، يعكس اعتماداً على مواقع انتقال الجريان من مناطق أكثر تضرساً إلى مناطق أكثر انبساطاً. إقامة مرافق تجميع في هذه النقاط يساهم في تنظيم تدفق المياه المتجهة شمالاً، والحد من مخاطر الفيضانات في الجزء الأدنى من الحوض، مع تعزيز الاستفادة من الموارد المائية بدلاً من فقدانها ضمن شبكة التصريف الطبيعية. يتضح مما تقدم أن التدرج الطبوغرافي من الجنوب المرتفع إلى الشمال المنخفض، مع اختلاف درجة التضرس بين المنابع والمصب، هو العامل الحاكم في توجيه الجريان السطحي داخل حوض وادي الضباع. وقد جاءت طرائق حصاد مياه الأمطار المقترحة متكاملة مع هذا التدرج؛ إذ استُغلت المناطق المنبسطة لإقامة الحواجز الترابية، والمناطق المتشققة جيولوجياً لتعزيز التغذية الجوفية، والمجاري الضيقة في الأجزاء الأعلى لإنشاء سدود صغيرة، فيما تم اختيار نهايات المجاري ذات الرتبة الثالثة كنقاط استراتيجية لتنظيم وتجميع السيول، بما يحقق إدارة مائية أكثر كفاءة واستدامة للحوض.

الاستنتاجات

١. أظهر التحليل الهيدرولوجي لحوض وادي الضباع أن توزيع الارتفاعات والانحدارات الطبوغرافية يؤدي دورًا رئيسيًا في تحديد مسارات الجريان السطحي ومناطق تراكم المياه، اذ ينحدر الحوض من الجنوب الأعلى نحو

الشمال الأدنى، مما يسهل تحديد مواقع مناسبة لحصاد المياه.

٢. أتاح استخدام نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) وبيانات SRTM اشتقاق اتجاهات الجريان، وحساب تراكم المياه، وتحديد رتب المجاري المائية بدقة، ما مكن من تصنيف ٧١ مجرى مائياً ضمن أربع رتب هيدرولوجية، مع التركيز على نهايات مجاري الرتبة الثالثة كنقاط مثلى لجمع مياه الجريان السطحي.

٣. تبين أن المواقع المختارة لنهايات المجاري من الرتبة الثالثة تجمع بشكل طبيعي المياه القادمة من الروافد الأصغر (N1 و N2)، مما يعزز كفاءة جمع السيول وتقليل مخاطر الفيضانات في الجزء الأدنى من الحوض.

٤. الخصائص الجيولوجية للحوض، لا سيما تكوينات حجرية مثل تكوين الدمام الكلسي، توفر ظروفًا مناسبة لتخزين مياه الجريان السطحي وتعزيز تغذية المياه الجوفية عند إقامة الحواجز الترابية والسدود الصغيرة.

٥. يتضح أن الدمج بين التحليل الطبوغرافي والهيدرولوجي والجغرافي (GIS) يوفر أساسًا علميًا قويًا لتحديد المواقع المثلى لحصاد مياه الأمطار في المناطق الجافة وشبه الجافة، ويعزز من إمكانية استثمار هذه المياه بشكل مستدام لدعم الزراعة والنباتات الرعوية.

المقترحات:

انطلاقًا من النتائج التي توصلت إليها الدراسة، وبالاستناد إلى التحليل الطبوغرافي والهيدرولوجي والجيولوجي المعتمد، تُقترح الإجراءات الآتية بوصفها مرحلة تطويرية تطبيقية تعزز كفاءة استثمار مياه الجريان السطحي في حوض وادي الضباع:

١. إنشاء حواجز ترابية عند نهايات مجاري الرتبة الثالثة:أظهرت نتائج التحليل المكاني أن نهايات المجاري من الرتبة الثالثة تمثل نقاط تجميع طبيعية للمياه قبل انتقالها إلى المجرى الرئيس، وعليه يُوصى بإنشاء حواجز ترابية منخفضة الكلفة في هذه المواقع، بما يحقق إطالة زمن مكوث المياه، وزيادة فرص الترشيح، وتحسين خصائص التربة في المناطق المنخفضة، خاصة ضمن الجزء الأوسط والأدنى من الحوض.

٢. إقامة سدود صغيرة في المنابع العليا: نظرًا لطبيعة الانحدار في الأجزاء الجنوبية المرتفعة، فإن إنشاء سدود صغيرة أو منشآت خزن محدودة الارتفاع عند الروافد العليا يمكن أن يسهم في اعتراض جزء من الجريان قبل فقدانه سريعًا باتجاه السهول، مع ضرورة مراعاة التدرج الطبوغرافي واستقرار الأساسات الصخرية لضمان الكفاءة الإنشائية والاستدامة التشغيلية.

٣. تعزيز تغذية المياه الجوفية في المناطق ذات النفاذية المرتفعة: في ضوء الخصائص الجيولوجية للحوض، ولاسيما وجود تكوينات كلسية متشققة، يُوصى بتطوير حواجز مخصصة لتغذية

المياه الجوفية في المواقع التي تتوافر فيها شروط النفاذية الطبيعية، بما يسهم في دعم الخزان الجوفي وتقليل أثر السحب المستمر من الآبار.

٤. إجراء نمذجة هيدرولوجية كمية دورية: تُعد نتائج الدراسة الحالية ذات طابع مكاني تحليلي، لذا يُقترح استكمالها بحسابات كمية دورية لتقدير حجم التصريف الأقصى باستخدام نماذج رياضية مثل Rational Method، وذلك لتحديد السعات التصميمية المثلى للمنشآت المقترحة وضمان توافقها مع شدات الأمطار المستقبلية.

٥. تطبيق التحليل متعدد المعايير (Weighted Overlay) :لتعزيز دقة اختيار المواقع مستقبلاً، يُوصى بإدخال معايير إضافية ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية، مثل نوعية التربة، الكثافة النباتية، القرب من المناطق الزراعية، وسهولة الوصول، ومنحها أوزانًا نسبية وفق أهميتها الهيدرولوجية، بما يحقق تقييمًا مكانيًا أكثر شمولاً.

٦. تنفيذ زيارات ميدانية تحققية دورية:نظرًا لاعتماد الدراسة على البيانات الرقمية، يُوصى بإجراء مسوحات ميدانية دورية للتحقق من ملاءمة المواقع المختارة، ورصد التغيرات الطبوغرافية أو الترسيبية، وتقييم التأثير البيئي والاجتماعي لمنشآت الحصاد المقترحة.

٧. إعداد خطة إدارة مائية متكاملة للحوض :توصي الدراسة بتبني إطار إدارة متكامل يجمع بين الحواجز الترابية، والسدود الصغيرة، ومنشآت التغذية الجوفية، ضمن رؤية تخطيطية موحدة للحوض، بما يضمن الاستخدام الأمثل لمياه السيول في دعم الأنشطة الزراعية والرعوية وتحقيق الاستدامة المائية على المدى المتوسط والبعيد.

تضارب المصالح

يؤكد الباحث/الباحثون عدم وجود أي تضارب في المصالح المالية أو المهنية أو الشخصية قد يؤثر في تصميم الدراسة أو تحليل البيانات أو تفسير النتائج أو نشرها، وأن جميع الإجراءات البحثية تمت وفق معايير النزاهة والموضوعية العلمية.

المصادر العربية:

١. الوائلي، عبد الزهرة، علم الهيدرولوجي والمورفومتري، جامعة بغداد، كية التربية، ابن رشد، ٢٠١٢.

٢. الخلف، جاسم محمد، جغرافية العراق الطبيعية والاقتصادية والبشرية، ط٣، القاهرة، ١٩٦٥.

٣. حميدة، ابراهيم حسن، الهيدرولوجيا والمياه الجوفية، جامعة القاهرة، كلية الزراعة، بدون تاريخ.

digital elevation models." Water Resources Research, 33(2), 309–319.

8. Jenson, S. K & ،.Domingue, J. O. (1988). "Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information-system analysis." Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54(11), 1593–1600.
9. Tarboton, D. G. (1997). "A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models." Water Resources Research, 33(2), 309–319.
10. Burrough, P. A & ،.McDonnell, R. A. (1998). Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press.
11. Agarwal, A & ،.Narain, S. (1997). Dying Wisdom:Rise, Fall and Potential of India's Traditional Water Harvesting Systems. Centre for Science and Environment
12. FAO. (2010). Water Harvesting in Drylands. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

References

1. Shiklomanov, I. A. (1993). World Freshwater Resources. In:Gleick, P. H. (Ed.), Water in Crisis. Oxford University Press, 13–24.
2. Al-Ansari, N & ،.Knutsson, S. (2011). Integrated Water Resources Management in Iraq:Perspectives and Challenges. Journal of Advanced Science, 1(1), 1–15.
3. Burrough, P. A & ،.McDonnell, R. A. (1998). Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press.
4. NASA SRTM Mission Data (Shuttle Radar Topography Mission). (2000). U.S. Geological Survey
5. Al-Dabbas, M. A & ،.Al-Ansari, N. (2012). "Geological formations and soil characteristics in southern Iraq." Arabian Journal of Geosciences, 5(2), 123–135.
6. Ministry of Transport, Iraq, General Meteorological Authority. (2026). Climate Data for Al-Samawah Station (1996–2025).
7. Tarboton, D. G. (1997). "A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid