

تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي الشلالة في
محافظة اربد – الأردن

ANALYSIS OF THE MORPHOLOGICAL
PROPERTIES OF THE WADI AL -
SHALLALA BASIN IN IRBID
GOVERNORATE - JORDAN

الباحث الأول

عبدالله محمد نور الربابعة

وزارة التربية والتعليم-الأردن

Abdullah Mohammad Nour Al-Rababah

Ministry of Education - Jordan

Abdullah.mrababah77@gmail.com

الباحث الثاني

بتول مصطفى حسين الشريقي

وزارة التربية والتعليم-الأردن

Batool Mustafa Hussein AlShuraiqi

Ministry of Education - Jordan

b.a@yahoo.com

Abstract:

This study was concerned with studying the morphological properties of the Wadi Al -Shallala basin, which is one of the main tributaries of the Yarmouk River. The study aims to build a database for the morphine properties of the basin by relying on the Digital Elevation Model (DM) model using GIS, where some natural characteristics were studied. Related to the pelvis and the work of a water budget for the study area for the period 1990 - 2022 using the Thoretouette Model and Munti, 1957 (TM), and the study was interested in analyzing the morphological properties of the sink, which is the surveying, formal and terrain characteristics of the pelvis, identifying its hydrological connotations, analyzing the water movement in the pelvis, identifying the properties of the water network and its representation of Cartogaria. The study reached a set of results, the most important of which is that the Wadi Al -Shallala basin is classified from the fifth rank and that the shape of the pelvis approaches the rectangular shape. The study recommended the need to rely on morphille studies in knowing the properties of the water network and the water flow movement of any water basin because of its data that helps in planning and taking processes Decisions.

Keyword

Wadi Shalala basin, morphometric features, digital elevation model, water network.

ملخص

اهتمت هذه الدراسة بدراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي الشلالة وهو من الروافد الرئيسية لنهر اليرموك وتهدف الدراسة الى بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية للحوض من خلال استخدام نظم (Digital Elevation Model) DEM الاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي ، حيث تم دراسة وتحليل بعض الخصائص الطبيعية المتعلقة بالحوض GIS المعلومات الجغرافية وعمل موازنة مائية لمنطقة الدراسة للفترة 1990 - 2022 باستخدام نموذج ثورنثويت وماذر، 1957 ، واهتمت الدراسة بتحليل الخصائص المورفومترية للحوض والمتمثلة بالخصائص المساحية (TM) والشكلية والتضاريسية الخاصة بالحوض وتحديد مدلولاتها الهيدرولوجية وتحليل حركة المياه في الحوض وتحديد خصائص الشبكة المائية وتمثيلها كارتوغرافياً. وتوصلت الدراسة الى مجموعة من النتائج أهمها أن حوض وادي الشلالة يصنف من الرتبة الخامسة وأن شكل الحوض يقترب من الشكل المستطيل أوصت الدراسة الى ضرورة الاعتماد على الدراسات المورفومترية في معرفة خصائص الشبكة المائية وحركة الجريان المائي لأي حوض مائي لما تقدمه من بيانات تساعد في عمليات التخطيط واتخاذ القرارات.

الكلمات المفتاحية: حوض وادي الشلالة، الخصائص المورفومترية، محافظة اربد – الأردن، الشبكة المائية.

المقدمة

تشكل الدراسات المورفومترية نقطة الارتكاز لكثير من المهتمين بعلوم موارد المياه وأشكال التضاريس والعلاقات المتبادلة بين المناخ والجيولوجيا والنبات والتربة في إطار بيئي له خصائص متميزة. ويبرز علم المورفومتري، وهو علم قيام الأشكال الأرضية كأحد أهم العلوم التي تمكن من جمع الخصائص الجيومورفولوجية والهيدرولوجية والمناخية والجيولوجية وتمثل الدراسات المورفومترية أحد الاتجاهات الحديثة لدراسة الأحواض النهرية، ومعرفة مدى تطور مورفولوجية الحوض النهري من حيث (مساحته، ومحيطه، ودرجة انحداره، وطوله، وعرضه) كونها تساعد على فهم دقيق للخصائص المورفومترية ومدلولاتها في الأحواض المائية. (الرواشدة وآخرون، 2017)

ان شبكة التصريف السطحي من الظواهر الطبوغرافية التي تتركز فيها مياه الجريان السطحي، والتي تنقل المياه السطحية الجارية من منابعها إلى مصباتها، ودراسة الخصائص المورفومترية للأحواض المائية ذات أهمية في تحليل الضغوط والمؤثرات على موارد المياه، وفي فهم العمليات الجيومورفولوجية بشكل عام خاصة وأن شبكات التصريف السطحي تعكس ظروف ما يؤثر في تشكيلها

من عوامل المناخ والتضاريس والتربة والتركيب الصخري والغطاء النباتي. ويعد قياس وتحليل شبكة التصريف السطحي للمياه من المهمات الأساسية في الدراسات المورفومترية، (الخفاجي، 2016) وتعتبر الموازنة المائية مؤشراً قوياً على مدى توفر الرطوبة في التربة حيث أن النبات الطبيعي لا يمكنه الاستفادة من مجموع الأمطار الهاطلة على سطح الأرض نتيجة ارتفاع معدلات التبخر والنتح وبالتالي يتم تطبيق الموازنة المائية لمعرفة مستوى الرطوبة في التربة، (المقبل، 2002) وتجمع الخصائص المورفومترية بشكل مباشر أو غير مباشر بين نتائج العوامل الطبيعية والبشرية والخصائص المناخية والنباتية وخصائص التربة وتأثير الإنسان إضافة إلى تأثير الخصائص المورفومترية نفسها على خصائص الجريان في الأحواض المائية وتوفر الخصائص المورفومترية والتي يتم دراستها في بيئة نظم المعلومات الجغرافية والمشتقة بدقة كبيرة من المرئيات الفضائية وتحديداً بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي البيانات المعتمدة في الدراسات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية المتعلقة بالأحواض المائية على سطح الأرض.

الدراسات السابقة

تهتم الدراسات المورفومترية بتحليل الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف لما لها من دلالة بيئية كثيرة تعبر عن العلاقة ما بين الخصائص المورفومترية ونظام الجريان السطحي والجوفي وإبراز الصورة النهائية لأحواض التصريف. (العمرى وآخرون، 2013). وقد اهتم العديد من الباحثين بالدراسات المورفومترية وقد أدرجت بعض هذه الدراسات في هذه الدراسة ومنها: دراسة بركان، (2015). دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي غزة والحصاد المائي لحوضه، اعتمد الباحث على تحليل نموذج الارتفاع الرقمي GIS الأعلى باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (من خلال بعض برمجيات نظم المعلومات الجغرافية لاستنباط بعض الخصائص المورفومترية، توصلت الدراسة إلى أن الحوض من الرتبة السابعة وقد قطع مرحلة كبيرة من دورته الحثية وأن الحوض يقترب من الشكل المستطيل وأن نشاط واحتمالية حدوث الفيضان في الحوض قليلة نسبياً. دراسة أبو حماد وموسى، (2016). التحليل المورفومتري لأحواض التصريف النهري باستخدام إحصاءات المتغيرات المتعددة ونظم المعلومات الجغرافية هدفت الدراسة إلى تحديد أهم الملامح الجيومورفولوجية وتحليل أهم الخصائص المورفومترية لحوض عمان الزرقاء في الأردن لا سيما بعد التحولات الديموغرافية والمرتبطة بتدفق اللاجئين من دول الجوار واعتمدت الدراسة على تحليل نموذج الارتفاع الرقمي في بيئة نظم المعلومات الجغرافية وبعض المعادلات الرياضية لدراسة الدلالات المورفومترية في الحوض وتوصلت الدراسة إلى أن الحوض يميل إلى الشكل المستطيل وأن الحوض يمر في مرحلة الشباب وأن الحوض يصنف من الرتبة السابعة وأن الحوض يتميز بالتركز السكاني

والحضري حيث يتركز أكثر من 60% من سكان الأردن في منطقة الدراسة، وأوصت الدراسة بزيادة الاهتمام بمنطقة الدراسة وعمل المزيد من الدراسات لتقييم مخاطر الفيضانات بناءً على نتائج الدراسة الحالية.

دراسة عبد الغني وآخرون، (2017). التحليل المورفومتري لوادي حوران باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، اهتمت الدراسة بالتعرف على إمكانية إنشاء قاعدة بيانات مكانية مورفومترية لوادي بواسطة تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية من خلال تحليل Arc GIS 10.2 لحساب الخصائص المورفومترية باستخدام برنامج DEM نموذج الارتفاع الرقمي واهتمت الدراسة بتحليل الخصائص المورفومترية لوضع الخطط المستقبلية فيما يخص الأحواض المائية والأنهار الرطبة والجافة لتوفير الوقت والجهد والمال في دراسة الأحواض المائية وخاصة ذات المناطق الشاسعة، وتوصلت الدراسة إلى اقتراب حوض وادي حوران من الشكل المستطيل وابتعاده عن الشكل الدائري وأن الحوض يمر في مرحلة الشباب في دورته الجيومورفولوجية.

في الهند باستخدام نظم shakkar، تحليل الخصائص المورفومترية لنهر Gajbhiye، 2015 دراسة لتحديد حجم GIS & RS المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد، الهند. استخدمت الدراسة التصريف المائي وفهم السلوك الهيدرولوجي.

GIS & RS، تحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية باستخدام Biswa, 2016 دراسة لحوض بارباتي في الهند، هيماشال براديسين، الهند. قام الباحث بتحليل الخصائص المورفومترية في حساب كثافة التصريف المائي للحوض strahler بالاعتماد على نموذج GIS & RS باستخدام وأظهر أن كثافة التصريف معتدلة وشكل الحوض الدائري.

كمنموذج مناخي (TM) التي أكد فيها على أهمية استخدام نموذج (Victoria, et al. (2007 دراسة غرب ولاية أمازونا (Ji-Paraná) لتقدير الموازنة المائية الشهرية لحوض نهر (GIS) بالتكامل مع وبالاعتماد على صور الأقمار الصناعية عالية القدرة التمييزية .

التي اعتبر أن النماذج الهيدرولوجية أدوات مناسبة لإدارة المياه (Abu Khyarah (2002 دراسة السطحية، حيث تمثل هذه النماذج العلاقة بين البيانات المكانية والهيدرولوجية في الحوض، حيث (Water اختار الباحث اثنين من النماذج الهيدرولوجية لاستخلاص مكونات الموازنة المائية في حوض الزرقاء – عمان ، واعتبر الباحث أن النتائج التي تم (Balance Components الحصول عليها باستخدام هذين النموذجين كانت مرضية.

مشكلة الدراسة

تكمّن مشكلة الدراسة وقضيّتها في تحليل ودراسة الخصائص الطبيعيّة والمورفومترية لحوض وادي الشلالة ومعرفة الدلائل البيئية لهذه الخصائص وارتباطها بالعوامل الطبيعيّة وأهمها الموارد المائيّة حيث تقدّم دراسة الخصائص المورفومترية بعض النتائج التي يتم على أساسها اتخاذ بعض القرارات التخطيطية والتدابير اللازمة للتعامل مع احتمالات الفيضان ودراسة طبيعة جريان المياه في الحوض.

أهمية الدراسة

تتبع أهمية الدراسة من بناء قاعدة مورفومترية ودراسة طبيعة حوض وادي الشلالة مما يساعد في معرفة طبيعة الجريان في الحوض، حيث تأخذ الدراسات المائيّة بشكل عام طابع كبير من الأهمية لما لها دوراً مهماً في التنمية وتعتمد عليها الحياة البشرية بجميع جوانبها حيث تتحكم البيئة وشكل الحوض المائي بالفعاليات والنشاطات التي تقوم على الحوض.

اهداف الدراسة

1. دراسة الخصائص الطبيعيّة لمنطقة الدراسة.
2. تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي الشلالة باستخدام GIS & RS وانشاء قاعدة بيانات لهذا الحوض
3. دراسة خصائص الشبكة المائيّة في الحوض وتحليل الدلالات الخاصة بالخصائص المورفومترية.

منهجية الدراسة

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي في وصف خصائص منطقة الدراسة كما استخدمت المنهج التحليلي في تحليل خصائص حوض وادي الشلالة، ومن ثم تحديد منطقة الدراسة بالاعتماد على نموذج الارتفاع ، حيث تم الاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي ARCMAP باستخدام برنامج DEM 10.3 الرقمي في تحديد خصائص الارتفاع والانحدار والاتجاه وغيرها من الخصائص الخاصة بمنطقة DEM وتقنيات الاستشعار GIS للدراسة واتباع الأسلوب الكارتوغرافي والمتمثل بنظم المعلومات الجغرافية وغيرها، ومن ثم دراسة الخصائص الهيدرولوجية والمورفومترية بالاعتماد على RS عن بعد المعادلات الخاصة بالجدول (1) (الخصائص المساحية، الخصائص الشكلية، الخصائص التضاريسية) الخاصة بمنطقة الدراسة ورسم شبكة التصريف المائي للحوض وتحديد اتجاه الجريان وتحديد رتب المجاري المائيّة للحوض ورسم الشبكة المائيّة الخاصة بالحوض واعداد خرائط رقمية مورفومترية GIS دقيقة للشبكة النهريّة بشكل آلي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.

الجدول (1) المعادلات المستخدمة في الدراسة

ويمكن توضيح آلية حساب الموازنة المائية على النحو الآتي:

الطريقة	المصدر	الرمز	المتغيرات المورفومترية	الرقم
Arc Map 10.3 باستخدام برنامج	landsat-8/2017 المرئيات الفضائية)	A	مساحة الحوض	1
Arc Map 10.3 باستخدام برنامج	landsat-8/2017 المرئيات الفضائية)	P	محيط الحوض	2
Arc Map 10.3 باستخدام برنامج	landsat-8/2017 المرئيات الفضائية)	Lp	طول الحوض	3
$Wb=A/Lp$	(Horton,1932)	Wb	متوسط عرض الحوض	4
Arc Map 10.3 باستخدام برنامج	Digital elevation model (DEM)	H	أعلى ارتفاع	5
Arc Map 10.3 باستخدام برنامج	Digital elevation model (DEM)	h	أدنى ارتفاع	6
Arc Map 10.3 باستخدام برنامج	Digital elevation model (DEM)	U	الرتبة النهرية	7
Arc Map 10.3 باستخدام برنامج	Digital elevation model (DEM)	Sm	متوسط انحدار الحوض	8
Arc Map 10.3 باستخدام برنامج	Digital elevation model (DEM)	Em	متوسط ارتفاع الحوض	9
Arc Map 10.3 باستخدام برنامج	Digital elevation model (DEM)	La	طول المجرى الرئيسي الحقيقي	10
Arc Map 10.3 باستخدام برنامج	Digital elevation model (DEM)	Nu	مجموع أعداد المجاري المائية	11
Arc Map 10.3 باستخدام برنامج	Digital elevation model (DEM)	Lu	مجموع أطوال المجاري المائية	12
$Rb = N / N + 1$	(Strahler,1957)	Rbm	معدل نسبة التشعب	13
$Br=H-h$	(Strahler-1957)	Br	تضرس الحوض	14
$Rh= H / Lb$	(Schumm,1956)	Rr	نسبة التضرس	15
$Hi= (H-H)/(H-h)$	(wilson,2009)	Hi	المعامل الهيسوم تري	16
$Re=(2/Lb)*(A/3.14)^{0.5}$	(Schumm,1956)	Re	نسبة الاستطالة	17
$Rc=4*3.14(A/p^2)$	(Miller,1953)	Rc	نسبة الاستدارة	18
$Fr=A/Lb^2$	(Horton,1932)	Fr	معامل شكل الحوض	19
$Dd=Lu/A$	(Horton,1932)	Dd	الكثافة التصريفية	20
$Fs=Nu/A$	(Horton-1932)	Fs	التكرار النهري	21
$T=Nu/p$	(Horton,1945)	T	النسيج الطبوغرافي	22
$Rn=Br*Dd$	(Strahler,1957)	Rn	قيمة الوعورة	23

من خلال المعادلة (TM) (Potential Evapotranspiration) أولاً. حساب التبخر الكامن

التالية:

$$PET = 1.6 \times Cx (10 \times T/I)^a$$

معامل التصحيح (C Correction Factor) التبخر الكامن، (PET: mm month)-حيث تمثل (الشهري، ويمكن حساب معامل التصحيح الشهري من خلال القرينة التالية:

$$C = [m/30] \times [d/12]$$

المعدل الشهري لعدد الساعات ما بين شروق الشمس (d) عدد الأيام في كل شهر (m) حيث تمثل وغروبها (عدد ساعات سطوع الشمس).

فتمثل قرينة الحرارة السنوية ويتم احتسابها على النحو الآتي (I): أما

$$I = \sum i$$

قرينة الحرارة الشهرية ويتم احتسابها على النحو الآتي: (i) حيث تمثل

$$i = (T/5)1.514$$

معدل درجة الحرارة الشهرية (م). (T) حيث تمثل

فتمثل دالة القرينة الحرارية ويتم احتسابها على النحو الآتي: (a) أما

$$a = (6.75 \times 10^{-7} \times I^3) - ((7.71 \times 10^{-5}) \times I^2) + (1.792 \times 10^{-2} \times I) + 0.49239$$

ثانياً: تقدير الفائض أو العجز المائي (P-PET):

(معدل الأمطار الشهري (ملم)، حيث يتم من خلال هذه المعادلة تقدير الفائض المائي p حيث تمثل (Water Deficit) أو العجز المائي (-) (Water surplus) (+).

، أو ما يسمى الفاقد المحتمل المتراكم (P-PET) ثالثاً: حساب تراكم عجز الرطوبة لكل شهر لـ (Accumulated Potential Wetness Loss) (APWL) للرطوبة

، وتبدأ عملية احتساب قيمة (P-PET) صفراً في الشهور الموجبة لـ (APWL) وتكون قيمة أي بحلول شهور الجفاف. (P-PET) مع بداية القيم السالبة بـ (APWL)

رابعاً: حساب المخزون الحقيقي للرطوبة في التربة (The Actual Storage of Soil Moisture) (SM) حيث يتم احتسابها لكل شهر من خلال المعادلة التالية:

$$SM = AWC \chi e^{(APWL / AWC)}$$

السعة المائية المتاحة في التربة. (AWC) قيمة ثابتة وتساوي (2,78) ، (e) حيث تمثل:

وبالتالي حساب التغير في رطوبة التربة من خلال المعادلة التالية:

$$\Delta S(\text{month}) = S_{\text{month}} - S_{\text{previous month}}$$

على النحو الآتي: (AET) (The Actual Evapotranspiration) ويمكن حساب التبخر الحقيقي (

$$AET = \Delta SM + P (\Delta SM < 0)$$

$$AET = PET (\Delta SM > 0)$$

(The Water Deficit): خامساً: حساب العجز المائي

حيث تم حساب العجز المائي للأشهر التي كان الفرق بين التبخر الكامن (ملم) ومجموع الأمطار من خلال المعادلة التالية: (P-PET < 0) الشهري (ملم) سالبا

$$DEF = PET - AET$$

من خلال المعادلة التالية: (The Water Surplus) كما يمكن حساب الفائض المائي:

$$SUR = P - PET$$

حيث يتم حساب الفائض للشهور التي تتساوى فيها قيم رطوبة التربة مع السعة الحقلية المتاحة، أما الشهور التي لا تتساوى فيها رطوبة التربة مع السعة الحقلية فإنها تعاني من عجز مائي.

حيث تم احتساب الجريان المائي من خلال (Water Runoff) سادسا: حساب الجريان المائي:
الخطوات التالية:

حيث يتم احتساب متوسط الجريان المائي لشهر (Average Runoff) : (1) متوسط الجريان المائي
كانون الثاني (بسبب هطول كميات كبيرة من الأمطار في هذا الشهر من السنة) على النحو الآتي:

$$Av. Runoff Month = Surmonth + Surprevious Month$$

(2) أما لباقي الأشهر فيتم احتساب متوسط الجريان المائي على النحو الآتي:

$$Av. Run off month = Av. Runoff previous month + Surmonth$$

أما الجريان المائي لكل شهر فيتم احتسابها على النحو الآتي:

$$Runoff month = \frac{Av. Runoff month}{2}$$

الجزء المتبقي من الماء أما أن يتعرض للتسرب إلى باطن الأرض، أو يتم احتجازه في التربة (3) ويمكن التعبير عنه بالمعادلة التالية:

$$Detention water = A.v Run off month - Run off month$$

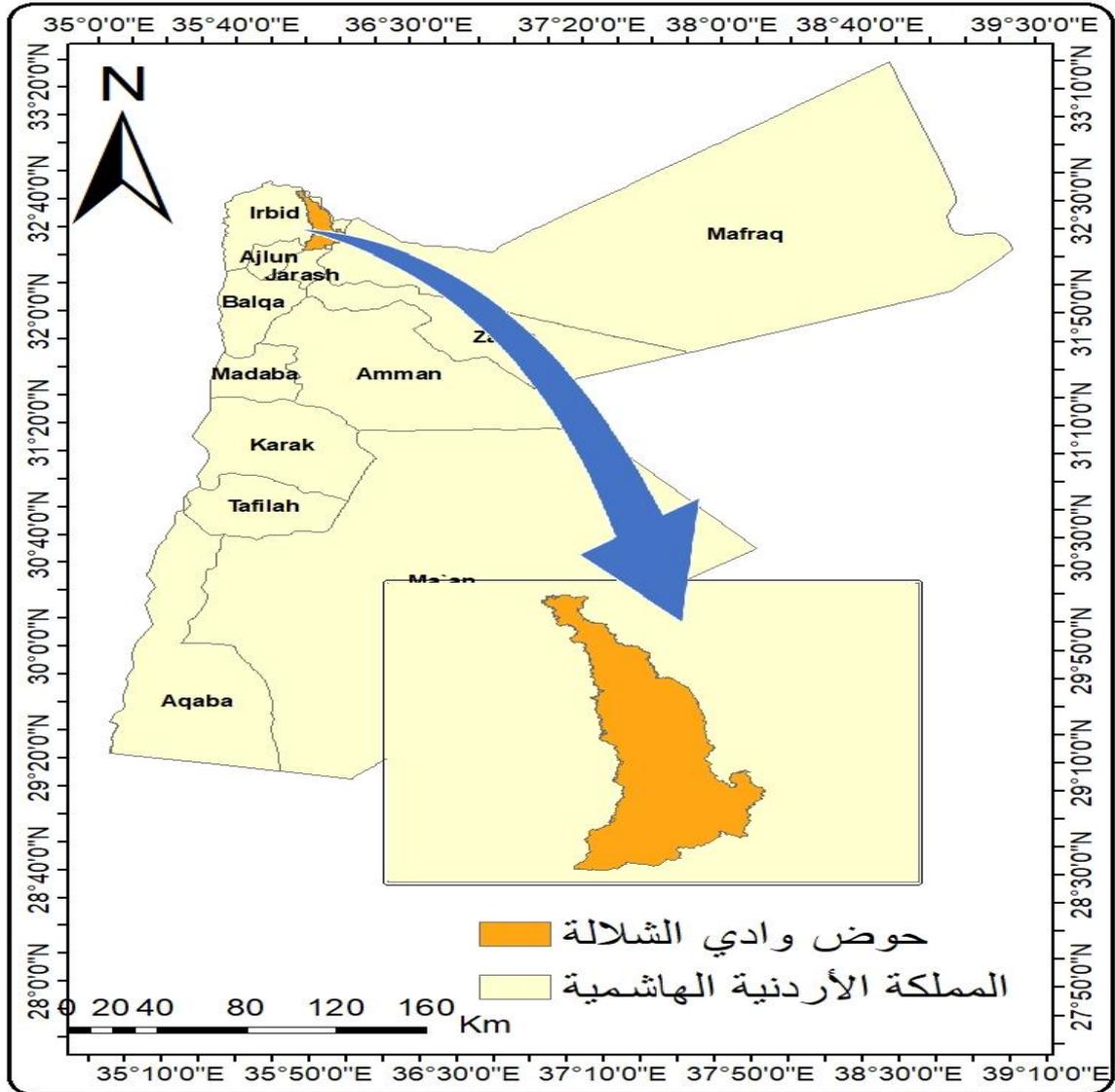
(Thornthwaite and Mather, 1957)

الخصائص الطبيعية والبشرية لحوض وادي الشلالة

الموقع

يقع حوض وادي الشلالة الى الشمال من المملكة الأردنية الهاشمية ضمن حدود ثلاثة محافظات حيث يضم الأجزاء الشرقية من محافظة اربد والأجزاء الشمالية الغربية من محافظة المفرق والأجزاء الشمالية من محافظة جرش، ويعد حوض وادي الشلالة أحد روافد نهر اليرموك، وتبلغ مساحته 333 كم² ويتراوح منسوب الارتفاع في حوض وادي الشلالة ما بين 233-1003م فوق مستوى سطح البحر.

الشكل (1)



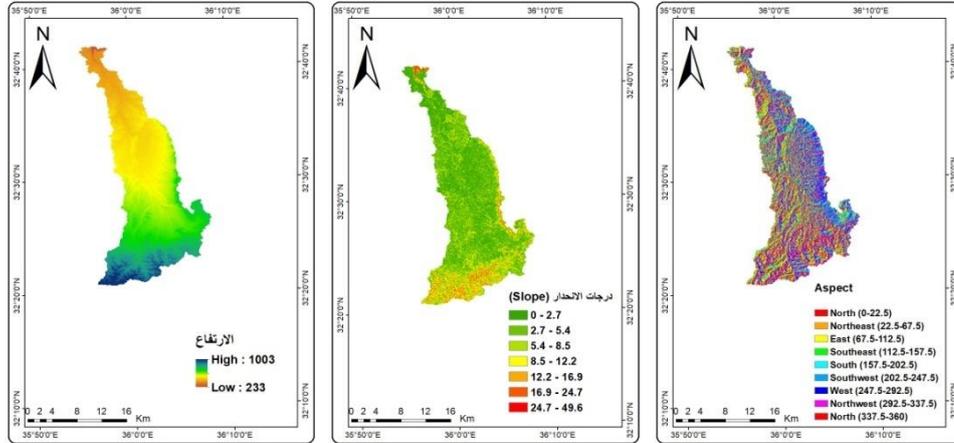
الشكل (1) منطقة الدراسة

Arc map 10.3 المصدر: عمل الباحثان باستخدام برنامج

الارتفاع والانحدار واتجاه الانحدار

تتباين مناسيب الارتفاع في حوض وادي الشلالة من 233 م في الجزء الأدنى من الحوض إلى 1003 م فوق مستوى سطح البحر في الجزء العلوي من الحوض، حيث يؤثر الارتفاع في الانحدار والعمليات الجيومورفولوجية. الشكل (2) كما وتم حساب الميل في كل نقطة من نقاط النموذج لتطبيق طرق التحليل على معطيات نموذج الارتفاع الرقمي حيث إن للانحدار أهمية بالغة في عمليات التعرية وتطور التربة (وتراوحت درجات الانحدار في حوض وادي Joche, 2007 ومظاهر وأشكال سطح الأرض.) ما بين مناطق Young الشلالة ما بين (0 – 49) ° وتمثل جميع درجات الانحدار حسب تصنيف مستوية وانحدارات جرفية، الشكل (3). ويعتبر اتجاه الانحدار هو المظهر العام لاتجاه الانحدار ويعني

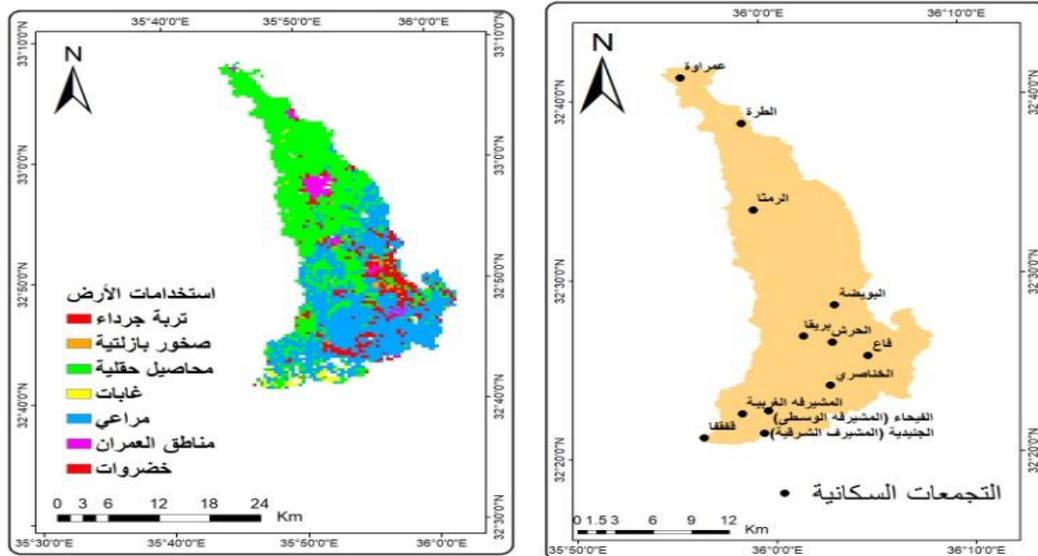
هل إن الانحدار هو باتجاه الشمال أو الجنوب أو الشمال الغربي أو الجنوب الغربي وهكذا، ويعبر الشكل (4) عن مظاهر الاتجاه في منطقة الدراسة.



الشكل (2) منسوب الارتفاع الشكل (3) درجات الانحدار الشكل (4) اتجاه الانحدار والميل
DEM بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي Arc map10.3 المصدر: عمل الباحثان باستخدام برنامج

استعمالات الأراضي والتجمعات السكانية

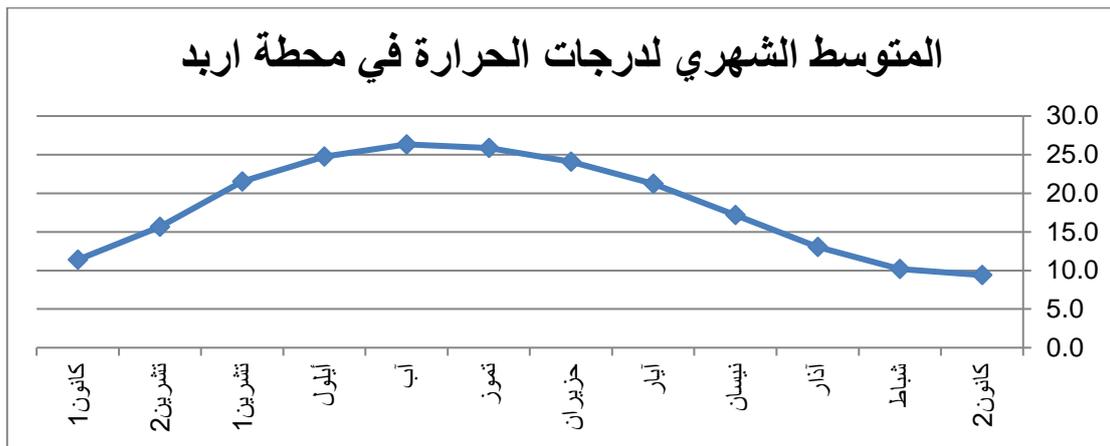
تباينت استعمالات الأرض والغطاء الأرضي في منطقة الدراسة من حيث مساحاتها حيث شكلت النسبة الأكبر في المحاصيل الحقلية والمراعي كما واحتوت المنطقة على مناطق عمرانية وبعض الغابات. الشكل (5). ويعد حوض الشلالة من المناطق ذات تركيز سكاني عالي حيث يحتوي على بعض التجمعات السكانية الكبيرة مثل الطرة الرمثة الفيحاء المشيرة وغيرها. الشكل (6)



الشكل (5) استعمالات الأرض الشكل (6) التجمعات السكانية
بالاعتماد على بيانات سلطة المصادر الطبيعية ودائرة Arc map10.3 المصدر: عمل الباحثان باستخدام برنامج الإحصاءات العامة.

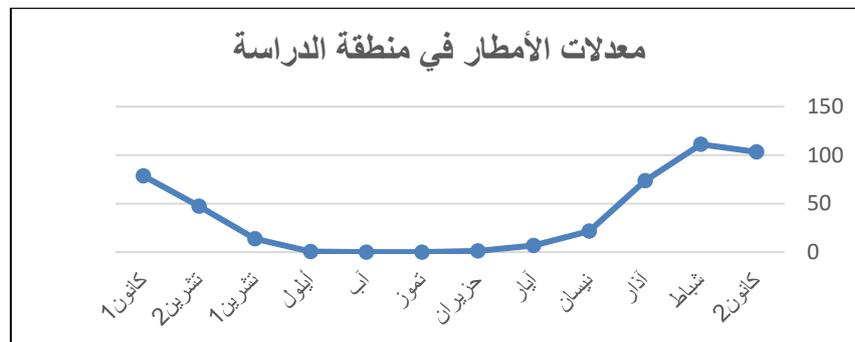
درجة الحرارة

تؤثر درجات الحرارة على بشكل كبير على الموارد المائية حيث تؤثر على نسبة الفاقد من مياه الجريان السطحي من خلال عملية التبخر وتباين معدلات درجات الحرارة في وادي الشلالة بين منطقة وأخرى وذلك تبعاً للارتفاع عن مستوى سطح البحر فنجد الأجزاء العليا من الحوض والتي تتميز بارتفاع مناسبتها تقل فيها معدلات الحرارة السنوية، حيث يبلغ معدل درجة الحرارة السنوي في محطة اربد للفترة الممتدة بين (1990-2022)م أعلاها في شهر آب وأدناها في شهر كانون ثاني. الشكل (7)



الشكل (7) متوسط درجات الحرارة في منطقة الدراسة للفترة (1990 - 2022) بالاعتماد على بيانات دائرة الأرصاد الجوية/ Microsoft Excel 2022 المصدر: عمل الباحثان باستخدام برنامج الأمطار

تعتبر الأمطار السنوية الهائلة على أي حوض مائي المصدر الرئيسي المائية وتغذية الينابيع، ويؤثر التباين في معدلات الأمطار على الموارد المائية ووفرته، وتباين معدلات الأمطار الشهرية والسنوية الهائلة في حوض وادي الشلالة من مكان إلى آخر بسبب عامل الارتفاع عن مستوى سطح البحر. بلغ المتوسط السنوي للهطول المطري في محطة اربد 457.7 ملم للفترة الممتدة ما بين (1990 - 2022) وتبلغ ذروة الهطول المطري في المنطقة في شهري شباط وكانون 2 الشكل (8).



الشكل (8) متوسط معدلات الأمطار في منطقة الدراسة للفترة (1990 - 2022) بالاعتماد على بيانات دائرة الأرصاد الجوية/ Microsoft Excel 2022 المصدر: عمل الباحثان باستخدام برنامج

الموازنة المائية في منطقة الدراسة خلال الفترة (1990-2022) في محطة اربد

تُعد الموازنة المائية المحسوبة لأي منطقة إحدى الطرق المستخدمة في تحديد الزيادة المائية في الدراسات الهيدرولوجية، كما تعتبر الأمطار من المدخلات المهمة في الدورة الهيدرولوجية ويعبر التبخر عن كمية المياه المفقودة من المسطحات المائية والتربة في الوقت الذي يمثل النتح عملية التبخر من أوراق النباتات. ويعد الجريان السطحي من عناصر الموازنة الذي يحدث عندما تكون الشدة المطرية أكبر أو تزيد على سعة الترشيح، في حين تحدث عملية تغذية المياه الجوفية عندما يكون الترشيح أكبر (Castany, 1974, من محتوى التربة من الرطوبة)

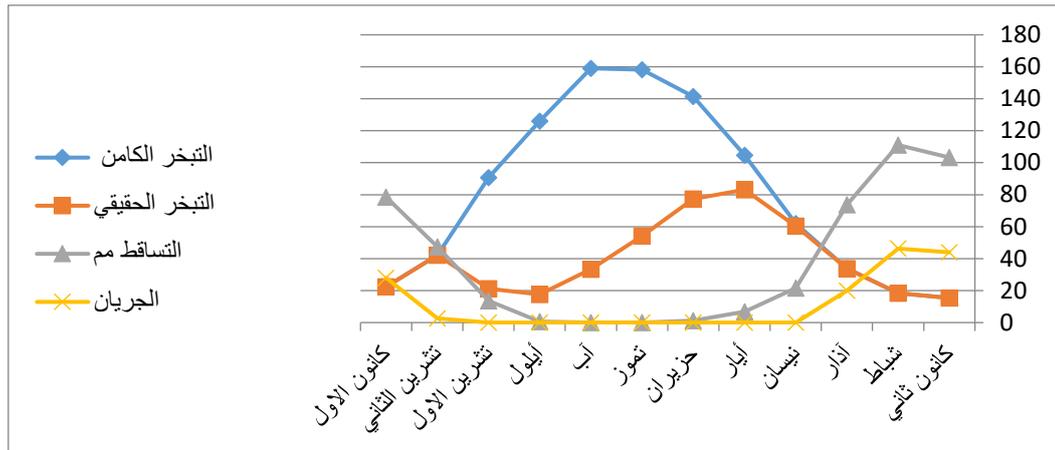
وبالتالي فإن عملية تقدير الموازنة المائية في منطقة ما تساعد على تقييم الموارد المائية، وتشمل الموازنة المائية العديد من العناصر التي تساعد على تحليل وفهم المؤشرات المائية لها وتتمثل هذه العناصر بدرجة الحرارة والأمطار والتبخر الحقيقي والتبخر الكامن والتساقط والعجز والفائض المائي والجريان المائي والجدول رقم (2) يوضح عناصر الموازنة المائية في منطقة الدراسة للفترة (1990-2022) في محطة اربد.

الجدول (2) الموازنة المائية في منطقة الدراسة للفترة (1990-2022) في محطة اربد.

الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	المتوسط
التبخر الكامن	15	18	34	62	105	142	158	159	126	91	42	22	81.2
التبخر الحقيقي	15	18	34	60	83	77	54	33	18	21	42	22	39.9
التساقط مم	103.3	111.0	73.7	21.7	6.8	1.3	0.0	0.0	0.6	13.6	47.3	78.4	38.1
الجريان	44	46	20	0	0	0	0	0	0	0	3	28	11.7

بالاعتماد على بيانات دائرة الأرصاد الجوية/2022 Arc map10.3 المصدر: عمل الباحثان باستخدام برنامج باستخدام نموذج ثورنثويت.

حيث بلغ معدل التساقط المطري في محطة اربد للفترة (1990 - 2022) م (457.7) ملم ويبلغ ذروة الهطول المطري في شهري كانون2 وشباط، في حين بلغ معدل الجريان المائي الشهري في محطة اربد للفترة (1990 - 2022) م (11.7) ملم حيث يبلغ أعلى مستوياته في شهر شباط وذلك بسبب ارتفاع معدلات الهطول المطري في هذا الشهر، وبلغ متوسط التبخر الحقيقي والتبخر الكامن في محطة اربد (39.9، 81.2) ملم على التوالي للفترة (1990 - 2022) م وبلغ أعلى مستوياته في شهري آب وتموز وذلك بسبب ارتفاع درجات الحرارة في هذه الأشهر. الشكل (9)



الشكل (9) الموازنة المائية في محطة اربد

بالاعتماد على بيانات دائرة الأرصاد الجوية/10.32022 Arc map المصدر: عمل الباحثان باستخدام برنامج

الخصائص المساحية لحوض وادي الشلالة

مساحة الحوض:

تعتبر المساحة الحوضية محصلة لفاعلية جملة من العوامل المتداخلة، وأهمها نوع الصخر والغطاء النباتي، والحركات التكتونية والزمن، (سلامة، 2004م). حيث بلغت مساحة حوض تصريف وادي الشلالة (333) كم² ويعتبر من الأحواض المائية الصغيرة نسبياً في الأردن إذا ما قورن بالأحواض المائية الكبيرة كالجفر والحسا وغيرها. حيث لعبت عدة عوامل في تحديد مساحة الحوض أهمها عامل الزمن والمناخ والتكوين الصخري.

طول الحوض

يقصد بطول الحوض طول مسافة الخط المستقيم الذي يرسم بين المصب وأبعد نقطة على محيط الحوض (علاجي، 2010 م). وتم تحديد طول حوض وادي الشلالة من المصب إلى أقصى نقطة في الحوض وبلغ طول الحوض لوادي الشلالة 39 كم ويدل قصر طوله على صغر مساحة الحوض، ويرتبط طول العوض بالعديد من الخصائص الأخرى كسرعة الجريان وكمية الفاقد والتبخر من المياه.

عرض الحوض

يفيد عرض الحوض في تحديد شكل الحوض من خلال النسبة بين طول وعرض الحوض والذي يؤثر بدوره على حجم التصريف النهري ومن ثم تحديد حجم أخطار السيول والفيضانات. (الغيلان، 2008)، وقد بلغ متوسط عرض حوض وادي الشلالة 8.5 كم.

محيط الحوض

يعتبر محيط الحوض الحدود الخارجية للحوض والتي تفصله عن الأحواض المجاورة الأخرى وقد تم (حيث بلغ محيط الحوض وادي DEM قياس محيط الحوض بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي) الشلالة 156.5 كم.

الخصائص الشكلية لحوض وادي الشلالة

نسبة الاستدارة:

تدل نسبة الاستدارة على مدى اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض عن الشكل الدائري، ففي حالة ارتفاع نسبة الاستدارة واقترابه من الواحد الصحيح يشير ذلك إلى اقتراب شكل الحوض من الشكل الدائري وانتظام خط تقسيم المياه. (محمد، 2009). ويعبر عنها رياضياً عن طريق المعادلة الآتية:

$$\text{نسبة الإستدارة} = \frac{\text{مساحة الحوض / كم}^2}{\text{مساحة دائرة يساوي محيطها محيط الحوض}}$$

وقد بلغت نسبة الاستدارة في حوض وادي الشلالة 0.17 وتدل عن ابتعاد شكل الحوض عن الشكل الدائري وأن خطوط تقسيم المياه تمتد بشكل غير منتظم وان الحوض ما زال يقوم بنشاطه التحتاني.

نسبة الاستطالة

تصف نسبة الاستطالة امتداد مساحة الحوض بشكل مستطيل أو قريب منه، وكلما اقتربت هذه النسبة من واحد صحيح فإن هذا يشير إلى أن شكل الحوض قريب من الشكل الدائري، أما إذا ابتعدت هذه النسبة عن واحد صحيح فإن الحوض يكون قريباً من الشكل المستطيل. (العدوة، 2007) وتستخرج وفق المعادلة التالية:

$$\text{نسبة الاستطالة} = \frac{\text{طول قطر دائرة بنفس مساحة الحوض/كم}}{\text{أقصى طول للحوض/كم}}$$

وبلغت نسبة الاستطالة لحوض وادي الشلالة 0.53 مما يدل على إن شكل الحوض أقرب إلى المستطيل. مما يؤثر على طول المجاري المائية وعددها، وهو بذلك يتفق مع نتيجة نسبة الاستدارة بابتعاده عن الشكل الدائري المنتظم وأن هناك تقدم مستمر في عمليات التعرية والحت.

معامل الشكل

يمثل هذا المعامل مقياساً للعلاقة بين عرض الحوض وطوله، ويحسب من خلال نسبة مساحة الحوض إلى مربع طوله. (العدوة، 2007) ويستخرج وفق المعادلة الرياضية التالية:

مساحة الحوض/كم²

معامل شكل الحوض =

مربع طول الحوض / كم

وقد بلغ معامل شكل الحوض لوادي الشلالة 0.21 وتعتبر قيمة متدنية وتدل على اقتراب شكل الحوض من الشكل المثلث مما يؤثر على نظام التصريف وازدياده خاصة بعد هطول الأمطار، ويدل أيضا على اختلاف عرض الحوض من منطقة لأخرى نظراً لاختلاف الظروف البنيوية على امتداد الحوض.

الخصائص التضاريسية لحوض وادي الشلالة

نسبة التضرس

تدل نسبة التضرس على العلاقة المتبادلة بين تضرس الحوض وطوله ويؤثر على درجة الانحدار العام، وفهم الوضع الطبوغرافي وأثرها في تشكيل المظاهر الأرضية فضلاً عن تخمين حجم الرواسب المنقولة كماً ونوعاً، كما أن تأثيرها قد يمتد إلى مسافات بعيدة عنها، وتسهم في تكوين أشكال جيومورفولوجية مختلفة، كما تسهم في زيادة سرعة وصول الناتج المائي، وينعكس ذلك في زيادة فعالية (ويتم قياسها من خلال المعادلة التالية: Yunus, 2014, التعرية النهرية.)

الفرق بين أعلى واخفض نقطة في الحوض / م

نسبة التضرس =

الطول الحقيقي للحوض / كم

وبلغت نسبة التضرس في حوض وادي الشلالة 19.7م/كم حيث أن الارتفاع بلغ 19.7 متر لكل كيلومتر واحد وهي قيمة مرتفعة حيث بلغ فرق الارتفاع 770م. مما يدل على التباين بين المنبع والمصب ودرجات الانحدار مما يدل على سرعة الجريان في الحوض وارتفاع كمية المواد المنقولة وارتفاع معدل التعرية المائية.

التضاريس النسبية

تساعد قيمة التضاريس النسبية على إدراك التضرس النسبي للحوض عن نسيجه الطبوغرافي، وتشير القيم المنخفضة إلى ضعف مقاومة الصخر ونشاط عوامل التعرية في حين تدل القيم المرتفعة لمقاومة الصخر وضعف عوامل التعرية. ويعبر عن التضاريس النسبية بالمعادلة التالية:

الفرق بين أعلى نقطة في الحوض (م) وأدنى نقطة في الحوض (م)

التضاريس النسبية = $\frac{\text{الفرق بين أعلى نقطة في الحوض (م) وأدنى نقطة في الحوض (م)}}{\text{أقصى طول في الحوض (كم)}} \times 100\%$

أقصى طول في الحوض (كم)

بلغت نسبة التضاريس لحوض وادي الشلالة 0.19 م/كم وهي نسبة مرتفعة لصغر مساحته وتدل على شدة تضرسه. مما يدل على ارتفاع نشاط عمليات النحت في الحوض وانه ما زال في المراحل الأولى من دورة الحت النهرية ويؤكد ذلك صغر مساحة الحوض وارتفاع تضرس الحوض.

معدل النسيج الطبوغرافي (نسبة التقطع)

يمكن قياس النسيج الطبوغرافي للحوض من خلال نسبة التقطع، ويمكن الحصول عليها من خلال نسبة العدد الكلي للمجاري المائية بالحوض إلى طول محيط الحوض. (محسوب، 2001) ويعبر عنها رياضياً بالعلاقة الرياضية التالية:

$$\text{نسبة التقطع (النسيج الطبوغرافي)} = \frac{\text{مجموع أعداد أودية الحوض من الرتب المختلفة}}{\text{محيط الحوض / كم}}$$

بلغت نسبة النسيج الطبوغرافي في حوض وادي الشلالة (2.7) وحسب تقسيم سميث نجد أن حوض وادي الشلالة يقع ضمن الأحواض ذات النسيج الخشن، الأمر الذي يؤدي إلى نفاذ نسبة كبيرة من المياه الجارية في الحوض خلال فترة الجريان إلى التسرب الباطني مما يؤدي إلى تقليل معدلات الجريان.

قيمة الوعورة

تشير قيمة الوعورة إلى مدى تضرس الحوض، ثم مدى انحدار المجرى المائي فيه، بالاعتماد على كثافة الصرف الطولية للحوض، وارتفاع هذه القيمة يعني شدة التضرس وسيادة التعرية المائية ونقل الرواسب في المنابع العليا للأحواض إلى أسفل المنحدرات. (تراب، 1997) ويتم حساب قسمة الوعورة بالاعتماد على المعادلة التالية:

$$\text{قيمة الوعورة} = \frac{\text{تضاريس الحوض} \times \text{كثافة الصرف الطولية}}{\text{المساحة الحوضية / كم}^2}$$

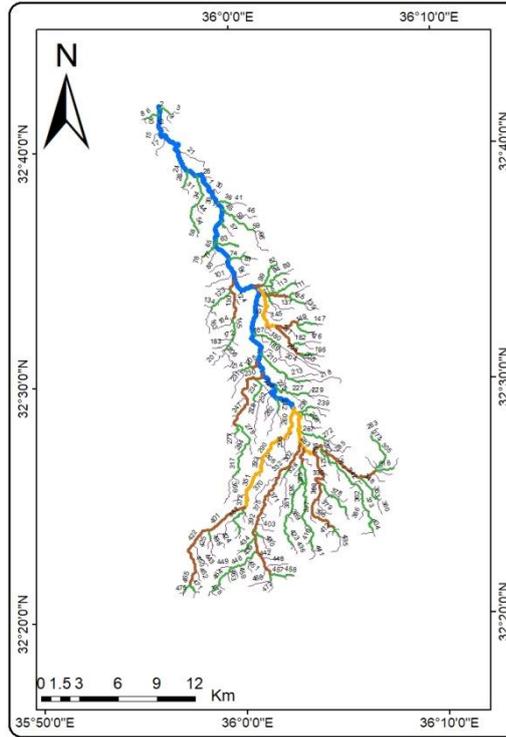
بلغت قيمة الوعورة في حوض وادي الشلالة (1.8) وهي قيمة مرتفعة تدل على وعورة الحوض وأن الحوض ما زال يقوم بدورته الحتية وأمامه متسع من الوقت لإكمال دورته.

خصائص الشبكة المائية

الرتب النهرية وأعدادها

يقصد بالرتب النهرية التدرج الرقمي لمجموع الروافد التي يتكون منها الوادي أو النهر (الجغيفي)، وقد تم اعتماد طريقة ستيلر وذلك لسهولتها وبساطتها وفعاليتها في حساب الرتب ويتضح 2008 من نتائج تحليل الرتب في حوض وادي الشلالة أن الحوض يصنف من الرتبة الخامسة حيث بلغ مجموع

أعداد المجاري في حوض وادي الشلالة 437 مجرى، وتشمل الرتبة الأولى 241 مجرى من مجموع أعداد المجاري في الحوض والتي تمتاز بقصر طولها وزيادة أعدادها بالنسبة لباقي رتب الحوض، وبلغ مجموع أعداد المجاري في الرتبة الثانية 120 مجرى في حين بلغ مجموع أعداد مجاري الرتبة الثالثة 55 مجرى ومجموع أعداد مجاري الرتبة الرابعة 20 مجرى. الشكل (10).



الشكل (10) الرتب النهرية في منطقة الدراسة

DEM بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي Arc map 10.3 المصدر: عمل الباحثان باستخدام برنامج نسبة التشعب النهري

تعتبر نسبة التشعب من المقاييس المورفومترية الهامة، نظراً لأنها تعد أحد العوامل التي تتحكم في معدل التصريف. (محسوب، 2001 م). هناك علاقة عكسية بين نسبة التشعب وخطر الفيضان، إذ أنه كلما قلت نسبة التشعب في الأحواض زادت احتمالية حدوث الفيضان وذلك بسبب تجمع المياه في مجاري قليلة ومحدودة فتعطي جرياناً سطحياً سريعاً بسبب قلة التصريف المائي، في حين إذا زادت نسبة التشعب في الحوض المائي فإن كثافة التصريف تزيد وبالتالي تتوزع المياه على عدد أكبر من

المجري مما يؤخر وصولها إلى المجري الرئيسي فيقل خطر فيضانها. ويعبر عن نسبة التشعب

عدد المجري في مرتبة ما

$$\frac{\text{عدد المجري في مرتبة ما}}{\text{نسبة التشعب}} =$$

عدد المجري في المرتبة التي تليها

بالمعادلة الآتية:

وبعد تطبيق معادلة نسبة التشعب لجميع رتب منطقة الدراسة فيما عدا الرتبة الخامسة لعدم وجود رتبة أعلى منها تم حساب نسبة التشعب لكل رتبة في الحوض، والجدول رقم (2) يبين نسبة التشعب في منطقة الدراسة

الجدول (2) نسبة التشعب وعدد المجري المائبة لكل رتبة

الرتبة	عدد المجري	نسبة التشعب
الرتبة الأولى	241	2
الرتبة الثانية	120	2.1
الرتبة الثالثة	55	2.7
الرتبة الرابعة	20	20
الرتبة الخامسة	1	

(الشبكة DEM بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي Arc map 10.3 المصدر: عمل الباحثان باستخدام برنامج المائبة)

أطوال المجري

يعبر عن أطوال المجري بأطوال الروافد التي تغذي كل رتبة، ورغم تباين أطوال المجري في جميع الأحواض المائبة يمكن معرفة أطوال المجري في كل مرتبة، وذلك من خلال العلاقة بين عدد المجري وطولها، ولخص هورتون العلاقة بين طول النهر ورتبته في قوله " إن متوسطات طول المجري النهرية، تزداد بنسبة تقريبا بثلاثة أمثال طولها، كلما زادت الرتبة (التركمان، 1999). ويعبر عن أطوال المجري بالمعادلة التالية:

$$\frac{\text{مجموع أطوال المجري المائبة في الرتبة}}{\text{عدد المجري المائبة في نفس الرتبة}} = \text{اطوال المجري}$$

وبعد تطبيق معادلة على جميع المجري في منطقة الدراسة بلغ مجموع أطوال المجري المائبة لجميع الرتب كم 468 و عددها 437. حيث يدل زيادة أطوال وأعداد المجري إلى ارتفاع كثافة التصريف في الحوض.

الكثافة التصريفية

تعتبر الكثافة التصريفية من المقاييس المورفومترية المهمة، وتحسب من خلال نسبة مجموع أطوال الروافد من مختلف الرتب إلى مساحة الحوض وتعتبر عن مدى انتشار المجاري في الحوض، وتعكس أهميتها تأثير العوامل التي تسيطر على الجريان المائي كالعوامل المناخية (الهطول والغطاء النباتي والظروف الجيولوجية والظروف النباتية والغطاء الأرضي واستعمالات الأرض). وهناك علاقة طردية بين كثافة التصريف وسرعة المياه، مما يؤثر في نشاط عمليات الحت والتعرية في الأحواض المائية. ويعبر عن كثافة الصرف بالمعادلة التالية:

$$\text{كثافة التصريف} = \frac{\text{الطول الكلي للمجاري النهرية (كم)}}{\text{مساحة الحوض (كم}^2\text{)}}$$

وبلغت كثافة شبكة التصريف النهري في منطقة الدراسة (1.5) كم/كم² وهي بالتالي قيمة منخفضة تدل على الظروف الجوية السائدة المرتبطة بانخفاض معدلات الأمطار نوعاً ما، ويمكن أن يعزى انخفاض قيمة شبكة التصريف إلى ضعف عمليات الحت المرتبطة بطبيعة الصخور ومعدلات الهطول المطري. ويدل على أن الحوض لم يصل إلى مرحلة متقدمة في النشاط الحثي وما زال في قمة نشاطه الحثي.

التكرار النهري

يعطي التكرار النهري صورة عامة عن مدى تقطع وكفاءة شبكة التصريف، حيث تعمل المجاري على زيادة مساحة أحواضها عن طريق الحث التراجعي والجانبى وتزداد فعالية الحث مع تزايد درجة انحدار السطح وبالتالي تزداد أعداد المجاري المائية. ويعبر عن التكرار النهري من خلال المعادلة التالية:

$$\text{التكرار النهري} = \frac{\text{مجموع عدد المجاري المائية بجميع رتبها في الحوض}}{\text{مساحة الحوض (كم}^2\text{)}}$$

وبلغ التكرار النهري في منطقة الدراسة 1.3 مجرى/كم² وهي قيمة منخفضة، يمكن إن يعود السبب إلى ضعف العمليات الجيومورفولوجية مثل عمليات الحث الناتجة عن قلة لأمطار نسبياً ويمكن أن يعزى إلى خشونة السطح (النظر إلى معدل النسيج الطبوغرافي) ويدل انخفاض التكرار النهري إلى وجود أجزاء من الحوض ما زالت معرضة للحت إذا ما توافرت الظروف المناسبة كالهطول المطري الشديد.

النتائج

1. بلغت مساحة حوض وادي الشلالة 333 كم² ويتراوح منسوب الارتفاع في حوض وادي الشلالة ما بين 233 – 1003 م فوق مستوى سطح البحر.
2. بلغ طول الحوض لوادي الشلالة 39 كم وعرضه 8.5 كم وبلغ محيط الحوض 156.5 كم.
3. بلغت نسبة الاستدارة في حوض وادي الشلالة 0.17 وتدل عن ابتعاد شكل الحوض عن الشكل الدائري وبلغت نسبة الاستطالة 0.53 مما يدل على إن شكل الحوض أقرب إلى المستطيل.
4. بلغ معامل شكل الحوض 0.21 وتعتبر قيمة متدنية وتدل على اقتراب شكل الحوض من الشكل المثلث.
5. بلغت نسبة التضرس 19.7 م/كم وبلغت نسبة النسيج الطبوغرافي (2.7) وبلغت قيمة الوعورة في الحوض (1.8).
6. بلغ مجموع أعداد المجاري 437 مجرى وتشمل الرتبة الأولى 241 مجرى والرتبة الثانية 120 مجرى و الرتبة الثالثة 55 مجرى والرتبة الرابعة 20 مجرى.
7. بلغ مجموع أطوال المجاري المائية لجميع الرتب 468 كم وعددها 437.
8. بلغت كثافة شبكة التصريف النهري في منطقة الدراسة (1.5) كم/كم² وبلغ التكرار النهري 1.3 مجرى/كم² وهي قيمة منخفضة. يمكن ان يعود السبب الى ضعف العمليات الجيومورفولوجية.
9. بلغ معدل الجريان المائي الشهري في محطة اربد للفترة (1990 - 2022) م (11.7) ملم حيث يبلغ أعلى مستوياته في شهر شباط.
10. بلغ متوسط التبخر الحقيقي والتبخر الكامن في محطة اربد (39.9، 81.2) ملم على التوالي للفترة.

التوصيات

1. الاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد في دراسة الأحواض المائية واستخلاص البيانات المورفومترية من المرئيات الفضائية والمتمثلة بنموذج الارتفاع الرقمي DEM.
2. ضرورة الرجوع الى البيانات والمعلومات المتمثلة بالخصائص المورفومترية ومدلولاتها الهيدرولوجية في عملية التخطيط واتخاذ القرارات وخاصة في ظل غياب محطات القياس الهيدرومترية.

3. ضرورة عمل الدراسات المورفومترية بين فترة وأخرى للوقوف على أهم التغيرات التي قد تحدث في الأحواض المائية.

المراجع والمصادر العربية

- الرواشدة، شذا ومصارا، طالب وطاران، عايد، 2017م، الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي الحسا باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ونموذج الارتفاعات الرقمية، مجلة جامعة النجاح للأبحاث (العلوم الإنسانية) المجلد 31. 6.
- الخفاجي، 2016م، الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي قرين الثماد في بادية العراق الجنوبية - بادية النجف، مجلة كلية التربية الأساسية للعلوم التربوية والإنسانية / جامعة بابل، العدد 26.
- سلامة، حسن رمضان، 2004م، أصول الجيومورفولوجيا، دار المسيرة، عمان.
- علاجي، أمينة أحمد، 2010م، تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية ومدلولاتها الهيدرولوجية في حوض وادي يللم، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة أم القرى.
- الغيلان، حنان عبد اللطيف، 2008م، دور نظم المعلومات الجغرافية في دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي لبن، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الملك سعود.
- محمد، عمار وحسين، طه، ومنذر، علي، 2009م، النموذج الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية وتطبيقاته على حوض وادي كورده شرق بحيرة حميرين/ العراق، مجلة ديالي.
- العدو، نزيه، 2007، جيومورفولوجية حوض التصريف الاعلى من وادي الخليل، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة - النجاح الوطنية، كلية الدراسات العليا، فلسطين.
- محمد صبري محسوب، 2001، جيومورفولوجية الأشكال الارضية، دار الفكر، القاهرة.
- محمد مجدي، تراب، 1997، التطور الجيومورفولوجي لحوض وادي القصب بالنطاق الشرقي من جنوب شبه جزيرة سيناء، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية.
- الجغيفي، أحمد حسين، 2008، جيومورفولوجية وادي الفحيمي في هضبة العراق الغربية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافية، كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة الأنبار.
- التركماني، جودة فتحي، 1999، جيومورفولوجية منطقة توشكي وامكانات التنمية، دار طبية للطباعة، القاهرة.
- برقان، م. (2015). دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي غزة والحصاد المائي لحوضه الأعلى باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS). (رسالة دكتوراة غير منشورة). جامعة النجاح الوطنية، نابلس، فلسطين.
- عبدالغني، ع.، إبراهيم، م.، عبدالحميد، ع.، (2017). التحليل المورفومتري لوادي حوران باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. مجلة الأنبار للعلوم الزراعية، مجلد، 15، العدد 1.

- العمري, ف., عزت, م., حمادة, ع., محمود, ع., (2013). علاقة تصريف شبكات الأودية في تصميم القناطر على (طريق العلم - الفتحة) باستخدام التقنيات الحديثة. مجلة آداب الفراهيدي, العدد 17.
- أبو حماد, أ., موسى, ر., (2016). التحليل المورفومتري لأحواض التصريف النهري باستخدام إحصاءات المتغيرات المتعددة ونظم المعلومات الجغرافية (حوض عمان الزرقاء كحالة دراسية). المجلة الدولية للبيئة والمياه, المجلد 5, العدد 1.
- المقبل, علي, 2002م, التباين المكاني للموازنة المائية وأثرها على الغطاء النباتي في محافظة إربد, رسالة ماجستير, الجامعة الأردنية, عمان, الأردن.

المراجع والمصادر الأجنبية

1. Jochen, Albrecht, 2007, Key Concepts And Technique In GIS, 1st, edition, sage publication Ltd, p62.
2. YUNUS,A. OGUCHI,T. Hayakawa, Y.(2014), Morphometric analysis of Basins in the Western Arabian Peninsula Using Multivariate Statistics, International Journal of Geosciences, 5, 527-539.
3. Gajbhiye, s. (2015). Morphometric Analysis Of Ashakkar River Catchment Using RS And GIS. 8.2.
4. Biswas, s. (2016). Analysis Of Gis Based Morphometric Parameters And Hydrological Changes In Parbati River Basin. himachal pradesn, india 6.2.
5. Castany, G. 1976. Traite Pratique Des Eaux Soaterraines . Paris.
6. Miller, s. 1953. A Production of amino acids under possible primitive earth conditions. Science 117: 528_529.
7. Schumm, s.(1956).Evolution of drainage systems and slopes in badland at perth amboy, new jersey. Bulletin of geological society of America, 67, 597_646. (The elongation ratio was proposed to show characteristics of basin shape, and drainage basin evolution was discussed).
8. Victoria, et al, 2007, water balance for the ji-parana, westernAmazon, using a simple method through geographical information system and remote sensing, earth interaction 11.
9. Abu Khyarah, 2002,GIS Hydrological Models for Managing Water Resources in the Zarqa River Basin, Unpublished Master Dissertation, Jordan University of science and Technology, Irbid, Jordan.
10. Thornthwaite, C.W. & Mather, J.R. (1957). Instruction and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance, Laboratory of Climatology, New Jersey, USA.
11. Horton, R.E. (1932) Drainage-Basin Characteristics. Transactions: American Geophysical Union, 13, 348-352.
12. Wilson, 2002, Water balance partitioning for ecosystem service assessment. A case study in the Amazon, Journal of Ecological Indicators, Volume 121, 107155.
13. Strahler, A. N. (1952), "Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topology", *Geological Society of America Bulletin*, 63 (11): 1117–1142.

Electronic Eeferences:

- <https://earthexplorer.usgs.gov>

