

**تكامل تقنيات الجيوماتكس والأساليب الإحصائية في
نمذجة الخصائص الهيدرومورفومترية لحوض وادي وج
بالمملكة العربية السعودية**

**Integration of Geomatics Techniques and
Statistical Methods in Modeling the
Hydromorphometric Characteristics of
Wadi Waj Basin in Saudi Arabia**

د. وفاء صالح الخريجي

Dr. Wafaa Saleh El Kherei

كلية الآداب/ جامعة الأميرة نورة بنت عبد الرحمن/ السعودية

**College of Arts\ Princess Noura bint Abdul Rahman
University\ Saudi Arabia**

E-mail: Wsalkhuraiji@pnu.edu.sa

الكلمات المفتاحية: الخصائص المورفومترية، الخصائص الهيدرولوجية، تقنيات الجيوماتكس،
حوض وادي وج، التحليل الجيومكاني.

**Keywords: Morphometric Characteristics, Hydrological Characteristics,
Geomatics Techniques, Wadi Waj Basin, Geospatial Analysis.**





الملخص

يمثل التكامل بين تقنيات الجيوماتكس والأساليب الإحصائية أداة فعالة في تفسير وفهم العلاقات المتداخلة بين الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية في أحواض التصريف المائية، واستخدمت الدراسة المنهج الكمي والمنهج الاستقرائي لتحليل البيانات الخرائطية التي شملت نموذج الارتفاع الرقمي DEM والمرئيات الفضائية Landsat-8 Image, ETM+ والخرائط الطبوغرافية مقياس 1:50000 باستخدام برنامج ArcGIS, 10.5، وتطبيق المعادلات الهيدرومورفومترية باستخدام أساليب الإحصاء الوصفي والإحصاء الاستدلالي باستخدام برنامج SPSS, V.24، وتوصلت الدراسة إلى فعالية تقنيات الجيوماتكس في الانتاج الآلي للمتغيرات الهيدرومورفومترية والتحليل الجيومكاني لتوزيعها الجغرافي، ونجاح أسلوب التحليل العاملي في اختزال المتغيرات الهيدرومورفومترية في أربعة عوامل أساسية مؤثرة في خصائص أحواض وشبكات التصريف، كما اثبتت كفاءة نموذج الانحدار الخطي المتعدد في توضيح درجة تأثير المتغيرات الهيدرومورفومترية على خصائص أحواض وشبكات التصريف، مما يؤكد أهمية التكامل بين تقنيات الجيوماتكس والأساليب الإحصائية في دراسة الخصائص الهيدرومورفومترية لأحواض التصريف.

Abstract

The integration between geomatics techniques and statistical methods represents an effective tool in interpreting and understanding the interrelationships between morphometric and hydrological characteristics in drainage basins. The study used the quantitative and inductive approaches to analyze the cartographic data, which included the digital elevation model, satellite image (Landsat-8 Image, ETM+) and topographical maps (scale 1:50000) using ArcGIS 10.5, and the application of hydromorphometric equations using descriptive and inferential statistics methods using SPSS, V.24. The study concluded the effectiveness of geomatics techniques in the automatic production of hydromorphometric variables and the geospatial analysis of their geographical distribution, and the success of the factor analysis method in reducing the hydromorphometric variables to four basic factors affecting the characteristics of basins and drainage networks. It also demonstrated the efficiency of the multiple linear regression model in clarifying the degree of influence of hydromorphometric variables on the characteristics of drainage basins and networks, which confirms the importance of integration between geomatics techniques and statistical methods in studying the hydromorphometric characteristics of drainage basins.

المقدمة:

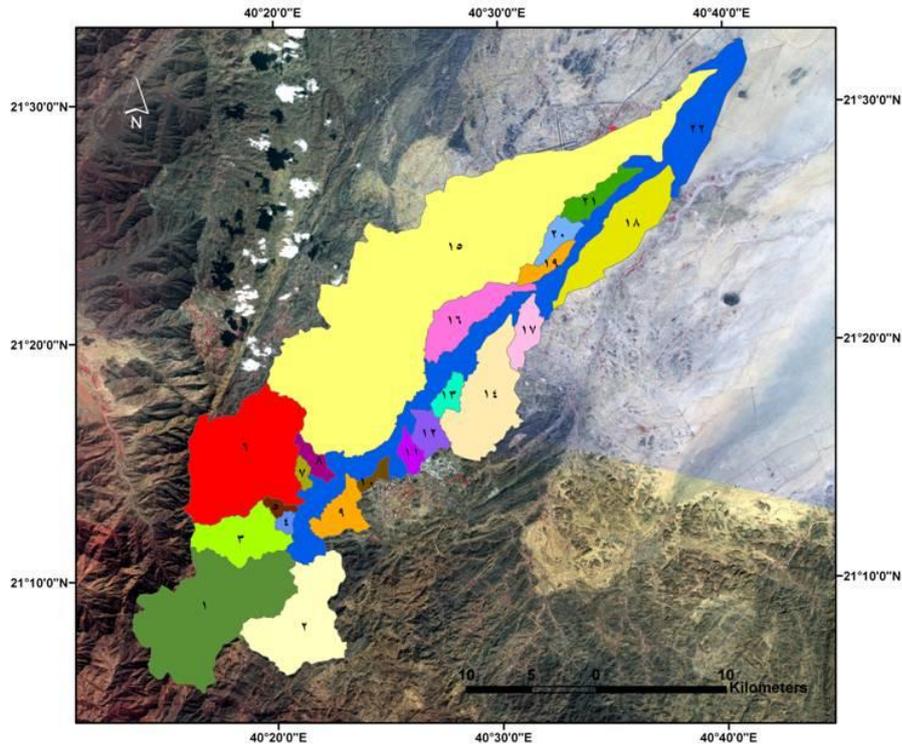
يشكل التحليل الهيدرولوجي مورفومتري أحد الاتجاهات الحديثة في دراسة أحواض التصريف، نظرا لأهميته في تفسير الخصائص الجيومورفولوجية والهيدرولوجية للأحواض المائية، إذ يمثل تحليل الخصائص المورفومترية نوع من الأساليب الكمية التي تقوم على التحليل الهندسي والإحصائي لتفسير الأشكال الأرضية والتي تشكل الأساس الأول في دراسة نظم الأودية (الرئيس، 2018، ص112)، بما يساعد في تحديد خصائصها المورفومترية والهيدرولوجية وقياس كمية الجريان المائي السطحي (جابر، 2020، ص328)، خاصة في الأودية الجافة وشبه الجافة بالمملكة العربية السعودية والتي تحظى بأهمية كبيرة تتطلب التعرف على نظامها الهيدرولوجي والعوامل المؤثرة فيه، لتحديد امكانية الاستفادة منها واستغلالها في تنمية الموارد المائية، ومواجهة مخاطر السيول الناجمة عنها (المشاط والشرقاوي، 2017، ص1).

وتشهد الدراسات الجيومورفولوجية الحديثة ومنها الدراسات الهيدرولوجية مورفومترية طفرة غير مسبوقة بفضل التطور الهائل في اساليب التحليل الجيومكانية والتي درج مؤخرا على تسميتها بعلم الجيوماتكس Geomatics إذ تتكون الكلمة من مقطعين هما Geo وتعني الارض و Matics وتعني علم الرياضيات (الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية، 2020، ص6)، ويقصد بها علم المعلوماتية الأرضية القائم على استخدام الأجهزة والتقنيات الجيومكانية الحديثة لجمع وتخزين وتحليل وتوزيع ونمذجة واسترجاع وعرض المعلومات المكانية في صورة رقمية، وبالتالي فإن هذا العلم يعتمد يتضمن مجموعة من العلوم والتقنيات المتعلقة بالخرائط والمساحة ونظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد (داود، 2020، ص33).

وتوفر تقنيات الاستشعار عن بعد صوراً رقمية تتسم بالدقة العالية من المصادر المختلفة للأقمار الصناعية فضلا عن قابليتها للمعالجة الرقمية في ظل تصميم برامج نظم المعلومات الجغرافية الحديثة التي تتضمن العديد من أدوات التصحيح والتحليل والتصنيف وإنتاج الخرائط الرقمية وتفسيرها (علي، 2015، ص11)، ومن ناحية أخرى تشكل النمذجة الاحصائية توجهها حديثا في تطبيقات الجيوماتكس لاسيما في الدراسات الجيومورفولوجية التي تعد تجريدا للواقع من خلال التركيز على استخدام البيانات الرقمية ونماذج الارتفاعات الارضية والمرئيات الفضائية والاساليب الرياضية في إنتاج النماذج الهيدرولوجية ثنائية الابعاد (الكيالي وعبدالجواد، 2020، ص78)، التي تعد وسيلة قوية في دراسة الأودية توفر الوقت والجهد لاسيما فيما يتعلق بالتطبيقات الهيدرولوجية والهيدرولوجية التي بدأت تجذب المزيد من الاهتمام في السنوات الاخيرة (خير الله، 2014، ص53).

حدود منطقة الدراسة:

تتمثل منطقة الدراسة في حوض وادي وج الذي يمتد فلكيا بين دائرتي عرض $40^{\circ} 09'$ و $21^{\circ} 10' 30''$ شمالا وبين خطي طول $40^{\circ} 19' 30''$ و $40^{\circ} 40' 45''$ شرقاً، ويقع جغرافيا في محافظة الطائف غربي المملكة العربية السعودية بين جبلي المحترق والاصحرين طولاً، وبين جبلي المدهون وام السكاري عرضاً، إذ ينحدر من القمم الجبلية في مرتفعات السراة حتى يلتقي بوادي نخب ليكون واديا واحدا يتجه نحو الشمال الشرقي (احمد، 2019، ص349) وتبلغ اجمالي مساحته 739.65 كم^2 ، ويتكون من 22 حوض تصريف فرعي شكل (1).



المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS, 10.3

شكل (1) موقع احواض التصريف الفرعية في وادي وج

أهمية الدراسة:

تتمثل أهمية دراسة نمذجة الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي وج؛ كونه يمثل وحدة طبيعية جيومورفولوجية وهيدرولوجية متكاملة تتضمن العديد من أحواض التصريف الفرعية، ويسهم التكامل بين تقنيات الجيوماتكس والأساليب الإحصائية في مواكبة التقنيات الجيومكانية الحديثة في دراسة احواض التصريف المائية ومزجها مع الاساليب الرياضية، بما تمثل اداة فعالة في تفسير وفهم العلاقات المتداخلة بين الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية التي تتأثر بالعديد من العوامل الطبيعية والجيومورفولوجية، وتتوثر بدورها على الايراد المائي للوادي بما له من أهمية في دعم الأنشطة البشرية، والتأثير على استعمالات الأرض المختلفة في منطقة الطائف الحيوية.

أهداف الدراسة:

- دراسة الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف الفرعية بوادي وج.
- دراسة الخصائص المورفومترية لشبكات التصريف الفرعية بوادي وج.
- دراسة الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف الفرعية بوادي وج.
- استخلاص العوامل الأساسية المؤثرة في الخصائص الهيدرومورفومترية لوادي وج.
- بيان القيمة التفسيرية لتأثير الخصائص الهيدرومورفومترية لأحواض التصريف الفرعية على المساحة الحوضية لوادي وج.

فرضيات الدراسة:

الفرضية الأولى: توجد مجموعة محددة من العوامل الأساسية المؤثرة على هيدرومورفومترية حوض التصريف.

الفرضية الثانية: يوجد تأثير للخصائص الهيدرومورفومترية على مساحة حوض التصريف، وينبثق من الفرضية الثانية الفروض الفرعية التالية:

- يوجد تأثير للخصائص المورفومترية للحوض على المساحة الحوضية لحوض التصريف.
- يوجد تأثير للخصائص المورفومترية لشبكة التصريف على مساحة حوض التصريف.
- يوجد تأثير للخصائص الهيدرولوجية على مساحة حوض التصريف.

منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراسة على المنهج الكمي والمنهج الاستقرائي في تحليل البيانات الخرائطية واستخراج المعاملات الهيدرومورفومترية والتحليل الإحصائي لها.

1 - مصادر البيانات الخرائطية:

اعتمدت الدراسة على مصادر أساسية للبيانات الخرائطية وهي نموذج الارتفاع الرقمي والمرئيات الفضائية والخرائط الطبوغرافية كما يوضحها الجدول (1).

جدول (1) مصادر البيانات الخرائطية المستخدمة في الدراسة

المصدر	الوصف	نوع البيانات
https://earthexplorer.usgs.gov	ASTER DEM, 30m	نموذج الارتفاع الرقمي
https://earthexplorer.usgs.gov	Landsat-8 Image, ETM+	المرئيات الفضائية
وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض،	سوق عكاظ / 1:50000 رقم 4021-13 مطار الطائف / 1:50000 رقم 4021-24 الطائف / 1:50000 رقم 4021-31 الشفاء / 1:50000 رقم 4021-32 بني دعد / 1:50000 رقم 4021-33 وادي نعمان / 1:50000 رقم 4021-34 السييل الكبير / 1:50000 رقم 4021-42 الزيمية / 1:50000 رقم 4021-43	الخرائط الطبوغرافية

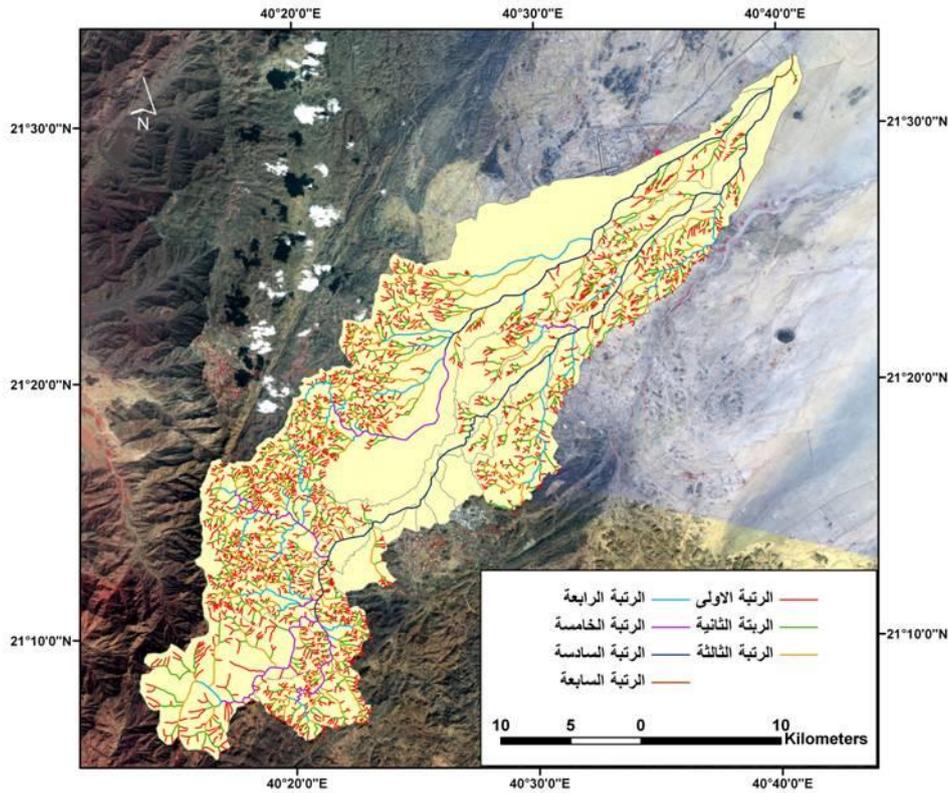
المصدر: من عمل الباحثة

تم استخدام نموذج الارتفاع الرقمي DEM في الانتاج الالي لأحواض وشبكات التصريف باعتباره اداة فعالة في استخراج حدود الأحواض التصريف للأودية (Chakraborty, et.al., 2018, p.114)، ويساعد ذلك في اجراء التحليلات المورفومترية والجيومورفولوجية والنمذجة الهيدرولوجية، والعلاقات المتبادلة بينها (Singh, et.al., 2014, p.113)، بينما تم استخدام المرئيات الفضائية في توضيح الملامح التضاريسية وتصحيح شبكات التصريف بالاستعانة بالخرائط الطبوغرافية لتصحيح مسارات شبكات التصريف عن طريق التصحيح الهندسي geometrically والتحديد الجغرافي georeferenced باستخدام مسقط UTM projection ومعطيات WGS 84 datum. داخل بيئة برنامج ArcGIS, 10.5، شكل (2).

2 - المعاملات الهيدرولوجية المورفومترية:

تم تقسيم المعاملات الهيدرولوجية المورفومترية المستخدمة الى اربعة انواع هي البيانات الخطية والمساحية والتضاريسية والهيدرولوجية الموضحة بالجدول (2).

شكل (2) شبكة التصريف في وادي وج



المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS, 10.3

جدول (2) المعاملات الهيدرولوجية المستخدمة في الدراسة

المصدر	المعادلة	المتغير	نوع البيانات
Strahler (1964)	اجمالي مساحة الحوض (كم ²)	المساحة	مساحية
Gregory & Walling (1976)	اقصى طول للحوض (كم)	طول الحوض	
Gregory & Walling (1976)	اقصى عرض للحوض (كم)	عرض الحوض	
Schumm (1956)	اجمالي طول محيط الحوض (كم)	محيط الحوض	
Miller (1953)	$4\pi A/P^2$	نسبة الاستدارة	
Horton (1932)	A/Lb^2	معامل الشكل	
Horton (1932)	Lu/A (km/km ²)	كثافة التصريف	
Horton (1932)	Nu/A (strm/km ²)	تكرار الروافد	
Horton (1945)	Nu/p (strm/km)	نسيج الشبكة	
Horton (1945)	اجمالي عدد الروافد بالحوض	عدد الروافد	
Horton (1945)	اجمالي عدد الروافد بالحوض (كم)	اطوال الروافد	
DRM	الفارق التضاريسي	درجة الانحدار	تضاريس



الخفاجي والطائي (2015)	3.76A/S	زمن التركيز	هيدرولوجيا
عبدالعزيز (2001)	0.6 Tc	زمن التباطؤ	
حسون (2016)	L(M)/3.6Tc	سرعة الجريان	
عبود (2016)	Cp * A /Te	ذروة الجريان	

المصدر: من عمل الباحثة حيث أن $A =$ المساحة، $P =$ المحيط، $Lb =$ طول الحوض، $Lu =$ اطوال الروافد،
 $Nu =$ اعداد الروافد، $Tc =$ زمن التركيز، $S =$ انحدار الحوض، $Te =$ زمن التباطؤ، Cp : معامل يرتبط بقابلية
حوض التصريف المائي لتخزين المياه ويتراوح بين (2-6.5).

3 - الاساليب الاحصائية:

استخدمت الدراسة اساليب الاحصاء الوصفي (المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والتباين)، بالإضافة الى اساليب الاحصاء الاستدلالي (مصفوفة العلاقات الارتباطية والتحليل العاملي ونموذج الانحدار الخطي المتعدد) باستخدام برنامج التحليل الاحصائي SPSS, V.24 جدول (3).

جدول (3) الاساليب الاحصائية المستخدمة في الدراسة

مصدر التحليل	اداة القياس	الاسلوب الاحصائي
Madsen (2011)	المتوسط الحسابي	الاحصاء الوصفي
Madsen (2011)	الانحراف المعياري	
Madsen (2011)	التباين	
Kanji, (2006)	العلاقات الارتباطية (بيرسون)	الاحصاء الاستدلالي
Kanji, (2006)	التحليل العاملي الاستكشافي	
Roback & Legler (2021)	الانحدار الخطي المتعدد	

المصدر: من اعداد الباحثة.

أولاً - التحليل الجيومكاني للخصائص الهيدرومورفومترية لأحواض التصريف:

يتضمن التحليل الجيومكاني للخصائص الهيدرومورفومترية لأحواض التصريف دراسة الخصائص الجيومورفومترية لأحواض وشبكات التصريف والخصائص الجيوهيدرولوجية لوادي وج.

1 - التحليل الجيومورفومتري لأحواض التصريف:

تم التركيز على (6) متغيرات اساسية في الخصائص الجيومورفومترية لأحواض التصريف بوادي وج وهي المساحة والطول والعرض والمحيط ونسبة الاستدارة ومعامل الشكل جدول (4).

جدول (4) الاحصاء الوصفي للخصائص الجيومورفومترية لأحواض التصريف الفرعية في وادي وج

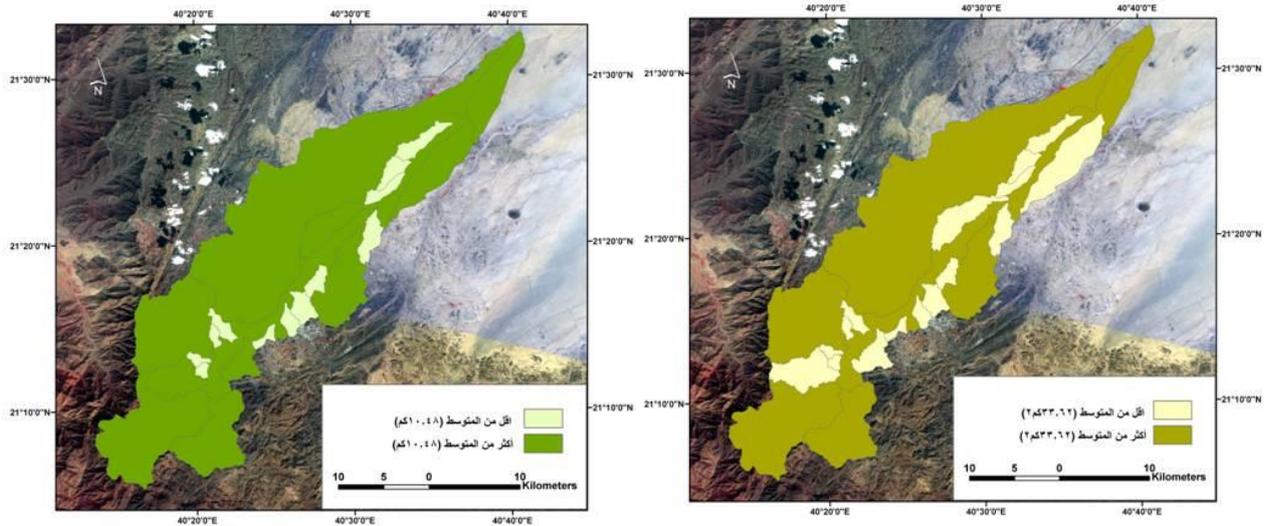
المعامل	المساحة (كم ²)	الطول (كم)	اقصى عرض (كم)	المحيط (كم)	نسبة الاستدارة	معامل الشكل
المتوسط الحسابي	33.62	10.48	2.25	32.80	0.42	0.41
ادنى قيمة	2.00	1.90	0.80	5.90	0.05	0.14
اعلى قيمة	265.70	48.9	7.00	197.70	0.70	2.92
الانحراف المعياري	58.74	12.20	1.89	44.20	0.121	0.57

المصدر: من اعداد الباحثة اعتمادا على ملحق (1) باستخدام برنامج ArcGIS, 10.5 تراوحت مساحة احواض التصريف بين 2كم² و 265.7كم² بمتوسط حسابي 33.62كم²، وانحراف معياري 58.74 مما يدل على التباين الكبير في المساحات الحوضية، حيث ان 27% من احواض التصريف تزيد عن المتوسط العام مقابل 72.7% تقل عن المتوسط العام شكل (3)، مما يدل على استحواذ عدد قليل من احواض التصريف الكبيرة على معظم مساحة وادي وج. بينما تراوحت أطوال احواض التصريف بين 1.90كم و 48.9كم بمتوسط حسابي 10.48كم، وانحراف معياري 12.20 مما يدل على الاختلاف في اطوال الأحواض التي يزيد 45.5% منها عن المتوسط العام بينما يقل 54.5% عن المتوسط العام شكل (4)، مما يدل على ميل معظم احواض التصريف الى الاستطالة في روافدها.

تباين عرض احواض التصريف في وادي وج بين 0.8كم و 7كم بمتوسط حسابي 2.25كم، وانحراف معياري 1.89، مما يدل على الاختلاف في عرض الأحواض التي يزيد 27.3% منها عن المتوسط العام بينما يقل 72.7% عن المتوسط العام شكل (5)، ويشير ذلك الى الشكل الطولي العام لمعظم احواض التصريف في وادي وج والتي تتركز في الجانب الايمن من الوادي نظرا لانخفاض التضاريس وتركز المجري الرئيسي للوادي.

ومن حيث محيط احواض التصريف فقد تراوح بين 5.9كم و 197.7كم بمتوسط حسابي 32.8كم، وانحراف معياري 44.2 مما يدل على الاختلاف في عرض الأحواض التي يزيد 27.3% منها عن المتوسط العام بينما يقل 72.7% عن المتوسط العام شكل (6)، ويدل ذلك على قلة تعرج المحيط في معظم احواض التصريف مما يمثل دلالة جيومورفولوجية عن قلة الوعورة باستثناء المناطق الجبلية.

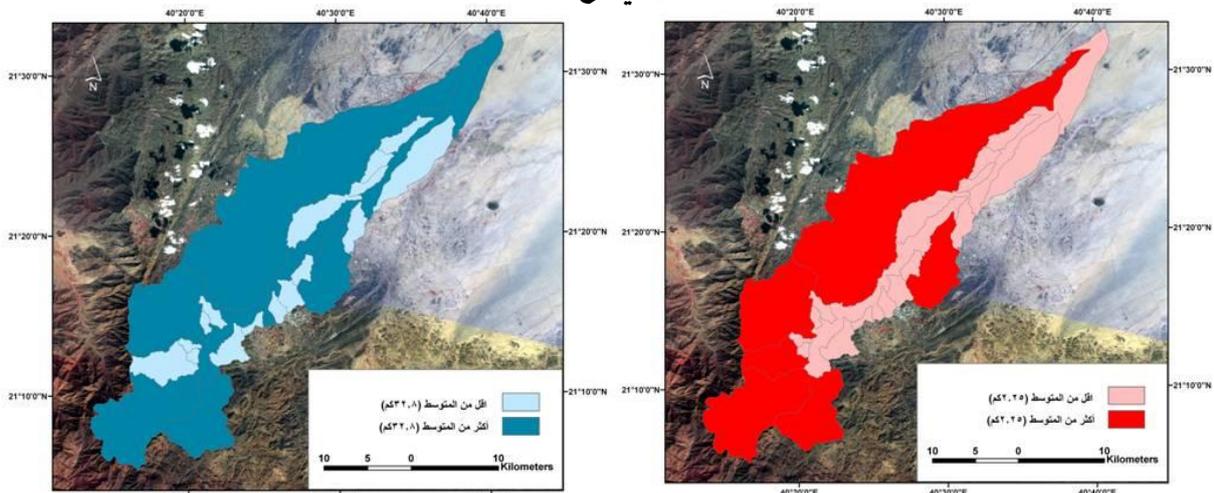
شكل (3) مساحة احواض التصريف في وادي وج شكل (4) اطوال احواض التصريف في وادي وج



المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS, 10.3
المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS, 10.3

شكل (6) محيط احواض التصريف في وادي وج

شكل (5) عرض احواض التصريف في وادي وج



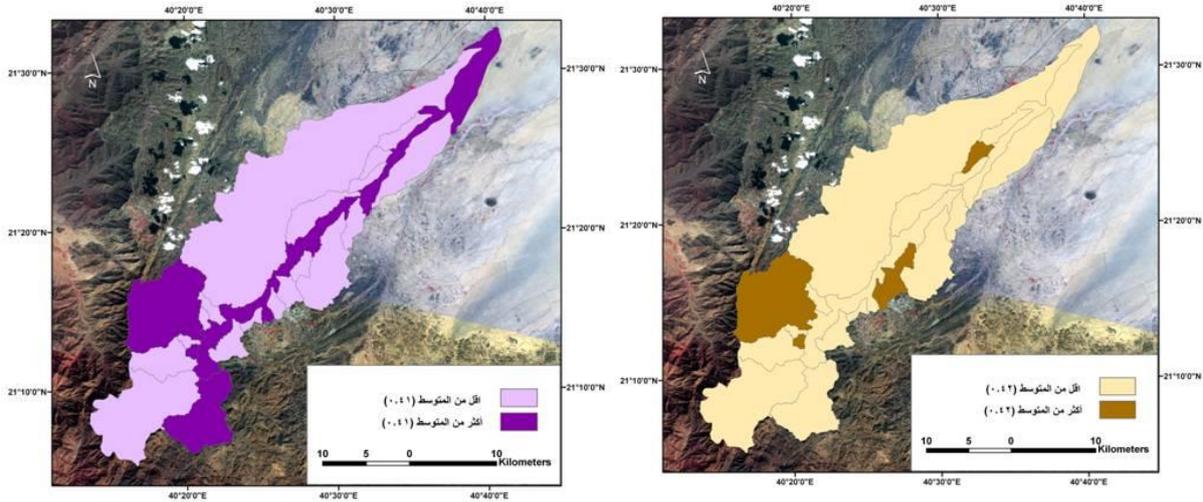
المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS, 10.3
المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS, 10.3

تراوحت نسبة الاستدارة في احواض التصريف بين 0.05 و 0.70 بمتوسط حسابي 0.42، وانحراف معياري 0.121 مما يدل على تقارب قيم الاستدارة في احواض التصريف التي يزيد 31.8% منها عن المتوسط العام بينما يقل 68.2% عن المتوسط العام شكل (7)، ويشير ذلك الى ان معظم احواض التصريف تميل الى الاستطالة ويعكس ذلك دلالة جيومورفولوجية عن انخفاض درجة خطورة تكوين الجريان المائي السيلبي.

ومن ناحية اخرى تراوحت قيم معامل الشكل بين 0.14 و 2.92 بمتوسط حسابي 0.41، وانحراف معياري 0.57 مما يدل على تقارب قيم معامل الشكل في احواض التصريف التي يزيد 18.2%

منها عن المتوسط العام بينما يقل 81.8% عن المتوسط العام شكل (8)، ويدل ذلك على ميل معظم احواض التصريف الى التناسق في شكلها الهندسي العام.

شكل (7) استدارة احواض التصريف في وادي وج شكل (8) شكل احواض التصريف في وادي وج



المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS, 10.3 المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS, 10.3

2 - التحليل الجيومورفومتري لشبكات التصريف:

ركز تحليل الخصائص الجيومورفومترية لشبكات التصريف بوادي وج على (6) متغيرات هي عدد الروافد وطوالها وكثافة التصريف وتكرار الروافد ونسيج الشبكة ودرجة الانحدار جدول (5).

جدول (5) الاحصاء الوصفي للخصائص الجيومورفومترية لشبكات التصريف الفرعية في وادي وج

المعامل	عدد الروافد	أطوال الروافد (كم)	كثافة التصريف (كم/كم ²)	تكرار الروافد (رافد/كم)	نسيج الشبكة	درجة انحدار الشبكة
المتوسط الحسابي	795	190.9	6.26	25.42	19.60	2.40
ادني قيمة	44	11.9	0.50	10.20	4.60	0.37
اعلى قيمة	5575	1515.5	10.20	51.90	61.70	8.11
الانحراف المعياري	1300.6	339.7	2.20	12.66	17.84	2.06

المصدر: من اعداد الباحثة اعتمادا على ملحق (2) باستخدام برنامج ArcGIS, 10.5

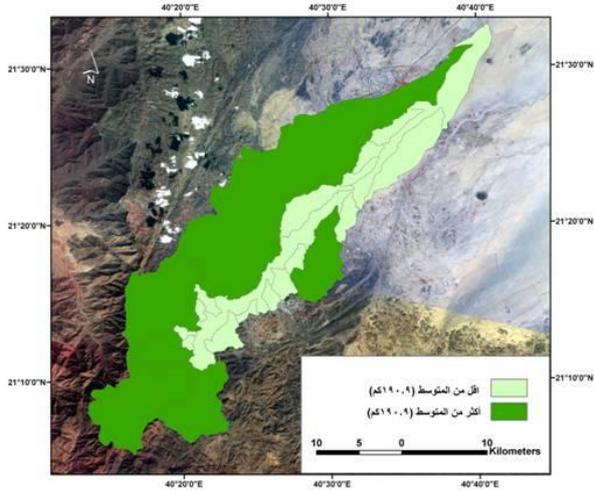


بلغ مجموع اعداد الروافد في حوض وادي وج 17495 رافد، وتراوحت اعداد الروافد بين 44 رافد و 5575 رافد بمتوسط حسابي 795 رافد، وانحراف معياري 1300.6 مما يدل على التباين الكبير في روافد احواض التصريف التي يزيد 31.8% منها عن المتوسط العام بينما يقل 68.2% عن المتوسط العام شكل (9)، ويدل ذلك على استحواذ احواض التصريف الكبيرة المساحة على معظم اعداد الروافد في وادي وج، في حين بلغ مجموع أطوال الروافد في حوض وادي وج 4200.4 كم، وتراوحت اطوال الروافد بين 11.9 كم و 1515.5 كم بمتوسط حسابي 190.9 كم، وانحراف معياري 339.7 مما يدل على الاختلاف الكبير في اطوال روافد احواض التصريف التي يزيد 27.3% منها عن المتوسط العام بينما يقل 72.7% عن المتوسط العام شكل (10)، حيث تتركز احواض التصريف التي تتسم بزيادة اطوال روافدها على الجانب الايسر من الوادي نظرا لزيادة اعداد روافدها بسبب شدة الوعورة التضاريسية.

تراوحت كثافة التصريف بين 0.50 كم²/كم² و 10.2 كم²/كم² بمتوسط حسابي 6.26 كم²/كم²، وانحراف معياري 2.20 مما يدل على تباين قيم الكثافة التصريفية في احواض التصريف التي يزيد 50% منها عن المتوسط العام بينما يقل 50% عن المتوسط العام شكل (11)، ويلاحظ زيادة كثافة التصريف في الأحواض التي تقع في مناطق المنابع العليا من الوادي بسبب شدة تقطع السطح بالروافد الاولية من الرتبة الاولى والثانية مما يؤثر على تدفق المياه السطحية في الوادي حيث العلاقة الموجبة بين محصلة الجريان السطحي وكثافة التصريف (الغامدي، 2006، ص37)، وبالمثل تراوحت قيم تكرار الروافد بين 10.2 رافد/كم و 51.9 رافد/كم بمتوسط حسابي 25.42 رافد/كم، وانحراف معياري 12.66 مما يدل على تباين قيم تكرار الروافد في احواض التصريف التي يزيد 40.9% منها عن المتوسط العام بينما يقل 59.1% عن المتوسط العام شكل (12)، حيث يلاحظ تركيز احواض التصريف المرتفعة تكرار الروافد في القطاع الاعلى من الوادي متوافقة مع ارتفاع كثافة التصريف.

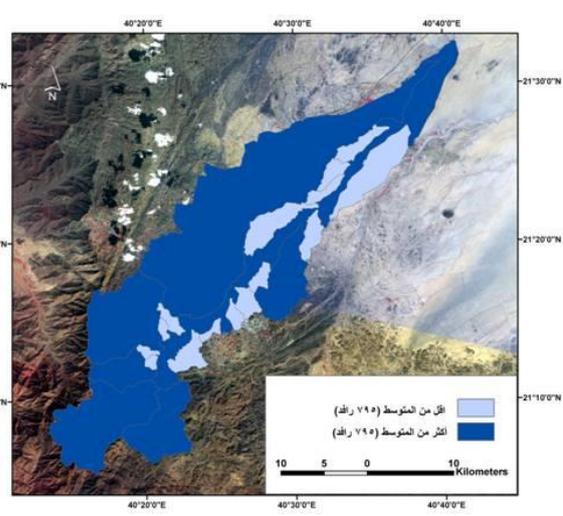
تراوحت قيم نسيج الشبكة بين 4.6 و 61.7 بمتوسط حسابي 19.6، وانحراف معياري 17.84 مما يدل على تباين قيم النسيج في احواض التصريف التي يزيد 31.8% منها عن المتوسط العام بينما يقل 68.2% عن المتوسط العام شكل (13)، حيث يلاحظ ان معظم احواض التصريف المرتفعة في قيم نسيج الشبكة تقع على الجانب الايسر من الوادي الاكثر وعورة والاشد انحدارا مما ساعد في شدة تقطع السطح حيث أن الروافد التي تزداد اعدادها وتتقارب مع بعضها تشير الى شدة تقطع الحوض بفعل زيادة معدلات التعرية بها (حسن، 2016، ص98).

شكل (10) اطوال الروافد في احواض وادي وج



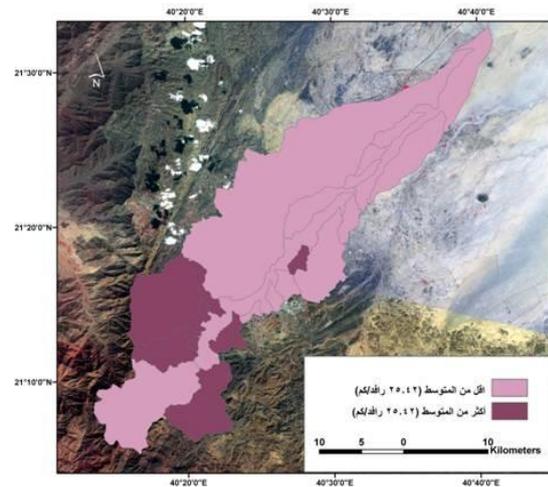
المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS, 10.3

شكل (9) اعداد الروافد في احواض وادي وج



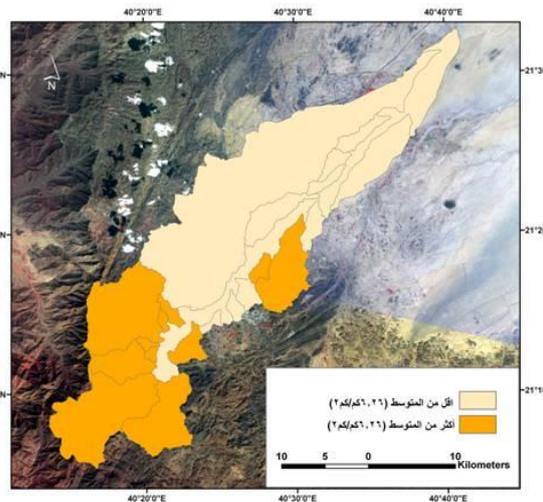
شكل (9) اعداد الروافد في احواض وادي وج

شكل (12) تكرار الروافد في احواض وادي وج



المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS,

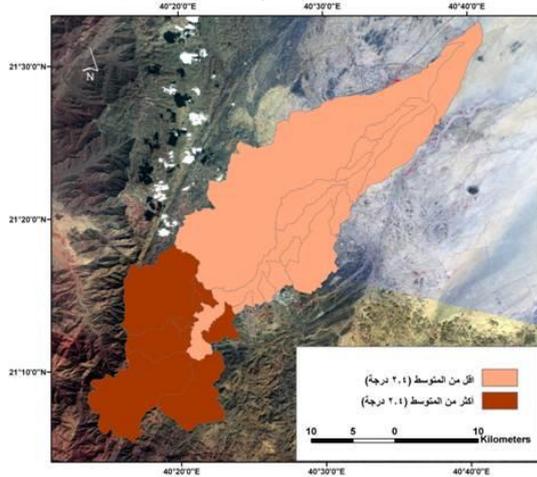
شكل (11) كثافة التصريف في احواض وادي وج



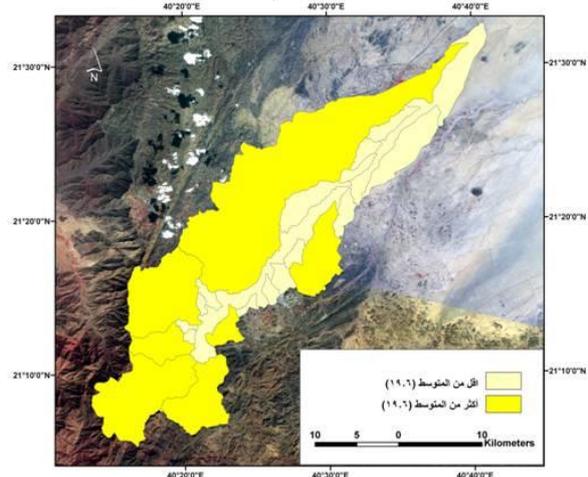
المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS, 10.3

10.3

شكل (14) درجة الشبكة في احواض وادي وج



شكل (13) نسيج الشبكة في احواض وادي وج



المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS, 10.3 . المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS, 10.3
بينما تراوحت درجة انحدار الشبكة بين 0.37 درجة و 8.11 درجة بمتوسط حسابي 2.4 درجة، وانحراف معياري 2.06 مما يدل على تباين درجة الانحدار في احواض التصريف التي يزيد 40.9% منها عن المتوسط العام بينما يقل 59.1% عن المتوسط العام شكل (14)، ويلاحظ تركيز احواض التصريف المرتفعة في درجة انحدارها في القطاع الاعلى من وادي وج بسبب ارتفاع التضاريس في المناطق الجبلية العليا وشدة انحدارها.

3 - التحليل الجيوهيدرولوجي لأحواض التصريف:

يتناول تحليل الخصائص الجيوهيدرولوجية لشبكات التصريف في وادي وج (4) متغيرات رئيسية هي زمن التركيز وزمن التباطؤ وسرعة الجريان وذروة الجريان جدول (6).

جدول (6) الاحصاء الوصفي للخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف الفرعية في وادي وج

المعامل	زمن التركيز	زمن التباطؤ	سرعة الجريان	ذروة الجريان
المتوسط الحسابي	238.50	143.10	12.60	0.75
ادني قيمة	42.70	25.60	3.00	0.20
اعلى قيمة	1322.90	793.80	20.30	2.80
الانحراف المعياري	292.59	175.56	4.69	0.69

المصدر: من عمل الباحثة اعتمادا على ملحق (3) باستخدام برنامج ArcGIS, 10.5
تراوحت قيم زمن التركيز بين 42.7 دقيقة و 1322.9 دقيقة بمتوسط حسابي 238.5 دقيقة، وانحراف معياري 292.6 مما يدل على التباين الكبير في زمن التركيز في احواض التصريف التي يزيد 27.3% منها عن المتوسط العام بينما يقل 72.7% عن المتوسط العام شكل (15)، ويرجع هذا التباين إلى اختلاف التركيب الجيولوجي وانحدار السطح ونوع التربة السطحية كما تؤثر الخصائص المورفومترية على كثافة التصريف ومن ثم على معدلات الجريان

السطحي (البركي، 2015، ص131)، في حين تراوحت قيم زمن التباطؤ بين 25.6 دقيقة و793.8 دقيقة بمتوسط حسابي 143.1 دقيقة، وانحراف معياري 175.65 مما يدل على التباين الكبير في زمن التباطؤ في أحواض التصريف التي يزيد 27.3% منها عن المتوسط العام بينما يقل 72.7% عن المتوسط العام شكل (16)، مما يشير الى توافقها بشكل كبير مع زمن التركيز في أحواض التصريف بوادي وج، مما يؤكد على ان أحواض التصريف الاصغر مساحة في المناطق الجبلية تكون اكثر خطورة في تكوين الجريان السيلي (المعداوي، 2020، ص382) تتباين سرعة الجريان في أحواض التصريف بين 3 و20.3 بمتوسط حسابي 12.6، وانحراف معياري 4.69 مما يدل على اختلاف سرعة الجريان بأحواض التصريف التي يزيد 54.5% منها عن المتوسط العام بينما يقل 45.5% عن المتوسط العام شكل (17)، حيث يلاحظ تركيز معظم أحواض التصريف المرتفعة في سرعة الجريان بالقطاع الادني من وادي وج نظرا لتجمع كميات أكبر من التدفقات المائية في شبكة التصريف نظرا لمساحتها الكبيرة وطول روافد الأودية، وبالتالي تتعرض معظم المياه إلى الفقد عن طريق التسرب والتبخر (العكام، 2014، ص238).

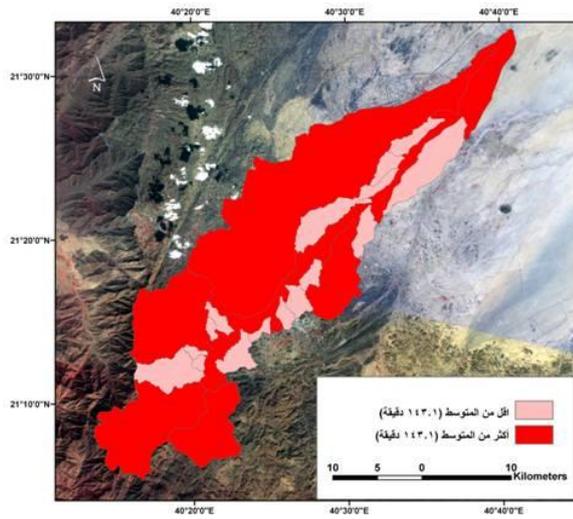
بينما تراوحت ذروة الجريان في أحواض التصريف بين 0.20 و2.8 بمتوسط حسابي 0.75، وانحراف معياري 0.69 مما يدل على تقارب ذروة الجريان بأحواض التصريف التي يزيد 31.8% منها عن المتوسط العام بينما يقل 68.2% عن المتوسط العام شكل (18)، حيث يزداد حجم التصريف المائي بزيادة رتبة روافد الاودية نظرا لزيادة حجم تصريفها المائي (الكومي، 2016، ص1475).

ثانياً - النمذجة الاحصائية للخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف:

1- نموذج التحليل العاملي Factor Analysis :

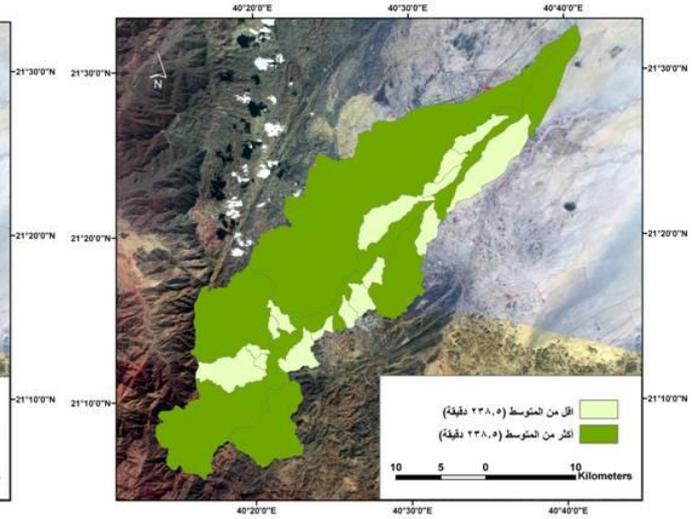
لتحديد العوامل الأساسية المؤثرة في هيدرولوجية شبكات التصريف تم استخدام نموذج التحليل العاملي، الذي يفيد في اختزال عدد كبير من المتغيرات في عدد أقل من العوامل Factors، بواسطة الحلول الخطية Linear Solution لأعداد كبيرة من المتغيرات بهدف تقليصها إلى أقل عدد ممكن من العوامل.

شكل (16) زمن التباطؤ في احواض وادي وج



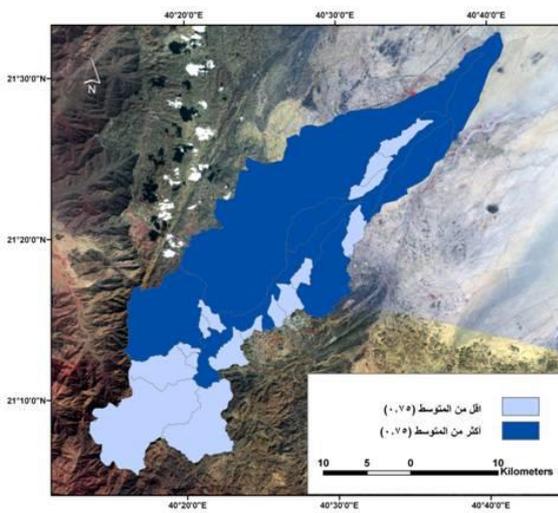
المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS,

شكل (15) زمن التركيز في احواض وادي وج



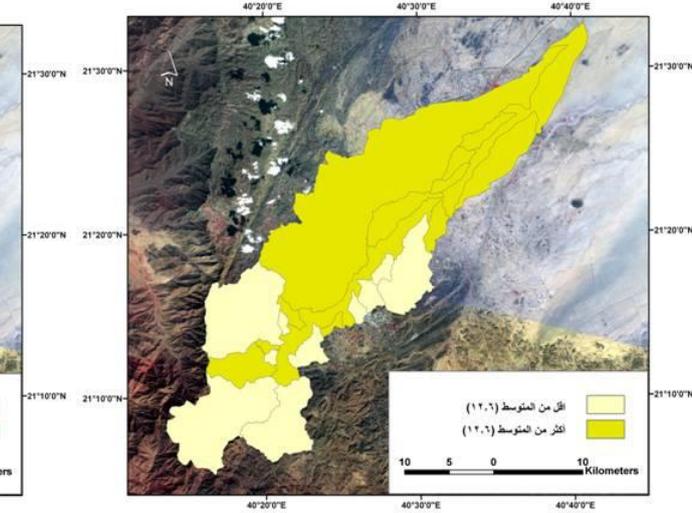
المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS, 10.3
10.3

شكل (18) نزوة الجريان في احواض وادي وج



المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS, 10.3

شكل (17) سرعة الجريان في احواض وادي وج



المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS, 10.3

تم الاعتماد في دراسة التحليل العاملي لأحواض التصريف على أسلوب تحليل المكونات الأساسية Principal components analysis الأكثر شيوعاً في الدراسات الجغرافية التي تتضمن عشرات المتغيرات والحالات (المعداوي، 2020، ص377)، وذلك عن طريق الخطوات التالية:

أ- العلاقات الارتباطية بين المتغيرات الهيدرومورفومترية:

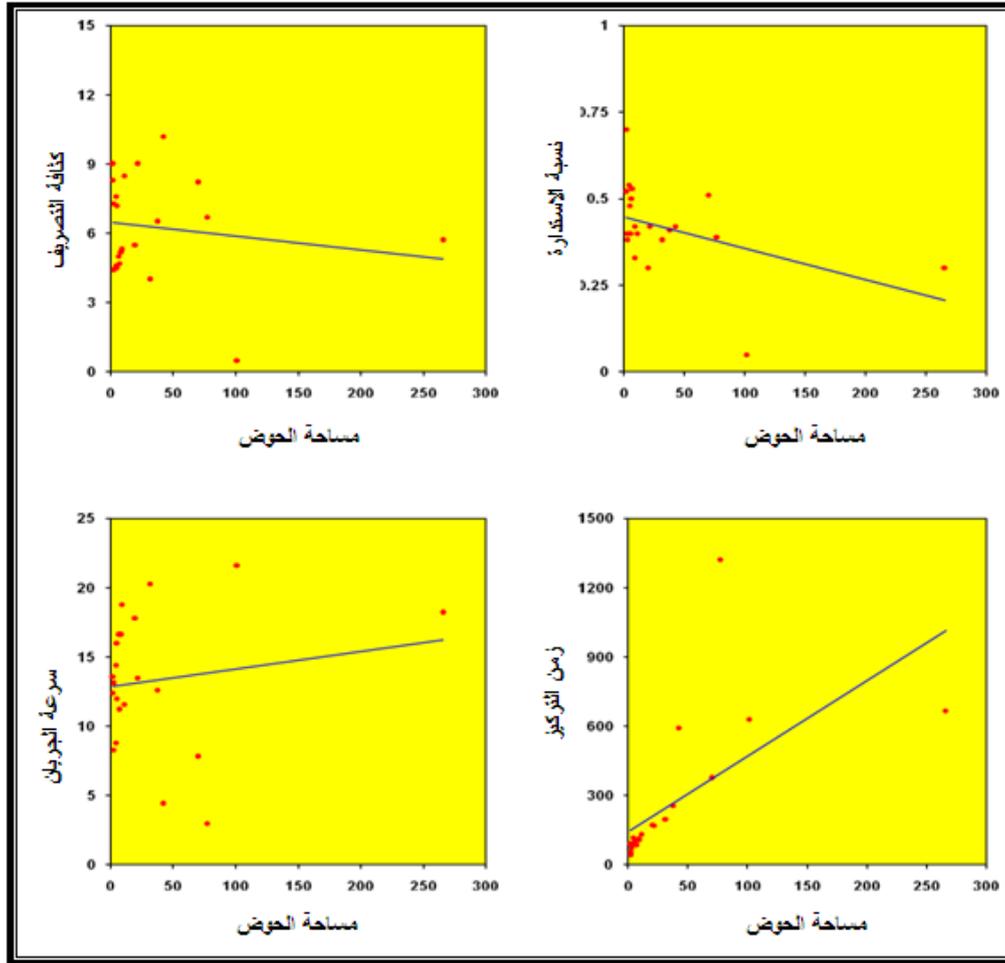
يوضح الجدول (7) نتائج تحليل مصفوفة العلاقات الارتباطية للخصائص الهيدرومورفومترية لأحواض التصريف في وادي وج والتي تضم جيومورفومترية الأحواض والشبكات والهيدرولوجية.

جدول (7) مصفوفة العلاقات الارتباطية للخصائص الهيدرومورفومترية لأحواض التصريف في وادي وج

البيانات	المساحة	طول العرض	عرض العرض	مقطع العرض	نسبة الاستدارة	معامل التمثل	اعداد الوراقف	اطوال الوراقف	كثافة التصريف	تكرار الوراقف	تسجيم المنبئة	التضار المنبئة	زمن التركيز	زمن التباطؤ	سرعة الجريان	فرقة الجريان
المساحة	1															
طول العرض	.706**	1														
عرض العرض	.919**	.704**	1													
مقطع العرض	.335	.491*	.335	1												
نسبة الاستدارة	-.746- **	-.331	-.331	-.062	1											
معامل التمثل	.799**	-.118	-.118	-.044	-.548- **	1										
اعداد الوراقف	.569**	.890**	.890**	.569**	-.265	.079	1									
اطوال الوراقف	.982**	.935**	.935**	.462*	-.188	.079	1									
كثافة التصريف	.140	-.070	-.070	-.454-*	-.188	.140		1								
تكرار الوراقف	.923**	-.113	-.113	-.123	.288	.116			1							
تسجيم المنبئة	.588**	.504*	.504*	-.050	.019	.588**				1						
التضار المنبئة	1	-.285	-.285	-.085	.538**	.575**					1					
زمن التركيز	.000	.551**	.551**	-.094	.019	.923**						1				
زمن التباطؤ	.000	.762**	.762**	-.094	.019	.923**							1			
سرعة الجريان	-.482- *	.388	.388	-.085	.538**	.575**								1		
فرقة الجريان	1	-.216	-.216	-.085	.538**	.575**									1	

المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج SPSS, 24

شكل (19) بعض العلاقات الارتباطية للخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف بوادي وج



المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج SPSS, 24

يتضح من الجدول (7) والشكل (19) وجود مجموعة من العلاقات الارتباطية الطردية القوية بين الابعاد الحوضية (المساحة والطول والعرض) مع اعداد الروافد بلغت (0.937)، و(0.890، و0.870) على التوالي، وكذلك مع اطوال الروافد بلغت (0.924، و0.935، و0.855) على التوالي، ويشير ذلك الى ان زيادة ابعاد أحواض التصريف يواكبها زيادة في اعداد الروافد واطوالها، كما ظهرت مجموعة من العلاقات الارتباطية القوية بين ذروة الجريان وكل من محيط الحوض (0.900)، ونسبة الاستدارة (0.641)، ومعامل الشكل (0.548)، مما يدل على أن أحواض التصريف المنتاسقة الشكل والتي تميل الى الاستدارة يزيد بها قدرة للتدفقات المائية على الوصول السريع الى ذروة الجريان المائي، كما تتضح العلاقة الارتباطية القوية بين زمن التركيز وكل من اعداد الروافد (0.659) واطوالها (0.652)، حيث ان زيادة اعداد واطوال روافد شبكة التصريف تؤدي الى طول المسافة التي يقطعها الجريان المائي للوصول الى نقطة المصب مما

يقلل من خطورة الجريان السيلي خاصة في ظل الارتباط القوي بين مساحة الحوض وكل من زمن التركيز (0.590)، وزمن التباطؤ (0.590).

ومن ناحية أخرى ظهرت مجموعة من العلاقات الارتباطية العكسية الضعيفة بين سرعة الجريان وكل من المساحة التصريفية (-0.020)، ونسبة الاستدارة (-0.076)، ومعامل الشكل (-0.456)، وكذلك مع زمن التركيز (-0.482)، وزمن التباطؤ (-0.482)، مما يدل على انخفاض سرعة الجريان المائي في المساحات الحوضية الكبيرة والتي تميل إلى الاستدارة، كما ان طول المدة اللازمة لبدء تكوين الجريان المائي ووصوله إلى نقطة المصب تؤدي إلى بطء سرعة الجريان بسبب زيادة فقدان المياه بفعل التسرب والتبخر.

ب- اختبار بارليتيت *Bartlett's Test of Sphericity* ، وكايزر ماير أولكن *Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)*:

يفيد هذا الاختبار في التحقق من معنوية العلاقات الارتباطية بين متغيرات الدراسة، والتأكد من أن العلاقات ذات دلالة احصائية وأنها لا تساوى صفراً، بينما تشير قيمة محك كايزر "Kaisers Criterion" إلى أنه إذا كان الجذر الكامن لأي عامل من العوامل المستخرجة أكبر من أو يساوى الواحد الصحيح، فإنه يعتقد به كعامل أساسي، ويتم الإبقاء عليه في بقية التحليلات الأخرى، كما أن العامل الجوهرى لابد وأن تنتشعب عليه 3 مفردات دالة بحيث لا تقل قيمه المعامل عن (0.5)، ويوضح الجدول (8) نتائج الاختبار.

جدول (8) نتائج اختبار بارليتيس وكايزر- ماير- أولكن

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.835
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	1513.408
	df	105
	Sig.	.000

المصدر: من عمل الباحثة وفقاً للتحليل الاحصائي باستخدام برنامج SPSS, 24 جاءت قيمة اختبار بارليتيس معنوية (Sig. = 0.000) مما يدل على وجود ارتباط معنوي بين المتغيرات المؤثرة في الخصائص الهيدرومورفومترية، وعدم وجود أية ارتباطات صفرية، فضلاً عن قوة التجانس الداخلي بينهما، كما بلغت قيمة اختبار كايزر ماير أولكن 0.835 وهي أكبر من الحد الأدنى المقبول وهو 0.5 ، مما يشير إلى كفاية عينة الدراسة المستخدمة.



ج- تأثير الاشتراكيات للمتغيرات على العوامل المشتقة المؤثرة في الخصائص الهيدرولوجية:

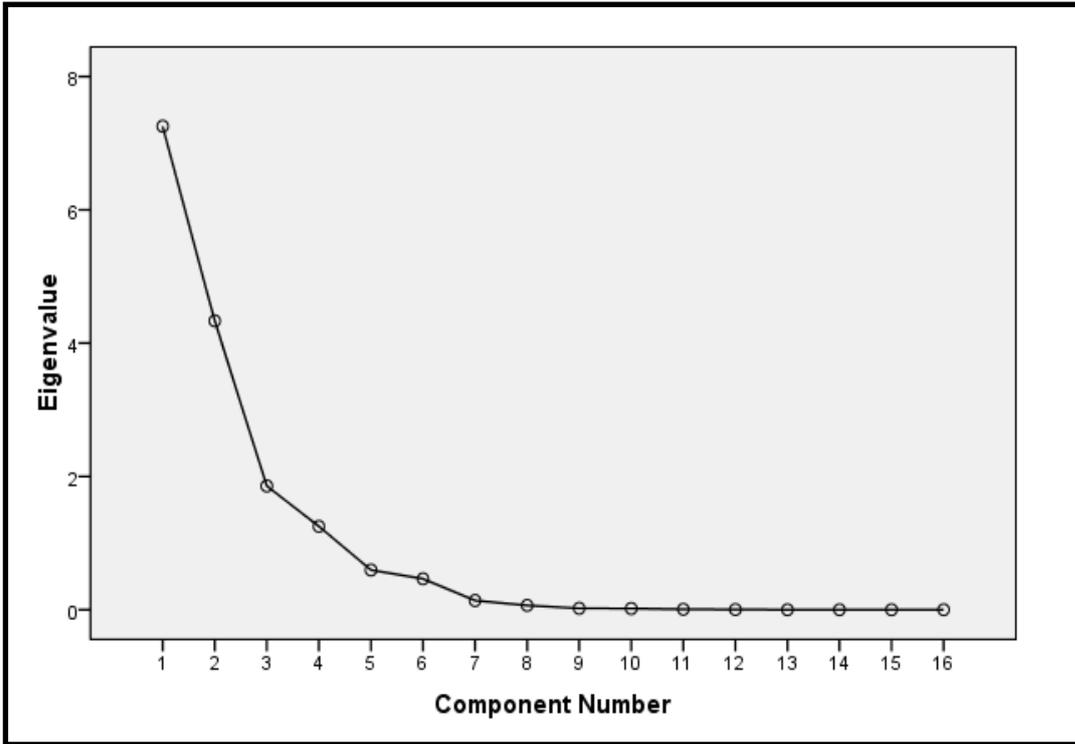
تشير قيم الاشتراكيات أو الشيوخ (Communalities) إلى مساهمة كل متغير في البيانات المكتشفة حول العوامل من قيم نسب التباين للمتغيرات، مما يدل على مدى فاعلية المتغيرات لتحديد العوامل المشتقة المؤثرة في الخصائص الهيدرولوجية، فكلما زادت قيمة الاشتراكيات دل ذلك على عظم وزن المتغير في المجال العاملي والعكس صحيح.

جدول (9) قيم الاشتراكيات للمتغيرات الأصلية حسب مساهمتها في تفسير العوامل المشتقة المؤثرة في الخصائص الهيدرولوجية لموض وادي وج

م	المتغيرات	الاشتراكيات
1	مساحة الحوض	0.946
2	طول الحوض	0.983
3	عرض الحوض	0.913
4	محيط الحوض	0.996
5	نسبة الاستدارة	0.665
6	معامل الشكل	0.962
7	اعداد الروافد	0.978
8	اطوال الروافد	0.969
9	كثافة التصريف	0.947
10	تكرار الروافد	0.929
11	نسيج الشبكة	0.877
12	انحدار الشبكة	0.745
13	زمن التركيز	0.954
14	زمن التباطؤ	0.954
15	سرعة الجريان	0.902
16	ذروة الجريان	0.976

المصدر: من عمل الباحثة وفقا للتحليل الاحصائي باستخدام برنامج SPSS, 24

شكل (20) تسلسل قيم الاشتراكيات حسب مساهمتها في تفسير العوامل المشتقة المؤثرة في الخصائص الهيدرمورفومترية لحوض وادي وج



المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج SPSS, 24

يتضح من الجدول (9) والشكل (20) فاعلية قيم الاشتراكيات لجميع المتغيرات الهيدرمورفومترية لأحواض التصريف، حيث تراوحت بين أدنى المتغيرات وهي نسبة الاستدارة (0.665)، ويشير ذلك الى مساهمتها بنسبة 66.5% من تفسير العوامل المشتقة المؤثرة في الخصائص الهيدرمورفومترية، وأعلاها وهي محيط الحوض (0.996) ويشير ذلك الى مساهمته بنسبة 99.6% من تفسير العوامل المشتقة المؤثرة في الخصائص الهيدرمورفومترية، كما يتضح أنه لم يقل أيا من المتغيرات عن 0.5 مما يشير إلى أن 100% من المتغيرات الكلية قد تم تفسيرها في العوامل المشتقة، وأن معظم البيانات المتعلقة بالمتغيرات قد ضمت في العوامل المشتقة المؤثرة في الخصائص الهيدرمورفومترية.

د- اسهامات ونسب تباين العوامل المشتقة المؤثرة في الخصائص الهيدرمورفومترية:

تحدد قيم الجذور الكامنة عدد العوامل الرئيسية المشتقة من مجموع المتغيرات الأصلية المؤثرة في الخصائص الهيدرمورفومترية، حيث يتحدد عدد العوامل الرئيسية وفقا للجذور الكامنة التي تساوى أو تزيد قيمتها عن واحد صحيح أو حسب أهميتها التي تعتمد على نسبة التباين التي يجب ألا تقل عن 5%، ويوضح الجدول (10) إسهامات العوامل المشتقة المؤثرة في الخصائص الهيدرمورفومترية ونسب التباين المفسرة لكل عامل حيث يتبين أن الجذور الكامنة للعوامل المشتقة



تزيد عن الواحد صحيح، ويشير ذلك الى أن المتغيرات المؤثرة في الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي وج يمكن اختزالها في اربعة عوامل تفسر 91.847% من التباينات في الخصائص الهيدرولوجية.

جدول (10) إسهامات العوامل المشتقة ونسب التباين المفسرة لكل عامل

العوامل	الجذور الكامنة	نسبة التباين المفسر %	النسبة التراكمية %
1	5.688	35.550	35.550
2	4.130	25.813	61.364
3	2.945	18.408	79.772
4	1.932	12.075	91.847

المصدر: من عمل الباحثة وفقا للتحليل الاحصائي باستخدام برنامج SPSS, 24

هـ- تدوير العوامل Factor rotation واستخراج العوامل المشتقة:

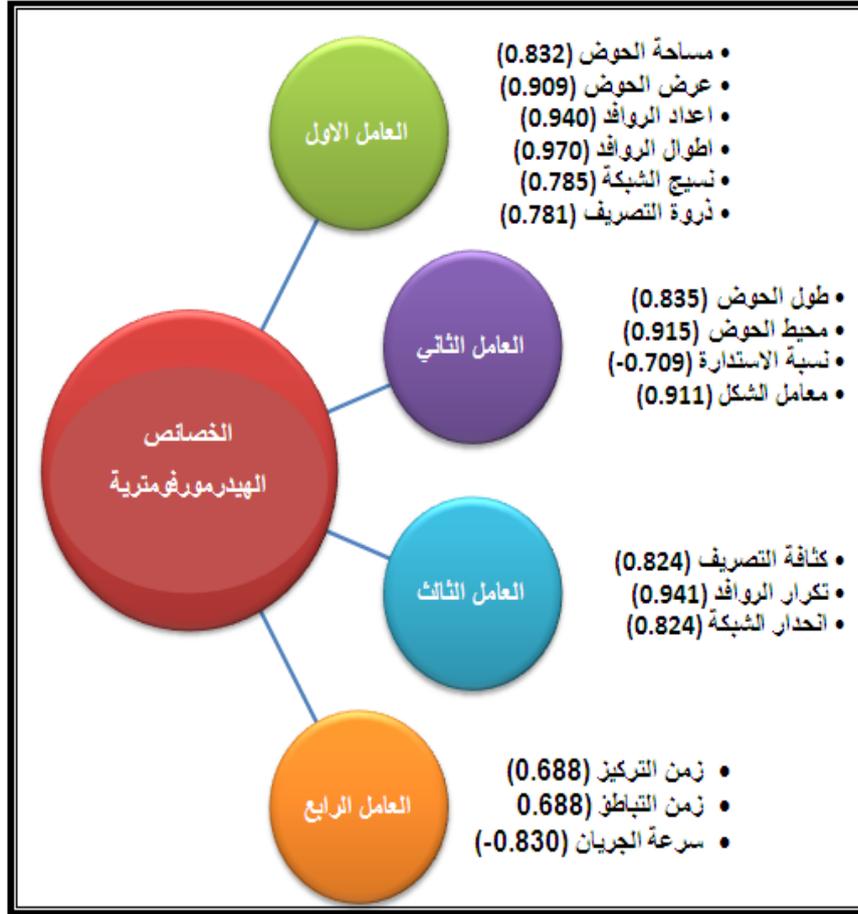
يقصد بتدوير العوامل تحديد تشعبات المتغيرات الدالة على كل عامل من العوامل المشتقة، عن طريق تحديد اقوى العلاقات بين هذه المتغيرات والعوامل المشتقة المؤثرة في الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف، وقد تم تدوير العوامل المشتقة باستخدام أسلوب التدوير المتعامد "Orthogonal rotation" وطريقة فاريماكس "Varimax"، وهو يعد من أشهر الأساليب الإحصائية المستخدمة في تدوير قيم التشعبات، لأنه يهدف إلى تعظيم Maximize مجموعة التباين لمربعات تشعبات العوامل، بحيث يكون لكل متغير اصلي قيمة تشعب مرتفعة مع أحد العوامل المشتقة، في حين تكون القيمة منخفضة مع العوامل الأخرى، وكلما ارتفعت درجة التشعب بين المتغير والعامل يدل ذلك على وجود ارتباط وتبعية المتغير الاصلي بالعامل المشتق، ويوضح الجدول (11) والشكل (21) نتائج التحليل:

جدول (11) مصفوفة تدوير المتغيرات المفسرة للعوامل المشتقة المؤثرة في الخصائص الهيدرومورفومترية
لحوض وادي وج

Rotated Component Matrix ^a				
المتغيرات	Component			
	1	2	3	4
مساحة الحوض	0.832	0.486	0.129-	
طول الحوض	0.470	0.835	0.256-	
عرض الحوض	0.909		0.115	0.270
محيط الحوض	0.327	0.915	0.177-	0.140
نسبة الاستدارة	0.133-	0.709-	0.380-	
معامل الشكل	0.216-	0.911		0.292
اعداد الروافد	0.940	0.296		
اطوال الروافد	0.970	0.161		
كثافة التصريف	0.236	0.461-	0.824	
تكرار الروافد	0.158	0.125-	0.941	
نسيج الشبكة	0.785		0.456	0.230
انحدار الشبكة	0.127-	0.166-	0.824	0.151
زمن التركيز	0.688			0.688
زمن التباطؤ	0.688			0.688
سرعة الجريان		0.205-	0.413-	0.830-
ذروة الجريان	0.541	0.781	0.191-	0.192-

المصدر: من عمل الباحثة وفقاً للتحليل الإحصائي باستخدام برنامج SPSS, 24
يتضح من الجدول (11) والشكل (21) قبول الفرضية الأولى أنه توجد مجموعة محددة
من العوامل الأساسية المؤثرة على هيدرومورفومترية حوض التصريف حيث تم استخراج أربعة
عوامل أساسية مشتقة تؤثر في الخصائص الهيدرومورفومترية، ويشمل العامل الأول: ستة
متغيرات هي مساحة الحوض وعرض الحوض واعداد الروافد واطوال الروافد ونسيج الشبكة وذروة
الجريان، بينما يشمل العامل الثاني أربعة متغيرات هي طول الحوض ومحيط الحوض ونسبة
الاستدارة ومعامل الشكل، في حين يشمل العامل الثالث ثلاثة متغيرات هي كثافة التصريف
وتكرار الروافد وانحدار الشبكة، وأخيراً يشمل العامل الرابع ثلاثة متغيرات هي زمن التركيز وزمن
التباطؤ وسرعة الجريان.

شكل (21) نتائج نموذج التحليل العاملي للعوامل المؤثرة في الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي وج



المصدر: من عمل الباحثة اعتمادا على الجدول (11)

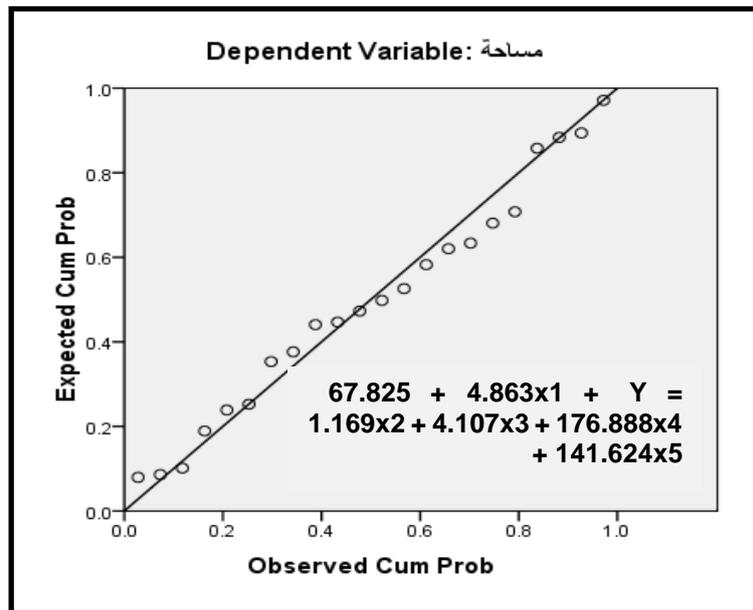
2 - نموذج الانحدار الخطي المتعدد:

تم اختبار نموذج الانحدار الخطي المتعدد لتأثير الخصائص الهيدرولوجية على حوض التصريف لودي وج باستخدام برنامج SPSS, 24 وذلك باعتبار ان مساحة الحوض متغيرا تابعا (Y) يتأثر بخصائص حوض التصريف (مجموعة المتغيرات المستقلة الاولى) وخصائص شبكة التصريف (مجموعة المتغيرات المستقلة الثانية)، والخصائص الهيدرولوجية (مجموعة المتغيرات المستقلة الثالثة)

أ - نموذج الانحدار الخطي المتعدد باعتبار خصائص الأحواض كمتغيرات مستقلة:
جدول (12) نتائج تحليل نموذج الانحدار الخطي المتعدد لتأثير المتغيرات المستقلة
(خصائص الحوض) على المتغير التابع (مساحة الحوض)

الخطأ المعياري	قيمة التباين المفسر (B)	أبعاد النموذج	
13.929	67.825*	مساحة الحوض	المتغير التابع
3.537	4.863	طول الحوض	المتغيرات المستقلة
2.574	1.169	عرض الحوض	
1.381	4.107	محيط الحوض	
36.670	176.888	نسبة الاستدارة	
35.031	141.624	معامل الشكل	
140.522		قيمة F المحسوبة	
0.000		مستوى دلالة F المحسوبة	
0.989		معامل الارتباط (R)	
0.978		معامل التحديد (R ²)	
10.041		الخطأ المعياري للتقدير	

* ثابت الانحدار، المصدر: من عمل الباحثة وفقاً للتحليل الإحصائي باستخدام برنامج SPSS, 24
شكل (22) علاقة خط الانحدار لتأثير خصائص الحوض على المساحة الحوضية في وادي وج



المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج SPSS, 24
يتضح من تحليل الجدول (12) والشكل (22) أن علاقة خط الانحدار لتأثير خصائص
الحوض على المساحة الحوضية تتمثل في المعادلة التالية:



$$Y = 67.825 + 4.863x_1 + 1.169x_2 + 4.107x_3 + 176.888x_4 + 141.624x_5$$

حيث أن: Y = مساحة الحوض، و X_1 = طول الحوض، و X_2 = عرض الحوض،
و X_3 = محيط الحوض، و X_4 = نسبة الاستدارة، و X_5 = معامل الشكل.

يتبين وجود علاقة طردية قوية بين الخصائص المورفومترية للحوض والمساحة الحوضية في وادي وج، حيث بلغت قيمة معامل الارتباط (R) (0.989)؛ كما بلغت قيمة القابلية التفسيرية لنموذج الانحدار المتمثلة في معامل التحديد (R^2) (0.978)؛ مما يشير إلى أن 97.8% من التغيرات الحاصلة في مساحة الحوض تفسرها متغيرات الخصائص المورفومترية للحوض، وحيث أن قيمة (F) المحسوبة في نموذج الانحدار بلغت 140.522 وبمستوى دلالة إحصائية $(sig=0.000)$ ، وهي أصغر من مستوى المعنوية (0.05)، فهذا يدل على وجود تأثير معنوي ذو دلالة إحصائية للخصائص المورفومترية للحوض على المساحة الحوضية في وادي وج، مما يشير إلى قبول الفرضية الفرعية الأولى أنه يوجد تأثير للخصائص المورفومترية للحوض على مساحة حوض التصريف.

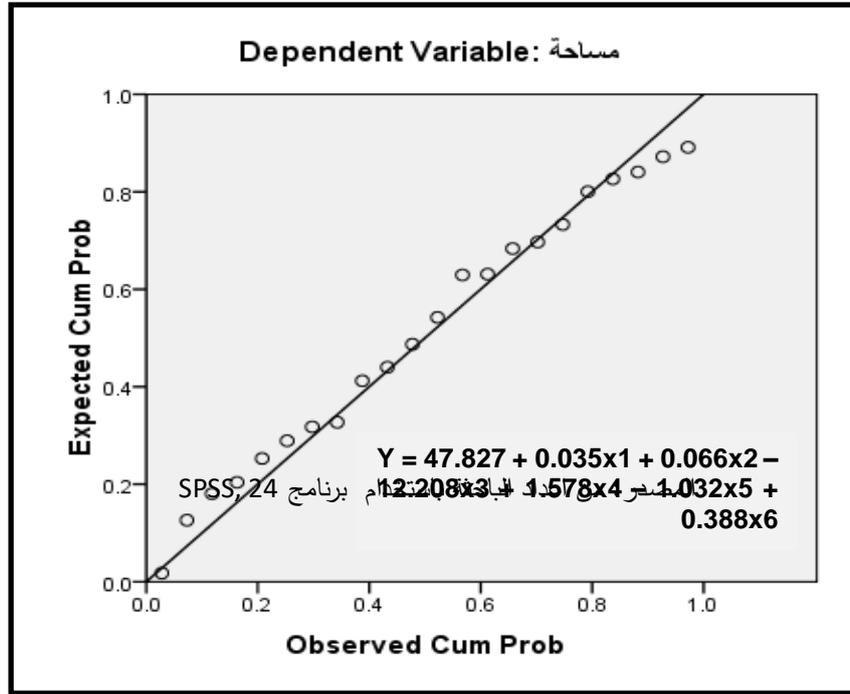
ب - نموذج الانحدار الخطي المتعدد باعتبار خصائص الشبكة كمتغيرات مستقلة:

جدول (13) نتائج تحليل الانحدار الخطي المتعدد لتأثير المتغيرات المستقلة
(خصائص الشبكة) على المتغير التابع (مساحة الحوض)

الخطأ المعياري	قيمة التباين المفسر (B)	أبعاد النموذج	
11.720	47.827*	مساحة الحوض	المتغير التابع
0.20	0.035	اعداد الروافد	المتغيرات المستقلة
0.071	0.066	اطوال الروافد	
4.917	12.208-	كثافة التصريف	
0.768	1.578	تكرار الروافد	
0.330	1.032-	نسيج الشبكة	
1.288	0.388	انحدار الشبكة	
213.732		قيمة F المحسوبة	
0.000		مستوى دلالة F المحسوبة	
0.994		معامل الارتباط (R)	
0.988		معامل التحديد (R ²)	
7.473		الخطأ المعياري للتقدير	

* ثابت الانحدار، المصدر: من عمل الباحثة وفقاً للتحليل الإحصائي باستخدام برنامج SPSS، 24

شكل (23) علاقة خط الانحدار لتأثير خصائص شبكة التصريف على المساحة الحوضية بوادي وج



يتضح من تحليل الجدول (13) والشكل (23) أن علاقة خط الانحدار لتأثير خصائص الشبكة على المساحة الحوضية تتمثل في المعادلة التالية:

$$Y = 47.827 + 0.035x1 + 0.066x2 - 12.208x3 + 1.578x4 - 1.032x5 + 0.388x6$$

حيث أن: Y = مساحة الحوض، و $X1$ = اعداد الروافد، و $X2$ = اطوال الروافد، و $X3$ = كثافة التصريف، و $X4$ = تكرار الروافد، و $X5$ = نسيج الشبكة، و $X6$ = انحدار الشبكة. يتبين من نموذج الانحدار وجود علاقة طردية قوية بين الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف ومساحة الحوض في وادي وج، حيث بلغت قيمة معامل الارتباط (R) (0.994)؛ كما بلغت قيمة القابلية التفسيرية لنموذج الانحدار المتمثلة في معامل التحديد (R^2) (0.988)؛ مما يشير إلى أن 98.8% من التغيرات الحاصلة في مساحة الحوض تفسرها متغيرات الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف، وحيث أن قيمة (F) المحسوبة في نموذج الانحدار بلغت 213.732 وبمستوى دلالة إحصائية ($sig= 0.000$)، وهي أصغر من مستوى المعنوية (0.05)، فهذا يدل على وجود تأثير معنوي ذو دلالة إحصائية للخصائص المورفومترية لشبكة التصريف على مساحة الحوض في وادي وج، مما يشير إلى قبول الفرضية الفرعية الثانية انه يوجد تأثير لخصائص شبكة التصريف على مساحة حوض التصريف.



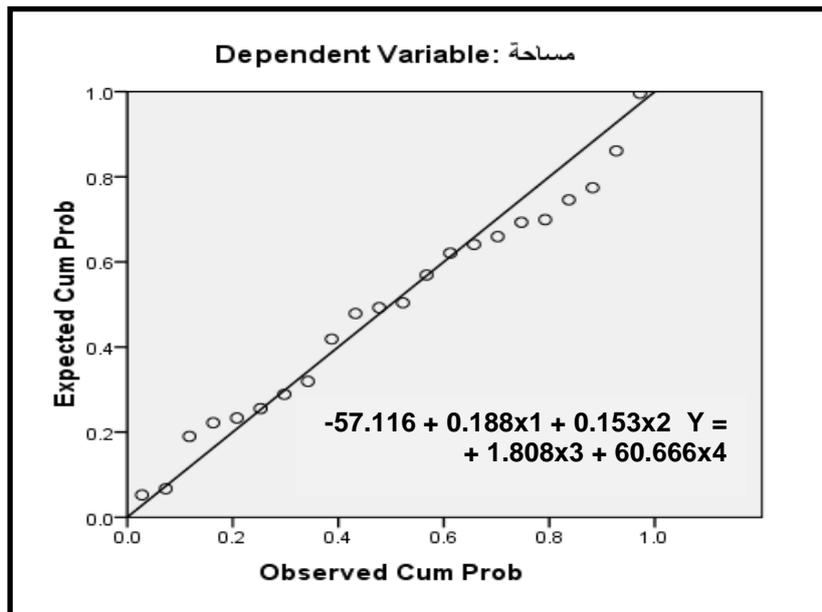
ج - نموذج الانحدار الخطي المتعدد باعتبار الخصائص الهيدرومورفومترية كمتغيرات مستقلة:

جدول (14) نتائج تحليل الانحدار الخطي المتعدد لتأثير المتغير المستقل
(الخصائص الهيدرومورفومترية) على المتغير التابع (مساحة الحوض)

الخطأ المعياري	قيمة التباين المفسر (B)	أبعاد النموذج	
17.967	57.116*	مساحة الحوض	المتغير التابع
0.36	0.118	زمن التركيز	المتغيرات المستقلة
0.34	0.153	زمن التباطؤ	
1.209	1.808	سرعة الجريان	
7.491	60.666	ذروة الجريان	
43.666		قيمة F المحسوبة	
0.000		مستوى دلالة F المحسوبة	
0.938		معامل الارتباط (R)	
0.879		معامل التحديد (R ²)	
22.052		الخطأ المعياري للتقدير	

* ثابت الانحدار، المصدر: من عمل الباحثة وفقاً للتحليل الإحصائي باستخدام برنامج SPSS, 24

شكل (24) علاقة خط الانحدار لتأثير الخصائص الهيدرومورفومترية على المساحة الحوضية بوادي وج



المصدر: من اعداد الباحثة باستخدام برنامج SPSS, 24

يتضح من تحليل الجدول (14) والشكل (24) أن علاقة خط الانحدار لتأثير الخصائص الهيدرولوجية على المساحة الحوضية تتمثل في المعادلة التالية:

$$Y = -57.116 + 0.188x_1 + 0.153x_2 + 1.808x_3 + 60.666x_4$$

حيث أن: Y = مساحة الحوض، و X_1 = زمن التركيز، و X_2 = زمن التباطؤ، و X_3 = سرعة الجريان، و X_4 = ذروة الجريان

يتبين من نموذج الانحدار وجود علاقة عكسية قوية بين الخصائص الهيدرولوجية ومساحة الحوض في وادي وج، حيث بلغت قيمة معامل الارتباط (R) (0.938)؛ كما بلغت قيمة القابلية التفسيرية لنموذج الانحدار المتمثلة في معامل التحديد (R^2) (0.879)؛ مما يشير إلى أن 87.9% من التغيرات الحاصلة في مساحة الحوض تفسرها متغيرات الخصائص الهيدرولوجية، وحيث أن قيمة (F) المحسوبة في نموذج الانحدار بلغت 43.666 وبمستوى دلالة إحصائية ($\text{sig} = 0.000$)، وهي أصغر من مستوى المعنوية (0.05)، فهذا يدل على وجود تأثير معنوي ذو دلالة إحصائية للخصائص الهيدرولوجية على مساحة الحوض في وادي وج، مما يشير إلى قبول الفرضية الفرعية الثالثة انه يوجد تأثير للخصائص الهيدرولوجية على مساحة حوض التصريف.

الخاتمة:

نتائج الدراسة:

- تم استخدام تقنيات الجيوماتكس في الانتاج الالى لأحواض وشبكات التصريف لحوض وادي وج الذي بلغت جملة مساحته 739.65 كم²، وتم تقسيمه الى 22 حوضا تصريفيا فرعيا.
- اوضح التحليل الجيومكاني للخصائص الجيومورفومترية لأحواض التصريف ان متوسط مساحة احواض التصريف الفرعية بلغت 33.62 كم²، بينما بلغ متوسط طول احواض التصريف 10.48 كم ومتوسط عرضها 2.25 كم، ومتوسط محيطها 32.8 كم، وتبين التركيز المكاني للأحواض الكبيرة الابعاد المساحية على الجانب الايسر من الوادي، في حين بلغ متوسط نسبة الاستدارة 0.42، حيث تميل معظم الاودية الى الاستطالة، كما بلغ متوسط معامل الشكل 0.41 مما يشير الى التناسق العام في شكل احواض التصريف.
- اوضح التحليل الجيومكاني للخصائص الجيومورفومترية لشبكات التصريف ان متوسط اعداد الروافد بلغ 795 رافد، كما بلغ متوسط اطوالها 190.9 كم ويشير تباينها المكاني الى تركيز القيم المرتفعة في اعداد الروافد واطوالها باحواض التصريف الكبيرة المساحة والمتركة في الجانب الايسر من وادي وج لنظرا للطبيعة التضاريسية، بينما بلغ متوسط كثافة التصريف



6.26 كم²/كم² ومتوسط تكرار الروافد 25.42 رافد/كم وتبين التركيز المكاني لأحواض التصريف المرتفعة في كثافة التصريف وتكرار الروافد بالقطاع الاعلى من وادي وج، في حين بلغ متوسط نسيج الشبكة 19.6، ومتوسط انحدار الشبكة بمتوسط حسابي 2.4 وكانت القيم المرتفعة من نصيب احواض التصريف في مناطق المنابع العليا بالأجزاء الجنوبية الغربية والغربية من وادي وج.

- اوضح التحليل الجيومكاني للخصائص الهيدرولوجية ان متوسط زمن التركيز 238.5 دقيقة، ومتوسط زمن التباطؤ 143.1 دقيقة، ويشير التباين المكاني الى تركيز القيم المرتفعة في زمني التركيز والتباطؤ في احواض التصريف الكبيرة المساحة بالجانب الايسر من وادي وج، في حين بلغ متوسط سرعة الجريان 12.6 ومتوسط ذروة الجريان 0.75، وتتركز القيم المرتفعة في أحواض التصريف بالقطاع الاوسط والأدنى من وادي وج.

- تم استخدام التحليل العاملي لاختزال العوامل المؤثرة في الخصائص الهيدرولوجية بوادي وج وتبين وجود اربعة عوامل اساسية يتضمن العامل الاول متغيرات مساحة الحوض وعرض الحوض واعداد الروافد واطوال الروافد ونسيج الشبكة وذروة الجريان، بينما تضمن العامل الثاني متغيرات طول الحوض ومحيط الحوض ونسبة الاستدارة ومعامل الشكل، في حين تضمن العامل الثالث متغيرات كثافة التصريف وتكرار الروافد وانحدار الشبكة، وتضمن العامل الرابع متغيرات زمن التركيز وزمن التباطؤ وسرعة الجريان.

- استخدمت الدراسة نموذج الانحدار الخطي المتعدد لقياس قوة تأثير المتغيرات الهيدرولوجية على مساحة حوض وادي وج وتبين وجود تأثير ذو دلالة احصائية للخصائص المورفومترية للحوض على مساحة حوض التصريف، ووجود تأثير ذو دلالة احصائية لخصائص شبكة التصريف على مساحة حوض التصريف، كما تبين وجود تأثير ذو دلالة احصائية للخصائص الهيدرولوجية على مساحة حوض التصريف.

التوصيات:

- توصى الدراسة باستخدام تقنيات الجيوماتكس في التحليل الجيومورفومتري لأحواض وشبكات التصريف لما اثبتته من فعالية في الاستخراج الالي للمتغيرات الهيدرولوجية والتحليل الجيومكاني لتوزيعها الجغرافي.

- استخدام اسلوب التحليل العاملي في الدراسات المورفومترية لتقليل العدد الكبير من المتغيرات الهيدرولوجية واختزالها في مجموعة صغيرة من العوامل المؤثرة في خصائص احواض وشبكات التصريف.



- استخدام نموذج الانحدار الخطي المتعدد في الدراسات المورفومترية لتوضيح درجة تأثير المتغيرات الهيدرومورفومترية على خصائص أحواض وشبكات التصريف.
- ضرورة التكامل بين تقنيات الجيوماتكس والاساليب الاحصائية في الوصول الى نتائج دقيقة تفسر العلاقات المتداخلة بين الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية بأحواض التصريف، لتحقيق فهم أعمق لدرجة ترابطها وتحديد العوامل الأكثر تأثيراً في الجريان المائي السطحي بالأودية الجافة وشبه الجافة.

قائمة المراجع:

المراجع العربية:

1. احمد، بشرى جعفر (2019). مصادر الثروة الاقتصادية في الطائف قبل الاسلام، مجلة كلية التربية، الجامعة المستنصرية، العدد4.
2. البركي، عصام عبد السلام عبد الله (2015)، الموارد المائية في منطقة تزهونة ليبيا دراسة هيدروجيومورفولوجية، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الاداب، جامعة المنصورة.
3. الخفاجي، سرحان نعيم، والطائي، عدنان عودة فليح (2015). التقويم الهيدرولوجي لمورفومترية لحوض وادي ام خشاف الرئيس في محافظة النجف، مجلة البحوث الجغرافية، كلية التربية للبنات، جامعة الكوفة، العدد22.
4. الرئيس، حسنين عبد الرزاق صالح (2018). هيدروجيومورفولوجية منخفض الشارع بين نهر دجلة وسلسلة تلال حميرين بالعراق باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة طنطا.
5. العكام، اسحق صالح مهدي (2014). العلاقة بين الجريان السطحي والمتغيرات الجيومورفولوجية لوديان شرق العراق، مجلة كلية الاداب، جامعة بغداد، العدد 108.
6. الغامدي، سعد ابو راس (2006). توظيف نظم المعلومات الجغرافية في استخراج بعض القياسات المورفومترية من نماذج الارتفاعات الرقمية، دراسة حالة وادي ذرى في المملكة العربية السعودية، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد17.
7. الكومي، عبد الرزاق بسيوني (2016). الأبعاد الهيدروجيومورفولوجية للتنمية في حوض وادي ببشة بالمملكة العربية السعودية دراسة في الجيومورفولوجية التطبيقية، مجلة كلية الآداب، جامعة طنطا، العدد29، المجلد3.
8. الكيالي، منى عبد الرحمن، وعبد الجواد، صبحى عبد الحميد (2020). النمذجة الهيدروجيومورفولوجية ثنائية الأبعاد للجريان السيلي حوض وادي الجمال البحر الأحمر مصر باستخدام تطبيقات الجيوماتكس، المجلة العربية للدراسات الجغرافية، المؤسسة العربية للتربية والعلوم والآداب، المجلد3، العدد4، القاهرة.
9. المشاط، هند عبد الرحمن أحمد، والشرقاوي، محمد محمود (2017). أخطار السيول بحوض وادي الديرع بمنطقة حائل دراسة تطبيقية باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، الملتقى الوطني الحادى عشر لنظم المعلومات الجغرافية بالمملكة العربية السعودية، جامعة الامام عبدالرحمن بن فيصل.
10. المعداوى، ايمن السيد (2020). جيومورفولوجية الجبال دراسة تطبيقية لجبل الراحة غربي شبه جزيرة سيناء، مكتبة جزيرة الورد، القاهرة.
11. الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية (2020). علم المساحة والمعلومات الجيومكانية، الرياض.
12. جابر، احمد عبدالستار (2020). دقة التمييز المكانية لنموذج الارتفاع الرقمي وانعكاساتها على القياسات المورفومترية حوض بندوية دراسة حالة، حوليات كلية الاداب، جامعة عين شمس، المجلد48.
13. حسن، هيام نعمان فليح محمد (2016). هيدروجيومورفولوجية الفيضات والخباري غرب بحيرة الرزاة واستثمارها اقتصادياً، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الاداب، جامعة بغداد.
14. حسون، ايمان شهاب (2016). هيدروجيومورفولوجيا حوض وادي ابو مريس في محافظة المثلى وأثره في التنمية الاقتصادية، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الاداب، جامعة بغداد.
15. خيرالله، حافظ عيسى (2014). تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة البيانات لدراسة التحليل



- المورفومتري لوادى جارف، مجلة جامعة بنغازى العلمية، المجلد 27، العدد 3-4.
16. داود جمعة محمد (2020). نحو معجم مصطلحات الجيوماتكس، القاهرة.
17. عبدالعزيز، متولي عبدالصمد (2001). حوض وادي وتير شرق سيناء دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه منشورة، كلية الآداب، جامعة القاهرة.
18. عبود، نهرين حسن (2016). هيدروجيومورفولوجية حوض وادي ساورا في محافظة السليمانية، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية التربية للبنات، جامعة بغداد.
19. على، احمد سلمان (2015). التكامل بين نظام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم الهندسية، المجلد 37.

المراجع الاجنبية:

1. Chakraborty, R., Ghosh, S., Chandra, S., Das, B., Malik, S., (2018). Morphometric Analysis for hydrological assessment using remote sensing and GIS technique: A case study of Dwarkeswar River basin of bankura district, west Bengal. Asian Journal of Research in Social Sciences and Humanities, Vol.8, No.4.
2. Gregory, K.J. & Walling, D.E. (1976). Drainage Basin Form and Process A Geomorphological Approach, Edward Arnold, London.
3. Horton, R.E., (1932). Drainage-basin characteristics Eos. Trans. Am. Geophys. Union, Vol.13.
4. Horton, R.E., (1945). Erosional development of stream and their drainage basins; hydrological approach to quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin, Vol.56, No.3.
5. Kanji, G.K. (2006). 100 Statistical Tests, 3rd Edition, SAGE Publications Ltd.
6. Madsen, B. (2011). Statistics for Non-Statisticians, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
7. Miller, V.C., (1953). A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area Virginia and Tennessee. Columbia Univ., New York.
8. Roback, P. & Legler, J. (2021). Beyond Multiple Linear Regression Applied Generalized Linear Models and Multilevel Models in R, Taylor & Francis Group, LLC.
9. Schumm, S.A., (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. Geol. Soc. Am. Bull., Vol.67.
10. Singh, P., Gupta, A., Singh, M., (2014). Hydrological inferences from watershed analysis for water resource management using remote sensing and GIS techniques. Egypt J. Remote Sens. Space Sci. Vol.17.
11. Strahler, A.N., (1964). Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks. Handbook of applied hydrology. McGraw-Hill, New York.



الملاحق

ملحق (1) الخصائص الجيومورفومترية لأحواض التصريف الفرعية في وادي وج

معامل الشكل	نسبة الاستدارة	المحيط (كم)	العرض (كم)	الطول (كم)	المساحة (كم ²)	رقم الحوض
0.38	0.39	50.2	5.5	14.2	77.2	1
0.49	0.42	35.7	4.5	9.3	42.4	2
0.31	0.42	25.2	2.5	8.3	21.5	3
0.50	0.7	5.9	1.0	1.9	2.0	4
0.30	0.40	8.5	0.8	2.7	2.25	5
0.65	0.51	41.8	7.0	10.5	69.9	6
0.32	0.52	7.7	0.8	2.8	2.5	7
0.22	0.40	12.5	1.0	4.7	4.5	8
0.33	0.40	18.5	2.0	5.5	11.2	9
0.23	0.38	9.6	0.8	3.5	2.7	10
0.29	0.54	10.0	1.1	3.7	4.3	11
0.39	0.53	13.1	1.8	4.4	7.3	12
0.33	0.48	11.4	1.2	3.9	5.1	13
0.27	0.41	33.7	3.3	11.7	37.7	14
0.14	0.30	120.2	6.5	43.8	265.7	15
0.16	0.30	26.8	1.8	11.1	20.1	16
0.21	0.42	15.9	1.4	6.5	8.9	17
0.14	0.38	32.3	2.2	14.5	31.5	18
0.15	0.40	13.3	1.0	5.8	5.5	19
0.25	0.50	13.2	1.2	5.2	6.7	20
0.15	0.33	18.5	1.2	7.7	9.2	21
2.92	0.05	197.7	1.1	48.9	101.5	22

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على المعادلات بالجدول (2) باستخدام برنامج ArcGIS, 10.5

ملحق (2) الخصائص الجيومورفومترية لشبكات التصريف الفرعية في وادي وج

رقم الحوض	اعداد الروافد	أطوال الروافد (كم)	كثافة التصريف (كم/كم ²)	تكرار الروافد (رافد/كم)	نسيج الشبكة	درجة انحدار الشبكة
1	1850	514.0	6.7	24.0	36.9	3.60
2	2200	432.1	10.2	51.9	61.6	3.27
3	870	193.0	9.0	40.5	34.5	4.48
4	75	16.6	8.3	37.5	12.7	8.11
5	100	20.2	9.0	44.4	11.8	4.38
6	2580	575.3	8.2	36.9	61.7	2.70
7	88	18.2	7.3	35.2	11.4	6.30
8	135	34.4	7.6	30.0	10.8	3.68
9	460	95.0	8.5	41.1	24.9	3.12
10	44	11.9	4.4	16.3	4.6	2.40
11	50	19.7	4.6	11.6	5.0	1.25
12	100	34.5	4.7	13.7	7.6	1.69
13	155	36.6	7.2	30.4	13.6	1.77
14	950	243.3	6.5	25.2	28.2	1.17
15	5575	1515.5	5.7	21.0	46.4	1.02
16	405	111.1	5.5	20.1	15.1	0.95
17	150	46.5	5.2	16.9	9.4	0.37
18	320	126.0	4.0	10.2	9.9	0.40
19	69	24.9	4.5	12.5	5.2	0.63
20	72	33.5	5.0	10.7	5.5	0.60
21	170	48.9	5.3	18.5	9.2	0.72
22	1077	49.2	0.5	10.6	5.4	0.45

المصدر: من عمل الباحثة اعتمادا على المعادلات بالجدول (2) باستخدام برنامج ArcGIS, 10.5



تكاملاً تقنيات الجيوماتكس والأساليب الإحصائية في نمذجة الخصائص الهيدرولوجية لمخوض وادي وِج ..
د. وفاء صالح الخريجي

ملحق (3) الخصائص الهيدرولوجية لمخوض التصريف الفرعية في وادي وِج

رقم المخوض	زمن التركيز	زمن التباطؤ	سرعة الجريان	ذروة الجريان
1	1322.9	793.8	3.0	0.4
2	592.9	355.7	4.4	0.5
3	170.6	102.4	13.5	0.9
4	42.7	25.6	12.4	0.3
5	55.2	33.1	13.6	0.3
6	375.3	225.2	7.8	1.3
7	93.2	55.9	8.3	0.2
8	90.7	54.4	14.4	0.3
9	132.0	79.2	11.6	0.6
10	74.2	44.5	13.1	0.3
11	116.6	69.9	8.8	0.3
12	108.8	65.3	11.2	0.5
13	90.3	54.2	12.0	0.4
14	257.5	154.5	12.6	1.0
15	667.5	400.5	18.2	2.8
16	172.8	103.7	17.8	0.8
17	108.5	65.1	16.6	0.6
18	198.4	119.1	20.3	1.1
19	100.4	60.2	16.0	0.4
20	87.2	52.3	16.6	0.5
21	113.7	68.2	18.8	0.6
22	630.0	378.0	21.6	1.1

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على المعادلات بالجدول (2) باستخدام برنامج ArcGIS, 10.5

