إقـــــرار

أنا الموقع أدناه مقدم الرسالة التي تحمل العنوان:

الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسى باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية)

أقر بأن ما اشتملت عليه هذه الرسالة إنما هو نتاج جهدي الخاص، باستثناء ما تمت الإشارة إليه حيثما ورد، وإن هذه الرسالة ككل أو أي جزء منها لم يقدم من قبل لنيل درجة أو لقب علمي أو بحثي لدى أي مؤسسة تعليمية أو بحثية أخرى.

DECLARATION

The work provided in this thesis, unless otherwise referenced, is the researcher's own work, and has not been submitted elsewhere for any other degree or qualification

Student's name: اسم الطالب: باسم عبد الرحمن خليل المغاري

Signature: التوقيع:

Date: التاريخ: 2016/1/18م

الجامعة الإسلامية – غـــزة
عمـادة الدراســـات العليـــا
كليـــــــــــــــة الآداب
قســـــــم الجغـــرافيـــــا

الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسى باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية)

Morphometric Characteristics Of Al-Hasa Wadi Using GIS A Study In Applied Geomorphology

اعداد الطالب

باسم عبد الرحمن خليل المغاري

اشراف الأستاذ الدكتور

أحمـــد خليـــل أحمـد القـــاضي

أستاذ الجغرافيا الطبيعية بالجامعة الإسلامية بغزة

قدمت هذه الدراسة استكمالا لمتطلبات الحصول على درجة الماجستير من قسم الجغرافيا بكلية الآداب في الجامعة الإسلامية بغزة – فلسطين

2015م - 1437هـ

بسم الله الرحمن الرحيم

الجامعة الإسلامية – غزة
The Islamic University - Gaza

مكتب نائب الرئيس للبحث العلمي والدراسات العليا هاتف داخلي 1150

الرقم Ref ...ج س.غ/35/.....

التاريخ Date 20.16/01/18م

نتيجة الحكم على أطروحة ماجستير

بناءً على موافقة شئون البحث العلمي والدراسات العليا بالجامعة الإسلامية بغزة على تشكيل لجنة الحكم على أطروحة الباحث/ **باسم عبدالرحمن خليل المغاري** لنيل درجة الماجستير في **كلية *الآداب*/ قسم الجغرافيا** وموضوعها:

الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية

وبعد المناقشة العلنية التي تمت اليوم الاثنين 08 ربيع الآخر 1437هـ، الموافق2016/01/18م الساعة العاشرة صباحاً بمبنى القدس، اجتمعت لجنة الحكم على الأطروحة والمكونة من:

أ.د. أحمد خليل القاضي	**مشرفاً و رئيساً**	.....
د. كامل سالم أبو ضاهر	**مناقشاً داخلياً**	.....
أ.د. يوسف صلاح أبو مايلة	**مناقشاً خارجياً**	.....

وبعد المداولة أوصت اللجنة بمنح الباحث درجة الماجستير في **كلية *الآداب*/قسم الجغرافيا.**

واللجنة إذ تمنحه هذه الدرجة فإنها توصيه بتقوى الله ولزوم طاعته وأن يسخر علمه في خدمة دينه ووطنه.

والله ولي التوفيق ،،،

نائب الرئيس لشئون البحث العلمي والدراسات العليا

أ.د. عبدالرؤوف علي المناعمة

P.O. Box 108, Rimal, Gaza, Palestine fax: +970 (8) 286 0800 فاكس Tel: +970 (8) 286 0700 ص.ب. 108 الرمال، غزة، فلسطين هاتف
public@iugaza.edu.ps www.iugaza.edu.ps

﴿أَنزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌ بِقَدَرِهَا فَاحْتَمَلَ السَّيْلُ زَبَدًا رَّابِيًا وَمِمَّا يُوقِدُونَ عَلَيْهِ فِي النَّارِ ابْتِغَاءَ حِلْيَةٍ أَوْ مَتَاعٍ زَبَدٌ مِّثْلُهُ كَذَٰلِكَ يَضْرِبُ اللَّهُ الْحَقَّ وَالْبَاطِلَ فَأَمَّا الزَّبَدُ فَيَذْهَبُ جُفَاءً وَأَمَّا مَا يَنفَعُ النَّاسَ فَيَمْكُثُ فِي الْأَرْضِ، كَذَٰلِكَ يَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَالَ﴾

(سورة الرعد: 17).

الإهداء

إلى والديَّ الكرام.

إلى زوجتي ورفيقة دربي.

إلى عروستي الفجر، ابنتي حلا ومرام.

إلى أخوتي وأخواتي وازواجهم وزوجاتهم وأبنائهم وبناتهم، حفظهم الله جميعاً وبارك الله فيهم.

إلى مدرسيَ الأفاضل جعلهم الله للإسلام زخراً.

إلى كل طالب علم يبتغي مرضاة الرب.

إلى كل المرابطين على ثرى فلسطين المجد.

إلى الشباب الظامئ للمجد التليد.

إليكم جميعاً أهدي هذا العمل المتواضع.

شكر وتقدير

الحمد لله كما ينبغي لجلال وجهه وعظيم سلطانه، الحمد لله الذي تتم بنعمته الصالحات، والصلاة والسلام على المبعوث رحمة للعالمين وعلى آله وأصحابه أجمعين، والتابعين لهم إلى يوم الدين، وبعد:

انطلاقاً من قوله تعالى: ﴿**أن أشكر لي ولوالديك إلىَ المصير**﴾ [لقمان: 14]، أشكر الله العلي القدير الذي أنعم علىَ بنعمة العقل والدين، القائل في محكم التنزيل: ﴿**وَفَوْقَ كُلِّ ذِي عِلْمٍ عَلِيمٌ**﴾ [يوسف 76] على ما أعانني به ووفقني لإتمام هذه الدراسة، ثم أتوجه بعظيم الامتنان والشكر لوالديَ الكريمين اللذين أولياني عظيم العناية منذ صغري حتى شبابي ولا زلت أحظى باهتمامهما، أسأل الله أن يحفظهما.

وأتقدم بالشكر لمن كان له الفضل في إخراج هذا البحث بثوبه القشيب إلى أستاذي الفاضل الدكتور/ أحمد خليل أحمد القاضي والمشرف على الرسالة، على ما أسدل من نصح مفيد، وأغدق من توجيه سديد، حيث أفاض علىَ من صائب معارفه، وجميل لطائفه ما أنعش عزيمتي، وضاعف همتي، وفوق هذا وذاك خلقه الودود، وتواضعه المعهود، إذ أشعرني بأخوة حانية مبرأة من التعالي، وهكذا الكرام، يزدادون تواضعاً كلما ارتقى بهم المقام.

وأتوجه بالشكر مرفوعاً إلى جامعتي الغراء الجامعة الإسلامية بغزة، وجميع العاملين فيها وأخص بالذكر الذين أناروا لي طريق العلم والمعرفة، وزرعوا الهمة في نفسي، أساتذتي في قسم الجغرافيا – حفظهم الله جميعاً – وذلك اعترافاً لهم بجميلهم وحسن صنيعهم.

والشكر موصول لعضوي لجنة المناقشة، الدكتور/ كامل سالم أبو ضاهر، والأستاذ الدكتور/ يوسف صلاح أبو مايلة حفظهما الله، لتفضلهما بقبول مناقشة هذه الرسالة، ووضع لمساتهم وبصماتهم البارزة عليها، لتخرج في أفضل حلة وأحسن حال.

ولا أنسى أن أشكر كل من دعا لي بدعوة خير في ظهر الغيب، وكل من قدموا لي يد العون والمشورة، ومنحوني فيض علمهم، وصدق عطائهم ولم يبخلوا بفكرهم ونصحهم وصواب آرائهم، فأناروا السبيل وذللوا الصعاب، من أجل اخراج هذه الرسالة إلى حيز الوجود.

إليهم جميعاً أرفع آيات الشكر والتقدير والعرفان

ملخص الدراسة

تناولت الدراسة الخصائص المورفومترية المساحية والشكلية والتضاريسية لحوض وادي الحسى وأحواضه الفرعية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، إضافة لتحليل خصائص شبكة التصريف المائي بالحوض، واعتمدت على تحليل نموذج ارتفاع رقمي لمنطقة الحوض من القمر الصناعي ASTER، لعام 2006، بدقة تصل إلى 30 متراً.

وهدفت الدراسة إلى اشتقاق الحوض والشبكة النهرية من طبقة DEM باستخدام برنامج GIS، ثم بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية للحوض وأحواضه الفرعية، وتحليلها للاستدلال على مدلولها الجيومورفولوجي، والخروج بمجموعة من الخرائط الخاصة بالحوض بناءً على قاعدة البيانات الرقمية التي تم استخراجها.

وأظهرت الدراسة أن الحوض يقع في جنوب الوسط الفلسطيني، وأن مساحته صغيرة تبلغ 728.7 كم^2، وأن طوله 54.4 كم، وأن محيطه طويل مقارنة بمساحته إذ يبلغ 212.7 كم، وأن خصائصه المورفومترية متباينة؛ كنتيجة لتباين المناخ والجيولوجيا والسطح والتربة في الحوض، وأنه في بداية دورته الجيومورفولوجية، إذ سجل قيمة استطالة 0.56، واستدارة 0.20، وشكل 0.25، واندماج 2.24، ويعني ذلك أنه مستطيل، وغير منتظم في شكله العام، واتضح من دراسة الخصائص التضاريسية أن قيمة التضرس للحوض مرتفعة بلغت 16.5 م/كم، وأنه يمر في مرحلة النضج المبكر حيث قيمة التكامل الهبسومتري 51.74%، وأظهرت دراسة خصائص الشبكة النهرية أن الحوض يتكون من 390 رافد، توجد في 6 رتب نهرية طبقاً لتصنيف Strahler 1957، وتنطبق عليه قوانين Horton 1945 في المساحة والأطوال، مع انخفاض الكثافة التصريفية 1.003 كم/كم^2 والتكرار النهري للحوض 0.54 مجرى/كم^2، وتبين من التحليل العاملي لأربع وعشرين متغيراً مورفومترياً أنها توزعت على خمسة عوامل فسرت حوالي 90.6% من التباين الكلي للمتغيرات، كما تبين من التحليل العنقودي أن الأحواض صنفت إلى 6 مجموعات، استحوذت المجموعة الأولى وحدها على 41.3% من الأحواض.

وأوصت الدراسة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية في الدراسات المورفومترية لأحواض التصريف، وبإجراء دراسات مورفومترية مقارنة للأحواض النهرية في فلسطين لفهم خصائصها بشكل أعمق، وأن توفر الحكومة الفلسطينية الإمكانات المناسبة من خرائط ولوحات أقمار صناعية حديثة ليتمكن المهتمين بالأودية من دراستها بشكل أفضل.

Abstract

This study investigated the areal, shape and relief morphometric characteristics of Al-Hasa Wadi basin and it is sub-basins using GIS in addition to analysing the basin drainage network. The study depends on the analyses of the Digital Elevation Model of the Basin area taken from ASTER Satellite with a resolution of 30 metre.

The study aimed at deriving out the basin and the river network from DEM layer using the GIS program and then building morphometric characteristic database for the basin and its sub-basins, then they analyzed to deduce their geomorphological implications and extract a particular set of maps for the basin according to the inferred Digital database.

The study reveals that the basin is small, located in the southern Palestinian center with an area of 728.7km^2 and 54.4km long. Its perimeter is long i.e. 212.2km^2 in comparison with its area. Its morphometric characteristics are varied as a result of the climate, geology, surface and soils differences and still in its early mature geomorphological cycle. The longevity was 0.56, circularity 0.2, shape 0.25 and compactness 2.24, which means that it tends to elongation more than circularity and irregular in its general form.

The study of the relief aspects shows that the Basin relief value is high reached 16.5m/km and the Basin is in the early mature stage as the hypsometric integration value is 51.74%.

The study of the river networks reveals that the basin consists of 390 tributaries founded in 6 orders and conform with Horton 1945 laws in the area and lengths, with a reduction of discharge density 1.003km/km^2 and river frequency 0.54 stream/km^2. The result of Principle Component Analysis of 24 morphmetrical variables shows that they are summarized into 5 components explained 90.6% from the whole variables variances. It turns out from Cluster Analysis that the basins classified into 6 groups, the first cluster alone contains 41% of the all Basins.

The study recommended the necessity of using GIS in geomorphological studies in general and in studying the river basins in particular. However, the study recommended a morphometric comparative studies of the river basins in Palestine to fully understand their aspects. The Palestine government should provide appropriate facilities of maps, modern Satellite images, so it enables the Wadi competents to study them much better.

فهرس المحتويات

الموضـــوع	الصفحة
الآية	أ
الإهداء	ب
شكر وتقدير	ج
ملخص الرسالة	د
Abstract	هـ
فهرس المحتويات	و
قائمة الجداول	ي
قائمة الأشكال	ل
قائمة الملاحق	ع
الفصل الأول **الإطار النظري وآليات العمل**	
المبحث الأول: الإطار النظري للدراسة	2
مقدمة	3
موضوع الدراسة وأهميته	4
منطقة الدراسة	4
أهداف الدراسة	5
تساؤلات الدراسة	6
فرضيات الدراسة	6
أسباب اختيار الموضوع	7
مجال الدراسة وحدودها	7
العقبات التي واجهت الدراسة	7
المصطلحات الواردة في الدراسة	8
الإجراءات المنهجية للدراسة	8
الدراسات السابقة	10

الموضـــوع	الصفحة
ملخص الدراسات السابقة	17
التعليق على الدراسات السابقة	18
المبحث الثاني: مراحل العمل وآليات معالجة البيانات	19
المرحلة الأولى: جمع البيانات وإدخالها إلى بيئة GIS	20
المرحلة الثانية: اشتقاق البيانات من طبقة DEM	21
المرحلة الثالثة: تطبيق المعادلات المورفومترية واستخراج الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسى	28
المرحلة الرابعة: إخراج الخرائط الرقمية	28
المرحلة الخامسة: إجراء الاختبارات والتحليلات الإحصائية للمتغيرات المورفومترية	28
الفصل الثاني **الخصائص الطبيعية لحوض وادي الحسى**	
مقدمة	31
أولاً: السطح Landscape	31
1- ارتفاعات الحوض	31
2- انحدارات سطح الحوض	33
ثانياً: الجيولوجيا Geology	36
1- التكوين الجيولوجي	36
2- البنية الجيولوجية للحوض	39
ثالثاً: المناخ Climate	40
1- الأمطار	41
2- الحرارة	42
2- الرطوبة النسبية	45
4- التبخر	46
رابعاً: التربة Soil	48
الخلاصة	52

الفصل الثالث **الخصائص المساحية والشكلية لحوض وادي الحسى**	
مقدمة	54
أولاً: الخصائص المساحية لحوض وادي الحسى	54
1- مساحة حوض الوادي	54
2- أبعاد حوض التصريف	60
ثانياً: الخصائص الشكلية لحوض وادي الحسى	70
1- معامل الاستطالة	70
2- معامل الاستدارة	75
3- معامل الشكل	79
4- معامل الاندماج	82
الخلاصة	89
الفصل الرابع **الخصائص التضاريسية لحوض وادي الحسى**	
مقدمة	91
أولاً: معامل التضرس	91
ثانياً: التضاريس النسبية	98
ثالثاً: قيمة الوعورة	105
رابعاً: النسيج الطبوغرافي	111
خامساً: درجة انحدار الرافد	113
سادساً: التحليل الهبسومتري	118
الخلاصة	125
الفصل الخامس **الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف النهري**	
مقدمة	127
أولاً: أعداد الروافد النهرية ورتبها	127
ثانياً: أطوال الروافد النهرية	129

الموضـــوع	الصفحة
ثالثاً: كثافة التصريف	136
رابعاً: نسبة التشعب	138
خامساً: التكرار النهري	139
سادساً: ثابت بقاء المجرى	142
سابعاً: التعرج النهري	144
الخلاصة	154
الفصل السادس **التحليل الإحصائي المتقدم للمتغيرات المورفومترية**	
مقدمة	156
أولاً: التحليل العاملي	156
ثانياً: التحليل العنقودي	161
ثالثاً: النتائج	166
رابعاً: التوصيات	169
خامساً: المراجع	170
سادساً: ملاحق الدراسة	181

قائمة الجداول

الرقم	الجدول	الصفحة
1.1	المعاملات المورفومترية المستخدمة في الدراسة	29
2.1	فئات الارتفاع ومساحتها والنسبة المئوية بمنطقة الحوض	32
2.2	تصنيف فئات الانحدار في منطقة الحوض	35
2.3	النسبة التي تغطيها تكوينات العصور الجيولوجية من مساحة الحوض	37
2.4	المتوسط العام لدرجات الحرارة المطلقة في محطتي الخليل وغزة	44
2.5	مساحة أنواع التربة بمنطقة الحوض	48
3.1	عدد ومساحات أحواض الرتب بمنطقة الحوض (كم^2)	55
3.2	أبعاد حوض وادي الحسى(كم)، ونسبة الطول للعرض	60
3.3	أطوال أحواض الرتب بمنطقة الحوض (كم)	62
3.4	متوسط عرض الأحواض الفرعية ونسبة الطول للعرض	67
3.5	متوسط محيط الأحواض الفرعية حسب الرتبة (كم)	68
3.6	العلاقات الارتباطية بين أبعاد حوض وادي الحسى	69
3.7	الخصائص الشكلية لحوض وادي الحسى	70
3.8	العلاقات الارتباطية للخصائص الشكلية والمتغيرات المورفومترية	87
4.1	الخصائص التضاريسية لحوض وادي الحسى	91
4.2	متوسط قيمة النسيج الطبوغرافي حسب الرتب الفرعية	112
4.3	المساحة النسبية والارتفاع النسبي لحوض وادي الحسى	120
4.4	العلاقات الارتباطية بين الخصائص التضاريسية والمتغيرات المورفومترية	124
5.1	خصائص شبكة التصريف النهري في الحوض	127
5.2	عدد الروافد النهرية في كل رتبة	128
5.3	أطوال روافد حوض وادي الحسى	130

الرقم	الجدول	الصفحة
5.4	متوسط كثافة التصريف بمنطقة الحوض حسب الرتبة	137
5.5	قيم التشعب العام والموزون للرتب في حوض وادي الحسى	138
5.6	متوسط تكرارية الروافد في منطقة الحوض حسب الرتبة	141
5.7	متوسطات ثابت بقاء المجرى في منطقة الحوض حسب الرتبة	144
5.8	قيمة التعرج النهري حسب تصنيف Schumm	145
5.9	العلاقة الارتباطية بين متغيرات شبكة التصريف بمنطقة الحوض.	150
5.10	العلاقات الارتباطية بين متغيرات شبكة التصريف ومتغيرات أحواض التصريف	152
6.1	التحليل العاملي للخصائص المورفومترية	157
6.2	عوامل المصفوفة المدورة (Rotated Component Matrix)	159
6.3	الإحصاءات الوصفية للمجموعات بعد إجراء التحليل العنقودي	165

قائمة الأشكال

الرقم	الشكل	الصفحة
1.1	الموقع الفلكي والجغرافي لحوض وادي الحسى	5
1.2	آلية إيضاح البيانات الموجودة بداخل طبقة (DEM)	20
1.3	نموذج الارتفاع الرقمي لحوض وادي الحسى	21
1.4	معالجة القيم الشاذة في طبقة (DEM)	22
1.5	اتجاهات الجريان في حوض وادي الحسى (Fdr)	22
1.6	تحديد مناطق تجميع المياه في الحوض (Fac)	23
1.7	تحديد قنوات جريان الروافد النهرية (Str)	23
1.8	فصل كل رافد على حدة (Strlnk)	24
1.9	رتب الروافد النهرية حسب نظام Strahler (1957)	24
1.10	الأحواض الفرعية في حوض وادي الحسى	25
1.11	استخراج نقاط أدنى منسوب لكل رافد في الحوض	26
1.12	جدول خصائص Watershed	27
1.13	طول الأحواض الفرعية ونقطة المركز وأبعد نقطتين عن مركز الحوض	27
2.1	تصنيف ارتفاعات السطح بمنطقة الحوض.	33
2.2	انحدارات سطح حوض وادي الحسى.	34
2.3	نسبة انحدار السطح لكل فئة في منطقة الحوض	35
2.4	المجموعات الصخرية في حوض وادي الحسى	36
2.5	جيومورفولوجية حوض وادي الحسى	39
2.6	متوسط الأمطار ملم/السنة في الحوض (1981-2010)	41
2.7	متوسط الأمطار الشهرية في محطتي دورا وبيت حانون (1974-2014)	42
2.8	متوسط درجة الحرارة السنوي في محطتي غزة والخليل (1975-2008)	43
2.9	متوسط درجات الحرارة الشهرية في محطتي غزة والخليل	43

الرقم	الشكل	الصفحة
2.10	المتوسط الشهري للرطوبة النسبية في محطتي غزة والخليل	46
2.11	المتوسط الشهري للتبخر والأمطار في محطتي غزة والخليل	47
2.12	أنواع التربة في منطقة الدراسة	49
3.1	أحواض الرتبة الأولى حسب المساحة (كم^2)	56
3.2	أحواض الرتبة الثانية حسب المساحة (كم^2)	57
3.3	أحواض الرتبة الثالثة حسب المساحة (كم^2)	58
3.4	أحواض الرتبة الرابعة حسب المساحة (كم^2)	59
3.5	أحواض الرتبة الخامسة حسب المساحة (كم^2)	60
3.6	العلاقة بين مساحة الأحواض والرتبة	61
3.7	أحواض الرتبة الأولى حسب الطول (كم)	62
3.8	أحواض الرتبة الثانية حسب الطول (كم)	64
3.9	أحواض الرتبة الثالثة حسب الطول (كم)	64
3.10	العلاقة بين لوغاريتم أطوال الأحواض والرتبة	66
3.11	العلاقة بين أبعاد الحوض على مستوى الرتبة.	69
3.12	أحواض الرتبة الأولى حسب معامل الاستطالة	72
3.13	أحواض الرتبة الثانية حسب معامل الاستطالة	73
3.14	أحواض الرتبة الثالثة حسب معامل الاستطالة	74
3.15	أحواض الرتبة الأولى حسب معامل الاستدارة	76
3.16	أحواض الرتبة الثانية حسب معامل الاستدارة	77
3.17	أحواض الرتبة الثالثة حسب معامل الاستدارة	78
3.18	أحواض الرتبة الأولى حسب معامل الشكل.	80
3.19	أحواض الرتبة الثانية حسب معامل الشكل.	81
3.20	أحواض الرتبة الثالثة حسب معامل الشكل.	82

الرقم	الشكل	الصفحة
3.21	أحواض الرتبة الأولى حسب معامل الاندماج.	84
3.22	أحواض الرتبة الثانية حسب معامل الاندماج.	85
3:23	أحواض الرتبة الثالثة حسب معامل الاندماج.	86
4.1	أحواض الرتبة الأولى حسب قيمة معامل التضرس	93
4.2	أحواض الرتبة الثانية حسب قيمة معامل التضرس	95
4.3	أحواض الرتبة الثالثة حسب قيمة معامل التضرس	96
4.4	العلاقة بين لوغاريتم قيم تضرس الأحواض والرتبة.	98
4.5	أحواض الرتبة الأولى حسب قيمة التضاريس النسبية	100
4.6	أحواض الرتبة الثانية حسب قيمة التضاريس النسبية	101
4.7	أحواض الرتبة الثالثة حسب قيمة التضاريس النسبية	103
4.8	العلاقة بين متوسط قيم التضاريس النسبية للأحواض والرتبة	104
4.9	أحواض الرتبة الأولى حسب قيمة الوعورة.	106
4.10	أحواض الرتبة الثانية حسب قيمة الوعورة.	107
4.11	أحواض الرتبة الثالثة حسب قيمة الوعورة.	108
4.12	العلاقة بين متوسط الوعورة للاحواض والرتبة	110
4.13	أدنى وأعلى ومتوسط قيم النسيج الطبوغرافي بحسب الرتبة	112
4.14	أحواض الرتبة الأولى حسب درجة انحدار الرافد	114
4.15	أحواض الرتبة الثانية حسب درجة انحدار الرافد	115
4.16	أحواض الرتبة الثالثة حسب درجة انحدار الرافد	116
4.17	العلاقة بين متوسط قيم انحدار الرافد والرتبة	118
4.18	الخريطة الكنتورية لحوض وادي الحسى	120
4.19	منحنى التكامل الهبسومتري للحوض	121
5.1	العلاقة بين متوسط عدد الروافد والرتبة	129
5.2	أحواض الرتبة الأولى حسب طول الرافد	131

الرقم	الشكل	الصفحة
5.3	أحواض الرتبة الثانية حسب طول الرافد	132
5.4	أحواض الرتبة الثالثة حسب طول الرافد	133
5.5	العلاقة بين متوسط أطوال الروافد والرتبة	135
5.6	العلاقة بين أطوال الروافد وعدد الروافد	135
5.7	العلاقة بين أطوال الروافد ومساحة الحوض	136
5.8	العلاقة بين متوسط التكرار النهري والرتبة	141
5.9	أحواض الرتبة الأولى حسب التعرج النهري.	146
5.10	أحواض الرتبة الثانية حسب التعرج النهري.	147
5.11	أحواض الرتبة الثالثة حسب التعرج النهري.	148
6.1	الجذور الكامنة للمجموعات	158
6.2	المجموعات العنقودية للأحواض	163

قائمة الملاحق

الرقم	الملحق	الصفحة
1	خريطة جيولوجية لفلسطين	181
2	خريطة جيومورفولوجية لفلسطين لعام 1978	182
3	خريطة طبوغرافية لمنطقة عراق المنشية بمقياس رسم 1:50000	183
4	خريطة طبوغرافية لمنطقة شرق غزة بمقياس رسم 1:50000	183
5	خريطة طبوغرافية لوحة العراقيب بمقياس رسم 1:50000	184
6	خريطة طبوغرافية لوحة عسقلان بمقياس رسم 1:50000	184
7	خريطة طبوغرافية لوحة السموع بمقياس رسم 1:50000	185
8	خريطة التربة في شمال فلسطين	186
9	مناطق التصدع العرضية الرئيسة في فلسطين	187
10	خريطة توزيع الأمطار في فلسطين (1981-2010)	188
11	متوسط الأمطار الشهرية (ملم) في محطتي دورا وبيت حانون (1974-2014)	189
12	متوسط درجة الحرارة السنوي (م°) في محطتي غزة والخليل (1975-2008)	190
13	المتوسط العام لدرجات الحرارة الشهرية (م°)	191
14	المتوسط العام للرطوبة النسبية (%)	192
15	الرطوبة النسبية في محطتي غزة والخليل (1969-2009)	193
16	التبخر (ملم) في محطتي غزة والخليل (1973-2008)	194
17	المتوسط العام للتبخر والأمطار (ملم) في محطتي الخليل وغزة	195

الفصل الأول

الإطار النظري وأليات العمل

المبحث الأول

الإطار النظري للدراسة

مقدمة:

تعد الجيومورفولوجيا من أهم فروع الجغرافيا الطبيعية التي تهتم بوصف وتحليل أشكال سطح الأرض المختلفة، والتي مرت بعدة مراحل تطورية حتى وصـــلت إلى ما هي عليه الآن من اهتمام بمجالات التطبيق والقياس الكمي بدلاً من الوصـــف النظري، ومن بين التطبيقات الجيومورفولوجية نجد أن الدراســـات المورفومترية هي نقطة الارتكاز لكثير من المهتمين بعلوم موارد المياه وأشـــكال التضـــاريس والعلاقات المتبادلة بين المناخ والجيولوجيا والنبات والتربة في إطار بيئي له خصـــائص متميزة. ويبرز علم المورفومتري، وهو علم قياس الأشـكال الأرضـية كأحد أهم العلوم التي تمكن من جمع خصـــائص علمية ذات دلالات جيومورفولوجية وهيدرولوجية ومناخية وكذلك جيولوجية من العمليات السائدة في أحواض التصريف (الحربي، 2007: 16).

والمورفومتري ليس بوليد اليوم بل يعود إلى الأربعينات من القرن الماضـــي، بفضـــل دراســـات هورتون ومن تبعه بعد ذلك، ومنذ بداية الدراســـات المورفومترية لأحواض التصـــريف، تعددت طرق ووسائل البحث فيها لمواكبة الوسائل العلمية المتاحة، وكان المنهج السائد حتى وقت قريب استخراج القياســـات المورفومترية بالاعتماد على مقاييس الخرائط الطبوغرافية المتوفرة في كل بلد، ثم اتجهت للاستعانة بالصور الجوية، ومنذ أواخر القرن العشرين بدأ دخول الأساليب التقنية المتطورة ممثلة في نظم المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية في الدراســـات الجيومورفولوجية والمورفومترية (الغاشي وآخرون، 2014: 28).

تتعامل الدراسات المورفومترية لأحواض التصـريف بالمراتب النهرية، وما يرتبط بها من قياس على سطح الأرض، ثم استخدام بعض الوسائل الرياضية لبيان قيم الخصائص المورفومترية لحوض النهر (مشـــتهى وآخرون، 2013: 48)، وبذلك فإن القياســـات المورفومترية هي قاعدة البيانات الكمية الضـــرورية لأي دراســـة تهدف إلى تصـــميم النماذج الجيومورفولوجية الديناميكية أو النماذج الهيدرولوجية الخاصـة بأحواض التصـريف، لأنها توفر القياسـات الضـرورية للأشـكال الأرضـية التي تجعل تصـميم النماذج الرياضـية والمخبرية المناسـبة لها أمرا ممكنا من الناحية التطبيقية، كما يقدم التحليل المورفومتري كثيراً من المعطيات الكمية المتعلقة بعناصـر الشـبكة المائية المختلفة من حيث نوع وشكل وعدد المتغيرات المورفومترية المركبة لها (بوروبة، 2002: 2).

كما يهدف اســـتخدام أســـاليب التحليل المورفومتري، إلى زيادة المعلومات عن النظام الفعلي لشـبكة التصـريف المائي وتسـهيل عملية التصـنيف النوعي لها، إلى جانب المسـاعدة في معرفة

العلاقة بين أحواض التصريف وقنواتها المائية (شبكة المجاري) ومعرفة إمكانية المقارنة بين أحواض التصـــريف المختلفة، ثم محاولة التوصـــل إلى تعميمات مفيدة وقوانين تحكم العلاقة بين الأحواض والمجاري المائية بطرق موضوعية وأساليب رياضية (محسوب، 1997: 255).

بالرغم من أهمية الدراسات المورفومترية للأحواض المائية إلا أنه يلاحظ ندرتها في المنطقة العربية، وتعزى هذه الندرة لكونها تستوجب دقة متناهية في القياسات الميدانية المورفومترية خاصة وإن كانت بطريقة تقليدية يعاني منها الباحثون جهداً ومشقة مضنية ولا تخلو مع ذلك من أخطاء آلية وبشرية، إن الأساليب الميدانية التقليدية للقياسات المورفومترية لم تعد مجدية أو مواكبة أمام قفزات علمية هائلة قطعتها بقاع العالم المتقدم في مجال نظم المعلومات الجغرافية ومدخلاتها من بيانات كنماذج الارتفاعات الرقمية (آل سعود، 2002: 3-4).

موضوع الدراسة وأهميته:

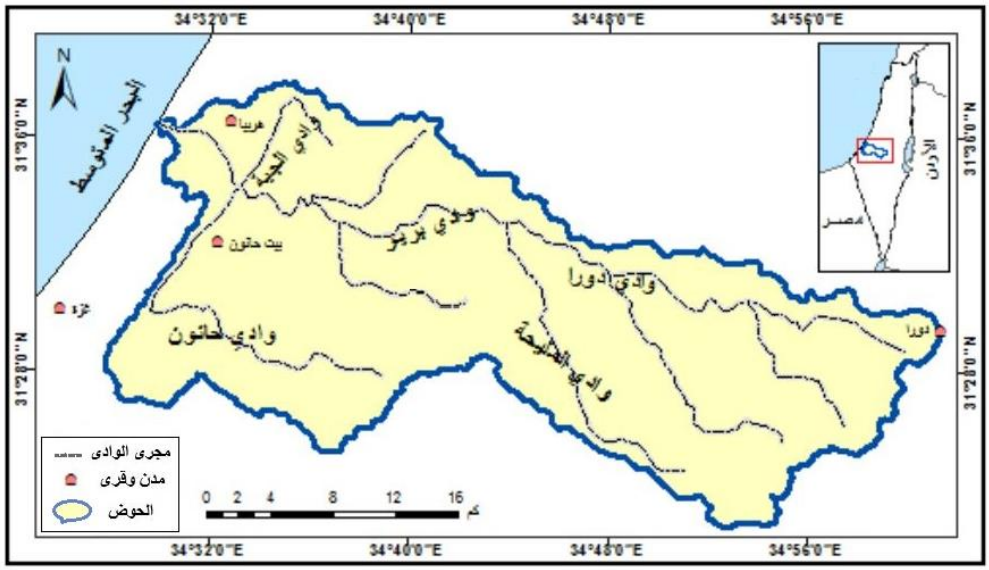
تتناول الدراســة الخصــائص المورفومترية ومدلولاتها الجيومورفولوجية لحوض وادي الحســى، والذي يعتبر أحد الأودية الغربية الجافة فصــلياً في فلســطين باســتخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية GIS ممثلة في برنامـــــج ArcMap10.1 ومصـــادر بياناتها الرقمية ممثلة في نموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتم من خلال برمجيات نظم المعلومات الجغرافية بناء قاعدة بيانات مورفومترية رقمية لمنطقة الحوض، ورســـم شـــبكة التصـــريف المائي للحوض كظاهرة طبيعية مورفومترية، وتحديد اتجاه الجريان، واستخلاص العديد من الخصائص المورفومترية للحوض، وإنتاج خرائط رقمية مورفومترية دقيقة للشـبكة النهرية بطريقة آلية، ومن هنا تأتي أهمية موضـوع الدراسـة حيث بناء قاعدة بيانات مورفومترية لمنطقة الحوض تســـتفيد منها الجهات الحكومية المختلفة في إقامة المشـــاريع المائية كالخزانات والســـدود، وكذلك باحثين آخرين في دراســـات هيدرولوجية وجيومورفولوجية أخرى تستهدف الحوض المائي.

منطقة الدراسة:

تقع في جنوب الوسـط الفلسـطيني، وتمتد بين دائرتي عرض "40 '39 °31 و"23 '22 °31 شـمالاً، وخطي طول "55 '25 °34 و "30 '1 °35 شـرقاً، وتبلغ مسـاحة الحوض 728.7كم^2، ويتراوح تصريفه السنوي من 20-30 مليون م^3 (مشتهى واللوح، 2008: 212)، ويسمى بحسب التسمية الإسرائيلية بوادي شيقما Shiqma (الدباغ، 1991: 20).

يقع المجرى الأعلى للوادي في السفوح الجنوبية الغربية لجبال الخليل وشمال بئر السبع، ويتألف الوادي في أجزائه الشرقية من واديين هما وادي دورا، ووادي المليحة (شكل1.1)، ويلتقي الواديان قرب خربة التتار ليتابع الوادي سيره غرباً، وقبل 7–8 كم من مصبه يتلقى مياه سيول وادي الجية من الشمال ومياه سيول وادي حانون من الجنوب (شراب، 1987: 293)، لينتهي في البحر المتوسط.

إن نظام الجريان في الشبكة النهرية لمنطقة الدراسة سيلي مطري، وتظهر بعض الينابيع والعيون الصغيرة على امتداد الوادي (الدباغ، 1991: 20)، أما من الناحية البشرية فعلى الرغم من غنى المنطقة بالخرب المهجورة لا يوجد فيها اليوم تجمع سكاني يستحق الذكر، إلا بعض المستعمرات الإسرائيلية الحديثة.



شكل (1.1) الموقع الفلكي والجغرافي لحوض وادي الحسى.

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى تحقيق ما يلي:

1- تحديد واقتطاع شبكة التصريف النهري لحوض وادي الحسى ككل وللأحواض الفرعية.
2- استخراج الخصائص النقطية والخطية والمساحية لحوض وادي الحسى ككل وأحواضه الفرعية.
3- اشتقاق وبناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسى من خلال نظم المعلومات الجغرافية.

4- تحليل المدلول الجيومورفولوجي للخصـــائص المورفومترية المشـــتقة بواســـطة نظم المعلومات الجغرافية.

5- انشـــاء خرائط رقمية مورفومترية دقيقة لحوض وادي الحســـى بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية.

تساؤلات الدراسة:

تحاول الدراسة الإجابة على السؤال الرئيس التالي:

هل يمكن استخراج الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسى وبناء قاعدة بيانات جغرافية للحوض باستخدام نظم المعلومات الجغرافية؟

ويتفرع من السؤال الرئيس الأسئلة الفرعية التالية:

1- ما هي الخصائص المورفومترية التي يتميز بها حوض وادي الحسى كنموذج لأحواض فلسطين الجافة فصلياً التي تصب في البحر المتوسط؟

2- هل يمكن إجراء الحسابات المورفومترية لحوض وادي الحسى بواسطة برمجيات نظم المعلومات الجغرافية؟

3- هل يمكن إنشـــاء خرائط رقمية مورفومترية دقيقة لحوض وادي الحســـى بواســـطة برمجيات نظم المعلومات الجغرافية؟

فرضيات الدراسة:

من أجل تحقيق أهداف الدراسة تم وضع عدد من الفرضيات:

1- قـــدرة نظم المعلومات الجغرافية على إيجاد قياسات مورفومترية دقيقة لمنطقة الدراسة، مع توفير الوقت والجهد الذي يتطلبه العمل الميداني.

2- اســـتخدام نظم المعلومات الجغرافية ســـيؤدي إلى بناء قاعدة بيانات مورفومترية دقيقة، تتمثل في القياسات والخرائط والجداول والأشكال لمنطقة تفتقر فلسطينياً لها.

3- لا تختلف مجموعة العلاقات الارتباطية بين المتغيرات المورفومترية الخاصـــة بمنطقة الحوض كثيراً عن مثيلاتها من أحواض المناطق شبه الجافة.

4- العوامل الطبيعية وبخاصـــة الجيولوجيا والمناخ لها التأثير الأكبر في تباين الخصـــائص المورفومترية بمنطقة الدراسة.

5- إمكانية الوصول إلى الاتجاهات التي تأخذهـا الروافد النهريـة في عملها الجيومورفولوجي على سطح الأرض باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.

أسباب اختيار الموضوع:

تكمن أسباب اختيار موضوع الدراسة فيما يلي:

1- أهمية الموضـوع فهو موضـوع خصـب للدراسـة، وعدم التطرق حسـب معرفة الطالب لهذا الوادي بدراسة مورفومترية من قبل.

2- توافر عدد من الدراسـات الجيولوجية والهيدرولوجية الخاصـة بالحوض، إلى جانب امكانيات البحث كالخرائط الطبوغرافية مقياس رسـم 1:50,000 والخرائط الجيولوجية مقياس رسـم 1:500,000 مما شكل المادة الأولية للبحث.

3- ميل الطالب إلى دراسـة الخصـائص المورفومترية لأحد الأحواض النهرية في فلسـطين باسـتخدام نظم المعلومات الجغرافية.

مجال الدراسة وحدودها:

تقع الدراسـة في ثلاثة جوانب، الأول مكاني، وهو حوض وادي الحسـى وروافده في فلسـطين، أحد الأودية الجافة فصـلياً المتجهة نحو البحر المتوسـط، والثاني موضـوعي، ويرتبط بالخصـائص المورفومترية لحوض الوادي باسـتخدام GIS، ويقع هذا الموضـوع ضـمن علم الجيومورفولوجيا أحد العلوم الرئيسة في الجغرافيا الطبيعية التطبيقية، أما الجانب الثالث زمني، ويرتبط بالعام 2006 الذي أنتجت فيه لوحات الأقمار الصناعية التي تم العمل عليها.

العقبات التي واجهت الدراسة:

تمثلت العقبات التي واجهت الدراسـة في عدم القدرة على الحصـول على تصـريح لدخول الأراضـي المحتلـة عـام 1948م للوصـول لمنطقـة الحوض لـدراسـة العمليـات والظـاهرات الجيومورفولوجية الموجودة في الحوض بشـكل أوسـع، ونقص المعلومات الميتورولوجية الخاصـة بالحرارة والرطوبة النسـبية والتبخر نظراً لعدم وجود محطات ميتورولوجية بداخل الحوض، ولتوفير تلك البيانات تم الاعتماد على بيانات ميتورولوجية من محطتي غزة والخليل لقربهما من منطقة الدراسة.

المصطلحات الواردة في الدراسة:

1- المورفومتري: أحد فروع علم الجيومورفولوجيا، وهو قياس وتحليل رقمي لظاهرات سطح الأرض (Kaur, et al., 2014: 371).

2- الحوض: يُعرف في بعض المراجع باسم الجابية أو الحوض الساكب أو حوض النهر، وبغض النظر عن المصطلح المستخدم، فإن المقصود بحوض النهر المناطق التي يتلقى منها النهر وروافده التغذية المائية (الأنصاري، 2005: 195).

3- الشبكة النهرية: عبارة عن نظام مشعب من الأودية والمنخفضات الطبيعية، والذي يمثل جريان الماء على سطح الأرض، سواء كان ذلك الجريان ماء مطر أو ماءاً جوفياً باتجاه رئيس (أبو سمور والخطيب، 1999: 22-23).

4- نظم المعلومات الجغرافية (GIS): Geographic Information Systems نظام يتم من خلاله ربط المعلومات المكانية مع المعلومات الوصفية من خلال برامج معينة باستخدام الحاسوب، قادرة على إدخال وتخزين ومعالجة وتحليل وإخراج البيانات الجغرافية بصور مختلفة حسب احتياجات المستخدم لهذه التقنيات (أبو عمرة، 2010: 36).

5- نموذج الارتفاعات الرقمية DEM: Digital Elevation Models تمثيل ومحاكاة رقمية لسطح الأرض (مشتهى وآخرون، 2013: 53)، يتألف من سلسلة من النقاط الموجودة على سطح الأرض والمعروفة الارتفاع، حيث ترتبط عمودياً مع مستوى البحر، وأفقياً بشبكة الاحداثيات، ويتم تشكيل هذه النقاط من خلال عمليات المسح الحقلي التقليدي باستخدام أجهزة تحديد المواقع GPS، أو من خلال مسح الخرائط الكنتورية، أو باستخدام تقنيات التصوير الجوي، وتمثل هذه النقاط مجتمعة الشكل الهندسي لسطح الأرض (الحربي، 2007: 33).

الإجراءات المنهجية للدراسة:

1-منهج الدراسة: استندت الدراسة بشكل أساسي على المنهج الوصفي التحليلي، ومن خلال هذا المنهج أمكن تحليل البيانات التي تشمل نموذج الارتفاعات الرقمية DEM، والخرائط الخاصة بمنطقة الدراسة لتحديد واشتقاق الخصائص الطبيعية والمورفومترية للحوض وأحواضه الفرعية، وتحليلها بصورة آلية باستخدام GIS، بهدف دراسة العلاقات بين المتغيرات المورفومترية بعضها البعض والعلاقة بينها وبين الخصائص الطبيعية التي تميز الحوض للتوصل إلى الارتباطات المكانية بين المتغيرات وإلى المدلولات الجيومورفولوجية التي تميزها.

2- أساليب الدراسة:

تمثلت الأساليب المتبعة في الدراسة فيما يلي:

أ- الأسلوب الكمي: من خلاله يتم جدولة البيانات وتحليل العلاقات، وبيان الارتباط بين المتغيرات المورفومترية سواء المشتقة باستخدام GIS، أو التي تم الحصول عليها من مصادر أكاديمية خاصة أو من مؤسسات حكومية، وسيتم إنشاء الجداول واستخراج النتائج وتمثيلها بيانياً وتحليلها وإنشاء قواعد البيانات باستخدام برنامجي Excel و Spss.

ب- الأسلوب الكارتوجرافي: من خلال تقنيات نظم المعلومات الجغرافية GIS من أساليب تخزين ومعالجة البيانات الجغرافية تم إنشاء خرائط معلومات رقمية توضح الحوض وروافده، وبعض الخصائص المورفومترية للحوض، ثم تحليل البيانات المورفومترية الوصفية بعد دمجها بالبيانات المكانية (الخرائط الرقمية) باستخدام GIS.

3- مصادر البيانات:

اعتمدت الدراسة على البيانات المشتقة من:

أ- نموذج الارتفاعات الرقمية DEM لمنطقة الدراسة من القمر الصناعي ASTER، لعام 2006، بدقة وضوح مكانية تبلغ 30م.

ب-الخرائط Maps:

- خريطة جيولوجية لفلسطين لعام 1998 بمقياس رسم 1:500,000 من هيئة المسح الجيولوجية الإسرائيلية (ملحق1).
- خريطة جيومورفولوجية لفلسطين لعام 1978، بمقياس رسم 1:500,000 صادرة عن هيئة المسح الجيولوجية الإسرائيلية (ملحق2).
- خرائط طبوغرافية لمنطقة الدراسة (لوحات عسقلان، عراق المنشية، العراقيب، شرق غزة، السموع) أنتجت عام 2008، بمقياس رسم 1:50,000 صادرة عن هيئة المسح الجيولوجية الإسرائيلية (ملحق 3-7).
- خريطة التربة في فلسطين بمقياس رسم 1:250000 من المسح الجيولوجية الإسرائيلية لعام 1969 (ملحق 8).

ج- الأبحاث والكتب والمراجع العلمية ذات العلاقة بموضوع ومنطقة الدراسة، والتقارير الحكومية التي تخدم أهداف الدراسة.

4- البرمجيات المستخدمة في الدراسة:

اعتمدت الدراسة في تحليلها للبيانات على العديد من البرامج وهي:

أ- برنامج ArcMap10.1: وهو أحد برامج نظم المعلومات الجغرافية من انتاج شركة معهد بحوث أنظمة البيئة والمعروفة اختصاراً باسم ايزري ESRI، وتم استخدامه في تحليل بيانات نموذج الارتفاع الرقمي، وتطبيق بعض المعادلات المورفومترية للخروج بالعديد من الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف النهري.

ب- برنامج Arc hydro2.0: وهو ملحق في برنامج ArcGIS10.1، وأمكن من خلاله الحصول على العديد من القياسات المورفومترية التي لا يمكن استخلاصها مباشرة بواسطة برنامج ArcGIS 10.1.

ج- برنامج Microsoft Excel: تم من خلاله تطبيق بعض المعادلات وإخراج بعض الأشكال البيانية التي توضح البيانات المورفومترية التي وردت في البحث.

د- برنامج التحليل الإحصائي Spss: أمكن باستخدام برنامج Spss إجراء الاختبارات والتحليلات الاحصائية للمتغيرات المورفومترية لاستخراج العلاقات الارتباطية بين المتغيرات.

الدراسات السابقة:

تشكل الدراسات السابقة إطاراً معرفياً لأي دراسة نظرية أو تطبيقية؛ الأمر الذي يجعل منها أساساً ينبغي توافره كخلفية للعمل البحثي، ومن أهم الدراسات ذات العلاقة بموضوع البحث ما يلي:

1- بوروبه (2002)

تناولت الخصائص المورفومترية لحوضي وادي عركان ووادي بخرف رافدي وادي بيش بالسعودية، وهدفت إلى دراسة وتحليل ومقارنة الخصائص المورفومترية لهذين الحوضين، من أجل إبراز تباينات عناصر الشبكة المائية لكل حوض وتوضيح التطور المورفوديناميكي لهما، والاستدلال ببعض التباينات والمؤشرات المورفومترية على طبيعة ومرحلة التعرية المائية. وأظهرت الدراسة أن التباينات التضاريسية بالحوضين أدت إلى وجود تباينات واضحة في خصائصها المورفومترية والتي انعكست بوضوح على تطور عمليات التعرية المائية، كما أظهرت عدة تباينات مكانية هامة لنظام الجريان السطحي ولمرحلة التعرية المائية.

2- مزرا والبارودي (2005)

تناولت الدراسة السمات المورفولوجية والمورفومترية والهيدرولوجية لأحواض الحرم المكي الشريف في المملكة العربية السعودية، وهدفت الدراسة إلى إعطاء صورة واضحة عن هذه السمات والعلاقات التي تربط بينها، من أجل قياس الجريان السطحي في هذه الأحواض وتحديد مناطق الفيضانات، وأوضحت الدراسة أن هناك مناطق لتجمع السيول وقد أثرت فيها عوامل بشرية كالمنشآت والطرق المسفلتة والتي تعمل على زيادة سرعة الجريان.

3- الغيلان (2008)

تناولت الدراسة بناء قاعدة بيانات تحتوي على الخصائص المورفومترية لحوض وادي لبن في المملكة العربية السعودية من خلال توظيف نظم المعلومات الجغرافية GIS. وتوصلت إلى نجاح GIS في بناء قواعد البيانات للحوض المائي واستخراج خصائصه المورفومترية بنسبة عالية وإمكانية الإجابة على الاستفسارات المختلفة وقدرتها على اخراج الخرائط المورفومترية المتعلقة بالحوض المائي. وأوصت بضرورة توظيف GIS والمرئيات الفضائية في الدراسات الطبيعية والجيومورفولوجية المتعلقة بالخصائص المورفومترية لأحواض التصريف النهري.

4- علاجي (2010)

تناولت الدراسة مورفومترية حوض وادي يلملم بالمملكة العربية السعودية من خلال تحليل نموذج الارتفاع الرقمي باستخدام مجموعة من برامج نظم المعلومات الجغرافية. وهدفت إلى بناء قاعدة بيانات مورفومترية للحوض المائي، والخروج بعدد من القياسات المورفومترية للحوض وذلك للوصول إلى فهم حركة المياه على السطح، وأظهرت أن الحوض مثلث الشكل قاعدته في المنابع ورأسه في المصب وأنه يميل إلى الاستطالة مما يقلل من احتمال حدوث الفيضان، كما وجد أن الحوض متقدم في دورته التحاتية. وأوصت بضرورة تنظيم التدفق في الأحواض التي ترتفع فيها احتمالات حدوث الفيضان عن طريق إقامة الحواجز والسدود.

5- حمدان وأبو عمرة (2010)

تناولت الدراسة بعض الخصائص المورفومترية للجزء الأعلى من حوض الرميمين وسط غرب الأردن باستخدام الطرق التقليدية وبرمجيات GIS. وهدفت إلى إبراز دور نظم المعلومات الجغرافية كوسيلة من وسائل قياس الخصائص المورفومترية للأحواض المائية، وأظهرت عدم وجود فروق في

الخصائص المشتقة بكلا الأسلوبين، باستثناء عدد روافد المرتبة الأولى إذ زاد العدد بالأسلوب الجديد 16 رافداً نظراً للحساسية العالية لبرمجيات GIS. وأوصت باستخدام GIS في دراسة الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف النهري، مع العمل الميداني وبالذات في روافد المرتبة الأولى لأنها قد تكون مصدر تشويش في تحليل البيانات نظراً للحساسية العالية عند برمجيات نظم المعلومات الجغرافية.

6- عبد الله (2011)

تناولت الدراسة الخصائص المورفومترية للجزء الأسفل من حوض الزاب الأسفل في العراق باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. وهدفت إلى بناء قاعدة بيانات مورفومترية للحوض المائي، واستخراج الخصائص المورفومترية المحددة في الدراسة، وأظهرت الدراسة أن الحوض يتخذ الشكل المستطيل، وأنه يمر في مرحلة النضج، وأن معظم مجاري شبكة تصريف في الحوض تقع في الرتبتين الأولى والثانية بنسبة 96% من اجمالي عدد المجاري، أما نسب التشعب فكانت ما بين (2-7) مما يدل على اختلاف الحوض مناخياً وبنيوياً، وأوصت باستخدام نظم المعلومات الجغرافية في الدراسات المورفومترية لأحواض التصريف.

7- دراسة ناجي (2012)

تناولت الدراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي معادن الواقع في جنوب شرق محافظة تعز في اليمن، وهدفت الدراسة إلى فهم شكل الحوض ودور العوامل الطبيعية في تشكيله وانعكاس متغيراته على حركة المياه. وتوصلت إلى أن البناء الجيولوجي لمنطقة الدراسة له الدور الأكبر في تشكيل الشبكة المائية لحوض وادي معادن. وأوصت بالمحافظة على الغطاء النباتي في منطقة الدراسة من أجل حماية التربة من التآكل والحد من سرعة وصول المياه إلى المصب، وضرورة إقامة السدود والخزانات للحفاظ على المياه المتساقطة واستغلالها.

8- أبو حصيرة (2013)

تناولت الدراسة تحليل الخصائص المورفومترية لحوض نهر العوجاء في فلسطين والاستدلال على مدلولها الجيومورفولوجي باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية، وهدفت إلى بناء قاعدة بيانات مورفومترية للحوض، ودراسة العلاقات بين متغيراتها، وأظهرت أن الحوض يميل للاستدارة، نظراً لتقدم دورته الجيومورفولوجية، وأنه كون شبكة تصريف متقدمة من الرتبة السابعة وفقاً لتصنيف

ستراير، وأوصت باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والبيانات الرادارية في دراسة جيومورفولوجية ومورفومترية أحواض التصريف النهرية.

9- مشتهى وآخرون (2013)

تناولت الدراسة بعض الخصائص المورفومترية لحوض وادي غزة في فلسطين باستخدام النمذجة الرقمية لنظم المعلومات الجغرافية، واعتمدت على تحليل أربع لوحات تبين حوض وادي غزة، التقطها القمر الصناعي SRTM3 بدقة مكانية 90م. وتوصلت إلى وجود تباين واضح في الخصائص المورفومترية للأحواض الداخلية لحوض وادي غزة كنتيجة لتباين خصائصها البنيوية والصخرية. وأوصت بدراسة المزيد من أحواض الأودية التي تسيطر عليها إسرائيل للوقوف على الوضع الحقيقي لها فيما يتعلق بالجريان السطحي والتغيرات البيئية التي تحدث فيها.

10- ريان (2014)

تناولت الدراسة الخصائص المورفومترية ومدلولاتها الجيومورفولوجية لحوض وادي الفارعة في فلسطين باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية، وهدفت إلى بناء قاعدة بيانات مورفومترية للحوض، وتوصلت إلى أن الحوض يميل إلى الاستطالة أكثر من الاستدارة، وإلى ارتفاع قيمة التضرس في الحوض، وأن الحوض يمر في مرحلة الشباب الجيومورفولوجي، وأن روافد المرتبة الأولى والثانية شكلت 94% من إجمالي روافد الحوض. وأوصت باستخدام GIS و DEM في الدراسات الطبيعية والجيومورفولوجية، وإجراء دراسات مورفومترية مقارنة بين الأحواض النهرية في فلسطين.

11- Al-Shammary (2012)

تناولت الدراسة التحليل المورفومتري لحوض نهر دويريج (نهر عابر للحدود بين العراق وإيران) بمحافظة ميسان في العراق باستخدام تقنيات GIS و RS، وهدفت إلى استخراج الخصائص الخطية والمساحية للحوض النهري، وتحديد مدلولها الجيومورفولوجي. وأظهرت أن حوض التصريف يحتوي على ستة رتب نهرية وأن أنماط التصريف بشكل رئيس من نوع شجرية إلى شبه شجرية، وتم ملاحظة قيم منخفضة لكثافة التصريف والتي تشير إلى أن التربة التحتية ذات نفاذية عالية، وتكشف قيم نسبة الاستطالة بأن الحوض مستطيل والمواد المكونة له ذات نفاذية عالية ومتجانسة جيولوجياً، وأوصت باستغلال موارد المياه في منطقة الحوض.

12- Sissakian (2013)

تناولت الدراسة جيومورفولوجية ومورفومترية حوض نهر الزاب الأعلى في شمال العراق، وتم تقسيم الحوض إلى أربع أحواض ثانوية، وقياس ستة معامل مورفومترية باستخدام برنامج ArcGIS، وأشارت النتائج إلى وجود نشاط تكتوني نسبي عالي ومتوسط وعالي جداً وعالي للأحواض الثانوية الأربعة، على التوالي، وكذلك تم إعداد خريطة جيومورفولوجية من مقياس 1:1000000 وخريطة التصريف لحوض نهر الزاب الكبير وفروعه الأربعة، وأوصت باستخدام GIS في الدراسات الجيومورفولوجية والمورفومترية.

13- Al-Saedi and Mohmad (2013)

تناولت الدراسة الخصائص المورفومترية لوادي الملوصي في غرب العراق، واستخدمت بيانات الارتفاعات الرقمية بدقة وضوح 90م وأدوات الرسم الموجودة ببرنامج ArcGIS لرسم الحوض الكلي وأحواضه الفرعية البالغة 31 حوض، وأظهرت الدراسة بأن كثافة التصريف كان مقدارها 8.48 كم/كم^2، والذي يعني أن منطقة الدراسة تمتاز بتصريف جيد للمياه والرواسب، واستطالة منطقة الدراسة هي 0.51 وذلك يعني أن منطقة الدراسة لها شكل قريب من المستطيل، أما التضرس فبلغت قيمته 3.28 م/كم وهو يعكس أن المنطقة تأثرت بمقدار قليل من التعرية والتجوية، وأوصت باستخدام GIS في الدراسات المورفومترية لأحواض التصريف النهري.

14- Magesh, et al., (2013)

تناولت الدراسة الخصائص المورفومترية لحوض نهر باراثابوزا بإقليم كيرالا في الهند، واستخدمت نظم المعلومات الجغرافية ونموذج ارتفاعات رقمي DEM من القمر الصناعي SRTM، وأظهرت الدراسة أن مساحة الحوض مقدارها 5988 كم^2، وأنه من الرتبة السابعة، وأن انحداره من 0° إلى 70°، وتباين الانحدار تتحكم فيه جيولوجية المنطقة ودورة التعرية، ويبلغ معامل الاستطالة 0.57 أي مستطيل الشكل، مع تضاريس معتدلة وانحدار شديد، كما تبين انخفاض الكثافة التصريفية 1.07 كم/كم^2 بسبب نفاذية التربة وكثافة الغطاء النباتي، أما النسيج الطبوغرافي 7.78 مجرى/كم، أي يقع ضمن النسيج الطبوغرافي المتوسط، وأوصت باستخدام GIS في دراسة مورفومترية الأحواض المائية.

15- Chandniha and Kansal (2014)

تناولت الدراسة الخصائص المورفومترية الخطية والمساحية والتضاريسية لحوض نهر هاسديو أحد أحواض نهر محمدي في بايبيريا بدولة الهند، باستخدام برنامج ArcMap9.3 ونموذج ارتفاع رقمي DEM، وعمل على تقسيم الحوض إلى تسع أحواض فرعية، وأظهرت الدراسة أن الحوض من الرتبة الخامسة، وأن العدد الكلي للروافد النهرية في كل المراتب النهرية يبلغ 1.264 رافد، غطت روافد الرتبة الأولى أكبر مساحة بنسبة 87.7%، وأوصت باستخدام GIS في الدراسات المورفومترية لأحواض التصريف النهري.

16- Dhawaskar (2015)

تناولت الدراسة التحليل المورفومتري لحوض نهر مادي في الهند، واستخدمت نظم المعلومات الجغرافية GIS ونموذج ارتفاعات رقمي DEM من القمر الصناعي SRTM بدقة وضوح مكاني 90م، وأظهرت الدراسة أن الشكل الطولي للحوض ناتج عن تأثير الصدوع والانكسارات، وأن المجاري النهرية من الرتب الأولى هي المسيطرة على الحوض، وأن نسبة التشعب مقدارها 4.2 وبذلك فإن نمط التصريف لا يتأثر كثيراً بالبنية الجيولوجية والتضاريس.

17- Tale and Manjare (2015)

تناولت الدراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي بلدي بمقاطعة بلدانا في الهند باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، وهدفت إلى تحديد المظاهر الجيومورفولوجية وتحليل خصائصها بمنطقة الحوض، وأظهرت الدراسة أن الحوض من الرتبة الخامسة، وأن كثافة التصريف منخفضة بسبب النفاذية العالية للتربة وكثافة الغطاء النباتي، وأظهر معامل الاستدارة أن الحوض شديد الاستطالة وأن التكوين الجيولوجي متجانس وعالي النفاذية، وأوصت باستخدام GIS و RS في الدراسات المورفومترية لأحواض التصريف النهري.

18- Baiju, et al., (2015)

تناولت الدراسة التحليل المورفومتري لحوض كوشرا بإقليم الغات الجنوبي الغربي في الهند باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وهدفت إلى إبراز دور نظم المعلومات الجغرافية في استخراج المعلومات المورفومترية من خلال مقارنة وتفسير النتائج الرياضية من الدراسة الميدانية وبرنامج نظم المعلومات الجغرافية، وأظهرت وجود علاقات واضحة جداً بين البيانات المشتقة بكلا

الأسـلوبين، وأوصـت باسـتخدام برمجيات GIS في دراسـة الخصـائص المورفومترية لأحواض التصريف النهري.

19- Moges and Bhole (2015)

تناولت الدراسـة حوض تصـريف نهر جورو بمقاطعة ديروا في أثيوبيا، باسـتخدام برنامج ArcGIS10.1، والأداة Archydro2.0، ونموذج الارتفاع الرقمي العالمي GDEM، وهدفت إلى وصـف الحوض كمياً، وأظهرت الدراسـة أن الحوض النهري يمر في مرحلة الشـباب المتأخر، وأن كمية التصريف النهري عند مقطع ما في المجرى المائي لها ارتباط قوي مع العرض، العمق، سرعة المياه، الانحدار، الخشـونة وحمولة الرواسـب، وأنه توجد علاقة عكسـية بين لوغاريتم عدد المجاري ورتبـة المجاري النهريـة مع فروق صـغيرة عن الخط المسـتقيم، وأن رتبـة المجرى المائي ترتبط لوغاريتميا مع طول المجرى ومساحة التصريف.

20- Palanisamy, et al., (2015)

تناولت الدراسـة مورفومترية حوض نهر فاسشـتانادي فيلارد في جنوب الهند باستخدام برنامج ArcGIS9.3.1 وتأثيرها على أشـكال سـطح الأرض، وأظهرت الدراسـة أن الحوض من الرتبة السـابعة، وأن معامل الاسـتدارة منخفض، ويعني ذلك أن الحوض عالي الاسـتطالة، وأن التكوين الجيولوجي متماثل وعالي النفاذية، وأن الحوض ذو كثافة تصـريفية منخفضـة بسـبب نفاذية التربة وكثافة الغطاء النباتي، وأوصـت باسـتخدام الخصـائص المسـتخلصـة لحوض التصـريف في تحديد مواقع بناء التغذية المائية الصناعية.

21- Gajbhiye (2015)

تناولت الدراسـة التحليل المورفومتري لحوض تصـريف نهر شـاكار في الهند باسـتخدام الاسـتشـعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، وهدفت إلى فهم السـلوك الهيدرولوجي للحوض، وأظهرت الدراسـة أن قيم اسـتطالة الحوض تتراوح ما بين 0.47 و1، بحيث القيمة 1 تدل على تضـاريس منخفضـة، وأن كثافة التصـريف ما بين 2.84 إلى 3.67 كم/كم^2، مما يعني أن المنطقة عالية النفاذية ومتحكم فيها بنيوياً، كما أوضـحت أن شـبكة المجاري المائية تتوزع وفق الشـكل الشجري، وأن معامل التشعب يتباين من 3.49 إلى 5.52، وأوصت باستخدام GIS في الدراسات الهيدرولوجية والطبيعية.

22- Jaydeep, et al., (2015)

تناولت الدراسة إجراء تحليل مورفومتري لحوض جاجادو في الهند، واستخدمت نظم المعلومات الجغرافية GIS، ونموذج ارتفاعات رقمي DEM من القمر الصناعي SRTM بدقة وضوح مكاني 90 متر، وأظهرت أن الحوض ذو شكل مستطيل، مما يقلل من خطر الفيضان، ويشير لتكوين صخري مقاوم للتعرية، وأن كثافة التصريف مقدارها 2.04 كم/كم^2، والتكرار النهري 1.86 مجرى/كم^2 بمعنى أنها معتدلة، وأن معظم مجاري شبكة التصريف في الحوض تقع في الرتبتين الأولى والثانية، أما نسب التشعب فمقدارها 2.04 وبذلك فإن نظام التصريف متحكم فيه جيولوجياً.

23- Kant, et al., (2015)

تناولت الدراسة التحليل المورفومتري لحوض سونار في الهند باستخدام الاستشعار عن بعد (رادار SRTM) وGIS، وأظهرت أن الحوض من الرتبة الخامسة، ويتكون من 196 مجرى، منها 146 مجرى مرتبة أولى، و38 مجرى مرتبة ثانية، و9 مجاري مرتبة ثالثة، و2 مجرى مرتبة ثانية، و1 مجرى مرتبة خامسة، وأن نظام التصريف شكله شجري، مما يشير إلى تماثل نسيج الحوض وعدم وجود تحكم لبنية الحوض، وأن الحوض ذو كثافة تصريف منخفضة مقدارها 0.62 كم/كم^2، بسبب نفاذية التربة وكثافة الغطاء النباتي، أما نسبة التشعب فمقدارها 3.65 وهي ضمن الحدود الطبيعية، وأوصت الدراسة بالاستفادة من نتائج الدراسة في تخطيط حصاد المياه وإدارة الأحواض المائية.

ملخص الدراسات السابقة:

تناولت الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف النهري باستخدام GIS، وبيانات الارتفاعات الرقمية DEM، وقسمت الخصائص المورفومترية إلى خصائص خطية ومساحية وتضاريسية، وبعضها قارن بين البيانات والقياسات من GIS والأساليب الميدانية.

وهدفت إلى استخراج الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف، وتحديد مدلولها الجيومورفولوجي، وإبراز إمكانات نظم المعلومات الجغرافية في استخلاص وبناء قواعد بيانات للخصائص المورفومترية، إضافة لإنشاء خرائط رقمية مورفومترية دقيقة لخصائص شبكات التصريف النهري.

وتوصـــلت إلى أهمية GIS في اشـــتقاق وبناء قواعد البيانات للخصـــائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف النهري، وأنه لا فروق جوهرية في الخصائص المشتقة بأسلوب GIS والدراسة الميدانية، باستثناء عدد روافد المرتبة الأولى إذ زاد العدد بالأسلوب الجديد نظراً للحساسية العالية لبرمجيات GIS، كما بينت أن العوامل الطبيعية وخاصـــةً البنية الجيولوجية والمناخ كان لها التأثير الأكبر في تباين خصائص الأحواض المورفومترية.

وأوصـــت بتوظيف نظم المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية في الدراســـات المورفومترية لأحواض التصـريف النهري، وإجراء دراسـات مورفومترية مقارنة بين الأحواض النهرية داخل حدود الدولة الواحدة، كما أوصـت بالاسـتفادة من نتائج الدراسـات المورفومترية في تخطيط حصاد المياه وإدارة الأحواض المائية.

التعليق على الدراسات السابقة:

من خلال الاطلاع على الدراســات الســابقة وعددها 23 دراســة تم التعرف على المنهجية والمعاملات والمعادلات المستخدمة في مثل هذه الدراسات، كما تم مقارنة نتائج تلك الدراسات بنتائج هذه الدراسة بهدف تفسير وتأكيد نتائج القياسات المستخرجة باستخدام GIS. واتضح أن الدراسات التي تناولت أحواض مائية داخل فلسطين محدودة جداً، وعددها ثلاث دراسات فقط، وبالتالي هناك حاجة للمزيد من الدراسات التي تتناول مورفومترية الأحواض المائية في فلسطين، وتبين أن معظم الدراسات لم تستخدم الأساليب الإحصائية المتقدمة كالتحليل العاملي، والتحليل العنقودي باستثناء دراسة ريان (2014) التي استخدمت التحليل العاملي لكنها لم تستخدم التحليل العنقودي، ودراسة أبو حصيرة (2013) التي طبقت التحليل العنقودي على أحواض الرتبة الثانية والثالثة والرابعة فقط، والتي تمثل 24.8% من إجمالي الأحواض. ومن هنا فإن هذه الدراســـة تغطي بعداً مكانياً لم يتم تناوله في الدراسات السابقة وهو حوض وادي الحسى، وتستخدم الأساليب الإحصائية المتقدمة كالتحليل العاملي والعنقودي على جميع أحواض الدراسة ومتغيراتها.

المبحث الثاني

مراحل العمل وآليات معالجة البيانات

المرحلة الأولى: جمع البيانات وإدخالها إلى بيئة GIS

المرحلة الثانية: اشتقاق البيانات من طبقة DEM

المرحلة الثالثة: تطبيق المعادلات المورفومترية واستخراج الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسى (Morphometric Characteristics)

المرحلة الرابعة: إخراج الخرائط الرقمية (Layout)

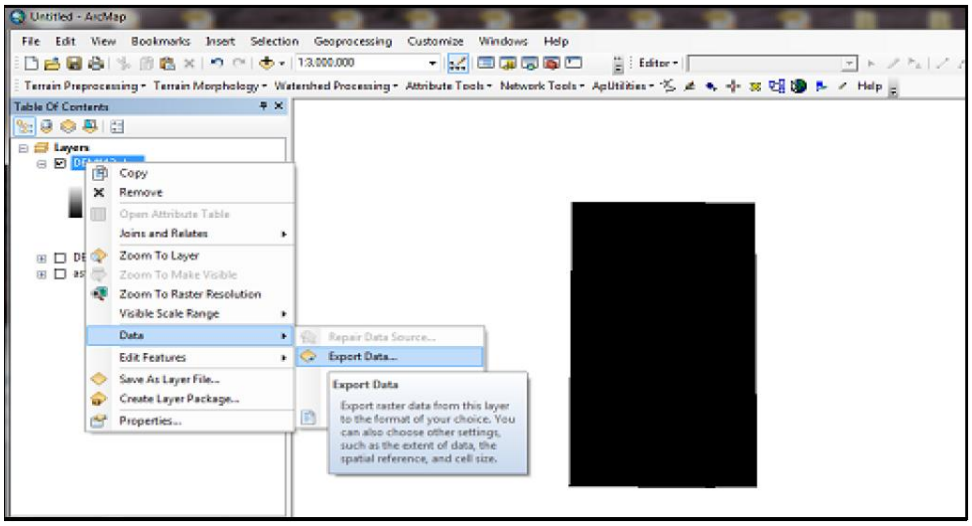
المرحلة الخامسة: إجراء الاختبارات والتحليلات الإحصائية للمتغيرات المورفومترية (Statistical Analysis)

مراحل العمل وآليات معالجة البيانات

تعتمد الدراسة بالدرجة الأولى على استخدام برنامج ArcGIS10.1 لتحديد منطقة الدراسة، واستخلاص شبكة التصريف النهري للحوض، واستخراج القياسات المورفومترية، وإجراء التحليل المورفومتري، وقد مر العمل بالمراحل التالية:

المرحلة الأولى: جمع البيانات وإدخالها إلى بيئة GIS

تم الحصول على نموذج الارتفاعات الرقمية Digital Elevation Models (DEM) لمنطقة الدراسة من البيانات التي رصدها القمر الصناعي ASTER، وهو من تطوير كلاً من وزارة الصناعة اليابانية ووكالة الفضاء الأمريكية، بدقة مكانية* تصل إلى 30م، ثم باستخدام أمر Export data في برنامج ArcGIS10.1 (شكل 1.2)، تم تحويل صيغة ملف نموذج الارتفاعات الرقمي من امتداد Tif إلى امتداد Grid لكي تتضح البيانات الموجودة بداخله ونتمكن من اشتقاق البيانات المطلوبة باستخدام برنامج GIS.



شكل (1.2): آلية إيضاح البيانات الموجودة بداخل طبقة DEM

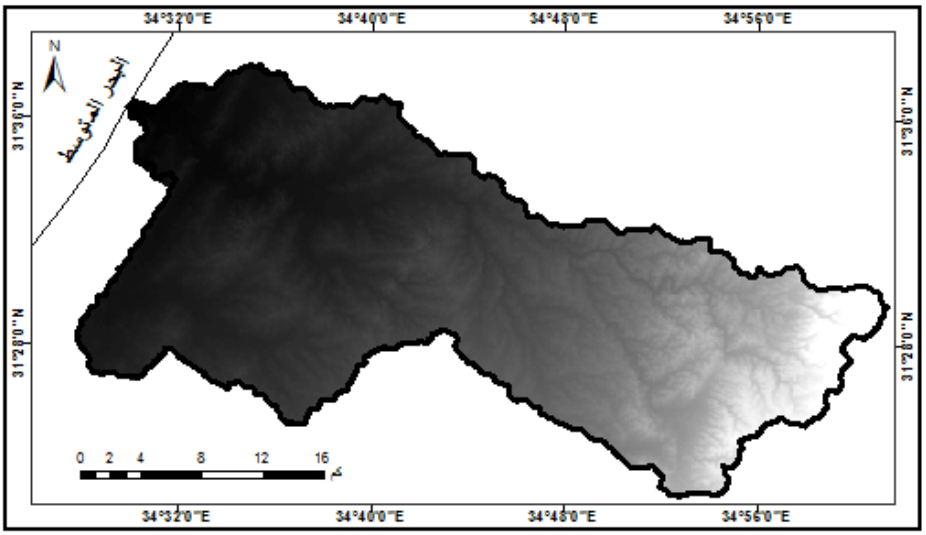
* الدقة المكانية: تعبر عن قدرة النموذج في تمثيل تضاريس سطح الأرض، وتشير لطول وعرض أصغر منطقة يمكن تمييز قيمة منسوب الأرض عندها.

المرحلة الثانية: اشتقاق البيانات من طبقة DEM

وتشتمل هذه المرحلة على عدة مراحل فرعية وهي:

أولاً: اشتقاق حدود منطقة الحوض

تم في هذه المرحلة استخدام الخرائط الطبوغرافية لوحات عسقلان، عراق المنشية، شرق غزة، السموع، العراقيب (ملاحق7-3)، بمقياس رسم 1:50000، وبفاصل رأسي 20م، في تحديد منابع الحوض ومصبه ومن ثم محيطه، ثم باستخدام برنامج ArcGIS10.1 تم اقتطاع جزء من نموذج الارتفاع الرقمي (شكل1.3) يتوافق مع المحددات التي تم استخلاصها من الخرائط الطبوغرافية لإتمام اشتقاق البيانات الأخرى.



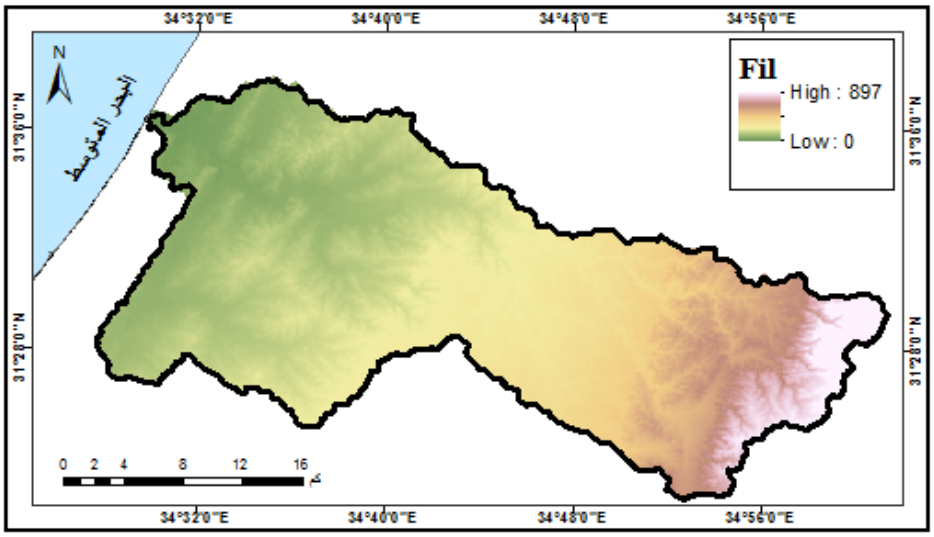
شكل (1.3) نموذج الارتفاع الرقمي لحوض وادي الحسى.

ثانياً: اشتقاق الشبكة النهرية (River Net Work)

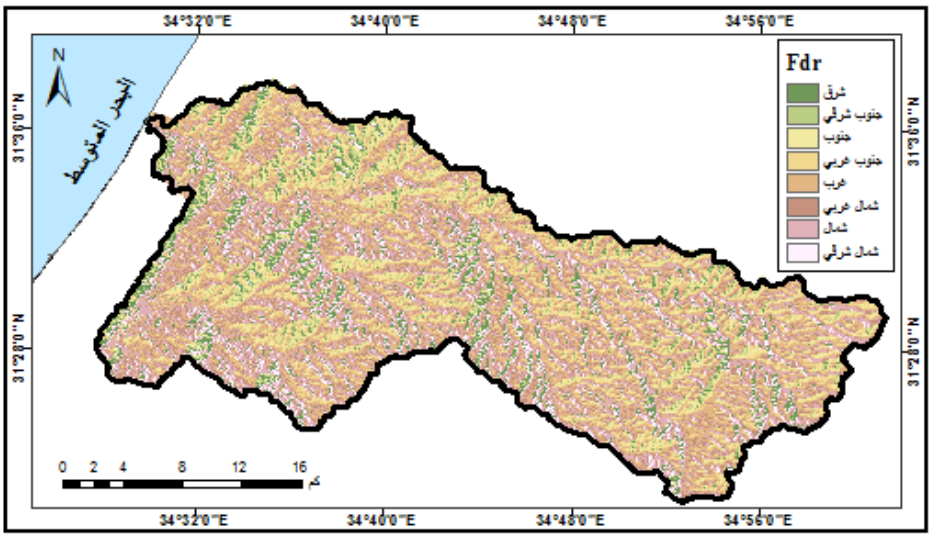
تم اشتقاق الشبكة النهرية لمنطقة الدراسة من طبقة DEM من خلال الاستعانة ببرنامج التحليل الهيدرولوجي ArcHydro2.0، وتم معالجة واعداد طبقة DEM من خلال استخدام قائمة Terrain Preprocessing حيث تم تنفيذ عدة خطوات كالتالي:

1- معالجة القيم الشاذة في الارتفاع (Fill Sinks) وذلك بتعديل قيم الارتفاعات الشاذة بتسوية الحفر (المائي) حتى لا يتوقف تدفق مياه المجرى باتجاه المصب، مما يعيق استخراج الروافد ويكون الناتج طبقة باسم Fil (شكل 1.4).

2- تحديد اتجاهات الجريان (Flow Direction) ويوجد أســـلوبان لحســـاب اتجاهات الجريان أسلوب Deterministic-8 (D8) حيث يفترض "أن اتجاهات جريان المياه على السطح تأخذ 8 اتجاهات فقط وكل اتجاه بزاوية 45°، وأســـلوب تاربتون Tarobton المطور عن طريقة (D8) والذي يمكن من خلاله حســـاب تدفق المياه في جميع الاتجاهات وبالتالي يعطي نتائج أكثر دقة (ريان، 2014 : 15). وتم اســـتخدام أســـلوب تاربتون في الدراســـة، ويكون الناتج طبقة باسم Fdr (شكل1.5).

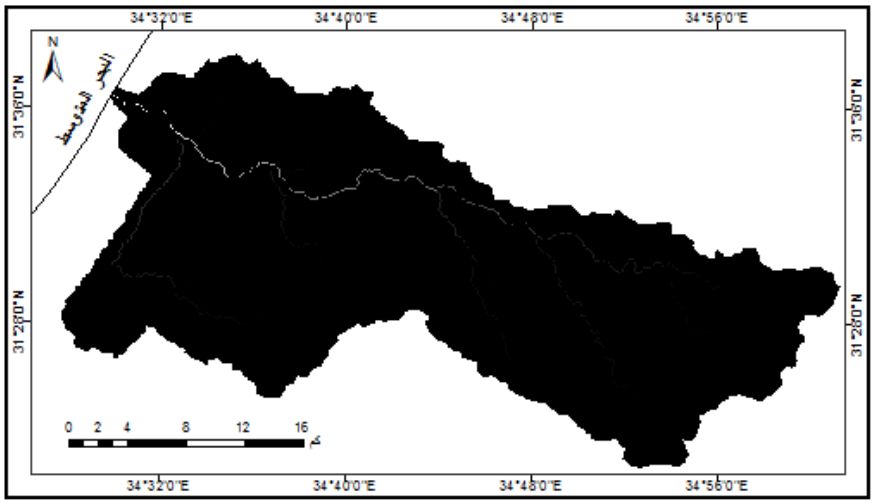


شكل (1.4) معالجة القيم الشاذة في طبقة DEM



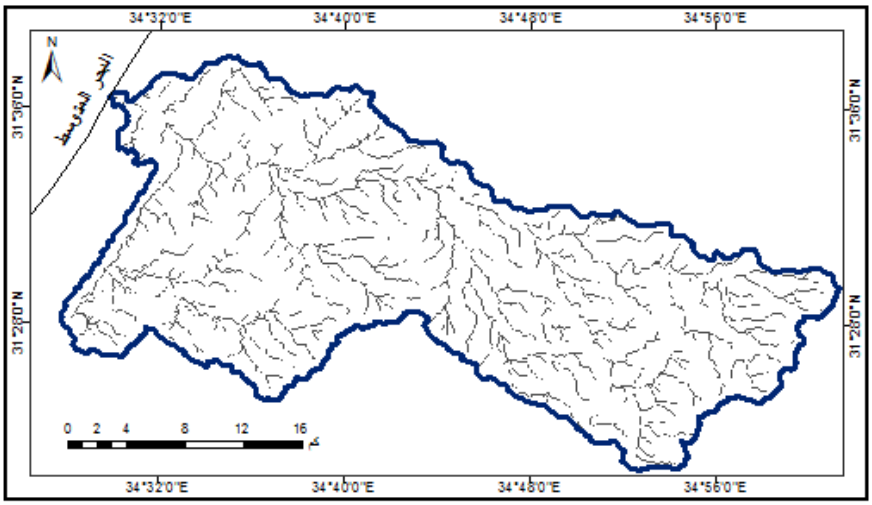
شكل (1.5) اتجاهات الجريان في حوض وادي الحسى (Fdr)

3- تحديد مناطق تجميع المياه (Flow Accumulation) ويكون الناتج طبقة باسـم Fac، تظهر فيها الروافد الرئيسة في الحوض (شكل1.6).



شكل (1.6): تحديد مناطق تجميع المياه في الحوض (Fac)

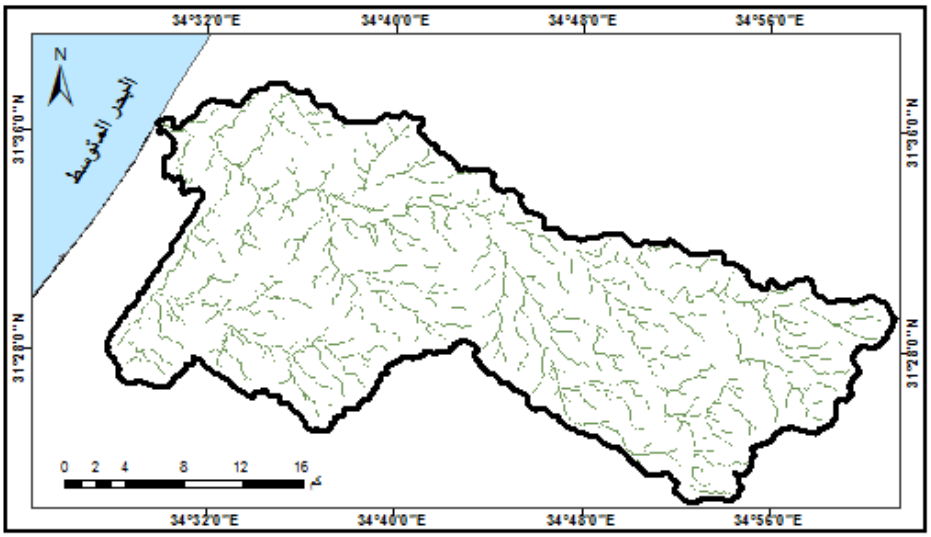
4- تحديد قنوات جريان الروافد النهرية (Stream Definition)، وتتطلب هذه الخطوة تحديد قيمة العتبة*، وسوف يتم تمثيلها في الدراسة بعدد من الخلايا بقيمة عتبة تساوي (82 خلية) وتنتج طبقة جديدة باسم Str (شكل1.7)، وتم اختيار هذه القيمة لأن شبكة التصريف المستخرجة عندها تكون مماثلة للخرائط المستخدمة في الدراسة.



شكل (1.7): تحديد قنوات جريان الروافد النهرية (Str)

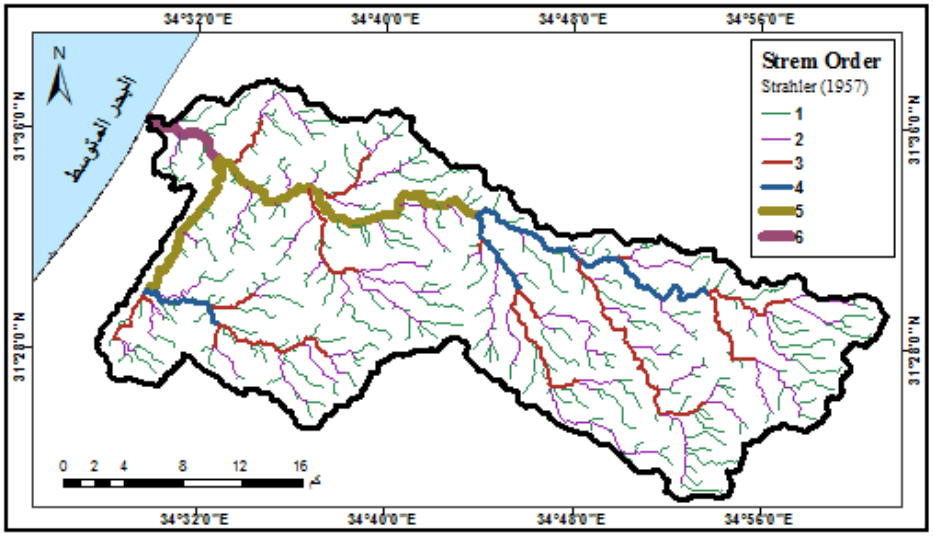
* الحد الأدنى من الدقة المطلوبة لاحتساب الرافد ويتم تحديدها إما بعدد خلايا أو بوحدة مساحة.

5- فصل كل رافد على حدة (Stream Segmentation) وبذلك تنتج طبقة جديدة باسم Strlnk، بعدد 390 رافد في الحوض (شكل1.8).



شكل (1.8): فصل كل رافد على حدة (Strlnk)

6- اســـتخراج رتب الروافد النهرية (Stream Order) وفقاً لنظام Strahler (1957) حيث عدم وجود روافد للمجرى المائي يتم اعتباره من المرتبة الأولى، أما التقاء مجريين من المرتبة الأولى، ينتج عنها مجرى مائي من المرتبة الثانية وهكذا (Magesh, et.al, 2013: 470)، ويتضـح من شـكل (1.9) أن المراتب النهرية لمنطقة الدراسة عددها 6.



شكل (1.9): رتب الروافد النهرية حسب نظام Strahler (1957)

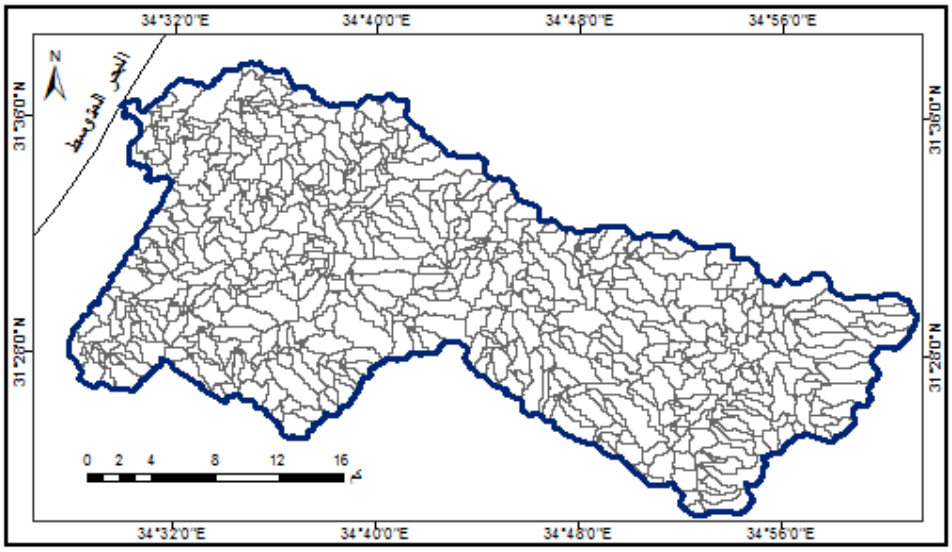
7- تحويل الملف الناتج من الخطوة السابقة Raster Stream Order إلى Vector حتى يتم التمكن من إجراء العمليات الحسابية الخاصة بالدراسة فيما بعد.

ثالثاً: اشتقاق الأحواض الفرعية على مستوى الرافد: (Sub Catchment)

تم في هذه المرحلة اشتقاق الأحواض الفرعية التي تغذي كل رافد في الحوض، واستخراج خصائص الأحواض الفرعية المتمثلة في المساحة، والمحيط، طول الحوض، أعلى منسوب، أدنى منسوب في الحوض، نقطة المنبع ونقطة المصب كما يلي:

1- استخراج الأحواض الفرعية التي تغذي كل رافد في الحوض بتنفيذ أمر Catchment Grid Delineation من قائمة Terrain Preprocessing في برنامج ArcHydro2.0، ويكون الناتج طبقة باسم Cat، وهي من نوع Raster.

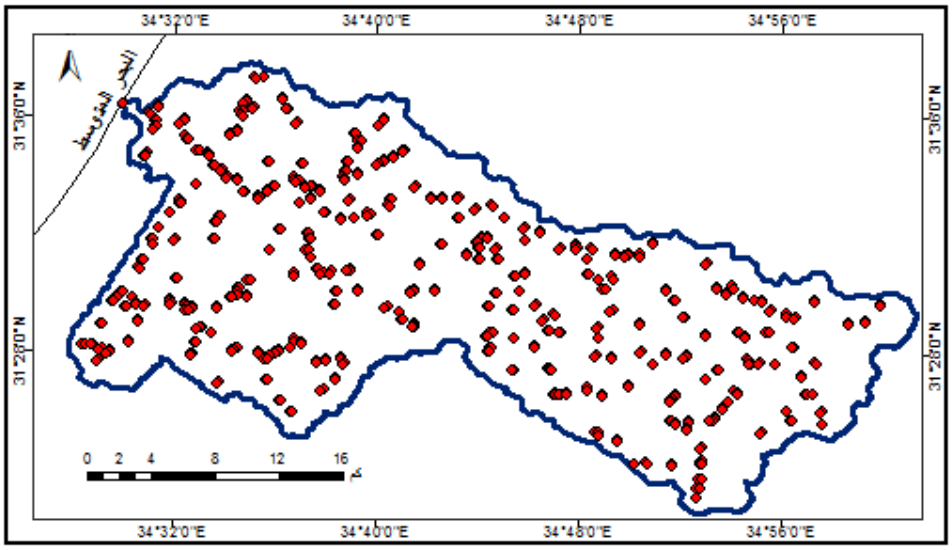
2- تحويل الأحواض من Raster إلى Polygon ليسهل التعامل معها باستخدام أمر (Catchment Polygon Delineation)، ويكون الناتج طبقة باسم Catchment (شكل 1.10).



شكل (1.10) الأحواض الفرعية في حوض وادي الحسى

3- تحويل ملف الروافد النهرية من ملف Raster إلى ملف Vector، باستخدام الأمر Drainage Lion Processing، وينتج ملف خطي باسم DrainageLion، ويمكن من خلاله حساب طول كل رافد على حدة.

4- تحديد نقطة المصب لكل حوض Drainage Point Processing مما يسهل عملية تحديد كل رافد في الحوض (شكل 1.11).



شكل (1.11) استخراج نقاط أدنى منسوب لكل رافد في الحوض

5- استخراج خصائص الأحواض الفرعية وتم من خلال عدة خطوات:

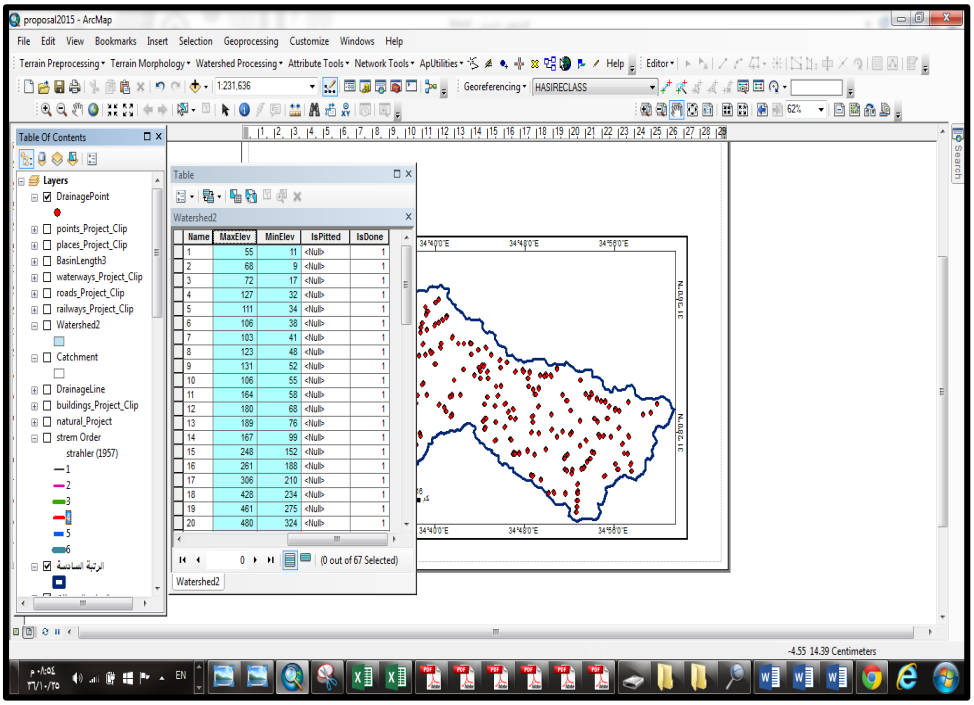
أ- تحديد نقطة Batch Point Generation لكل حوض واستخراج Batch Watershed Delineation، حتى نستخرج خصائص الأحواض التضاريسية.

ب-استخراج منسوب أعلى نقطة وأدنى نقطة في كل حوض من خلال أمر Drainage Area Characterization من قائمة Terrain Morphology وهنا تضاف مناسيب أعلى نقطة وأدنى نقطة إلى خصائص جدول كل حوض باسم Watershed من خلال عمود MinElev وعمود MaxElev (شكل1.12).

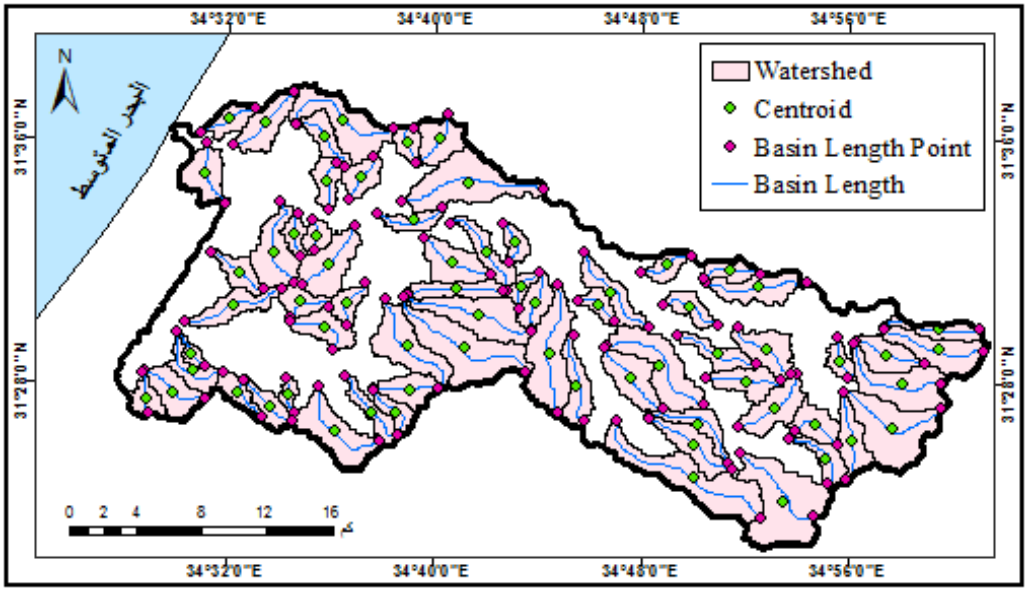
ج- استخراج طول كل حوض فرعي (Basin Length) من خلال الأوامر التالية:

- تحديد نقطة المركز لكل حوض باستخدام أمر Drainage Area Centroid من قائمة Watershed Processing، ويكون الناتج طبقة باسم Centroid.
- تحديد أبعد نقطتين عن نقطة المركز (المنبع والمصب) من خلال أمر Basin Length Points.
- تنفيذ أمر Longest flow path من قائمة Watershed Processing لتحديد أطول مسار تجري فيه المياه.

— تنفيذ أمر Basin Length لاستخراج طول كل حوض جزئي (شكل 1.13).



شكل (1.12): جدول خصائص Watershed



شكل (1.13): طول الأحواض الفرعية ونقطة المركز وأبعد نقطتين عن مركز الحوض

المرحلة الثالثة: تطبيق المعادلات المورفومترية واستخراج الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسى (Morphometric Characteristics)

تم استخراج قيم الخصائص المورفومترية الشكلية والتضاريسية وخصائص الشبكة النهرية من خلال تنفيذ أمر Field calculator وأمر Calculate Geometry في خصائص جدول الطبقات المستخرجة، كما تم تنفيذ بعض المعادلات بالاستعانة ببرنامج (Excel)، ويبين جدول (1.1) المعادلات المورفومترية المستخدمة في الدراسة.

المرحلة الرابعة: إخراج الخرائط الرقمية (Layout)

تمت من خلال عمل ترميز Symbolizations للبيانات وتصنيفها إما كمياً Quantitative أو نوعياً Qualitative لتمثيل وإخراج نتائج القياسات والمتغيرات المورفومترية للحوض بشكل خرائط والتي تمثل مخرجات الدراسة Output.

المرحلة الخامسة: إجراء الاختبارات والتحليلات الإحصائية للمتغيرات المورفومترية (Statistical Analysis)

تمت على مستوى كل رتبة على حدة وعلى مستوى الحوض ككل باستخدام برنامج التحليل الاحصائي Spss ومنها تحليل الارتباطات Correlation باستخدام معامل الارتباط بيرسون، بالإضافة إلى التحليل العاملي Factor Analysis، والتحليل العنقودي Cluster Analysis، وإخراج العلاقات بأشكال بيانية من خلال برنامج Excel.

جدول (1.1): المعاملات المورفومترية المستخدمة في الدراسة

الرقم	المعادلة	الرموز
1	W=A/LB	W= عرض الحوض (كم)، A= مساحة الحوض (كم^2)، LB = أقصى طول للحوض (كم)
2	$Re = 1.128 \times \frac{\sqrt{A}}{LB}$	Re = معامل الاستطالة، 1.128 ثابت، $\sqrt{A}$= الجذر التربيعي لمساحة الحوض (كم^2)، L B = أقصى طول للحوض (كم)
3	Rc = 12.57 × (A /P^2)	Rc = معامل الاستدارة، 12.57 ثابت، A= مساحة الحوض كم^2. P^2= مربع محيط الحوض (كم)
4	Ff = AU / Lu^2	Ff = معامل الشكل، AU= مساحة الحوض (كم^2)، Lu^2= مربع طول الحوض (كم)
5	Cc=0.2841×P/A$^{0.5}$	Cc= معامل الاندماج، 0.2841 ثابت، P= محيط الحوض (كم). A = مساحة الحوض (كم^2)
6	Rc= (Hmax-Hmin) /Lb	Rc = معامل التضرس، Hmax = منسوب أعلى نقطة في الحوض. Hmin= منسوب أدنى نقطة في الحوض، Lb= طول الحوض (كم)
7	Rhp =(H / P) ×100	Rhp= التضاريس النسبية، H= فرق الارتفاع كم ، P= محيط الحوض كم
8	Rn =H×Dd	Rn= قيمة الوعورة، H= فرق الارتفاع كم، Dd= كثافة التصريف.
9	T= Nu/P	T = النسيج الطبوغرافي، Nu= عدد الروافد النهرية في الحوض، P= محيط الحوض (كم)
10	Stream slope = e / d	Stream slope = انحدار الرافد، e = فرق الارتفاع بين منسوب أعلى وأدنى نقطة في الرافد، d = المسافة الأفقية للرافد.
11	Hi = (h / H) / (a / A)	Hi= معامل التكامل الهبسومتري، (h / H) = الارتفاع النسبي. (a / A) = المساحة النسبية.
12	Dd= L/A	Dd = كثافة التصريف، L= مجموع أطوال الروافد (كم)، A= مساحة الحوض (كم^2)
13	Rb= Nu / Nu+1	Rb= نسبة التشعب، Nu = عدد روافد رتبة ما، Nu+1= عدد روافد الرتبة التي تليها.
14	$Rbwm = \sum Rb \times \frac{Nu - r}{\sum NR1}$	Rbwm= نسبة التشعب الموزون، Rb= معدل التشعب لكل رتبتين، Nu-r=عدد الروافد النهرية لكل رتبتين متتاليتين، NR1= مجموع عدد روافد الرتبة.
15	DF = N /A	DF= التكرار النهري، N= عدد روافد الحوض، A= مساحة الحوض (كم^2).
16	C=1/Dd	C = ثابت بقاء المجرى، Dd= كثافة التصريف

الفصل الثاني

الخصائص الطبيعية لحوض وادي الحسى

The Physical Characters of Wadi Al-Hasa Basin

مقدمة

أولاً: السطـــــح (landscape)

1- ارتفاعات الحوض

2- انحدارات سطح الحوض

ثانياً: الجيولوجيـا (Geology)

1- التكوين الجيولوجي

2- البنية الجيولوجية للحوض

ثالثاً: المنـــــاخ (Climate)

1- الحرارة

2- الأمطار

3- الرطوبة النسبية

4- التبخر

رابعاً: التربـــــة (Soil)

الخلاصة

مقدمة

تعتبر دراسة خصائص البيئة الطبيعية للحوض المائي كأشكال السطح، وانحداره، والتكوين والبنية الجيولوجية، من حيث خصائصها وتوزيعها، وأنواع التربة أمراً مهماً، إذ أن هذه الخصائص تؤثر على جيومورفولوجية الأحواض المائية والعمليات السائدة فيها، فمعرفة التركيب الجيولوجي للمنطقة وأنواع الصخور وطبيعة المناخ وأنواع التربة، تساعد في فهم العمليات الجيومورفولوجية وفي تفسير الخصائص المورفومترية للشبكة المائية، وما تسهم به من تطوير للأشكال الأرضية، ويتناول هذا الفصل الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة، حيث يتم التعرف على أشكال السطح وانحداره، والخصائص الجيولوجية، وطبيعة المناخ، وأنواع التربة.

أولاً: السطح (Landscape)

يتناول هذا الجزء تضاريس منطقة الدراسة من خلال إظهار مدى ارتفاع اليابس عن مستوى سطح البحر، وتصنيف انحدارات السطح.

1- ارتفاعات الحوض

تتفاوت مناسيب الارتفاع بمنطقة الدراسة بين (0-897 م) فوق مستوى سطح البحر وهو ما يعكس اتساع مساحة الحوض ليشمل ثلاثة قطاعات من التضاريس حسب التوزيع المكاني لتضاريس فلسطين، وهي السهل الساحلي في الغرب وقمم الجبال في الشرق وسفوح تلك الجبال في الوسط (شكل2.1)، وسيتم دراسة ارتفاعات الحوض حسب تصنيف القطاعات الثلاث (جدول2.1)، وهي كالآتي:

أ- السهل الساحلي:

يمثل النطاق الغربي من فلسطين والمشرف على البحر المتوسط، ويتراوح ارتفاعه بمنطقة الدراسة بين (0-200) متر فوق مستوى سطح البحر، وتكوينه حديث يعود في معظمه للفترات المناخية المتعاقبة التي حدثت في الزمن الجيولوجي الرابع (مشتهى واللوح، 2008: 91)، ويظهر سطحه مموجاً في كثير من المناطق حيث تقطعه عدة مرتفعات رملية موازية للشاطئ (ظهور) تعرف محلياً بالكركار، يفصلها مناطق منخفضة مغطاة بالتربة الحمراء أو الكثبان الرملية المتحركة، ويتراوح سمك هذه الظهور بين (6-150) متر (عابد والوحاشي، 1999: 266)، وترتفع مناسيب السهل الساحلي تدريجياً بالاتجاه نحو الشرق حيث السفوح الجبلية، وتعتبر التكوينات الصخرية فيه بيئة

صـالحة لتكوين خزانات المياه الجوفية لذلك نجده منطقة تصـلح للزراعة طوال العام (مشـتهى واللوح، 2008: 92-91)، وقد بلغ اجمالي مسـاحة السـهل السـاحلي داخل منطقة الدراسـة 442.6 كم^2 بنسبة 60.8% من جملة مساحة الحوض (جدول 2.1).

جدول (2.1): فئات الارتفاع ومساحتها والنسبة المئوية بمنطقة الحوض.

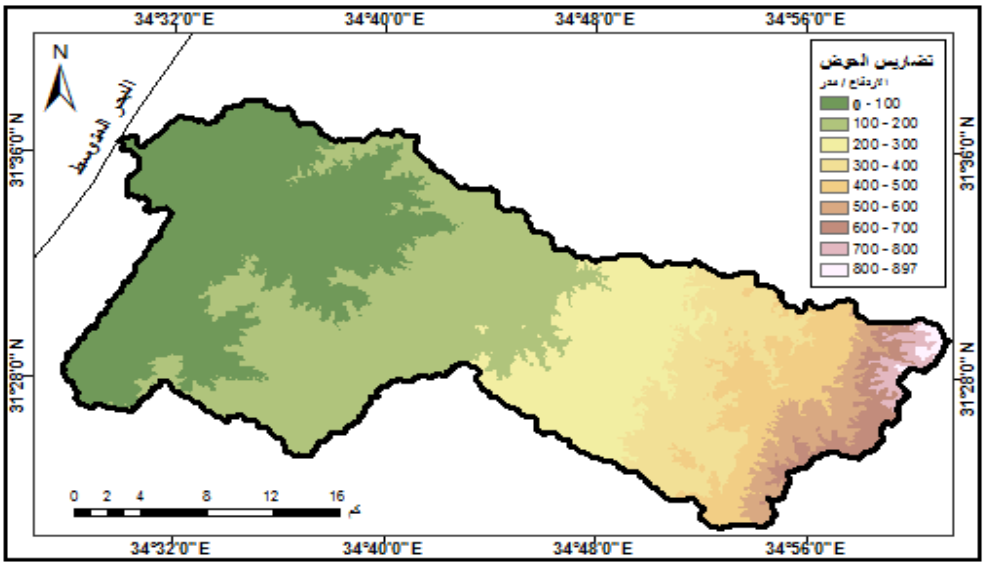
رقم	الارتفاع (م)	المساحة (كم^2)	النسبة المئوية (%)	القطاعات الثلاث
1	0-100	230	31.6	السهل الساحلي (%60.8)
2	100-200	212.6	29.2	
3	200-300	97.9	13.4	سفوح الجبال (%37.6)
5	300-400	74	10.1	
6	400-500	54.5	7.5	
7	500-600	28.9	4	
8	600-700	19.1	2.6	
9	700-800	8.3	1.1	قمم الجبال (%1.6)
10	800-900	3.4	0.5	
المجموع		**728.7**	**100**	

ب-السفوح الجبلية:

تقع إلى الشرق من السهل الساحلي، وتتميز بالانحدار التدريجي على عكس السفوح الشرقية المتجهة إلى انهدام البحر الميت (مشـتهى واللوح، 2008: 101)، وتعد منطقة الدراسـة جزء من القوس المحدب الذي يعرف باسم قوس الخليل- بيت لحم، وتمثل الجانب الطبيعي للالتواء الذي كون جبال الخليل والذي أثرت عليه عوامل التعرية كثيراً، لا سيما وأن معظم صـخوره السطحية كلسية (مشـتهى واللوح، 2008: 109)، تتوسـط منطقة السـفوح ما بين السـهل السـاحلي في الغرب وقمم الجبال في الشرق، ويتراوح ارتفاعها ما بين 200-700م فوق مستوى سطح البحر، وبلغ اجمالي مساحة تلك السفوح 274.4 كم^2، بنسبة 37.6 % من إجمالي مساحة الحوض (جدول 2.1).

ج- قمم الجبال:

تمثل قمم الجبال في الضـــفة الغربية خط تقســـيم المياه ما بين الأحواض النهرية الشـــرقية المتجهة إلى انهدام البحر الميت، والأحواض الغربية المتجهة إلى البحر المتوســـط، وقد بلغ أعلى نقطة ارتفاع بمنطقة الحوض 897 م فوق مستوى سطح البحر (شكل2.1)، وتتفاوت المناطق التي احتوت على قمم الجبال في الارتفاع ما بين (700-897) م بالحوض، وتبلغ مساحتها 11.7 كم^2 بنسبة 1.6% من إجمالي مساحة الحوض (جدول 2.1).

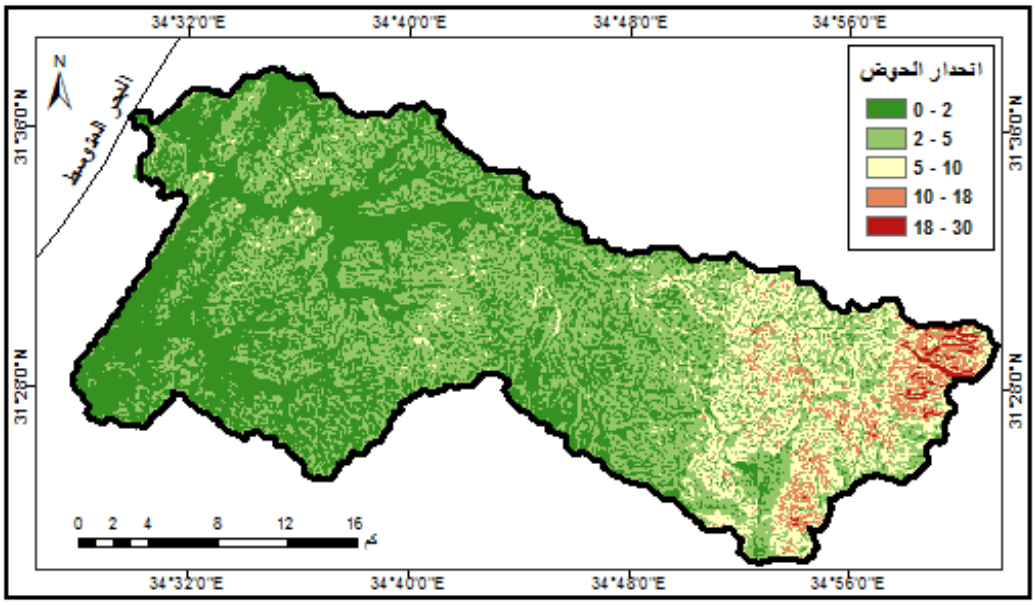


شكل (2.1): تصنيف ارتفاعات السطح بمنطقة الحوض.

2- انحدارات سطح الحوض: (Watershed Slop)

تعرف الانحـدارات بـأنهـا ميـل ســـطح الأرض داخـل الحوض عن المســـتوى الأفقي (Meshram and Khadse, 2015: 29)، وتعد نتـاجـاً لمجموعـة من العوامـل أهمهـا: المنـاخ ونوع الصـخر والعمليات التكتونية التي تعرض لها الحوض (Dhawaskar, 2015: 6)، وتعتبر ذات أهمية كبيرة في الدراسات الجيومورفولوجية، وذلك للعلاقة الوثيقة بينها وبين نشاط عمليات الحت والإرساب التي تسهم في بناء الأشكال الأرضية وتطورها (الجميلي، 81:2008)، كما تؤثر على كافة خصائص الشـبكة النهرية من معدل التشـعب والكثافة النهرية والتكرار النهري (ريان، 2014: 109)، وتلعب دوراً مهماً في تسريع وتيرة الجريان السطحي (Lalbiakmawia, 2015: 294)، حيث يصبح الجريان أكثر حدة مع زيادة الانحدار (Shultz, 2007: 30).

تم استخراج انحدار سطح منطقة الدراسة من خلال نموذج الارتفاع الرقمي DEM باستخدام برنامج ArcMap10.1 من خلال تنفيذ الأمر Slope من قائمة (Spatial Analyst Tools) (شكل 2.2).



شكل (2.2): انحدارات سطح حوض وادي الحسى.

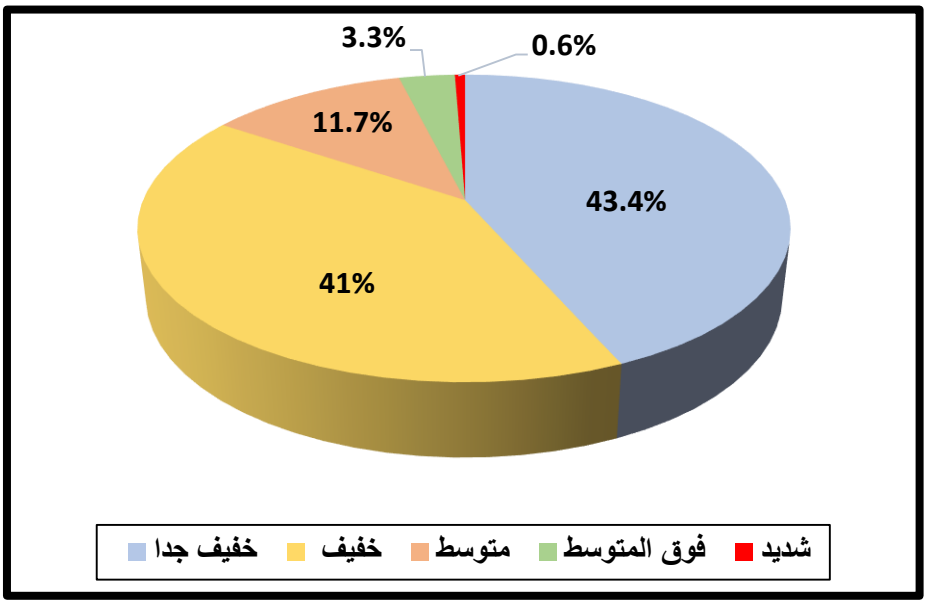
يتضح من شكل (2.2) أن أقل انحدار في الحوض بلغ 0° في منطقة المصب، بينما أعلى انحدار 27.5° في المناطق الشرقية، وبمتوسط انحدار 3.04°، وقد تم تصنيف الانحدار في الحوض إلى 7 فئات حسب تصنيف Young (1972) (جدول2.2).

ويتضح من جدول (2.2) وشكل (2.3) أن 84.4 % من مساحة الحوض تصنف على أنها خفيفة الانحدار أقل من 5°، وتوجد هذه الفئة في الجزء الأدنى والأوسط من الحوض، لوجود التكوينات الفيضية والحجر الرملي (الكركار) التي تستجيب لعمليات التعرية، وحوالي 11.7% من مساحة الحوض متوسطة الانحدار يتراوح انحدارها من ($5-10^{\circ}$) وتوجد في الجزء الأوسط من الحوض، وحوالي 3.9% منها شديدة الانحدار $10^{\circ}+$ وتوجد في الجزء الأعلى من الحوض حيث الصدوع والطية المحدبة، والصخور الجيرية والمارل والطباشير والدولميت والصوان المقاومة لعمليات التعرية.

جدول (2.2): تصنيف فئات الانحدار في منطقة الحوض.

رقم	فئات الانحدار بالدرجات	مساحته من الحوض ($كم^2$)	النسبة %	توصيف الانحدار حسب (Young)
1	0 – 2	316.3	43.4	انحدار شبه مستوي
2	2 – 5	298.7	41	انحدار خفيف
3	5 – 10	85.3	11.7	انحدار متوسط
4	10 – 18	24.1	3.3	انحدار فوق المتوسط
5	18 – 30	4.3	0.6	انحدار شديد
6	30 – 45	-----	-----	انحدار شديد جداً
7	45 – 90	-----	-----	انحدارات جرفية
	المجموع	728.7	100	

(Young, 1972: 172 والغاشي وآخرون، 2014: 34)



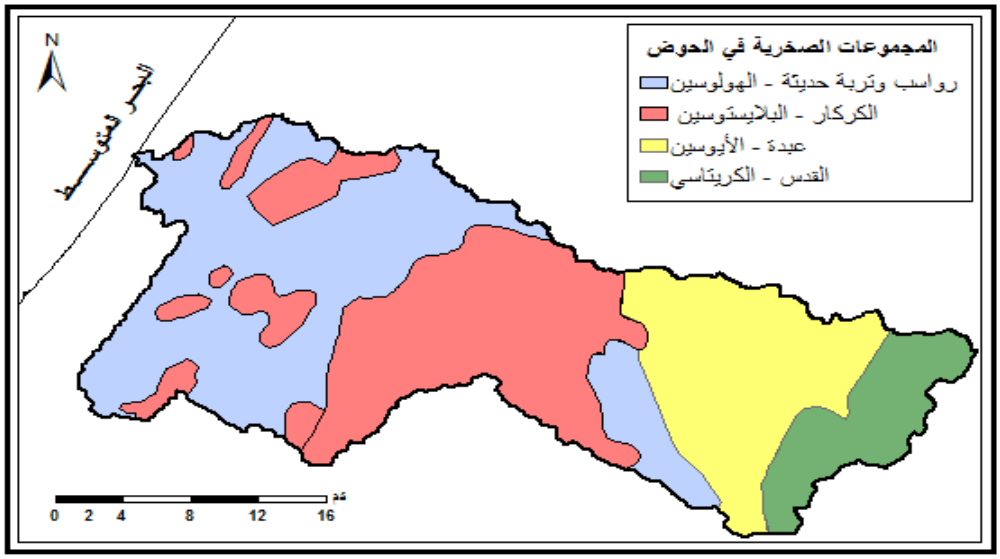
شكل (2.3): نسبة انحدار السطح لكل فئة في منطقة الحوض.

ثانياً: الجيولوجيا (Geology)

تتمثل الخصائص الجيولوجية في التكوين الصخري للحوض (Lithology) والذي يمثل نوعية الصخر (Rock Types)، كما تتضمن البنية الجيولوجية (Structure) بما تشمله من الالتواءات (Fold)، الصدوع (Fault)، الشقوق والفواصل (Joint)، وحركات الرفع والهبوط التكتونية التي تعرض لها الحوض خلال تاريخه الجيولوجي، إذ تؤثر العوامل الجيولوجية في العمليات الجيومورفولوجية السائدة في بيئة الحوض، كما تؤثر على مساحة الحوض وكثافة التصريف وشكل شبكة التصريف غيرها من الخصائص الشكلية والتضاريسية والمساحية للحوض (ريان، 2014: 30).

1- التكوين الجيولوجي: (Lithology)

يتبين من شكل (2.4) أن أقدم الصخور التي تظهر في منطقة الدراسة ترجع إلى فترة الكريتاسي من الزمن الجيولوجي الثاني (Mesozoic)، أما أحدث الصخور والرواسب فترجع إلى الى عصر الهولوسين والبلايستوسين (الحديث)، وبشكل عام تتألف صخور منطقة الحوض من صخور الكركار والإرسابات الحديثة، والصخور الطباشيرية والجيرية والمارل والدولميت والصوان (شكل2.5).



شكل (2.4): المجموعات الصخرية في حوض وادي الحسى.

المصدر: من إعداد الطالب بالاعتماد على الخريطة الجيولوجية لفلسطين (ملحق 1)

وبناء على العمر الجيولوجي للصـخور المنكشـفة في منطقة الدراسـة فقد تم تقسـيم تكويناتها الجيولوجية من الأقدم إلى الأحدث كما يأتي:

1.1 تكوينات العصر الكريتاسي: (Cretaceous)

تغطي التكوينات التابعة لهذا العصـر جزءاً كبيراً من مرتفعات وجبال فلسـطين (مشـتهى واللوح، 2008: 48)، وتقتصر تكوينات هذا العصر بمنطقة الدراسة على مجموعة القدس (Judea)، وتظهر مكاشف هذه التكوينات في أقصى شرق الحوض (شكل 2.4)، وتحتل ما نسبته 9.5% من مساحة الحوض، ويمتد عمرها بمنطقة الدراسة من أعلى الألبي فالسينوماني ومعظم التوراني (عابد والوشاحي، 1999: 73)، ويغلب على تكويناتها صـخور الحجر الجيري والدولميت والمارل والطباشـير (شـكل 2.5).

جدول (2.3): النسبة التي تغطيها تكوينات العصور الجيولوجية من مساحة الحوض

الحقبـة	العصر (الفترة)	المجموعة الجيولوجية	%	النسبة%
حقبة الحياة الحديثة (السينوزي) Cenozoic	الرباعي (Quaternary)		28.3	90.5
	الثلاثي (Tertiary)	الكركار (Kurkar)	43	
		عَبْدَة (Avedat)	19.2	
حقبة الحياة المتوسطة (الميروزي) Mesozoic	الكريتاسي (Cretaceous)	القدس (Judea)	9.5	9.5

1.2 تكوينات حقب الحياة الحديثة: (Cenozoic)

تشـكل ما نسـبته 90.5% من مسـاحة الحوض، وتقسـم إلى تكوينات تابعة للعصـر الثلاثي (Tertiary) وتكوينات تابعة للعصر الرباعي (Quaternary).

أ- تكوينات العصر الثلاثي: (Tertiary Rocks)

تتضمن تكوينات صخرية في معظمها من الصخور الطباشيرية، والصوان، بالإضافة إلى وجود مستحاثات النيموليت المختلطة بالحجر الجيري (ريان، 2014: 33)، تحتل ما نسبته 62.2% من مساحة الحوض، وتقتصر تكوينات هذا العصر بمنطقة الدراسة على مجموعتين هما مجموعة عبدة (Avedat Group) ومجموعة الكركار (Kurkar Group).

- **مجموعة عَبْدَة: (Avedat Group)**

هي المجموعة الأقدم في العصر الثلاثي، يمتد عمرها من أعلى الباليوسين حتى نهاية الأيوسين الأوسط Upper Paleocene-Middle Eocene (عابد والوشاحي، 1999: 90)، تغطي ما نسبته 19.2% من مساحة الحوض، وتظهر مكاشف تكويناتها في الجزء الأعلى من الحوض غرب مجموعة القدس (شكل2.4)، وتتكون صخورها بمنطقة الحوض من الصخور الطباشيرية، والحجر الجيري، والصوان (شكل2.5).

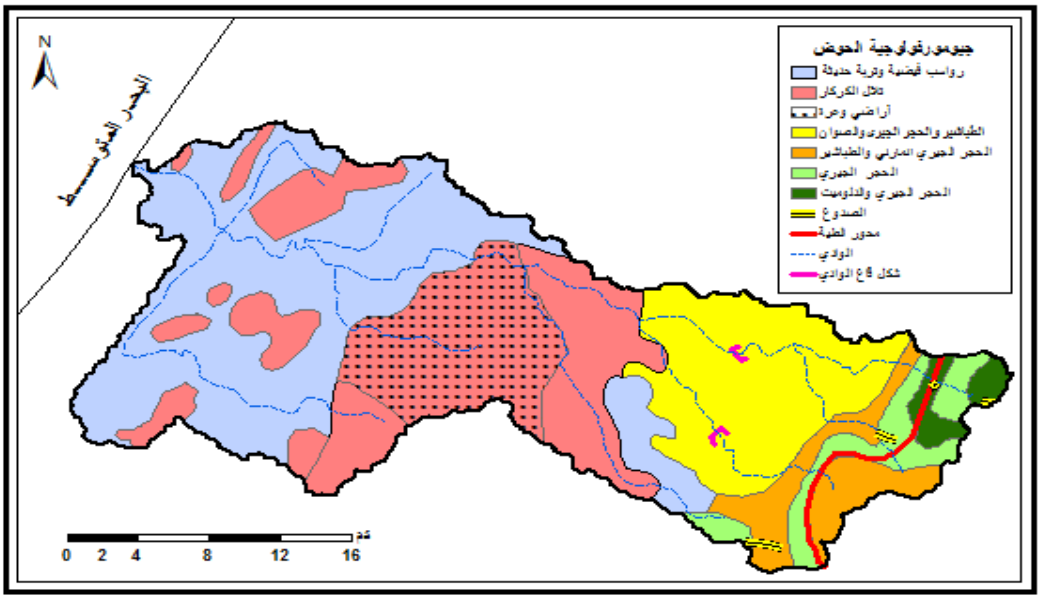
- **مجموعة الكركار: (Kurkar Group)**

تتبع هذه المجموعة لعصر البلايستوسين، وتوجد في الجزء الأوسط والأدنى من الحوض (شكل 2.4)، وتغطي ما نسبته 43% من مساحة الحوض (جدول 2.3)، وتتكون من صخور الكركار التي هي صخور رملية جيرية، ويبدو أنها كثبان رملية ساحلية تصلبت بفعل ترسبات مواد جيرية بحرية ربطت حبات الرمل فتماسكت، أما منشؤها فهو قاري بحري يدل على ذلك وجود كمية وافرة من المستحاثات البحرية في صخور الكركار، وتتكون مجموعة الكركار من جزء سفلي وجزء علوي فالجزء السفلي يتكون من رواسب بحرية وحجر رملي جيري يبلغ سمكه من 0-120 متر، أما الجزء العلوي فيتكون من الحجر الرملي الجيري ويتميز بشكل رئيس من رمال ورمال طمية، ويبلغ سمكها من 20 م في الشرق إلى 150م في الغرب أي يتضاعف السمك كلما اتجهنا غرباً ، كما تظهر في الجزء العلوي تعاقب من الحمرة (عابد والوشاحي، 1999: 100).

ب-تكوينات العصر الرباعي : (Quaternary Rocks)

تتمثل في الرسوبيات الحديثة Recent sediments التي تكونت في نهاية الزمن الجيولوجي الرابع (الهولوسين)، وتتكون طبقاته من تكوينات اللوس loess، والكثبان الرملية والرسوبيات الشاطئية، ورسوبيات الوديان، ورواسب حصوية، ويبلغ سمك طبقاته 25 متراً، وهي صخور منفذة

للمياه بسرعة نحو الطبقات الصخرية الأسفل منها والمكونة للخزان المائي الجوفي (مشتهى واللوح، 2008: 65)، وتنتشر في مناطق واسعة من الحوض تشمل غرب ووسط الحوض (شكل2.4) بمساحة تقدر ب 206.2 كم^2 بنسبة 28.3% من مساحة الحوض (جدول2.3).



شكل (2.5): جيومورفولوجية حوض وادي الحسى.

المصدر: إعداد الطالب عن الخرائط التالية:

— الخريطة الجيومورفولوجية لفلسطين لعام 1978 (ملحق 2)

— خرائط طبوغرافية لمنطقة الدراسة (لوحات عسقلان، عراق المنشية، العراقيب، شرق غزة، السموع) أنتجت عام 2008 (ملاحق 7-3).

2- البنية الجيولوجية للحوض: (Structure)

تعرضت بلاد الشام ومنها فلسطين في الزمن الجيولوجي الثاني والثالث لعمليات طي كبيرة شكلت ما يعرف بالقوس السوري والذي تقع منطقة الدراسة على هوامشه الجنوبية، والذي هو عبارة عن نظام من الطيات يمتد من سيناء مروراً بفلسطين والأردن وسوريا، وقد تشكل هذا القوس نظراً لتحرك الصفيحة الافريقية شمالاً والتي كانت جزيرة العرب وبلاد الشام في مقدمتها مما أدى إلى تراجع مياه بحر تيثس وحدوث عملية الطي، وتزامنت هذه العملية مع حركة الرفع التي أدت إلى تشكل جبال الألب، وقد ترتب على التضاغط الناتج عن التقاء التكوينات الرسوبية على صخور

القاعدة في شبه جزيرة سيناء أن تشكلت البنية الالتوائية بمنطقة ذلك الالتقاء وفي منطقة الدراسة التي تقع على أطرافها (العدرة، 2007: 47).

2.1 الطيات: (Flods)

تقع منطقة الدراسة في جنوب الوسط الفلسطيني الواقع جيولوجياً ضمن نطاق الطيات العائدة في نشأتها للحركات التكتونية التي أثرت على المنطقة ابتداء من الكريتاسي الأعلى وحتى أواخر الزمن الثالث (العدرة، 2007: 48)، ويتضح من الخريطة الجيومورفولوجية لمنطقة الدراسة شكل (2.5) أن الصدوع قليلة الانتشار مقارنة مع الطيات، أي أن المنطقة يغلب عليها الحركات الالتوائية وليست الصدعية، لذلك فان حركة الطي وما صاحبها من تصدع لعبت دوراً أساسياً في رسم الإطار البنيوي للمنطقة.

2.2 الصدوع: (Faults)

تعتبر منطقة الدراسة قليلة التصدع مقارنة مع باقي المناطق الفلسطينية، ويسود المنطقة نمط من الصدوع يعرف بنظام التصدع الأريتري Erythrean Fault System، والذي حدث في عصر الميوسين حتى البلايوسين، واشتمل على عدد من الصدوع التي تمتد باتجاه شمال غرب –جنوب شرق، بالإضافة إلى عدد من الصدوع المستعرضة التي تمتد شرق –غرب (عابد والوشاحي، 1999: 192). ويلاحظ من شكل (2.5) أن الصدوع تنتشر في أقصى شرق الحوض حيث صخور الحجر الجيري الصلبة، وأنها تتميز بقصرها، إذ لا يزيد طول الكثير منها عن 1كم، ويتضح من ملحق (9) أن شكل واتجاه منطقة الدراسة تأثر بالحركة الصدعية العرضية التي تعرضت لها فلسطين في النصف الثاني من الزمن الجيولوجي الثالث (الميوسين وحتى البليوسين)، وقد أشار Dhawaskar (2015: 1) إلى تأثير توجيه الصدوع في شكل الحوض.

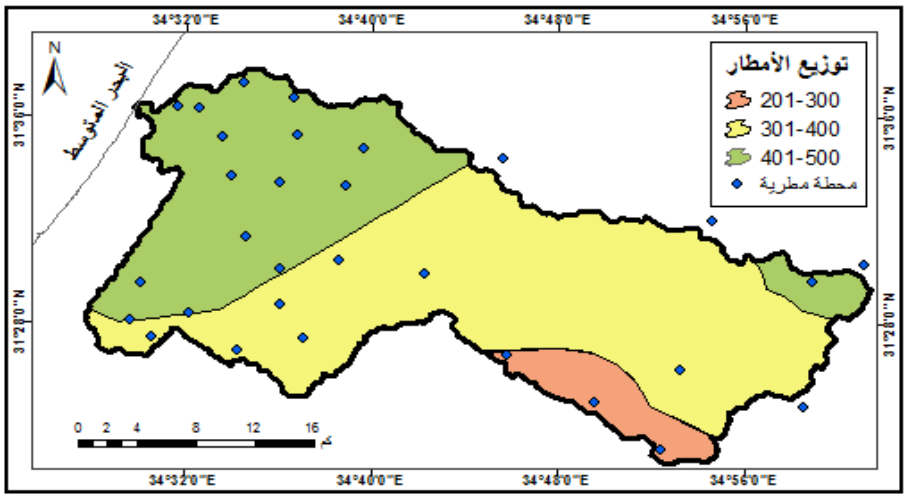
ثالثاً: المناخ (Climate)

تقع منطقة الدراسة حسب تصنيف كوبن ضمن إقليم البحر المتوسط والذي يعتبر مناخ شبه جاف (Cohen, et al., 2008: 190)، ويمتاز بمناخ حار جاف صيفاً وشتاء دافئ وممطر (Qannam, 2003: 93)، وقد تم استخلاص بيانات منطقة الدراسة المتعلقة بالأمطار من محطتين مناخيتين هما محطة دورا الموجودة في الجزء الأعلى من الحوض على ارتفاع 888م، ومحطة بيت حانون في الجزء الأدنى من الحوض على ارتفاع 61م، إضافة لخريطة توزيع الأمطار في فلسطين

(ملحق9)، أما البيانات المتعلقة بالحرارة والرطوبة النسبية والتبخر فقد تم استخلاصها من محطتين مناخيتين هما محطة غزة بالقرب من الجزء الأدنى من الحوض على ارتفاع 13م، ومحطة الخليل بالقرب من الجزء الأعلى من الحوض على ارتفاع 1005م.

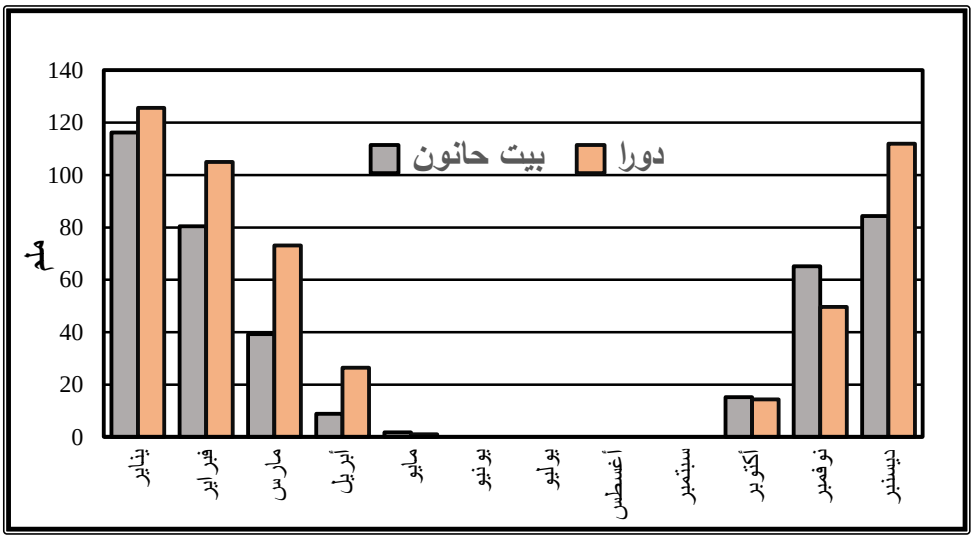
1-الأمطـار:

يبلغ متوسط الأمطار السنوية في منطقة الدراسة 350 ملم، وتسقط غالباً ما بين شهري أكتوبر ومايو (Cohen, et al., 2008: 190)، حيث تتأثر المنطقة بالمنخفضات الجوية التي تجذب إليها الرياح الجنوبية الغربية والغربية المشبعة بالأبخرة لمرورها فوق البحر المتوسط (الحمامدة، 2003 : 78)، أما عدد الأيام الماطرة فهي قليلة، ولا تتجاوز 40 يوم/ السنة (Cohen, et al., 2008: 191)، ويتضح من شكل (2.6) أن الأمطار تتباين في منطقة الدراسة من مكان لآخر حيث تزداد في الجهة الغربية والشمالية الشرقية، وتتراوح ما بين 401-500 ملم/السنة، ويعزى ذلك لقرب الجهة الغربية من المؤثرات البحرية القادمة من البحر المتوسط، أما الجهة الشمالية الشرقية لعامل الارتفاع حيث يصل ارتفاعها إلى897م فوق مستوى سطح البحر، وبالتالي فإن أمطارها تضاريسية، في حين تتناقص بالاتجاه من الغرب إلى الشرق بسبب الابتعاد عن المؤثرات البحرية القادمة من البحر المتوسط، وكذلك بالاتجاه من الشمال إلى الجنوب بسبب القرب من صحراء النقب وسيناء (الموسى، 2002: 103).



شكل (2.6): متوسط الأمطار ملم/السنة في الحوض (1981-2010)

المصدر: من اعداد الطالب بالاعتماد على خريطة توزيع الأمطار في فلسطين (ملحق10)



شكل (2.7): متوسط الأمطار الشهرية في محطتي دورا وبيت حانون (1974-2014)

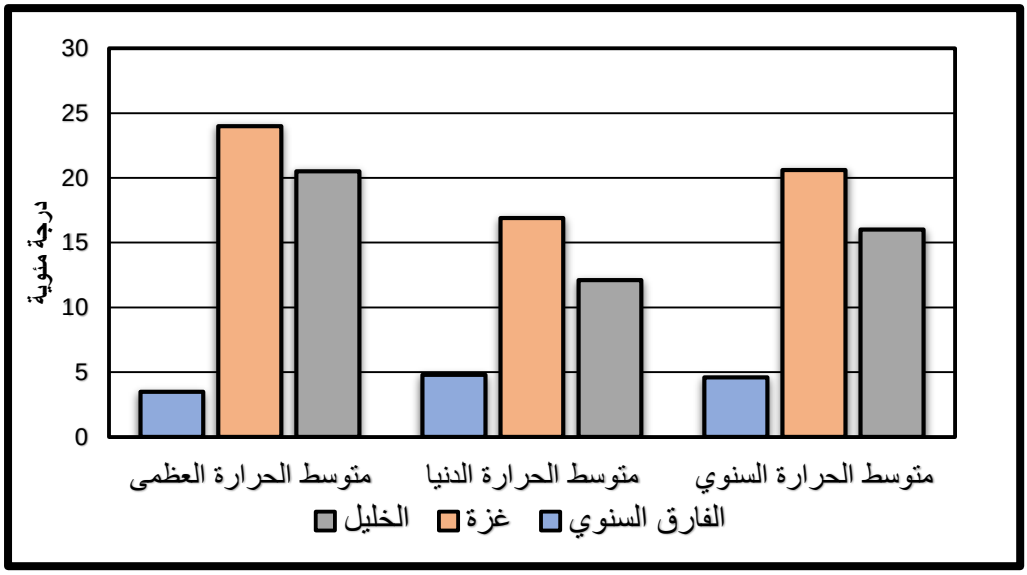
المصدر: من اعداد الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق (11)

يتبين من (شكل 2.7) أن 80% من إجمالي الأمطار السنوية تسقط في فصل الشتاء ما بين شهري ديسمبر ومارس لتأثير المنخفضات الجوية القادمة من البحر المتوسط، وأن شهر يناير يسجل أكبر متوسط تساقط سنوي في محطتي دورا وبيت حانون، بينما يكون شهر مايو الأقل مطراً في كلا المحطتين، كما يتبين أن فصل الصيف يخلو من التساقط بسبب هيمنة الضغط الجوي المرتفع الأزوري على المنطقة، ووجود بعض المنخفضات الحرارية ذات النشأة الصحراوية (الموسى، 2002: 124).

2- الحرارة: (Temperature)

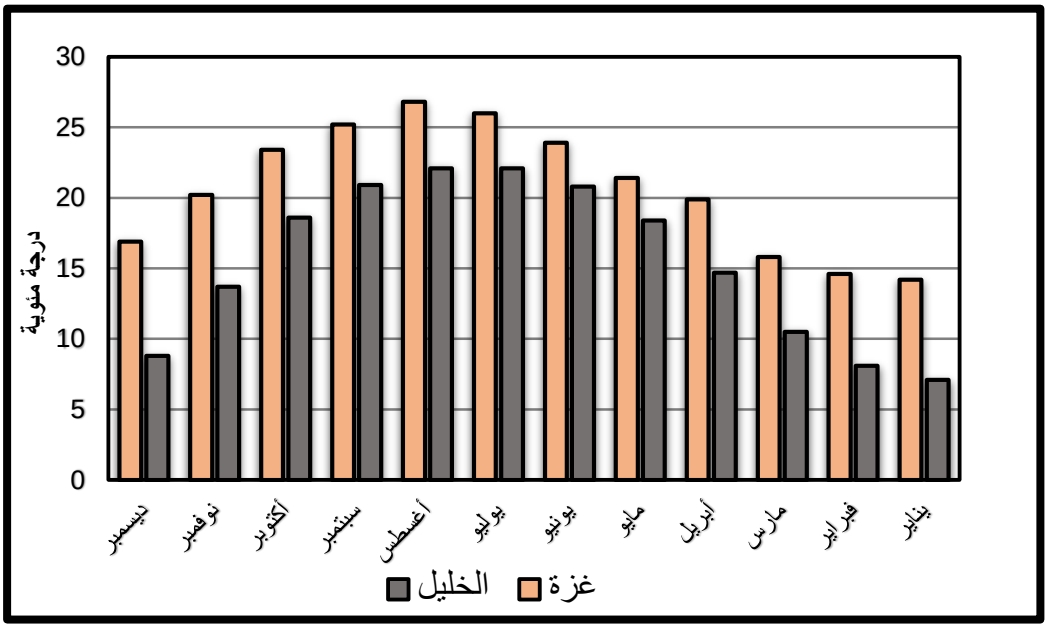
تؤثر درجات الحرارة على العمل النهري بشكل مباشر وغير مباشر، حيث تؤثر على نسبة الفاقد من مياه الجريان السطحي من خلال عملية التبخر، كما أن الفارق في المدى الحراري اليومي والشهري والسنوي يؤدي إلى نشاط عمليات التجوية الميكانيكية مما يزيد من كمية الرواسب النهرية (ريان، 2014: 39). ويتبين من شكل (2.8) أن الفارق السنوي في المتوسطات السنوية لدرجات الحرارة بين محطة الخليل ومحطة غزة بلغ 4.6°م لصالح محطة غزة، ويعزى ذلك إلى ارتفاع محطة الخليل عن مستوى سطح البحر، حيث ارتفاعها 1005م، بينما يتضح من شكل (2.9) أن شهر أغسطس هو أحر شهور السنة، وأن شهر يناير هو أبردها، وأن درجات الحرارة في محطة غزة

أعلى من محطة الخليل في جميع شـهور السـنة، ويرجع ذلك لعامل التضـاريس حيث سـاهم ارتفاع منطقة الخليل 1005م عن مستوى سطح البحر على خفض درجة حرارتها.



شكل (2.8): متوسط درجة الحرارة السنوي في محطتي غزة والخليل (1975-2008)

المصدر اعداد الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق (12)



شكل (2.9): متوسط درجات الحرارة الشهرية في محطتي غزة والخليل

المصدر: اعداد الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق (13)

وتعد المتوسطات الحرارية قليلة الأهمية من الناحية الجيومورفولوجية؛ لذلك سيتم دراسة الأرقام المطلقة والتي تمثل النهايات العظمى والدنيا لدرجات الحرارة والتي يمكن أن تعطي فكرة عن التطرف المناخي والمدى الحراري ذي الأثر الكبير في العمليات الجيومورفولوجية وتشكيل مظاهر سطح الأرض. ومن الجدير بالذكر أن التباينات الحرارية الشهرية المطلقة تقل في فصل الصيف؛ حيث تبقى النهايات الدنيا المطلقة حول المتوسط السنوي للحرارة، بسبب الاستقرار الحراري العام، وهيمنة الضغط الجوي المرتفع الأزوري على المنطقة، في حين تزداد هذه التباينات في معظم الأشهر الأخرى من السنة خاصة في الشتاء بسبب تأثير المنخفضات الجوية (جدول 2.4).

جدول (2.4): المتوسط العام لدرجات الحرارة المطلقة في محطتي الخليل وغزة.

الشهر	الحرارة المطلقة العظمى		الحرارة المطلقة الدنيا		المدى المطلق	
	الخليل	غزة	الخليل	غزة	الخليل	غزة
يناير	21.4	26.4	-1	5.9	22.4	20.5
فبراير	21	30.4	-3	6.8	24	23.6
مارس	23.6	33.6	-0.5	7.7	24.1	25.9
أبريل	32.6	25.8	1	10.2	31.6	15.6
مايو	34	36.7	6.5	13.8	28.5	22.9
يونيو	33.5	33.8	10	17.8	23.5	16
يوليو	38	32.8	13	21	25	11.8
أغسطس	33.4	31.6	12	21.8	21.4	9.8
سبتمبر	34.6	32.8	12	19.8	22.6	13
أكتوبر	31.6	33.1	9	15.2	22.6	17.9
نوفمبر	31.6	30.2	2	11.2	29.6	19
ديسمبر	22	28.5	-0.4	7.5	22.4	21
المتوسط	**29.8**	**31.3**	**5.1**	**13.2**	**24.8**	**18**

المصدر: الجهاز المركزي للإحصاء الفلسطيني، 2007: 11-13

يتبين من دراسة بيانات جدول (2.4) ما يأتي:

- سجلت محطة الخليل أعظم مدى حراري مطلق خلال العام في شهر أبريل 31.6°م، بينما يكون في شهر مارس 25.9° في محطة غزة، ويرجع ذلك إلى تأثير رياح الخماسين الحارة التي تعمل على إيجاد تباينات حرارية شديدة أثناء فترات هبوبها على المنطقة مع بدايات فصل الربيع.
- سجلت أعلى درجة حرارة مطلقة في شهر يوليو 38° في محطة الخليل، بينما تكون في شهر أغسطس 21.8° في محطة غزة، أما أدنى درجة حرارة مطلقة سجلت في شهر فبراير 3°- في محطة الخليل، بينما تكون في شهر يناير 5.9° في محطة غزة، وقد نتج عن ذلك كبر المدى الحراري السنوي المطلق والذي بلغ 41° م في محطة الخليل، و27.9°م في محطة غزة.
- ينخفض المدى الحراري الشهري المطلق بشكل عام في محطة غزة عنه في محطة الخليل، وذلك لقرب محطة غزة الواقعة غرب الحوض من المؤثرات البحرية التي تعمل على اعتدال الحرارة.

3- الرطوبة النسبية: (Relative Humidity)

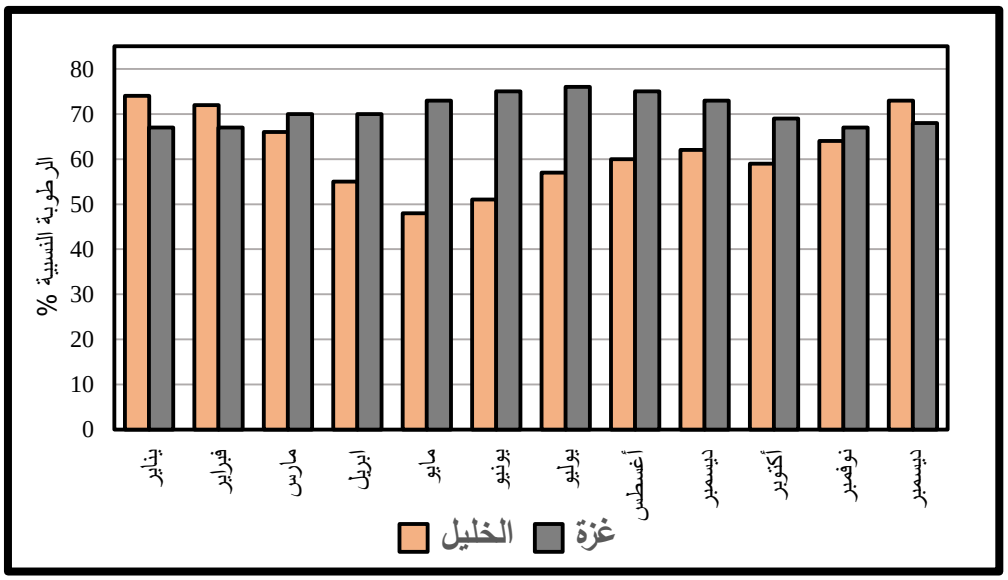
تعد الرطوبة النسبية أهم مقياس مستخدم مناخياً للتعبير عن كمية بخار الماء الموجود في الجو، ودرجة تشبع الهواء ببخار الماء (الموسى، 2002: 52). ويعتبر الهواء جافاً إذا كانت رطوبته أقل من 50%، ومتوسط الرطوبة إذا كانت رطوبته بين 60-70%، ورطب أو شديد الرطوبة إذا زادت رطوبته عن 70% (الحمامدة، 2003: 94).

يتبين من شكل (2.10) وملحق (15) ما يأتي:

- يبلغ المتوسط السنوي للرطوبة النسبية 69.2% في محطة غزة، بينما يكون 61.5% في محطة الخليل، ويعني ذلك أن منطقة الدراسة متوسطة الرطوبة النسبية، وأن الرطوبة النسبية تتناقص من الساحل إلى الداخل بسبب البعد عن البحر المتوسط (الموسى، 2002: 52).
- تسجل الرطوبة النسبية متوسطات أكثر من 70% في محطة غزة خلال أشهر فصل الصيف، بينما تسجل متوسطات أقل في محطة الخليل من 60-50% وذلك لبعدها عن التأثير البحري، وارتفاع درجة حرارتها المطلقة العظمى مقارنة بمحطة غزة في فصل الصيف (جدول 2.4)، وقد

أشـار الموسـى (2002: 60) إلى انخفاض الرطوبة النسـبية مع تزايد درجة الحرارة حيث تزداد مقدرة الهواء على حمل المزيد من بخار الماء بارتفاع درجة الحرارة.

— تسجل الرطوبة النسبية متوسطات أكثر من 70% في محطة الخليل وتفوق مثيلاتها في محطة غزة في فصـل الشـتاء بسـبب عامل انخفاض درجة الحرارة (الموسـى، 2002: 52)، حيث سـاهم ارتفاع منطقة الخليل 1005م عن مستوى سطح البحر على خفض درجة الحرارة فيها، وبالتالي قلة مقدرة الهواء على حمل بخار الماء (الموسى، 2002: 62).



شكل (2.10): المتوسط الشهري للرطوبة النسبية في محطتي غزة والخليل

المصدر: من اعداد الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق (14)

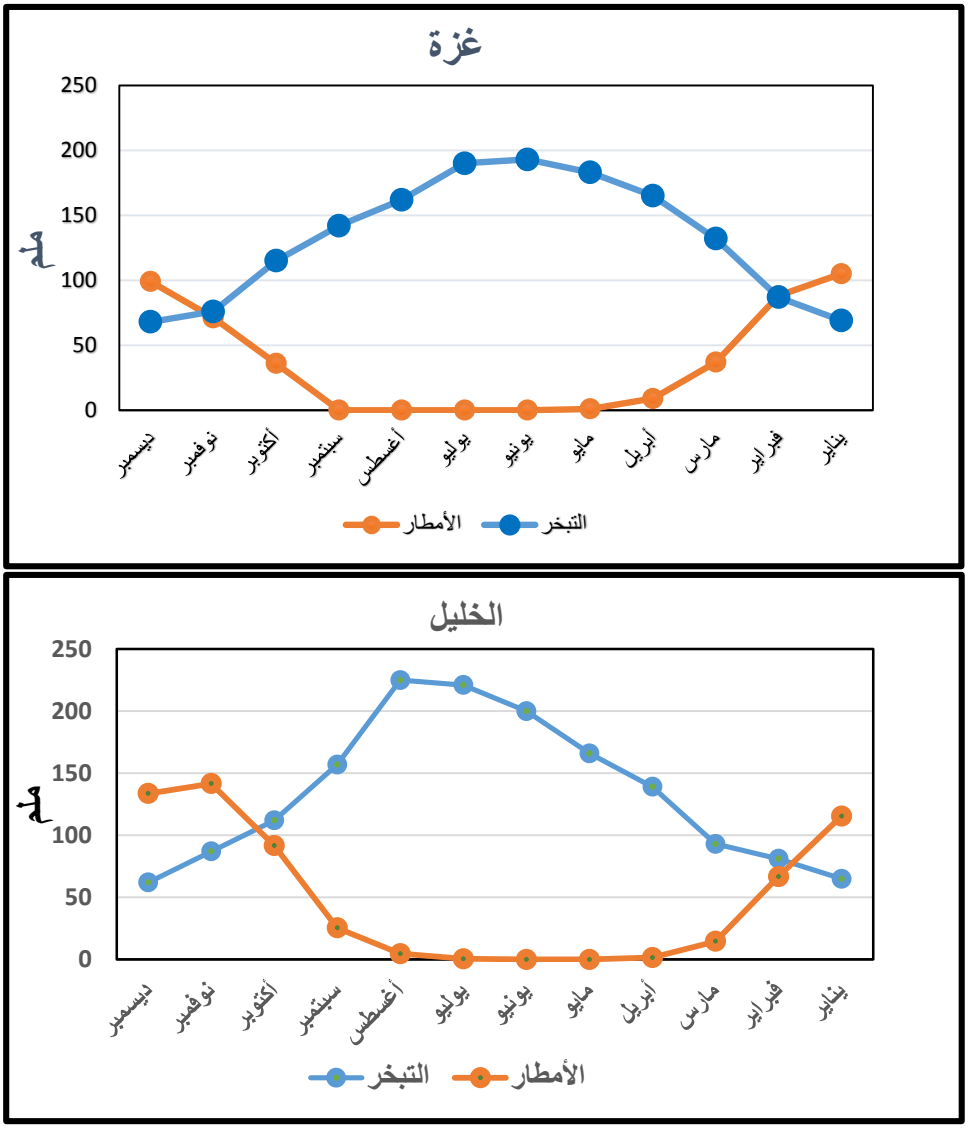
4- التبخـر: (Evaporation)

تختلف كمية التبخر في منطقة الدراســـة من مكان لآخر، حيث تزداد في الجزء الأعلى من الحوض عن الجزء الأدنى، فقد وصلت كمية التبخر في محطة غزة إلى 1652.2 ملم/السنة، بينما ارتفعت في محطة الخليل إلى 1774.2 ملم/السنة (ملحق16).

يتضح من شكل (2.11) ما يلي:

— ارتفاع كمية التبخر في الجزء الأعلى من الحوض في فصل الصيف (يونيو، يوليو، أغسطس)، ويعود ذلك إلى انخفاض الرطوبة النسـبية (شـكل 2.10)، وازدياد درجة الحرارة المطلقة العظمى صيفاً (جدول 2.4).

- ازدياد متوسطات الأمطار على متوسطات التبخر في موسم المطر من شهر نوفمبر حتى يناير في محطتي غزة والخليل، بينما تزداد متوسطات التبخر في باقي أشهر السنة، مما يشير لوجود عجز مائي في منطقة الحوض في معظم شهور السنة.
- إن الفارق في التبخر بين الجزء الأعلى والأدنى للحوض محدود جداً، ويشكل 3.6% فقط، كنتيجة للتباينات المحدودة في درجات الحرارة والرطوبة النسبية بين الجزء الأعلى والأدنى من الحوض.



شكل (2.11): المتوسط الشهري للتبخر والأمطار في محطتي غزة والخليل

المصدر من اعداد الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق (17)

رابعاً: التربة (Soil)

توجد ثمانية أنواع من التربة في الحوض جدول (2.5) وشكل (2.12) تتمثل في:

1- تربة التراروسا (الحمراء): Terra Rossa

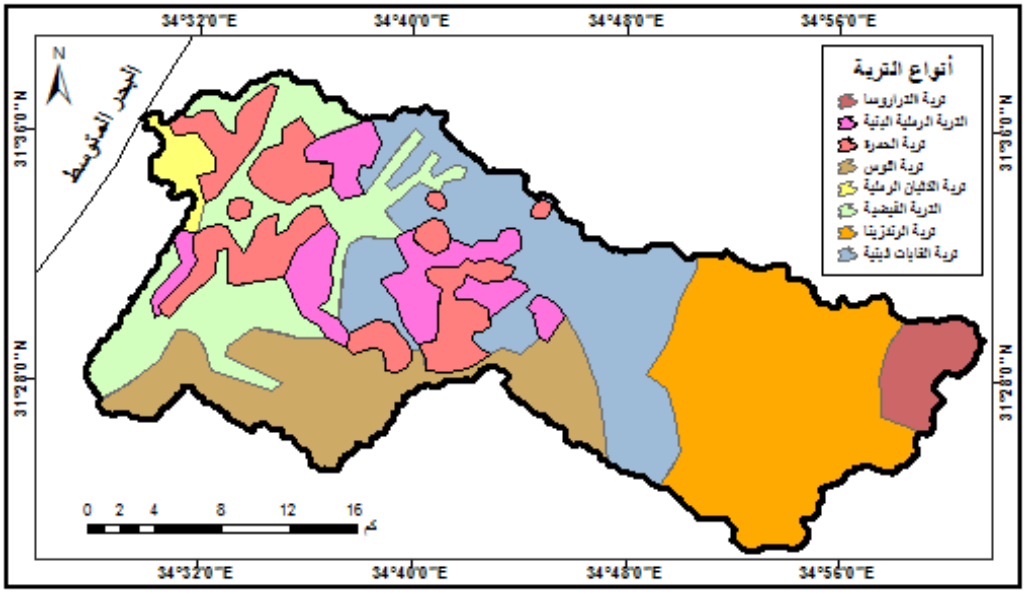
تعرف باسم تربة البحر المتوسط، أو التربة الحمراء، وتوجد في الجزء الأعلى أقصى شمال شرق الحوض (شكل 2.12)، وتغطي حوالي 3.3% من مساحة الحوض (جدول 2.5)، تنشأ من عملية غسل الصخور الجيرية أو الدلوميتية بمياه الأمطار (عابد والوشاحي، 1999: 325)، وتأخذ لونها الأحمر من لون أكاسيد الحديد الموجودة فيها (مشتهى واللوح، 2008: 261)، ويتباين سمكها ما بين 0.5-2م حسب انحدار المكان الموجودة فيه (Shadeed, 2008: 41)، وتتميز باحتوائها على نسبة عالية من الطين، وقدرتها على خزن المياه والاحتفاظ بالرطوبة، أي أن فرصة جريان الماء فوقها أكثر من تسربه فيها (العدرة، 2007: 25).

جدول (2.5): مساحة أنواع التربة بمنطقة الحوض.

نوع التربة	المساحة كم^2	النسبة %
تربة التيراروسا (Terra Rossa)	24.1	%3.3
تربة الرنديزينا (Brown Soil)	182.2	%25
تربة الحمرة (Hamra Soils)	66.3	%9.1
الكثبان والتربة الرملية (Sandy Soil)	18.9	%2.6
تربة اللوس (Loess)	112.2	%15.4
التربة ذات الأفق الطيني (لوفيسول فرتسك)	134.1	%18.4
التربة الرملية البنية (Nazzaz Soils)	58.3	%8
التربة الفيضية: (Alluvial Soil)	132.6	%18.2
المجموع	728.7	%100

2- تربة الرنديزينا: (Brown Soil)

تعرف باسم التربة البنيـة، وتغطي ما نسبته 25% من مساحة الحوض (جدول 2.5)، وتوجد في الجزء الأعلى من الحوض (شكل 2.12)، وتتكون بشكل أساسي من الصخور الطباشيرية اللينة والصـلبة (Salim, 2007: 114)، ويتراوح سـمكها ما بين 0.5-2 م (Shadeed, 2008: 41)، ويقترن وجودها بمناطق التربة الحمراء إلى حد ما إلا أنها تختلف عن التربة الحمراء في صـفاتها فهي أكثر سـمكاً من التربة الحمراء وأكثر غنى بالمواد العضـوية (الدبال) (عابد والوشـاحي، 1999: 327)، كما ترتفع بها نسـبة الجير، وذلك لعدم تعرضـها للغسـل بمياه الأمطار كما هو الحال بالنسـبة للتربة الحمراء، مما قلل من قدرتها على اختزان الماء وأضعف خصوبتها؛ لأن الجير يتميز بنفاذيته العالية للمياه (العدرة، 2007: 26).



شكل (2.12): أنواع التربة في منطقة الدراسة

المصدر: من إعداد الطالب بالاعتماد على خريطة التربة لفلسطين (ملحق 8)

3- تربة الحمرة: (Hamra Soils)

تغطي ما نسـبته 9.1% من مسـاحة الحوض، وتقع بين ظهور الكركار أو متطبقة معه في الجزء الأوسط والأدنى من منطقة الحوض (شكل 2.12)، وتتكون أساساً من حبات الرمل (المرو أو الكوارتز) الملونة باللون الأحمر بسـبب تغليفها بطبقة رقيقة من أكاسـيد الحديد الأحمر

(الهيماتيت)، وتحتوي على كميات قليلة من الطين وفقيرة بالدبال، وكان الاعتقاد السائد أنها ناتجة عن تجوية صخور الكركار لكن تبين أنها تشكلت في عصر البلايستوسين، وتعد من أجود أنواع الترب لزراعة الحمضيات (عابد والوشاحي، 1999: 336).

4- الكثبان والتربة الرملية: (Sandy Soil)

تغطي حوالي 2.6% من مساحة الحوض (جدول 2.5)، وتوجد في منطقة المصب غرب الحوض (شكل 2.12)، وتتكون أساساً من حبات الرمل المكونة من معدن المرو (كوارتز)، وتشكلت بسبب حركة الرياح الجنوبية – الجنوبية الغربية حاملة الرمال من الجنوب من سواحل سيناء وجنوب شرق فلسطين، وقد تكون هذه الرمال أصلاً ناتجة عن حت الصخور الرملية التابعة لتكوينات الحجر الرملي النوبي التابعة للحقب الأول (عابد والوشاحي، 1999: 278). سمك هذه الرمال قد يصل في بعض الحالات إلى 50 متر خاصة في الكثبان الرملية (عابد والوشاحي، 1999: 339)، وتتميز بنفاذية عالية للمياه، وهي غير صالحة للزراعة بوضعها الطبيعي حيث تفتقر إلى العناصر المعدنية والمواد العضوية اللازمة للنبات (مشتهى واللوح، 2008: 270).

5- تربة اللوس: (Loess)

تعرف بالتربة الهوائية، حيث يقترن وجودها بتكوينات اللوس التي تكونت في الفترات المناخية الجافة التي حدثت في عصر البلايستوسين، تتكون أساساً من الرمل (الكوارتز) المخلوط بالقليل من الطين والكالسيت (مشتهى واللوح، 2008: 270). تغطي ما نسبته 15.4% من مساحة الحوض (جدول 2.5)، وتوجد في الجزء الجنوبي من وسط وغرب منطقة الحوض (شكل 2.12)، وتزرع بالشعير والقمح على مياه الأمطار، وبالري فإنه تزرع فيها الكثير من المحاصيل الزراعية (عابد والوشاحي، 1999: 348).

6- **التربة ذات الأفق الطيني** Lv: (لوفيسول فرتسك)

تغطي ما نسبته 18.4% من مساحة الحوض (جدول 2.5)، وتسمى لوفيسول فرتسك، وهي من مجموعة ترية الغابات البنية، تمتد من شمال قطاع غزة حتى مدينة اسدود تقريباً، وبعرض السهل الساحلي (مشتهى واللوح، 2008: 259)، وتوجد إلى الغرب من تربة الرنديزينا في الجزء الأوسط والأدنى من منطقة الحوض (شكل 2.12).

7- التربة الرملية البنية: (Nazzaz Soils)

تغطي ما نسبته 8% من مساحة الحوض (جدول2.5)، وتوجد في الجزء الأدنى من الحوض مع تربة الحمرة حيث تحتل المنخفضات الصغيرة بين ظهور الكركار(شكل2.12)، وهناك شبه اتفاق أن هذه التربة تكونت بفعل عملية غسل للتربة الحمراء أو الصخور الرملية الجيرية (عابد والوشاحي، 1999: 337)، تتميز بارتفاع نسبة الرطوبة، وإذا وصل منسوبها إلى منسوب الماء الباطني فإنها تتشبع بالرطوبة، ولا تحتاج المزروعات فيها للري، وتشبه في هذه الخاصية تربة المواصي في قطاع غزة (مشتهى واللوح، 2008: 267).

8- التربة الفيضية: (Alluvial Soil)

تغطي ما نسبته 18.2% من مساحة الحوض (جدول2.5)، تشكلت بفعل المياه الجارية حيث تقوم المياه المنحدرة من الجبال بنقلها من المناطق الجبلية إلى المناطق الأقل انخفاضاً، وتتميز بأنها تربة خصبة وترتفع فيها نسبة الطين، وقد يوجد فيها بعض الحصى، كما تعتبر غنية بالمواد العضوية والمعدنية، وتحتفظ بنسبة عالية من الرطوبة لذلك لا تحتاج إلى كمية كبيرة من مياه الري (مشتهى واللوح، 2008: 268-267).

الخلاصة:

تم في هذا الفصل دراسة الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة، وهي السطح والجيولوجيا والمناخ والتربة، وتبين أن الحوض يشمل ثلاث قطاعات من التضاريس هي السهل الساحلي في الغرب، وقمم الجبال في الشرق، وسفوح تلك الجبال في الوسط، وتبين أن انحدار السطح يختلف من مكان لآخر، حيث حوالي 84.4% من مساحة الحوض خفيفة الانحدار وتوجد في الجزء الأدنى من الحوض لوجود الرواسب الفيضية وصخور الكركار قليلة المقاومة للتعرية، وحوالي 11.7% متوسطة الانحدار، وتوجد في الجزء الأوسط، و3.9% انحدارها شديد، وتوجد في الجزء الأعلى من الحوض لوجود الصدوع والطية المحدبة، وصخور الحجر الجيري والمارل والطباشير والدولميت والصوان المقاومة للتعرية. كما تبين أن أقدم الصخور في منطقة الحوض ترجع إلى فترة الكريتاسي من الزمن الجيولوجي الثاني (Mesozoic)، أما أحدثها فترجع إلى الى عصر الهولوسين و البلايستوسين (الحديث)، وأنها تتألف بشكل عام من صخور الكركار والإرسابات الحديثة، والصخور الطباشيرية والجيرية ومشتقاتها، وأن المنطقة يغلب عليها الحركات الالتوائية وليست الصدعية. ويصنف الحوض حسب كوبن ضمن إقليم البحر المتوسط وبالتالي مناخه شبه جاف، وأن متوسط الأمطار الساقطة عليه 350 ملم/ السنة، وأنها غالباً تسقط ما بين شهري أكتوبر ومايو، وأنها تتباين من مكان لآخر في منطقة الحوض حيث تزداد في الجهة الغربية والشمالية الشرقية من الحوض وتتراوح ما بين 401-500 ملم/السنة، وتتناقص بالاتجاه من الغرب إلى الشرق وبالاتجاه من الشمال إلى الجنوب. وتبين أن شهر أغسطس هو أحر شهور السنة، وأن شهر يناير هو أبرد شهور السنة، وتوجد في منطقة الحوض ثمانية أنواع من التربة أكثرها انتشاراً هي تربة الرنديزينا وتغطي وحدها ما نسبته 25% من مساحة الحوض، أما الكثبان والتربة الرملية فكانت الأقل انتشاراً في الحوض وتمثل حوالي 2.6% من مساحة الحوض.

الفصل الثالث

الخصائص المساحية والشكلية لحوض وادي الحسى

(Areal and Shapes Characteristics of Al-Hasa Wadi Basin)

مقدمة

أولاً: الخصائص المساحية لحوض وادي الحسى.

1- مساحة حوض الوادي (Wadi Al-Hasa Area)

2- أبعاد حوض التصريف (Basin Parameters)

ثانياً: الخصائص الشكلية لحوض وادي الحسى.

1- معامل الاستطالة (Elongation Ratio)

2- معامل الاستدارة (Circularity Ratio)

3- معامل الشكل (Form Factor Ratio)

4- معامل الاندماج (Compactness Coefficient)

الخلاصة

مقدمة:

سيتم في هذا الفصل دراسة الخصائص المساحية والتي تتمثل في أبعاد حوض التصريف، والخصائص الشكلية وهي الاستدارة، الاستطالة، الشكل، الاندماج. وهذه الخصائص ترتبط مباشرة بالخصائص الطبيعية السائدة في بيئة الحوض (أبوسليم، 2010: 120)، وهي المناخ، والبنية الجيولوجية، والتكوين الصخري، وأنواع التربة، والغطاء النباتي، كما تؤثر في خصائص الجريان السطحي ومقدار التعرية والنقل والترسيب (خضير، 2014: 247).

أولاً: الخصائص المساحية لحوض وادي الحسى

تعرف أيضاً بخصائص هندسة الحوض، وتعد انعكاساً لعوامل وعمليات حوض النهر الجيومورفولوجية (العبدان،2008: 8)، وتشتمل الخصائص المساحية على القياسات الخاصة بمساحة الحوض Basin Area، وأبعاده المتعلقة بطول الحوض Basin Length، العرض Width، المحيط Perimeter، والتي تعتبر الخطوة الأولى لاستخراج خصائص الحوض المورفومترية الأخرى (ريان، 2014: 54)، وسيتم دراسة كل عنصر على مستوى الحوض ككل، ثم على مستوى الأحواض الفرعية للرتب.

1- مساحة حوض الوادي (Wadi Hasa Area)

تعرف مساحة الحوض بأنها مساحة المنطقة التي تزود الروافد بالمياه (ناجي، 2012)، وتتمثل أهمية مساحة الحوض كمتغير مورفومتري في تأثيرها على حجم التصريف المائي داخل الحوض (عبد الله، 2011، 135)، حيث أنه في حال تشابه كل العوامل المورفولوجية فإن حجم التصريف وقمته ترجعان أساساً إلى مساحة الحوض (الأنصاري، 2014: 38)، وتتباين مساحة الأحواض المائية طبقاً لتباين الظروف المناخية ونوع الصخر والحركات البنيوية والطبوغرافية والزمن (البيواتي، 2007: 387)، ونتيجة لعمليات الأسر النهري (سلوم[1]، 2012: 400).

تبلغ المساحة الاجمالية لحوض وادي الحسى 728.7 كم^2، ويعتبر من الأحواض النهرية صغيرة المساحة نسبياً إذا ما قورنت مساحته بحوض وادي غزة 3390.9 كم^2 (مشتهى وآخرون، 2013: 55)، وحوض العوجاء 1795 كم^2 (أبو حصيرة، 2013: 61)، وحوض المقطع 1089 كم^2 (مشتهى واللوح، 2008: 208). وقد اختلفت مساحة الأحواض فيما بينها بشكل عام، وكذلك على مستوى كل رتبة نهرية.

جدول (3.1) عدد ومساحات أحواض الرتب بمنطقة الحوض (كم^2).

الرتبة	عدد الأحواض	مجموع المساحات	نسبة المساحة%	متوسط المساحة	الانحراف المعياري	أقل مساحة	أكبر مساحة
الأولى	301	444.5	61	1.5	1	0.6	7.1
الثانية	67	455.8	62.2	6.8	4.3	1.7	19.8
الثالثة	15	507.5	69.6	33.8	23.7	7	80.5
الرابعة	4	455.7	62.5	113.9	82.7	25.3	224.8
الخامسة	2	702	96.3	351	289.8	146.1	555.9
السادسة	1	728.7	100	–	–	–	–

- **مساحة أحواض الرتبة الأولى: (First Order)**

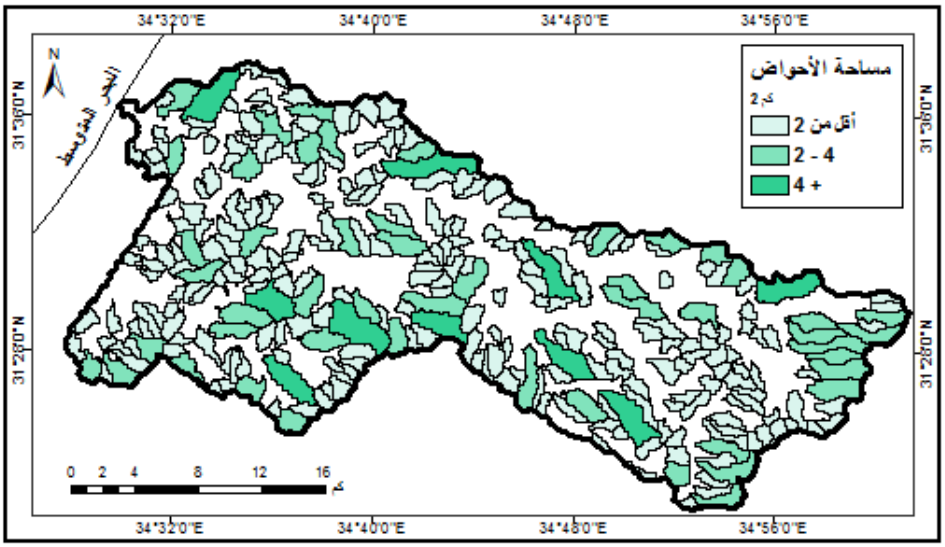
بلغت حوالي 444.5 كم^2، بما نسبته 61% من إجمالي مساحة الحوض، وقد تراوحت مساحتها ما بين 0.6 كم^2 و 7.1 كم^2، بمتوسط 1.5 كم^2، وبانحراف معياري 1 كم^2، جدول (3.1)، وتم تصنيف مساحة أحواض الرتبة الأولى إلى ثلاث فئات: (شكل3.1)

أ- أحواض تقل مساحتها عن 2 كم^2، وتضم 242 حوض، بنسبة 78.5% من أحواض الرتبة.

ب-أحواض تتراوح مساحتها ما بين 2-4 كم^2، وتضم 49 حوض، بنسبة 16.3% من أحواض الرتبة.

ت-أحواض تزيد مساحتها عن 4 كم^2 وتضم 10 أحواض، بنسبة 3.3% من أحواض الرتبة.

يتضح عدم وجود تفاوت كبير في مساحة أحواض الرتبة الأولى وأن معظمها صغيرة المساحة، وتبين من الخريطة الجيومورفولوجية (شكل 2.5) أن الأحواض كبيرة المساحة تطورت في مناطق صخور الكركار سهلة التعرية وقد أشار كل من التوم (2011: 248) وناجي (2012)، والغاشي وآخرون (2014: 30) إلى أن الأحواض المائية التي تقع في مناطق ذات صخور هشة تميل الى الزيادة في مساحتها بزيادة نشاط عمليات الحت.



شكل (3.1): أحواض الرتبة الأولى حسب المساحة (كم^2)

- **مساحة أحواض الرتبة الثانية: (Second Order)**

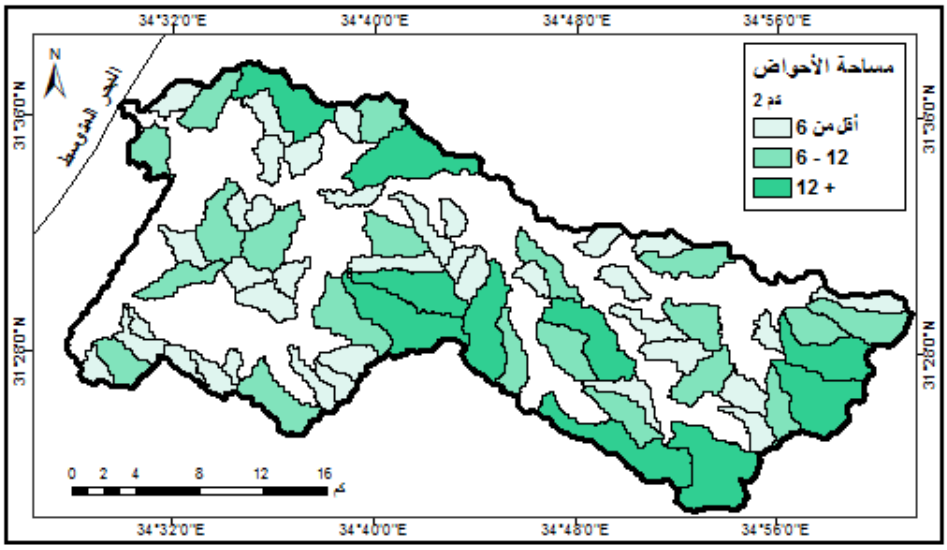
تحتل أحواض الرتبة الثانية حوالي 455.8 كم^2، بما نسبته 62.6% من إجمالي مساحة الحوض، وتراوحت مساحتها ما بين 1.7 كم^2 و 19.8 كم^2، بمتوسط 6.8 كم^2، وبانحراف معياري 4.3 كم^2، جدول (3.1)، وتم تقسيم أحواض الرتبة الثانية حسب المساحة إلى ثلاث فئات: (شكل3.2)

أ- أحواض تقل مساحتها عن 6 كم^2، وتضم 37 حوض، بنسبة 55.2% من أحواض الرتبة.

ب-أحواض تتراوح مساحتها ما بين 6-12 كم^2، وتضم 20 حوض، بنسبة 29.9% من أحواض الرتبة.

ت-أحواض أكبر من 12 كم^2، وتضم 10 أحواض، بنسبة 14.9% من أحواض الرتبة.

تبين من الخريطة الجيومورفولوجية (شكل 2.5) أن الأحواض كبيرة المساحة توجد في مناطق الصدوع والطية المحدبة في الجزء الأعلى من الحوض، حيث تعمل الصدوع والفواصل على تفعيل عمليات الحت والتعرية ومن ثمّ زيادة مساحة الأحواض (العدرة، 2007: 120)، وفي مناطق صخور الكركار سهلة التعرية في الجزء الأدنى والأوسط من الحوض، مما يشير إلى تأثر مساحة الأحواض بالتركيب الصخري والبنية الجيولوجية.



شكل (3.2): أحواض الرتبة الثانية حسب المساحة (كم^2)

- **مساحة أحواض الرتبة الثالثة: (Third Order)**

تشكل مساحة أحواض الرتبة الثالثة حوالي 507.5 كم^2 ، بما نسبته 69.6% من إجمالي مساحة الحوض، وتتراوح مساحتها ما بين 7 كم^2 و80.5 كم^2، بمتوسط 33.8 كم^2، وبانحراف معياري 22.9 كم^2 جدول (3.1)، وتم تقسيم أحواض الرتبة الثالثة حسب المساحة إلى ثلاث فئات: (شكل 3.3)

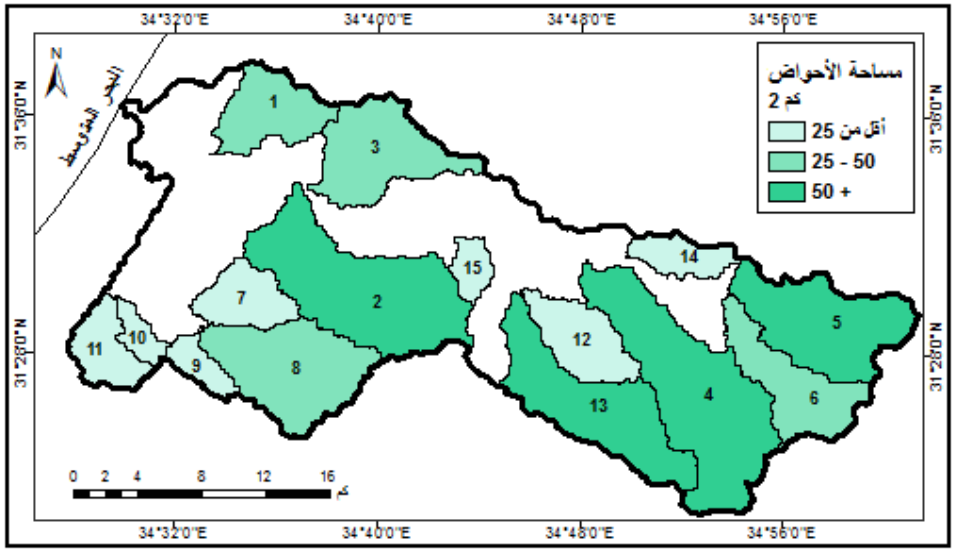
أ- أحواض تقل مساحتها عن 25 كم^2، وتضم 7 أحواض، بنسبة 46.6% من أحواض الرتبة.

ب-أحواض تتراوح مساحتها ما بين 25-50 كم^2 وتضم 4 أحواض، بنسبة 26.7% من أحواض الرتبة.

ت- أحواض تزيد مساحتها عن 50 كم^2، وتضم 4 أحواض، هي (2، 4، 5، 13)، بنسبة 26.7% من أحواض الرتبة.

يتضح من (شكل2.2) و (شكل 3.3) أن الأحواض صغيرة المساحة ذات انحدارات قليلة، وبالتالي فإن عامل النحت فيها يكون ضعيفاً لا يمكن الروافد العليا من توسيع أحواضها (علاجي، 2010: 46)، أما الأحواض كبيرة المساحة فإن منها ثلاث أحواض هي (4، 5، 13) توجد في الجزء الأعلى من الحوض حيث الصدوع والطية المحدبة، وصخور الحجر الجيري والدولميت والمارل والطباشير والصوان قليلة النفاذية (شكل2.5)، وقد أوضح أبو رية (2007، 43) أن الصخور قليلة

النفاذية تؤدي إلى سيادة المساحة الكبيرة، كما يزيد ارتفاعها عن 400م (شكل 2.1)، وانحدارها عن 18° (شكل2.2)، أما الحوض رقم (2) فهو يقع في منطقة صخور الكركار سهلة التعرية، كما أنه يقع في منطقة ذات تضاريس وعرة (شكل2.5) وانحداره أكبر من 5° (شكل2.2).

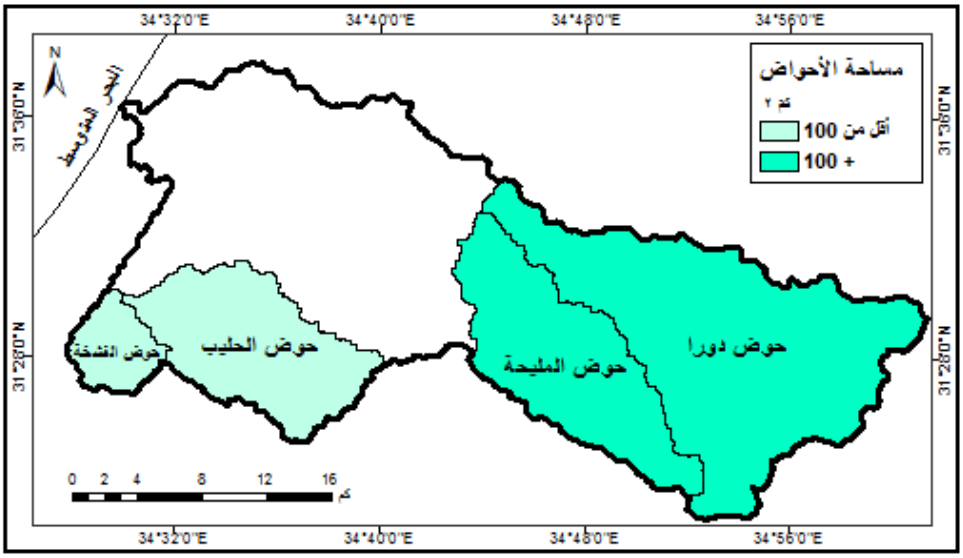


شكل (3.3): أحواض الرتبة الثالثة حسب المساحة (كم^2)

- **مساحة أحواض الرتبة الرابعة: (Fourth Order)**

بلغت مساحة أحواض الرتبة الرابعة 455.7 كم^2 جدول (3.1)، بما نسبته 62.5% من جملة مساحة الحوض، وتتكون من أربع أحواض(شكل3.4) أكبرها حوض دورا 224.8 كم^2، يليه حوض المليحة 111.2 كم^2، ثم حوض الحليب 94.4 كم^2، وأصغرها حوض الفشخة 25.3 كم^2، ويرجع صغر حوض الفشخة لكونه يقع في الجزء الأدنى من الحوض وتكويناته مشتقة من الرواسب الفيضية (شكل2.5) عالية النفاذية، وارتفاعه أقل من 100م (شكل 2.1)، وانحداره خفيف جداً أقل من 2° (شكل 2.2)، أما كبر حوض دورا فيرجع لوجوده في الجزء الأعلى من الحوض حيث الصدوع والطية المحدبة، وصخور الحجر الجيري والدولميت والطباشير والصوان قليلة النفاذية (شكل2.5)، ويصل ارتفاعه إلى 897 م (شكل2.1)، وانحداره إلى 27.5° (شكل2.2)، كما أن الجزء الأعلى منه يتلقى كميات أمطار كبيرة تتراوح بين 500–400 ملم (شكل2.6)، وقد أشار عبد الحسن (2012: 217) إلى أن الأحواض التي تتلقى كميات كبيرة من المياه تمتاز بكبر مساحتها حيث تساهم الأمطار في

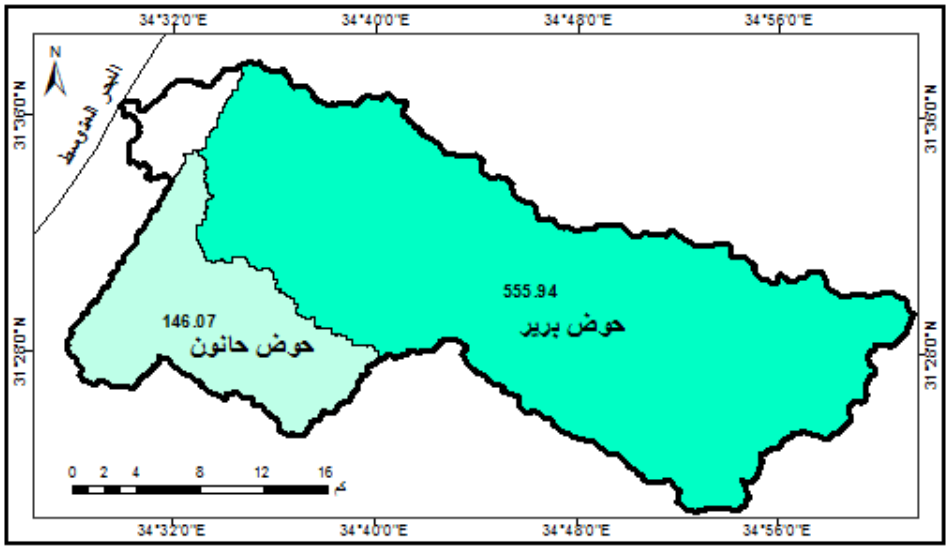
تعميق الوديان لمجاريها وينعكس ذلك ايجابياً على مساحة الحوض، كما تقع بعض أجزاء الحوض ضمن نطاق تربة التيراروسا والتي تتميز بنفاذية قليلة للمياه (شكل2.12)، وقد أوضح أبو رية (2007: 43) أن الأسطح قليلة النفاذية تؤدي لسيادة المساحات الكبيرة.



شكل (3.4): أحواض الرتبة الرابعة حسب المساحة (كم^2)

- **مساحة أحواض الرتبة الخامسة: (Fifth Order)**

تتكون الرتبة الخامسة من حوضين، الأول حوض برير ومساحته 555.9 كم^2، والثاني حوض حانون ومساحته 146.1 كم^2، مما يشير إلى كبر حوض برير (شكل 3.5)، ويرجع ذلك إلى الظروف البنيوية حيث الصدوع والطية المحدبة في الجزء الأعلى من الحوض، وأنه يتلقى كميات أمطار أكبر 400–500 ملم (شكل2.1)، ويضم تكوينات متنوعة من الصخور (شكل2.5) حيث تتواجد صخور الحجر الجيري والدولميت والطباشير والصوان المقاومة للتعرية في الجزء الأعلى، وصخور الكركار والرواسب الفيضية في الجزء الأدنى، ويحتوي على مناطق يصل ارتفاعها إلى897 م (شكل2.1)، وانحدارها إلى 27.5° (شكل2.2)، كما ساهم وجود تربة التيراروسا قليلة النفاذية (شكل2.12) في كبر مساحة الحوض، أما صغر حوض حانون لوقوعه في الجزء الأدنى من الحوض حيث صخور الكركار والرواسب الفيضية (شكل2.5) سهلة التعرية وعالية النفاذية، كما أن ارتفاعه أقل من 100م (شكل 2.1)، وانحداره أقل من 2° (شكل 2.2).



شكل (3.5): أحواض الرتبة الخامسة حسب المساحة (كم^2)

❖ **العلاقة الارتباطية بين مساحة الأحواض والرتبة:**

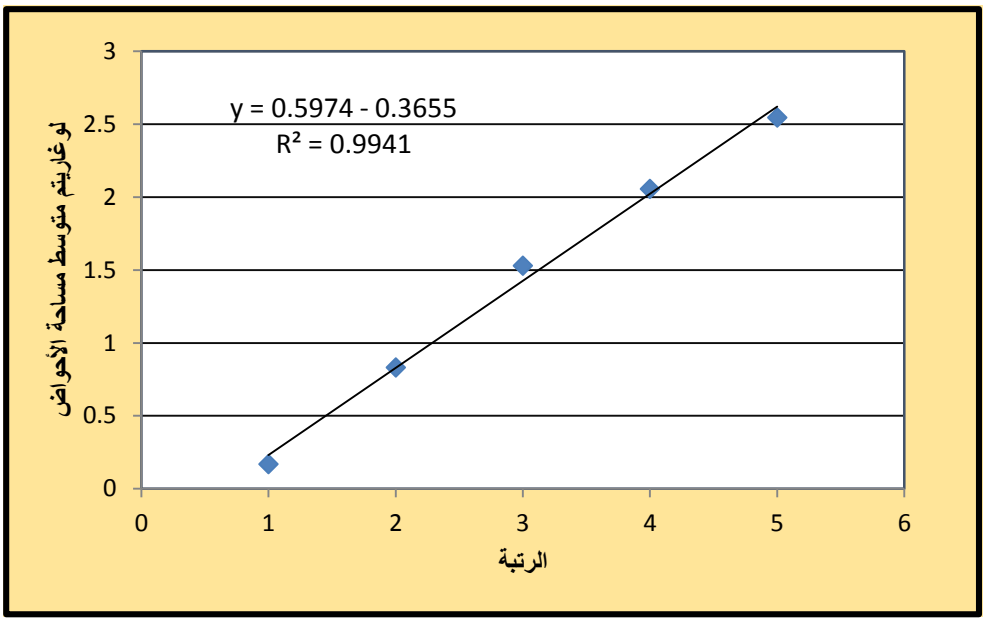
تبين معادلة العلاقة الخطية شـــكل (3.6) ارتباطاً خطياً طردياً قوياً بين لوغاريتم متوســـط مســـاحة الأحواض والرتبة، حيث أن قيمة معامل التحديد (Coefficient of Determination) تساوي 0.994 وهي قيمة مرتفعة، مما يعني أن متوسط مساحة الأحواض يزداد بازدياد الرتبة، وقد لخص Horton (1945) هذه العلاقة بقانون مســـاحة الأحواض النهرية Law of Basin area الذي ينص على "أن متوسط مساحة حوض نهري لمجاري أنهار من مجموعات متتالية تكون متوالية هندسية بدايتها متوسط مساحة حوض من الرتبة الأولى وتزداد تبعاً لنسبة مساحة ثابتة" (أبو العنيين، 1995: 448 و Dhawaskar, 2015: 3).

2- أبعاد حوض التصريف: (Basin Parameters)

تشـتمل أبعـاد حـوض التصـريف علـى قيـاس كـل مـن طـول الحـوض، عـرض الحـوض، ومحـيط الحـوض، ويوضـح جـدول (3.2) أبعـاد حـوض وادي الحســى (كـم)، شـاملاً نسـبة الطول للعرض.

جدول (3.2) أبعاد حوض وادي الحسى (كم)، ونسبة الطول للعرض.

طول الحوض	عرض الحوض	محيط الحوض	نسبة الطول للعرض
54.4	13.4	212.7	4.1



شكل (3.6): العلاقة بين مساحة الأحواض والرتبة.

2.1 طول الحوض: (Basin Length)

يعتبر أحد المتغيرات الهامة التي ترتبط بالعديد من الخصـــائص الأخرى الخاصـــة بحوض التصـــريف وأهمها شـــكل الحوض، ويتأثر طول الحوض بعدة عوامل وعمليات، يأتي في مقدمتها العوامل التكتونية والبنيوية، والتضـاريس، واتجاهات منحدراتها، وعمليات الحت التراجعي، كما يرتبط طول الحوض ارتباطاً وثيقاً بمساحته (سلوم[1]، 2012: 402). وقد تم قياس طول حوض وادي الحسى وأحواضـــه الفرعية باســـتخدام طريقة Schumm (1956: 612) المتمثلة في قياس طول الخط الواصـــل بين نقطة المصـــب وأبعد نقطة على محيط الوادي على أن يوازي المجرى الرئيس، وبلغ طول الحوض 54.4 كم.

- **أطوال أحواض الرتبة الأولى:**

تراوحت أطوال الأحواض ما بين 1 كم و 6.7 كم، بمتوســـط 2.3 كم، وبانحراف معياري 1كم، وتســـاهم بحوالي 48.2% من المجموع الكلي لأطوال الرتب (جدول 3.3)، وتم تصـــنيف أحواض الرتبة الأولى حسب الطول إلى ثلاث فئات: (شكل 3.7).

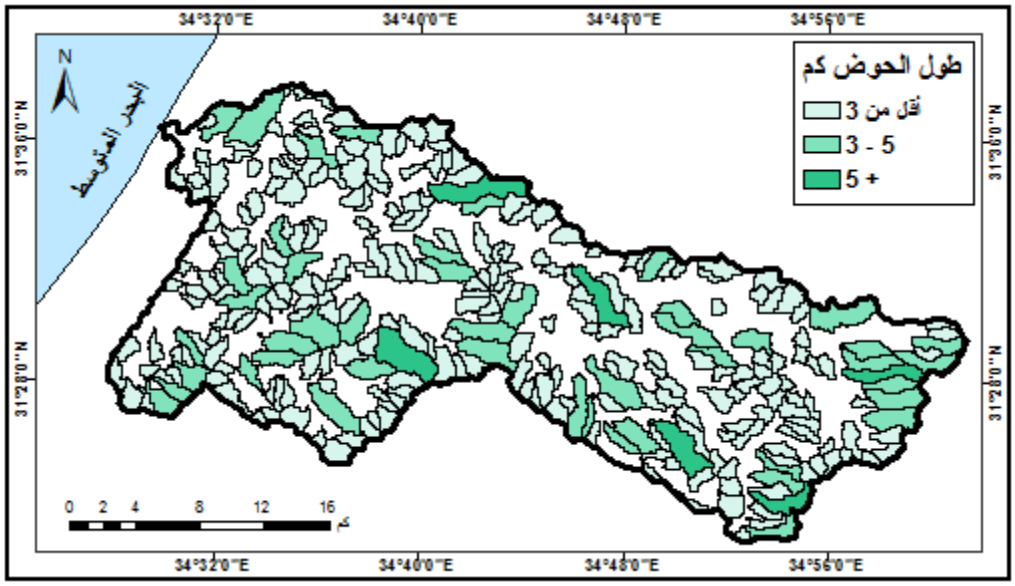
أ- أحواض تقل أطوالها عن 3 كم، وتضم 248 حوض، بنسبة 82.4% من أحواض الرتبة.

ب-أحواض تتراوح أطوالها ما بين 3-5 كم، وتضم 48 حوض، بنسبة 16% من أحواض الرتبة.

ت-أحواض يزداد طولها عن 5 كم، وتضم 5 أحواض بنسبة 1.6% من أحواض الرتبة.

جدول (3.3): أطوال أحواض الرتب بمنطقة الحوض (كم)

الرتبة	مجموع الأطوال	النسبة المئوية	متوسط الطول	الانحراف المعياري	أقل طول	أكبر طول
الأولى	678.5	48.2	2.3	1	1	6.7
الثانية	351.7	25	5.3	2	2.1	12.2
الثالثة	169.2	12	11.3	5	4.5	19.7
الرابعة	79.5	5.7	19.9	9.7	6.9	29.6
الخامسة	73.7	5.2	36.8	16.1	25.5	48.2



شكل (3.7): أحواض الرتبة الأولى حسب الطول (كم)

يفسر تباين أطوال احواض الرتبة الأولى بتباين مساحة أحواضها، حيث وجد أن 78% من أحواض الرتبة تقل مساحتها عن 2 كم^2، و16.3% منها تتراوح مساحتها ما بين 2-4 كم^2،

و3.3% منها أكبر من 4 كم^2 [55]*، وقد أشار سلوم[1] (2012: 402) إلى تزايد أطوال الأحواض بتزايد مساحتها، كما أشارت ريان (2014: 68) إلى وجود علاقة طردية قوية بين طول الحوض ومساحته.

- **أطوال أحواض الرتبة الثانية:**

تراوحت أطوال الأحواض من 2.1 كم إلى 12.8 كم، بمتوسط 5.3 كم، وبانحراف معياري 2 كم، وتساهم بحوالي 25% من المجموع الكلي لأطوال الرتب (جدول 3.3)، وأمكن تصنيف أحواض الرتبة الثانية حسب الطول إلى ثلاث فئات: (شكل 3.8)

أ- أحواض يقل طولها عن 5 كم وتضم 34 حوض، بنسبة 50.7% من أحواض الرتبة.

ب-أحواض تتراوح أطوالها ما بين 5-8 كم، وتضم 26 حوض، بنسبة 38.8% من أحواض الرتبة.

ت-أحواض يزداد طولها عن 8 كم، وتضم 7 أحواض، بنسبة 10.5% من أحواض الرتبة.

ولقد جد أن 55.2% من أحواض الرتبة الثانية تقل مساحتها عن 6 كم^2، و29.9% منها تتراوح مساحتها بين 6-12 كم^2، و14.9% منها أكبر من 12 كم^2 [56]، مما يشير إلى تباين أطوال أحواض الرتبة تبعاً لتباين مساحتها، كما تبين من (شكل2.5) أن الأحواض الأكثر طولاً تطورت فوق صخور الكركار والرواسب الفيضية سريعة التعرية حيث تزداد أطوال الأحواض مع زيادة نشاط التعرية فيها (عبد الحسن، 2012: 218)، كما أن انحدارها يقل عن 10° (شكل2.2)، وقد أشار أبو حصيرة (2013: 96) إلى وجود علاقة عكسية بين طول الحوض وانحداره.

- **أطوال أحواض الرتبة الثالثة:**

تراوحت أطوال الأحواض ما بين 4.5 كم و19.7 كم، بمتوسط 11.3 كم، وبانحراف معياري 4.8 كم، وتساهم بحوالي 12% من المجموع الكلي لأطوال الرتب، وتم تصنيف أحواض الرتبة الثالثة حسب الطول إلى ثلاث فئات: (شكل 3.9)

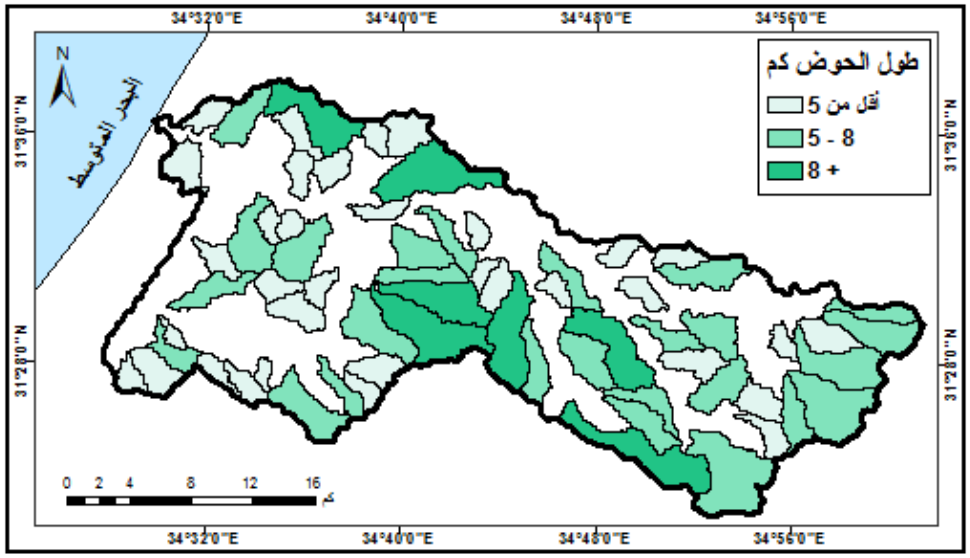
أ- أحواض يقل طولها عن 10 كم، وتضم 8 أحواض، بنسبة 53.3% من أحواض الرتبة.

---

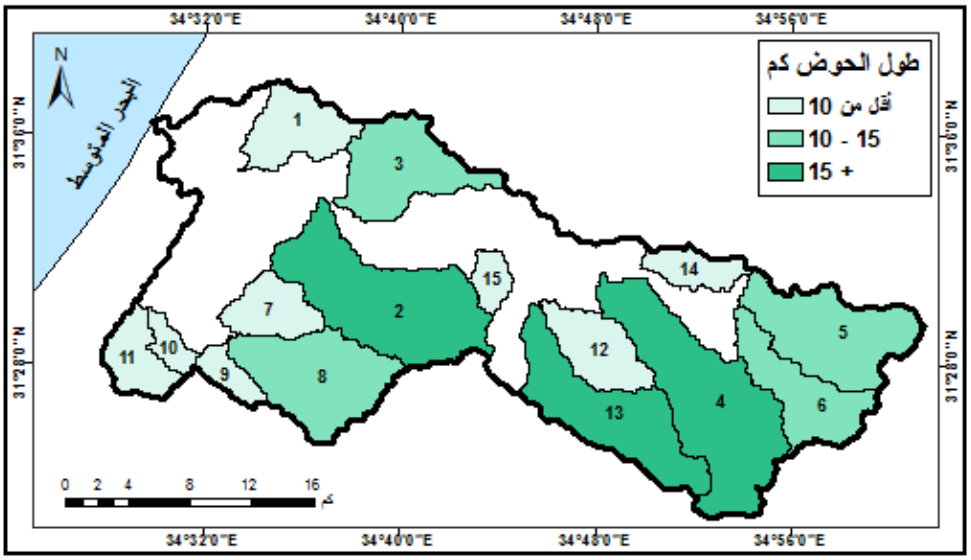
* [ ] يشير إلى رقم الصفحة التي تحتوي على المعلومات المذكورة.

ب- أحواض يتراوح طولها ما بين 10-15 كم، وتضـم 4 أحواض، بنسـبة 26.6% من أحواض الرتبة.

ت-أحواض يزداد طولها عن 15 كم، وتضـم 3 أحواض، وهي (2، 4، 13) بنسـبة 20% من أحواض الرتبة.



شكل (3.8): أحواض الرتبة الثانية حسب الطول (كم)



شكل (3.9): أحواض الرتبة الثالثة حسب الطول (كم)

ولقد وجد أن 46.6% من أحواض الرتبة الثالثة تقل مساحتها عن 25 كم^2، و26.7% منها تتراوح مساحتها بين 25–50 كم^2، و26.7% منها أكبر من 50 كم [57]، مما يشير إلى تباين أطوال الأحواض بتباين مساحتها، وتبين أن الأحواض الأكثر طولاً هي الأكبر مساحة (شكل3.3)، وأن الحوض رقم (2) يمتاز بقلة الانحدار أقل من $^{\circ}10$ (شكل2.2)، إضافة إلى تواجده في منطقة صخور الكركار والتكوينات الفيضية الأقل مقاومة لعوامل النحت والتعرية، أما الأحواض (4، 13) فقد تأثرا بالحركات الصدعية والطية المحدبة (شكل2.5) مما ساعد على النحت التراجعي للوادي وزيادة أطوال مجاريه (أبو رية، 2007: 44).

- **أطوال أحواض الرتبة الرابعة*:**

يعتبر حوض دورا 29.6 كم أطول أحواض الرتبة الرابعة، يليه حوض المليحة 24.3 كم، ثم حوض الحليب 18.7 كم، وأصغرها حوض الفشخة 6.9 كم، ولقد وجد أن أكبر الأحواض مساحة هو حوض دورا 224.8 كم^2، يليه حوض المليحة 111.2 كم^2، ثم حوض الحليب 94.42 كم^2، وأصغرها حوض الفشخة 25.3 كم^2 [58]، مما يشير لتباين أطوال الأحواض بتباين مساحتها، ويرجع صغر حوض الحليب والفشخة لوجودهما في الجزء الأدنى من الحوض حيث الرواسب الفيضية (شكل2.5) عالية المسامية والنفاذية، مما حد من قدرة الأودية على إطالة مجاريها وزيادة أطوالها (أبو رية، 2007: 46)، أما كبر حوض دورا والمليحة فيرجع لوجودهما في الجزء الأعلى من الحوض حيث الصدوع والطية المحدبة، بالإضافة للاختلافات المحلية لنوع الصخر (شكل2.5) مما أدى لكثر التعرجات، كما يفسر بأنهما يقعان ضمن نطاق تربة التيراروسا (شكل2.12) حيث قلة النفاذية مما ساهم في زيادة أطوال مجاريهما ومن ثمَّ أطوال أحواضهما.

- **أطوال أحواض الرتبة الخامسة:**

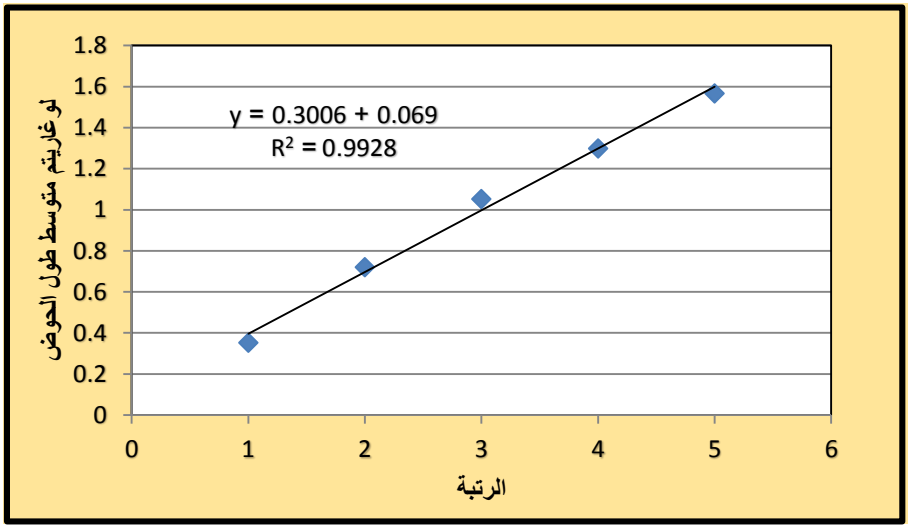
بلغ طول حوض برير 48.2 كم، وحوض حانون 25.5 كم، ويزداد طول حوض برير لازدياد مساحته 555.9 كم^2 عن حوض حانون البالغة مساحته 146.1 كم^2 [59]، إضافة إلى وجود الصدوع الطولية في الحوض والطية المحدبة، كما يضم تكوينات متنوعة من الصخور (شكل2.5) حيث تتواجد صخور الحجر الجيري والدولميت والطباشير والصوان المقاومة للتعرية في الجزء

* يعد شكل (3.4) خريطة مرجعية لأحواض الرتبة الرابعة، وشكل (3.5) لأحواض الرتبة الخامسة، لعدم رسم خرائط لهما إلى نهاية الدراسة.

الأعلى، وصخور الكركار والرواسب الفيضية في الجزء الأدنى، ويحتوي على مناطق يصل ارتفاعها إلى897 م (شكل2.1)، كما ساهم وجود تربة التيراروسا قليلة النفاذية (شكل2.12) في زيادة طول الحوض.

❖ **العلاقة بين أطوال الحوض والرتبة:**

تبين معادلة العلاقة الخطية (شكل 3.10) ارتباطاً خطياً طردياً قوياً جداً بين لوغاريتم متوسط طول الأحواض والرتبة، حيث أن قيمة معامل التحديد تساوي 0.992 وهي قيمة مرتفعة، وبالتالي فإن طول الحوض يزداد طردياً مع الرتبة، ويفسر ذلك بزيادة مساحة الأحواض مع الرتبة (شكل 3.6)، حيث تزداد أطوال الأحواض بتزايد مساحتها [63].



شكل (3.10): العلاقة بين لوغاريتم أطوال الأحواض والرتبة.

2.2 عرض الحوض: (Basin Width)

لعرض الحوض دوراً مهماً ومماثلاً لما يؤديه الطول في تحديد شكل الحوض، فزيادة اتساع الحوض على جانبي محوره يجعله يقترب من الشكل المستدير، وفي حال اتساع الحوض من جهة واحدة يجعله يقترب من الشكل المثلثي، وفي حال اتساعه من جهتين متقابلتين فسيقترب شكله من الشكل الكمثري أو البيضوي (سلوم[1]، 2012: 402)، ويؤثر عرض الحوض على العمليات الهيدرولوجية في الحوض حيث يؤثر على كمية الأمطار المتجمعة والجريان والتسرب والتبخر، فكلما زاد عرض الحوض زاد ما يتلقاه من التساقط وبالتالي زاد الجريان السطحي (علاجي، 2010: 53). وقد تم قياس عرض الحوض بتطبيق المعادلة التالية:

$$W = A / LB \quad ^{(1)} \text{ ---------} \quad \text{(Zovoianu,1985: 99)}$$

بتطبيق معادلة (1) على الحوض فقد بلغ متوسط عرض الحوض 13.4 كم، ويشير متوسط عرض الحوض إلى صغره مقارنة بطوله، كما يشير إلى أن الحوض يميل إلى اتخاذ الشكل الطولي، ويختلف العرض ما بين أجزاء الحوض حيث يتسع العرض في الجزء الأعلى من الحوض ليصل إلى 17.3كم، بينما يتقلص العرض في الجزء الأوسط من الحوض إلى 10.9 كم، ويتسع بشكل كبير في الجزء الأدنى ليصل إلى 21.8 كم، ويرجع زيادة العرض في الجزء الأدنى من الحوض إلى جريان مجاريها على تكوينات صخرية متجانسة (شكل2.5)، وانخفاض درجة انحدار سطح الحوض (شكل2.2) (أبو رية، 2007: 46)، إضافة إلى الحواجز الرملية الممتدة في قطاع غزة وعلى طول الساحل الجنوبي من فلسطين والتي أدت إلى تغيير اتجاه وادي حانون نحو الشمال ليلتقي بوادي الحسى ويصبح جزءاً منه (مشتهى واللوح، 2008: 212). كما أن شكل الحوض تأثر بالحركة الصدعية العرضية التي تعرضت لها فلسطين في النصف الثاني من الزمن الجيولوجي الثالث [40]، ويتضح من جدول (3.4) أن متوسط عرض الأحواض الفرعية في منطقة الدراسة يزداد بزيادة الرتبة، ويرجع ذلك لزيادة المساحة والطول الحوضي بزيادة الرتبة [66].

جدول (3.4) متوسط عرض الأحواض الفرعية ونسبة الطول للعرض

الرتبة	متوسط العرض	أكبر عرض	أصغر عرض	الانحراف المعياري	نسبة الطول للعرض
1	0.6	1.3	0.3	0.2	3.8
2	1.2	3	0.6	0.5	4.5
3	2.7	4.2	1.2	0.9	4.2
4	5.2	7.6	3.7	1.5	3.7
5	8.6	11.5	5.7	2.9	4.3

[1] حيث W = عرض الحوض (كم)، و A = مساحة الحوض (كم^2)، و LB = أقصى طول للحوض (كم).

2.3 نسبة الطول للعرض: (Length - Width Ratio)

توضح هذه العلاقة مدى اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض عن الشكل المستطيل، وتشير القيم المرتفعة إلى ميل الأحواض نحو الاستطالة (العبدان، 2008: 12)، تم استخراجها من خلال قسمة L/W أي (الطول / العرض) وبلغت النسبة العامة 4.1 (جدول 3.2)، وبالتالي فإن حوض الحسى يزداد طوله عن عرضه أربعة أضعاف مما يدل على ميل الحوض نحو الاستطالة، ويتضح من جدول (3.4) أن الأحواض على مستوى الرتب تميل أيضاً إلى الاستطالة (Elongation)، حيث تراوحت نسبة الطول للعرض ما بين 3.7 و4.5 مما يشير إلى أنها لازالت في بداية دورتها الحتية (ريان، 2014: 70).

2.4 محيط الحوض: (Basin Perimeter)

يعتبر محيط الحوض بمثابة طول خط تقسيم المياه بين الحوض وما يجاوره من أحواض (عبد الله، 2011: 136)، وهو يستخدم في حساب العديد من المتغيرات المورفومترية الأخرى الخاصة بالحوض (الأنصاري، 2014: 40)، مثل الاستدارة والاستطالة ومعامل شكل الحوض فضلاً عن العلاقة الطردية مع المساحة حيث تزداد المساحة بازدياد طول محيط الحوض (عبد الحسن، 2012: 218)، وقد بلغ محيط حوض وادي الحسى 212.7 كم. ويعتبر محيطه طويل مقارنة بمساحته؛ ويتضح ذلك عند مقارنته بحوض وادي غزة البالغة مساحته 3390.9 كم^2 ومحيطه 360 كم (مشتهى وآخرون، 2013: 56)، وحوض نهر العوجاء البالغة مساحته 1795كم^2 ومحيطه 225 كم (أبو حصيرة، 2013: 67)، ويعود ذلك إلى كثرة تعرجات المحيط الناتجة عن تباين الصخور والظروف التكتونية التي مر بها الحوض، بالإضافة إلى اتخاذه الشكل المستطيل حيث طوله أربع أضعاف عرضه [68]، ويبين (جدول3.5) متوسط محيط الأحواض الفرعية حسب الرتبة (كم)

جدول (3.5): متوسط محيط الأحواض الفرعية حسب الرتبة (كم)

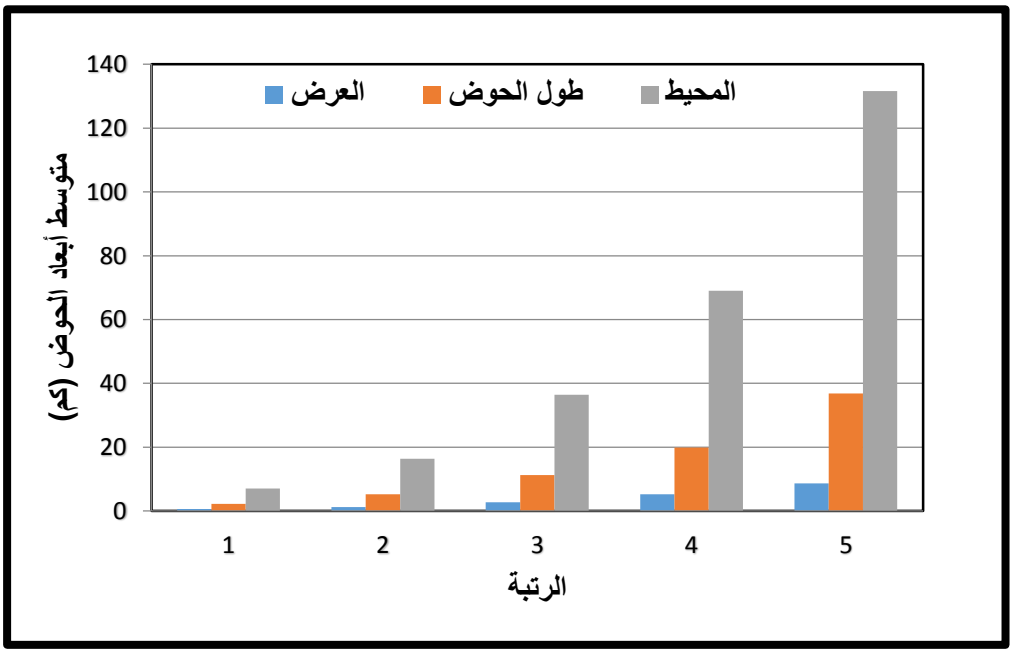
الرتبة	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة
المتوسط	7	16.3	36.4	69	131.6

❖ **العلاقة الارتباطية بين أبعاد الحوض الطول، العرض، المحيط، والمساحة:**

دلت العلاقات الارتباطية بين أبعاد الحوض على أنها مرتبطة مع بعضها ارتباطاً طردياً قوياً، حيث بازدياد طول الحوض يزداد العرض، وبازدياد الطول والعرض يزداد طول محيط الحوض وتزداد المساحة (جدول 3.6)، كما دلت على أن الأبعاد الثلاثة تزداد بازدياد الرتبة (شكل3.11)، وأنه توجد علاقة ارتباطية قوية بين المساحة وأبعاد الحوض.

جدول(3.6): العلاقات الارتباطية بين أبعاد حوض وادي الحسى*

المتغير	مساحة الحوض (كم^2)	طول الحوض (كم)	عرض الحوض (كم)	محيط الحوض (كم)
مساحة الحوض /كم^2	1	0.888**	0.905**	0.926**
طول الحوض/ كم		1	0.955**	0.993**
عرض الحوض/ كم			1	0.975**
محيط الحوض/ كم				1



شكل (3.11): العلاقة بين أبعاد الحوض على مستوى الرتبة.

* الارتباطات (**) تشير إلى مستوى دلالة 0.01، وعلاقة الإرتباطات (*) تشير إلى مستوى دلالة 0.05.

ثانياً: الخصائص الشكلية لحوض وادي الحسى: (Shapes Morphometric)

تعد الخصائص الشكلية من الصفات المورفومترية الأساسية لأحواض الوديان (العزاوي، 2009: 106)، لما لها من دلالات تتعلق بالعمليات الجيومورفولوجية السائدة في الحوض (الحربي، 2007: 102)، ويرى Strahler أن أحواض التصريف التي تتشابه في الشكل يمكن أن تتشابه في الخصائص الجيومورفولوجية الأخرى لأن مثل هذا التشابه لابد وأن ينتج عن نفس العوامل والعمليات الجيومورفولوجية (الأنصاري، 2014: 41)، كما أن شكل الحوض يعكس طبوغرافية، ومناخ، وجيولوجية الحوض (ريان، 2014: 72)، وقد ذكر علي (2001: 85) أن أهم عامل مؤثر في شكل الحوض هو نوع وتركيب الصخر، ويؤثر شكل الحوض فيما بعد على شبكة التصريف ونظم التصريف النهرية وعلى العمليات الهيدرولوجية السائدة في الحوض (Zavoianu, 1985: 62)، ويلخص جدول (3.7) الخصائص الشكلية لحوض وادي الحسى، والطريقة المستخدمة في استخراج قيمة كل خاصية.

جدول (3.7) الخصائص الشكلية لحوض وادي الحسى

المعامل المورفومتري	معامل الاستطالة	معامل الاستدارة	شكل الحوض	معامل الاندماج
الطريقة المستخدمة	Schumm (1956)	Miller (1953)	Horton (1932)	Gravelius (1914)
قيمة المعامل	0.56	0.20	0.25	2.24

1- معامل الاستطالة (Elongation Ratio)

يعد معدل الاستطالة من أكثر المعاملات المورفومترية دقة في قياس أشكال الأحواض التصريفية، ويشير إلى مدى اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض عن الشكل المستطيل (محمد وطه، 2009: 10)، وتنحصر قيمته ما بين (1-0) (الشكرجي، 2005: 109)، فكلما اقتربت النسبة من الصفر يعني اقتراب الحوض من الشكل المستطيل (الحربي، 2007: 105)، وتصنف الأحواض بناء على قيم الاستطالة كالتالي: (1-0.9) ذات شكل دائري، (0.9-0.8) بيضاوية، (0.8-0.7) أقل استطالة، (0.7-0.5) مستطيلة، (أقل من 0.5) أكثر استطالة (Pareta & Pareta , 2011: 254)، وتدل الاستطالة على التوزيع المساحي غير المنتظم للحوض (مشتهى وآخرون، 2013: 56)، وأن

الحوض ما زال ينتظر شـــوطاً طويل في عمليات الحت المائي (أبو ســـليم، 2010: 121)، وأن الأحواض تخترق تكوينات جيولوجية متنوعة وغير متجانسـة، وأن المنطقة تأثرت بعمليات التصـدع إن وجدت (الحربي، 2007: 105).

تم حساب قيمة معامل الاستطالة بالمعادلة التالية:

$$Re = 1.128 \times \frac{\sqrt{A}}{LB} \quad (2) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{ (Dahiphale, et al, 2015: 193)}$$

بتطبيق المعادلة (2) على حوض وادي الحسـى فإن قيمة معامل الاسـتطالة تبلغ 0.56 أي أنه مسـتطيل، مما يؤثر على العمليات الهيدرولوجية السـائدة في الحوض، حيث تقطع المياه مسـافة كبيرة من المنبع إلى المصـب مما يزيد من فرصـة تسـرب المياه إلى باطن الأرض أو تبخر المياه بفعل الحرارة، وقد أشـار Jaydeep, et al., (2015: 1675) إلى أن الأحواض المسـتطيلة تتميز بقمة تصـريف منخفضـة، كما يشـير إلى أن الحوض مازال ينتظر شـوطاً طويلاً في عمليات الحت المائي، وأن التكوينات الجيولوجية في الحوض متنوعة وغير متجانسـة حيث صـخور الحجر الجيري والمارل والطباشـير والدولميت والصـوان في منطقة المنبع وصـخور الكركار والرواسـب الفيضـية في الجزء الأدنى والأوسط (شكل 2.5).

- **الاستطالة لأحواض الرتبة الأولى:**

بلغ متوسط معامل الاستطالة لأحواض الرتبة الأولى (0.61)، بانحراف معياري (0.12) مما يشـير إلى أنها مسـتطيلة، وقد بلغ أعلى معامل اسـتطالة (0.97)، بينما بلغ أقل معامل اسـتطالة (0.37)، وتم تقسـيم أحواض الرتبة الأولى حسـب قيمة معامل الاسـتطالة إلى ثلاث فئات: (شـكل 3.12)

أ- أحواض يقل معامل اســتطالتها عن 0.5، وهي الأكثر اســتطالة، بنســبة 16.6% من جملة أحواض الرتبة.

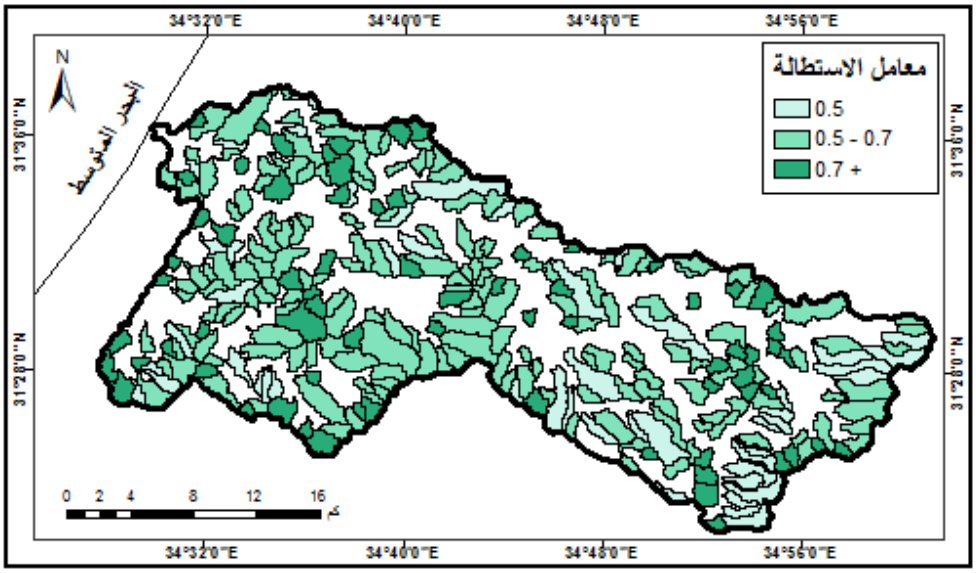
ب-أحواض تتراوح قيمة استطالتها بين (0.5- 0.7)، وهي أحواض شبه مستطيلة، بنسبة 59.8% من جملة أحواض الرتبة.

---

[2] حيث Re= معامل الاسـتطالة، 1.128 ثابت، $\sqrt{A}$= الجذر التربيعي لمسـاحة الحوض (كم^2)، L B = أقصـى طول للحوض (كم)

ج- أحواض يزيد معامل استطالتها على 0.7، أي تميل للشكل المندمج أو الدائري، بنسبة 23.6% من جملة أحواض الرتبة.

يتضح مما تقدم أن الأحواض المستطيلة وشبه المستطيلة تمثل 76.6% من أحواض الرتبة الأولى، ولقد وجد أن متوسط عرض أحواض الرتبة الأولى صغير 0.6 كم ، ونسبة الطول للعرض تساوي 3.8 كم (جدول 3.4)، بمعنى أن متوسط أطوال أحواض الرتبة الأولى يساوي تقريباً أربع أضعاف عرضها، كما تبين أن الأحواض التي تميل للشكل المندمج هي أحواض صغيرة المساحة، وتوجد في معظمها فوق الصخور الرسوبية، وأن الأحواض المستطيلة توجد في منطقة المنبع حيث الصدوع والطية المحدبة، والصخور المقاومة للتعرية (شكل2.5)، وتربة التيراروسا قليلة النفاذية للمياه (شكل2.12)، مما ساعد على تطور شبكة التصريف وامتداد مجاريها، وانعكس على شكل الأحواض (أبو رية، 2007: 50).



شكل (3.12): أحواض الرتبة الأولى حسب معامل الاستطالة

- **الاستطالة لأحواض الرتبة الثانية:**

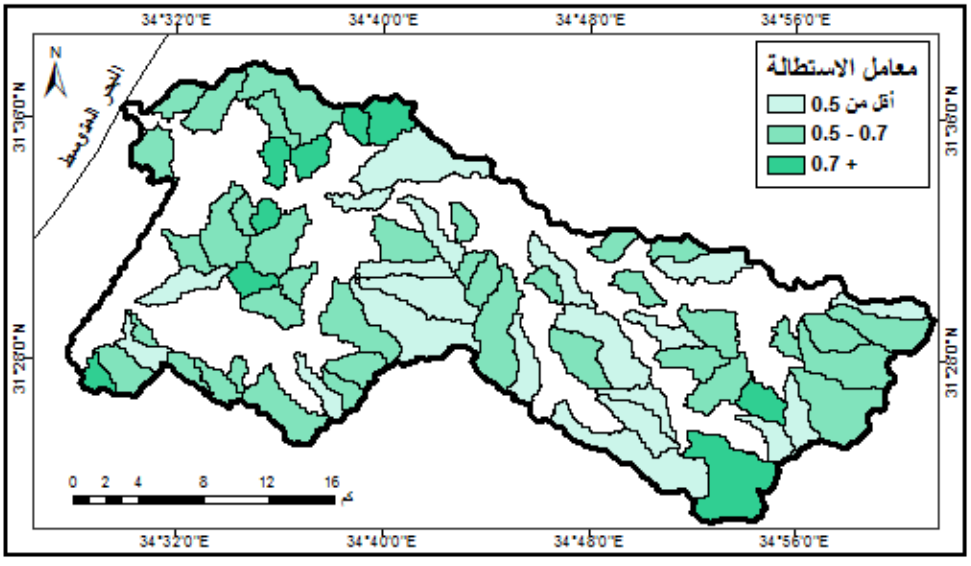
بلغ متوسط معامل الاستطالة لأحواض الرتبة الثانية (0.56)، بانحراف معياري (0.11) أي أنها مستطيلة، وتراوحت قيمة معامل الاستطالة ما بين (0.9-0.4)، وتم تصنيف الأحواض حسب قيمة الاستطالة إلى ثلاث فئات: (شكل 3.13)

أ- أحواض يقل معامل استطالتها عن 0.5، وهي الأكثر استطالة، بنسبة 29.9% من جملة أحواض الرتبة.

ب-أحواض تتراوح قيمة استطالتها بين (0.5 – 0.7)، وهي أحواض شبه مستطيلة، بنسبة 56.7% من جملة أحواض الرتبة.

ت-أحواض يزيد معامل استطالتها على 0.7، أي تميل للشكل المندمج أو الدائري، بنسبة 13.4% من جملة أحواض الرتبة.

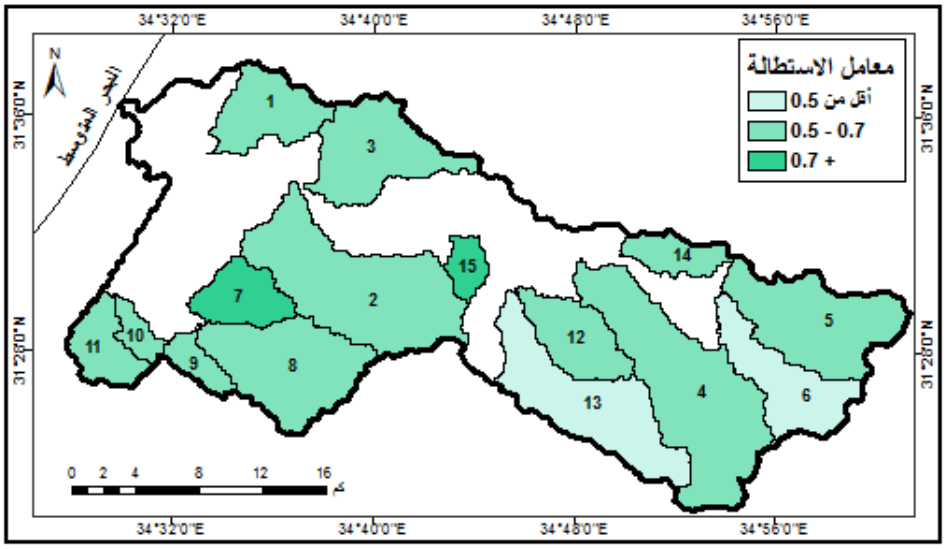
وبالتالي فإن الأحواض المستطيلة وشبه المستطيلة تمثل 86.6% من جملة أحواض الرتبة الثانية، ولقد جد أن متوسط عرض أحواض الرتبة الثانية صغير 1.2 كم، وأن نسبة الطول للعرض تساوي 4.5 كم (جدول 3.4)، بمعنى أن متوسط أطوال أحواض الرتبة الثانية يساوي تقريباً أربع أضعاف عرضها. كما تبين أن الأحواض التي تميل للشكل المندمج توجد في منطقة المصب حيث الرواسب الفيضية (شكل2.5) سهلة التعرية، وقلة الانحدار (شكل2.2)، كما أنها أحواض صغيرة المساحة، وقد أشار أبو رية (2007: 50) إلى أن الأحواض التي تميل للشكل المندمج تتميز بأنها صغيرة المساحة وقليلة الانحدار، أما الأحواض الموجودة في منطقة المنبع والتي تميل للشكل المندمج فقد جعلت منها الصدوع مناطق سهلة التعرية.



شكل (3.13): أحواض الرتبة الثانية حسب معامل الاستطالة

- **الاستطالة لأحواض الرتبة الثالثة:**

بلغ متوسط معامل الاستطالة لأحواض الرتبة الثالثة 0.56، بانحراف معياري 0.08، وتراوحت قيمة معامل استطالة ما بين (0.43 –0.73)، وتم تصنيف الأحواض الرتبة الثالثة حسب قيمة الاستطالة إلى فئتين: (شكل3.14) حيث 86.7% من الأحواض تتخذ الشكل المستطيل (قيمة الاستطالة أقل من 0.7)، أما الأحواض التي تزداد فيها قيمة الاستطالة عن 0.7 وتمثل الأحواض التي يميل شكلها إلى الشكل المندمج أو الدائري نسبتها 13.3% من أحواض الرتبة وتشتمل على حوضين هما (7، 15)، ويمتازان بصغر المساحة، والانحدار الخفيف أقل من 5° (شكل2.2)، وأنهما يوجدان في مناطق الرواسب الفيضية (شكل2.5)، وتعد قيمة معامل الاستطالة معززة لبقية المعاملات حيث وجد أن متوسط عرض أحواض الرتبة الثالثة صغير 2.7، وأن نسبة الطول للعرض 4.2 (جدول3.4).



شكل (3.14): أحواض الرتبة الثالثة حسب معامل الاستطالة

- **الاستطالة لأحواض الرتبة الرابعة:**

بلغ متوسط معامل الاستطالة لأحواض الرتبة الرابعة 0.62، بانحراف معياري 0.12، وقد تراوحت قيم معامل الاستطالة ما بين 0.49 لحوض المليحة و0.82 لحوض الفشخة، وسجلت باقي الأحواض قيم استطالة أقل من 0.6، وبالتالي فإن حوض الفشخة هو الحوض الوحيد الذي يميل للشكل المندمج أو الدائري، ويرجع ذلك إلى تجانس التركيب الصخري (شكل2.5)، وانخفاض نسبة

تضرسه، ولقد وجد أنه أصغر أحواض الرتبة مساحة وطولاً حيث تبلغ مساحته 25.3 كم^2 [58]، أما طوله 6.9 كم [65]، ولقد أشار أبو حصيرة (2013: 98) إلى وجود علاقة طردية بين الاستطالة وطول الحوض.

- **الاستطالة لأحواض الرتبة الخامسة:**

سجل حوض برير قيمة استطالة 0.55، بينما سجل حوض حانون قيمة استطالة 0.54 وبالتالي تميل أحواض الرتبة الخامسة إلى الشكل المستطيل، ويؤكد ذلك أن متوسط عرضها صغير 8.6 كم، ونسبة الطول للعرض 4.3 (جدول3.4)، مما يعني أن متوسط أطوال أحواض الرتبة الخامسة يساوي أربع أضعاف عرضها تقريباً.

يتضح أن معظم الأحواض الفرعية تميل إلى الاستطالة، وهذا يتفق مع نتائج نسبة الطول للعرض جدول (3.4)، كما يلاحظ أن الفئة السائدة لمعامل الاستطالة على مستوى أحواض الرتب الفرعية هي (0.7–0.5)، أي أنها مستطيلة، مما يشير إلى أن الأحواض لا زالت قادرة على عمليات الحت الرأسي والجانبي (مشتهى، 78:1999).

2- معامل الاستدارة : (Circularity Ratio)

يشير معامل الاستدارة إلى اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض عن الشكل الدائري فالقيم المرتفعة تدلل على اقتراب شكل الحوض من الشكل الدائري بينما تعكس القيم المنخفضة ابتعاد الشكل عن الخاصية المستديرة (الجميلي والنقاش، 2008: 7)، وتتراوح قيم معامل الاستدارة بين (1–0)، وتدل القيم المرتفعة (أكبر من 0.5) على اقتراب شكل الحوض من الشكل الدائري (مشتهى وآخرون، 2013، 56)، وتم حساب معامل استدارة الحوض من خلال المعادلة الآتية:

$$Rc = 12.57 * (A / P^2) \ldots\ldots\ldots [3]$$ (Pareta and Pareta, 2012: 263)

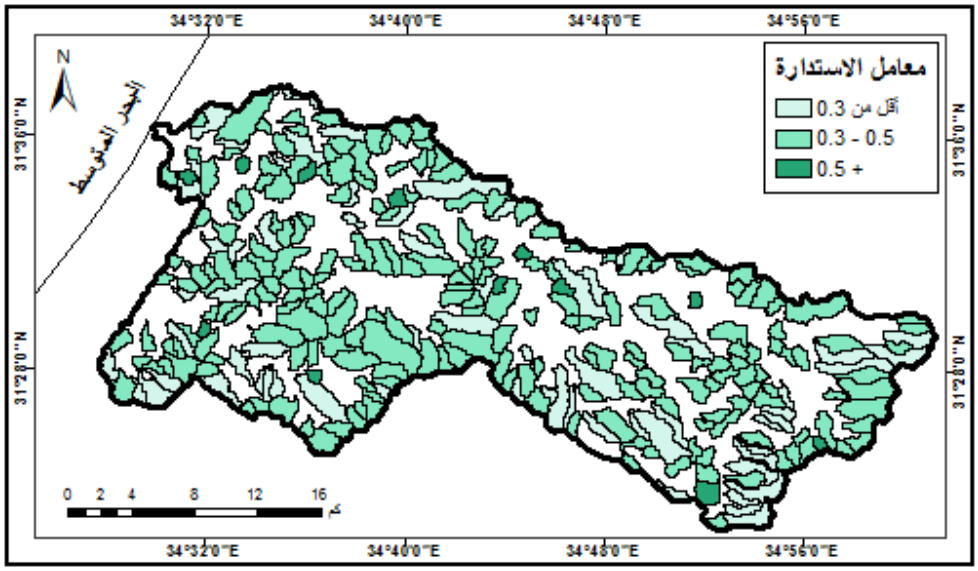
بتطبيق معادلة (3) فإن قيمة معامل الاستدارة في الحوض بلغت 0.20، وهي قيمة منخفضة تشير إلى ابتعاد الحوض عن الشكل الدائري، وأن الحوض ما زال في بداية دورته الحتية، ويقوم بتعميق مجراه وحفر مجاريه رأسياً بالإضافة إلى النحت التراجعي في روافد الرتبة الأولى التي تعد

[3] حيث Rc = معامل الاستدارة، 12.57 ثابت، A= مساحة الحوض كم^2، P^2 = مربع محيط الحوض (كم)

مسؤولة عن توسيع مساحة الحوض (التوم، 1990: 44)، كما تشير إلى عدم انتظام خطوط تقسيم المياه وتعرجها (البيواتي،2007 : 389)، وهذا يؤكد نتائج معامل الاستطالة [71].

- **الاستدارة لأحواض الرتبة الأولى:**

بلغ متوسط معامل الاستدارة لأحواض الرتبة الأولى 0.36، بانحراف معياري 0.08 مما يشير إلى ابتعادها عن الشكل المستدير وميلها إلى اتخاذ الشكل المستطيل، وقد سجل أدنى الأحواض قيمة استدارة 0.18، بينما أعلى الأحواض قيمة استدارة 0.58، ويتضح من (شكل 3.15) أن حوالي 96% من أحواض الرتبة الأولى يقل معامل استدارتها عن 0.5 وبالتالي تصنف على أنها قليلة الاستدارة، و4% فقط منها تميل إلى الاستدارة، ويؤكد ذلك أن 76.6% من أحواض الرتبة تصنف بأنها مستطيلة وشبه مستطيلة [72].

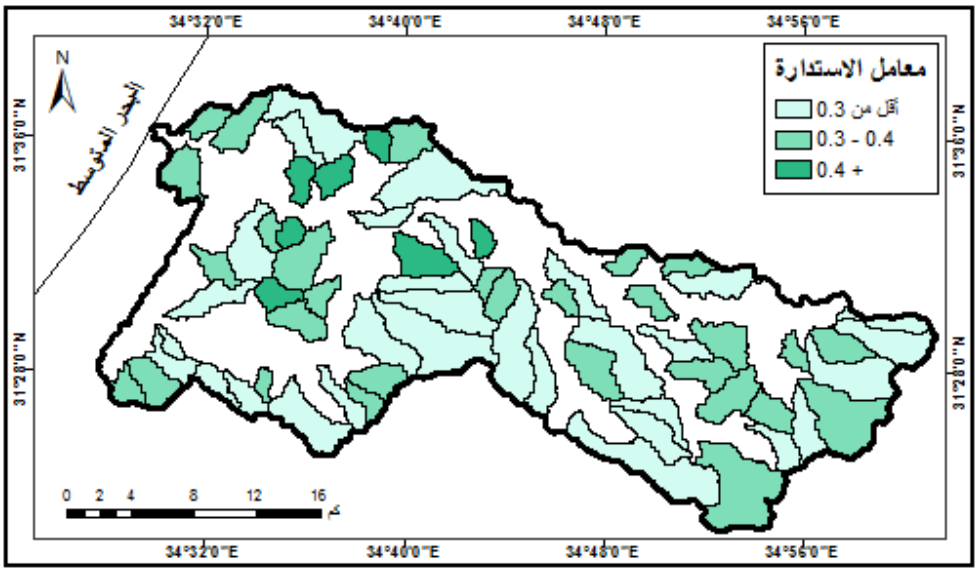


شكل (3.15): أحواض الرتبة الأولى حسب معامل الاستدارة

- **الاستدارة لأحواض الرتبة الثانية:**

بلغ متوسط معامل الاستدارة لأحواض الرتبة الثانية 0.31، بانحراف معياري 0.07 مما يشير إلى أنها قليلة الاستدارة، كما أنها أقل استدارة من أحواض الرتبة الأولى، وسجل أقل حوض استدارة 0.19 وأعلى حوض استدارة فيها 0.49، ويتضح من (شكل3.16) أن كل أحواض الرتبة الثانية يقل معامل استدارتها عن 0.5، ومنها 89.6% معامل استدارتها أقل من 0.4% (شكل 3.16)، وبالتالي تتميز أحواض الرتبة الثانية بالابتعاد عن الشكل الدائري واقترابها من الشكل

المستطيل، وهذا يتماثل مع قيمة معامل الاستطالة حيث أن الأحواض المستطيلة وشبه المستطيلة تمثل 86.6% من أحواض الرتبة [73].



شكل (3.16): أحواض الرتبة الثانية حسب معامل الاستدارة

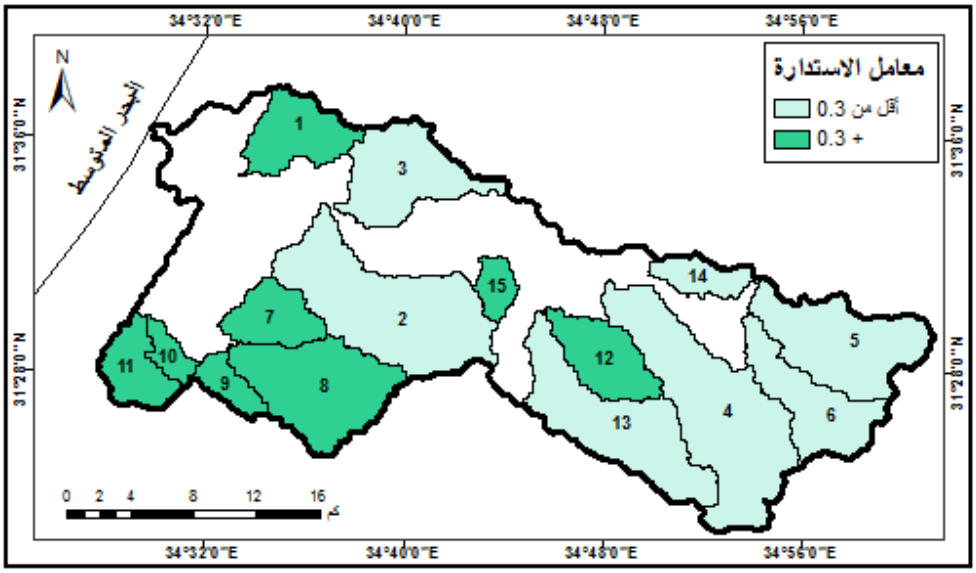
- **الاستدارة لأحواض الرتبة الثالثة:**

بلغ متوسط معامل الاستدارة لأحواض الرتبة الثالثة (0.3)، بانحراف معياري (0.05)، وسجل أدنى معدل استدارة في أحواض الرتبة (0.21)، بينما أعلى معدل استدارة فيها (0.39)، مما يشير إلى أنها أقل استدارة من أحواض الرتبة الأولى والثانية، ويتضح من (شكل3.17) أن حوالي 46.7% تنخفض قيمة الاستدارة فيها عن 0.3، وأن كل أحواض الرتبة الثالثة يقل معامل استدارتها عن 0.4، بالتالي تتميز أحواض الرتبة الثالثة بالابتعاد عن الشكل الدائري واقترابها من الشكل المستطيل، وهذا ما يؤكده أن 86.7% من أحواض الرتبة تتخذ الشكل المستطيل أي أن قيمة الاستطالة أقل من 0.7 [74].

- **الاستدارة لأحواض الرتبة الرابعة:**

بلغ متوسط معامل الاستدارة لأحواض الرتبة الرابعة (0.29)، بانحراف معياري (0.08) وتراوحت قيمة الاستدارة ما بين (0.22) كأقل قيمة لحوض دورا و (0.43) كأعلى قيمة لحوض الفشخة، وتنخفض قيم الاستدارة في بقية الأحواض عن 0.4، مما يشير إلى ابتعاد أحواض الرتبة الرابعة عن الشكل الدائري واقترابها من الشكل المستطيل، ويؤكد ذلك أن كل أحواض الرتبة سجلت

قيم استطالة منخفضة أقل من (0.7)، باستثناء حوض الفشخة والذي سجل قيمة استطالة مرتفعة 0.82 [74]، أي يميل للاندماج.



شكل (3.17): أحواض الرتبة الثالثة حسب معامل الاستدارة

- **الاستدارة لأحواض الرتبة الخامسة:**

سجل حوض برير معامل استدارة 0.22، بينما سجل حوض حانون معامل استدارة 0.23، وبالتالي تتميز أحواض الرتبة الخامسة باقترابها من الشكل المستطيل وابتعادها عن الاستدارة، كما أنها أقل استدارة من أحواض الرتب الأدنى منها، وهذا يتماثل مع قيم الاستطالة حيث سجل كلا الحوضين قيم استطالة منخفضة أقل من0.7 [75]، كما وجد أن نسبة الطول للعرض 4.3 أي أن طولها أربع أضعاف عرضها تقريباً. (جدول 3.4)

يلاحظ أن معامل الاستدارة متقارب في جميع الأحواض الفرعية للرتب مما يعكس تماثل العوامل المناخية والجيولوجية في المنطقة (البيواتي، 2007: 389)، كما تتفق نتائج معامل الاستدارة مع نتائج معامل الاستطالة حيث سجلت الأحواض قيم استطالة منخفضة وكانت نسبة الطول للعرض مرتفعة، حيث وجد أن طول الحوض الكلي حوالي 4 أضعاف عرضه مما يؤكد نتائج معامل الاستدارة التي تشير إلى ابتعاد الحوض عن الشكل الدائري.

3- معامل الشكل: (Form Factor Ratio)

يعد هذا المعامل من أقدم المعاملات الرياضية في الدراسات المورفومترية فقد وضعه Horton عام 1932 (سلوم[2]، 2012: 550)، ويعطي مؤشر لمدى التناسق بين أجزاء الحوض ومدى انتظام الشكل العام له، كما يبرز العلاقة بين طول الحوض وعرضه (الودعاني، 2014: 33)، تشير القيم المنخفضة (أقل من 0.5) إلى عدم تناسق شكل الحوض وعدم انتظامه وتغير عرضه من منطقة إلى أخرى، أما القيم المرتفعة لمعامل الشكل (أكبر من 0.5) تشير إلى اقترابه من الشكل الدائري (عبد الله،2011: 138)، وأشارت آدم (2003: 149) إلى أن الأحواض تصل إلى الاستدارة الكاملة إذا بلغت قيمة معامل الشكل (0.78)، ويتم استخراج معامل الشكل من المعادلة التالية:

$$\mathbf{Ff = AU / Lu^2} \text{ ..... } [4] \quad \text{(Strahler, 1964: 68)}$$

بتطبيق معادلة (4) على حوض وادي الحسى فإن قيمة معامل الشكل بلغت 0.25 وهي تعد قيمة منخفضة، وهذا يشير إلى زيادة الطول النسبي للحوض، ولقد وجد أن طوله أربع أضعاف عرضه (جدول3.2)، كما أن عرضه يختلف ما بين 17.3 كم في الجزء الأعلى من الحوض و10.9 كم في الجزء الأوسط و 21.8 كم في الجزء الأدنى [67]، وبالتالي يميل إلى الشكل المثلثي حيث تقل قيمة معامل الشكل عن (0.3) حيث أشار سلوم[1] (2012: 406) إلى أن الأحواض تقترب من الشكل المثلثي إذا قلت قيمة معامل الشكل عن (0.3). وبالنظر إلى حوض الحسى نجد أن قاعدة المثلث عند المصب، ويترتب على هذه الحالة بلوغ التصريف المائي الذروة بعد سقوط الأمطار، ومن ثَمَ حدوث الفيضانات، وذلك لقرب الجداول والمسيلات من المصب، هذا من الناحية الهيدرولوجية، أما الانعكاسات الجيومورفولوجية لهذه الحالة هو حدوث حت مائي كبير واقتراب مجاري الرتب الدنيا من بعضها البعض فضلاً عن تراجع المنحدرات مما يؤدي إلى ضيق منطقة تقسيم المياه (عبد الحسن، 2012: 221).

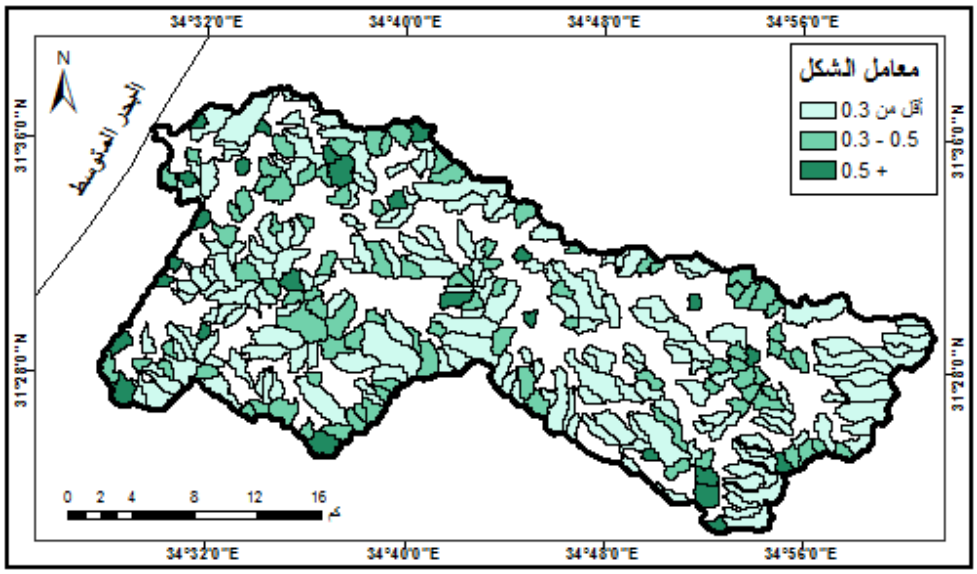
- **معامل الشكل لأحواض الرتبة الأولى:**

بلغت قيمة معامل الشكل للرتبة الأولى (0.3)، وتراوحت قيمة معامل الشكل ما بين (0.1) و (0.74)، بانحراف معياري (0.12)، ويتبين من شكل (3.18) أن حوالي 91.4% من الأحواض

---

[4] حيث Ff= معامل الشكل، AU= مساحة الحوض (كم^2)، Lu^2= مربع طول الحوض (كم)

يقل معامل الشكل لها عن (0.5) مما يشير إلى عدم انتظام شكلها وميلها للشكل المستطيل، وأن حوالي 8.6% من أحواض الرتبة تتميز بالاقتراب من الشكل الدائري حيث معامل الشكل لها أكبر من (0.5)، وبالتالي فإن غالبية أحواض الرتبة تتميز بعدم انتظام شكلها واستطالتها، ولقد وجد 76.6% من أحواض الرتبة تصنف بأنها مستطيلة وشبه مستطيلة [72]، وحوالي 96% من أحواض الرتبة الأولى يقل معامل استدارتها عن 0.5 [76]، وأن متوسط طولها إلى عرضها 3.8 (جدول 3.4)، بمعنى أن متوسط طولها يساوي أربع أضعاف عرضها تقريباً.

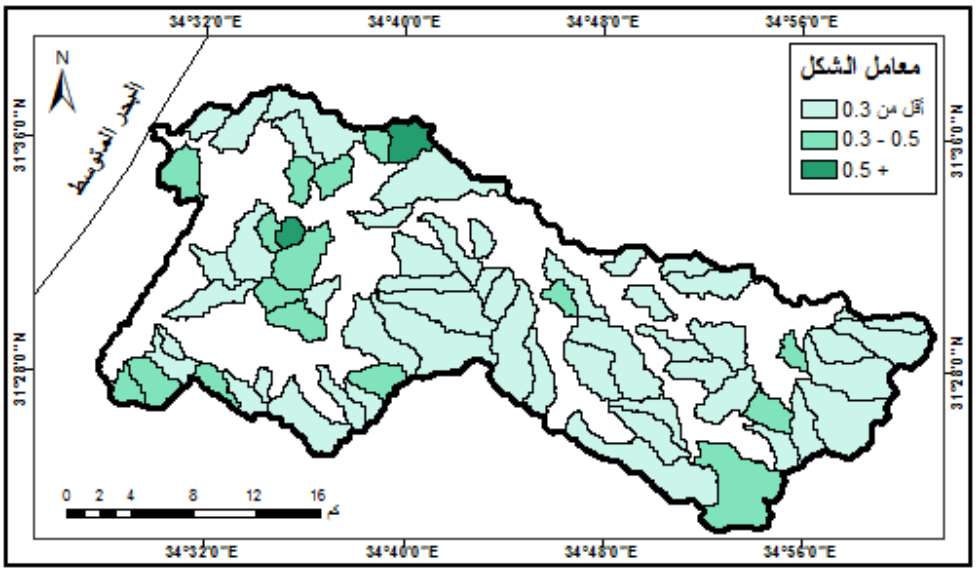


شكل (3.18): أحواض الرتبة الأولى حسب معامل الشكل.

- **معامل الشكل لأحواض الرتبة الثانية:**

بلغ متوسط معامل الشكل لأحواض الرتبة الثانية (0.26)، بانحراف معياري (0.12)، وتراوحت قيمة معامل الشكل ما بين (0.11) و (0.61)، ويتضح من (شكل 3.19) أن حوالي 96.6% من أحواض الرتبة الثانية يقل معامل الشكل لها عن (0.5)، وبالتالي تتميز هذه الأحواض بعدم انتظام شكلها وميلها إلى الشكل المستطيل أو المثلثي، وأن حوالي 3.4% من أحواض الرتبة تزداد فيها قيمة معامل الشكل عن (0.5) وتميل أحواضها نحو الشكل الدائري، وبالتالي فإن معظم أحواض الرتبة الثانية تمتاز بعدم انتظام شكلها وتعرج محيطها وميلها لاتخاذ الشكل المستطيل والمثلث، ولقد وجد أن 86.6% من أحواض الرتبة تصنف بأنها مستطيلة وشبه مستطيلة [73]، وأن

كل أحواض الرتبة يقل معامل استدارتها عن 0.5 [76]، وأن نسبة متوسط طول أحواض الرتبة إلى عرضها 4.5 (جدول 3.4).



شكل (3.19): أحواض الرتبة الثانية حسب معامل الشكل.

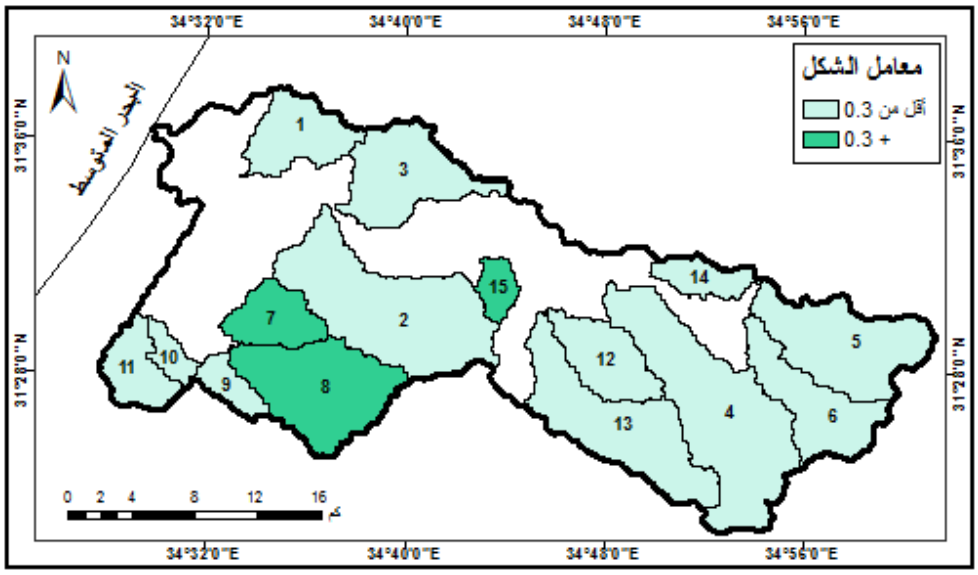
- **معامل الشكل لأحواض الرتبة الثالثة:**

بلغ متوسط قيمة معامل الشكل لأحواض الرتبة الثالثة 0.26، بانحراف معياري 0.7، وقد سجلت أدنى قيمة لمعامل الشكل 0.14، بينما أعلى قيمة 0.41، ويتضح من (شكل 3.20) أن جميع أحواض الرتبة الثالثة يقل فيها معامل الشكل عن 0.5، وهذا يتفق مع نسبة الطول للعرض البالغة 4.2 (جدول 3.4)، كما أن قيمة معامل الاستدارة أشارت إلى أن كل أحواض الرتبة الثالثة يقل معامل استدارتها عن 0.4 [77]، ولقد وجد أن 86.7% من أحواض الرتبة تتخذ الشكل المستطيل وشبه المستطيل [74]، وبالتالي فإن أحواض الرتبة الثالثة تميل إلى عدم الانتظام والتعرج واتخاذ الشكل المستطيل والمثلث.

- **معامل الشكل لأحواض الرتبة الرابعة:**

بلغ متوسط معامل الشكل لأحواض الرتبة الرابعة 0.3، بانحراف معياري 0.12، وهو أكثر ارتفاعاً من متوسطات أحواض الرتبة الثانية والثالثة، وتراوحت قيمة معامل الشكل ما بين 0.19 كأقل قيمة لحوض دورا و 0.53 كأعلى قيمة لحوض الفشخة، وتنخفض قيم الشكل في بقية الأحواض عن 0.5، ولقد وجد أن حوض الفشخة هو الوحيد الذي يميل للشكل المندمج أو الدائري

حيث سجل قيمة استطالة مرتفعة 0.82 [74]، وأن كل أحواض الرتبة سجلت قيم استدارة أقل من 0.5 أي أنها تبتعد عن الشكل الدائري [77]، وأن متوسط أطوال أحواض الرتبة إلى عرضها يبلغ 3.7 (جدول 3.4)، وبالتالي فإن أحواض الرتبة الرابعة تتسم باستطالتها وتعرج محيطها وعدم انتظام شكلها.



شكل (3.20): أحواض الرتبة الثالثة حسب معامل الشكل.

- **معامل الشكل لأحواض الرتبة الخامسة:**

بلغت قيمة معامل الشكل لحوض برير 0.25، أما حوض حانون 0.22، ولقد وجد أن أحواض الرتبة الخامسة تميل للشكل المستطيل [75]، وأن نسبة طولها إلى عرضها 4.3 (جدول 3.4)، وأنها تبتعد عن الشكل الدائري [78]، وبالتالي يتضح إن أحواض الرتبة الخامسة تميل لعدم انتظام شكلها وتعرجها واتخاذها الشكل المستطيل.

4- معامل الاندماج : (Compactness Coefficient)

يعتبر من المعاملات التي تقيس شكل الحوض، ويشير إلى مدى تجانس وتناسق شكل محيط الحوض مع مساحته، ومدى انتظام أو تعرج خط تقسيم المياه (الودعاني، 2014: 35)، ويسجل هذا المعامل قيماً أكبر من الواحد الصحيح، وإذا كانت القيمة تساوي الواحد الصحيح فإن ذلك يعني أن الحوض كامل الاستدارة (ريان، 2014: 92)، وتدل القيم المرتفعة لمعامل الاندماج على عدم تناسق شكل الحوض، وزيادة تعرجات محيطه، وحداثة دورته الجيومورفولوجية التحاتية (أبو رية، 2007: 54)

بينما تدل القيم المنخفضة على زيادة مساحة حوض التصريف على حساب طول محيط الحوض، وبالتالي تقدم الحوض في دورته التحاتية (الأنصاري، 2014: 43). وقد تم استخراج قيمة معامل الاندماج من خلال تطبيق المعادلة التي وضعها Gavelius عام 1914.

$$Cc = 0.2841 * P / A^{0.5} \text{.....}^{5} \quad \text{(Pareta and Pareta, 2011: 263)}$$

بتطبيق المعادلة (5) على الحوض فإن قيمة معامل الاندماج تساوي 2.24، وتعد هذه القيمة مرتفعة، حيث تتشابه مع حوض الفارعة 2.25، واعتبرتها ريان (2014: 100) أنها مرتفعة، ويؤكد ذلك نسبة طول الحوض إلى عرضه 4.1 (جدول 3.2)، وكبر محيطه 212.7 كم مقارنة بمساحته 728.7 كم^2 [68]، كما سجل قيمة استطالة 0.56، وقيمة استدارة 0.2، وقيمة شكل 0.25 (جدول3.2)، وبذلك فإن قيمة معامل الاندماج لحوض الحسى هي معززة لبقية المعاملات والتي تدل جميعاً على استطالة الحوض وعدم تناسق شكله وزيادة تعرجات محيطه، وبالتالي لا يزال في بداية دورته الجيومورفولوجية.

- **الاندماج لأحواض الرتبة الأولى:**

بلغ متوسط معامل الاندماج لأحواض الرتبة الأولى 1.7، بانحراف معياري 0.19 وتراوحت القيمة ما بين 1.3 و 2.35 ، وتم تصنيف أحواض الرتبة الأولى حسب قيمة معامل الاندماج إلى ثلاث فئات: (شكل3.21)

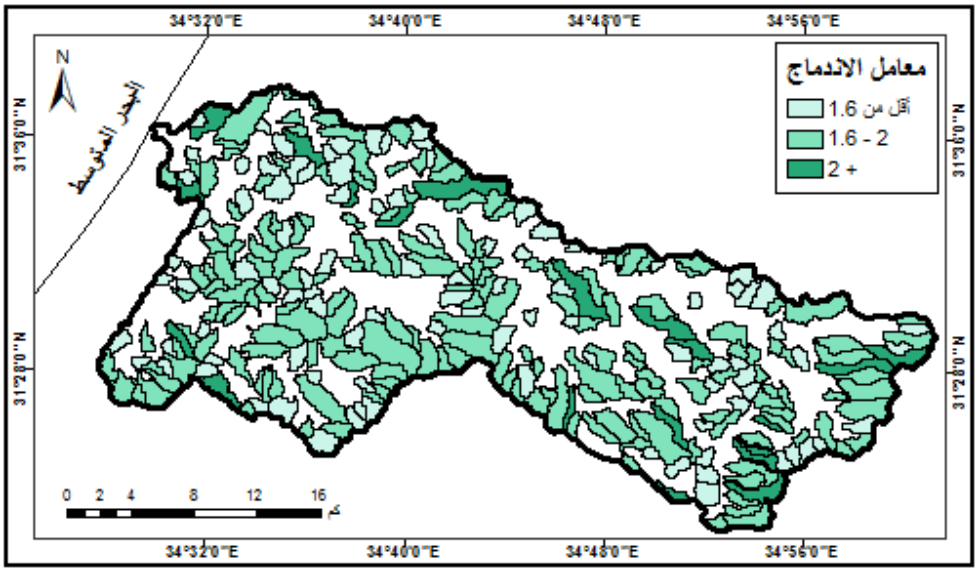
أ- أحواض يقل معامل الاندماج فيها عن 1.6، وتمثل الأحواض التي يميل شكلها إلى الاندماج والتناسق وقلة التعاريج، بنسبة 32.5% من جملة أحواض الرتبة.

ب-أحواض يتراوح المعامل فيها بين (1.6-2)، وتمثل الأحواض شبه المتناسقة والتي يميل شكلها إلى الشكل شبه المستطيل، ونسبتها 60.8% من جملة أحواض الرتبة.

ت-أحواض يزيد معامل اندماجها عن 2، وتمثل الأحواض التي تتميز بتعرج محيطها وعدم تناسق شكلها كما أنها تميل إلى الشكل المستطيل، ونسبتها 7.1% من أحواض الرتبة.

---

[5] حيث Cc= معامل الاندماج، 0.2841 ثابت، P= محيط الحوض (كم)، A = مساحة الحوض (كم^2)



شكل (3.21): أحواض الرتبة الأولى حسب معامل الاندماج.

يتضـــح مما تقدم أن 67.9% من أحواض الرتبة تتســـم بعدم انتظام شـــكلها وتعرج محيطها واتخاذها الشكل المستطيل، ولقد وجد أن 91.4% من أحواض الرتبة الأولى يقل معامل الشكل لها عن 0.5 [80-79]، وأن 76.6% من أحواض الرتبة تصـنف بأنها مستطيلة وشـبه مستطيلة [72]، وحوالي 96% من أحواض الرتبة الأولى يقل معامل اسـتدارتها عن 0.5 [76]، وأن متوسـط طولها إلى عرضها 3.9 (جدول 3.4).

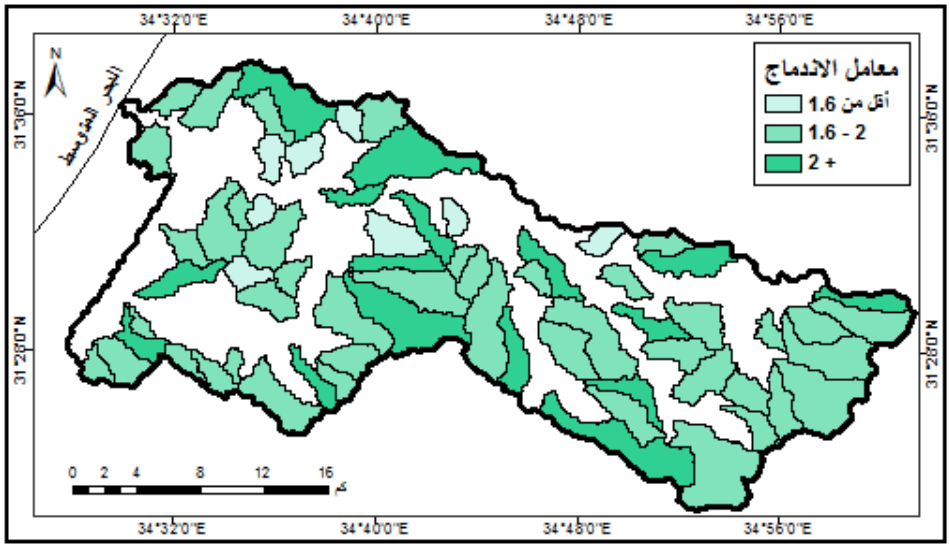
- **الاندماج لأحواض الرتبة الثانية:**

بلغ متوسـط معامل الاندماج لأحواض الرتبة الثانية 1.84، بانحراف معياري 0.21 وتراوحت القيم ما بين 1.84 و 2.34، وتم تصـنيف الأحواض في الرتبة الثانية حسـب قيمة معامل الاندماج إلى ثلاث فئات: (شكل 3.22)

أ- أحواض يقل معامل الاندماج فيها عن 1.6 وتمثل الأحواض الأكثر اندماجاً أو تميل إلى الاستدارة، بنسبة 10.9% من جملة أحواض الرتبة.

ب-أحواض يتراوح معامل الاندماج فيها بين (1.6 و2)، وهي الأحواض شـبه المندمجة والتي تميل إلى الاستطالة أكثر من الاستدارة، بنسبة 65.7% من جملة أحواض الرتبة.

ت- أحواض يزداد معامل الاندماج فيها عن 2، وتمثل الأحواض التي يبدو تعرج محيطها بشـــكل واضـح بالإضـافة إلى انها تمتاز بعدم التناسـق في شـكلها وميلها إلى الشـكل المسـتطيل، بنسـبة 23.4% من جملة أحواض الرتبة.

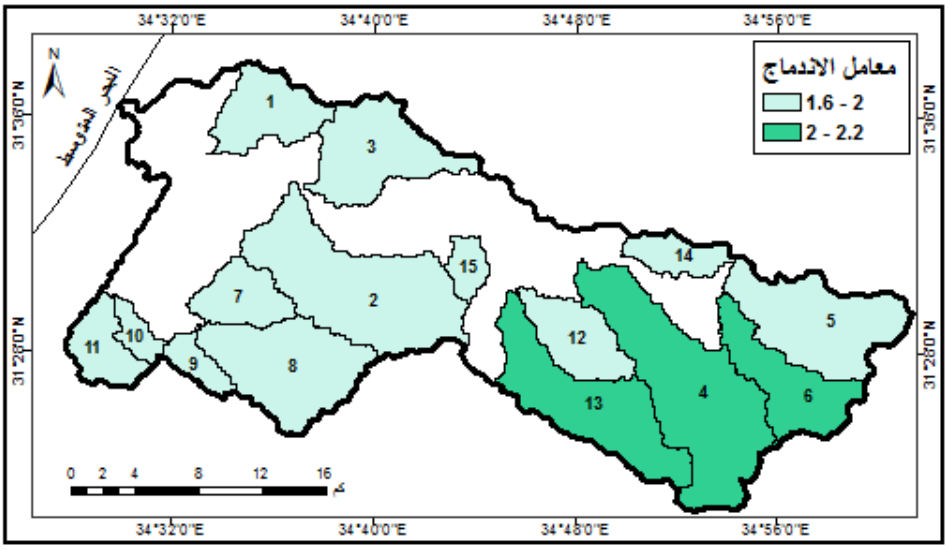


شكل (3:22): أحواض الرتبة الثانية حسب معامل الاندماج

يتضـــح مما تقدم أن حوالي 89.1 % من أحواض الرتبة الثانية تتميز بعدم تناســق شــكلها وتعرج محيطها وبعدها عن الشـــكل المندمج، وهذا ما تم تأكيده في نتائج معامل الاســـتطالة، والاســتدارة، والشــكل، حيث وجد أن 96.6% من أحواض الرتبة يقل معامل الشــكل لها عن 0.5 [80]، 86.6% منها تصنف بأنها مستطيلة وشبه مستطيلة [73]، وأن كل أحواض الرتبة يقل معامل استدارتها عن 0.5 [76]، وأن نسبة متوسط طول أحواض الرتبة إلى عرضها 4.5 (جدول 3.4).

- **الاندماج لأحواض الرتبة الثالثة:**

بلغ متوسـط معامل الاندماج لأحواض الرتبة الثالثة 1.86، بانحراف معياري 0.18 وتراوحت القيم ما بين 1.61 و2.22، ويعنى ذلك أن جميع أحواض الرتبة تتميز بعدم تناسـق شـكلها وتعرج محيطها وابتعادها عن الشـكل المندمج (شـكل3.23)، ولقد وجد أن جميع أحواض الرتبة الثالثة يقل معامل الشكل لها عن 0.5 [81]، وأن معامل استدارتها يقل عن 0.4 [77]، و86.7% من أحواض الرتبة تتخذ الشكل المستطيل وشبه المستطيل [74]، وأن نسبة الطول للعرض 4.2 (جدول 3.4).



شكل (3.23): أحواض الرتبة الثالثة حسب معامل الاندماج.

- **الاندماج لأحواض الرتبة الرابعة:**

بلغ متوسط معامل الاندماج لأحواض الرتبة الرابعة 1.87، بانحراف معياري 0.23، وتراوحت القيم ما بين 2.16 كأعلى قيمة لحوض دورا و1.54 كأقل قيمة لحوض الفشخة، ولقد سجل حوض الفشخة أعلى قيمة لمعامل الشكل في الرتبة وهي0.53 [81]، وأعلى معدل استدارة في الرتبة 0.43 [77]، وأكبر قيمة استطالة 0.82 [74] أي أنه يميل للشكل المندمج أو الدائري، ويرجع ذلك إلى تجانس التركيب الصخري (شكل 2.5)، وانخفاض نسبة تضرسه، ولقد وجد أنه أصغر أحواض الرتبة مساحة وطولاً حيث تبلغ مساحته 25.3 كم^2 [58]، أما طوله 6.9 كم [65]، أما باقي أحواض الرتبة الرابعة فإنها تتميز بتعرج محيطاتها وميل شكلها إلى الاستطالة، حيث سجلت قيم منخفضة لمعامل الاستدارة، والاستطالة، والشكل.

- **الاندماج لأحواض الرتبة الخامسة:**

بلغ معامل الاندماج لحوض برير 2.2، بينما لحوض حانون 2.1، وبالتالي يتميز كل من حوض برير وحانون بتعرج محيطاتها وقلة اندماجهما وميل شكلهما إلى الاستطالة، ولقد وجد أن أحواض الرتبة الخامسة تميل للشكل المستطيل [75]، وأن طولها حوالي أربع أضعاف عرضها حيث تبلغ نسبة الطول للعرض 4.3 (جدول 3.4)، كما سجلت قيم استدارة منخفضة أقل من 0.24 [78]، وكذلك قيم منخفضة لمعامل الشكل أقل من 0.26 [82].

❖ **العلاقات الارتباطية بين الخصائص الشكلية والمتغيرات المورفومترية:**

تم دراسة العلاقة الارتباطية بين المتغيرات الشكلية والمساحية لأحواض التصريف الفرعية في منطقة الحوض، ومن خلال دراسة مصفوفة الارتباط بين المتغيرات التي تظهر في جدول (3.8)، يمكن تصنيف العلاقات كالتالي:

جدول (3.8): العلاقات الارتباطية للخصائص الشكلية والمتغيرات المورفومترية.

المتغير	استطالة	استدارة	الشكل	الاندماج	الطول/العرض	المساحة	المحيط	طول الحوض	العرض
استطالة	1	.814**	.993**	-.792**	-.936**	-.061*	-.176**	-.249**	-.007*
استدارة		1	.790**	-.977**	-.814**	-.195**	-.349**	-.398**	-.204**
الشكل			1	-.754**	-.891**	-.066*	-.174**	-.244**	-.012*
الاندماج				1	.842**	.232**	.390**	.440**	.237**

- **العلاقات الارتباطية القوية ≤ 0.7 وهي:**

— العلاقة الطردية بين معامل الاستطالة والاستدارة والشكل، حيث بانخفاض قيمة معامل الاستطالة تنخفض قيم معامل الاستدارة والشكل والعكس صحيح، وأن الأحواض التي تميل للاستدارة غالباً ينتظم الشكل العام لها، وتقل تعرجات محيطاتها، وهذا يؤكده العلاقة العكسية بين الاستطالة والاندماج (0.792−).

— العلاقة الطردية بين قيمة معامل الاندماج ونسبة الطول للعرض، فكلما ازدادت نسبة الطول للعرض ازدادت معها قيم معامل الاندماج، وبالتالي ازدادت تعاريج خطوط تقسيم المياه واتجهت الأحواض إلى عدم التناسق في الشكل العام لها.

— العلاقة العكسية بين معامل الاستطالة والاستدارة والشكل مع نسبة الطول للعرض ومعامل الاندماج، حيث تنخفض قيم معامل الاستطالة والاستدارة والشكل بازدياد نسبة الطول للعرض ومعامل الاندماج، وبذلك تتخذ الأحواض الشكل المستطيل، وتميل إلى عدم التناسق في الشكل العام، نظراً لحداثة دورتها الجيومورفولوجية، وهذا يؤكده العلاقة الطردية (0.842**) بين الاندماج ونسبة الطول للعرض.

- **العلاقات الارتباطية المتوسطة ≤ 0.3 إلى < 0.7 وهي:**

— العلاقة الطردية بين معامل الاندماج مع طول الحوض ومحيطه، حيث بازدياد طول الحوض ومحيطه تزداد قيم معامل الاندماج، وتتخذ الأحواض الشكل المستطيل وتميل إلى عدم انتظام الشكل العام لها.

— العلاقة العكسية بين معامل الاستدارة مع طول الحوض ومحيطه، حيث بازدياد طول الحوض ومحيطه تقل قيم معامل الاستدارة، وتتخذ الأحواض الشكل المستطيل وتميل إلى عدم انتظام الشكل العام لها.

- **العلاقات الارتباطية الضعيفة < 0.3:**

وهي علاقات لا يمكن تعميمها وتخضع لظروف كل منطقة، ويرتبط ذلك ببعض الخصائص البنيوية والجيولوجية التي من شأنها أن تؤدي أحياناً إلى علاقات غير خطية (الأنصاري، 2014: 55) ومنها:

— العلاقة الطردية بين معامل الاندماج مع مساحة الحوض وعرضه، حيث تميل الأحواض كبيرة المساحة والتي يزداد عرضها إلى الشكل المستطيل وعدم التناسق في الشكل العام.

— العلاقة العكسية بين معامل الاستطالة والاستدارة والشكل مع مساحة وأبعاد حوض التصريف، حيث تميل الأحواض ذات المساحات الكبيرة والتي يزداد أحد أبعادها، إلى الشكل المستطيل، وعدم التناسق في الشكل العام.

الخلاصة:

اتضح من دراسة الخصائص المساحية أن مساحة الحوض ككل بلغت 728.7كم^2، وأن طوله يبلغ 54.4 كم، وأن محيطه طويل مقارنة بمساحته إذ يبلغ 212.7 كم. وتبين أن مساحة الأحواض الفرعية تزداد بازدياد الرتبة، وأن مساحة الأحواض وأبعادها وهي الطول، والعرض، والمحيط مرتبطة مع بعضها بعلاقة طردية قوية.

وأظهرت معاملات الشكل أن الحوض ككل ومعظم أحواضه الفرعية ذات شكل مستطيل، وتميل إلى عدم التناسق في الشكل العام، وتعرج خطوط تقسيم المياه، فقد بلغت قيمة الاستطالة 0.56، أما الاستدارة 0.20، والشكل 0.25، والاندماج 2.24، ويعني ذلك قمة تصريف منخفضة، وأن الحوض في بداية دورته الجيومورفولوجية. وتبين أن العوامل الطبيعية وبخاصة الجيولوجيا والمناخ هي ذات الأثر الأكبر في تباين خصائص الحوض المساحية والشكلية. كما تبين أن قيم الاستطالة والاستدارة والشكل ترتبط مع بعضها بعلاقة طردية قوية، بينما ترتبط بعلاقة عكسية قوية مع نسبة الطول للعرض والاندماج، وأن العلاقة بين نسبة الطول للعرض والاندماج هي علاقة طردية قوية (0.842^{**}).

الفصل الرابع

الخصائص التضاريسية لحوض وادي الحسى

(Wadi Al-Hasa Basin Relief Characteristics)

مقدمة

أولاً: معامل التضرس (Relief Ratio)

ثانياً: التضاريس النسبية (Relative Relief Ratio)

ثالثاً: قيمة الوعورة (Ruggendness Number)

رابعاً: النسيج الطبوغرافي (Texture Ratio)

خامساً: درجة انحدار الرافد (Stream Slop)

سادساً: التحليل الهبسومتري (Hypsometric Analysis)

الخلاصة

مقدمة:

تعد دراسة الخصائص التضاريسية لأحواض التصريف النهري ذات أهمية كبيرة من الناحية الجيومورفولوجية، باعتبارها انعكاساً لمجموعة من العناصر متمثلة في التكوين الجيولوجي والبنية الجيولوجية والظروف المناخية، ومن خلالها يمكن معرفة طبوغرافية المنطقة والأشكال الأرضية المرتبطة بها، وتحديد المرحلة الجيومورفولوجية التي يمر بها الحوض، وفهم تطور الشبكة المائية، ولبيان الخصائص التضاريسية لسطح حوض وادي الحسى، تم استخدام بعض المعاملات المورفومترية والتي لخصت حساباتها في جدول رقم (4.1)، وهي:

جدول (4.1): الخصائص التضاريسية لحوض وادي الحسى

معامل التضرس	التضاريس النسبية	قيمة الوعورة	النسيج الطبوغرافي	التكامل الهبسومتري
16.5م/كم	0.42	0.9	1.8 مجرى/كم	51.74

أولاً: معامل التضرس (Relief Ratio)

يعد معامل التضرس معياراً هاماً لمعرفة الطبيعة الطبوغرافية للمنطقة (الببواتي، 2007: 391)، ويعبر عن مدى تضرس الحوض بالنسبة لطوله (ناجي، 2012)، كما يدل على المرحلة الجيومورفولوجية التحاتية التي يمر بها الحوض (الأنصاري، 2014: 43)، إذ تشير القيم المرتفعة إلى التضرس الشديد لأسطح الأحواض، وبالتالي تأخر الحوض في دورته التحاتية (أبو رية، 2007: 56)، في حين تشير القيم المنخفضة إلى أن الحوض استطاع أن يقطع شوطاً كبيراً في دورته التحاتية، واستطاع أن يخفض من تضرسه (الودعاني، 2014: 47)، وترتبط قيمة معامل التضرس بالظروف الجيولوجية والبنيوية وانحدار الحوض، كما ترتبط بطبيعة مناخ المنطقة حيث تزداد في المناطق الجافة وشبه الجافة لتعطل عمليات التعرية (ريان، 2014: 106). وتم حساب معامل التضرس وفقاً للمعادلة التي وضعها Schumm عام 1956.

$$Rc = (Hmax-Hmin)/Lb \quad \ldots\ldots [6] \quad \text{(Sangita \& Dulal, 2015 :486)}$$

[6] حيث Rc = معامل التضرس، Hmax = منسوب أعلى نقطة في الحوض، Hmin= منسوب أدنى نقطة في الحوض، Lb= طول الحوض (كم)

بتطبيق المعادلة (6) على حوض وادي الحســـى فإن قيمة التضـــرس في الحوض تســـاوي 16.5م/كم، وبمقارنتها بأحواض مناطق جافة تعد قيمة مرتفعة، حيث بلغت قيمة التضـرس لحوض وادي الوالة في الأردن 15.1م/كم (أبو سليم، 2010: 121) وتم اعتبارها نسبة مرتفعة، وحوض وادي السلقا في فلسطين 14م/كم (اللوح، 2000: 162) وتم اعتبار الحوض شديد التضرس، وحوض وادي درنة في ليبيا 12.9 م/كم (الجميلي،2008: 81) وتم اعتبارها أيضـــاً نســـبة مرتفعة، وحوض وادي الأسـدي في العراق 5.74 م/كم (الجميلي والنقاش، 2008: 10) وتم اعتبارها نسـبة مرتفعة، إن ارتفاع قيمة معامل التضـرس في حوض وادي الحســى تفسـر بزيادة الفارق بين منسـوب أعلى نقطة وأقل نقطة في الحوض الذي وصل إلى 897م، وصـغر مساحته البالغة 728.7كم^2 [54] ، وصـغر طوله 54.4كم (جدول3.2)، وتباين الظروف البنيوية ونوع الصـــخر على أجزاء الحوض، كما تدل على نشـــاط الحوض جيومورفولوجياً، وبالتالي تزايد النشـــاط الحتّي في الحوض، وتراجع مناطق تقســـيم المياه (التوم، 2011، 256).

- **التضرس لأحواض الرتبة الأولى:**

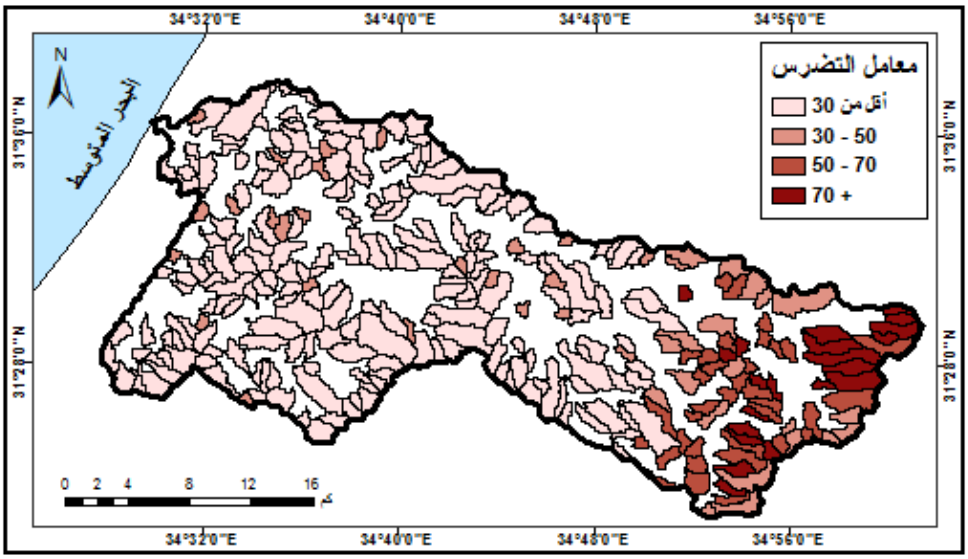
ترتفع قيمة التضرس في أحواض الرتبة الأولى، حيث يبلغ المتوسط 32.4 م/كم، بانحراف معياري 20 م/كم، وهذا يعد مؤشراً للنشاط الجيومورفولوجي لروافد الرتبة الأولى، وبالتالي قدرتها على النحت وتوسيع مساحة الحوض (التوم، 1990: 44)، وتراوحت قيم التضرس من 5.7 إلى 134.2م/كم، وتم تصنيف أحواض الرتبة الأولى حسب التضرس إلى ثلاث فئات: (شكل 4.1)

أ- أحواض يقل معامل تضـرسـها عن 30 م/كم، وتضـم 200 حوض، بنسـبة 66.4% من جملة أحواض الرتبة، وتنتشر في الجزء الأوسط والأدنى من الحوض، حيث يقل الارتفاع عن 300م، والانحدار عن 5°، وتوجد الرواسب الفيضية وصخور الكركار سهلة التعرية (شكل 2.5).

ب-أحواض يتراوح تضـــرســـها ما بين (30- 50 م/كم)، وتضـــم 45 حوض، بنســـبة 15% من أحواض الرتبة، وتوجد في معظم أجزاء الحوض.

ت-أحواض يزيد معامل تضـرسـها عن 50 م/كم، بنسـبة 18.6% من أحواض الرتبة، وتنتشـر في المناطق التي يزداد ارتفاعها عن 400 م، وانحدارها عن 10°، حيث صـــخور الحجر الجيري والدولميت والمارل والطباشير والصوان المقاومة لعوامل التعرية، ووجود الصدوع والطية المحدبة (شـكل2.5)، وقد فسـر أبو رية (57:2007) زيادة التضـرس في حوض شـرم في مصـر بأن

تكويناته صـــلبة، وتعرضـــه للصـــدوع، إضـــافة لوجود تربة التيراروســـا قليلة النفاذية للمياه (شكل2.12).



شكل (4.1) أحواض الرتبة الأولى حسب قيمة معامل التضرس

يتضح نشاط أحواض الرتبة الأولى جيومورفولوجياً، حيث متوسط معامل تضرسها مرتفع، وأن التضـــرس يزداد من الغرب باتجاه المنابع (شـــكل4.1)، ولقد وجد أن 78.5% من أحواض الرتبة الأولى تقل مساحتها عن 2 كم^2 [55]، وقد أشار سلامة (1980: 113) إلى أن الأحواض شديدة التضرس تكون صغيرة المساحة، و82.4% من أحواض الرتبة الأولى تقل أطوالها عن 3 كم [61]، وقد أشار أبو رية (2007: 56) إلى أن الأحواض شديدة التضرس تمتاز بقصر طولها الحوضي، كما وجد أن 76.6% من أحواض الرتبة تصنف بأنها مستطيلة وشبه مستطيلة [72]، و96% منها يقل معامل اســـتدارتها عن 0.5 [76]، و91.4% يقل معامل الشـــكل لها عن 0.5 [79-80]، و67.7% منها تتســم بعدم انتظام شــكلها وتعرج محيطها واتخاذها الشــكل المســتطيل [84]، وأن متوســط طولها إلى عرضــها 3.8 (جدول 3.4)، كما يتضــح أن التباين في قيم معامل التضــرس لأحواض الرتبة الأولى مرتبط بالظروف الجيولوجية والبنيوية للحوض والانحدار، حيث وجد أن 74.2% من مســـاحة الأحواض يقل ارتفاعها عن 300م (جدول2.1)، و 84.4% يقل انحدارها عن 5° (جدول2.2)، وأن الرواســب الفيضــية والكركار تشــكل ما مســاحته 71.3% من منطقة

الحوض (جدول2.3)، وأن التربة الحديثة عالية النفاذية تحتل 71.7% من مساحة الحوض (جدول2.5).

- **التضرس لأحواض الرتبة الثانية:**

تعد قيمة التضرس في أحواضها أيضاً مرتفعة، حيث سجل متوسط قيمة التضرس24 م/كم، بانحراف معياري 14.8م/كم، مما يشير إلى نشاطها الجيومورفولوجي، وتراوحت قيم التضرس ما بين 10.3 و70.9م/كم، وتم تصنيف أحواض الرتبة الثانية حسب التضرس إلى ثلاث فئات: (شكل 4.2)

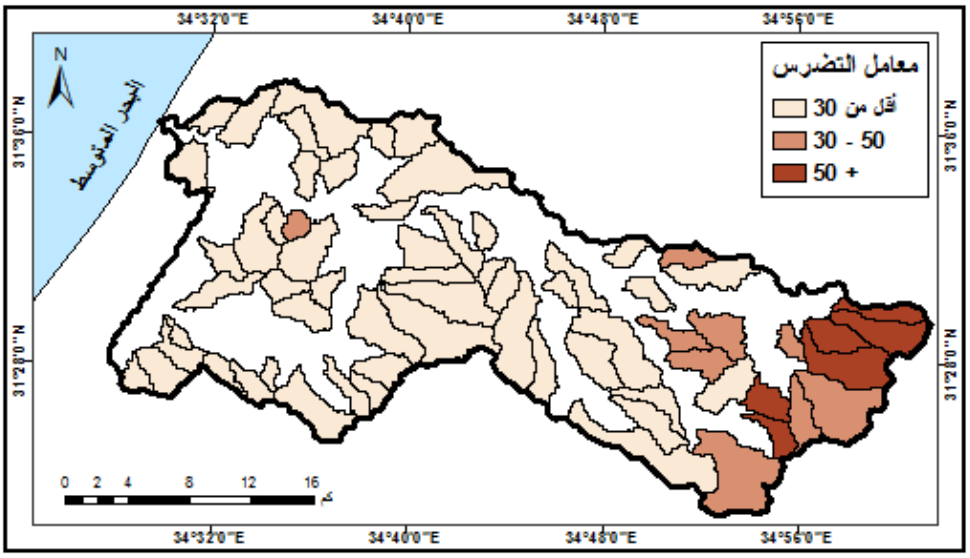
أ- أحواض يقل معامل تضرسها عن 30 م/كم، تضم 52 حوض، بنسبة 77.6% من أحواض الرتبة، وتنتشر في الجزء الأدنى والأوسط من الحوض حيث يقل الارتفاع عن 400م، والانحدار عن 10°. وتوجد الرواسب الفيضية وصخور الكركار سهلة التعرية (شكل 2.5).

ب-أحواض يتراوح معامل تضرسها ما بين 50- 30 م/كم، بنسبة 13.4% من أحواض الرتبة، وتنتشر في الجزء الأوسط والأعلى من الحوض، ويوجد حوض واحد منها في الجزء الأدنى، ويمتاز بصغر مساحته.

ت-أحواض يزيد معامل تضرسها عن 50 م/كم، بنسبة 9% من أحواض الرتبة، وتوجد في الجزء الأعلى من الحوض حيث الارتفاع أكبر من 400 م (شكل2.1)، والانحدار يزيد عن 10°(شكل 2.2)، وصخور الحجر الجيري والدولميت والمارل والطباشير والصوان المقاومة لعوامل التعرية، ووجود الصدوع والطية المحدبة (شكل2.5)، وتربة التيراروسا قليلة النفاذية (شكل 2.12).

يتضح نشاط أحواض الرتبة الثانية جيومورفولوجياً، حيث متوسط معامل تضرسها مرتفع، وأن التضرس يزداد من الغرب باتجاه الشرق حيث المنبع (شكل4.2)، ولقد وجد أن 55.2% من أحواض الرتبة الثانية تقل مساحتها عن 6 كم^2 [75]، و50.7% منها تقل أطوالها عن 5 كم [63]، وأن 96.6% منها يقل معامل الشكل لها عن 0.5 [80]، و86.6% منها تصنف بأنها مستطيلة وشبه مستطيلة [73]، وأن كل أحواض الرتبة يقل معامل استدارتها عن 0.5 [76]، و89.1% تتميز بعدم انتظام شكلها وتعرج محيطاتها، وتتخذ الشكل المستطيل [85]، وأن نسبة الطول للعرض 4.5 (جدول 3.4)، كما يتضح أن الأحواض التي يزداد معامل تضرسها عن 30م/ كم تمثل 22.4% من جملة أحواض الرتبة، ولقد وجد أن 15.8% من مساحة الأحواض ارتفاعها أكبر من 400م

(جدول2.1)، و 15.6% انحدارها أكبر من 5° (جدول2.2)، وأن صـــخور الحجر الجيري والدولميت والطباشـير والمارل والصـوان المقاومة للتعرية تشـكل ما مسـاحته 28.7% من منطقة الحوض (جدول2.3).



شكل (4.2) أحواض الرتبة الثانية حسب قيمة معامل التضرس

- **التضرس لأحواض الرتبة الثالثة:**

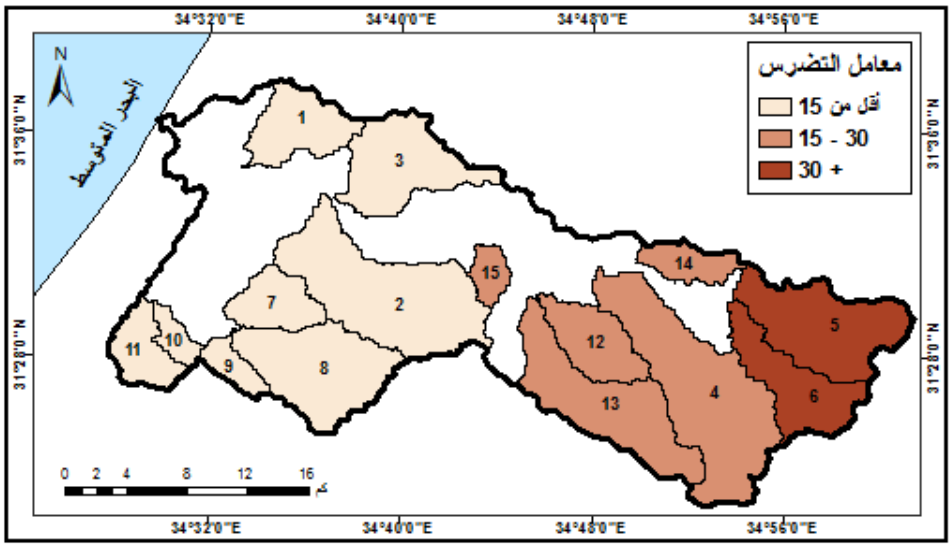
بلغ متوســـط قيمة التضـــرس لأحواض الرتبة الثالثة 17م/كم، بانحراف معياري 9.3م/كم، وتراوحت القيم ما بين 8.2 و42.4 م/كم، وتم تصـنيف أحواض الرتبة الثالثة حسـب التضـرس إلى ثلاث فئات: (شكل4.3)

أ- أحواض يقل معامل تضـرسـها عن 15م/كم، وتضـم 8 أحواض، بنسـبة 53.4% من أحواض الرتبة، وتنتشـــر في الجزء الأدنى من الحوض حيث الارتفاع أقل من 200م (شـــكل 2.1) والانحدار أقل من 5° (شكل 2.2) ، والرواسب الفيضية وصـخور الكركار سـهلة التعرية (شكل 2.5)، والترب الفيضية واللوس والرملية والحمرة، وتربة الغابات البنية (شكل 2.12)، وهي ترب حديثة عالية النفاذية.

ب-أحواض يتراوح معامل تضـرسـها ما بين 15 -30 م/كم، بنسـبة 33.3% من أحواض الرتبة، وتنتشر في الجزء الأوسط و الأعلى من الحوض.

ت-أحواض معامل تضـرسـها أكبر من 30 م/كم، وتشـتمل على حوضـين وهما حوض(5 و6)، بنسـبة 13.3% من أحواض الرتبة، وتوجد في منطقة المنبع حيث صـخور الحجر الجيري والدولميت والطباشـير والمارل والصـوان (شـكل2.5) التي تتميز بصـلابتها ومقاومتها لعوامل التعرية، إضافة لوجود تربة التيراروسا (شكل2.12) قليلة النفاذية للمياه، وتأثرها بالصدوع والطية المحدبة (شـكل 2.5)، وأنهما يوجدان في منطقة يزداد ارتفاعها عن 600 م (شـكل 2.1)، وانحدارها عن 18° (شكل 2.2).

وبالتالي فإن 46.6% من الأحواض مرتفعة التضـرس (أكبر من 15م/كم)، ولقد وجد أن 53.3% من أحواض الرتبة يقل طولها عن 10كم [63]، و46.6% مساحتها أقل من 25كم^2 [57]، وأن جميع أحواض الرتبة يقل معامل الشـكل لها عن 0.5 وتتميز بعدم انتظام شـكلها [81]، وكل أحواض الرتبة الثالثة يقل معامل اسـتدارتها عن 0.5 [77]، و86.7% منها الأحواض تتخذ الشـكل المستطيل وشبه المستطيل [74]، وأن نسبة الطول للعرض 4.2 (جدول 3.4).



شكل (4.3) أحواض الرتبة الثالثة حسب قيمة معامل التضرس

- **التضرس لأحواض الرتبة الرابعة:**

سـجلت قيمة التضـرس متوسـط 15.1 م/كم، بانحراف معياري 7.1م/كم، وانخفضـت قيم التضـرس في حوض الحليب (7.83م/كم) حيث سـجلت أقل قيمة تضـرس في الرتبة، يليها حوض الفشـخة (10.67م/كم)، ويرجع انخفاض قيم التضـرس في الحوضـين لوقوعهما في منطقة المصـب

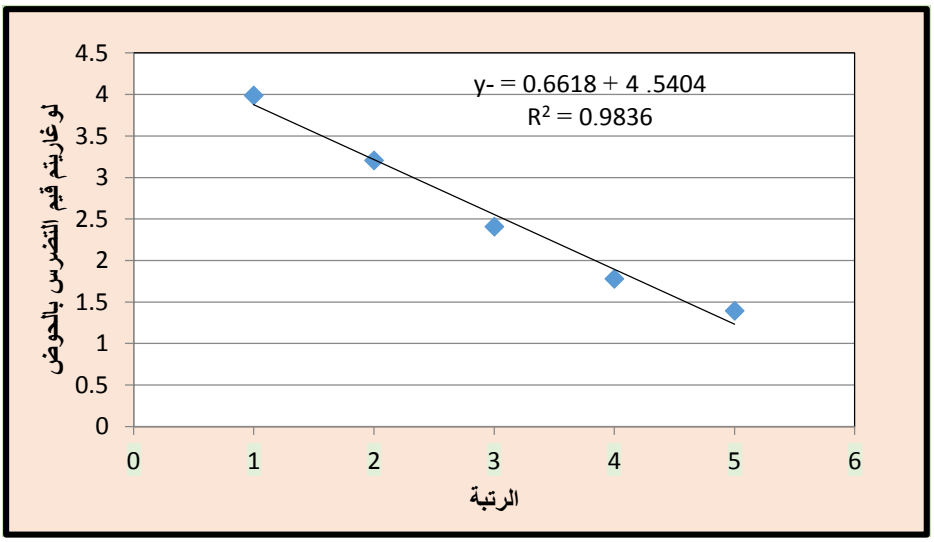
حيث صخور الكركار والتكوينات الفيضية قليلة المقاومة لعوامل التعرية (شكل 2.5)، وتربة اللوس والتربة الفيضية ذات النفاذية العالية (شكل 2.12)، كما أن ارتفاعهما أقل من 100م (شكل 2.1)، وانحدارهما أقل من 10° (شكل 2.2)، بينما ارتفعت قيمة التضرس في حوض دورا (26.5 م/كم) وهي أكبر قيمة تضرس في الرتبة، يليها حوض المليحة (15.3م/كم)، ويرجع ذلك إلى وجودهما في الأجزاء الوسطى والعليا بالقرب من المنابع حيث الصدوع والطية المحدبة وصخور الحجر الجيري والدولميت والطباشير والمارل والصوان (شكل2.12) المقاومة لعوامل التعرية، ووجود تربة التيراروسا قليلة النفاذية للمياه (شكل 2.12)، وأنهما يوجدان في منطقة يزداد ارتفاعها عن 600 م (شكل 2.1)، وانحدارها عن 18° (2.2).

- **التضرس لأحواض الرتبة الخامسة:**

بلغت قيمة التضرس لحوض برير 18.12 م/كم، ولحوض حانون 6.59 م/كم، مما يشير إلى التفاوت الكبير بينهما في قيمة التضرس، ويرجع ارتفاع قيمة التضرس لحوض برير إلى الفارق الرأسي الكبير في الحوض والذي يصل إلى 873 م، واحتواؤه على مناطق يصل انحدارها إلى حوالي 27.5°، ووجود صخور الحجر الجيري والدولميت والطباشير والمارل والصوان (شكل2.5) المقاومة لعوامل التعرية، وتربة التيراروسا قليلة النفاذية للمياه (شكل 2.12)، أما حوض حانون فتضرسه منخفض لوقوعه في الجزء الأدنى من الحوض حيث تنتشر صخور الحجر الرملي والتكوينات الفيضية (شكل 2.5) التي تستجيب لعوامل التعرية، مما أدى إلى تقليل الفارق الرأسي 168م، كما أن انحداره أقل من 10° (شكل 2.2).

❖ **العلاقة الارتباطية بين قيمة معامل التضرس والرتبة في حوض الحسى:**

تبين من دراسة قيم التضرس على مستوى أحواض الرتب أن قيم التضرس متباينة، وأن هذا التباين مرتبط بالظروف الجيولوجية والبنيوية للحوض ونوع التربة والانحدار، وتظهر معادلة العلاقة الخطية (شكل4.4) وجود ارتباطاً خطياً عكسياً قوياً بين لوغاريتم قيم تضرس الأحواض والرتبة، حيث قيمة معامل التحديد تساوي 0.983 وهي قيمة مرتفعة، مما يعني انخفاض قيمة التضرس بازدياد الرتبة، ويفسر ذلك بزيادة مساحة وأطوال الأحواض مع الرتبة (شكل3.6) و(شكل3.10)، حيث تكون قيم التضرس مرتفعة في الأحواض صغيرة المساحة والتي أطوالها قصيرة [93].



شكل (4.4): العلاقة بين لوغاريتم قيم تضرس الاحواض والرتبة.

ثانياً: التضاريس النسبية (Relative Relief Ratio)

تعتبر أحد أهم المتغيرات المورفومترية التي يتم من خلالها معرفة الخصائص التضاريسية للحوض (Meshram and Khadse, 2015: 27)، وهي تشير إلى العلاقة المتبادلة ما بين قيمة التضرس (الفرق بين منسوب أعلى وأدنى نقطة في الحوض) و محيط الحوض على شكل نسبة مئوية (البيواتي، 2007: 391)، وتؤثر على العديد من المتغيرات في الحوض وأهمها الخصائص الهيدرولوجية وكثافة التصريف (Oguchi and Lin، 2004: 159)، وتدل القيم المنخفضة للتضاريس النسبية على ضعف مقاومة الصخر ونشاط عوامل التعرية في الحوض (أبو رية، 2007: 57)، وقد أكد Schumm (1956: 217) وجود علاقة ارتباطية سالبة بين التضرس النسبي ودرجة مقاومة الصخر لعوامل التعرية عند ثبات الظروف المناخية، وتم حساب قيمة التضاريس النسبية من خلال المعادلة التي وضعها Melton. عام 1957.

Rhp =(H / P) *100 .....[7](Pareta and Pareta , 2011: 250)

بتطبيق المعادلة (7) على حوض وادي الحسى فإن قيمة التضاريس النسبية للحوض تساوي 0.421، وبمقارنة هذه القيمة بأحواض أخرى منها وادي غزة 0.32 (اللوح، 2000: 154)، ووادي الأشعلي 0.107 (عبد الحسن، 2012: 225)، وذكرت ريان (2014: 107) نقلاً عن (تراب،

[7] حيث Rhp= التضاريس النسبية، H= فرق الارتفاع (كم)، P= محيط الحوض (كم)

1997) أنها بلغت في وادي حجول ووادي القصـيب 0.015 و 0.1 على التوالي، وتم الاشـارة إلى أن قيمة التضاريس النسبية لهذه الأودية مرتفعة، وبالتالي فإن قيمة التضاريس النسبية لحوض وادي الحسـى تعد مرتفعة، وارتفاع قيمة التضـاريس النسـبية في الحوض يشـير إلى شـدة تضـرس ووعورة سطح الحوض (الودعاني، 2014: 37)، وصغر مساحته (أبو حصيرة، 2013: 81)، وأن الحوض مازال في المراحل الأولى من الدورة الجيومورفولوجية (علاجي، 2010: 78). ولقد وجد أن مسـاحة حوض وادي الحسـى صـغيرة 728.7 كم^2 [54]، وأن تعرجات محيطه كثيرة مما أدى إلى ازدياد طول محيطه 212.7كم مقارنة بمسـاحته [68]، وأن معامل التضـرس مرتفع 16.5م/كم [92]، وأن فرق الارتفاع المطلق في الحوض كبير وصـل إلى 897م [92]، كما يفسـر ارتفاع قيمة التضـاريس النسبية بتباين التركيب الصـخري وبنية الحوض الجيولوجية حيث الصـدوع والطية المحدبة وصـخور الحجر الجيري والدولميت والمارل والطباشـير والصـوان في الجزء الأعلى من الحوض، وصـخور الكركار والرواسب الفيضية سهلة التعرية في الجزء الأوسط والأدنى (شكل 2.5).

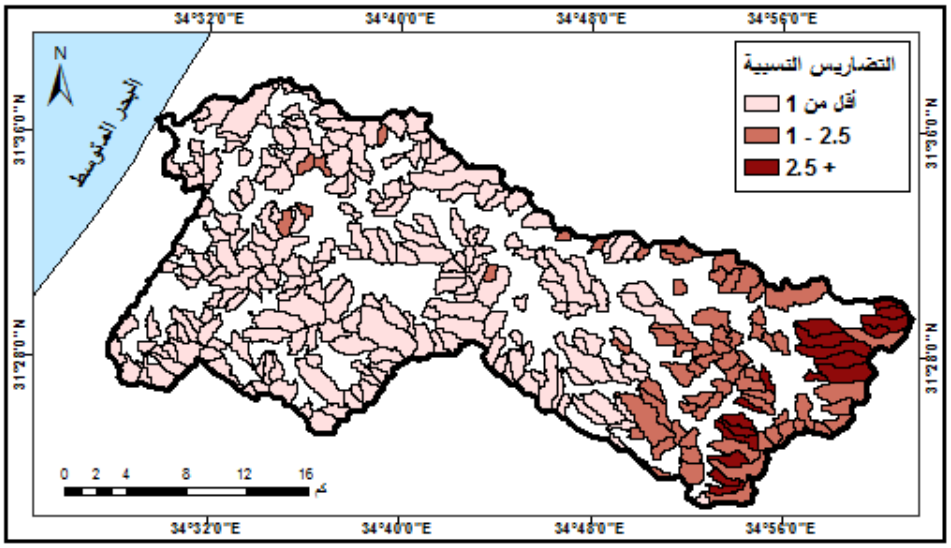
- **التضاريس النسبية لأحواض الرتبة الأولى:**

بلغ متوسط قيمة التضـاريس النسبية لأحواض الرتبة الأولى 1.03، بانحراف معياري 0.68، وقد تراوحت القيم ما بين 0.18 و4.59، وتم تقسـيم أحواض الرتبة الأولى حسـب قيمة التضـاريس النسبية إلى ثلاث فئات: شكل (4.5)

أ- أحواض تقل تضـاريسـها النسبية عن 1، وتضـم 214 حوض، بنسـبة 71% من أحواض الرتبة، وتتركز في الجزء الأدنى والأوسـط من الحوض حيث يقل الارتفاع عن 300 م، والانحدار عن 5°، وتوجد صخور الكركار والرواسب الفيضية سهلة التعرية (شكل2.5).

ب- أحواض تتراوح تضـاريسـها النسـبية ما بين 1-2.5، وتضـم 69 حوض، بنسـبة 23% من أحواض الرتبة، وتنتشر في معظم أجزاء الحوض.

ت-أحواض ذات تضـاريس نسـبية أكبر من 2، وتضـم 18حوض، بنسـبة 6% من أحواض الرتبة، وتنتشـر في الجزء الأعلى من الحوض حيث الصـدوع والطية المحدبة، والصـخور المقاومة لعوامل التعرية (شـكل2.5)، وزيادة الارتفاع عن 400 م (شـكل 2.1)، والانحدار عن 10° (شكل 2.2).



شكل (4.5) أحواض الرتبة الأولى حسب قيمة التضاريس النسبية

يتضح من متوسط قيمة التضاريس النسبية لأحواض الرتبة الأولى أنها مرتفعة، مما يشير إلى حداثة دورتها الجيومورفولوجية، كما تزداد بالاتجاه نحو المنابع (شـــكل4.5) وهذا يتماثل مع قيم التضرس لأحواض الرتبة الأولى (شكل4.1)، ولقد وجد أن 66.4% من أحواض الرتبة يقل معامل تضـــرســـها عن 30 م/كم ، وتوجد في الجزء الأدنى والأوســـط من الحوض، و15% منها يتراوح تضـرسـها ما بين (30– 50 م/كم)، وتوجد في معظم أجزاء الحوض، و18.6% منها يزيد معامل تضرسـها عن 50 م/كم، وتنتشـر في المناطق التي يزداد ارتفاعها عن 400 م، وانحدارها عن 10° [92]. وقد أشـار أبو رية (2007: 67) إلى وجود علاقة طردية قوية بين قيمة التضـاريس النسـبية وقيمة معامل التضرس وتم حسابها 0.918 عند مستوى دلالة 0.01.

- **التضاريس النسبية لأحواض الرتبة الثانية:**

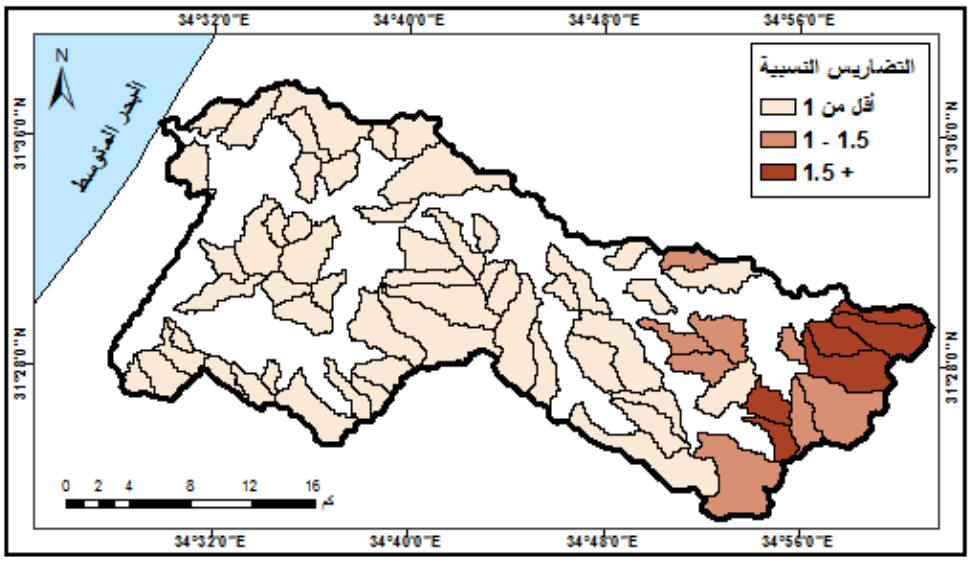
بلغ متوسط قيمة التضـاريس النسبية لأحواض الرتبة الثانية 0.8، بانحراف معياري 0.5، وقد تراوحت القيم ما بين 0.3 و2.3، مما يشير إلى حداثة دورتها الجيومورفولوجية، وتم تقسيم أحواض الرتبة الثانية حسب قيمة التضاريس النسبية إلى ثلاث فئات: شكل (4.6)

أ- أحواض تقل تضـاريسـها النسـبية عن 1، وتضـم 53 حوض، بنسـبة 79% من أحواض الرتبة، وتتركز في الجزء الأدنى والأوســط من الحوض، حيث يقل الارتفاع عن 400م (شــكل 2.1)،

والانحدار عن 10° (شكل 2.2)، وتوجد الرواسب الفيضية وصخور الكركار سهلة التعرية (شكل 2.5).

ب- أحواض تتراوح تضاريسها النسبية من 1 إلى 1.5، وتضم 8 أحواض، بنسبة 12% من أحواض الرتبة، وتنتشر في الجزء الأعلى من الحوض.

ت- أحواض تضاريسها النسبية أكبر من 1.5، وتضم 6 أحواض، بنسبة 9% من أحواض الرتبة، وتوجد في منطقة المنابع حيث الصدوع والطية المحدبة، والصخور المقاومة لعوامل التعرية (شكل2.5)، وتربة التيراروسا قليلة النفاذية للمياه (شكل 2.12)، وزيادة الارتفاع عن 600 م (شكل 2.1)، والانحدار عن 18° (شكل 2.2).



شكل (4.6) أحواض الرتبة الثانية حسب قيمة التضاريس النسبية

يتضح ارتفاع قيمة التضاريس النسبية لأحواض الرتبة الثانية، وأن قيمها تزداد بالاتجاه نحو المنابع (شكل 4.6)، وهذا يتماثل مع قيم معامل التضرس حيث تزداد باتجاه نحو المنابع (شكل 4.2)، كما وجد أن 77.6% من أحواض الرتبة يقل معامل تضرسها عن 30 م/كم، وتنتشر في الجزء الأدنى والأوسط من الحوض، و13.4% منها يتراوح معامل تضرسها ما بين 50 – 30م/كم، و9% منها يزيد معامل تضرسها عن 50 م/كم، وتوجد في الجزء الأعلى في المناطق التي يزيد ارتفاعها عن 400 م، وانحدارها عن 10° [94].

- **التضاريس النسبية لأحواض الرتبة الثالثة:**

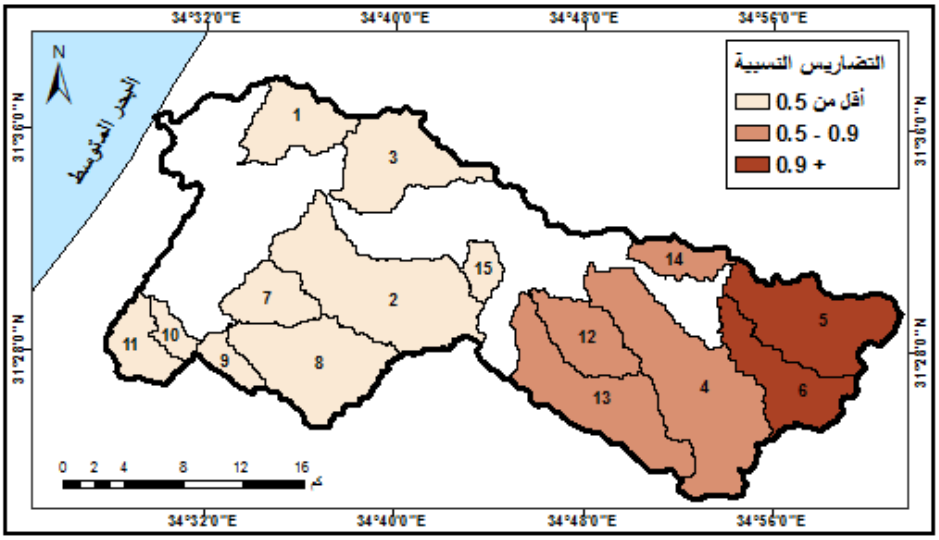
بلغ متوسط قيمة التضاريس النسبية لأحواض الرتبة الثالثة (0.53)، بانحراف معياري(0.28)، وقد تراوحت القيم ما بين (0.26) و(1.24)، وتم تقسيم أحواض الرتبة الثالثة حسب قيمة التضاريس النسبية إلى ثلاث فئات: شكل (4.7)

أ- أحواض تقل تضاريسها النسبية عن 0.5، وتضم 7 أحواض، بنسبة 46.7% من أحواض الرتبة، وتتركز في الجزء الأدنى من الحوض، لقلة الارتفاع (أقل من 200م)، وقلة الانحدار (أقل من 10°)، ووجود الرواسب الفيضية وصخور الكركار سهلة التعرية (شكل 2.5)، والتربة الحديثة عالية النفاذية (شكل2.12).

ب-أحواض تتراوح تضاريسها النسبية ما بين (0.5 – 0.9)، وتضم 6 احواض، بنسبة 40%، وتنتشر في الجزء الأعلى والأوسط، حيث الارتفاع أكبر من 300م (شكل 2.1)، والانحدار يزيد عن 10° (شكل 2.2).

ث-أحواض تضاريسها النسبية أكبر من 0.9، وتضم حوضين هما (6،5)، بنسبة 13.3% من جملة أحواض الرتبة، ولقد سجل الحوضين أعلى قيمة تضرس في الرتبة 30+ [97]، ويوجدان في الجزء الأعلى من الحوض حيث الصدوع والطية المحدبة، والصخور المقاومة لعوامل التعرية (شكل2.5)، وتربة التيراروسا قليلة النفاذية (شكل2.12)، وزيادة الارتفاع عن 600 م (شكل 2.1)، والانحدار عن 18° (شكل 2.2).

ويلاحظ من شكل (4.7) أن قيم التضاريس النسبية تزداد بالاتجاه نحو المنابع، وأنها أقل من الرتبة الأولى والثانية، ويعود ذلك لكبر مساحة هذه الأحواض، حيث وجد أن 53.4% مساحة أحواض الرتبة الثالثة أكبر من 25 كم^2 [57]، ومما يؤكد ذلك العلاقة التي توصلت إليها علاجي (2010)، وريان (2014) وأبو حصيرة (2013) التي تشير إلى تناقص قيمة التضاريس النسبية مع كبر مساحة الأحواض. كما تتماثل قيم التضاريس النسبية في الرتبة الثالثة مع قيم التضرس، حيث وجد أن 53.4% منها يقل معامل تضرسها عن 15 م/كم، وتنتشر في الجزء الأدنى من الحوض، و33.3% منها يتراوح معامل تضرسها ما بين 15– 30 م/كم، وتوجد في الجزء الأوسط والأعلى من الحوض، وأن الأحواض 5 و 6 هما فقط التي يزداد معامل تضرسها عن 30 م/كم [96-95].



شكل (4.7) أحواض الرتبة الثالثة حسب قيمة التضاريس النسبية

- **التضاريس النسبية لأحواض الرتبة الرابعة:**

بلغ متوسط قيمة التضاريس النسبية لأحواض الرتبة الرابعة (0.43)، بانحراف معياري (0.18)، وسجل حوض الحليب أقل قيمة تضاريس نسبية في الرتبة 0.24، يليه حوض الفشخة 0.27، ويرجع انخفاض قيم التضرس في الحوضين لوقوعهما في منطقة المصب حيث صخور الكركار والتكوينات الفيضية (شكل 2.5) قليلة المقاومة لعوامل التعرية، والتربة الفيضية و اللوس عالية النفاذية (شكل 2.12)، والارتفاع أقل من 100م (شكل 2.1)، والانحدار أقل من 10° (شكل 2.2)، بينما ارتفعت قيمة التضاريس النسبية في حوض دورا (0.69) وهي أكبر قيمة في الرتبة، يليها حوض المليحة (0.51)، ويفسر ذلك بالصدوع والطية المحدبة، وطبيعة صخورهما المقاومة لعوامل التعرية (شكل2.5)، وتربة التيراروسا (شكل2.12) قليلة النفاذية للمياه، كما أن بهما مناطق يزيد ارتفاعها عن 800 م (شكل 2.1)، ويصل انحدارها إلى 27° (شكل 2.2)، ويلاحظ أن قيمة التضاريس النسبية في الرتبة الرابعة أقل من أحواض الرتبة الأولى والثانية والثالثة ويعود ذلك لكبر مساحة هذه الأحواض [58].

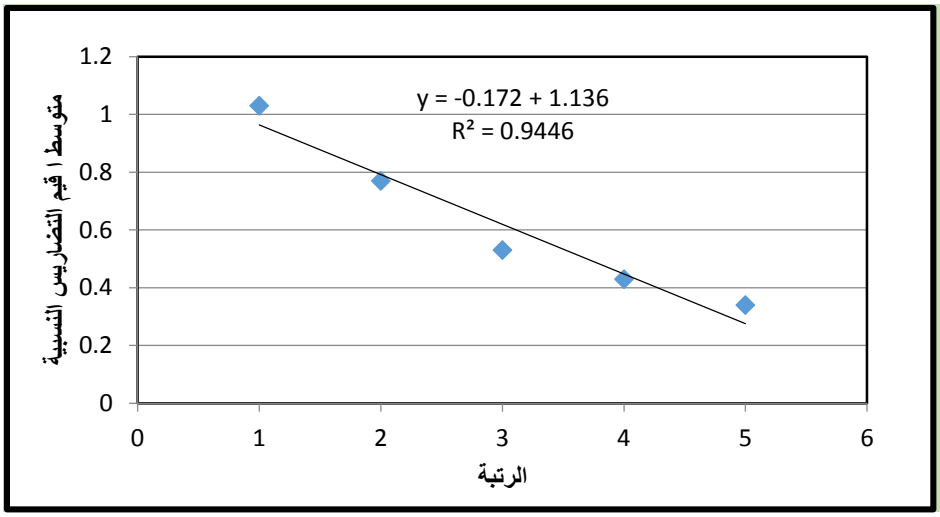
- **التضاريس النسبية لأحواض الرتبة الخامسة:**

بلغت قيمة التضاريس النسبية لحوض برير 0.5، ولحوض حانون 0.19، وبالتالي فإن قيمة التضاريس النسبية ترتفع في حوض برير عن حوض حانون، ويعود ذلك إلى الفارق الرأسي الكبير

في حوض برير حوالي 873 م، واحتواؤه على مناطق يصـــل انحدارها إلى 27.5° (شـــكل 2.2)، إضافة لوجود الصدوع والطية المحدبة، وصلابة صخور المنابع (شكل2.5)، وتربة التيراروسا قليلة النفاذية (شكل2.12)، أما حوض حانون فتضرسه منخفض لوقوعه في الجزء الأدنى من الحوض حيث التربة الفيضـــية واللوس عالية النفاذية (شـــكل 2.12)، وصـــخور الحجر الرملي والرواســـب الفيضـــية ســـهلة التعرية (شـــكل 2.5)، ولقلة الفارق الرأســـي الذي يبلغ 168م، وقلة الانحدار (أقل من 5°) (شكل 2.2).

❖ **العلاقة الارتباطية بين قيمة التضاريس النسبية والرتبة في حوض الحسى:**

تبين من دراســـة قيمة التضـــاريس النســـبية على مســـتوى أحواض الرتب وجود تباين في قيمة التضـــاريس النســـبية على مســـتوى أحواض الرتبة الواحدة وكذلك على مســـتوى الرتب الفرعية، وتبين معادلة العلاقة الخطية (شـــكل4.8) وجود ارتباطاً خطياً عكســـياً قوياً بين متوســـط قيم التضـــاريس النســـبية للأحواض والرتبة، حيث قيمة معامل التحديد 0.944 وهي قيمة مرتفعة، وتتماثل مع قيمتها في حوض الفارعة 995. (ريان، 2014: 124)، مما يعني انخفاض قيمة التضـــاريس النســـبية بازدياد الرتبة.



شكل (4.8): العلاقة بين متوسط قيم التضاريس النسبية للأحواض والرتبة

يلاحظ وجود تشـــابه بين شـــكل (4.8)، وشـــكل (4.4) الذي يبين العلاقة بين قيم تضـــرس الأحواض والرتبة، وذلك لوجود علاقة طردية بين قيم التضـــاريس النســـبية والتضـــرس، وتم حســـابها 0.918 عند مســـتوى دلالة 0.01 في أحواض القصـــير شـــرق مصـــر (أبو رية، 2007: 69)، وفي

حوض العوجاء 1.000 عند مستوى دلالة 0.01 (أبو حصيرة، 2013: 96)، وفي حوض الفارعة 0.677 عند مستوى دلالة 0.01 (ريان، 2014: 118)، كما يلاحظ وجود علاقة عكسية بين (شكل 4.8) و(شكل3.6) الذي يبين العلاقة بين مساحة الأحواض والرتبة، وقد أشارت علاجي (2010)، وأبو حصيرة (2013)، وريان (2014) إلى تناقص قيمة التضاريس النسبية مع كبر مساحة الأحواض.

ثالثاً: قيمة الوعورة (Ruggendness Number)

تعد من المعاملات المورفومترية التي تقيس العلاقة بين تضرس الحوض وكثافة شبكة التصريف (Patil, et al., 2015 :178)، وقد أكد Strahler (1964) أنه كلما ازدادت الكثافة التصريفية والتضرس في الحوض ازدادت قيم معامل الوعورة، وأشار أبو رية (2007، 59) إلى انخفاض قيمة الوعورة في الأحواض التي تمتاز بقلة أعداد المجاري وصغر المساحة، أما عبد الحسن (2012: 60) فقد أوضح في دراسته لحوض وادي الأشعلي أن سبب انخفاض الوعورة في الحوض هو طبيعة صخوره سهلة التعرية، وتعد قيمة الوعورة مؤشراً على مدى تقدم الحوض في الدورة الجيومورفولوجية، حيث تنخفض قيمة الوعورة في أول مراحل الدورة التحاتية للحوض ثم تبدأ في التزايد التدريجي حتى تصل إلى حدها الأقصى عند بداية مرحلة النضج ثم تبدأ قيمها في الانخفاض مرة أخرى عند نهاية الدورة التحاتية (الودعاني، 2014: 38)، ويمكن إيجاد قيمة الوعورة من خلال المعادلة التي اقترحها Schumm (1956).

$$Rn = H * Dd \quad \text{.....}^{8} \quad \text{(Dahiphale, et al., 2015: 194)}$$

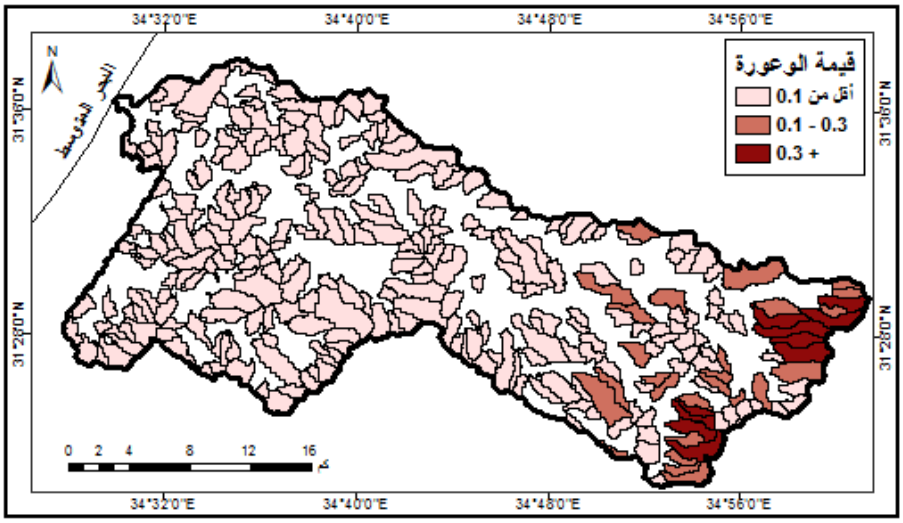
بتطبيق المعادلة (8) على الحوض فإن قيمة الوعورة تساوي 0.9، وبمقارنة هذه القيمة مع الأحواض الأخرى، ومنها حوض نهر العوجاء بفلسطين 1.41 (أبو حصيرة، 2013: 83)، وحوض وادي فاطمة بالسعودية 1.5 (الأنصاري، 2014: 45)، وحوض وزر 1.92، وحوض الاسيود 1.91 بمصر (أبو رية، 2007: 59)، وتم اعتبار قيم الوعورة فيها منخفضة، وبالتالي تعد قيمة الوعورة في حوض وادي الحسى منخفضة، ويمكن ارجاع انخفاض قيمة الوعورة في الحوض إلى انخفاض كثافته التصريفية الناتجة عن قلة عدد المجاري البالغة 390 مجرى في الحوض [24]، وصغر

[8] حيث Rn= قيمة الوعورة، H= فرق الارتفاع بين أعلى وأدنى نقطة في الحوض (كم)، Dd= كثافة التصريف.

مساحته 728.7كم^2، وطبيعة صخوره حيث تشكل الرواسب الفيضية وصخور الكركار سهلة التعرية ما نسبته 71.3% من مساحة الحوض (جدول 2.3)، وتدل قيمة الوعورة المنخفضة على أن الحوض في بداية دورته الجيومورفولوجية، وأنه يحتاج لفترة زمنية لإتمام دورته الجيومورفولوجية، وهذا يؤكده صغر مساحة الحوض، وصغر طوله 54.4 كم [61]، وكبر طول محيطه (212.7 كم) مقارنة بمساحته [68]، وأنه مستطيل الشكل [71].

- **قيمة الوعورة لأحواض الرتبة الأولى**

بلغ متوسط قيمة الوعورة لأحواض الرتبة الأولى 0.06، بانحراف معياري 0.08، وتراوحت القيم ما بين 0.004 و0.56، وبالتالي فإن قيمة الوعورة في أحواض الرتبة الأولى منخفضة، ولقد وجد أن 66% من أحواض الرتبة يقل معامل تضرسها عن 30م/كم [92]، و71% منها ذات تضاريس نسبية تقل عن 1 [99]، وأشارت الأنصاري (2014: 45) إلى أن قيمة الوعورة تتناسب طردياً مع تضرس الحوض، وتشير قيم الوعورة المنخفضة في أحواض الرتبة الأولى إلى قصر طول روافدها، وبالتالي انخفاض كثافتها التصريفية، وأنها في بداية دورتها الجيومورفولوجية، وهذا يؤكده أن 94.8% من أحواض الرتبة تقل مساحتها عن 4 كم^2 [55]، و98.4% منها تقل أطوالها عن 5 كم [61]، و91.4% منها يقل معامل الشكل فيها عن 0.5، وتتميز بعدم انتظام شكلها وتعرج خطوط تقسيم المياه [79-80]، و76.6% منها تصنف بأنها مستطيلة وشبه مستطيلة [72]، و96% منها يقل معامل استدارتها عن 0.5 [76].

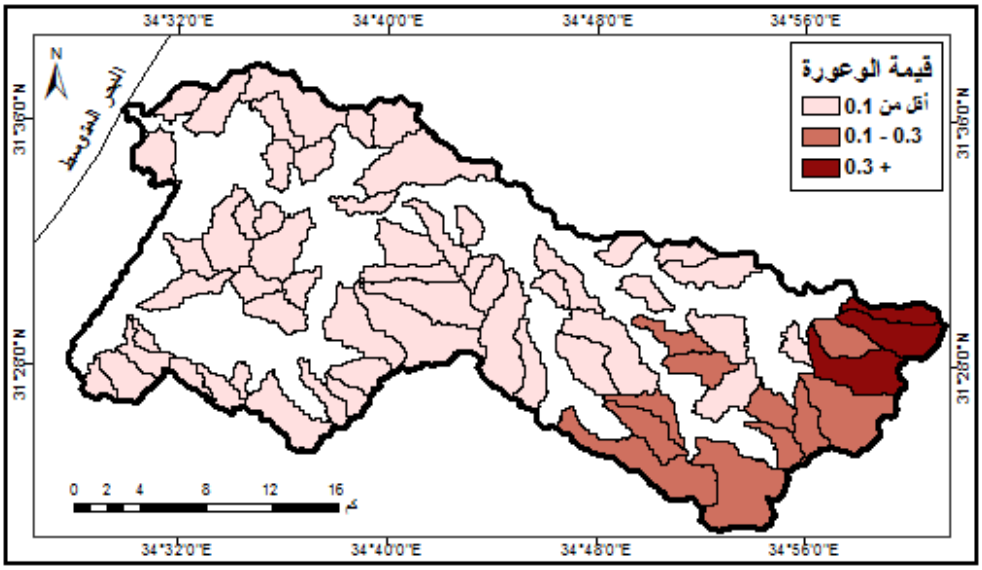


شكل (4.9) أحواض الرتبة الأولى حسب قيمة الوعورة.

يتضـــح من (شـــكل 4.9) أن قيمة الوعورة في أحواض الرتبة الأولى تزداد بالاتجاه نحو المنابع، وهذا يتماثل مع قيم التضـرس [93] والتضـاريس النسـبية [100] حيث تزداد بالاتجاه نحو المنابع، ويفسـر ذلك بازدياد الارتفاع (شـكل2.1) والانحدار (شـكل 2.2) باتجاه المنابع، ووجود الصـخور الحجر الجيري والمارل والطباشـير والدولميت والصـوان الصـلبة المقاومة للتعرية (شـكل 2.5)، وتربة التيراروسا قليلة النفاذية في منطقة المنبع (شكل2.12).

- **قيمة الوعورة لأحواض الرتبة الثانية:**

بلغ متوسط قيمة الوعورة لأحواض الرتبة الثانية 0.12، بانحراف معياري 0.11، وقد تراوحت القيم ما بين 0.04 و0.55، وبالتالي فإن قيمة الوعورة في أحواض الرتبة الثانية منخفضة، ولقد وجد أن 77.6% من أحواض الرتبة يقل معامل تضرسها عن 30م/كم [94]، و79% منها ذات تضاريس نسبية تقل عن 1 [100]، وتشير قيم الوعورة المنخفضة في أحواض الرتبة الثانية إلى قصر طول روافدها وبالتالي انخفاض كثافتها التصريفية، وأنها في بداية دورتها الجيومورفولوجية، وهذا يؤكده أن 89.5% من أحواض الرتبة الثانية تقل أطوالها عن 8 كم [63]، و85.1% مساحتها أقل من 12كم^2 [56]، و96.6% منها يقل معامل الشكل لها عن 0.5 [80]، 86.6%منها تصنف بأنها مستطيلة وشبه مستطيلة [74]، وأن كل أحواض الرتبة يقل معامل استدارتها عن 0.5 [76].

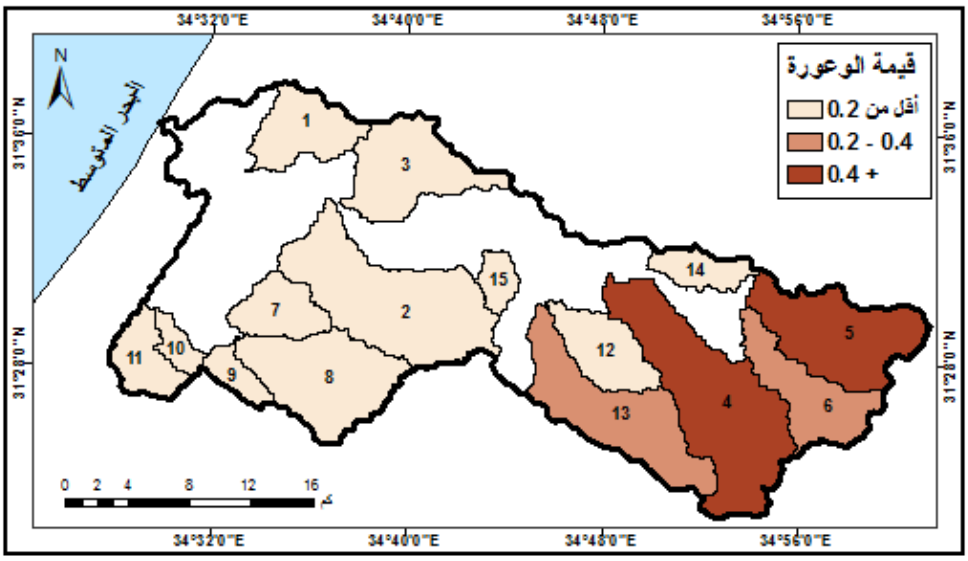


شكل (4.10) أحواض الرتبة الثانية حسب قيمة الوعورة.

يتضـــح من (شـــكل 4.10) أن قيمة الوعورة تزداد في أحواض الرتبة الثانية بالاتجاه نحو المنابع، ويفسر ذلك بازدياد الارتفاع (شكل 2.1) والانحدار (شكل 2.2) والتضرس (شكل 4.1) بالاتجاه من الغرب نحو المنابع، وبطبيعة صـــخور منطقة الحوض حيث صـــخور منطقة المنابع شديدة الصلابة، أما الأجزاء الوسطى والدنيا فصخورهما سهلة التعرية (شكل 2.5).

- **قيمة الوعورة لأحواض الرتبة الثالثة:**

بلغ متوســـط قيمة الوعورة لأحواض الرتبة الثالثة 0.21، بانحراف معياري 0.18، وتراوحت القيم ما بين 0.07 و0.68، وبالتالي فإن قيمة الوعورة منخفضـة في أحواض الرتبة الثالثة، ولقد أن 53.4% من أحواض الرتبة يقل معامل تضرسها عن 15م/كم [95]، و46.7% منها ذات تضاريس نسبية تقل عن 0.5 [102]، وتشير قيم الوعورة المنخفضة في أحواض الرتبة الثالثة إلى قصر طول روافدها وبالتالي انخفاض كثافتها التصريفية، وأنها في بداية دورتها الجيومورفولوجية، وهذا يؤكده أن 79.9% من أحواض الرتبة يقل طولها عن 15 كم [63]، و73.3% مســـاحتها أقل من 50 كم^2 [57]، وأن جميع أحواض الرتبة يقل معامل الشـكل لها عن 0.5 وتتميز بعدم انتظام شـكلها [77]، و86.7% منها الأحواض تتخذ الشكل المستطيل وشبه المستطيل [74].



شكل (4.11) أحواض الرتبة الثالثة حسب قيمة الوعورة.

يتضح من (شكل 4.11) أن قيمة الوعورة تزداد في أحواض الرتبة الثالثة بالاتجاه نحو المنابع، وهذا يتماثل مع قيم التضرس (شكل 4.3)، والتضاريس النسبية (شكل 4.7) حيث تزداد بالاتجاه نحو المنابع، ويفسر ذلك بازدياد الارتفاع (شكل2.1) والانحدار (شكل 2.2) بالاتجاه نحو المنابع، كما يفسر بوجود الصخور المقاومة للتعرية في منطقة المنابع (شكل 2.5).

- **قيمة الوعورة لأحواض الرتبة الرابعة:**

بلغ متوسط قيمة الوعورة لأحواض الرتبة الرابعة 0.36، بانحراف معياري 0.28، وبلغت أقل قيمة وعورة في الرتبة 0.08 لحوض الفشخة، وقد سجل الحوض قيمة التضرس منخفضة 10.67م/كم [97]، وتضاريس نسبية منخفضة 0.27 [103]، وبالتالي يتميز بكثافة تصريفية منخفضة، حيث وجد أنه أصغر أحواض الرتبة مساحة 25.3 كم^2 [58]، وأقصرها طولاً 6.9 كم [65]، يليه حوض الحليب 0.15، والذي سجل أيضاً قيمة تضرس منخفضة 7.83م/كم [97]، وكلا الحوضين يقع في منطقة المصب حيث صخور الكركار والتكوينات الفيضية قليلة المقاومة لعوامل التعرية، وتربة اللوس والتربة الفيضية ذات النفاذية العالية (شكل 2.12)، كما أن ارتفاعهما أقل من 100م (شكل2.1)، وانحدارهما أقل من 10° (شكل2.2)، أما أعلى قيمة وعورة فقد بلغت 0.81 لحوض دورا والذي سجل أعلى قيمة تضرس 26.5 م/كم [97] وتضاريس نسبية 0.69 [103] في الرتبة، وبالتالي يتميز بكثافة تصريفية مرتفعة، حيث وجد أنه أكبر الأحواض مساحة 224.8 كم^2 [58]، وأكثرها طولاً 29.6 كم [65]، ويليه حوض المليحة 0.38، وكلاهما يوجد في منطقة المنبع حيث الصدوع والطية المحدبة، والصخور المقاومة لعوامل التعرية (شكل2.5)، وتربة التيراروسا قليلة النفاذية (شكل2.12)، كما يزداد ارتفاعها عن 600م (شكل 2.1)، وانحدارها عن 18° (شكل2.2).

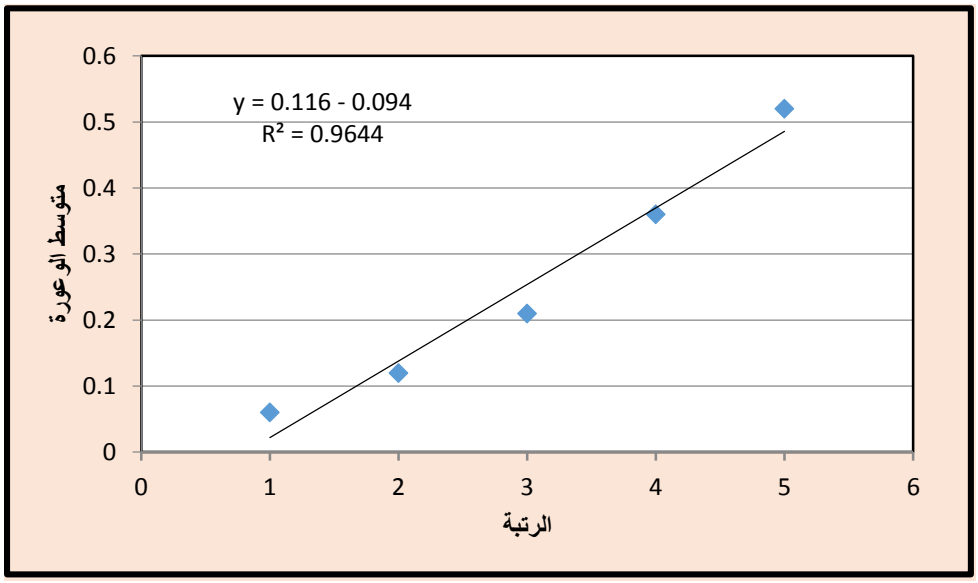
- **قيمة الوعورة لأحواض الرتبة الخامسة:**

بلغت قيمة الوعورة لحوض برير 0.88 م/كم، ولحوض حانون 0.17 م/كم، وبالتالي ترتفع قيمة الوعورة في حوض برير عن حوض حانون ويرجع ذلك لكبر المساحة وفرق الارتفاع في حوض برير مقارنة بحوض حانون، حيث وجد أن مساحة حوض برير 555.9 كم^2 [59]، وفرق ارتفاعه 873 م، وأن مساحة حوض حانون 146.1 كم^2 [59]، وفرق ارتفاعه 168م، يضاف لذلك تنوع التركيب الصخري في حوض برير حيث الصخور الصلبة المقاومة للتعرية في الجزء الأعلى،

وصـخور الكركار والرواسـب الفيضـية سـهلة التعرية في الجزء الأدنى (شـكل 2.3)، بينما حوض حانون فإن صـخوره تقتصـر على الرواسـب الفيضـية والحجر الرملي (الكركار) سـهلة التعرية، وقد أشار Gurgnanam and Bagyarag (2011) في دراستهما للخصائص المورفومترية لأحواض جنوب الهند أن المناطق التي تضـم تكوينات متنوعة من الصـخور تمتاز بارتفاع قيمة الخصـائص التضاريسية، ولقد وجد أن قيمة التضرس لحوض برير 18.12 م/كم، أما في حوض حانون 6.59 م/كم [97]، وأن قيمة التضـــاريس النســـبية في حوض برير 0.5، بينما في حوض حانون 0.19 [103].

❖ **العلاقة الارتباطية بين قيمة الوعورة والرتبة في حوض الحسى:**

يتضـح من خلال العرض السـابق اختلاف قيمة الوعورة على مسـتوى أحواض الرتبة الواحدة وعلى مســتوى الرتب، وتبين معادلة العلاقة الخطية (شـكل 4.12) وجود ارتباطاً خطياً طردياً قوياً بين متوســط قيم الوعورة للأحواض والرتبة، حيث قيمة معامل التحديد تســاوي 0.964 وهي قيمة مرتفعة، مما يعني ازدياد قيمة الوعورة بازدياد الرتبة.



شكل (4.12): العلاقة بين متوسط الوعورة للاحواض والرتبة

وبمقارنة (شكل4.12) مع (شكل3.6) الذي يبين العلاقة بين مساحة الأحواض والرتبة، نجد علاقة متشـــابهة بينهما، ويفســـر ذلك بالعلاقة الطردية بين قيم الوعورة والمســـاحة، حيث تزداد قيم الوعورة بزيادة المساحة (أبو رية، 67:2007)، ولأن المساحة تزداد بازدياد الرتبة، ازدادت الوعورة تبعاً

لها بازدياد الرتبة، بينما نجد علاقة عكسية بين (شكل 4.12) مع (شكل 4.4) الذي يبين العلاقة بين قيم تضرس الأحواض والرتبة، و(شكل 4.8) الذي يبين العلاقة بين قيمة التضاريس النسبية والرتبة، ويفسر ذلك بالعلاقة العكسية بين قيمة التضرس والتضاريس النسبية مع المساحة، حيث تتناقص قيمتهما بازدياد المساحة، كنتيجة لتقدم الأحواض في دورتها التحاتية.

رابعاً: النسيج الطبوغرافي (Texture Ratio)

يعبر معدل النسيج الطبوغرافي والذي يعرف أيضاً بنسبة التقطع عن بعد المجاري المائية أو قربها من بعضها البعض (سلوم[1]، 2012: 428)، ويعد مؤشراً على نوعية الطبوغرافيا ودرجة التطور التحاتي للأحواض المائية وكفاءته الحتية (أبو سليم، 2012: 124)، ويتأثر النسيج الطبوغرافي بمجموعة من العوامل لعل أهمها المناخ، والتركيب الصخري، ونوع التربة، وشكل السفوح وانحدارها، وطبيعة الغطاء النباتي (عبد الله، 2011: 139). وقد ذكر Sangita, and Dulal (2015:488) أن Smith (1950) صنف الأحواض النهرية حسب قيمة النسيج الطبوغرافي إلى 4 فئات، (4–0) خشنة، (10–4) متوسطة، (15–10) ناعمة، (أكبر من 15) ناعمة جداً ، وتم حساب قيمة النسيج الطبوغرافي من خلال المعادلة التي اقترحها (Horton 1945).

$$T = Nu / P \quad \text{.....} \quad (9) \quad \text{(Gajbhiye, 2015: 15)}$$

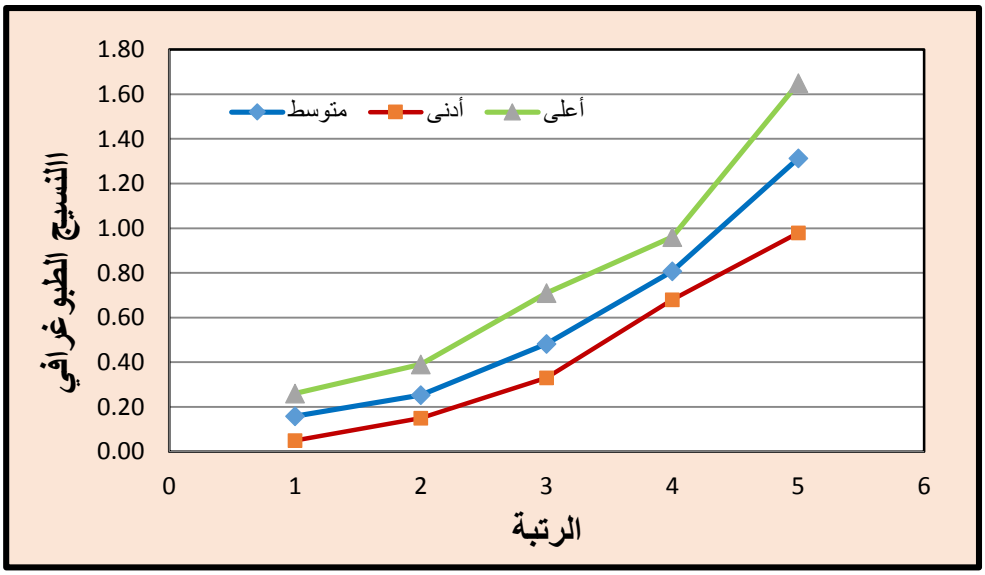
بتطبيق المعادلة (9) على الحوض فإن قيمة النسيج الطبوغرافي تبلغ 1.8 مجرى/كم، أي أنه يقع ضمن الفئة ذات النسيج الخشن حسب تصنيف Smith (1950)، مما يدلل على قلة عدد الروافد النهرية في الحوض البالغة 390 رافد [24]، وازدياد طول محيط الحوض البالغ 212.7 كم مقارنة بمساحته البالغة 728.7كم^2 [68]، ويفسر انخفاض قيمة النسيج الطبوغرافي بأن معظم الحوض يقع في منطقة مناخية شبه جافة، حيث قلة الأمطار 350 ملم/السنة [41]، وأن غالبية تكويناته منفذة للمياه، حيث وجد أن الرواسب الفيضية وصخور الكركار تشكل 71.3% من مساحة الحوض (جدول2.5)، وأن كل الترب في الحوض منفذة للمياه ما عدا تربة التيراروسا، بمعنى أن 96.7% من منطقة الحوض تتشكل من ترب منفذة للمياه (جدول 2.5). وبالتالي لا تساعد هذه التكوينات على تطور الروافد النهرية وتؤدي إلى وجود سطح قليل التقطع بالأودية وذو نسيج

[9] حيث T = النسيج الطبوغرافي، Nu= عدد الروافد النهرية في الحوض، P= محيط الحوض (كم)

طبوغرافي خشن (سلوم[1]، 2012: 428)، ويتضح من جدول (4.2) وشكل (4.13) أن متوسطات جميع الرتب الفرعية تقع ضمن النسيج الطبوغرافي الخشن حسب تصنيف Smith (1950)، مما يشير إلى ازدياد طول محيط الأحواض، وأنها في بداية دورتها الجيومورفولوجية، كما تبين أنه لم يسجل أي حوض على مستوى الرتب قيمة نسيج طبوغرافي أعلى من 4 مجرى/كم، وبالتالي تصنف جميعها ضمن النسيج الطبوغرافي الخشن حسب تصنيف Smith (1950)، مما يشير إلى تماثلها جيولوجياً ومناخياً، ويتضح ايضاً أن هناك علاقة طردية بين متوسط قيمة النسيج الطبوغرافي والرتبة، حيث بازدياد الرتبة تزداد مساحة الأحواض ومن ثمَ تزداد أعداد الروافد فيها، وقد أشارت ريان (2014: 134) إلى هذه العلاقة بين قيمة النسيج الطبوغرافي والرتبة.

جدول (4.2): متوسط قيمة النسيج الطبوغرافي حسب الرتب الفرعية.

الرتبة	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة
متوسط قيمة T	0.16	0.25	0.48	0.81	1.31



شكل (4.13): أدنى وأعلى ومتوسط قيم النسيج الطبوغرافي بحسب الرتبة

وتبين معادلة العلاقة الخطية (شكل4.13) وجود ارتباطاً خطياً طردياً قوياً جداً بين متوسط قيم النسيج الطبوغرافي للأحواض والرتبة، حيث أن قيمة معامل التحديد تساوي 0.903. وهي قيمة مرتفعة جداً، مما يشير إلى ازدياد قيمة النسيج الطبوغرافي بازدياد الرتبة.

خامساً: درجة انحدار الرافد (Stream Slop)

يعتبر من المتغيرات المورفومترية التي تؤثر في كمية التصريف وكثافته والنسيج الطبوغرافي، كما تؤثر في عملية التعرية وفي القدرة الحتية للنهر، وتباين الانحدار تتحكم فيه جيولوجية المنطقة ودورة التعرية ومرحلة نمو النهر (Magesh, et al., 2013: 467)، وتم استخراج درجة انحدار الرافد من خلال المعادلة التالية:

Stream slope = e / d .....[10] (Angillieri, 2008: 109)

بتطبيق المعادلة (10) على الحوض فإن درجة انحدار الرافد الرئيس للحوض تساوي 0.25°، وتعد درجة انحدار الرافد خفيفة، ويعود ذلك إلى أن الرافد يجري في الجزء الأدنى في منطقة تكويناتها فيضية لا تقاوم عمليات التعرية (شكل2.5)، وسيتم بيان انحدار الروافد على مستوى الرتب الفرعية كما يأتي:

- **انحدار روافد الرتبة الأولى:**

تراوح انحدار روافد الأحواض ما بين 0.37° و19.38°، بمتوسط 2.21°، وبانحراف معياري 1.67، وتم تصنيف أحواض الرتبة الأولى حسب درجة انحدار روافدها إلى ثلاث فئات: (شكل 4.14)

أ- أحواض تقل درجة انحدار روافدها عن 5°، وتضم 287 حوض، بنسبة 95.3% من جملة أحواض الرتبة، وتنتشر في الجزء الأدنى والأوسط من الحوض، حيث الرواسب الفيضية وصخور الكركار سهلة التعرية.

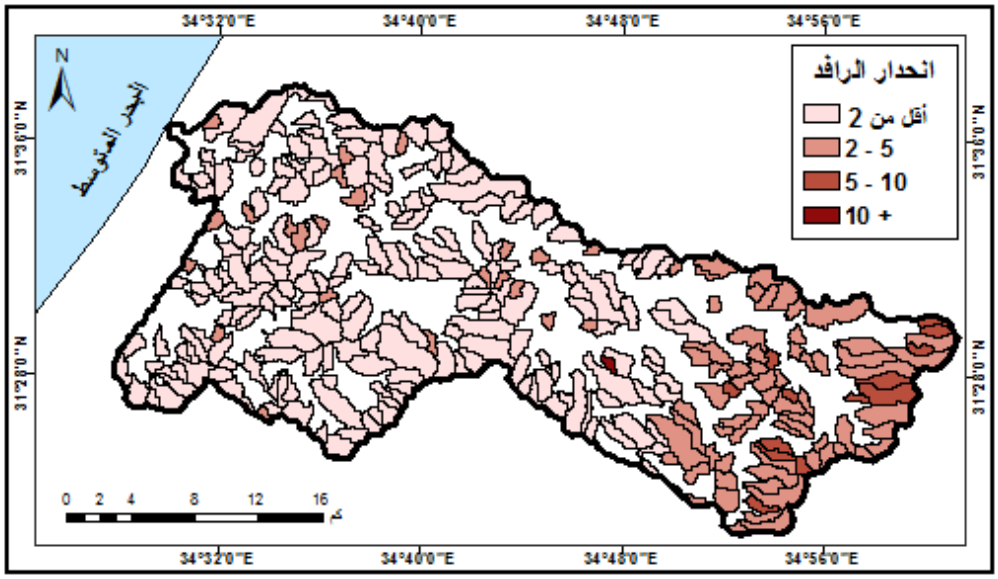
ب- أحواض تتراوح درجة انحدار روافدها ما بين ($5-18^{\circ}$)، وتضم 13 حوض، بنسبة 4.3% من أحواض الرتبة، وتوجد في الجزء الأعلى من الحوض حيث الصخور المقاومة لعمليات الحت (شكل2.5)، وهي أحواض صدعية، وذات تضرس كبير، وقد أشار (Cavalli, et al., 2013: 4) إلى دور الصدوع في زيادة انحدار السطح.

---

[10] حيث Stream slope = انحدار الرافد، e = فرق الارتفاع بين منسوب أعلى وأدنى نقطة في الرافد، d =المسافة الأفقية للرافد.

ت–أحواض يزداد انحدار رافدها عن 18°، وتضـــم حوض واحد فقط، بنســـبة 0.4% من أحواض الرتبة، ويوجد في وسط الحوض وهو حوض صغير المساحة.

وبالتالي فإن 99.6% من الأحواض تصنف روافدها بأنها ذات انحدار خفيف ومتوسط، ولقد وجد أن 99.5% من مســـاحة منطقة الحوض يقل انحدارها عن 18° (جدول2.2)، و66.4% من أحواض الرتبة يقل معامل تضرسها عن 30م/كم [92]، و71% منها ذات تضاريس نسبية تقل عن 1 [99]، وإن قيمة الوعورة في أحواض الرتبة الأولى منخفضة [106].



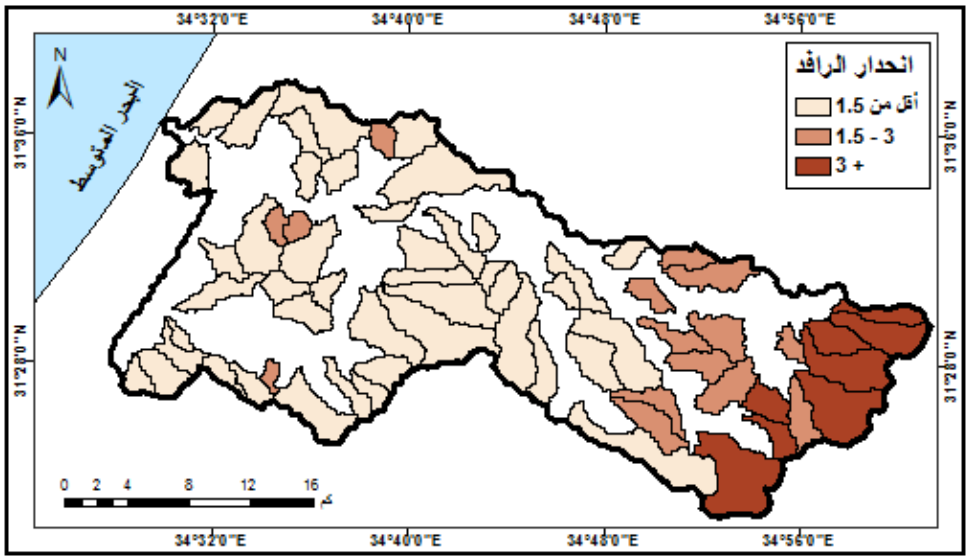
شكل (4.14): أحواض الرتبة الأولى حسب درجة انحدار الرافد

يتضـــح من شـــكل (4.14) أن انحدار الروافد يزداد بالاتجاه من الغرب نحو الشـــرق حيث المنابع، ولقد وجد أن قيم التضرس والتضاريس النسبية والوعورة، وانحدار السطح تزداد بالاتجاه نحو المنابع، ويفســـر ذلك بوجود صـــخور الحجر الجيري والدولميت والطباشـــير والمارل والصـــوان التي تتميز بصـــلابتها ومقاومتها لعوامل التعرية، وتأثرها بالصـــدوع والطية المحدبة (شـــكل 2.5)، إضـــافة لوجود تربة التيراروسا قليلة النفاذية للمياه (شكل2.12).

- **انحدار روافد الرتبة الثانية:**

تراوح انحدار روافدها ما بين 0.01° و 2.97°، بمتوســـط 0.82°، وبانحراف معياري 0.64، ويتضـــح من شـــكل (4.15) ان كل أحواض الرتبة الثانية يقل انحدار روافدها عن 5°، وبالتالي

تصنف أنها ذات انحدار خفيف، ويفسر ذلك بأن النسبة الأكبر 71.3% من الصخور في الحوض هي الحجر الرملي والتكوينات الفيضـــية وهي غير مقاومة لعمليات التعرية، أما الجزء الأعلى من الحوض فأحواضه صدعية (شكل 2.5)، وبالتالي تنشط فيها عمليات التعرية، مما يقلل من انحدار روافدها، ولقد وجد أن 99.5% من مســـاحة منطقة الحوض يقل انحدارها عن 18° (جدول2.2)، وأن قيمة الوعورة في أحواض الرتبة الثانية منخفضة [107]، و 77.6% منها يقل معامل تضرسها عن 30 م/كم [94]، و 79% تقل تضاريسها النسبية عن 1 [100].



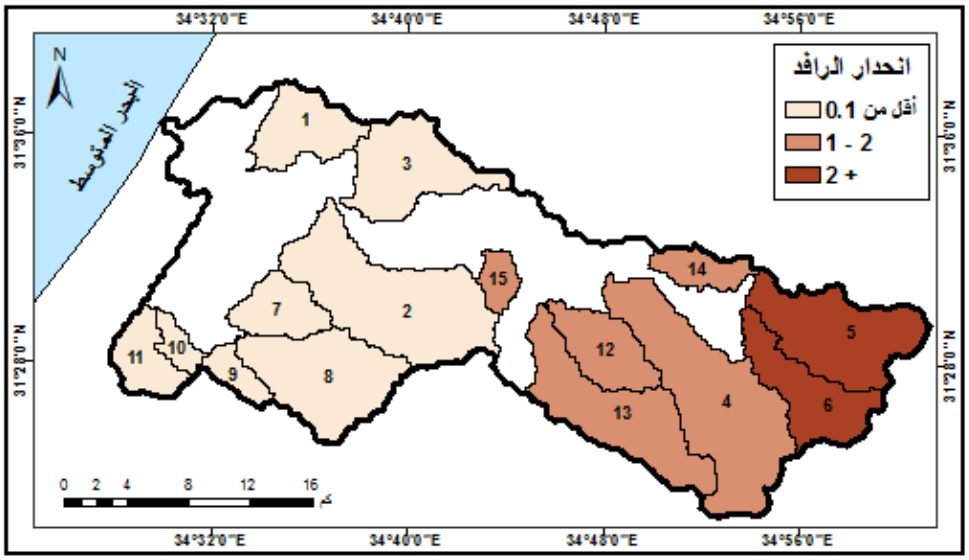
شكل (4.15): أحواض الرتبة الثانية حسب درجة انحدار الرافد

يتضح من شكل (4.15) أن انحدار الروافد يزداد بالاتجاه من الغرب نحو المنابع، ولقد وجد أن قيم التضرس والتضاريس النسبية والوعورة، وانحدار السطح تزداد بالاتجاه نحو المنابع، حيث الصدوع والطية المحدبة، والصخور التي تتميز بصلابتها ومقاومتها لعوامل التعرية (شكل 2.5)، إضافة لوجود تربة التيراروسا قليلة النفاذية للمياه (شكل2.12).

- **انحدار روافد الرتبة الثالثة:**

تراوح انحدار روافدها ما بين 0.14° و1.01°، بمتوسط 0.47° ، وبانحراف معياري 0.28، ويلاحظ من شـــكل (4.16) ان كل روافد أحواض الرتبة الثالثة يقل انحدارها عن 2°، وبالتالي تصنف أنها ذات انحدار خفيف جداً، ويفسر ذلك بنشاط عمليات التعرية في الحوض، حيث تحتل صـخور الكركار والرواسـب الفيضـية ما نسـبته مما 71.3% من منطقة الحوض، ممل يقلل من

انحدار الروافد. ولقد وجد إن قيمة الوعورة منخفضة في أحواض الرتبة الثالثة [108]، و86.7% من الأحواض يقل معامل تضرسها عن 30م/كم [95]، و86.7% منها تقل تضاريسها النسبية عن 0.9 [102].



شكل (4.16): أحواض الرتبة الثالثة حسب درجة انحدار الرافد

يتضح من (شكل 4.16) أن الأحواض الشرقية أكثر انحدار من الأحواض الغربية، وأن الأحواض 5 و6 هما الأكثر انحداراً، ولقد سجل الحوضين أعلى قيمة تضرس في الرتبة 30+ (شكل 4.3)، وأعلى قيمة تضاريس نسبية أكبر من 0.9 (شكل 4.7)، ويوجدان في الجزء الأعلى من الحوض حيث الصدوع والطية المحدبة، والصخور الصلبة المقاومة لعوامل التعرية (شكل2.5)، وتربة التيراروسا قليلة النفاذية للمياه (شكل2.12) ، وفي منطقة يزداد ارتفاعها عن 600 م (شكل 2.1)، وانحدارها عن 18° (شكل 2.2).

- **انحدار روافد أحواض الرتبة الرابعة:**

بلغ متوسط انحدار روافد الرتبة الرابعة 0.38°، وبانحراف معياري 0.23، وتراوح انحدار روافدها ما بين 0.1° لحوض الفشخة و 0.62° لحوض دورا، وبالتالي يتضح أن كل أحواض الرتبة الرابعة يقل انحدار روافدها عن 2°، وتصنف بأنها ذات انحدار خفيف جداً، ولقد وجد أن حوض الفشخة سجل قيمة تضرس منخفضة 10.67م/كم [96]، وأيضاً قيمة تضاريس نسبية منخفضة 0.27 [103]، كما أنه يقع في منطقة المصب حيث صخور الكركار والتكوينات الفيضية قليلة

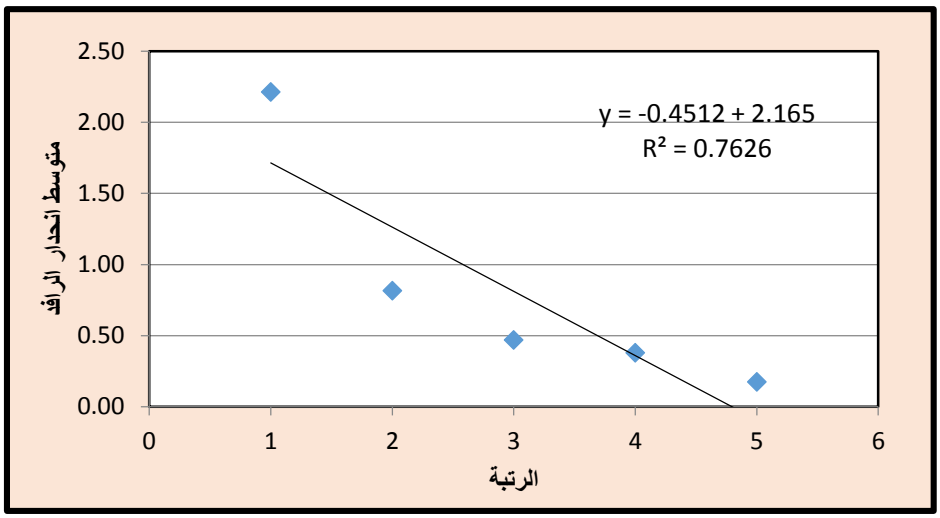
المقاومة لعوامل التعرية (شـــكل 2.5)، وتربة اللوس والتربة الفيضـــية ذات النفاذية العالية (شكل2.12)، كما أن ارتفاعه أقل من 100م (شكل 2.1)، وانحدارهما أقل من $^{\circ}5$ (شكل 2.2)، أما حوض دورا فقد سجل أعلى قيمة وعورة 0.81 [109]، وأعلى قيمة تضرس 26.5 م/كم [97]، وتضاريس نسبية 0.69 في الرتبة [103]، ويوجد في منطقة المنبع حيث الصدوع والطية المحدبة، والصخور المقاومة لعوامل التعرية (شكل2.5)، وتربة التيراروسا قليلة النفاذية للمياه (2.12)، كما يوجد في منطقة يزداد ارتفاعها عن 600م (شكل2.1)، وانحدارها عن $^{\circ}18$ (شكل 2.2).

- **انحدار روافد أحواض الرتبة الخامسة:**

بلغ انحدار حوض برير $^{\circ}0.23$، وحوض حانون $^{\circ}0.12$، ويزداد انحدار حوض برير لازدياد فرق الارتفاع عن حوض حانون، حيث وجد أن فرق الارتفاع في حوض برير 873 م، أما حوض حانون 168م، إضـــافة إلى الصـــدوع الطولية في الحوض، واختراقه تكوينات غير متجانســـة من الصخور حيث صخور الحجر الجيري والدولميت والطباشير والمارل والصوان المقاومة للتعرية في الجزء الأعلى، وصـــخور الكركار والرواســـب الفيضـــية في الجزء الأدنى، بينما حوض حانون فإن صخوره تقتصر على الرواسب الفيضية وصخور الكركار سهلة التعرية، ولقد وجد أن قيمة التضرس لحوض برير 18.12 م/كم، أما في حوض حانون 6.59 م/كم [97]، وأن قيمة التضاريس النسبية في حوض برير 0.5 بينما في حوض حانون 0.19 [103]، وأن قيمة الوعورة لحوض برير 0.88 م/كم، ولحوض حانون 0.17 م/كم .[109]

- **العلاقة الارتباطية بين درجة انحدار الرافد في حوض وادي الحسى والرتبة:**

يتبين من دراسة الأحواض الفرعية حسب الرتبة أنها صنفت على أنها منخفضة حيث تقل درجة انحدارها عن $^{\circ}5$ في جميع الرتب باســـتثناء الرتبة الأولى فيوجد فيه أحواض ذات انحدارات متوســـطة وشـــديدة، ولكن نســـبتها قليلة لا تتجاوز 5% من أحواض الرتبة. وتظهر معادلة العلاقة الخطية (شكل 3.17) وجود ارتباطاً عكسياً قوياً بين متوسط قيم انحدار الرافد للأحواض والرتبة، حيث أن قيمة معامل التحديد تســـاوي 0.762 وهي قيمة مرتفعة. مما يعني أن متوســـط انحدار الروافد يزداد عكســـياً مع الرتبة، وهذا يتفق مع قانون Horton (1945) والذي ينص على أن "متوسط انحدار رافد مائي في الرتبة النهرية التصاعدية في الحوض يكون متوالية هندسية تناقصية بنسبة انحدار ثابتة" (أبو العنين، 1995: 471).



شكل (4.17): العلاقة بين متوسط قيم انحدار الرافد والرتبة

وبمقارنة (شكل4.17) مع (شكل 4.4) الذي يبين العلاقة بين قيم تضرس الأحواض والرتبة، و(شكل 4.8) الذي يبين العلاقة بين قيمة التضاريس النسبية والرتبة، نجد العلاقة بينهما طردية، بينما نجده يصنع علاقة تناقصية مع (شكل3.6) الذي يبين العلاقة بين مساحة الأحواض والرتبة، وشكل (4.12) الذي يبين العلاقة بين قيمة الوعورة والرتبة، ويفسر ذلك بالعلاقة الطردية بين قيمة انحدار الرافد والخصائص التضاريسية للأحواض (ريان، 2014: 141)، والتي ترتبط بعلاقة عكسية مع مساحة الأحواض، وقد أشار لتلك العلاقة كل من ريان (2014)، وأبو رية (2007)، والأنصاري (2014)، وأبو حصيرة (2013)، ولأن المساحة تزداد بازدياد الرتبة، فإن قيم الخصائص التضاريسية ستتناقص مع ازدياد الرتبة، باستثناء قيم الوعورة لكونها ترتبط بعلاقة طردية مع المساحة، وتزداد تبعاً لها بازدياد الرتبة، لذا أظهرت علاقة عكسية مع انحدار الرافد ومع بقية الخصائص التضاريسية.

سادساً: التحليل الهبسومتري (Hypsometric Analysis)

يعتبر من أفضل المتغيرات الكمية لفهم العلاقة ما بين طبوغرافية الحوض وتعرية المجاري المائية للسطح بواسطة الجريان السطحي، ويهدف إلى تحديد الفترة الزمنية التي قطعتها أحواض التصريف من دورتها الجيومورفولوجية (Meier, 1954: 1283)، وقد أشار Strahler (1952) إلى هذا المنهج من الدراسة لتجميع البيانات الهيدرولوجية في دراسته لعدد من الأحواض بمراحل تطور مختلفة.

وهنـاك طريقتـان للتحليـل الهبســومتري احـداهمـا بيـانيـاً وتســمى المنحنى البيـاني (Hypsometric Curve)، والأخرى حســابية وتســمى التكامل الهبســومتري (Hypsometric Integral).

ويسـتخدم التكامل الهبسـومتري لتوضـيح العلاقة رقمياً بين مسـاحة الحوض وارتفاعه، واقترح Strahler (1952) معادلة لاستخراج قيمة التكامل الهبسومتري كالتالي:

$$Hi = (h / H) / (a / A)^{11} \quad \text{.....} \quad \text{(Joshi,et al., 2013: 296)}$$

وتم اســتخراج قيمـة التكـامـل الهبســومتري لحوض وادي الحســى من خلال برنـامج ArcMap10.1 باستخدام نموذج DEM كالتالي:

أ. اســتخراج خريطة كنتورية، بفاصــل كنتوري قيمته (100)، ثم تقســيم الحوض إلى عدة أجزاء اعتمـاداً على الفاصــل الكنتوري، فالجزء الأول هو المنطقـة المحصــورة بين خطي كنتور 0 – 100، والجزء الثاني هو المنطقة المحصورة بين خطي كنتور 100–200 وهكذا.

ب. استخراج خريطة الارتفاعات من نموذج (DEM)، ثم عمل (Reclass) لتحديد فئات الارتفاع.

ج. حســاب الارتفاع الكلي للحوض بواســطة المعادلة التالية: (أعلى ارتفاع في الجزء المراد قياس الارتفاع النسبي له) – (أدنى ارتفاع في الحوض الكلي).

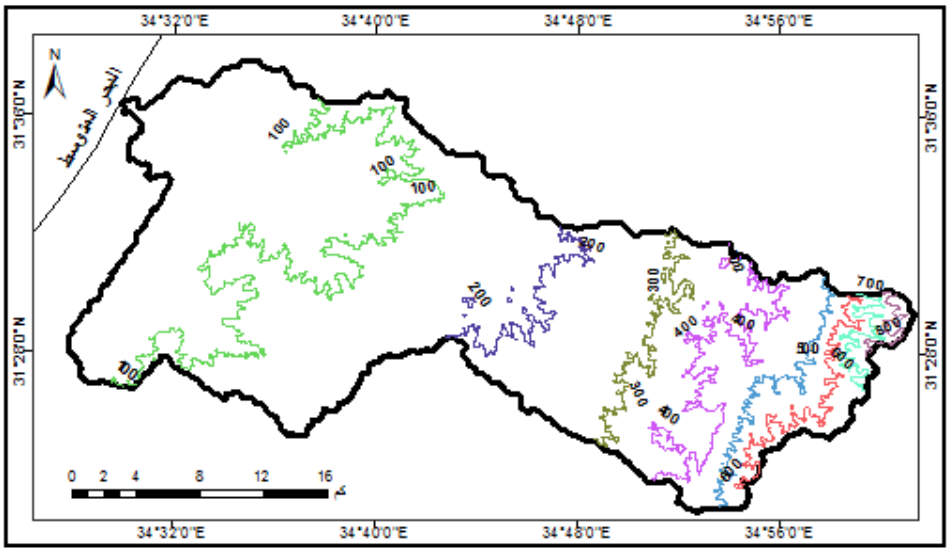
د. حساب المساحة الكلية للحوض بواسطة المعادلة التالية: (مجموع مساحات الأجزاء التي تكون أدنى من الجزء المراد احتساب المساحة النسبية له) + (مساحة الجزء المراد احتساب المساحة النسبية له)

هـ. حســاب الارتفاع النســبي بواســطة المعادلة التالية: (فرق الارتفاع بين أعلى وأدنى نقطة في الجزء) / (الارتفاع الكلي للجزء المراد قياسه)

و. حساب المساحة النسبية بواسطة المعادلة التالية: (مساحة الجزء المعين) / (المساحة الكلية للجزء المراد قياسه).

---

[11] حيث Hi = معامل التكامل الهبسومتري، (h / H) = الارتفاع النسبي، (a / A) = المساحة النسبية.

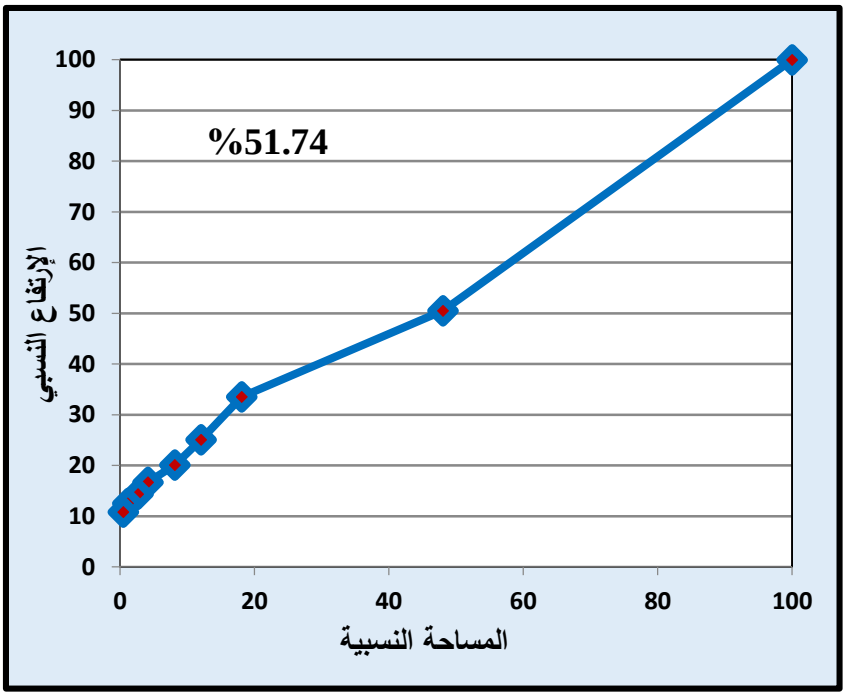


شكل (4.18): الخريطة الكنتورية لحوض وادي الحسى.

جدول (4.3): المساحة النسبية والارتفاع النسبي لحوض وادي الحسى

منسوب الخط	المساحة	المساحة التجميعية	المساحة النسبية	الارتفاع الكلي	الفاصل الكنتوري	الارتفاع النسبي	التكامل الهبسومتري
100	230	230	100	100	100	100	1
200	212.64	442.64	48.04	200	100	50	1.04
300	97.86	540.5	18.11	300	100	33.3	1.84
400	73.98	614.48	12.04	400	100	25	2.08
500	54.54	669.02	8.15	500	100	20	2.45
600	28.86	697.88	4.14	600	100	16.7	4.03
700	19.12	717	2.67	700	100	14.3	5.36
800	8.27	725.27	1.14	800	100	12.5	10.96
897	3.43	728.7	0.47	789	97	10.8	22.98
المجموع	728.7						51.74

وتتناقص قيمة المعامل الهبســـومتري مع اســـتمرار تقدم الدورة الحتية للحوض (محمد وطه، 2009: 14)، ولتحديد المرحلة التي يمر بها الحوض قســـم (Strahler 1952) قيمة التكامل الهبســـومتري إلى فئات كالتالي: 40 فأقل الشـــيخوخة، 60- 40 النضـــج، 80- 60 الشـــباب (ريان، 2014 : 143).



شكل (4.19): منحنى التكامل الهبسومتري للحوض

بتطبيق المعادلة (12) لحســاب التكامل الهبســومتري لحوض وادي الحســى فإن قيمة التكامل الهبسومتري للحوض تساوي 51.74% (جدول4.3)، وبذلك يتضح أن الحوض يمر بمرحلة النضج المبكر، حيث أن عوامل التعرية قامت بإزالة حوالي 48.26% فقط من كمية المواد الصـــخرية، وتشـــير قيمة التكامل الهبســـومتري في الحوض إلى ســـيادة النحت الرأســـي بشـــكل أكبر من النحت الجانبي، ولقد وجد أن شـكل قاع الوادي يشـبه حرف U بالإنجليزي (شـكل 2.5)، وأن درجة انحدار الرافد الرئيس للحوض قليلة 0.25° [113]، وأشـــار الأنصـــاري (2005: 203) إلى أن الوديان الناضـــجة هي مرحلة تكوين أنهار ذات انحدارات متجانســـة قليلة، ويتوازن مقدار المواد المعراة والمنقولة من الروافد مع مقدار ما يترســـب في قناة النهر، وأن هذه المرحلة هي مرحلة توازن، حيث يبدأ النهر بعد ذلك بتعرية جوانبه.

❖ **العلاقات الارتباطية بين الخصائص التضاريسية والمتغيرات الأخرى بمنطقة الحوض.**

تم دراسة العلاقة الارتباطية بين متغيرات الخصائص التضاريسية للحوض والمتغيرات الأخرى، ومن خلال دراسة مصفوفة الارتباط بين المتغيرات التي تظهر في جدول (4.4)، يمكن تصنيف العلاقات كالتالي:

- **العلاقات الارتباطية القوية ≤ 0.7 وهي:**

— العلاقة طردية بين الخصائص التضاريسية للحوض ممثلة في قيمة التضرس والتضاريس النسبية ودرجة انحدار الرافد، أي أنه كلما زادت قيمة التضرس زادت بالتبعية معها قيمة التضاريس النسبية ودرجة انحدار الرافد، مما يعني أن الأحواض لا تزال في بداية دورتها الجيومورفولوجية.

— العلاقة الطردية بين قيمة النسيج الطبوغرافي والوعورة ومساحة وأبعاد أحواض التصريف، فكلما انخفضت قيم الوعورة انخفضت معها قيم النسيج الطبوغرافي، وأن الأحواض صغيرة المساحة والتي تقل أبعادها تتميز بنسيج طبوغرافي خشن، وبانخفاض قيمة الوعورة، مما يشير إلى حداثة دورتها الجيومورفولوجية.

- **العلاقات الارتباطية المتوسطة ≤ 0.3 إلى < 0.7 وهي:**

— العلاقة الطردية بين قيمة الوعورة والخصائص التضاريسية للحوض وهي (التضرس، والتضاريس النسبية)، وهذا يعني أن الزيادة في قيمة الوعورة يتبعه زيادة في الخصائص التضاريسية الأخرى.

— العلاقة العكسية بين قيمة الوعورة والخصائص الشكلية للحوض (الاستطالة والاستدارة والشكل)، بينما تكون العلاقة طردية مع قيمة الاندماج، وهذا أمر طبيعي لوجود علاقة عكسية بين الخصائص الشكلية للحوض ومعامل الاندماج (جدول 3.8)، مما يعني أن الأحواض التي تتخذ الشكل المستطيل وتتميز بعدم انتظام الشكل العام لها وتعرج خطوط تقسيم المياه، ترتفع فيها قيم الوعورة، نظراً لحداثة دورتها الجيومورفولوجية.

- **العلاقات الارتباطية الضعيفة < 0.3**

وهي علاقات لا يمكن تعميمها ومنها العلاقة العكسية بين الخصائص التضاريسية للحوض (التضرس، التضاريس النسبية، الوعورة، انحدار الرافد) مع مساحة وأبعاد أحواض التصريف، فمع زيادة مساحة وأبعاد حوض التصريف يكون الحوض قد قطع شوطاً كبيراً بدورته التحاتية من خلال عمليات الحت، والعلاقة العكسية بين النسيج الطبوغرافي والخصائص التضاريسية للحوض (التضرس، التضاريس النسبية، الوعورة، انحدار الرافد)، أي أن الأحواض ذات النسيج الطبوغرافي الخشن، تزداد فيها قيم الخصائص التضاريسية.

جدول (4.4): العلاقات الارتباطية بين الخصائص التضاريسية والمتغيرات الأخرى.

المتغير	التضرس	التضاريس النسبية	الوعورة	النسيج الطبوغرافي	انحدار الرافد	المحيط	المساحة	طول الحوض	العرض	استطالة	استدارة	الشكل	اندماج
التضرس	1	.975**	.329**	-.190*	.785**	-.158**	-.091*	-.162**	-.166**	.070*	.137**	.088*	-.120*
التضاريس النسبية		1	.380**	-.241*	.768**	-.153**	-.098*	-.144**	-.183**	-.095*	.048*	-.077*	-.036*
الوعورة			1	.715**	.139**	.703**	.709**	.722**	.715**	-.356**	-.426**	-.332**	.471**
النسيج الطبوغرافي				1	-.197**	.920**	.904**	.898**	.956**	.146*	-.116*	.123*	.135*
انحدار الرافد					1	-.216**	-.112*	-.226**	-.228**	.085*	.189**	.095*	-.180**

الخلاصة:

اتضح من دراسة الخصائص التضاريسية أن فرق الارتفاع في الحوض كبير 897م، حيث ارتفاع الحوض يتراوح ما بين (0-897)، وترتب على ذلك ارتفاع قيمة معامل التضرس في الحوض 16.5 م/كم وقيمة التضاريس النسبية 0.421 كما ارتفعت على مستوى أحواض الرتب نظراً لحداثة دورتها الجيومورفولوجية.

وتبين أن قيمة الوعورة في الحوض منخفضة 0.9 بسبب انخفاض الكثافة التصريفية وقلة أعداد الروافد في الحوض البالغة 390 رافد، وأن درجة انحدار الرافد الرئيس خفيفة تساوي 0.25°، لكونه يجري في الجزء الأدنى حيث التكوينات الفيضية سهلة التعرية، وأشارت دراسة النسيج الطبوغرافي على مستوى الحوض والأحواض الفرعية أنه يقع ضمن النسيج الطبوغرافي الخشن، أما دراسة التكامل الهبسومتري فأظهرت أن الحوض يمر في مرحلة النضج المبكر، حيث بلغت قيمة المعامل 51.74%.

وتبين من دراسة علاقات الارتباط بين الخصائص التضاريسية للحوض أن قيم التضرس والتضاريس النسبية ودرجة انحدار الرافد ترتبط مع بعضها بعلاقات طردية قوية جداً، وأنها ترتبط بعلاقة عكسية مع الرتبة، أما قيم النسيج الطبوغرافي والوعورة فإنها ترتبط بعلاقة طردية قوية مع بعضها وكذلك بعلاقة طردية مع مساحة وأبعاد أحواض التصريف، كما تبين أن متوسط قيم النسيج الطبوغرافي والوعورة يزداد بازدياد الرتبة.

الفصل الخامس

الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف النهري

Drainage Network Morphometric Characteristics

مقدمة

أولاً: أعداد الروافد النهرية ورتبها: (Stream Number and Order)

ثانياً: أطوال الروافد النهرية: (Stream Length)

ثالثاً: الكثافة التصريفية: (Drainage Density)

رابعاً: نسبة التشعب: (Bifurcation Ratio)

خامساً: التكرار النهري: (Stream Frequency)

سادساً: ثابت بقاء المجاري: (Stream Maintenance)

سابعاً: التعرج النهري: (Sinuosity Index)

الخلاصة

مقدمة:

تمثل شبكة التصريف الشكل العام الذي تظهر فيه مجموعة الروافد النهرية في الحوض، وهي النتيجة الأساسية الهامة التي تربط بين نوع الصخر وخصائصه، وظروف المناخ بالمنطقة خاصة الأمطار، وطبيعة انحدار سطح الأرض، والتطور الجيومورفولوجي للمجاري النهرية (الأنصاري، 2014: 45)، كما تحمل على عاتقها مسؤولية نشوء الحوض المائي وتطوره (سلوم[1]، 2012: 410)، لذا فإن اشتقاق وتحليل شبكة التصريف النهري من المهمات الأساسية في الدراسات المورفومترية، وهو على غاية من الأهمية في التطبيقات الجيومورفولوجية (ألغزي، 2012: 2)، ويلخص جدول (5.1) خصائص شبكة التصريف النهري في الحوض.

جدول (5.1): خصائص شبكة التصريف النهري في الحوض.

الخاصية	القيمة
عدد الرتب	6
عدد الروافد	390
أطوال الروافد كم	693.8
كثافة التصريف كم/كم^2	1.003
نسبة التشعب	3.34
التكرار النهري مجرى/كم^2	0.54
بقاء المجرى كم^2/كم	0.997
التعرج النهري	1.37

أولاً: أعداد الروافد النهرية ورتبها (Stream Number and Order)

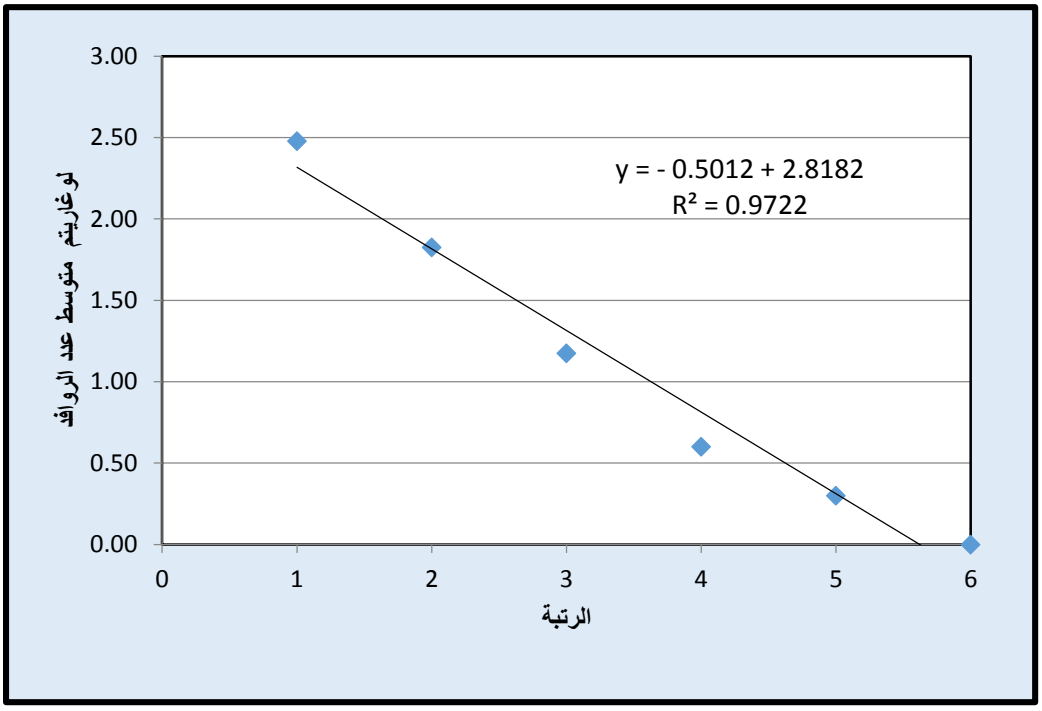
تهتم الدراسات المورفومترية بتمييز رتبة النهر، ويقصد بها التدرج الرقمي لمجموعة الروافد التي يتكون منها الحوض (Tale & Manjare, 2015: 327)، وذكر Chandniha & Kansal (2014: 3) أن Gravelius (1914) أول من أشار لنظام الرتب النهرية، ثم قام Horton (1945) بوضع نظاماً تسلسلياً لترتيب الروافد، يقوم على أساس تحديد الروافد ذات الرتبة العليا في شبكة التصريف، ثم اعتبر Strahler (1957) أن كل رافد لا يتصل برافد أخر يكون رافد من الرتبة الأولى، وفي حال

اتصال رافدين من الرتبة الأولى يتكون رافد من الرتبة الثانية، وعند اتصال رافدين من الرتبة الثانية يتكون رافد من الرتبة الثالثة وهكذا، وفي حال اتصال رافد من رتبة أقل مع رافد من رتبة أعلى فإنه لا يؤثر عليه، ولتحديد رتب الروافد النهرية في منطقة الحوض تم استخدام طريقة Strahler (1957) لعدة أسباب، يأتي في مقدمتها: بساطة هذه الطريقة وسهولة تطبيقها (الغاشي، وآخرون، 2014: 37)، وارتباط نسبة التشعب بها، وإمكانية ترميز الروافد النهرية وفق رتبها، فضلاً عن إمكانية مقارنة نتائج تطبيقها بنتائج الدراسات التي استخدمتها (سلوم[1]، 2012: 411). ويضم الحوض حسب تصنيف Strahler (1957) عدداً من الروافد النهرية يحمل مجراها الرئيس الرتبة السادسة، ويبين جدول (5.2) أعداد الروافد النهرية حسب رتبها.

جدول (5.2): عدد الروافد النهرية في كل رتبة

الرتبة	1	2	3	4	5	6	المجموع
عدد الروافد	301	67	15	4	2	1	390

يتضـــح من جدول (5.2) أن إجمالي عدد روافد منطقة الحوض بلغ 390 رافد، وأن معظم الروافد النهرية تقع ضـمن الرتبة الأولى والثانية بنسـبة 94.4% من إجمالي الروافد، وهذا يتفق مع نســـبة روافد الرتبة الأولى والثانية في أحواض المناطق شـــبه الجافة ومنها حوض وادي الفارعة بفلسطين (ريان، 2014: 150)، وحوض الزاب بالعراق (عبد الله،2011: 137)، وأحواض القصير شرق مصـــر (أبو رية، 2007: 70)، وحوض وتير في ســـيناء (علي، 2001: 137) وحوض ســـونار في الهند (Kant, et al., 2015: 1401)، حيث تؤكد الدراسات السابقة أن نسبة ما تساهم به أعداد روافد الرتبة الأولى والثانية يزداد عن 90% من إجمالي أعداد الروافد، ويرجع ذلك إلى قلة أو انعدام الغطاء النباتي في المناطق الجافة مما ينتج عنه حرمان أسـطح هذه الأحواض من الحماية اللازمة ونشـاط عملية التجوية، ولذا تكون أكثر تعرضـاً للنحت وتكوين روافد مائية عديدة عقب العواصـف المطرية المفاجئة والســـريعة (أبو رية، 2007: 71). كما يتضـــح أن أعداد الروافد النهرية تتناقص بـازديـاد الرتبـة، وهذا يتفق مع قـانون عـدد المجـاري المـائيـة لهورتون والـذي ينص على أن "عـدد المجاري المائية التي تتدرج تناقصـياً في مجموعاتها أو مراتبها، تكون متوالية هندســية تبدأ بمجرى يتبع أعلى رتبة، وتزداد تبعاً لنسبة تشعب ثابتة" (Dhawaskar, 2015: 3).



شكل (5.1): العلاقة بين متوسط عدد الروافد والرتبة

تبين معادلة العلاقة الخطية (شكل5.1) وجود ارتباطاً عكسياً قوياً بين لوغاريتم متوسط عدد الروافد في الحوض والرتبة، حيث بلغت قيمة معامل التحديد 0.996 وهي قيمة مرتفعة جداً، وقد توصل Moges and Bhole (2015: 20) في دراسته لحوض نهر جورو في أثيوبيا لنفس العلاقة، وبالتالي فإن الرتب الدنيا تتصف بارتفاع أعداد روافدها والرتب العليا تمتاز بانخفاض أعداد روافدها، ويرجع ذلك إلى تناقص انحدار الروافد بازدياد الرتبة (شكل 4.17)، فقد أشار العمري (2011: 412) إلى أن الروافد تزداد أطوالها ويقل عددها في المناطق السهلية قليلة الانحدار، وأن عددها يزداد وتقل أطوالها إن كانت تسير بأراضٍ شديدة الانحدار أو أراضٍ جبليةٍ.

ثانياً: أطوال الروافد النهرية (Stream Length)

بلغ إجمالي طول روافد منطقة الحوض 693.8 كم (جدول5.1)، توزعت بين الرتب حسب جدول (5.3)، حيث أن روافد الرتبة الأولى تشكل 51.3% من إجمالي أطوال روافد حوض وادي الحسى، وروافد الرتبة الثانية تشكل 25.8%، وبالتالي تحتل الرتبة الأولى والثانية معاً حوالي 77.1% من إجمالي أطوال روافد الحوض وذلك بسبب زيادة عدد روافد كلتا الرتبتين، حيث شكلت ما نسبته 94.4% من إجمالي عدد الروافد [128].

جدول (5.3) أطوال روافد حوض وادي الحسى

الرتبة	الطول (كم)	النسبة	المتوسط
1	355.89	51.3	1.18
2	178.98	25.8	2.67
3	84.39	12.16	5.63
4	34	4.9	8.5
5	33.9	4.89	16.95
6	6.64	0.95	-
المجموع	693.8	100	

- **أطوال روافد الرتبة الأولى (First Order Stream)**

تراوحت أطوال الروافد ما بين 0.05 كم و5.71 كم، بمتوسط 1.18، وبانحراف معياري 1.05، وتم تقسيم روافد الرتبة الأولى حسب الطول إلى ثلاث فئات: شكل (5.2)

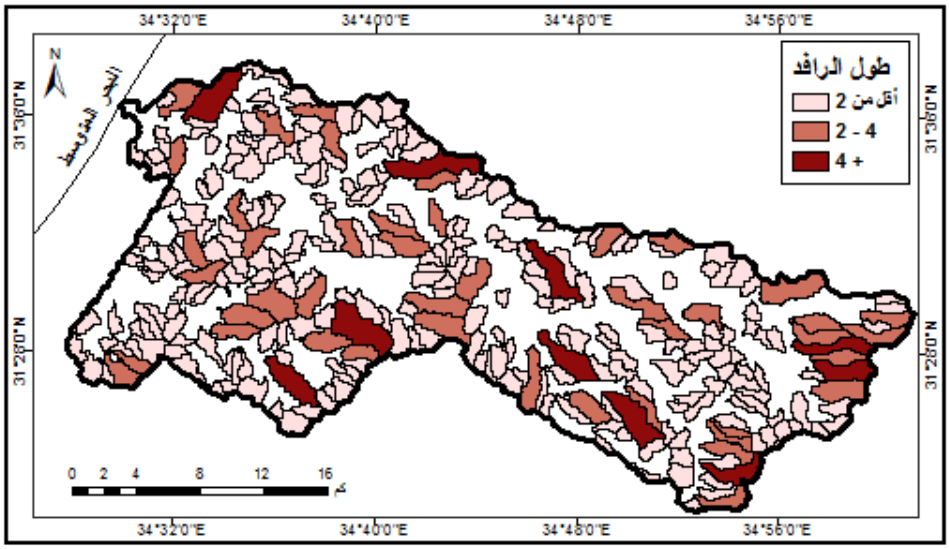
أ- روافد تقل أطوالها عن 2 كم، بنسبة 82.4 % من إجمالي روافد الرتبة، وتوجد في معظم أجزاء الحوض،

ب- روافد تتراوح أطوالها ما بين (4-2كم)، بنسبة 14.6% من إجمالي روافد الرتبة، وتنتشر في معظم أجزاء الحوض.

ت- روافد تزداد أطوالها عن 4 كم، بنسبة 3% من إجمالي روافد الرتبة، وتوجد في الجزء الأدنى من الحوض حيث الصخور الهشة سهلة التعرية، وفي الجزء الأعلى في مناطق الصدوع والطية المحدبة (شكل 2.5).

يفسر تباين أطوال روافد الرتبة الأولى بتباين أطوال الأحواض ومساحتها، وقد أشار أبو رية (2007: 71) إلى أن الأحواض ذات المساحات الكبيرة تتسم بزيادة أطوال روافدها، ولقد وجد أن

82.4% من أحواض الرتبة تقل أطوالها عن 3 كم، 16% منها تتراوح أطوالها ما بين 3-5 كم، 1.6% يزداد طولها عن 5 كم [62-61]، وأن 78% من أحواض الرتبة تقل مساحتها عن 2 كم^2، و16.3% منها تتراوح مساحتها ما بين 2-4 كم^2، و3.3% منها أكبر من 4 كم^2 [55]. كما وجد أن قيمة الوعورة في أحواض الرتبة الأولى منخفضة [106]، وأنها تصنف ضمن النسيج الطبوغرافي الخشن [112]، وقد أشار أبو رية (2007: 63) إلى زيادة أعداد وأطوال المجاري المائية بارتفاع قيم النسيج الطبوغرافي.



شكل (5.2) أحواض الرتبة الأولى حسب طول الرافد

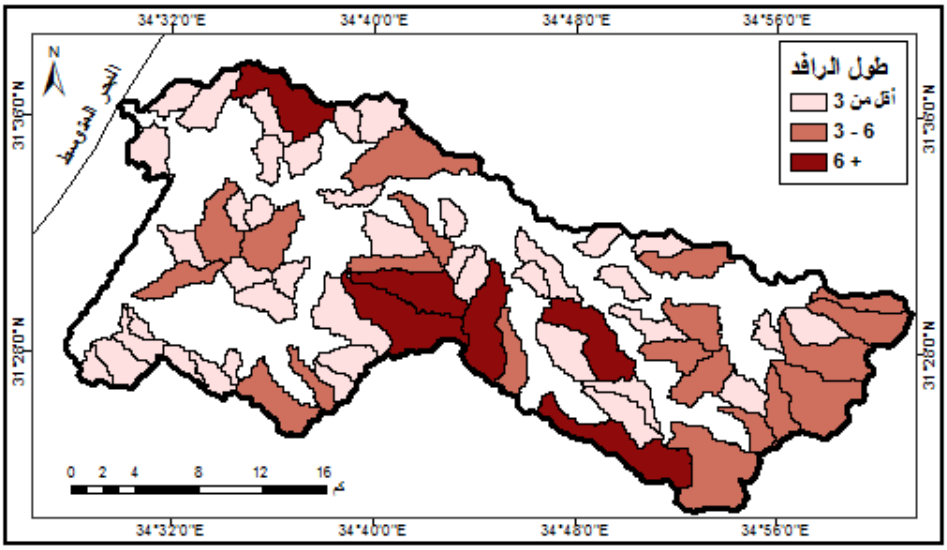
- **أطوال روافد الرتبة الثانية: (Second Order Streams)**

تراوحت الأطوال ما بين 0.12 كم و 10.79كم، بمتوسط 2.67 كم، وبانحراف معياري 2.1، وتم تقسيم روافد الرتبة الثانية حسب الطول إلى ثلاث فئات: شكل (5.3)

أ- روافد تقل أطوالها عن (3كم)، بنسبة 62.7% من روافد الرتبة الثانية، وتنتشر في جميع أجزاء الحوض.

ب-روافد تتراوح اطوالها ما بين (6-3 كم)، بنسبة 29.85% من روافد الرتبة، وتوجد في جميع أجزاء الحوض، ويزداد تركيزها بالقرب من المنابع.

ج- روافد أطوالها أكبر من (6 كم)، بنسبة 7.45% من روافد الرتبة، وتتركز في مناطق انتشار صخور الكركار والرواسب الفيضية سهلة التعرية، ومناطق الصدوع في الجزء الأعلى من الحوض، وبشكل رئيس في الأجزاء الجنوبية.



شكل (5.3) أحواض الرتبة الثانية حسب طول الرافد

يفسر تباين أطوال الروافد في الرتبة الثانية بتباين أطوال الأحواض ومساحتها، حيث وجد 50.7% من أحواض الرتبة يقل طولها عن 5 كم، و38.8% منها تتراوح أطوالها ما بين 5-8 كم، و10.5% منها يزداد طولها عن 8 كم [63]، وأن 55.2% من أحواض الرتبة الثانية تقل مساحتها عن 6 كم^2، و29.9% منها تتراوح مساحتها بين (6-12 كم^2)، و14.9% منها أكبر من 12 كم^2 [56]، كما وجد أن قيمة الوعورة في أحواض الرتبة الثانية منخفضة [107]، وأنها تصنف ضمن النسيج الطبوغرافي الخشن [112].

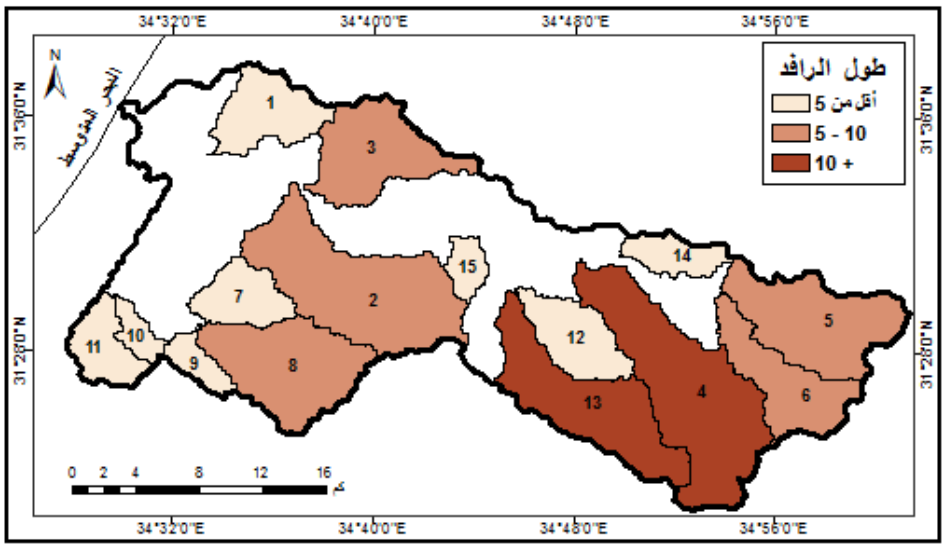
- **أطوال روافد الرتبة الثالثة: (Third Order Streams)**

تراوحت الأطوال ما بين 0.77 كم و16.89 كم، بمتوسط 5.63 كم وبانحراف معياري قيمته 4.26، وهذا يشير إلى التباين في أطوال روافد الرتبة الثالثة، وقد تم تقسيم روافد الرتبة الثالثة حسب الطول إلى ثلاث فئات، شكل (5.4).

أ- روافد تقل أطوالها عن (5 كم)، بنســـبة 53.3% من إجمالي روافد الرتبة، وتوجد في الجزء الأدنى والأوسط من الحوض، وهي أحواض صغيرة المساحة أقل من 25كم^2 (شكل3.3)، وتقل أطوالها عن 10 كم (شكل3.9).

ب-روافد تتراوح اطوالها ما بين (10-5 كم)، بنسـبة 33.3% من إجمالي روافد الرتبة، وتتركز في الجزء الشمال الشرقي، وجنوب الجزء الأوسط من الحوض.

ت-روافد يزداد طولها عن (10 كم)، وتضـم حوضـين هما (4 و13)، بنسبة 13.4% من إجمالي روافد الرتبة.



شكل (5.4) أحواض الرتبة الثالثة حسب طول الرافد

يفسر ازدياد أطوال روافد حوض رقم (4، 13) بأن مساحتهما أكبر من 50 كم^2 (شكل3.3)، وأن أطوالهما أكبر من 14 كم (شكل3.9)، وكلاهما يتخذ الشكل المستطيل (شكل3.14)، وقد أشار أبو رية (2007: 75) إلى أن الأحواض التي تتخذ الشكل المستطيل تزداد أطوال مجاريها، وهما أحواض صدعية (شكل2.5)، وقد أشار سلوم[1] (2012: 418) إلى ازدياد أطوال الروافد في مناطق الضعف البنيوي.

- **أطوال روافد الرتبة الرابعة: (Fourth Order Streams)**

بلغ متوســـط أطوال روافد الرتبة الرابعة 8.5 كم، وبانحراف معياري 7.31 كم، وتراوحت أطوالها ما بين 0.59 كم لحوض الفشـــخة كأقل قيمة و20.45 كم لحوض دورا كأكبر قيمة، ولقد

وجد أن حوض الفشـــخة هو أصـــغر أحواض الرتبة مســـاحة 25.3 كم [58]، وأقلها طولاً 6.9 كم [65]، وأنه ســـجل قيمة اســـتطالة أكبر من 0.8، أي يميل للشـــكل المندمج [74]، بينما حوض دورا أكبر الأحواض مساحة 224.8 كم^2 [58]، وأكثرها طولاً 29.6 كم [65]، وسـجل قيمة اسـتطالة أقل من 0.6 أي يتخذ الشـــكل المســـتطيل [74]، كما أنه تأثر بالحركة الصـــدعية والطية المحدبة (شـــكل2.5)، وانحدار رافده كبير مقارنة بحوض الفشـــخة حيث بلغ انحدار رافده 0.62°، في حين انحدار رافد حوض الفشخة 0.10°، وقد أشار سلوم[1] (2012: 416) إلى ازدياد أطوال الروافد في المناطق ذات الانحدارات الكبيرة.

- **أطوال روافد الرتبة الخامسة: (Fifth Order Streams)**

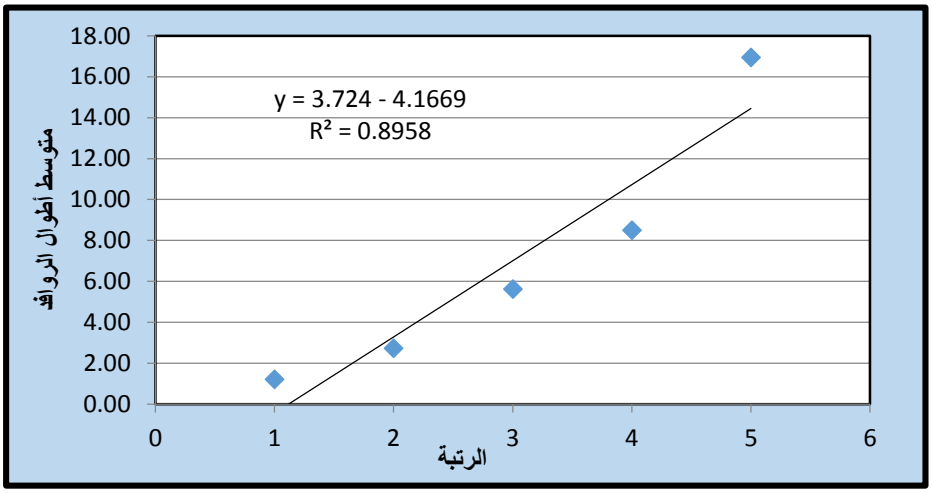
بلغ طول رافد حوض برير 23.29 كم، بينما حوض حانون 10.61كم، ويرجع كبر حوض برير لكبر مساحته 555.9 كم^2، وازدياد طوله 48.18 كم، مقارنة بحوض حانون البالغة مساحته 146.07 كم^2، أما طوله 25.5 كم، كما أنه تأثر بالحركة الصـدعية والطية المحدبة (شـكل2.5)، وانحدار رافده كبير مقارنـة بحوض حـانون حيث بلغ انحدار رافده 0.23°، في حين انحدار رافد حوض حانون 0.12°.

❖ **العلاقة الارتباطية بين أطوال الروافد والرتبة:**

يتضح من دراسة أطوال الروافد بحسب الرتب وجود تباين كبير في أطوال الروافد على مستوى الرتب وعلى مســـتوى الرتبة الواحدة، ويتبين من معادلة العلاقة الخطية (شـــكل 5.5) وجود ارتباطاً طردياً قوياً بين متوســـط أطوال الروافد في الحوض والرتبة، حيث أن قيمة معامل التحديد تســـاوي 0.895، مما يعني أن متوسط أطوال الروافد يزداد بازدياد الرتبة، وهذا يتفق مع القانون الثاني الذي وضـعه Horton (1945) لأطول الروافد النهرية والذي ينص على أن "متوسط طول الروافد النهرية يزداد كلما ازدادت رتبة المجرى" (Dhawaskar.2015: 3). مع ملاحظة شـذوذ الرتبة الخامسـة لأنها متقدمة في دورتها التحاتية.

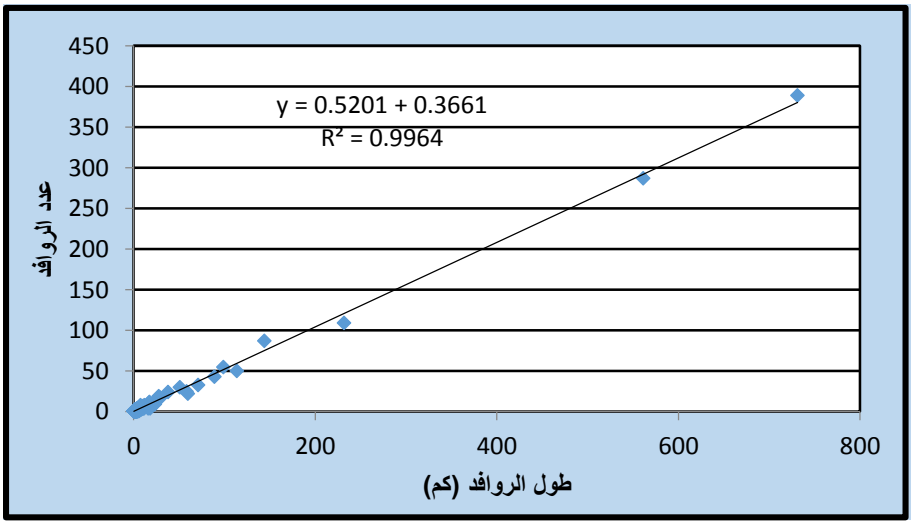
وبمقارنة (شـكل 5.5) مع (شـكل5.1) الذي يوضـح العلاقة بين أعداد الروافد والرتبة، يتبين أن العلاقة بينهما عكســـية، وهذا أمر طبيعي حيث أن الروافد تميل لزيادة أطوالها وتقليل عددها في المناطق الســـهلية قليلة الانحدار، بينما يزداد عددها وتقل أطوالها إن كانت تســـير بأراضٍ شـــديدة الانحدار أو أراضٍ جبليةٍ [129]، ولقد وجد أن قيمة الانحدار تتناقص مع الرتبة (شكل 4.17)، وأن

قيمة التضـرس تتناقص بازدياد الرتبة (شـكل 4.4)، وأن قيمة التضـاريس النسـبية تتناقص بازدياد الرتبة (شكل 4.8).

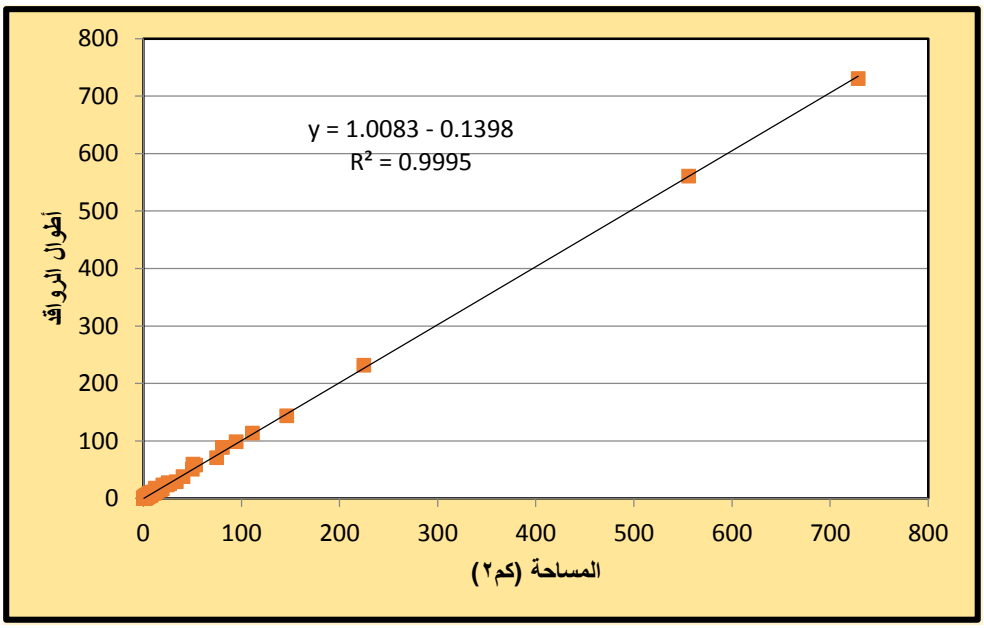


شكل (5.5): العلاقة بين متوسط أطوال الروافد والرتبة

يبين (شكل5.6) معادلة العلاقة الخطية بين أطوال الروافد وعددها، حيث يتبين وجود ارتباطاً طردياً قوياً جداً بين أطوال الروافد وعددها، حيث أن قيمة معامل التحديد تسـاوي 0.996 وهي قيمة مرتفعة جداً، وقد توصل سلوم[1] (2012) في دراسته لحوض القنديل في سوريا، وريان (2014) في دراسـتها لحوض الفارعة في فلسـطين و Moges and Bhole (2015: 23) في دراسـته لحوض نهر جورو في أثيوبيا لنفس العلاقة.



شكل (5.6): العلاقة بين أطوال الروافد وعدد الروافد



شكل (5.7): العلاقة بين أطوال الروافد ومساحة الحوض

ويتبين من (شكل5.7) وجود ارتباطاً طردياً قوياً جداً بين أطوال الروافد ومساحة الأحواض، حيث أن قيمة معامل التحديد تساوي 0.999 وهي قيمة مرتفعة جداً، مما يعني أن أطوال الروافد تزداد بازدياد المساحة، وبالتالي يمكن تفسير العلاقة الطردية بين أطوال الروافد والرتبة (شكل5.5)، بالعلاقة الطردية بين مساحة الأحواض والرتبة (شكل 3.6)، الناتجة عن تقدم الأحواض في دورتها التحاتية مع ازدياد الرتبة.

رابعاً: الكثافة التصريفية (Drainage Density)

تعد الكثافة التصريفية من المقاييس المورفومترية الهامة لشبكة التصريف النهري، وهي انعكاس للظروف المناخية خاصة الأمطار وكميتها، والخصائص الجيولوجية، ونوع الصخر ومقدار نفاذيته، والسطح ومدى انحداره، وطبيعة الغطاء النباتي (Meshram and Knadse, 2015: 26)، وتشير كثافة التصريف المنخفضة إلى قلة أعداد الروافد وأطوالها، وانخفاض قيمة النسيج الطبوغرافي، وأن الحوض يجري فوق صخور عالية النفاذية، وأن السطح قليل التضرس مع كثافة الغطاء النباتي (Sangita and Dulal, 2015 :487)، وتم الحصول على قيمة الكثافة التصريفية من خلال المعادلة التي وضعها Horton عام 1932.

$$Dd = L / A \ldots\ldots\ldots^{12}$$ (Jaydeep, et al., 2015: 1676)

بتطبيق معادلة (12) لحساب كثافة التصريف للحوض فقد بلغت (1.003 كم/كم^2)، وتعتبر هذه القيمة منخفضة جداً، وفقاً لتصنيف Strahler (1964) حيث صنف قيم الكثافة التصريفية إلى ثلاث فئات: (أقل من 12) منخفضة، ومن (16–12) متوسطة، و(أكبر من 16) مرتفعة (Kant, et al, 2015: 1405). ويتضح من جدول (5.4) أن جميع الأحواض الفرعية ذات كثافة تصريفية منخفضة.

جدول (5.4) متوسط الكثافة التصريفية بمنطقة الحوض حسب الرتبة

الرتبة	متوسط الكثافة	أعلى كثافة	أقل كثافة	الانحراف المعياري
1	0.76	2.43	0.19	0.35
2	1.06	2.3	0.69	0.25
3	1.01	1.36	0.88	0.12
4	1.05	1.09	1.02	0.03
5	1	1.01	0.99	0.01

ولقد وجد أن الحوض يقع في منطقة مناخية شبه جافة، أمطارها قليلة 350 ملم/ السنة، وعدد الأيام الماطرة فيها لا يتجاوز 40 يوم/ السنة، وأن صخور الكركار والرواسب الفيضية ذات النفاذية العالية تغطي ما نسبته 71.3% من مساحة الحوض (جدول 2.3)، وأن 84.5% من منطقة الحوض انحدارها خفيف أقل من 5°، وتتركز في أجزاؤه الوسطى والدنيا (جدول 2.2)، و60.74% من منطقة الحوض ارتفاعها أقل من 200م (جدول2.1)، وأن منطقة الحوض تتميز بنسيج طبوغرافي خشن [111]، وقلة عدد روافدها 390 رافد (جدول 5.1)، وقصر أطوالها حيث 82.4% من روافد الرتبة الأولى تقل أطوالها عن 2 كم [130]، و62.7% من روافد الرتبة الثانية تقل أطوالها عن 3كم [131]، و53.3% من روافد الرتبة الثالثة تقل أطوالها عن 5 كم [132]، وبالتالي يمكن تفسير قلة الكثافة التصريفية في حوض الحسى وأحواضه الفرعية بقلة الأمطار

---

[12] حيث Dd = كثافة التصريف، L= مجموع أطوال الروافد (كم)، A= مساحة الحوض (كم^2)

وفصلية تساقطها، ونفاذية السطح، وقلة انحداره، مما ساهم في عدم فاعلية الحت المائي في تقطيع سطح المنطقة بالمجاري المائية (أبو رية، 2007: 88)، وقلة أعداد الروافد وقصر أطوالها في الحوض، وتشير نسبة كثافة التصريف المنخفضة على عدم تطور الفيضان بصورة مؤثرة جيومورفولوجياً (مشتهى وآخرون، 2013: 57).

خامساً: نسبة التشعب Bifurcation Ratio

تم ادخال مصطلح نسبة التشعب لأول مرة من قبل Horton (Dhawaskar,2015: 4)، وهو يعبر عن العلاقة بين عدد المجاري في رتبة ما وعدد المجاري في الرتبة التي تليها مباشرة (Jaydeep, et al., 2015: 1676)، وتأتي أهمية دراسة نسبة التشعب لأنها تعد أحد أهم العوامل التي تتحكم في معدل التصريف، ويمكن من خلالها تقدير الفيضان (البيواتي، 2007: 392)، فكلما قلت نسبة التشعب في الأحواض قلت كثافة التصريف، وبالتالي فإن مياه الأمطار تتجمع في مجارٍ قليلة ومحدودة، وبالتالي يزيد خطر الفيضان (علاجي، 2010: 105)، ويعتبر التشعب انعكاساً للتركيب الجيولوجي ولنوعية الصخر في الحوض والظروف المناخية (Geena & Ballukrayam, 2011: 386)، وتم إيجاد نسبة التشعب من خلال القانون الذي اقترحه Horton (1945) كالتالي:

$$Rb = Nu / Nu+1 \text{ ----------}^{13}$$ (Baiju, et al., 2015: 900)

ويرى Strahler (1964) أن نسبة التشعب الطبيعية للحوض تتراوح بين (3–5) في حال تجانس التركيب الصخري للحوض (Tale and Manjare, 2015: 328)، وكلما قلت النسبة عن (3) تعد مؤشراً على زيادة احتمالية حدوث الفيضان في الحوض لأنها تعطي جرياناً سطحياً سريعاً (الشكرجي، 2005: 110)، ويبين جدول (5.5) قيم التشعب العام والموزون للرتب في حوض وادي الحسى

جدول (5.5) قيم التشعب العام والموزون للرتب في حوض وادي الحسى

الرتبة	1/2	2/3	3/4	4/5	5/6	متوسط التشعب العام	متوسط التشعب الموزون
قيمة التشعب	4.49	4.47	3.75	2	2	3.34	4.41

[13] Rb= نسبة التشعب، Nu = عدد روافد رتبة ما، Nu+1= عدد روافد الرتبة التي تليها.

وقد اقترح Strahler تعديل عملية حساب نسبة التشعب لتلافي الاختلاف في متوسط التشعب والتغلب على تعدد نسب التشعب للرتب المختلفة داخل الحوض والوصول إلى نتائج أكثر دقة من خلال اقتراح معادلة التشعب الموزون (Weigted Mean Bifurecation Ratio) كالتالي:

$$\mathbf{Rbwm = \sum Rb * Nu\text{-}r / \sum NR1} \quad \ldots\ldots\ldots [14] \quad \text{(أبو رية، 2007: 77)}$$

يتضح من جدول (5.5) أن قيم التشعب العام تراوحت ما بين (4.49-2)، وتختلف من رتبة لأخرى لاختلاف عدد الروافد في كل رتبة، وترتفع في الرتب الدنيا لزيادة أعداد الروافد فيها حيث تمثل الرتبة الأولى والثانية ما نسبته 94.4% من إجمالي روافد الحوض [128]، في حين تمثل الرتبة الثالثة والرابعة والخامسة 5.6% من أعداد الروافد في الحوض، ويلاحظ أن نسبة التشعب تماثلت في الرتبتين الخامسة والسادسة وبلغت 2، ومرد ذلك إلى كون الروافد ابتداءً من الرتبة الرابعة فأعلى اجتمعت مع الروافد من الرتب الأعلى منها في مناطق ذات تكوينات مفككة عالية النفاذية لا تسمح بتشكل مجاري مائية كثيرة، وسهلية منبسطة مما قلل من قيم نسبة التشعب فيها، ويتبين كذلك أن قيمة التشعب العام والموزون في حوض وادي الحسى تقع ضمن الحدود الطبيعية التي أشار إليها Strahler من (5-3)، وبذلك فإن نمط التصريف لا يتأثر كثيراً بالبنية الجيولوجية والتضاريس (Dhawaskar, 2015: 1) ولقد وجد أن قيمة الكثافة التصريفية منخفضة في الحوض [137]، وبالتالي فإنه قيم نسبة التشعب وقيم الكثافة التصريفية في الحوض كلاهما يشير لعدم تطور الفيضان بصورة مؤثرة جيومورفولوجياً.

سادساً: التكرار النهري (Stream Frequency)

يعبر عن النسبة بين أعداد المجاري المائية ومساحة الحوض (Jaydeep, et al., 2015: 1676)، ويشكل صورة أخرى لقياس الكثافة التصريفية (أبو رية، 2007: 90)، وتتأثر تكرارية الروافد بالعوامل الطبيعية للحوض خاصة المناخية والجيولوجية (ريان، 2014: 161)، وذكر علي (18:2008) نقلاً عن Schumm (1977) أن أودية المناطق الجافة تتسم بانخفاض تكرارية روافدها النهرية حيث

---

[14] حيث Rbwm= نسبة التشعب الموزون، Rb= معدل التشعب لكل رتبتين، Nu-r= عدد الروافد النهرية لكل رتبتين متتاليتين، NR1= مجموع عدد روافد الرتبة.

تتراوح ما بين 1-0.1 رافد /كم^2 ، وتم استخراج معامل التكرار النهري لحوض وادي الحسى بتطبيق المعادلة التي اقترحها Horton 1945:

$$DF = N / A \quad \text{.....}^{15} \quad \text{(Horton, 1945: 285)}$$

بلغت قيمة التكرار النهري للحوض 0.54 مجرى/كم^2، وتعد هذه القيمة منخفضة بمقارنتها بأحواض أخرى في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث بلغت في حوض وادي غزة 0.96 مجرى/كم^2 (مشتهى وآخرون، 2013: 64)، وحوض وادي الفارعة 3.44 مجرى/كم^2 (ريان، 2014: 162)، وحوض وادي الخليل 2.7 مجرى/ كم^2 (العدرة، 2007: 122)، وحوض العوجاء 1.25مجرى /كم^2 (أبوحصيرة، 2013: 110)، وحوض وادي الكرك في العراق 2.1 مجرى/كم^2 (القرالة، 2005: 188).

وبدراسة قيم هذا المعامل على مستوى الأحواض الفرعية (جدول5.6)، لم تختلف متوسطات تكرارية المجاري كثيراً في الأحواض الفرعية عن منطقة الحوض، حيث سجل أعلى متوسط 0.92 مجرى/كم^2 وذلك في الرتبة الأولى، أما أدنى متوسط 0.56 وذلك في الرتبة الخامسة، ويفسر ذلك بزيادة أعداد الروافد في الرتبة الأولى البالغة 301 رافد (جدول5.2)، بما نسبته 77.2%من جملة أعداد الروافد، في المقابل شكلت مساحتها 61% من المساحة الكلية للحوض (جدول 3.1)، بينما قلت أعدادها في الرتبة الخامسة إلى رافدين بنسبة 0.51% من جملة أعداد الروافد، وشكلت مساحتها 96.3% من المساحة الكلية للحوض (جدول3.1)، أما على مستوى الأحواض الفرعية فقد تراوحت القيم في الأحواض الفرعية ما بين 1.75 مجرى/كم^2 كأعلى قيمة لتكرارية المجاري وذلك في الرتبة الثانية، أما أقل قيمة 0.14 وذلك في الرتبة الأولى.

يتضح من جدول (5.6) أن تكرارية الروافد تنخفض على مستوى الحوض ككل وعلى مستوى أحواض الرتب، مما يشير إلى قلة عدد الروافد في الحوض البالغة 390 رافد مقارنة بمساحته 728.7كم^2 (الأنصاري، 2014: 53)، ولقد وجد أن صخور الكركار والتكوينات الفيضية ذات النفاذية العالية تشكل ما نسبته 71.3% من مساحة الحوض (جدول 2.3)، وقد أشار Palanisamy, et al., (2015: 2821) إلى انخفاض تكرارية الروافد في الأحواض التي تجري فوق تكوينات صخرية عالية النفاذية للمياه، كما تشير قيم التكرار النهري المنخفضة إلى أن الحوض

---

[15] DF= التكرار النهري، N= عدد روافد الحوض، A= مساحة الحوض (كم^2).

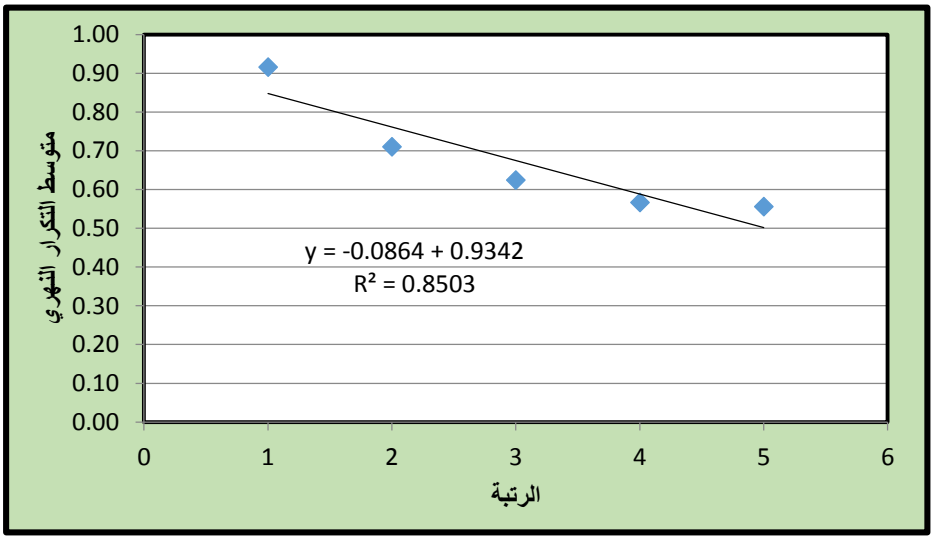
مازال في بداية دورته الجيومورفولوجية (ريان، 2014: 162)، ولقد وجد أن قيمة التضـــرس في الحوض مرتفعة [98]، وأن قيمة التضـــاريس النســـبية أيضـــاً مرتفعة [92]، وأنه يتميز بالنســـيج الطبوغرافي الخشن [111]، وأن الكثافة التصريفية فيه منخفضة 1.003 كم/كم^2 [137].

جدول (5.6): متوسطات تكرارية الروافد في منطقة الحوض حسب الرتبة

الرتبة	تكرارية الروافد	أعلى تكرار	أقل تكرار	الانحراف المعياري
1	0.92	1.63	0.14	0..42
2	0.71	1.75	0.32	0.29
3	0.62	1	0.44	0.17
4	0.57	0.75	0.45	0.12
5	0.56	0.6	0.52	0.04

❖ **العلاقات الارتباطية بين التكرار النهري والرتبة:**

يتضح من دراسة متوسطات قيمة التكرار النهري أنها تنخفض مع ازدياد الرتبة، وتبين معادلة العلاقة الخطية (شكل 5.8) وجود ارتباطاً عكسياً قوياً بين متوسط التكرار النهري والرتبة، حيث أن قيمة معامل التحديد تساوي 0.850 وهي قيمة مرتفعة.



شكل (5.8): العلاقة بين متوسط التكرار النهري والرتبة

وهذه العلاقة تتشابه مع (شكل 5.1) الذي يبين العلاقة بين متوسط عدد الروافد والرتبة، مما يشير إلى جود علاقة طردية بين متوسط عدد الروافد والتكرار النهري، ولكون أعداد الروافد تتناقص بازدياد الرتبة (شكل 4.17)، تناقصت قيم التكرار النهري بازدياد الرتبة، كما أنها تتشابه مع (شكل4.17) الذي يبين العلاقة بين الانحدار والرتبة، ومع (شكل 4.4) الذي يبين العلاقة بين قيمة التضرس والرتبة، ومع (شكل 4.8) الذي يبين العلاقة بين التضاريس النسبية والرتبة، وذلك لأن هذه المتغيرات علاقتها مع مساحة الأحواض عكسية، ولكون المساحة تزداد بازدياد الرتبة كنتيجة لتقدم الأحواض في دورتها التحاتية، تناقصت قيمة التكرار النهري والخصائص التضاريسية بازدياد الرتبة.

سابعاً: ثابت بقاء المجاري Stream Maintenance

يعبر معدل بقاء المجاري عن النسبة بين الوحدة المساحية اللازمة لتغذية الوحدة الطولية الواحدة من مجاري الشبكة، وكلما كبرت قيمة هذا المعدل كلما دل ذلك على اتساع المساحة الحوضية على حساب مجاري شبكتها المحدودة الطول، مما ينتج عنه انخفاض الكثافة التصريفية (أبو رية، 2007: 91)، وكلما انخفضت قيمة معدل بقاء المجاري أشار ذلك إلى تأثر المنطقة بالتراكيب البنيوية، وقلة نفاذية التربة، والانحدار الشديد والجريان السطحي السريع، والعكس كلما ارتفعت القيمة (Ali and Khan, 2013: 25).

وقد اقترح Schumm (1956) معادلة لاستخراج ثابت بقاء المجرى المائي والتي تمثل معكوس قيمة الكثافة التصريفية كالتالي:

$$C = 1 / Dd \quad \text{.....}^{16} \quad \text{(Pareta \& Pareta, 2011: 264)}$$

بتطبيق المعادلة (16) على الحوض فإن ثابت بقاء المجرى يساوي 0.997 كم^2/كم، وهذا يعني أن كل واحد كم من اطوال المجاري تغذيه مساحة تقدر بنحو 0.997 كم^2، مما يشير إلى وجود مساحة كبيرة أمام الحوض لامتداد الشبكة النهرية عن طريق النحت، حيث بمقارنة ثابت بقاء المجرى بالأحواض الأخرى ومنها حوض وادي غزة 0.76 كم^2/كم (مشتهى وآخرون، 2013: 64)، وحوض وادي الفارعة 0.405 كم^2/كم، وتم اعتبارها مساحة كبيرة وأن الحوض في بداية مراحل

[16] حيث C = ثابت بقاء المجرى، 1= رقم ثابت، Dd= كثافة التصريف

تطوره الجيومورفولوجي (ريان، 2014: 177)، وبذلك يتضـــح أن قيمة ثابت بقاء المجرى لحوض الحســـى كبيرة، وان الحوض مازال في بداية مراحل تطوره الجيومورفولوجي، ولقد وجد أن الكثافة التصـريفية في الحوض منخفضــة 1.003 كم/كم^2 [137]، وأن قيمة التكرار النهري منخفضــة على مســـتوى الحوض والأحواض الفرعية [140]، وأن درجة انحدار الرافد الرئيس خفيفة 0.25 [113]، وأن 84.5% من منطقـة الحوض انحـدارهـا خفيف أقـل من $^{\circ}5$، وتتركز في أجزاؤه الوســـطى والدنيا [34]، وأن منطقة الحوض تتميز بأنها ذات نســـيج طبوغرافي خشـــن [111]، حيث قلة عدد روافدها 390 رافد [128]، وقصـر أطوالها، وأن الرواسـب الفيضـية وصـخور الكركار عالية النفاذية تشـــكل ما نســـبته 71.3% من مســـاحة الحوض (جدول 2.3)، وأن كل الترب في الحوض منفذة للمياه ماعدا تربة التيراروســـا مما يعني أن ما نســـبته 96.7% من مســـاحة الحوض منفذة للمياه (جدول 2.5).

ويتضـــح من جدول (5.7) ارتفاع قيم بقاء المجرى على مســـتوى أحواض الرتب حيث بلغت أقل قيمة (0.41 كم/كم^2) أما أعلى قيمة (5.35 كم/كم^2) وكلاهما تعد قيم مرتفعة، كما لم تختلف متوســـطات قيم بقاء المجرى لأحواض الرتب الفرعية عن الحوض الكلي حيث ســـجلت قيم مرتفعة أيضاً، مما يشير إلى صغر أطوال الروافد مقارنة بمساحة الأحواض، ولقد وجد أن 82% من روافد الرتبـة الأولى تقل أطوالهـا عن 2 كم [130]، و62.7% من روافد الرتبـة الثـانيـة تقل أطوالهـا عن 3كم [131]، و53% من روافـد الرتبـة الثـالثـة أطوالهـا أقـل من 5 كم [133]، وأن 78.5% من أحواض الرتبة الأولى تقل مســـاحتها عن 2 كم^2 [55]، و55.2% من أحواض الرتبة الثانية تقل مساحتها عن 6كم^2 [56]، و46.4% من أحواض الرتبة الثالثة مساحتها أقل من 25 كم^2 [57]، كما يشـــير ارتفاع قيم بقاء المجرى إلى أنها ما زالت في بداية دورتها الحتية، كما تعتبر مؤشـــراً على انخفاض الكثافة التصريفية فيها، حيث وجد أن جميع أحواض الفرعية ذات كثافة تصريفية منخفضة [137]، وأنهـا ذات انحـدارات خفيفـة، حيث وجـد أن 95.3% من روافـد الرتبـة الأولى تقل درجـة انحدارها عن $^{\circ}5$ ، وتنتشـــر في الجزء الأدنى والأوســـط من الحوض [113]، وأن كل أحواض الرتبة الثانية يقل انحدار روافدها عن$^{\circ}5$ [114]، وأن كل روافد أحواض الرتبة الثالثة والرابعة والخامسـة يقل انحدارها عن$^{\circ}2$ [115-116]، وأن الرواسب الفيضية وصخور الكركار عالية النفاذية تشكل ما نسبته 71.3% من مساحة الحوض (جدول 2.3).

جدول (5.7): متوسطات ثابت بقاء المجرى في منطقة الحوض حسب الرتبة

الرتبة	المتوسط	أعلى قيمة	أقل قيمة	الانحراف المعياري
1	1.7	5.35	0.41	1.1
2	0.98	1.46	0.43	0.18
3	1	1.14	0.74	0.11
4	0.96	0.98	0.92	0.02
5	1	1.01	0.99	0.01

ثامناً: التعرج النهري (Sinuosity Index)

التعرج النهري هو "النسبة بين طول المجرى النهري وطول الخط المستقيم الواصل بين نقطة المصب ونقطة المنبع" (ريان، 2014: 185)، ويعتبر التعرج النهري أحد أنماط المجاري المائية ويعود إلى وجود العوائق والحواجز في المجرى كالنباتات والصخور التي تعمل على إعاقة حركة المياه وانحرافها عن خط الجريان مما يؤدي إلى الحت في جانب والترسيب في الجانب الأخر، وتلعب مظاهر الضعف الجيولوجي من صدوع وفواصل دوراً مهماً في تعرج القناة النهرية، كما يسهم تناقص الانحدار في زيادة التعرج النهري (العدرة، 2007 :127–126)، ويعد هذا المعامل المورفومتري مهماً في الدراسات الجيومورفولوجية حيث يتم من خلاله تقدير المرحلة الحتية التي يمر بها الحوض فكلما زادت قيمة التعرج النهري دل على تقدم المرحلة الحتية (الحربي، 2007: 224)، كما يعد مؤشراً جيولوجياً حيث يستدل منه عل نوعية وتركيب الصخر في الحوض (Pareta & Parera,2012: 52)، ولمعامل التعرج دلالات هيدرولوجية مهمة حيث أنه كلما انخفضت قيمة التعرج ازدادت احتمالات حدوث الفيضان لسرعة وصول المياه إلى منطقة المصب، وبالتالي قلت كميات التبخر والتسرب في الحوض (علاجي، 2010: 128)، وقد اقترح Miller عام 1968 معادلة لحساب معامل التعرج النهري كالتالي:

$$Si = CI / Xy \quad [17] \text{.....(Mistri and Ghosh, 2012: 51)}$$

تتراوح قيمة التعرج النهري من (1 – 4) (الجميلي، 2008: 83)، وصـــنف Schumm الروافد حسب قيمة التعرج النهري كالتالي: جدول (5.8)

جدول (5.8): قيمة التعرج النهري حسب تصنيف Schumm

المجرى	مستقيم	انتقالي	منتظم	غير منتظم	متعرج
قيمة Si	1	1.2	1.5	1.7	2.7

(Mistri & Ghosh, 2012: 51)

وقد ذكر Schumm أن الحدود بين النمط المستقيم والنمط المتعرج هي مجرد حدود عشوائية وأن نمط المجاري المتعرجة قد يتدنى معامل تعرجه ليصـل إلى 1.2 إذا أظهرت مجاريه نمط ثنيات متكررة (علاجي، 2010: 117).

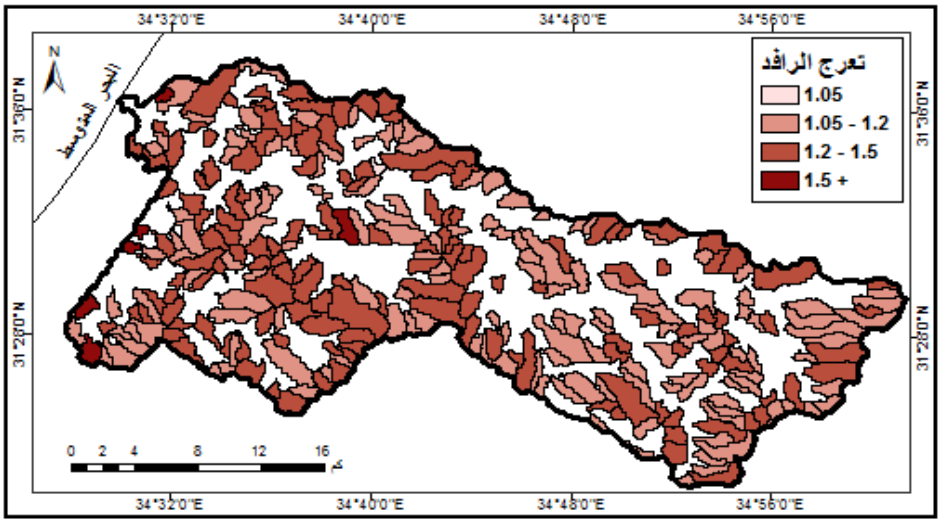
بتطبيق المعادلة (17) على الحوض فإن قيمة التعرج النهري تســـاوي 1.37، وبالتالي فإنه يصـنف حسـب تقسـيم Schumm بأنه وادي روافده انتقالية، أي أنه سـينتقل إلى المجاري المنتظمة والتي يبلغ مؤشـــر تعرجها 1.5، ويعود ذلك إلى انحداره الشـــديد في الأجزاء العليا من الحوض (الغامدي، 2006: 36)، كما يعود إلى أن معظم الحوض يقع في إقليم شـــبه جاف وكمية التدفق فيه قليلة من 20–30 مليون م^3/سنوياً (مشتهى واللوح، 2008: 212)، وأشارت ريان (2014: 186) إلى أن روافد الأنهار التي تجري في مناطق جافة وشـبه جافة قليلة التعرج، كما يفسـر ذلك بأن الحوض ما زال في بداية دورته الحتية (الحربي، 2007: 224)، حيث وجد أن قيمة التضـــرس في الحوض مرتفعة [92] وأن التضـاريس النسـبية أيضـاً مرتفعة [99]، وأن قيمة الوعورة منخفضـة [105]، وأن الحوض يتخذ الشـــكل المســـتطيل [71]، وتقترب قيمة التعرج النهري في الحوض من حوض وادي الفارعة في فلسطين 1.3 (ريان، 2014: 186)، وحوض وادي أشور في العراق 1.25 (العزاوي، 2009 : 4)، وحوض وادي الوالة في الأردن 1.37 (أبو سليم، 2010: 126).

---

[17] حيث Si = التعرج النهري، CI= طول المجرى النهري، Xy= المسافة الأفقية للمجرى النهري.

- **التعرج لروافد الرتبة الأولى:**

بلغ متوســـط قيمة التعرج النهري لروافد الرتبة الأولى 1.23، وبالتالي فإن روافدها انتقالية، وبانحراف معياري 0.12، وتراوحت القيم ما بين 1.03 و 1.88، وتم تقســـيم روافد الرتبة الأولى حســب قيمة التعرج النهري إلى أربع فئات (شـكل 5.9) حيث يتبين أن ثلاث أحواض بنسـبة 1% تصنف روافدها بأنها مستقيمة وهي أحواض صغيرة المساحة اثنين منها في الجزء الأدنى وواحد في الجزء الأعلى من الحوض، وقد أشـارت ريان (2014: 190) لوجود علاقة طردية بين قيمة التعرج النهري والمســـاحة، و97% منها تصـــنف بأنها انتقالية، وأربع أحواض تصـــنف بأنها منتظمة، بنسـبة 1.3% من أحواض الرتبة، وحوضـين فقط بنسـبة 0.7% تصـنف على أنها غير منتظمة وتوجد الأحواض المنظمة وغير المنتظمة في الجزء الأدنى من الحوض حيث التكوينات الفيضـــية سهلة التعرية (شكل 2.5)، وانحدار السطح أقل من 2° (شكل 2.2).

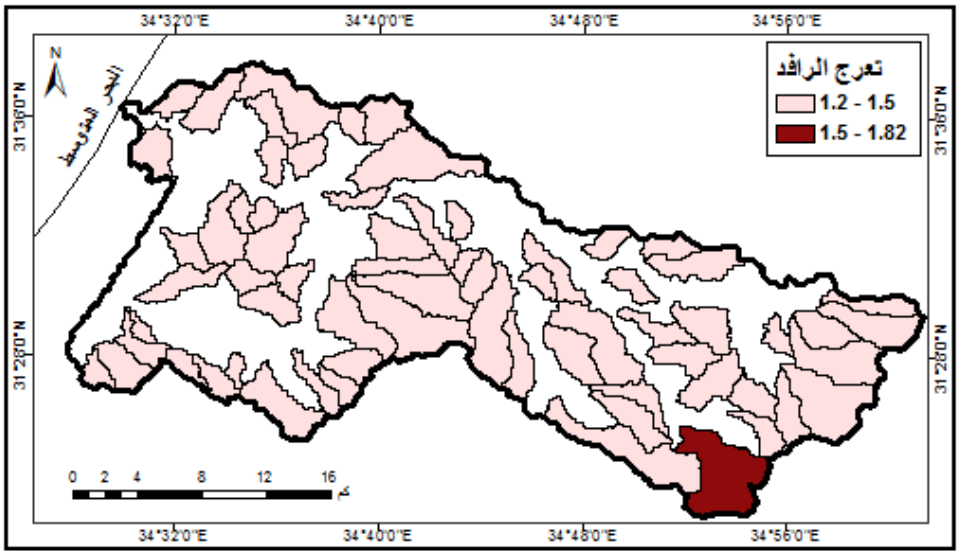


شكل (5.9): أحواض الرتبة الأولى حسب التعرج النهري.

وبالتالي فإن غالبية الأحواض روافدها انتقالية أي أنها مازالت في بداية دورتها الحتية، ولقد وجد أن 94.8% من أحواض الرتبة تقل مســـاحتها عن 4 كم^2 [55]، و98.4% منها تقل أطوالها عن 5 كم [61]، وإن قيمة التضرس مرتفعة [92]، وقيمة التضاريس النسبية مرتفعة، و91.4% منها يقل معامل الشـكل فيها عن 0.5، وتمتاز بعدم انتظام شـكلها وتتخذ الشـكل المسـتطيل[80-79]، و76.6% منها تصنف بأنها مستطيلة وشبه مستطيلة [71]، و96% منها يقل معامل استدارته عن 0.5 [76].

- **التعرج لروافد الرتبة الثانية:**

سجل متوسط التعرج النهري لروافد الرتبة الثانية 1.24، بانحراف معياري 0.1، ويعتبر انتقالي، وتراوحت القيم ما بين 1.13 و1.82، ويتبين من شكل (5.10) أن 98.5% من أحواض الرتبة تصنف على أن روافدها انتقالية، وأن رافد واحد فقط يصنف أنه متعرج رغم انه يوجد في الجزء الأعلى من الحوض، ويفسر ذلك بالفواصل والصدوع حيث أشار العدرة (2007: 127) في دراسته لحوض وادي الخليل أن مظاهر الضعف الجيولوجي من فواصل وصدوع تلعب دوراً مهماً في تعرج القناة النهرية.



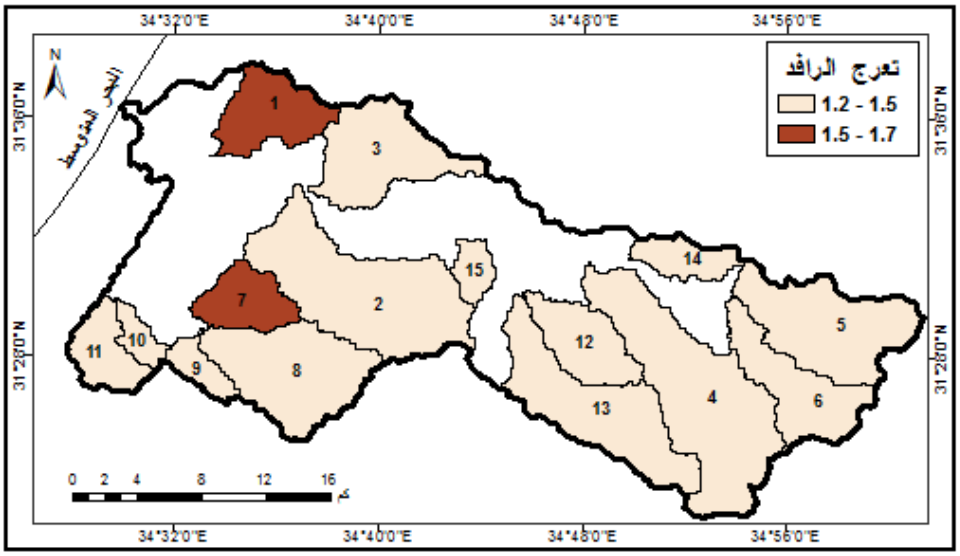
شكل (5.10): أحواض الرتبة الثانية حسب التعرج النهري.

ولقد وجد أن 89.5% منها تقل أطوالها عن 8 كم [63]، و85.1% مساحتها أقل من12كم^2 [56]، وأن قيمة الوعورة في أحواض الرتبة الثانية منخفضة [107]، و96.6% منها يقل معامل الشكل لها عن 0.5 [80]، و86.6% منها تصنف بأنها مستطيلة وشبه مستطيلة [73]، وأن كل أحواض الرتبة يقل معامل استدارتها عن 0.5 [76]، وكما وجد أن التضرس في أحواض الرتبة الثانية مرتفع [94]، وأن التضاريس النسبية مرتفعة [101].

- **التعرج لروافد الرتبة الثالثة**

سجل متوسط التعرج النهري لروافد الرتبة الثالثة 1.24، بانحراف معياري 0.1، وتراوحت القيم ما بين 1.13 و1.82، ويتبين من شكل (5.11) أن 86.7% من أحواض الرتبة تصنف

على أن روافدها انتقالية، وأن حوضين فقط تصنف روافدهما أنها منتظمة بنسبة 13.3% وتوجد في الجزء الأدنى من الحوض، وهما حوض (1 و7) ويمتازان بانحدار خفيف حيث بلغ انحدار حوض رقم 1 تقريباً 0.7°، أما انحدار رافده 0.1°، أما حوض 7 فانحداره 0.8°، وانحدار رافده 0.3°، كما أن صخورهما من الحجر الرملي (الكركار) والتكوينات الفيضية (شكل 2.5).



شكل (5.11): أحواض الرتبة الثالثة حسب التعرج النهري.

ولقد وجد أن 79.9% من أحواض الرتبة يقل طولها عن 15كم [64-63]، و73.3% منها مساحتها أقل من 50 كم^2 [57]، وأن جميع أحواض الرتبة يقل معامل الشكل لها عن 0.5 وتتميز بعدم انتظام شكلها، واتخاذها الشكل المستطيل [81]، و86.7% منها الأحواض تتخذ الشكل المستطيل وشبه المستطيل [74]، و46.6% من الأحواض تضرسها أكبر من 15م/كم [96]، وإن قيمة الوعورة في أحواض الرتبة الثالثة منخفضة [108].

- **التعرج لروافد الرتبة الرابعة**

سجل متوسط التعرج النهري لروافد الرتبة الرابعة 1.47، بانحراف معياري 0.22، وتراوحت القيم ما بين 1.29 و1.83، وتبين أن 75% من أحواض الرتبة تصنف على أن روافدها انتقالية، وأن حوض واحد فقط هو حوض الفشخة يصنف بان روافده غير منتظمة، ويقع في منطقة المصب حيث صخور الكركار والتكوينات الفيضية (شكل 2.5)، وتربة اللوس والتربة الفيضية (شكل 2.12)، وانحدار رافده الخفيف 0.1° [116]، كما سجل اعلى قيمة لمعامل استطالة في الرتبة

0.82، أي انه يميل للشكل المندمج أو الدائري [74]، وسجل قيمة تضرس منخفضة 10.67م/كم [96]، وأيضاً قيمة تضاريس نسبية منخفضة 0.27 [103]، وبالتالي وصل إلى مرحلة متقدمة في دورته الحتية.

- **التعرج لروافد الرتبة الخامسة:**

بلغت قيمة التعرج لرافد برير 1.38 وهي قريبة من قيمة التعرج لحوض وادي الحسى البالغة 1.37 وبالتالي يصنف بأنه انتقالي حسب تصنيف Schumm، أما رافد حانون فبلغ تعرجه 1.6 ويصنف بأنه منتظم، وبالتالي يتضح أن قيمة التعرج النهري لرافد حانون أكبر من رافد برير ويرجع ذلك لكونه متقدم في دورته الجيومورفولوجية عن حوض برير لكونه يوجد في الجزء الأدنى من الحوض حيث الرواسب الفيضية وصخور الكركار (شكل2.5) سهلة التعرية، مما أدى إلى تقليل فرق ارتفاعه ليبلغ 168م، وتخفيف درجة انحدار رافده 0.12° [117]، ولقد وجد أن قيمة تضرسه منخفضة 6.59 م/كم [97]، وأن قيمة تضاريسه النسبية منخفضة 0.19 [103]، وأن قيمة وعورته منخفضة 0.17 م [109]، أما حوض برير فإن فرق ارتفاعه كبير 873 م، وانحدار رافده أكبر من حوض حانون 0.23° [117]، وقيمة تضرسه مرتفعة 18.12 م/كم [97]، وأيضاً قيمة تضاريسه النسبية مرتفعة 0.5 [103]، كما يصل انحداره إلى 27.5° في منطقة المنبع (شكل2.2)، أي أنه لا يزال في بداية دورته الجيومورفولوجية.

❖ **العلاقة الارتباطية بين متغيرات شبكة التصريف.**

من خلال دراسة مصفوفة الارتباط بين متغيرات شبكة التصريف النهري التي تظهر في جدول (5.9)، أمكن تصنيف العلاقات بينها كالتالي:

- **العلاقات الارتباطية القوية ≤ 0.7 وهي:**

— العلاقة الطردية بين عدد الروافد ومجموع أطوال الروافد، حيث بازدياد عدد الروافد يزداد مجموع أطوالها، وهو أمر طبيعي في ظل الشكل الشجري الذي تتوزع وفقه شبكة المجاري المائية في الحوض، ويظهر ذلك في شكل (5.6).

— العلاقة العكسية بين الكثافة التصريفية وثابت بقاء المجرى، وبالتالي فإن الأحواض التي تزداد فيها قيمة ثابت بقاء المجرى تنخفض فيها قيمة الكثافة التصريفية، نظراً لحداثة دورتها الجيومورفولوجية.

- **العلاقات الارتباطية المتوسطة ≤ 0.3 إلى < 0.7**

— العلاقة الطردية بين أعداد الروافد وأطوالها، وهو أمر طبيعي في ظل الشـــكل الشـــجري الذي تتوزع وفقه شبكة المجاري المائية في الحوض.

— العلاقة الطردية بين طول الرافد مع مجموع أطوال الروافد والكثافة التصـــريفية، حيث بازدياد أطوال الروافد يزداد مجموع أطوالها وبالتالي تزداد الكثافة التصريفية.

— العلاقة العكسية بين أطوال الروافد مع التكرار النهري وثابت بقاء المجري، حيث تقل قيم التكرار النهري وثابت بقاء المجرى بازدياد أطوال الروافد.

جدول (5.9): العلاقة الارتباطية بين متغيرات شبكة التصريف بمنطقة الحوض.

المتغير	عدد الروافد	طول الرافد	م/ أطوال الروافد	كثافة التصريف	التكرار النهري	ثابت البقاء	التعرج النهري
عدد الروافد	1	.548**	.998**	.081*	-.111*	-.085*	.232*
طول الروافد		1	.575**	.355**	-.501**	-.353**	.253*
م/ أطوال الروافد			1	.094*	-.132**	-.096*	.227*
كثافة التصريف				1	.212*	-.935**	-.031*
التكرار النهري					1	-.098*	-.126*
ثابت بقاء المجرى						1	-.053*

- **العلاقات الارتباطية الضعيفة < 0.3**

وهي علاقات لا يمكن تعميمها ومنها العلاقة الطردية بين التكرار النهري وكثافة التصـــريف، والعلاقة الطردية بين التعرج النهري مع أعداد وأطوال الروافد، والعلاقة العكســـية بين التكرار النهري وثابت بقاء المجرى.

❖ **العلاقات الارتباطية بين متغيرات شبكة التصريف ومتغيرات أحواض التصريف.**

تم دراســـة العلاقة الارتباطية بين متغيرات شـــبكة التصـــريف النهري ومتغيرات أحواض التصريف، ومن خلال دراسة مصفوفة الارتباط بين المتغيرات التي تظهر في جدول (5.10)، يمكن تصنيف العلاقات كالتالي:

- **العلاقات الارتباطية القوية ≤ 0.7 وهي:**

— العلاقة الطردية بين أعداد وأطوال الروافد مع مساحة وأبعاد أحواض التصريف، مما يعني أن الأحواض صغيرة المساحة والتي تقل أبعادها تتميز بقصر أطوال روافدها وقلة أعدادها، نظراً لحداثة دورتها الجيومورفولوجية.

— العلاقة الطردية بين أعداد الروافد وأطوالها مع النسيج الطبوغرافي، ويعني ذلك أن الأحواض التي تقل أطوال روافدها وأعدادها تتميز بنسيج طبوغرافي خشن، نظراً لحداثة دورتها الجيومورفولوجية.

- **العلاقات الارتباطية المتوسطة ≤ 0.3 إلى < 0.7**

— العلاقة الطردية بين طول الرافد مع المساحة والنسيج الطبوغرافي، مما يعني أن طول الرافد يزداد في الأحواض كبيرة المساحة والتي تتميز بنسيج طبوغرافي ناعم، كنتيجة لتقدم الأحواض في دورتها الجيومورفولوجية.

— العلاقة الطردية بين طول الروافد والكثافة التصريفية مع نسبة الطول للعرض ومعامل الاندماج، حيث تزداد أطوال الروافد ومن ثم الكثافة التصريفية في الأحواض التي تتخذ الشكل المستطيل وتتميز بعدم انتظام شكلها وتعرج خطوط تقسيم المياه.

— العلاقة الطردية بين أعداد الروافد وأطوالها ومجموع أطوالها والكثافة التصريفية مع قيمة الوعورة، حيث بازدياد قيمة الوعورة تزداد أعداد وأطوال ومجموع أطوال الروافد ومن ثم الكثافة التصريفية كنتيجة لتقدم الأحواض في دورتها الجيومورفولوجية.

— العلاقة الطردية بين قيم التكرار النهري والتعرج النهري وثابت بقاء المجرى مع الخصائص الشكلية لأحواض التصريف (الاستطالة، الاستدارة، الشكل)، مما يعني أن قيم التكرار النهري والتعرج النهري، وثابت بقاء المجرى تنخفض في الأحواض التي تتخذ الشكل المستطيل، وتتميز بعدم انتظام شكلها وتعرج خطوط تقسيم المياه.

— العلاقة العكسية بين طول الرافد والكثافة التصريفية مع معامل الاستدارة والاستطالة والشكل، مما يعني أن طول الرافد والكثافة التصريفية يزداد في الأحواض المستطيلة، والتي وتتميز بعدم انتظام شكلها وتعرج خطوط تقسيم المياه

جدول (5.10): العلاقات الارتباطية بين متغيرات شبكة التصريف ومتغيرات أحواض التصريف.

المتغير	المحيط	المساحة	طول الحوض	العرض	الطول/العرض	استطالة	استدارة	الشكل	اندماج	التضرس	التضاريس النسبية	الوعورة	النسيج الطبوغرافي	انحدار الحوض	انحدار الرافد
طول الرافد	.778**	.568**	.813**	.733**	.335**	-.327**	-.466**	-.313**	.507**	-.134**	-.106*	.690**	.548**	-.117*	-.199**
مجموع أطوال الروافد	.928**	.999**	.891**	.907**	.043*	-.067*	-.200**	-.071*	.238**	-.089*	-.096*	.618**	.843**	-.078*	-.112*
عدد الروافد	.920**	.998**	.880**	.902**	.028*	-.053*	-.186**	-.058*	.223**	-.093*	-.101*	.593**	.851**	-.080*	-.112*
كثافة التصريف	.208**	.084	.248**	.149**	.541**	-.525**	-.538**	-.506**	.539**	-.044*	.036*	.419**	.055*	.076*	.008*
التكرار النهري	-.305**	-.130*	-.343**	-.300**	-.261**	.346**	.324**	.334**	-.333**	.110*	.065*	-.374**	.080*	.149**	.188**
التعرج النهري	.202**	.151**	.175**	.295**	-.338**	.399**	.386**	.410**	-.366**	-.090*	-.156**	.068*	.244**	-.095*	-.133**
ثابت البقاء	-.215**	-.090*	-.251**	-.183**	-.404**	.423**	.430**	.416**	-.415**	.074*	.009*	-.344**	-.020*	.031*	.091*

— العلاقة العكسية بين التكرار النهري مع أبعاد الحوض (الطول والعرض والمحيط) وقيمة والوعورة، حيث تتخفض قيم التكرار النهري بازدياد أبعاد الحوض وقيمة الوعورة.

— العلاقة العكسية بين قيمة ثابت البقاء والتعرج والتكرار النهري مع نسبة الطول للعرض، ومعامل الاندماج، حيث تتخفض قيم التكرار النهري، والتعرج النهري، وثابت بقاء المجرى بازدياد نسبة الطول للعرض ومعامل الاندماج.

— العلاقة العكسية بين ثابت بقاء المجرى وقيمة الوعورة، حيث تتخفض قيمة ثابت بقاء المجرى بازدياد قيمة الوعورة نظراً لتقدم الحوض في دورته الجيومورفولوجية.

- **العلاقات الارتباطية الضعيفة < 0.3**

وهي علاقات لا يمكن تعميمها ومنها العلاقة العكسية بين كثافة التصريف والخصائص المساحية والشكلية لأحواض التصريف، والعلاقة الطردية بين كثافة التصريف والتكرار النهري مع النسيج الطبوغرافي، والعلاقة الطردية بين كثافة التصريف وخصائص الحوض التضاريسية، والعلاقة العكسية بين التعرج النهري وخصائص الحوض التضاريسية.

الخلاصة:

بلغ عدد روافد حوض الحسى 390 رافد، 94.4% منها روافد رتبة أولى وثانية بنسبة متقاربة من أحواض المناطق الجافة وشـــبه الجافة، وتبين وجود تباين كبير في أطوال الروافد، وأن الروافد الطويلة نسـبتها قليلة. ويتكون الحوض من سـتة رتب نهرية حسـب تصـنيف Strahler (1957) تتناقص أعداد روافدها بازدياد الرتبة، وتزداد متوسطات أطوال روافده بازدياد الرتبة. وتبين من دراسة علاقات الارتباط بين المتغيرات أن أعلى علاقة ارتباط كانت بين عدد الروافد ومجموع أطوالها ومقدارها (0.998+). وأن أعداد الروافد وأطوالها ترتبط بعلاقات طردية قوية مع مســـاحة وأبعاد أحواض التصريف والنسيج الطبوغرافي.

وتبلغ نسـبة التشـعب في الحوض 3.34، في حين تبلغ نسـبة التشـعب الموزون 4.41 أي أنها في الحدود الطبيعية الذي حددها Strahler، مما يشـير لعدم تطور الفيضـان بصـورة مؤثرة جيومورفولوجياً، وســجل التكرار النهري قيمة مقدارها 0.54 رافد/كم^2، وكثافة التصـــريف 1.003كم/كم^2، وهي قيم منخفضة تعكس نفاذية السطح العالية للمياه، وقلة الانحدار والأمطار في الحوض. أما قيمة ثابت بقاء المجري فهي 0.997 كم^2/كم، ويعني ذلك وجود مســـاحة كبيرة أمام الحوض لامتداد الشـبكة النهرية عن طريق النحت، ويرتبط ثابت بقاء المجرى بعلاقة عكسـية قوية مقدارها (0.935−) مع الكثافة التصريفية.

وتدل قيم التعرج النهري على أن معظم روافد الحوض انتقالية، ويعود هذا لانحداره الشديد في أجزاؤه العليا، ووقوعه في منطقة ذات مناخ شـــبه جاف، وكمية التدفق المائي فيه قليلة 30−20 مليون م^3، وتتمـاثـل قيم التعرج النهري في الحوض مع قيم التعرج النهري في المنـاطق الأخرى المجاورة.

الفصل السادس

التحليل الاحصائي المتقدم للخصائص المورفومترية

أولاً: التحليل العاملي Factor Analysis

ثانياً: التحليل العنقودي Cluster Analysis

ثالثاً: النتائـــج

رابعاً: التوصيــات

خامساً: المراجـــع

سادساً: الملاحـق

مقدمة:

تعتمد دراسة أحواض وشبكات التصريف على عدد كبير من المتغيرات والحالات التي تتداخل وتترابط مع بعضها بعلاقات معقدة، مما يجعل من الصعب تفسيرها بسهولة وكفاءة عالية، إذا ما استخدمنا أساليب إحصائية بسيطة قد تقيس العلاقة بين متغيرين اثنين فقط، ومن هنا بدت الحاجة إلى استخدام أساليب إحصائية متقدمة كالتحليل العاملي والعنقودي لتشخيص العوامل والأبعاد التي تحدد طبيعة واتجاه الارتباطات بين المتغيرات، التي تفسر الجوانب المختلفة المكونة لبيئة حوض التصريف، وبيان أوجه التشابه والاختلاف في هذه الخصائص.

أولاً: التحليل العاملي Factor Analysis

إن دراسة التحليل العاملي لمتغيرات أحواض التصريف الفرعية وشبكاتها بعد دراسة العلاقات الارتباطية فيما بينها تفيد في تكثيف واختزال هذه المتغيرات وتقسيمها إلى مجموعات يطلق على كل مجموعة منها اسم العامل Factor، بهدف تحديد العوامل الأساسية التي تؤثر في متغيرات أحواض التصريف وشبكاتها في حوض وادي الحسى.

تم إجراء التحليل العاملي لمتغيرات أحواض وشبكات التصريف الفرعية باستخدام البرنامج الاحصائي Spss اعتماداً على أسلوب تحليل المكونات الأساسية Principal Components Analysis الذي يعتبر الأكثر شيوعاً في الدراسات الجغرافية نظراً لأنه الأكثر ملاءمة لطبيعة المشكلات الجغرافية بما تتضمنه من عشرات ومئات الحالات، وقد تم اتباع الخطوات التالية (عكاشة، 2002):

1- تكوين مصفوفة الارتباط Correlation Matrix، وقد استخدمت في وصف العلاقات بين المتغيرات المورفومترية في حوض وادي الحسى. ويفضل في هذه المرحلة استثناء العوامل التي يقل معامل الارتباط بينها عن 0.3، وكذلك التأكد من خلو مصفوفة الارتباط من أي ارتباط تام أو الترابط الداخلي القوي (Multicollinearity).

2- حساب العوامل (Factors) وهناك عدة طرق لحسابها لا تختلف جوهرياً من حيث الفروض الأساسية وإنما تختلف فيما تحدده لنفسها من نتائج، وسوف يتم الاعتماد على طريقة المكونات الأساسية (Principal Components) نظراً لشيوع استخدامها ولملائمتها لطبيعة بيانات الدراسة.

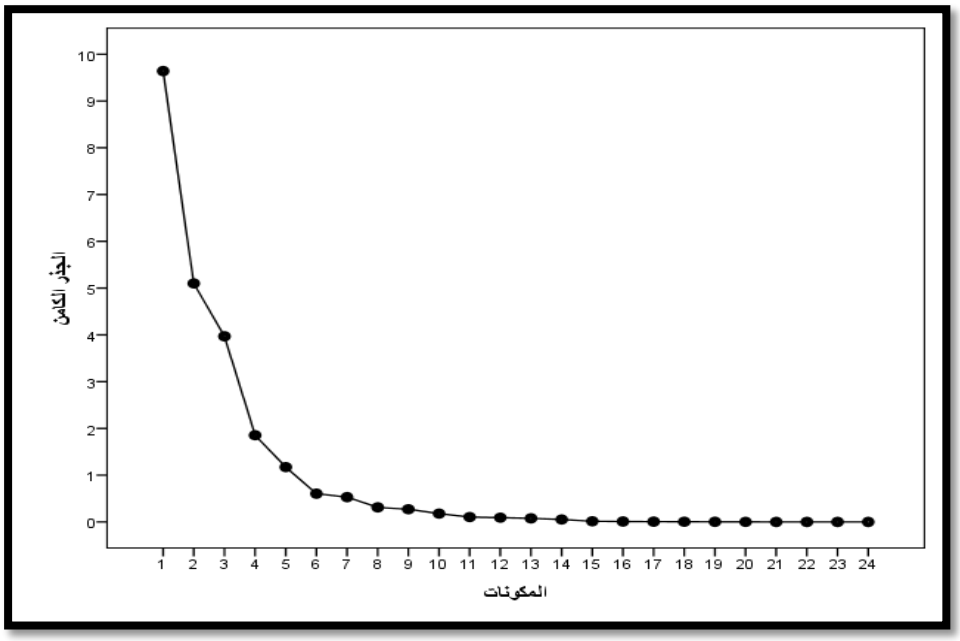
3- تدوير هذه العوامل لجعل العلاقة فيما بينها أقوى ما يمكن، وهناك عدة طرق لتدوير العوامل، أبرزها طريقة تعظيم التباين (Varimax) وهي الطريقة التي تحافظ على استقلال العوامل وذلك من خلال المحافظة على تعامد المحاور أثناء التدوير.

تم تحديد المتغيرات المورفومترية محل الدراسة والبالغ عددها 24 متغيراً، لتستخدم في التحليل العاملي، ويبين (جدول 6.1) الجذور الكامنة المبدئية (Initial Eigenvalues) لمصفوفة الارتباط، ويحدد أي العوامل التي ستبقى في التحليل، حيث سيتم استبعاد أي عامل يقل جذره الكامن عن 1، ويدلنا الجذر الكامن على كمية التباين في المتغير على اعتبار أن التباين الكلي لأي عامل يساوي واحد صحيح 100%، وتظهر النتائج أن هناك خمسة عوامل يزيد جذرها الكامن عن 1، ويرتب الجدول العوامل الخمسة بحسب نسبة التباين تنازلياً، وتفسر هذه العوامل الخمسة 90.6% من التباين الكلي للمتغيرات، كما يبين مجموع المربعات للتشبع بعد التدوير، ونلاحظ منها أن نسب التباين للعوامل بعد التدوير أصبحت أكثر تقارباً إذا ما قورنت بنسب التباين قبل التدوير وهذا الأمر يعود لتأثير طريقة تعظيم التباين (Varimax).

جدول (6.1): التحليل العاملي للخصائص المورفومترية

المركبات	الجذور الكامنة المبدئية			مجموع المربعات للتشبع بعد التدوير		
	المجموع	التباين %	التباين التراكمي %	المجموع	التباين %	التباين التراكمي %
1	9.64	40.2	40.2	8.95	37.3	37.3
2	5.10	21.2	61.4	5.1	21	58.3
3	3.97	16.5	78	4.24	17.7	76
4	1.85	7.7	85.7	2.02	8.4	84.4
5	1.17	4.9	90.6	1.48	6.2	90.6

ويبين شـــكل (6.1) الجذور الكامنة للمجموعات، ونلاحظ أن قيم هذه الجذور بعد المركب الخامس صـــغيرة تقل عن 1، وقريبة لأن تكون ثابتة، وبالتالي فإنه تم الاحتفاظ بالخمســـة عوامل الأولى.



شكل (6.1): الجذور الكامنة للمجموعات

توزعت المتغيرات البالغ عددها 24 متغير على خمس مجموعات بحسب التحليل العاملي كما هو مبين في جدول (6.2)، هذه العوامل الخمســـة تفســـر 90.6% من التباين الكلي للمتغيرات، كالتالي:

العامل الأول: أبعاد الحوض

بلغت قيمة الجذر الكامن (Initial Eigenvalues) للعامل الأول بعد عملية تدوير المحاور (8.95)، وهو أكثر العوامل تأثيراً في المتغيرات حيث تبلغ نسبة التباين العاملي المفسر لهذا العامل نحو 37.3% بمعنى أنه مسؤول عن أكثر من ثلث تباين البيانات، وقد استقطب العامل 11 متغير تشـكل 45.8% من المتغيرات، وتتراوح قيم تشـبعهم بين 0.986 و0.615، وترتبط هذه المتغيرات مع بعضـــها بعلاقات ارتباطية موجبة، وهي مجموع اطوال الروافد، والمســـاحة، والمحيط، وعدد الروافد، والعرض، وطول الحوض، والنسـيج الطبوغرافي، وفرق ارتفاع الحوض، وفرق ارتفاع الرافد، وقيمة الوعورة، وطول الرافد.

جدول (6.2): عوامل المصفوفة المدورة (Rotated Component Matrix)

المتغير	المكونات				
	1	2	3	4	5
مجموع أطوال الروافد	0.986				
المساحة	0.985				
المحيط	0.966				
عدد الروافد	0.983				
العرض	0.957				
طول الحوض	0.941				
النسيج الطبوغرافي	0.931				
فرق ارتفاع الحوض	0.800				
فرق ارتفاع الرافد	0.773				
الوعورة	0.771				
طول الرافد	0.615				
استطالة		0.966			
الطول/العرض		-0.947			
الشكل		0.946			
استدارة		0.884			
اندماج		-0.882			
التضرس			0.981		
انحدار الحوض			0.978		
التضاريس النسبية			0.977		
انحدار الرافد			0.836		
كثافة التصريف				0.955	
ثابت البقاء				-0.932	
التعرج النهري					0.734
التكرار النهري					-0.575

العامل الثاني: شكل الحوض

بلغت قيمة الجذر الكامن للعامل الثاني 5.1، بينما بلغت نسبة التباين العاملي المفسر لهذا العامل بعد تدوير المحاور نحو 21%، وقد استقطب العامل خمسة متغيرات تشكل 20.8% من المتغيرات، وتتراوح قيم تشبعهم بين 0.966 و0.882-، وهي الاستطالة والشكل والاستدارة ونسبة الطول للعرض والاندماج، ويلاحظ أن متغيرات الاستطالة والشكل والاستدارة ذات ارتباط موجب مع بعضها البعض، أما متغيري نسبة الطول للعرض والاندماج فهي تظهر علاقة عكسية. وبالتالي فإن العامل الأول والثاني تفسر 58.3% من التباين الكلي للمتغيرات.

العامل الثالث: التضاريس

بلغت قيمة الجذر الكامن للعامل الثالث 4.24، ويفسر هذا العامل بعد تدوير المحاور 17.7% من التباين الكلي للمتغيرات، وقد استقطب العامل أربعة متغيرات تشكل 16.7% من المتغيرات، وتتراوح قيم تشبعهم بين 0.981 و0.836، وهي التضرس وانحدار الحوض والتضاريس النسبية وانحدار الرافد، وهي ذات ارتباط موجب مع بعضها البعض، وبالتالي فإن العامل الأول والثاني والثالث تفسر 76% من التباين الكلي للمتغيرات.

العامل الرابع: الكثافة

بلغت قيمة الجذر الكامن للعامل الرابع 2.02، ويفسر هذا العامل بعد تدوير المحاور 8.4%، وقد استقطب العامل متغيرين تراوحت قيم تشبعهم بين 0.955 و0.932-، وهما كثافة التصريف والذي يظهر علاقة طردية، وثابت بقاء المجرى الذي يظهر علاقة عكسية. وبذلك تفسر العوامل الأربعة السابقة 84.4% من التباين في بيانات المتغيرات.

العامل الخامس: الشبكة النهرية

بلغت قيمة الجذر الكامن للعامل الخامس 1.5، ويفسر هذا العامل بعد تدوير المحاور 6.2%، وبذلك تفسر العوامل الخمسة السابقة 90.6% من التباين الكلي للمتغيرات، وقد استقطب هذا العامل متغيرين تراوحت قيم تشبعهم بين 0.734 و0.575-، وهما التعرج النهري والذي يظهر علاقة طردية، والتكرار النهري الذي يظهر علاقة عكسية.

ثانياً: التحليل العنقودي (Cluster Analysis)

يعتبر التحليل العنقودي (Cluster Analysis) من الطرق الإحصائية المتقدمة التي تستخدم في تحليل المتغيرات المتعددة، ويهدف إلى تصنيف البيانات إلى مجموعات تتشابه في خصائصها المورفومترية، وبناءً على نتائج التحليل العنقودي (Two-steps Cluster Analysis) لأحواض منطقة الدراسة البالغ عددها 390 حوضاً، تم تصنيف الأحواض إلى ستة مجموعات رئيسية (شكل 6.2)

المجموعة الأولى:

تتكون من 161 حوضاً بما نسبته (41.3%) من الأحواض، ويبين جدول (6.3) تجانس خصائصها المورفومترية، حيث أن قيم الانحراف المعياري لمعظم المتغيرات المورفومترية كانت الأقل مقارنة بالمجموعات الخمسة الباقية، وتتميز بما يلي:

- صغر مساحة وأبعاد أحواض التصريف.
- قلة أعداد وأطوال الروافد وبالتالي انخفاض الكثافة التصريفية.
- ارتفاع قيم الخصائص التضاريسية لأحواض التصريف.
- انخفاض قيمة الوعورة، والنسيج الطبوغرافي، والتكرار النهري.
- ارتفاع قيمة ثابت بقاء المجرى.
- تتخذ الشكل المستطيل، وتتميز بعدم انتظام الشكل العام لها، وتعرج خطوط تقسيم المياه.
- تصنف روافدها بأنها انتقالية.

المجموعة الثانية:

تتكون من 64 حوضاً بما نسبته (16.4%) من مجمل الأحواض، ويتضح من جدول (6.3) أن أحواض هذه المجموعة تتقارب في درجة تجانسها من أحواض المجموعة الأولى حيث أن قيم الانحراف المعياري لمعظم المتغيرات المورفومترية كانت أيضاً الأقل مقارنة بالمجموعات الأربعة الباقية. وتتميز بأنها تأتي في المرتبة الأولى من حيث:

- صغر مساحة وأبعاد أحواض التصريف.
- قلة أعداد وأطوال الروافد وبالتالي انخفاض الكثافة التصريفية.

- تميل للاندماج والاستدارة، وانتظام الشكل العام، وقلة تعرجات خطوط تقسيم المياه، بالمقارنة مع المجموعات الأخرى.
- أعلى قيمة لثابت بقاء المجرى.

كما تتميز بالخصائص التالية:

- ارتفاع قيم الخصائص التضاريسية فيها عن المجموعة الأولى.
- انخفاض قيمة الوعورة، والنسيج الطبوغرافي، والتكرار النهري، مع أن القيم تكون فيها أعلى من المجموعة الأولى.
- تصنف روافدها بأنها انتقالية.

المجموعة الثالثة:

تتكون من 49 حوضاً بما نسبته 12.6% من مجمل الأحواض، ويتضح من جدول (6.3) أن أحواض هذه المجموعة هي أقل تجانساً إذا ما قورنت بالمجموعتين الأولى والثانية وأكثر تجانساً إذا ما قورنت بالمجموعات الرابعة والخامسة والسادسة، وتأتي في المرتبة الأولى من حيث:

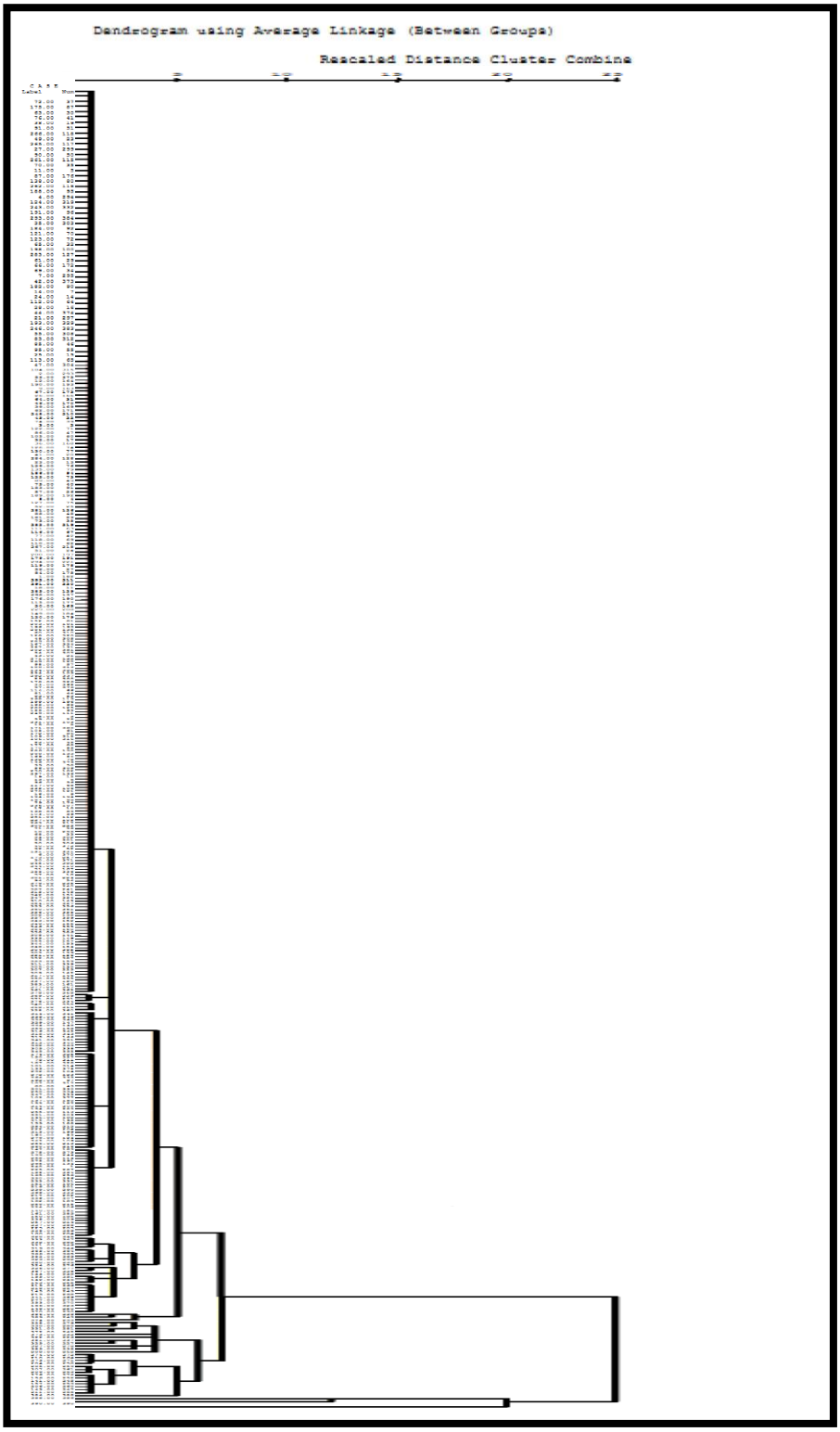
- ارتفاع قيم الخصائص التضاريسية للأحواض.
- انخفاض قيم النسيج الطبوغرافي.

كما تتميز بالخصائص التالية:

- صغر مساحة وأطوال أحواض وشبكات التصريف وانخفاض الكثافة التصريفية إذا ما قورنت بالمجموعات الرابعة والخامسة والسادسة.
- انخفاض قيم التكرار النهري وارتفاع قيم ثابت بقاء المجرى، وتكون القيم أقل من المجموعات الأولى والثانية وأعلى من باقي المجموعات.
- تتخذ الشكل المستطيل، وتتميز بعدم انتظام شكلها وتعرج خطوط تقسيم المياه فيها، بصورة أكبر من المجموعة الأولى والثانية والثالثة، وبصورة أقل من باقي المجموعات.
- تصنف روافدها بأنها انتقالية.

المجموعة الرابعة:

تتكون من 95 حوضاً بما نسبته 24.4% من مجمل الأحواض، ويتضح من جدول (6.3) أن أحواض المجموعة الرابعة هي أقل تجانساً إذا ما قورنت بالمجموعات الأولى والثانية والثالثة وأكثر تجانساً إذا ما قورنت بالمجموعتين الخامسة والسادسة، وتتميز بما يأتي:



شكل(6.2):المجموعات العنقودية للأحواض.

- صـغر مسـاحة وأطوال أحواض وشـبكات التصـريف، وتكون القيم أكبر من المجموعة الأولى والثانية والثالثة، وأقل من الخامسة والسادسة.
- أكثر المجموعات استطالة، وابتعاداً عن الشكل المنتظم.
- تنخفض فيها كثافة التصريف وتكون القيم أعلى من المجموعات الأخرى.
- ارتفاع قيم ثابت بقاء المجرى، وتكون القيم أقل من المجموعات الأخرى.
- ارتفاع قيم الخصائص التضاريسية، وتكون القيم أقل من المجموعة الأولى والثانية والثالثة وأعلى من الخامسة والسادسة.
- انخفاض قيم التكرار النهري والوعورة والنسيج الطبوغرافي بشكل عام.
- تصنف روافدها بأنها انتقالية.

المجموعة الخامسة:

تتكون من 18 حوضاً بما نسبته 4.6% من مجمل الأحواض، ويتضح من جدول (6.3) أن أحواض المجموعة الخامسة هي أكثر تجانساً من المجموعة السادسة ولكنها أقل تجانساً من المجموعات الأربعة الأولى، وتتميز بكبر مساحة وأطوال أحواض وشبكات التصريف، وتكون القيم اقل من المجموعة السادسة، كما تتقارب قيم الخصائص المورفومترية للمجموعة الخامسة من المجموعة الرابعة، كما سجلت المجموعة الخامسة أعلى قيمة للتعرج النهري، وتصنف روافدها بأنها انتقالية.

المجموعة السادسة:

تتكون من 3 أحواض فقط، وهي حوض دورا من الرتبة الرابعة، وحوض برير من الرتبة الخامسة، وحوض الحسى من الرتبة السادسة، وتمثل ما نسبته 0.77% من مجمل الأحواض، ويتضح من جدول (6.3) أن أحواض المجموعة السادسة هي أقل المجموعات تجانساً في المحيط و المساحة وطول وعرض الحوض وعدد الروافد وفرق ارتفاع الرافد مقارنة بالمجموعات الخمسة الباقية، بينما بقية المتغيرات المورفومترية فإنها تأتي في المرتبة الأولى و الثانية من ناحية التجانس، وتتميز بأنها أكبر أحواض وشبكات التصريف من حيث المساحة والأطوال، وتتخذ الشكل المستطيل وتتميز بعدم انتظام الشكل العام، وتتماثل باقي القيم مع المعدل العام للحوض.

جدول 6.3: الإحصاءات الوصفية للمجموعات بعد إجراء التحليل العنقودي

المتغيرات المورفومترية	المجموعة الأولى (ن1=161)		المجموعة الثانية (ن2=64)		المجموعة الثالثة (ن3=49)		المجموعة الرابعة (ن4=95)		المجموعة الخامسة (ن5=18)		المجموعة السادسة (ن6=3)	
	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري
المحيط	7.32	2.83	5.31	1.20	9.79	4.36	12.63	6.08	44.86	18.84	166.92	49.86
المساحة	1.82	1.62	1.06	0.52	2.65	2.47	4.14	3.87	50.04	37.41	503.15	256.06
طول الحوض	2.29	0.83	1.45	0.30	3.38	1.51	4.22	1.99	13.70	5.96	44.07	12.89
العرض	0.70	0.30	0.70	0.20	0.68	0.32	0.82	0.39	3.33	1.12	10.84	2.97
الطول/العرض	3.40	0.66	2.15	0.42	5.16	1.60	5.29	1.11	4.24	1.61	4.05	0.14
استطالة	0.62	0.06	0.78	0.07	0.51	0.08	0.50	0.05	0.58	0.11	0.56	0.01
استدارة	0.38	0.05	0.45	0.06	0.31	0.06	0.28	0.04	0.30	0.07	0.22	0.01
الشكل	0.31	0.06	0.48	0.09	0.21	0.07	0.20	0.04	0.27	0.10	0.25	0.01
اندماج	1.65	0.11	1.51	0.10	1.84	0.19	1.93	0.14	1.89	0.22	2.16	0.07
التضرس	22.96	6.41	42.48	19.13	64.45	19.45	18.42	5.49	18.67	13.05	20.36	5.38
التضاريس النسبية	0.73	0.22	1.18	0.54	2.25	0.76	0.62	0.20	0.56	0.37	0.54	0.14
الوعورة	0.04	0.02	0.03	0.02	0.23	0.14	0.07	0.04	0.24	0.17	0.86	0.05
النسيج الطبوغرافي	0.18	0.06	0.20	0.04	0.15	0.06	0.16	0.08	0.54	0.20	1.48	0.46
انحدار الحوض	1.52	0.43	2.88	1.35	4.60	2.50	1.21	0.37	1.29	0.91	1.33	0.36
فرق ارتفاع الحوض	50.97	19.24	61.55	29.42	211.92	97.04	75.36	39.76	234.28	149.72	851.00	58.21
طول الرافد	0.99	0.69	0.50	0.35	2.11	1.31	2.48	1.68	7.02	3.71	16.79	8.91
مجموع أطوال الروافد	1.52	1.78	0.53	0.43	2.87	2.90	4.25	3.89	51.12	38.29	508.03	253.78
عدد الروافد	1.40	1.07	1.03	0.25	1.43	1.02	2.24	1.98	26.78	20.67	261.67	141.71
كثافة التصريف	0.72	0.25	0.46	0.18	1.07	0.39	1.08	0.27	1.01	0.09	1.01	0.01
التكرار النهري	0.94	0.38	1.13	0.37	0.73	0.38	0.69	0.37	0.54	0.09	0.51	0.02
التعرج النهري	1.23	0.10	1.31	0.16	1.20	0.08	1.20	0.07	1.41	0.20	1.39	0.01
ثابت البقاء	1.67	0.88	2.61	1.15	1.07	0.53	0.97	0.20	0.99	0.09	0.99	0.01
انحدار الرافد	1.43	0.54	2.85	1.39	4.31	2.68	1.01	0.42	0.53	0.43	0.64	0.43
فرق ارتفاع الرافد	42.20	19.96	60.48	30.39	178.37	82.23	48.96	26.73	65.33	57.97	398.67	434.36

ثالثاً: النتائـــــج

تم دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسى باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وخلصت الدراسة إلى الاستنتاجات التالية:

1- الحصول على جميع القياسات المورفومترية للحوض ككل وأحواضه الفرعية بشكل سريع ودقيق.

2- بناء قاعدة بيانات للخصـــائص المورفومترية لحوض وادي الحســـى وللأحواض الفرعية على مســـتوى الرتب من خلال اســـتخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية بالاعتماد على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي بدقة 30م.

3- انشاء وتصميم الخرائط الرقمية بالاعتماد على القياسات المورفومترية المستخرجة والمخزنة في قاعدة البيانات الجغرافية للحوض.

4- توصلت الدراسة إلى خصائص مساحية وشكلية للحوض تتمثل في:

- بلغت مساحة حوض وادي الحسى 728.7 كم^2، وهو حوض صغير نسبياً مقارنة بأحواض فلسطين، فيما بلغ طول الحوض 54.4 كم، أما عرضه 13.4 كم، بينما محيطه 212.7 كم، ويعد محيطه كبير مقارنة بمساحته.
- يميل الحوض إلى الاستطالة أكثر من الاستدارة، حيث سجل معامل الاستدارة للحوض 0.20، ومعامل الاســتطالة 0.56، ومعامل الشــكل 0.25، ومعامل الاندماج 2.24، كما أن نســبة الطول للعرض سجلت 4.1 للحوض، وأيضاً سجلت الأحواض الفرعية قيم استدارة واستطالة متقاربة من قيم الحوض ككل، وبالتالي يعد هذا مؤشراً إلى تشتت وفقدان كمية كبيرة من المياه التي تجري في الحوض بموسم الأمطار بالتبخر والتشتت.

5- توصلت الدراسة إلى خصائص تضاريسية للحوض تتمثل في:

- سجل الحوض فرق ارتفاع يصل إلى 897 متر حيث أعلى منسوب في الحوض سجل 798 متر، وأدنى منسوب سجل صفر متر.
- ارتفاع قيمة التضرس في الحوض حيث سجلت 16.5 م/كم، في حين بلغت قيمة التضاريس النسبية 0.421، وقيمة الوعورة 0.9، مما يشير إلى حداثة الدورة الجيومورفولوجية للحوض.

- تراوحت درجة انحدار السطح في الحوض بين (0°-27.5°) ، وحوالي 84.5% من مساحة الحوض تصنف بأنها خفيفة الانحدار، و3.9% تصنف بأنها شديدة الانحدار وتوجد في الأجزاء العليا من الحوض.
- تبين من دراسة الأحواض الفرعية أن الأحواض الصغيرة تميل إلى أن تكون شديدة انحدار السطح وانحدار الرافد.
- سجلت قيمة النسيج الطبوغرافي للحوض 1.8 مجرى/كم، وبالتالي يقع ضمن النسيج الطبوغرافي الخشن، مما يشير إلى قلة عدد الروافد النهرية في الحوض، وأنه ما زال في بداية دورته الجيومورفولوجية.
- يمر الحوض في مرحلة النضج المبكر، وما زال في بداية دورته الجيومورفولوجية، فقد أشارت دراسة التكامل الهبسومتري إلى ارتفاع قيمته 51.74%، بمعنى أن عوامل التعرية قامت بإزالة 48.26% من كمية المواد الصخرية في الحوض.

6- توصلت الدراسة إلى نتائج متعلقة بالشبكة النهرية تمثلت في:

- بلغ عدد روافد حوض وادي الحسى 390 رافد، 94.4% منها روافد رتبة أولى وثانية بنسبة متقاربة من أحواض المناطق الجافة وشبه الجافة، وتبين وجود تباين كبير في أطوال الروافد، وأن الروافد الطويلة نسبتها قليلة.
- يتكون الحوض من ستة رتب نهرية حسب تصنيف Strahler (1957) تتناقص أعداد روافدها بازدياد الرتبة، وتزداد متوسطات أطوال روافده بازدياد الرتبة.
- سجلت نسبة التشعب في الحوض 3.34، في حين بلغت نسبة التشعب الموزون 4.41 أي أنها في الحدود الطبيعية الذي حددها Strahler.
- سجل التكرار النهري (0.54 رافد /كم^2)، وكثافة التصريف (1.003كم/كم^2)، وتعد قيماً منخفضة ويعود ذلك إلى نفاذية السطح العالية للمياه، و قلة الانحدار والأمطار في الحوض.
- سجلت قيمة ثابت بقاء المجاري (0.997 كم^2/كم)، مما يشير إلى وجود مساحة كبيرة أمام الحوض لامتداد الشبكة النهرية عن طريق النحت.

- تدل قيم التعرج النهري على أن معظم روافده انتقالية، ويعود هذا لانحداره الشـــديد في بعض أجزاؤه، ووقوعه في منطقة ذات مناخ شبه جاف، وانه ما زال في بداية دورته الجيومورفولوجية.

7- تشير مجموعة العلاقات الارتباطية التي أجريت على المتغيرات المورفومترية الخاصة بالحوض ككل والأحواض الفرعية أنها لا تختلف عن مثيلاتها من أحواض المناطق شبه الجافة.

8- تبين من التحليل العاملي لأربع وعشرين عاملاً، ودراسة المصفوفة العاملية وجود خمس عوامل رئيسة تفسر 90.6 % من التباين، ويعتبر عامل أبعاد الحوض مسؤول عن اختلاف البيانات بنسبة 37.3%، وفسر عامل شكل الحوض 21% من التباين، بينما فسر عامل التضاريس 17.7% من التباين، وعامل الكثافة 8.4%، وعامل الشبكة النهرية 6.2% من التباين.

9- تبين من التحليل العنقودي أن الأحواض صنفت إلى ستة مجموعات، استحوذت المجموعة الأولى على 161 حوضاً بما نسبته 41.3% من الأحواض، بينما شكلت المجموعة الأولى والثانية والثالثة والرابعة 94.7% من الأحواض، أما المجموعتين الخامسة والسادسة فتشكل ما نسبته 5.3% من الأحواض، وتتميز بأنها أكبر أحواض وشبكات التصريف من حيث المساحة والأطوال، وتتخذ الشكل المستطيل وتتميز بعدم انتظام الشكل العام، وتتماثل باقي القيم مع المعدل العام للحوض.

رابعاً: التوصيات

يجب ان تكون التوصيات لمثل هذا الموضوع بعيدة عن المبالغة، إذ أن الموضوع طبيعي، ويعد من المواضيع الحساسة لدى الإسرائيليين، وأن معظم مساحة الحوض تقع تحت سيطرة الإسرائيليين، باستثناء بعض المساحات الصغيرة الواقعة في قطاع غزة ومحافظة الخليل، لذلك نخرج بالتوصيات التالية:

1- ضرورة استخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية في الدراسات الطبيعية الجيومورفولوجية المتعلقة بالخصائص المورفومترية لأحواض التصريف النهري.

2- يجب إجراء دراسات مورفومترية مقارنة بين الأحواض النهرية داخل فلسطين للتوصل للعوامل التي أثرت في خصائصها المورفومترية بشكل أوسع.

3- يجب أن توجه الدراسات الفلسطينية، لا سيما في مثل هذه المواضيع نحو حوض وادي الحسى والأودية الأخرى التي تسيطر عليها إسرائيل، للتعرف على الوضع الحقيقي لها، فيما يتعلق بالجريان السطحي، والتغيرات البيئية التي تحدث فيها.

4- يجب على الحكومة الفلسطينية توفير الإمكانات المناسبة من خرائط، ولوحات أقمار صناعية حديثة، حتى يمكن للمهتمين بالأودية متابعة التطورات، والتغيرات الطبيعية والبشرية الحادثة في منطقة الوادي.

خامساً: المراجع

المراجع العربية:

الكتب

أبو العنين، حسن سيد أحمد (1995) *أصول الجيومورفولوجيا دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض*. ط11، الإسكندرية، مؤسسة الثقافة الجامعية.

أبو سمور، حسن والخطيب، حامد (1999) *جغرافية الموارد المائية*. عمان، دار صفاء للنشر والتوزيع.

الدباغ، مصطفى مراد (1991) *بلادنا فلسطين*. ج1(2)، فلسطين، دار الهدى.

الأنصاري، نظير (2005) *علم المياه السطحية التطبيقي*. المملكة الأردنية الهاشمية، جامعة آل البيت، المفرق.

شراب، محمد محمد حسن (1987) *معجم بلدان فلسطين*. دمشق، دار المأمون للتراث.

عابد، عبد القادر والوشاحي، صايل (1999) *جيولوجية فلسطين والضفة الغربية وقطاع غزة*. القدس، مجموعة الهيدرولوجيين الفلسطينيين.

عكاشة، محمود (2002) *تحليل البيانات الإحصائية باستخدام نظام SPSS*. غزة، جامعة الأزهر.

محسوب، محمد صبري(1997) *جيومورفولوجية الأشكال الأرضية*. ط5، القاهرة، دار الفكر العربي.

مشتهى، عبد العظيم قدورة واللوح، منصور نصر (2008) *جغرافية فلسطين الطبيعية*. فلسطين، غزة، دار المقداد للطباعة.

الدوريات

أبو سليم، علي حمدي (2010) الدور الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية والتصريف المائي في الناتج الرسوبي لوادي الوالة. *المجلة الأردنية للعلوم الاجتماعية*، المملكة الأردنية الهاشمية، 3 (2): 114-134.

الأنصاري، سامية (2014) تطبيقات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لحوض وادي فاطمة بالمملكة العربية السعودية. *المجلة الدولية للبيئة والمياه*، 2 (3): 64-34.

البيواتي، أحمد علي حسن (2007) مورفومترية حوض وادي دريندكوسبان شمال شرق أربيل دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، *مجلة أبحاث كلية التربية الأساسية*، 6 (2): 376-398.

التوم، صبري محمد (2011) التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية للجزء الأعلى من حوض وادي الرميمين وحوض نهر تكالا دراسة تحليلية في الجيومورفولوجيا المناخية، *مجلة العلوم الإنسانية*، البحرين، 20: 236-277.

الجميلي، مشعل (2008) وادي درنة في صحراء الجماهيرية الليبية دراسة هيدرومورفومترية. *المجلة العراقية لدراسات الصحراء*، 1 (2): 86-72.

الجميلي، مشعل و النقاش، عدنان (2008) جيومورفولوجية الوديان الجافة الهضبة الغربية العراقية. *المجلة العراقية لدراسات الصحراء*، 1(1) : 10-1.

آل سعود، مشاعل (2002) تطبيقات تقنية الاستشعار عن بعد والأساليب الجيوديسية المتطورة في دراسة مورفومترية الوديان الجافة. *الجمعية الجغرافية الكويتية*:51 -1.

الشكرجي، منير بشار(2005) استخدام نظم المعلومات الجغرافية لدراسة الخواص المورفومترية والتغذية الاصطناعية لحوض وادي قويسي شمال غرب العراق. *المجلة العراقية لعلوم الأرض*، 2(5): 103-113.

العبدان، رحيم حميد (2008) التحليل الرقمي للخصائص المورفومترية لحوض وادي تانجيرو باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. *مجلة القادسية للعلوم الإنسانية*، 2 (3): 205-236.

العزاوي، علي (2009) تمثيل النماذج المفتوحة في أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS) "دراسة تطبيقية على حوض مائي شمال العراق. *مجلة جامعة كركوك*، 2 (4) :113-97 .

العمري، عبد المحسن صالح (2011) تحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف في منطقة كريتر عدن باستخدام معطيات نظم المعلومات الجغرافية GIS. *ندوة عدن بوابة اليمن الحضارية*: 405-418.

الغاشي، محمد وإدلي، محسن ولحلو، نادية (2014) الخصائص المورفومترية للأحواض الجبلية ودورها في السلوك الهيدرولوجي: حوض أسيف غزاف بالأطلس الكبير الأوسط جهة تادلة أزيلا المغرب "حالة الامتطاح الفيضي لسنة 2009. *المجلة الدولية للبيئة والمياه*، 6 (3) : 47-28.

الغامدي، سعد أبو راس (2006) توظيف نظم المعلومات الجغرافية في استخراج بعض القياسات المورفومترية من نماذج الارتفاعات الرقمية "دراسة حالة وادي ذرى في المملكة العربية السعودية. *الجمعية الجغرافية الكويتية*، رسائل جغرافية، 317 : 44-1 .

ألغزي، حسن سوداي نجيبان (2012) استخدام ال GIS في اشتقاق شبكات التصريف السطحي للمياه وخصائصها المورفومترية من البيانات الردارية- حوض وادي أبو غار في الهضبة الغربية. *مجلة كربلاء العلمية*، 10 (4) : 1-18.

القرالة، محمد جميل (2005) التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية لحوض وادي الكرك بالأردن. *حوليات آداب عين شمس*، 33: 171-191.

اللوح، منصور نصر (2011) تقييم الواقع المناخي في الضفة الغربية وقطاع غزة –فلسطين خلال الفترة 1996-2009. *مجلة جامعة الأزهر بغزة*، سلسلة العلوم الإنسانية 13 (2): 307-350.

الودعاني، ادريس (2014) مخاطر السيول في منطقة جازان جنوب غرب المملكة العربية السعودية "منظور جيومورفولوجي". *مجلة جامعة جازان*، المملكة العربية السعودية، 1(3): 90-15.

بوروبة، محمد بن فضيل (2002) الخصائص المورفومترية لحوض وادي عركان ووادي يخرف رافدي وادي بيش بالمملكة العربية السعودية "دراسة تطبيقية مقارنة". *بحوث جغرافية*، (53)، الجمعية الجغرافية السعودية، الرياض.

حمدان، صبري محمد وأبو عمرة، صالح محمد (2010) بعض الخصائص المورفومترية للجزء الأعلى من حوض الرميمين وسط غرب الأردن باستخدام الطرق التقليدية وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية " دراسة مقارنة". *مجلة جامعة الأزهر بغزة*، سلسلة العلوم الإنسانية، 12 (2) : 595-620.

خضير، زينب وناس (2014) التحليل المورفومتري لحوض وادي طريف في غرب العراق باستعمال الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. *مجلة الآداب*، جامعة بغداد، 110: 264-239.

سلامة حسن رمضان (1980) التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية للأحواض المائية في الأردن. *دراسات*، 7(1): 97-132.

سلوم[1]، غزوان (2012) حوض وادي قنديل دراسة مورفومترية. *مجلة جامعة دمشق*، 28 (1): 373-436.

سلوم[2]، غزوان (2012) حوض وادي هريرة دراسة جيومورفولوجية. *مجلة جامعة دمشق*، 3 - 4 (28): 513-579.

عبد الحسن، جاسم كاظم (2012) الخصائص المورفومترية لحوض الأشعلي، *مجلة آداب ذي قار*، 8 (2) : 209-239 .

عبد الله، حامد حسن (2011) التحليل الرقمي للخصائص المورفومترية لحوض وادي الزاب باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية. *مجلة ديالي للعلوم الطبيعية*، العراق، 7(2): 127-155.

علي، متولي عبد الصمد عبد العزيز (2008) الأودية في قطاع الساحل السعودي الجنوبي الغربي "دراسة تحليلية". *المجلة الجغرافية العربية*، 52: 1-45.

محمد، عمار حسين وطه، منذر علي (2009) النموذج الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية وتطبيقاته على حوض وادي كورده ره شرق بحيرة حمرين-العراق. *مجلة ديالي*، 41: 1-30.

مرزا، معراج نواب والبارودي، محمد سعيد (2005) السمات المورفولوجية والخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأودية الحرم المكي. *مجلة جامعة أم القرى للعلوم التربوية والاجتماعية والانسانية*، عدد خاص: 175- 264.

مشتهى، عبد العظيم قدورة وأبو عمرة، صالح والباز، عبدالقادر نصر (2013) بعض الخصائص المورفومترية لوادي غزة باستخدام النمذجة الرقمية لنظم المعلومات الجغرافية. *مجلة البحوث الجغرافية*، 18: 47-74.

ناجي، أبو الغيث (2012) *حوض وادي معادن- محافظة تعز دراسة مورفومترية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية*.[عبر الانترنت] متوفر من https://www.academia.edu/4576287/ [الوصول 2015/4/20].

الرسائل العلمية

أبو حصـــيرة، يحيى محمود (2013) *تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في دراســـة الخصـــائص المورفومترية لحوض نهر العوجاء–فلسطين*، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الإسلامية، غزة، فلسطين.

أبو رية، أحمد محمد أحمد(2007) *المنطقة الممتدة فيما بين القصـــير ومرســـى أم غيج" دراســـة جيومورفولوجية"*. رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة الإسكندرية.

أبو عمرة، صـــالح (2010) *تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في دراســـة اســـتخدامات الأراضـــي لمدينة دير البلح*. رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الإسلامية، غزة، فلسطين.

آدم، سميرة حسن أحمد (2003) *جيومورفولوجية الركن الجنوبي الشرقي لمصر دراسة للمنطقة بين حوضين والحدود المصرية السودانية*. رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة القاهرة، معهد البحوث والدراسات الأفريقية، مصر.

التوم، صبري محمد (1990) *حوض وادي الرميمين "دراسة جيومورفولوجية"*. رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان.

الحربي، نوير مســـرى ناعم (2007) *النمذجة الآلية لحوض واي ملكان باســـتخدام نظم المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية "دراســـة في الجيومورفولوجيا التطبيقية*. رســـالة ماجســـتير غير منشورة، جامعة أم القرى.

الحمامدة، فرج (2003) *أثر المناخ والســـطح على النبات الطبيعي في محافظة الخليل*. رســـالة ماجستير غير منشورة، جامعة النجاح الوطنية.

العدرة، نزيه (2007) *جيومورفولوجية حوض التصـريف الأعلى من وادي الخليل*. رسـالة ماجسـتير غير منشورة، جامعة النجاح الوطنية، نابلس، فلسطين.

الغيلان، حنان عبد اللطيف حسـن (2008) *دور نظم المعلومات الجغرافية في دراســة الخصـائص المورفومترية لحوض وادي لبن*. رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية.

اللوح، منصور نصر (2000) *أثر المناخ على الوضع المائي في قطاع غزة، رسالة دكتوراة غير منشورة*. معهد البحوث والدراسات العربية، جامعة الدول العربية، القاهرة.

الموسى، فواز أحمد (2002) *الخصائص المناخية للحرارة والأمطار في منطقة البحر المتوسط "دراسة في الجغرافيا المناخية"* . رسالة دكتوراة غير منشورة، جامعة عين شمس، القاهرة.

ريان، وفاء (2014) *الخصائص المورفومترية لحوض وادي الفارعة- فلسطين: باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية*. رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الإسلامية، غزة، فلسطين.

علاجي، آمنة بنت أحمد بن محمد (2010) *تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية ومدلولاتها الهيدرولوجية في حوض وادي يلملم*. رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة أم القرى، المملكة العربية السعودية.

علي، متولي عبد الصمد عبد العزيز (2001) *حوض وادي وتير شرق سيناء"دراسة جيومورفولوجية"* . رسالة دكتوراة غير منشورة، جامعة القاهرة، مصر.

مشتهى، عبد العظيم قدورة عبد العزيز (1999) *الجزء الأدنى من وادي غزة داخل قطاع غزة " دراسة في الجيومورفولوجي"* . رسالة دكتوراة غير منشورة، جامعة النيلين، السودان.

التقارير المنشورة وغير المنشورة

وزارة الزراعة الفلسطينية، *كميات الأمطار من عام 1973-2014م*. (بيانات غير منشورة، 2015).

السلطة الوطنية الفلسطينية، دائرة الأرصاد الجوية، الخليل، *بيانات الأمطار في محافظة الخليل " دورا"* . (بيانات غير منشورة، 2015).

المصادر الاحصائية

الجهاز المركزي للإحصاء الفلسطيني (2009) *الأحوال المناخية في الأراضي الفلسطينية "التقرير السنوي 2008"*، رام الله، فلسطين.

السلطة الوطنية الفلسطينية، وزارة النقل والمواصلات، هيئة الأرصاد الجوية الفلسطينية (2008) *النشرة المناخية للعام 2007*، رام الله، فلسطين.

الخرائط

Geological Survey of Israel (1998) *Geological Map of Israel*.1:500,000

Geological Survey of Israel (2008) *Geological Map of Israel* "*Qiryat Gat"* :1:50000. Sheet 10-IV. Jerusalem

Geological Survey of Israel (2008) *Geological Map of Israel* "*Netivot"* :1:50000. Sheet 14-I. Jerusalem.

Geological Survey of Israel (2008) *Geological Map of Israel* "*Mishmar Hanegev"*:1:50000. Sheet 14-II. Jerusalem.

Geological Survey of Israel (2008) *Geological Map of Israel* "Ashqlon*"* :1:50000. Sheet 10-III. Jerusalem.

Geological Survey of Israel (2008) *Geological Map of Israel* "*Eshtemoa"* :1:50000. Sheet 15-I. Jerusalem.

Survey of Israel (1978) *Israel Geomorphological Map*. 1:500000.

Survey of Israel (1969) *Soils of the Mediterranean Zone of Israel Map.* 1:250000.

المواقع الالكترونية

http://www.gsi.gov.il/Eng

eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/EuDASM/Asia/lists/cil.htm

المراجع الأجنبية

Ali, S. and Khan, N. (2013) Evaluation of Morphometric Parameters- A Remote Sensing and GIS Based Approach, *Open Journal of Modern Hydrology*, Department of Geology, Aligarh Muslim University, India, 3: 20-27.

Al-Saedi, Z. J. and Mohmad, Y. S. (2013) Using GIS Techniques to Study Morphometric Characteristics for Wadi Al-Mlusi/Western Iraq, *Eng and Tech Journal,* 31 (2): 296-306.

Al-Shammary, S. H. (2012) Morphometric Analysis of Diwearege River Basin (Iraq- Iran cross border River, Messan province, Iraq, Using Remote

Sensing and GIS Techniques, *Wasit Journal for Science and Medicine*, 5 (1): 49-59.

Angillieri, M. Y. E. (2008) Morphometric analysis of Colonguol River and Flash Food Hazard, San Juan, Argentina, *Environ Geol*, 55: 107- 111.

Baiju, K. Kumar, G. Chandran, M. and Ramkumar, T. (2015) GIS Based Morphometric Analysis of the Kochara Sub-Watershed of Greater Periyar Plateau (GPP) of South Western Ghats, India , *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS* , 1 (4) : 895-910.

Cavalli, M. Trevisani, S. Comiti, F. and Marchi, L. (2013) Geomorphometric Assessment of Spatial Sediment Connectivity in Small Alpine Catchments, *Geomorphology*, 188: 14 - 31

Chandniha, S. K. and Kansal, M. L. (2014) Prioritization of Sub-Watersheds Based on Morphometric Analysis Using Geospatial Technique in Piperiya Watershed, India, *Appl Water Sci* :1-10

Cohen, S. Svoray, T. Laronne, J. and Alexandrov, Y. (2008) Fuzzy-Based Dynamic Soil Erosion Model (FuDSEM): Modelling Approach and Preliminary Evaluation, *Journal of Hydrology*, 365: 185-198

Dahiphale, P. Singh, P. K. and Yadav, K. K. (2015) Morphometric Analysis of Sup-Basins in Jaisamand Catchment Using Geographical Information System, 6 (2): 190-201.

Dhawaskar, P. (2015) Morphometric Analysis of Mhadei River Basin Using SRTM Data and GIS, *Standard International Journals*, 1 (4): 1-7.

Gajbhiye, S. (2015) Morphometric Analysis of a Shakkar River Catchment Using RS and GIS, *International Journal of u- and e- Service, Science and Technology*, 2 (8): 11-24.

Geena, G. B. and Ballukrayam, P. N. (2011) Morphometric Analysis of Korattalaiyar River Basin, Tamil Nadu, India: A GIS Approach, *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 2 (2):383-391

Gurugnanam, B. and Bagyaraj, M. (2011) Significance of Morphometry Studies, Soil Characteristics, Erosion Phenomena and Landform Processes Using Remote Sensing and GIS for Kodaikanal Hills, A Global Biodiversity Hotpot in Western Ghats, Dindigul District, Tamil Nadu, South India, *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, 3(3): 221-233.

Horton, R. E. (1945) Erosinal Development of Streams and their Drainage Basins Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology, *Geol. Soc. America Bull*., 56: 275- 370.

Jaydeep, R. A. Gandhi, H. M. Shrimali, N. J. and Pathak, Y. P. (2015) GIS Based Morphometric Analysis of Gagadio River Watershed of Shetrunji Basin**.** *International Journal for Scientific Research and Development*, 2 (3): 1675-1678.

Joshi, P. N. Maurya, D. M. and Chamyal, L .S. (2013) Morphotectonic Segmentation and Spatial Variability of Neotectonic Activity Along the Narmada–Son Fault, Western India: Remote Sensing and GIS. *Analysis Geomorphology*, 180-181: 292-306.

Kant, S. Singh, S. Nema, A. and Meshram, S. (2015) Morphometric Analysis of Sonar Sup-Basin Using SRTM Data and Geographical Information System (GIS)**.** *African Journal of Agricultural Research*, 10 (12): 1401-1406.

Kaur, M. Singh, S. Verma, V. K. and Pateriya, B. (2014) Quantitative Geomorphological Analysis & Land USE/ Land Cover Change Detection of two SUB-Watersheds in Ne Region of Punjab، India. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 8: 371-375.

Lalbiakmawia, F. (2015) Application of Remote Sensing and GIS Techniques for Ground Water Potential Zones Mapping in Aizawl District, Mizoram, India, *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, 4 (1): 292-300.

Magesh, N. S. Jitheshlal, K. V. Chandrasekar, N. and Jini, K. V. (2013) Geographical Information System-Based Morphometric Analysis of Bharathapuzha River Basin, Kerala, India, *Appl Water Sci*, 3:467–477.

Meshram, S. A. and Khadse, S. P. (2015) Morphometric Analysis of Madurai Basin – A Case Study of Cauvery Sub Watershed Region of Tamil Nadu –India, *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, 3 (2): 23-32.

Meier, M.F. (1954) Area Altitude Graph of A Mature Drainage Basin, Bull, *Geol, Soc, America*, 65:1283-1284.

Mistri, B. and Ghosh, S. (2012) Hydrogeomorphic Significance of Sinuosity Index in relation to River Instability: A Case Study of Damodar River, West

Bengal, India , *International Journal of Advances in Earth Sciences*, 1 (2): 49-57.

Moges, G. Bhole, V. (2015) Morphometric Characteristics and the Relation of Stream Orders to Hydraulic Parameters of River Goro: An Ephemeral River in Dire-Dawa, Ethiopia, *Universal Journal of Geoscience* 3(1): 13-27.

Oguchi, T. and Lin, Z. (2004) Drainage Density, Slope Angle, and Relative Basin Position in Japanese Bare Lands From High-Resolution DEMs, *Geomorphology*, 63: 159 –173.

Palanisamy, S. A. Anbarasu, K. and Vijay Prabhu, M. (2015) Drainage Morphometry and its Influence on Landform Characteristics in Vsishta Nadi, Vellar River basin, Tamil Nadu, India – a Remote Sensing and GIS Approach, *International Journal of Recent Scientific Research,* 6 (2): 2821-2826.

Pareta, K. and Pareta, U. (2011) Quantitative Morphometric Analysis of a Watershed of Yamuna Basin, India Using ASTER (DEM) Data and GIS, *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 2 (1): 248-269.

Pareta, K. and Pareta, U. (2012) Quantitative Geomorphological Analysis of a Watershed of Ravi River Basin, H.P. India , *International Journal of Remote Sensing and GIS*, 1 (1): 47-62.

Patil, N. P. Kadale, A. S. and Mhetre, G. S. (2015) Assessment of Morphometric Characteristics of Karwadi-Nandapur Micro Watershed Using Remote Sensing and Geographical Information System**.** *International Journal of Scientific & Technology research*, 4 (4): 175-180.

Qannam, Z. (2003) *A Hydrogeological, Hydrochemical and Environmental Study in Wadi Al Arroub Drainage Basin South West Bank, Palestine*. Ph .D Thesis, Tu Bergakademie Freiberg, Germany.

Salim, N. (2007) *Water Cycle From Theory to Practice, Derivation of A Basic Concept of Groundwater Recharge in Palestine Adopting GIS Techniques*. Ph.D. thesis, Facul Te Des Sciences, Institut F.-A. Forel, Universite De Geneve.

Sangita, D. and Dulal, G. (2015) Morphometric characterization of Gayung and Sipu Sub-Basins of the Subansiri River of the Eastern Himalayas. *International Journal of Geomatics and Geosciences* , 3 (5): 482-492.

Schumm, S. A. (1956) Evolution of Drainage Systems and Slopes in Bad Lands at Perth Amboy. New Jersey, *Geol. Soc. America Bull*, 67: 597- 646.

Shadeed, S. (2008) *Up to Data Hydrological Modeling in Arid and Semi – Aried Catchment, the Case of Faria Cathment, West Bank, Palestine*. Ph.D Thesis, Freiberg, Germany.

Shultz, M. J. (2007) *Comparison of Distributed Versus Lumped Hydrologic Simulation Models Using Stationary and Moving Storm Events Applied to Small Synthetic Rectangular Basins and An Actual Watershed Basin*. Ph.D Degree, the University of Texas.

Sissakian, K. V. (2013) Geomorphology and Morphometry of the Greater Zab River Basin, North of Iraq. *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, 9 (3): 21-49.

Strahler, A. N. (1952) Hypsometric (Area – Altitude) Analysis of Erosional Topography. *Bulletin of the Geological Society of America*, 63: 1117 – 1142.

Strahler, A. N. (1957) Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology, Transactions American *Geophysical* Union, 38 (6): 913-920.

Strahler, A. N. (1964) Quantitative Geomorphology of Drainage Basin and Channel Networks, Part 11, Sect, 4-11, in Handbook of Applied Hydrology, V.T. chow, ed., New Yourk.

Tale, S. M. and Manjare, B. S. (2015) Geomorphometric Analysis of Bildi River Sub-Basin in Buldhana District of Maharashtra State, India Using GIS and Remote Sensing, *International Journal of Pure and Applied Research in Engineering and Technology*, 3 (8): 320-338.

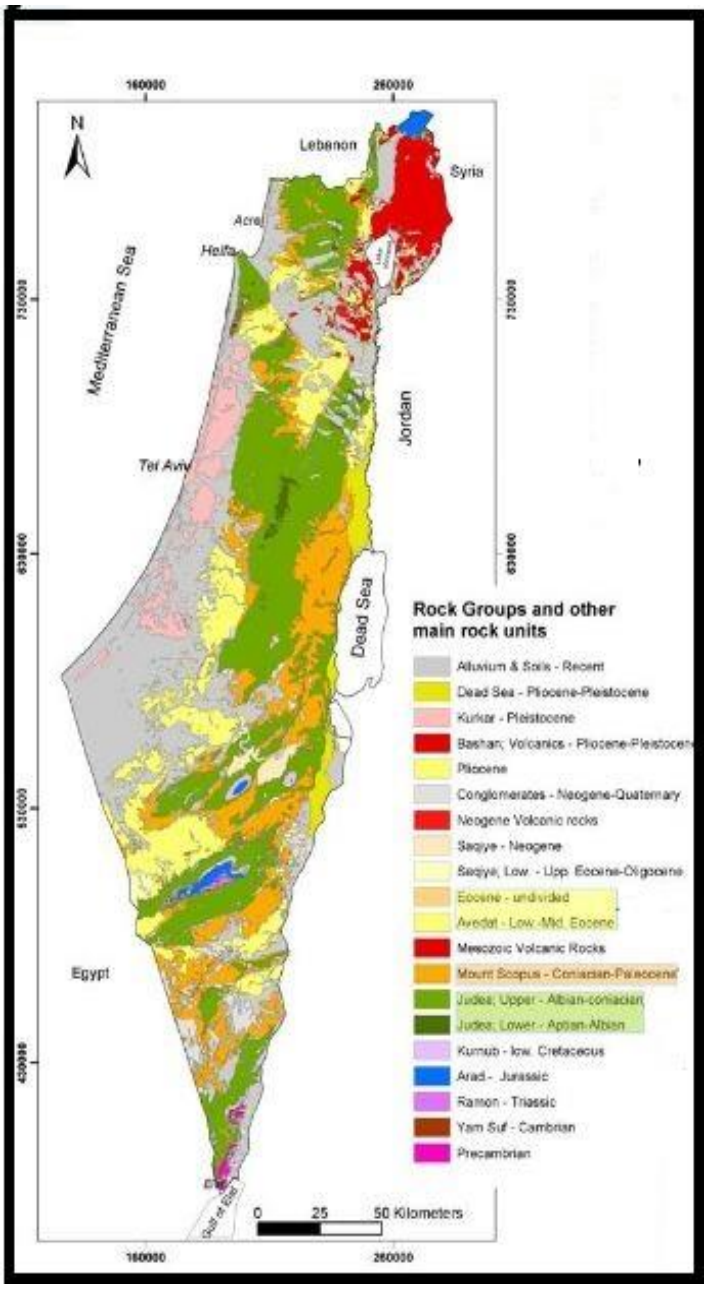
Young, A. (1972) *Slopes*, Longman.

Zavoianu, I. (1985) Morphometry of Drainage Basins, Elsevier, New York.

Ziv, B. Saaroni, H .Pargament, R. Harpaz, T. and Alpert, P. (2013) Trends in Rainfall Regime Over Israel, 1975–2010, and their Relationship to Large-Scale Variability, Reg., Environ Change, 13 (1): 1-15.

سادساً: الملاحق

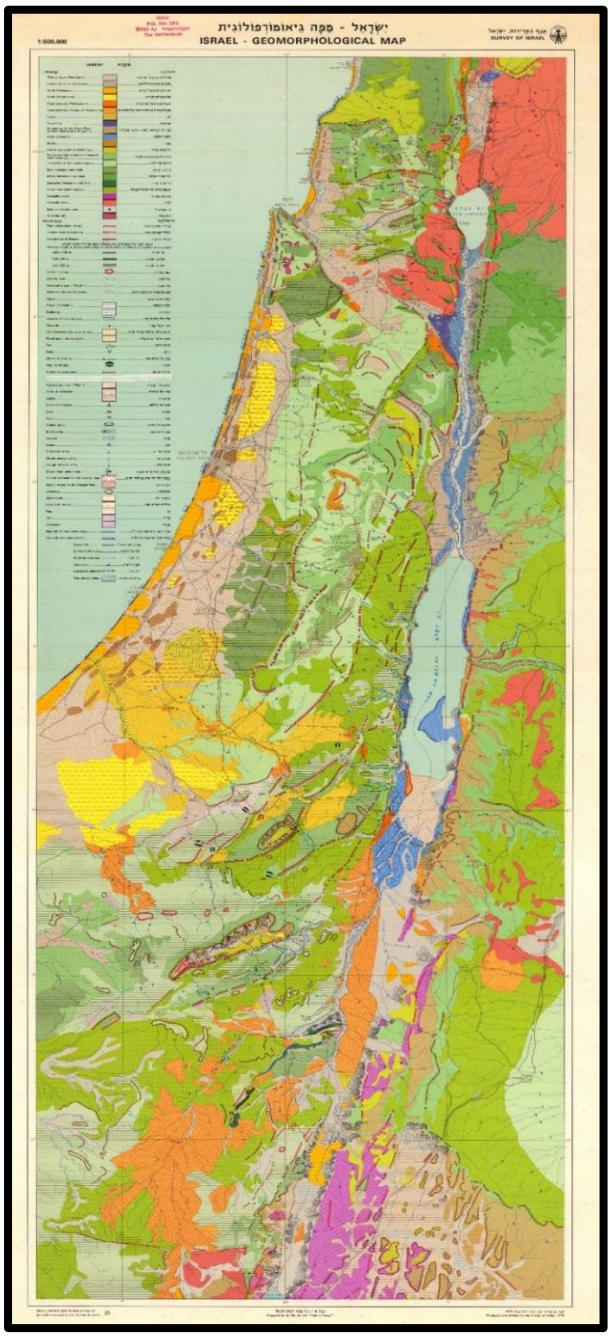
ملحق (1): خريطة جيولوجية لفلسطين



صادرة عن هيئة المسح الجيولوجي، [الوصول 2015/4/18م]

http://www.gsi.gov.il/Eng

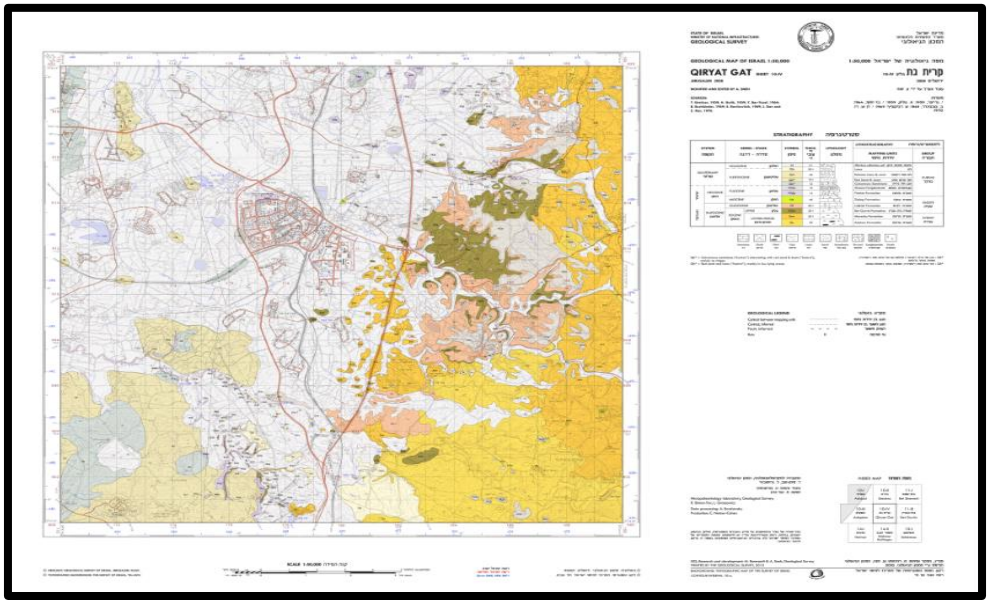
ملحق (2): خريطة جيومورفولوجية لفلسطين لعام 1978



صادرة عن هيئة المسح الجيولوجي، [الوصول 2015/4/25م]

eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/EuDASM/Asia/lists/cil.htm

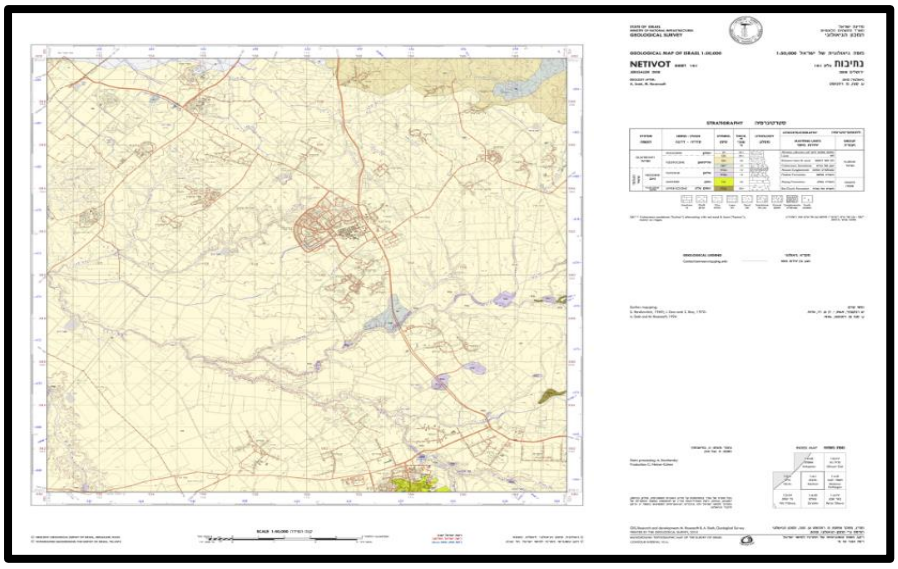
ملحق (3): خريطة طبوغرافية لمنطقة عراق المنشية بمقياس رسم 1:50000



صادرة عن هيئة المسح الجيولوجي، [الوصول 2015/4/18م]

http://www.gsi.gov.il/Eng

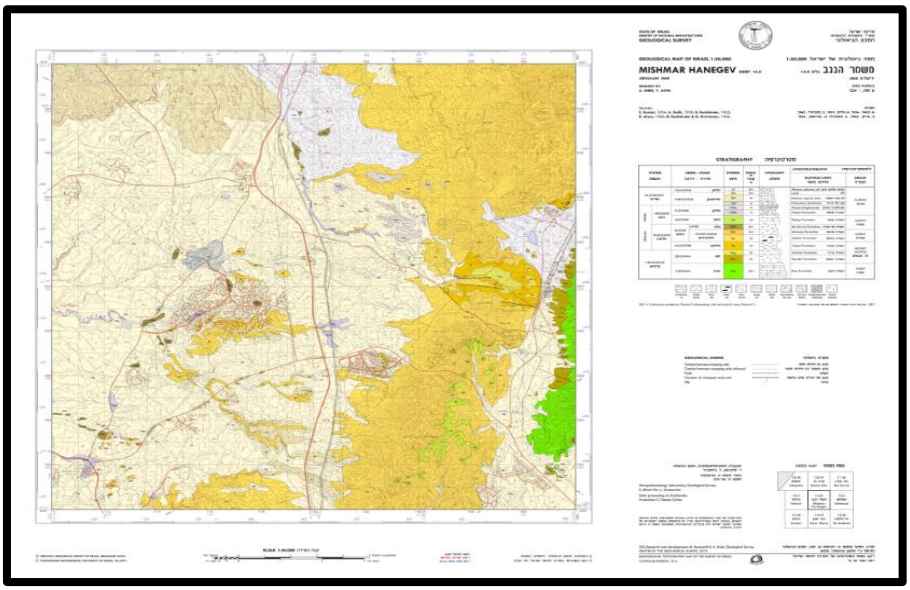
ملحق (4): خريطة طبوغرافية لمنطقة شرق غزة بمقياس رسم 1:50000



صادرة عن هيئة المسح الجيولوجي، [الوصول 2015/4/18م]

http://www.gsi.gov.il/Eng

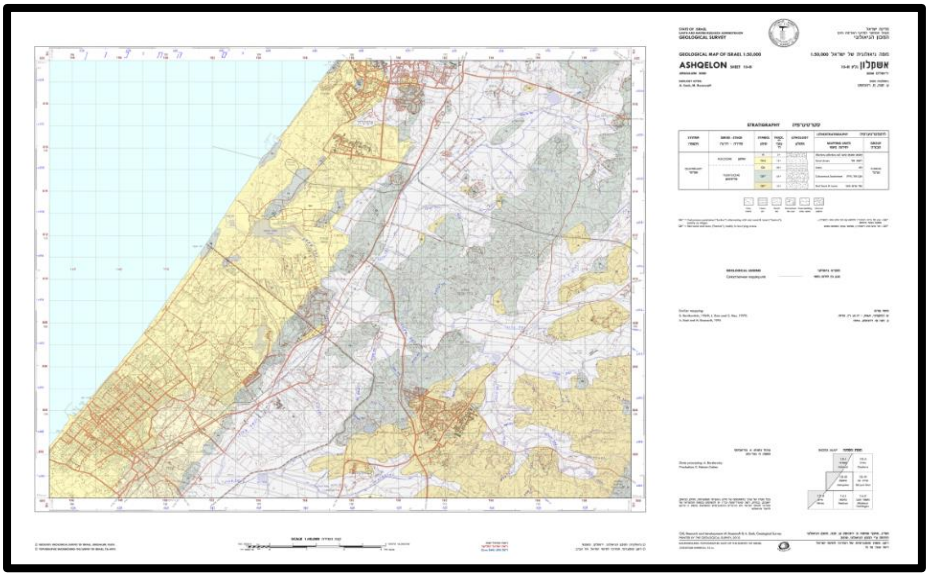
ملحق (5): خريطة طبوغرافية لوحة العراقيب بمقياس رسم 1:50000



صادرة عن هيئة المسح الجيولوجي، [الوصول 2015/4/18م]

http://www.gsi.gov.il/Eng

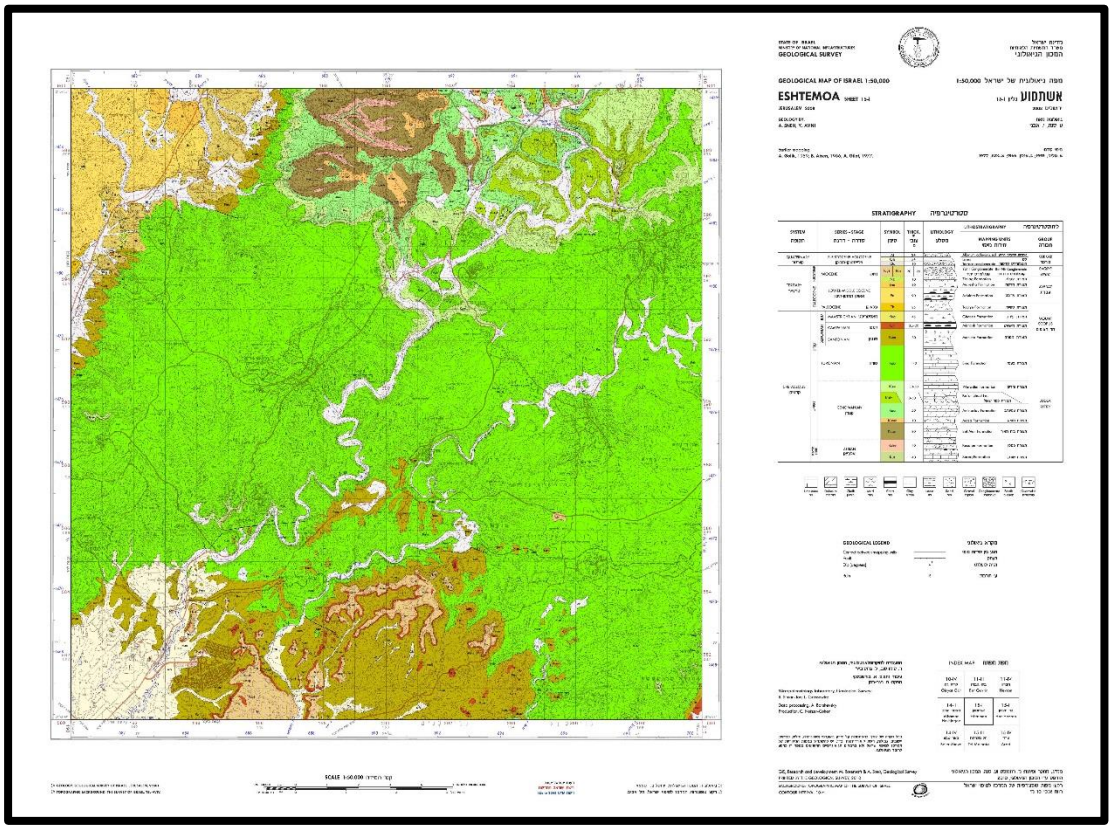
ملحق (6): خريطة طبوغرافية لوحة عسقلان بمقياس رسم 1:50000



صادرة عن هيئة المسح الجيولوجي، [الوصول 2015/4/18م]

http://www.gsi.gov.il/Eng

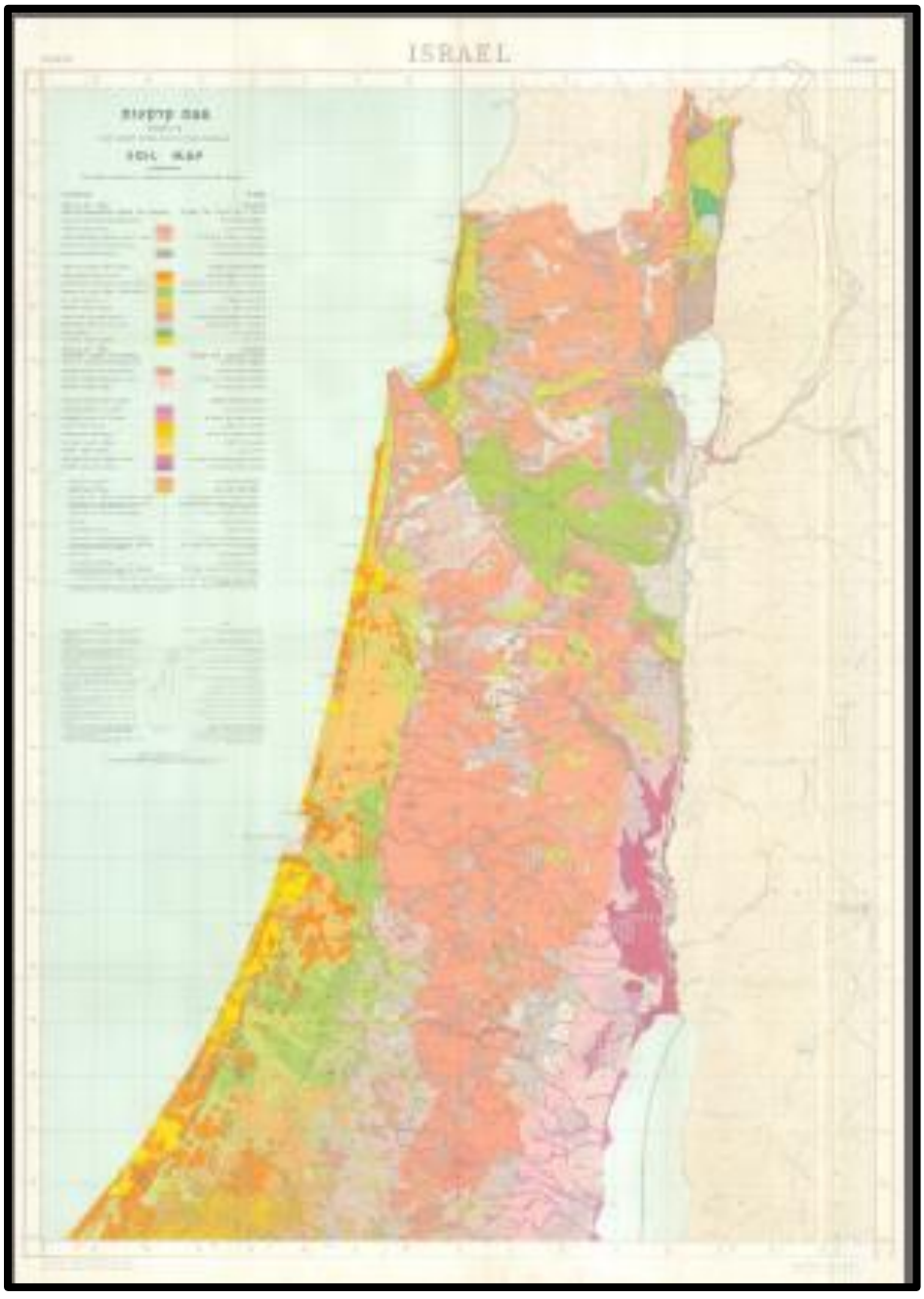
ملحق (7): خريطة طبوغرافية لمنطقة السموع بمقياس رسم 1:50000



صادرة عن هيئة المسح الجيولوجي، [الوصول 2015/4/18م]

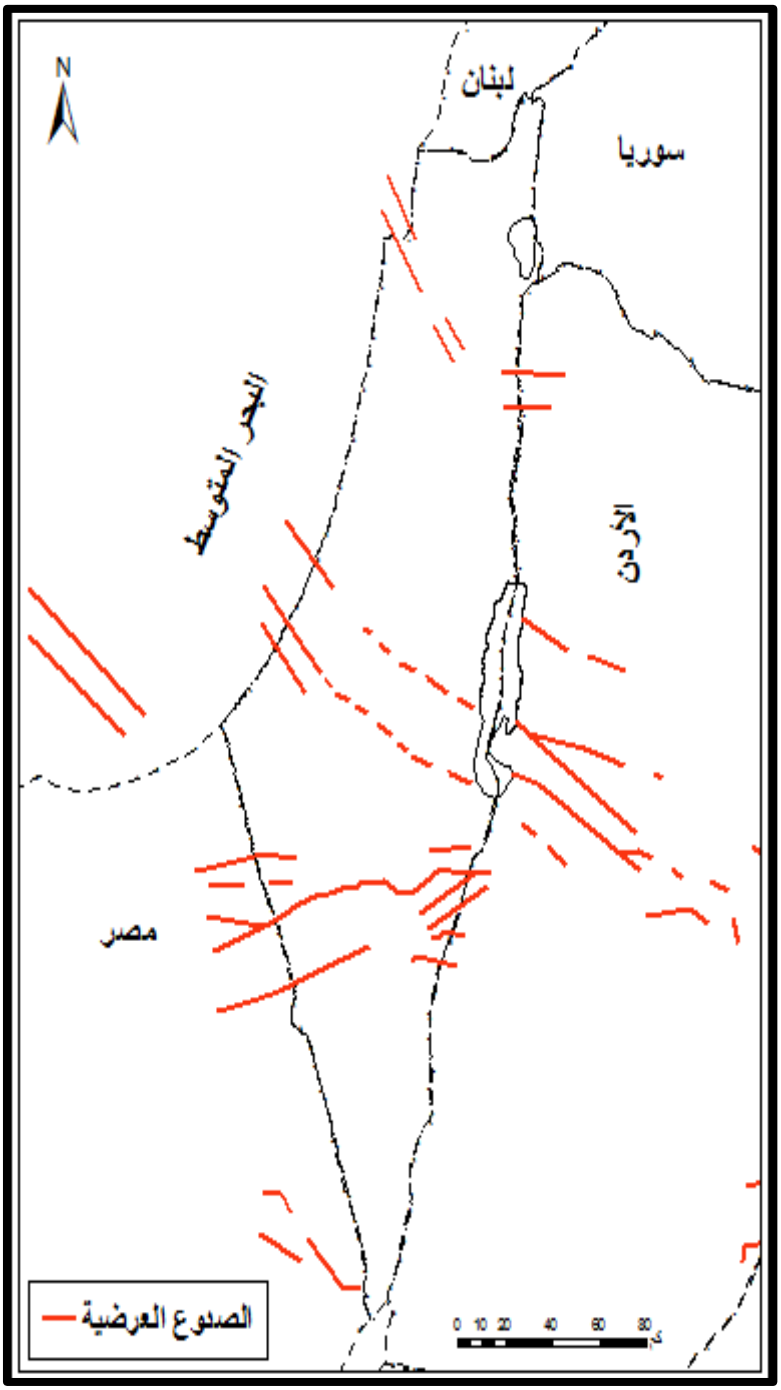
http://www.gsi.gov.il/Eng

ملحق (8): خريطة التربة في شمال فلسطين



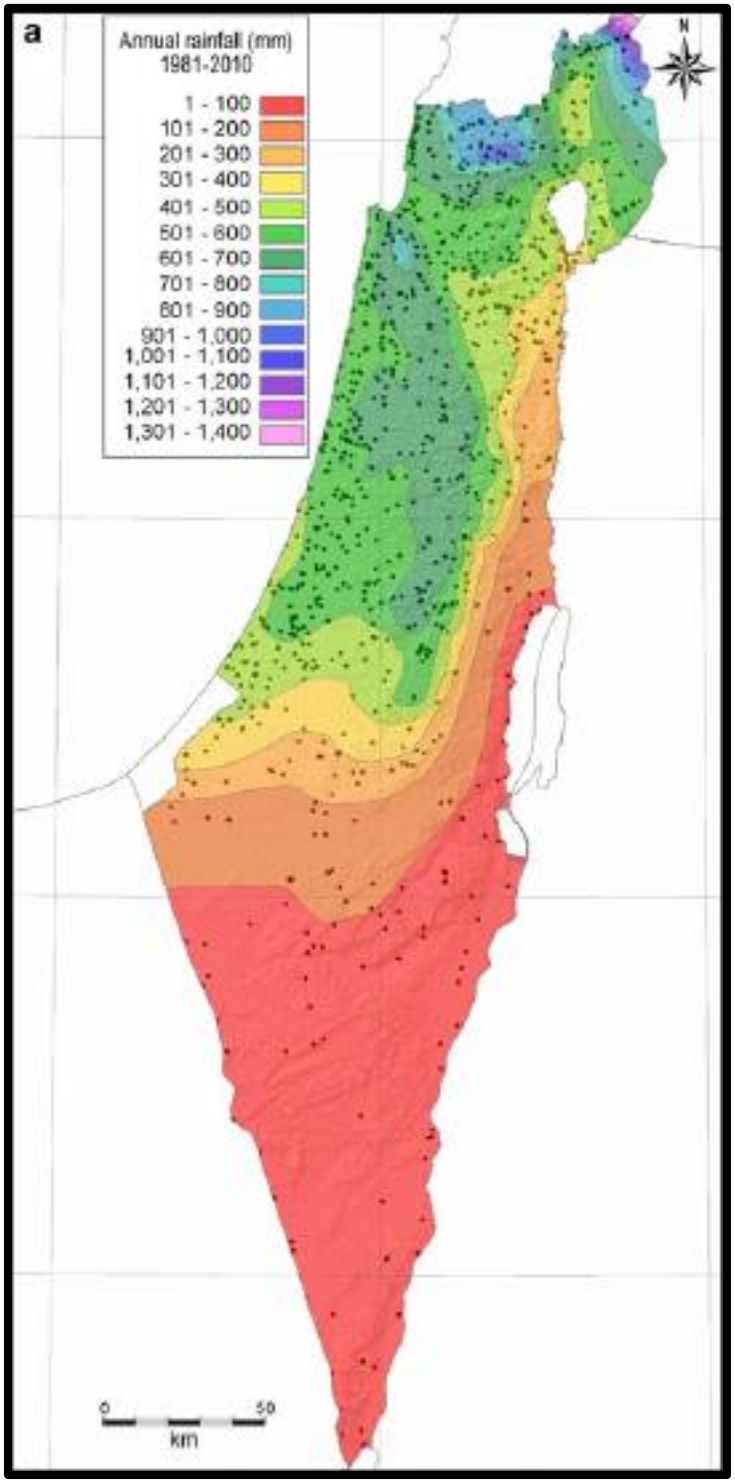
صادرة عن هيئة المسح الجيولوجي، [الوصول 2015/4/25م]
eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/EuDASM/Asia/lists/cil.htm

ملحق (9): مناطق التصدع العرضية الرئيسة في فلسطين



(مشتهى واللوح، 81:2008)

ملحق (10): خريطة توزيع الأمطار في فلسطين (1981-2010)



(Ziv, et al., 2013: 3)

ملحق (11): متوسط الأمطار الشهرية (ملم) في محطتي دورا وبيت حانون (1974-2014)

المحطة	بيت حانون	دورا
يناير	116.2	125.6
فبراير	80.4	105
مارس	39.3	73.1
ابريل	8.8	26.4
مايو	1.7	1
يونيو	0	0
يوليو	0	0
أغسطس	0	0
ديسمبر	0	0
أكتوبر	15.2	14.3
نوفمبر	65.1	94.7
ديسمبر	84.4	112

المصدر: اعداد الطالب اعتماداً على بيانات من وزارة الزراعة، غزة وسجلات دائرة الأرصاد الجوية، رام الله.

ملحق (12): متوسط درجة الحرارة السنوي (م°) في محطتي غزة والخليل (1975-2008)

المحطة	المتوسط العام		درجة الحرارة الدنيا		درجة الحرارة العظمى	
السنة	الخليل	غزة	الخليل	غزة	الخليل	غزة
75/95	15.4	20.6	11.2	14	19.6	27.2
1997	14.5	18.9	11.5	16.8	18.2	22.1
1998	16.6	21.1	12.6	17.5	22.3	24.7
1999	16.4	21	12.7	17.5	20.7	24.1
2000	14.6	20.5	11.8	17	19.7	23.4
2001	16.5	21.1	12.7	17.9	20.9	24
2003	16.3	20.8	12.6	17.4	20.8	23.5
2004	16.6	20.8	12.3	17.5	20.9	23.6
2005	16.7	21	12.3	17.7	21	23.6
2007	15.5	19.8	11.1	16.1	19.9	23.6
2008	16.9	-	12.8	-	21.2	-
المتوسط	16	20.6	12.1	16.9	20.5	24

المصدر: هيئة الأرصاد الجوية الفلسطينية، 2009: 43-44

ملحق (13): المتوسط العام لدرجات الحرارة الشهرية (م°)

المحطة	الخليل	غزة
يناير	7.1	13.4
فبراير	8.1	13.7
مارس	10.5	61.5
ابريل	14.7	18.7
مايو	18.4	20.7
يونيو	20.8	32.3
يوليو	22.1	25.4
أغسطس	22.1	25.8
سبتمبر	20.9	24.3
أكتوبر	18.6	22.9
نوفمبر	13.7	18.7
ديسمبر	8.8	15.1

الجهاز المركزي للإحصاء الفلسطيني، 2008: 7

ملحق (14): المتوسط العام للرطوبة النسبية (%)

المحطة	الخليل	غزة
يناير	74	67
فبراير	72	67
مارس	66	70
ابريل	55	70
مايو	48	73
يونيو	51	75
يوليو	57	76
أغسطس	60	75
ديسمبر	62	73
أكتوبر	59	69
نوفمبر	64	67
ديسمبر	73	68

الجهاز المركزي للإحصاء الفلسطيني، 2008: 17

ملحق (15): الرطوبة النسبية في محطتي غزة والخليل (2009-1969)

المحطة	الخليل	غزة
1969- 1983	62	-
1997	51	61
1998	59	69
1999	57	71
2000	61	70
2001	58	69
2002	71	75
2003	66	67
2004	66	67
2005	60	66
2006	61	70
2007	62	71
2008	63	71
2009	64	73
المتوسط	61.5	69.2

(الجهاز المركزي للإحصاء الفلسطيني، 2008: 45 واللوح، 2011: 323)

ملحق (16): التبخر (ملم) في محطتي غزة والخليل (1973-2008)

المحطة	الخليل	غزة
1973- 1984	1681	-
1997	1673	1603
1998	2077.2	1671.9
1999	1970	1645
2000	1788.4	1635.5
2001	1865.7	1908.9
2003	1828.3	1582.9
2004	1974.3	1697.9
2005	2046.9	1542.8
2007	1608	1582
2008	1003.5	-
المتوسط	1774.2	1652.2

هيئة الأرصاد الجوية الفلسطينية ، 2009: 46

ملحق(17): المتوسط العام للتبخر والأمطار (ملم) في محطتي الخليل وغزة

المحطة	الخليل		غزة	
الشهر	التبخر	الأمطار	تبخر	أمطار
يناير	65	153.1	68	159.5
فبراير	81	109	76	98.8
مارس	93	103.2	115	69.7
ابريل	139	9.4	142	0.5
مايو	166	5.8	162	0.8
يونيو	200	0	190	0
يوليو	221	0	193	0
أغسطس	225	0	183	0
سبتمبر	157	0	165	0
أكتوبر	112	0	132	1
نوفمبر	87	43.1	87	43.1
ديسمبر	26	43.9	69	31.7
المجموع	**8016**	**467.5**	**1.582**	**405.1**

الجهاز المركزي للإحصاء الفلسطيني، 2008: 19 - 25