تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي كعام_ ليبيا باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

د. علي مصطفى سليم, جامعة مصراتة, ama7753@yahoo.com

الكلمات الدالة: نظم المعلومات الجغرافية(GIS)، التحليل المورفومتري، نموذج الارتفاع الرقمي(DEM)، الخصائص المورفومترية.

الملخص:

يعد تحليل الخصائص المورفومترية للأحواض المائية من المواضيع المهمة في أبحاث الجيومورفولوجيا التطبيقية الحديثة، حيث يمثل كل حوض نهري وحدة طبيعية لها خصائص كمية مميزة يمكن قياسها ومقارنتها مع الأحواض الأخرى ، وتهدف الدراسة لرسم صورة رئيسية لحوض وادي كعام من خلال تحليل المتغيرات المورفومترية (المساحة، والشكل، والتضرس) اعتمادا على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، وتقنية GIS في استخراج تلك المتغيرات، بالإضافة لتطبيق المعادلات المورفومترية لتحديد الخصائص الشكلية، والخصائص المورفومترية للشبكة المائية لحوض وادي كعام. هذا التحليل يوفر قاعدة بيانات مهمة لوضع الخطط التنموية، وإدارة واستغلال الموارد الطبيعية في بيئة الأحواض المائية، والاستفادة منها في الحصاد المائي، وإقامة السدود، وفي الإنتاج الزراعي. وتوصل البحث إلى بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية لحوض وادي كعام، وإنتاج خرائط رقمية.

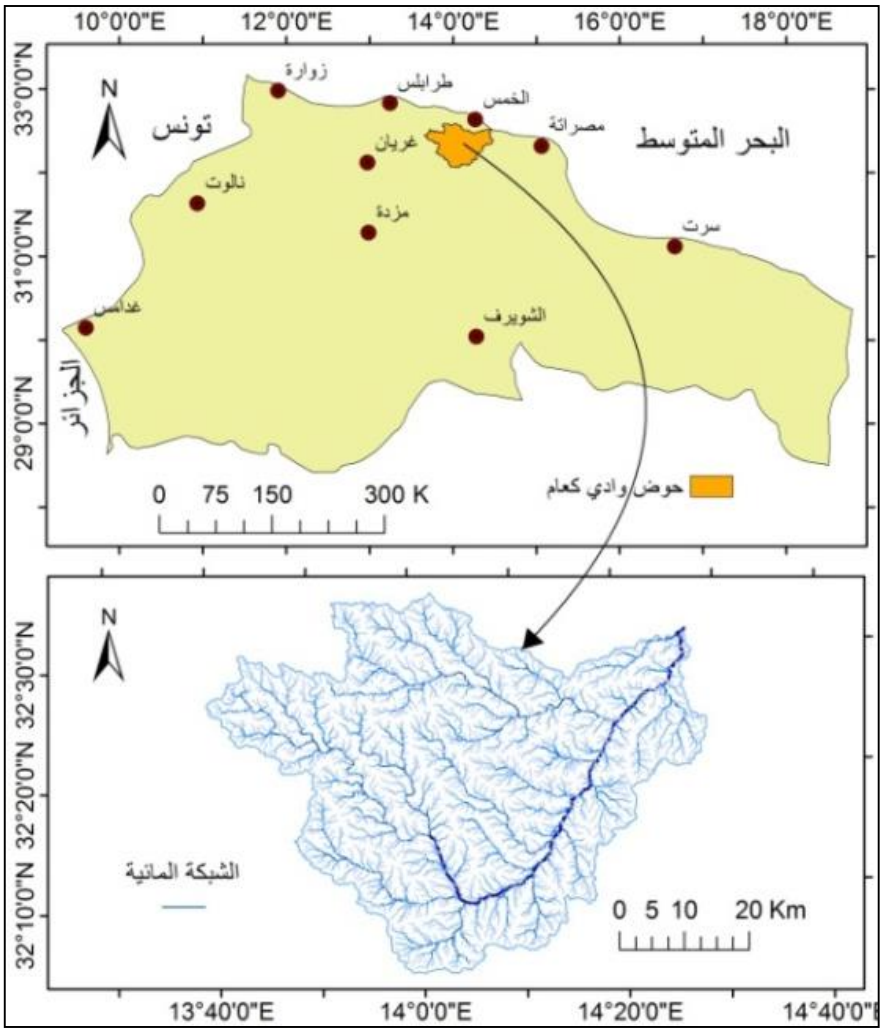
المقدمة:

ليبيا دولة جافة وشبة جافة تعاني من محدودية مواردها المائية فهي لا تمتلك مجرى مائي دائم الجريان، بل تضم مجموعة من المجاري المائية موسمية الجريان، ويتباين الجريان السطحي تبعا لتباين هطول الأمطار، وقد برز دور نظم المعلومات الجغرافية في الدراسة الجيومورفولوجية التطبيقية بشكل كبير في الآونة الأخيرة نظرا لما يقدمه من سرعة استخراج الخصائص المورفومترية ودقتها مقارنة بطرق القياس القديمة (التقليدية)، كما وفر نموذج الارتفاع الرقمي المتوفر بصورة مجانية الوقت المستغرق في الدراسة الميدانية، مما سهل رسم شبكة التصريف المائي لأيّ حوض مائي بشكل آلي، واستخدام المعادلات المورفومترية اعتمادا على الخصائص التي تم الحصول عليها آليا من تطبيق تقنية GIS في بناء قاعدة بيانات جغرافية للمتغيرات المورفومترية. حيث توفر البيانات الحديثة والمتطورة كنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) Digital Elevation Models والمرئيات الفضائية Satellite Image تغطية شاملة ودرجة وضوح دقيقة للظاهرة المدروسة. وحيث لم تحظى الخصائص المورفومترية للأحواض المائية في ليبيا بدراسات حديثة. إذ تعالج الدراسة تلك الخصائص التي تستند في اغلبها على قوانين هورتون (Horton, R.E,1945) و(Strahler, A.N , 1957) وغيرهم، ومن خلال تلك المتغيرات نجد أن حوض وادي كعام ينتهي بالمرتبة السادسة حسب تصنيف Strahler.

الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة وظروفها المناخية:

تتمثل منطقة الدراسة في حوض وادي كعام الذي تبدأ منابعه من سفوح جبل نفوسة ويتجه نحو الجنوب ثم ينحني ليتجه نحو الشرق ليصب في البحر المتوسط أنظر الملحق1، ويقع حوض وادي كعام بين خطي طول (َ30 َ40 ˚13)،(َ19 َ29 ˚14) شرقا، ودائرتي عرض (َ4 َ4 ˚32) ،(َ35 َ35 ˚32)، شمالا (الشكل1). ويعتبر من الأحواض المائية الكبيرة في ليبيا. إذ يقع على مساحة 2546.59 كم^2، ويصل طوله 77.5 كم وعرضه 32.86 كم ويصل أعلى ارتفاع له 508 م فوق مستوى سطح البحر. ويقع حوض وادي كعام ضمن أقاليم مناخية متنوعة، حيث يسود مناخ البحر المتوسط أجزاؤه الشمالية، إلى المناخ الجبلي وغيرها. بالإضافة لتنوع التربة. كما تتباين معدلات الأمطار السنوية في الحوض فيقل المعدل السنوي لها كلما اتجهنا نحو المنابع بسبب بعدها

عن مسارات المنخفضات الجوية حيث سجل المعدل السنوي للأمطار نحو188.1مم للفترة من 1999-2013 في محطة وادي كعام، وتتركز الأمطار في أشهر الشتاء، أما درجة الحرارة فتمتاز بالاعتدال في أشهر الشتاء إذ يتراوح المعدل الشهري ما بين 14.9 -13.5مْ في شهر ديسمبر وفبراير، وتمتاز بالارتفاع في أشهر الصيف فتسجل 26.2 مْ في شهر يونيو (محطة الإرصاد الجوي الخمس، ومحطة كعام،2016).



الشكل1: الموقع الجغرافي لحوض وادي كعام (المصدر: الباحث ArcGIS)

أهداف الدراسة:

يهدف البحث لتحديد ودراسة الخصائص المورفومترية بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي المتوفر في موقع ASTER Gdem بقدرة تميزية 30*30م، وتقنية GIS، والمتمثلة في الخصائص الشكلية، والتضاريسية، والخصائص المورفومترية للشبكة المائية لحوض وادي كعام، وتحديد المرحلة التي يمر بها النهر من حيث التطور من خلال المعامل الهبسومتري.

مشكلة الدراسة:

يُعرف تحديد الخصائص الهندسية للأحواض المائية بالتحليل المورفومتري، والذي يتم بالاعتماد على تقنية GIS التي وفرت الدقة والسرعة في التحليل المورفومتري للأحواض المائية. ويحتل هذا التحليل اليوم مكانه في دراسات الجيومورفولوجيا التطبيقية.

تحاول الدراسة الإجابة على التساؤلات التالية:

1- هل يمكن تحديد وحساب الخصائص المورفومترية لحوض وادي كعام باستخدام نموذج الارتفاع الرقمي وتقنية نظم المعلومات الجغرافية؟

2- هل يمكن عمل قاعدة بيانات جغرافية مورفومترية يمكن استخدامها في التحليل المكاني للخطط التنموية؟

الدراسات السابقة:

لم تحظى الدراسات المورفومترية للأحواض المائية في ليبيا بدراسات مفصلة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، فليس هناك ما يشير إلى مثل هذه الدراسات حسب علم الباحث، وإن وجدت فهي قليلة.

وتعتمد هذه الدراسة في تحديد الخصائص المورفومترية لحوض وادي كعام على معادلات رياضية متوفرة في دراسات عالمية ذات علاقة بالموضوع، ومنها:

1- دراسة (Horton, R.E,1945). 2- دراسة (Strahler, A.N,1957). 3. دراسة (D.K. Chadha, B. R. Neupane 2011). 4. دراسة (Kuldeep. P, Upasana. P,2011). 5- دراسة (Panhalkar S.S., Mali S.P., Pawar C.T,2012). 6. دراسة (Rafiq. A.H., Aadil. H, and SamiUllah. B,2013). 7- دراسة (Vandana.M,2013). 8- دراسة (M.L.Waikar and Aditya P. N,2014). 9- دراسة (Hachem. A, Ali. E,2014).

10. دراسات عربية كثيرة تهتم بدراسة وتحليل الخصائص المورفومترية، كدراسة الريان، وبرقان، وعبدالهادي، 2015 ، وغيرها. وتعتمد أغلب هذه الدراسات في تحديد الخصائص المورفومترية للأحواض المائية في مناطق مختلفة من العالم على قوانين هورتون (Horton,1945)، من جاء بعده مثل ستريلر (Strahler, 1957)، حيث تقدم هذه الدراسات وصفا للمتغيرات المورفومترية التي اعتمدت عليها في تحديد الخصائص الشكلية والمورفومترية للأحواض المائية المدروسة، وقد استفادة منها الدراسة الحالية في تحديد الخصائص المورفومترية لحوض وادي كعام وخاصة في تطبيق القوانين المورفومترية.

منهجية البحث:

تعتمد الدراسة المنهج الاستنتاجي والتحليلي الكمي للوصول للمعلومات وترتيبها, حيث اعتمدت على الآتي:

أ. البيانات المستخدمة:

1- البيانات المناخية: تمثلت في المجموع السنوي للأمطار، ودرجة الحرارة.

2- البيانات الجيولوجية عن الحوض المدروس (الخريطة الجيولوجية ليبيا،2009).

4- نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) .

ب- مصادر البيانات:

1- البيانات المنشورة والمتوفرة عن الخصائص المناخية في محطة الخمس، ومحطة سد وادي كعام المطرية.

2- مركز البحوث الصناعية، الخريطة الجيولوجية لليبيا،2009.

3ـ نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) المتوفرة في الموقع التالي:

http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/

ج - التقنيات المستخدمة في الدراسة:

تقنية نظم المعلومات الجغرافية باستعمال برنامج ArcGIS,10.1 لحساب الخصائص المورفومترية للحوض وإنتاج الخرائط وبناء قاعدة البيانات المورفومترية لحوض وادي كعام.

الجيولوجيا:

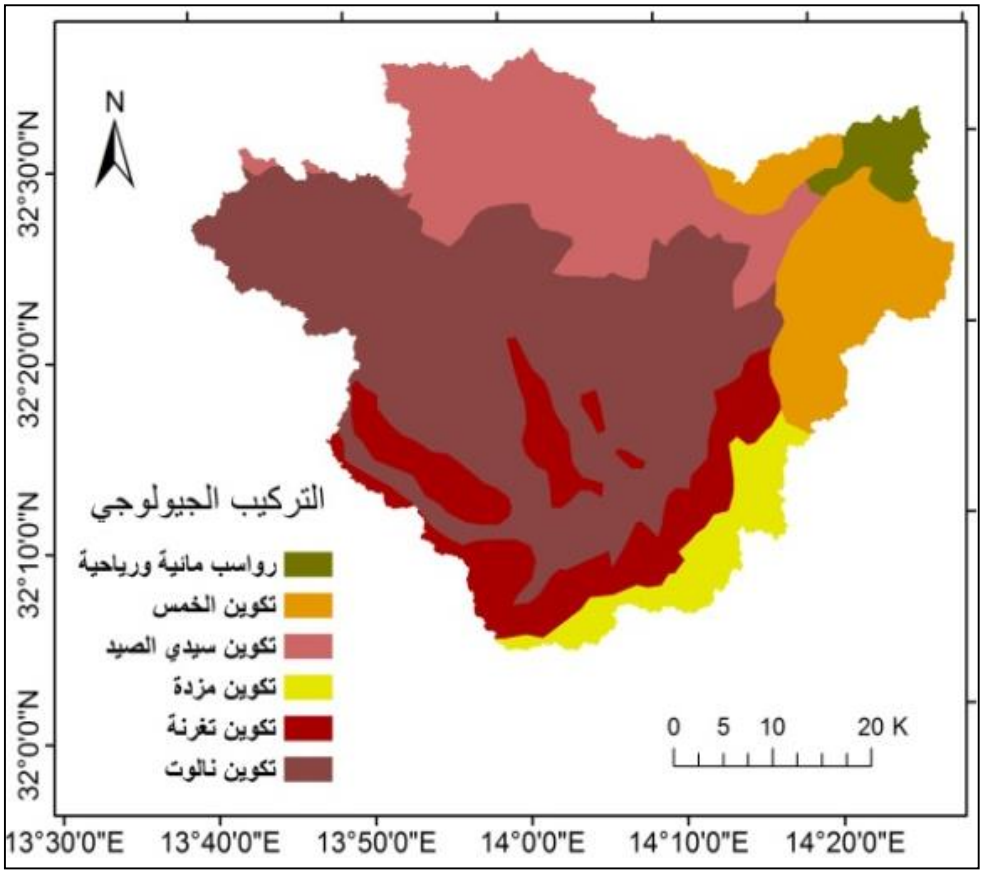
يمتاز حوض وادي كعام بالتنوع الجيولوجي؛ بسبب كبر مساحته. إذ يضم تكوينات جيولوجية تعود لفترات مختلفة، وتغطي مساحات متباينة منه أنظر الشكل (2). وبناءا على العمر الجيولوجي يمكن تصنيفها إلى:

1- رواسب مائية رياحية: تعود للعصر الرابع، وهذه الرواسب غير مقسمة تضم رواسب نهرية، ورياحية وتكوينات ركامية، وسرير، وتغطي مساحة 59.35 كم^2، وبنسبة 2.33% من إجمالي مساحة الحوض.

2- تكوين الخمس: وهي طبقة من عصر الميوسين، وتحتوي هذه الطبقة على تداخلات كربونات ومارل وطين مع طبقات من الجبس بالإضافة إلى تكوينات كربونية غنية بالحفريات مع تداخلات ثانوية من المارل الرملي. وتشكل 12.37%، حيث تغطي نحو315.11 كم^2 من إجمالي مساحة الحوض.

3- تكوين سيدي الصيد: وهي طبقة من العصر االطباشيري، ويضم حجر جيري وحجر جيري دولوميتي مع تداخلات من المارل في الأجزاء السفلى، وطين ومارل وجبس في الجزء الأعلى، وتمتد على مساحة 509.24 كم^2، وبنسبة 20% من إجمالي مساحة الحوض.

4- تكوين نالوت: وهي طبقة تعود للعصر االطباشيري الأعلى، وتحتوي على حجر جيري دولوميتي متبلر ودولوميتي مع درنات صوانية في الجزء الأعلى، وتظهر في الجزء الأوسط والشمالي الغربي من الحوض وتقدر مساحته بنحو 1162.31كم^2، أي ما يعادل 45.64% من إجمالي مساحة الحوض.



الشكل2: التركيب الجيولوجي لحوض وادي كعام(المصدر: الباحث ArcGIS اعتمادا على الخريطة الجيولوجية 2009)

5- تكوين تغرنة: الذي يحتوي جبس وجبس متبوع بتداخلات من الحجر الطيني ومارل وحجر جيري دقيق الطبقات، بالإضافة لحجر جيري طباشيري، ويظهر التكوين في الجزء الجنوبي والجنوبي الغربي، وكما يظهر ضمن تكون نالوت، وتغطي مساحة من حوض كعام تقدر بـ 360.49 كم^2، وبنسبة 14.16% من إجمالي مساحة الحوض.

6- تكوين مزدة: ويتألف من حجر جيري متبلر، وحجر جيري دولوميتي مع تداخلات من الحجر الجيري المارلي ويغطي ما نسبته 5.50% من إجمالي مساحة الحوض، ويظهر في الأجزاء الجنوبية ويغطي مساحة 140.09 كم^2 (مركز البحوث الصناعية،2009).

المتغيرات المورفومترية:

قسمت المتغيرات المورفومترية في هذه الدراسة إلى قسمين حسب طرق قياسها واستخلاصها، هما:

1- متغيرات مورفومترية يتم استخراجها مباشرة، منها: مساحة الحوض، أطوال المجاري النهرية، عدد المجاري في كل مرتبة، محيط وطول الحوض، منسوب أقل وأعلى نقطة في الحوض، والمراتب النهرية، حيث توفر تقنية نظم المعلومة سهولة ودقة استخراجها.

2ـــ **متغيرات مورفومترية يتم حسابها وفق معادلات رياضية منها:** خصائص الشبكة المائية مثل الكثافة التصريفية، التكرار النهري، والخصائص الشكلية، وتشمل نسبة الاستدارة والاستطالة ومعامل الشكل وغيرها، وتم تحديد وتصنيف المتغيرات المورفومترية المدروسة لحوض وادي كعام والمعادلات المستخدمة كما بالجدول1.

المتغيرات المورفومترية لحوض وادي كعام:

ترتبط المتغيرات الشكلية والمساحية للأحواض المائية بالعوامل الطبيعية وخاصة التكوين الجيولوجي ونوع الصخر والمناخ (برقان،2015)

أ- المتغيرات الشكلية:

1- مساحة الحوض Area Basin:

تعتبر مساحة الأحواض المائية من المتغيرات المورفولوجية المهم لتأثير ها على التصريف المائي للحوض، وتتباين مساحة الأحواض المائية؛ تبعا لتباين العوامل الطبيعية (المغازي، 2015)، ويعتبر

الجدول1: الخصائص المورفومترية والمعادلات المستخدمة في الدراسة

م	خصائص الحوض المائي	الرمز	المعادلة
1	الخصائص الشكلية		
1.1	مساحة الحوض Basin Area	A	GIS (Km^2)
1.2	محيط الحوض Basin Perimeter	P	GIS (Km)
1.3	طول الحوض Basin Length	L_b	$L_b=1.312\times A^{0.568}$
1.4	متوسط عرض الحوض (Mean Basin Width)	W	W=A/L حيث :W = متوسط محيط الحوض A=مساحة الحوض (كم^2) L= طول المحيط (كم)
1.5	نسبة الاستطالة Elongation Ratio	R_e	$R_e=\frac{\sqrt{A}*1.128}{L_b}$
1.6	نسبة الاستدارة Circularity Ratio	R_c	$R_c=12.57*\frac{A}{P^2}$
1.7	معامل الشكل Form Factor	R_f	$R_f = A/L_b^2$
1.8	معامل الاندماج	C_c	$Cc=0.2841\times A^{0.5}$
2	الخصائص التضاريسية		
2.1	أقصى ارتفاع	H	GIS (m)
2.2	أدنى ارتفاع	H	GIS (m)
2.3	نسبة التضرس Relief Ratio	R_r	$R_r=\frac{H}{L}$
2.4	التضاريس النسبية (Relative Relief)	R_{hp}	$R_{hp}=\frac{H}{P}$
2.5	معامل النسيج Drainage Texture	D_t	$D_t = N_\mu /P$
2.6	انحدار الحوض Basin Slope	S_b	$S_w = H / Lb$
2.7	قيمة الوعورة (Ruggedness Number)	R_n	$R_n=D_d*\frac{H}{1000}$

م	خصائص الحوض المائي	الرمز	المعادلة
2.9	التكامل الهبسومتري Hypsometric Integral	H_i	$H_i = (h/H) / (a/A)$
3	الخصائص المورفومترية للشبكة المائية		
3.1	مجموع أطوال المجاري Stream Length	L_μ	
3.2	متوسط أطوال المجاري Mean Stream Length	L_{sm}	= مجموع اطوال المجاري في الرتبة/ عدد المجاري بنفس الرتبة
3.3	نسبة أطوال المجاري Stream Length Ratio	R_L	$R_L = L_{sm} / L_{sm}-1$
3.4	المراتب النهرية Stream Order	S_μ	GIS (Km,ON)
3.5	رقم الترشيح Infiltration Number	I_f	$I_f = D_d \times F_s$
3.6	نسبة التشعب Bifurcation Ratio	R_b	$R_b=\frac{NO}{NO+1}$ or $R_b = N\mu / N\mu +1$
3.7	متوسط نسبة التشعب Mean Bifurcation Ratio	R_{bm}	Rbm = Average of bifurcation ratios of all orders
3.8	الكثافة التصريفية Drainage Density	D_d	$D_d= L\mu/A$
3.9	التكرار النهري Drainage Frequency	F_s	$F_s = N_\mu/A$
3.10	شدة التصريف	D_i	$D_i=F_s/D_d$

المصدر: الدراسات السابقة.

حوض وادي كعام من الأحواض المائية كبيرة المساحة، التي قدرت 2546.59 كم^2، وتم حسابها باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية، كما بالجدول2.

الجدول2: الخصائص المساحية لحوض وادي كعام

المتغير	مساحة الحوض كم^2	طول الحوض (كم)	محيط الحوض (كم)	متوسط عرض الحوض (كم)	نسبة الاستطالة	نسبة الاستدارة	معامل الشكل	معامل الاندماج
القيمة	2546.59	77.5	352.51	32.86	0.73	0.26	0.42	1.98

2- طول الحوض Length Basin:

يبلغ طول المسافة بين مصب وادي كعام وأبعد نقطة على محيطه نحو 77.5 كم، وتم تحديدها بخط مستقيم من المصب إلى ابعد نقطة على محيطه باستخدام GIS.

3- محيط الحوض Basin Perimeter:

حُدد خط تقسيم المياه لحوض وادي كعام وبين ما يحيط به من أحواض مائية أخرى من خلال تقنية نظم المعلومات الجغرافية، وتم التأكد منه من خلال استدعائه على Google Earth، حيث يبلغ محيطه نحو352.51 كم. أنظر الشكل بالملحق1.

4- متوسط عرض الحوض Mean Basin Width:

يمكن الحصول عليه من قسمت مساحة الحوض كم^2 على طول الحوض بالكيلومتر كما بالمعادلة التالية: W=A/L، ولعرض الحوض أهمية في تحديد شكله والجريان والتسرب المائي في الحوض، وبالتالي على التبخر والنتح (برقان،2015، ريان،2014). ويظهر من الجدول2، أن متوسط عرض حوض وادي كعام يبلغ 32.86 كم.

5- معامل الاستطالة Elongation Ratio:

يُحدد معامل الاستطالة شكل الحوض فاقترابه من الواحد الصحيح يعني شكل الحوض المائي مستطيل والعكس. ويظهر بتطبيق المعادلة المبين بالجدول2، أن معامل الاستطالة لحوض وادي كعام بلغ 0.73، وتعني هذه القيمة أن الحوض يمتاز بالاستطالة، حيث صنفت الأحواض المائية وفق لقيمة هذا المعامل إلى: دائرية (0.9-1) ، ومستطيلة (0.7-0.6)، وتكون بيضاوية بين(0.9-0.8)، وإذا كانت الناتج أقل من 0.5 يكون الحوض المائي أقل زيادة في الاستطالة حسب ما ذكر(pareta 2011)).

6- معامل الاستدارة Circularity Ratio**:**

تساعد نسبة الاستدارة في معرفة شكل الحوض وكلما كانت النتيجة قريبة من الواحد الصحيح دل ذلك على الشكل الدائري وتقدم الدورة الحتية للحوض المائي، وإذا كانت النتيجة منخفضة يعني اقتراب الحوض من شكل المستطيل. ويسجل معامل الاستدارة في حوض وادي كعام كما بالجدول2، نحو0.26 وهي قيمة بعيدة عن المتوسط، وتشير هذه القيمة لابتعاد الحوض عن الشكل الدائري وتعرج محيطه (خط تقسيم المياه) وأن الدورة الحتية في الحوض لا تزال مستمرة (ريان،2014).

7- معامل الشكل Form Factor:

ويُحدد من خلاله شكل الحوض المائي اعتمادا على العلاقة بين المساحة وطول الحوض، فإذا كان الناتج قريب من الواحد الصحيح دل على زيادة نسبة المساحة بالمقارنة بالطول، وفي حين كان ناتج المعادلة منخفض كان الحوض قريب من شكل المثلث. وتصل نسبة معامل الشكل في حوض وادي كعام 0.42 مما يدل على أن الحوض قريب من شكل المثلث، وتتباين نسبة هذا المعامل بين الأحواض المائية الرئيسية وحتى الفرعية أو الثانوية ضمن حدود الحوض المائي الواحد، أنظر الجدول2.

8- معامل الاندماج Compactness Coefficient:

يعتبر من المقاييس التي تساعد في التأكيد على شكل الحوض المائي الدائري إذا اقترب من الواحد والعكس في حالة ابتعاده عنه، ويحسب من المعادلة: $C_c=0.2841*P/A^{0.5}$، والناتج يكون أكثر من الواحد الصحيح، ويسجل معامل الاندماج لحوض وادي كعام من نتائج تطبيق المعادلة المبينة بالجدول2، نحو 1.98، وهي قيمة مرتفعة تدل على ابتعاد الحوض عن الشكل الدائري.

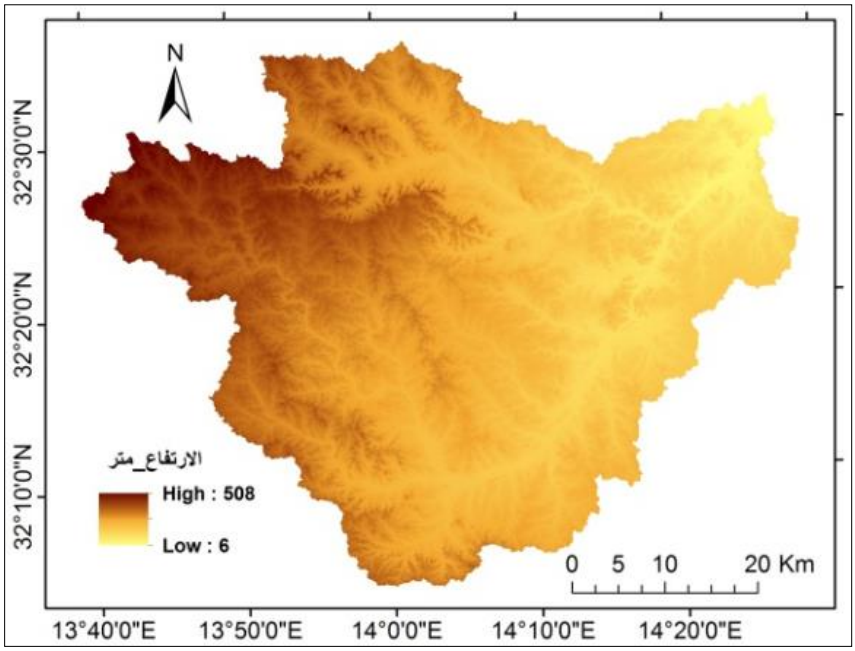
الخصائص التضاريسية:

1- أقصى ارتفاع Maximum Elevation:

ويمثل أعلى منسوب في الحوض، وعادة ما تمثله منابع الأحواض على خط تقسيم المياه، ويصل أعلى منسوب في حوض وادي كعام نحو 508 متر، كما بالشكل3.

2- أدنى ارتفاع Minimum Elevation:

ويمثل أقل منسوب في الحوض، وعادة ما تمثله مصبات الأحواض، ويصل أدنى منسوب في حوض وادي كعام نحو 6 م كما بالشكل(3). وقد تم استنباط تلك النقطتين (أقصى وأدنى ارتفاع) من خلال نموذج الارتفاع الرقمي اعتمادا تقنية GIS.



الشكل3: الارتفاع في حوض وادي كعام(المصدر: الباحث ArcGIS)

3- نسبة التضرس Relief Ration:

تعتبر نسبة التضرس مقياس لمعرفة طبوغرافية الحوض المائي، ويحدد مدى نشاط التعرية المائية ودورها في تشكيل الأشكال الجيومورفولوجية في الحوض المائي، وحجم الرواسب (Strahler, 1957، وبرقان، 2010). وتسجل نسبة التضرس في حوض وادي كعام 6.48 متر/كم، كما بالجول3.

4- التضاريس النسبية Relative Relief:

وتمثل في العلاقة بين نسبة التضرس ومحيط الحوض، إذ توجد علاقة عكسية بين التضاريس النسبية ودرجة مقاومة الصخر عند ثبات عوامل المناخ، وتشير النتائج المرتفعة عن صغر مساحة الحوض، وتُظهر القيمة المنخفضة للتضاريس النسبية لحوض وادي كعام البالغة1.42 م/كم كبر مساحة الحوض.

5- قيمة الوعورة Ruggedness Number:

يشير ارتفاع قيمة الوعورة إلى تضرس الحوض وسيادة التعرية المائية وانحدار المجرى، وزيادة نقل الرواسب، واحتمالية حدوث الفيضان، لارتباطها بالتضاريس وكثافة الجريان (برقان،2015، وريان،2014) وإذ تبين القيمة المنخفضة للوعورة في حوض وادي كعام البالغة 0.65 انخفاض الكثافة التصريفية.

6- معامل النسيج Texture Ration:

ويعني درجة تقطع سطح الحوض بالمجاري المائية، ويرتبط معامل النسيج الطبوغرافي بالمناخ وخاصة الأمطار، وتضاريس الحوض ونوع الصخر والغطاء النباتي (عبدالهادي، 2015، وبرقان، 2015، وريان،2014). ووفق تصنيف Smith نجد أن معامل النسيج الطبوغرافي لحوض وادي كعام بلغ (8.21) بعد تطبيق المعادلة أنظر الجدول3. وبذلك تكون قيمة معامل النسيج مرتفعة، وتقع في نطاق النسيج الناعم، ولعل السبب في ذلك يرجع مساحة الحوض الكبيرة

الجدول3: الخصائص التضاريسية لحوض وادي كعام

المتغير	أقصى ارتفاع متر	أدنى ارتفاع متر	نسبة التضرس م/كم	التضاريس النسبية م/كم	قيمة الوعورة	معامل النسيج	التكامل الهبسومتري
القيمة	508	6	6.48	1.42	0.65	8.21	47.06

7- التحليل الهبسومتري Hypsometric Analysis:

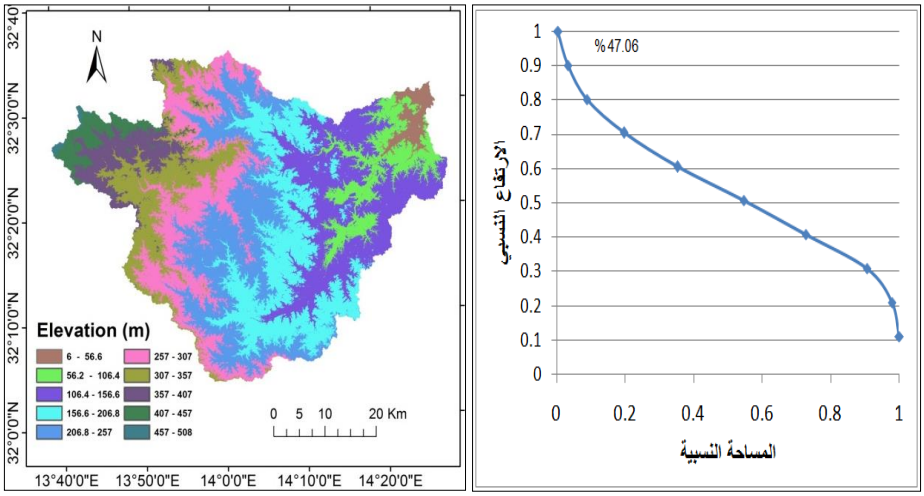
ويشمل التحليل الهبسومتري على عنصرين أساسيين لتوضح المرحلة الزمنية التي وصلت لها الدورة الحتية في الحوض المائي بيانيا ورياضيا، وهما:

أ- التكامل الهبسومتري Hypsometric Integral:

تم استخراج قيمة هذا المعامل وفق المعادلة التي أقترحها ستريلر والتي تبين العلاقة بين مساحة الحوض المائي وتضاريسه (ارتفاعه) رياضيا. والذي من خلالها تحدد المرحلة العمرية التي يمر بها الحوض، فإذا كانت قيمة التكامل الهبسومتري 40 فأقل تعني أن الحوض في مرحلة الشيخوخة، وأما إذا كانت بين 40-60 ففي مرحلة النضج، وأخيرا يكون الحوض في مرحلة الشباب عندما تكون قيمة التكامل الهبسومتري بين 60-79.5 (sterahler,1957). وكما تتناقص قيمته مع تقدم الدورة الحتية ونشاطها(سلامة،2004)، ويمر حوض وادي كعام بمرحلة النضج حيث تبلغ قيمة التكامل الهبسومتري فيه 47.1% كما بالجدول3، و تصل الكتلة المتبقية نحو 52.94 من المواد الصخرية بالوادي.

ب - المنحنى الهبسومتري Hypsometric Curve:

ويوضح المنحنى العلاقة بين المساحة النسبية للحوض المائي وارتفاعه النسبي على محورين (س،ص)، وتم تمثيلها بيانيا كما بالشكل (4)، و تتراوح قيمة المنحنى الهبسومتري ما بين (1-0.0) (المغازي،2015).

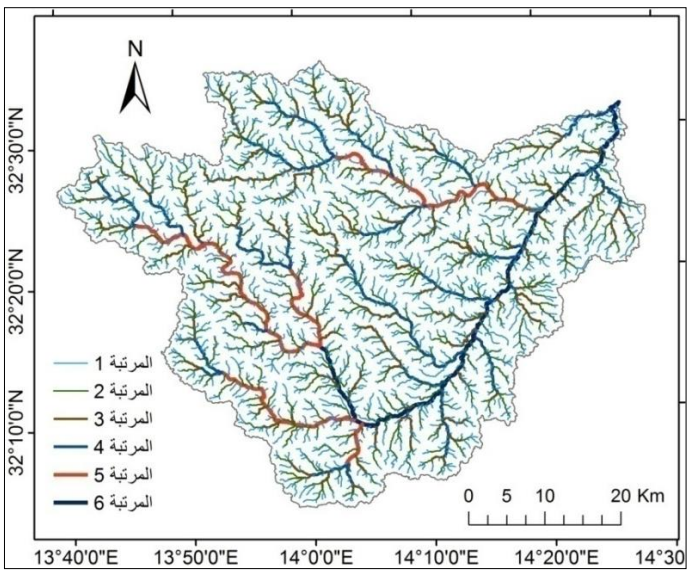


الشكل4: المنحنى الهبسومتري تصنيف الارتفاع في حوض وادي كعام (المصدر: الباحث ArcGIS)

الخصائص المورفومترية للشبكة المائية:

1- رتبة وعدد المجاري Stream Order & Number:

صنفت الرتب النهرية في حوض وادي كعام وفق تصنيف ستريلر التي تنص على أن كل رافد مائي ليس له رافد مائي أخر يشكل المرتبة الأولى، وعند التقاء رافدين من المرتبة الأولى يشكلان المرتبة الثانية وهكذا، وتغذية رافد من مرتبة أولى على مرتبة متقدمة لا يوثر في الترتيب. ووفق ذلك تصنف الشبكة النهرية لحوض وادي كعام إلى ستة مراتب باستخدام GIS كما بالجدول(4) والشكل(5). ويظهر من الجدول (4) أن مجموع عدد المجاري لحوض وادي كعام يبلغ 2893 واد. تبلغ في المرتبة الأولى نحو2252 واد, في حين تسجل المرتبة الثانية نحو 489 واد، ونحو 110 واد في المرتبة الثالثة وبنسبة 17.2 و3.8% على التوالي. أما المرتبة الرابعة فبلغت 27 واد، والخامسة 5 وديان.

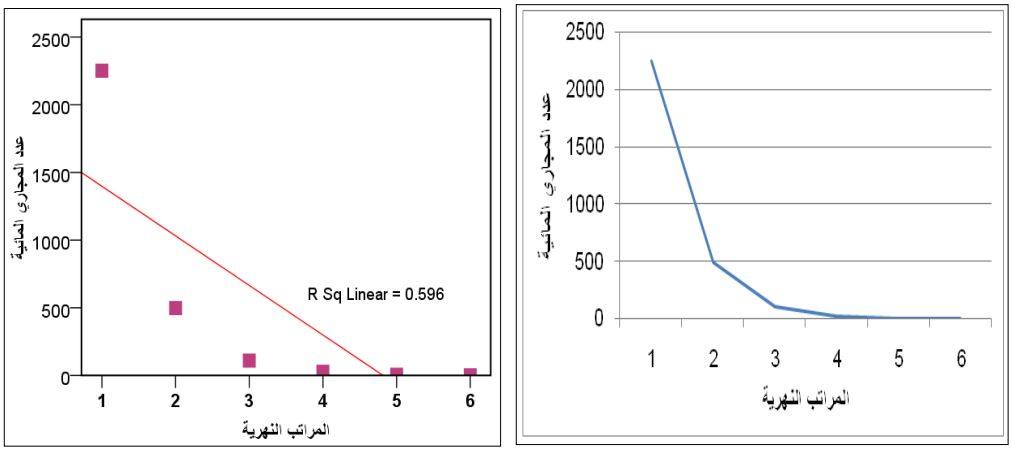


الشكل5: المراتب النهرية في حوض وادي كعام(المصدر: الباحث اعتمادا على نموذج الارتفاع الرقمي وتقنية ArcGIS)

الجدول4: الخصائص المورفومترية للشبكة المائية

المتغير	عدد المراتب	عدد المجاري المائية/ واد	مجوع أطوال المجاري المائية كم	معدل نسبة التشعب	الكثافة التصريفية كم/كم^2	التكرار النهري مجرى/كم	شدة التصريف	رقم الترشيح
القيمة	6	2893	3290.07	4.48	1.29	1.14	1.47	1.47

ويظهر من الشكل6: أن العلاقة بين المراتب النهرية وأعدادها علاقة عكسية، فكلما كانت المرتبة النهرية أقل كلما كان عدد المجاري أكثر ، فأعداد المجاري المائية في المرتبة الأولى أكثر من مجاري المرتبة الثانية. ويؤكد على هذه العلاقة تحليل الانحدار البسيط المبين في الشكل6 على مستوى دلالة إحصائية 0.002 .



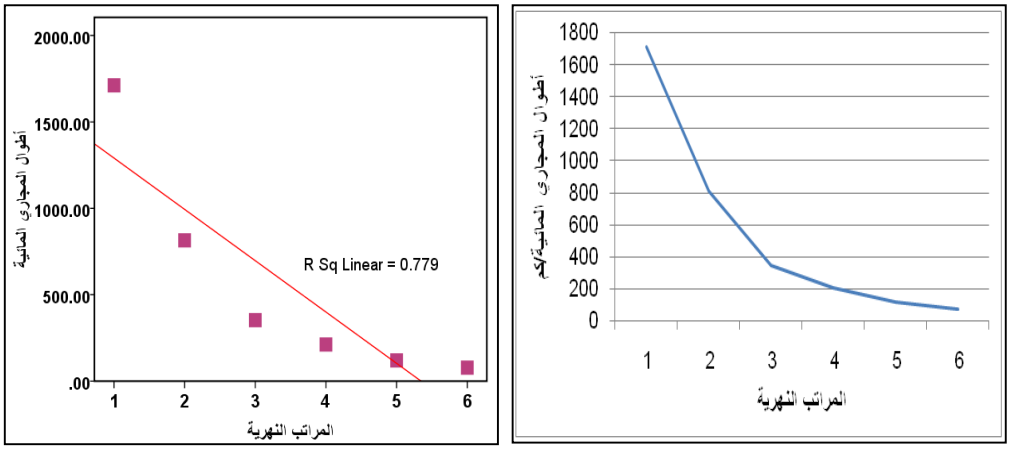
الشكل6: العلاقة بين المراتب النهرية وعددها في حوض وادي كعام

2- نسبة التشعب Bifurcation Ratio:

وتعني النسبة بين عدد المجاري المائية لمرتبة معينة وبين عدد المجاري المائية المرتبة التي تليها، وانخفاض نسبة التشعب تعني زيادة خطر الفيضان، وتتراوح نسبتها ما بين 3-5، وتعكس هذه النسبة تضاريس الحوض المائي وظروفه المناخية والجيولوجية (العمري،(بدون تاريخ)، وبرقان،2015)، وتبلغ نسبة التشعب في حوض وادي كعام نحو**3.6**، في حين يسجل معدل نسبة التشعب **4.49** كما بالجدول(4).

3- أطوال المجاري Stream Length:

يبلغ مجموع أطوال مجاري الشبكة المائية في حوض وادي كعام 3290.07 كم، وتتباين أطوالها حسب المراتب كما بالجدول (5) فتسجل أطوال المجاري في المرتبة الأولى نحو1712.08 كم، وبنسبة 52.2% من مجموع أطوال الشبكة المائية في الحوض، في حين يصل مجموع أطوال مجاري الشبكة المائية في المرتبة الثانية نحو 814.77 كم وبنسبة 24.76%، وتسجل أطوال المجاري في المرتبة الثالثة نحو 352.76 كم وبنسبة 10.4%، أما مجموع أطوال الشبكة المائية في المرتبة الرابعة فتبلغ 212.2كم وبنسبة6.44%، ونحو 120.08كم وبنسبة3.65% للمرتبة الخامسة، وأخيرا سجلت المرتبة السادسة 78.18كم وبنسبة2.38% من مجموع أطوال الشبكة المائية في حوض وادي كعام، ويظهر من الشكل7: أن العلاقة بين المراتب النهرية وأطوالها علاقة عكسية، فكلما كانت المرتبة النهرية أقل كلما كان طول المجاري أكثر ، فأطوال المجاري المائية في المرتبة الأولى أكثر من مجاري المرتبة الثانية. ويؤكد على هذه العلاقة تحليل الانحدار البسيط المبين في الشكل7، وعلى مستوى دلالة إحصائية 001.



الشكل7: العلاقة بين المراتب النهرية وأطوال مجاريها المائية في حوض وادي كعام

الجدول5: الخصائص المورفومترية للشبكة المائية

المجاري النهرية	الرتب النهرية	عدد المجاري النهرية	%	نسبة التشعب	عدد المجاري المائية لكل رتبتين	النسبة* العدد	مجموع أطوال المجاري كم	%
حوض وادي كعام	1	2252	77.8	4.5	2750	12375	1712.08	52.03
	2	498	17.2	.45	608	2736	814.77	24.76
	3	110	3.8	3.9	137	534.3	352.76	10.72
	4	27	0.93	4.5	32	144	212.2	6.44
	5	5	0.17	5	6	30	120.08	3.65
	6	1	0.03	----	----	----	78.18	2.38
المجموع		2893	100	22.4	3533	15819.3	3290.07	100

$$\text{معدل نسبة التشعب} = \frac{15819.3}{3533} = 4.48$$

4- التكرار النهري Drainage Frequency:

ويعني عدد المجاري المائية في كل كم^2، ويعتبر مقياسا للنسيج الطبوغرافي للحوض، كما تنخفض قيمة هذا العامل في الأحواض المائية الكبيرة، وارتفاعها يعني زيادة في تجميع المياه في الحوض النهري، كما توجد علاقة بين التكرار النهري ودرجة انحدار الروافد، وطول المجرى، والمساحة الحوضية (عبدالهادي،2015، العتوم،1990)، فقد بلغت قيمة التكرار النهري في حوض وادي كعام 1.14مجرى/كم.

5- الكثافة التصريفية Drainage Density:

وتعني مدى انتشار الشبكة النهرية وتفرعها ضمن مساحة الحوض، وتزداد الكثافة التصريفية بزيادة أطوال المجاري، وكما تعطي دليلا على مدى تطور شبكة التصريف في الحوض (برقان،2015، عبدالهادي، 2015، السيلاوي، 1989)، ومن حساب المعادلة تبين أن الكثافة التصريفية لحوض وادي كعام تبلغ 1.29كم/كم^2 كما بالجدول4 ، و هذا يعني أن كل كم^2 تجري فيه عدد من المجاري المائية ، وترتبط الكثافة التصريفية بنوع المناخ السائد ونوع الصخر، ودرجة الانحدار.

6- رقم الترشيح Infiltration Number**:**

ويعني مدى تسرب المياه لجوف الأرض، فإذا كان القيمة مرتفعة تدل على سرعة الجريان ووجود صخور غير نفاذية والعكس. وكما توجد علاقة عكسية بين كثافة التصريف ورقم الترشيح. فمع زيادة الترشيح والتسرب تنخفض الكثافة التصريفية (برقان،2015). ويبلغ رقم الترشيح لحوض وادي كعام 1.47، كما بالجدول4.

النتائج:

توصلت الدراسة إلى نتائج أهمها:

1- فاعلية تقنية نظم المعلومات الجغرافية ــ من حيث السرعة والدقة ــ في استخراج الخصائص المورفومترية لحوض وادي كعام، الشكلية والمساحية ، وخصائص الشبكة المائية.

2- بناء قاعدة بيانات للمتغيرات المورفومترية لحوض وادي كعام اعتمادا على تقنية نظم المعلومات الجغرافية، ونموذج الارتفاع الرقمي.

3- إنتاج خرائط رقمية ذات جودة عالية يمكن الاستفادة منها في التخطيط والتنمية أنظر الملحق1.

التوصيات:

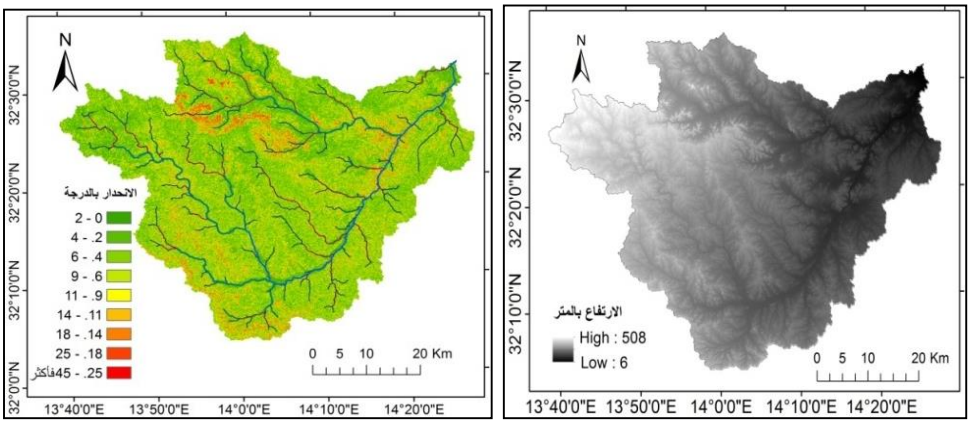
1- ضرورة تطوير الكوادر الوطنية في وزارة الموارد المائية على برمجية نظم المعلومات الجغرافية ودورها الرئيسي في رسم الشبكة المائية داخل ليبيا بسرعة ودقة عالية وكلفة أقل.

2- الاهتمام بإقامة وتطوير المحطات المناخية الموجودة في الأودية وتوثيق البيانات وأرشفتها.

3- عمل قاعدة بيانات مورفومترية ومناخية وهيدرولوجية موثوقة ومتاحة يمكن الاستفادة منها في الدراسات المستقبلة وخاصة المتعلقة بالتنبؤات .

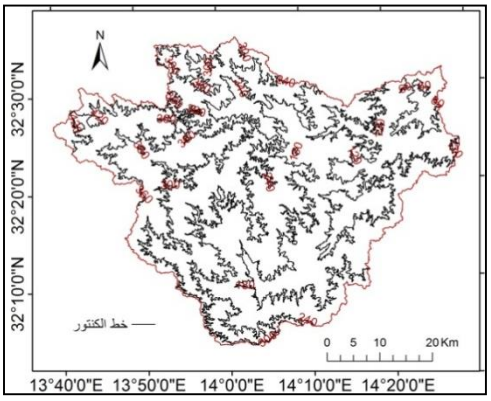
الملحق1:

الموقع الجغرافي لحوض وادي كعام

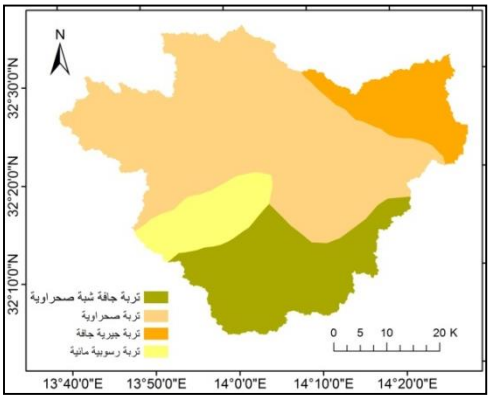


نموذج الارتفاع الرقمي لحوض وادي كعام

الانحدار بالدرجة في حوض وادي كعام



خطوط الكنتور لحوض وادي كعام



التربة في حوض وادي كعام

المراجع:

أولا: المراجع العربية:

1- عبدالهادي، كريمة سالم (2015)، التحليل الجيومورفولوجي لحوض وادي الهيرة" دراسة جيومورفومترية"، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة طرابلس، ليبيا.

2- برقان، محمد عبدالله (2015)، دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي غزة والحصاد المائي لحوضه الأعلى باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة النجاح، نابلس، فلسطين.

3- السيلاوي، محمود سعد (1989)، هيدرولوجية المياه السطحية، ط1، دار الجمهورية للنشر والتوزيع، مصراتة، ليبيا.

4- سلامة، حسن رمضان (2004)، أصول الجيومورفولوجيا،ط3، دار المسيرة، عمان، الأردن.

5- العتوم، محمد محمود (1990)، حوض وادي الرميمين: دراسة جيومورفومترية، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.

6. المغازي، باسم عبدالرحمن (2015)، دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية: دراسة في الجيومورفولوجية التطبيقية، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الإسلامية، غزة، فلسطين.

7- ريان، وفاء كمال(2014)، الخصائص المورفومترية لحوض وادي الفارغ_ فلسطين باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاع الرقمي، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الإسلامية، غزة، فلسطين.

8- العمري، (ب ت)، تحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف في منطقة كريتر عدن باستخدام معطيات نظم المعلومات الجغرافية، جامعة عدن عتق، شبوة، ندوة عدن بوابة اليمن الحضارية.

9. مركز البحوث الصناعية (2009)،الخريطة الجيولوجية لليبيا.

10- محطة الإرصاد الجوي الخمس، ومحطة وادي كعام المطرية بيانات مناخية عن درجة الحرارة والأمطار غير منشورة،2015.

ثانيا: المراجع الأجنبية:

1. Horton, R.E**.(** 1945)**,"Erosional Development of Streams and their Drainage Basins: A Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology"** Geological Society of America Bulletin, 56 (3), pp. 275-370.
2. Strahler, A.N.(1957), **"Quantitative analysis of watershed geomorphology"**, Trans. Am. Geophys.Union. 38, pp. 913-920.
3. Rafiq. A.H., Aadil. H, and SamiUllah. B(2012), **"Application of Morphometric Analysis for Geo-Hydrological Studies Using Geo-Spatial Technology –A Case Study of Vishav Drainage Basin"**, Hydrology Current Research, vol4, ISSN 2157-7587,pp 1-12.

4. D.K. Chadha, B. R. Neupane (2011), **"Significance of Geomorphic Analysis of Watershed for Optimization of Recharge Structures"**, UNESCO, Global Hydrogeological Solutions,
5. Panhalkar S.S., Mali S.P., Pawar C.T(2012), **"Morphometric analysis and watershed development prioritization of Hirany akeshi Basin in Maharashtra, India"**, *International Journal of Environmental Sciences, Volume 3*, ISSN 0976 – 4402,pp525-534.
6. Panhalkar S.S., Mali S.P.(2013), Pawar C.T, **"Morphometric analysis and watershed development prioritization of Hirany akeshi Basin in Maharashtra, India"**, International Journal of Conceptions on Mechanical and Civil Engineering, Vol. 1, ISSN: 2357 – 2760,pp10-16.
7. Vandana .M,(2013) **" Morphometric analysis and watershed prioritisation:a case study of Kabani river basin,Wayanad district, Kerala, India"**, India Journal of Ge- Marine sciences, Volume 42(2),pp211-222.
8. L.Waikar and Aditya P. N(2014) **"Morphometric Analysis of a Drainage Basin Using Geographical Information System: A Case study"**, International Journal of Multidisciplinary and Current Research, Vol.2 , ISSN: 2321-3124, pp179-184.
9. Kuldeep. P, Upasana. P(2011), **"Quantitative Morphometric Analysis of a Watershed of Yamuna Basin,India using ASTER (DEM) Data and GIS"** ,International journal of geomatics and geoscences, Volume 2, No 1, ISSN 0976 – 4380,pp248-269.
10. Hachem. A, Ali. E, (2014) **"Morphometric analysis of a Guigou Sub-Watershed, Sebou Basin, Middle Atlas, Morocco Using GIS Based ASTER (DEM) image"**, International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 3, ISSN: 2319-8753,pp 11503-11512.
11. Pareta.k.p (2011), **"**Hydro **Morphometric study of karawan Watershed using Remote sensing techniques",** International Science Research Journal .