

## التحليل الهيدرومورفومتري لحوض وادي القطارة بنغازي - ليبيا، باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية و الاستشعار عن بعد

أ.م. لبنى سليمان بن طاهر

استاذ مساعد بقسم الهندسة المدنية/ كلية الهندسة / جامعة بنغازي.

Email: Lubnabentaher@gmail.com., [lubna.bentaher@uob.edu.ly](mailto:lubna.bentaher@uob.edu.ly)

### Abstract

This study aimed to establish the hydromorphometric analysis of Wadi AlQattara basin, located in southeast of Benghazi city - Libya, by integrating Remote Sensing, Geographic Information Systems techniques, and Snyder Model's. The study results concluded that, Wadi AlQattara basin with an area of 1074.81km<sup>2</sup>, by length of main stream 89.5km, and the shape factor 0.13, that means the basin shape is close to the triangle and still in the stage of maturity. Moreover, the basin's streams rank from 1 to 8 with total number of 13492 streams, by a bifurcation ratio is 7.25 as the solidity and permeability of rock formations in the basin area, to reduce the flooding risk. According to the synthetic unit hydrograph by Snyder model, the concentration time in Wadi AlQattara basin is 19.55hr, beside the maximum flood flow 122.26m<sup>3</sup>/sec with a peak time of 22.7hr. Should be recommended to design a storm drainage network in Benghazi city to suit the annual rainfall quantities, to protect it from the impact of severe floods, and build obstructive dams in course of the streams. Use of integration between Remote Sensing techniques and Geographic Information Systems to study basins and valleys in Libya, by creating an available morphometric, climatological and hydrological database.

**Keywords:** Wadi AlQattara Basin, Morphometric Analysis, Hydrological Analysis, Snyder Model, Geographic Information Systems, Remote Sensing.

## الملخص:

هدفت الدراسة الى اجراء التحليل الهيدرومورفومتري لحوض وادي القطارة الواقع بالجنوب الشرقي لمدينة بنغازي- ليبيا، بالتكامل بين تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم معلومات الجغرافية؛ توصلت نتائج الدراسة إن بحوض وادي القطارة تنتقل المياه من منبعه بمرتفعات الرجمة و الابيار الى مصبه بالبحر المتوسط بمساحة  $21074.81 \text{ km}^2$  بطول للمجرى الرئيسي  $89.5 \text{ km}$ ، و معامل شكل  $0.13$  مما يعني اقتراب شكل الحوض من المثلث و لا يزال في مرحلة النضج، اما نسبة التضرس بلغت  $25.21 \text{ km}^2$  مما يدل على نشاط عملية الحت النهري. رتب الاودية بحوض وادي القطارة من 1 الى 8 بعدد  $13492$  وادي، بمجموع أطوال  $3908.22 \text{ Km}$ ، و بنسبة تشعب مرتفعة بمقدار  $7.25$  ذلك ناتج عن صلابة التكوينات الصخرية بمنطقة الحوض ونفاذيتها و تباعد المجاري المائية، لتدل على قلة خطر الفيضان بالحوض؛ زمن التركيز بحوض وادي القطارة يصل الى  $19.55 \text{ hr}$  بسبب طول الوادي والمناخ الجاف و الشبة الجاف التابع له الحوض؛ بالإضافة الى اقصى تدفق للسيل بحوض وادي القطارة  $122.26 \text{ m}^3/\text{sec}$  بزمان ذروة  $22.7 \text{ hr}$ ، و بحجم  $350.01 \text{ Mm}$ ، بسرعة  $1.62 \text{ m/sec}$ ، ذلك وفق منحنى الوحدة الاصطناعي للسيل من نموذج سنايدر.

يتوجب التوصية بتصميم شبكة تصريف مياه الامطار بمدينة بنغازي لتلائم الكميات المطيرة سنويا لحمايتها من اثر سيول و تكدس مياه الامطار، بالإضافة الى إنشاء سدود تعويقيه بمجرى الاودية التي تؤثر عليها و عدم التهاون في تطبيق التشريعات التي تحد من عمليات التوسع الحضري على الغطاء النباتي الطبيعي بحوض وادي القطارة؛ التوصية باستخدام التكامل بين تقنيات الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية كوسيلة لدراسة الاحواض و الاودية بإنشاء قاعدة بيانات مورفومترية ومناخية وهيدرولوجية متاحة يمكن الاستفادة منها في الدراسات المستقبلية بدولة ليبيا.

**الكلمات المفتاحية:** حوض وادي القطارة، التحليل المورفومتري، التحليل الهيدرولوجي، نموذج سنايدر، نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن بعد.

## 1. المقدمة:

الخصائص المورفومترية للأحواض المائية يمكن التنبؤ من خلالها بالعمليات الهيدرولوجية للفيضانات، فمن هذا الأساس أصبحت إحدى أهم العلوم للباحثين بمجال المياه لما توفره من قياسات كمية لمختلف الخصائص المتعلقة بالأحواض وشبكاتها المائية و التي يمكن تعيينها من خلال مصادر البيانات متمثلة بالخرائط الطبوغرافية، و الصور الجوية و البيانات الفضائية[1]؛ يقع مصب وادي القطارة بأوديته الموسمية بالمدخل الغربي لمدينة بنغازي، مستقبلاً تساقط للأمطار خلال فترات قصيرة فينتج عنها جريان سطحي وغالباً ما يتحول إلى سيول، لذلك مع توفر تقنيات نظم المعلومات الجغرافية المستخدمة في استخلاص الخصائص الهيدرومورفومترية، شجع المختصين في السنوات الأخيرة بدراسة مخاطر السيول التي تتشكل في المجاري المائية قاطعة بمجاريها النسيج العمراني بالمدن الليبية.

طبق العدد من الباحثين دراسات تمت بالاعتماد على التكامل بين تقنيات الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية لاستنباط الخصائص الهيدرومورفومترية لأحواض التصريف منها: ما قدمه كل من عبدالرحمن و عمران، 2018، اللذان قاما بدراسة هيدرولوجية لأحواض الشرقية لبحيرة دربندخان بدولة العراق، و النشوان، 2018، الذي درس الخصائص الهيدرولوجية لحوض شعيب تمر في محافظة السلي بالملكة العربية السعودية، اما العمري، 2020، قام ببحثه بتحليل الخصائص المورفومترية و الهيدرولوجية لأحواض التصريف في منطقة كريتر بعدن بدولة اليمن، ايضاً الخفاجي و الموسوي، 2021، درساً بعض الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي شوشيرين الواقع بالحدود الإيرانية العراقية وتقدير حجم الناتج الرسوبي به، وما قدمه النيش، و الجبوري، 2021، بنتائج بحثهما بتحليل الهيدرولوجي لحوض وادي بادوش بدولة العراق [1، 2، 3، 4، 5].

تهدف هذه الدراسة إلى الكشف عن الخصائص الهيدرومورفومترية لحوض وادي القطارة بمدينة بنغازي بتوظيف التكامل بين تقنيات الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية، وذلك لتحديد خصائص شبكة الصرف المائي للحوض و خصائصه الشكلية و التضاريسية، بالإضافة إلى إبراز خصائصه الهيدرولوجية من تدفق الذروة و زمن

التركيز و حجم الجريان السطحي بإعداد منحني الوحدة ( synthetic unite hydrograph) باستخدام نموذج سنايدر (Snyder's Model)، بالاعتماد على البيانات والمعلومات التي جمعت من الصور الفضائية لمنطقة الدراسة بواسطة برنامج Google Earth ونماذج الارتفاعات الرقمية؛ تم اعداد التحليل الهيدرولوجي و المورفومتري للحوض قيد الدراسة و انتاج الخرائط وتصحيحها وارجاعها باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS10.5. تكمن اهمية الدراسة كونها تحدد اوجه الطرق الفعالة لحماية المدنية من السيول و الفيضانات الموسمية بموقع حوض وادي القطارة، لجعله من المناطق الواعدة التي تصلح لاستثمار المياه السطحية، بالإضافة الى ان الدراسة تعد مجالا لفهم الجانب الهيدرولوجي و المورفومتري لحوض وادي القطارة بإنشاء قاعدة معلومات جغرافية رقمية لخصائصه.

## 1. منهجية و بيانات الدراسة:

### 1.2 التحليل المورفومتري لأنظمة التصريف:

يشير التحليل المورفومتري إلى جميع الخصائص الحوضية القياسية التي تنتج عن اخذ قياسات معينة للأحواض المائية، وتتم عملية التحليل المورفومتري للأحواض المائية باحتساب التالي:

1. الخصائص المساحية و التضاريسية لأحواض التصريف تستنبط من برنامج ArcGIS10.5، و هي:

- مساحة حوض الوادي ( $A \text{ km}^2$ ).
- اقل منسوب للأرض الطبيعية ( $H_{\min} \text{ m}$ ).
- طول محيط الحوض ( $P \text{ Km}$ ).
- اعلى منسوب للأرض الطبيعية ( $H_{\max} \text{ m}$ ).
- طول المجرى الرئيسي ( $L \text{ Km}$ ).
- متوسط منسوب الأرض الطبيعية ( $H_{\text{avr}} \text{ m}$ ).
- عرض الحوض ( $W \text{ Km}$ ).
- طول المركز للحوض ( $L_c, \text{ Km}$ ).

2. خصائص شكل حوض التصريف وفق العلاقات الرياضية التي عرضت بجدول 1.

### جدول 1. الخصائص المساحية للأحواض التصريفية [4، 5، 6].

رقم معادلة	المعامل	صيغة المعادلة	تعريف الرموز
1	نسبة الاستدارة	$R_C = 4 \times \pi \times \left(\frac{A}{P^2}\right)$	$A$ = مساحة الحوض $\text{Km}^2$ . $P$ = محيط الحوض $\text{Km}$ . $R_C$ = نسبة الاستدارة.
2	نسبة الاستطالة	$R_e = \frac{2}{L} \times \left(\frac{A}{\pi}\right)^{0.5}$	$A$ = مساحة الحوض $\text{Km}^2$ . $L$ = طول المجرى الرئيسي الحوض $\text{Km}$ . $R_e$ = نسبة الاستطالة.
3	نسبة التماسك	$R_f = \frac{1}{\sqrt{R_C}}$	$R_C$ = نسبة الاستدارة. $R_f$ = نسبة التماسك.
4	معامل شكل الحوض	$S_f = \frac{A}{L^2}$	$A$ = مساحة الحوض $\text{Km}^2$ . $L$ = طول المجرى الرئيسي الحوض $\text{Km}$ . $S_f$ = معامل شكل الحوض.
5	معامل التقلطح	$B_f = \frac{L}{A}$	$A$ = مساحة الحوض $\text{Km}^2$ . $L$ = طول المجرى الرئيسي الحوض $\text{Km}$ . $B_f$ = معامل التقلطح $1/\text{km}$ .

### 3. الخصائص التضاريسية لأحواض التصريف بحسب بالمعادلات الرياضية بجدول 2.

### جدول 2. الخصائص التضاريسية لأحواض التصريف [3، 4، 5].

رقم معادلة	المعامل	صيغة المعادلة	تعريف الرموز
6	نسبة التضرس.	$R_r = \frac{H_{max} - H_{min}}{L}$	$H_{max}$ = أقصى منسوب لسطح الأرض بالحوض $m$ . $H_{min}$ = أقل منسوب لسطح الأرض بالحوض $m$ . $L$ = طول المجرى الرئيسي الحوض $\text{Km}$ . $R_r$ = نسبة التضرس $m/\text{km}$ .
7	نسبة تقطع الحوض.	$T_B = \frac{N_u}{P}$	$N_u$ = مجموع عدد الاودية حسب الرتب. $P$ = محيط الحوض $\text{Km}$ . $T_B$ = نسبة التقطع $\text{km}/\text{وادي}$ .
8	قيمة الوعورة .	$R_n = \frac{D(H_{max} - H_{min})}{L}$	$H_{max}$ = أقصى منسوب لسطح الأرض بالحوض $m$ . $H_{min}$ = أقل منسوب لسطح الأرض بالحوض $m$ . $D$ = كثافة تصريفية للحوض $\text{Km}/\text{وادي}$ . $L$ = طول المجرى الرئيسي الحوض $\text{Km}$ . $R_n$ = قيمة الوعورة $\text{km}^2/\text{وادي}$ .

4. الخصائص التصريفية تحست وفق المعادلات التي تعرض بجدول 3 .

جدول 3. الخصائص التصريفية لشبكة الاودية باحواض التصريف [5، 6] .

رقم معادلة	المعامل	صيغة المعادلة	تعريف الرموز
9	متوسط طول مجرى الرتبة النهرية.	$L_{SM} = \frac{\sum L_u}{N_u}$	$L_u$ = طول الوادي حسب الرتبة $u$ . $N_u$ = عدد الاودية حسب الرتبة $u$ . $L_{SM}$ = متوسط طول المجرى المائي $m$ .
10	نسبة التشعب.	$R_S = \frac{N_u}{N_{u+1}}$	$N_u$ = عدد الاودية الرتبة. $N_{u+1}$ = عدد الاودية الرتبة الاعلى. $R_S$ = نسبة التشعب.
11	كثافة التصريف.	$D = \frac{N_u}{P}$	$N_u$ = مجموع طول الاودية حسب الرتبة $u$ . $P$ = محيط الحوض Km. $D$ = كثافة التصريف Km / وادي
12	التكرار النهري (الكثافة العددية).	$F_S = \frac{N_u}{A}$	$N_u$ = عدد الاودية حسب الرتبة $u$ . $A$ = مساحة الحوض Km <sup>2</sup> . $F_S$ = التكرار النهري Km <sup>2</sup> / وادي.
13	معدل بقاء المجرى.	$S_S = \frac{A}{\sum L_u}$	$A$ = مساحة الحوض Km <sup>2</sup> . $L_u$ = طول الوادي حسب الرتبة $u$ . $S_S$ = معدل بقاء المجرى Km .

## 2.2 الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف:

لتقدير حجم الجريان السطحي بحوض وادي القطارة تم الاعتماد على نموذج سنايدر (Snyder's Model) لاحتساب خصائصه الهيدرولوجية و اشتقاق منحى وحدة التدفق Unite Hydrograph؛ اعتمد سنايدر ببناء نموذجه على البيانات الخاصة بالأحواض الواقعة بالمناطق الجافة و التي تفنقر الى بيانات مسجلة عن الجريان السطحي او العواصف المطيرة [7]، على هذا الاساس تم اختياره لتقدير تدفق السيول لمنطقة حوض وادي القطارة.

لحساب المعاملات الهيدرولوجية وفق نموذج سنايدر (Snyder's Model) يتم تطبيق العلاقات الرياضية بجدول 4، اما لرسم منحى تدفق الوحدة الاصطناعي

(synthetic unite hydrograph) لابد من حساب كل من: زمن التباطؤ  $T_p$ ، الفترة المثالية القياسية  $T_r$ ، زمن الأساس للسيل  $T$ ، تصريف الذروة لمنحنى تدفق الوحدة الاصطناعي  $Q_{pSUH}$ ، الفترة الزمنية المناسبة لعرض  $W50$  و  $W75$  بمنحنى الوحدة عند مستوى 50% و 75% من تدفق الذروة، و اخيرا حساب  $i$  cm/hr تركيز هطول الأمطار [7]، كما هو مبين بجدول 5 وشكل 1 .

جدول 4. الخصائص الهيدرولوجية لحوض التصريف حسب نموذج سنايدر Snyder's Model [7، 8، 9، 10]

رقم معادلة	المعامل	صيغة المعادلة	تعريف الرموز
14	اقصى التدفق.	$Q_p = \frac{2.78 C_p A}{T_p}$	$Q_p$ = اقصى تدفق $m^3/sec$ . $A$ = مساحة الحوض $km^2$ . $C_p$ = معامل تدفق الذروة و تتراوح قيمته بين (0.3-0.93). $T_p$ = زمن التباطؤ hr.
15	زمن التركيز.	$T_c = \frac{4A^{0.5} + 1.5L}{0.8H^{0.5}}$	$A$ = مساحة الحوض $km^2$ . $T_c$ = زمن التركيز hr. $L$ = طول مجرى الحوض km. $H$ = الفرق بين متوسط و اقل منسوب بالحوض m.
16	زمن التباطؤ.	$T_p = 0.75 C_t (L L_c)^{0.3}$	$T_p$ = زمن التباطؤ hr. $L$ = طول مجرى الحوض km. $C_t$ = معامل زمن تدفق الذروة و تتراوح قيمته بين (1-2.2). $L_c$ = المسافة الفاصلة بين مصب الحوض ومركز ثقله km.
17	سرعة الجريان السطحي.	$V = \frac{L}{3.6 T_c}$	$T_c$ = زمن التركيز hr. $L$ = طول مجرى الحوض km. $V$ = سرعة الجريان السطحي m/sec.
18	فترة التدرجي لتدفق السيل.	$T_m = \frac{1}{3} T$	$T_m$ = فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل hr. $T$ = زمن الأساس hr.
19	فترة الانخفاض التدريجي لتدفق السيل.	$T_d = \frac{2}{3} T$	$T_d$ = فترة الانخفاض التدريجي لتدفق السيل hr. $T$ = زمن الأساس hr.
20	قيمة التسريب الثابتة.	$F_p = 0.0158 A T_d$	$F_p$ = قيمة التسريب $m^3$ . $T_d$ = فترة الانخفاض التدريجي لتدفق السيل hr.
21	حجم تدفق السيل.	$A_L = Q_p (T_m) \times 10^{-6}$	$A$ = مساحة الحوض $km^2$ . $T_m$ = فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل sec. $A_L$ = حجم تدفق السيل $Mm^3$ . $Q_p$ = اقصى تدفق $m^3/sec$ .

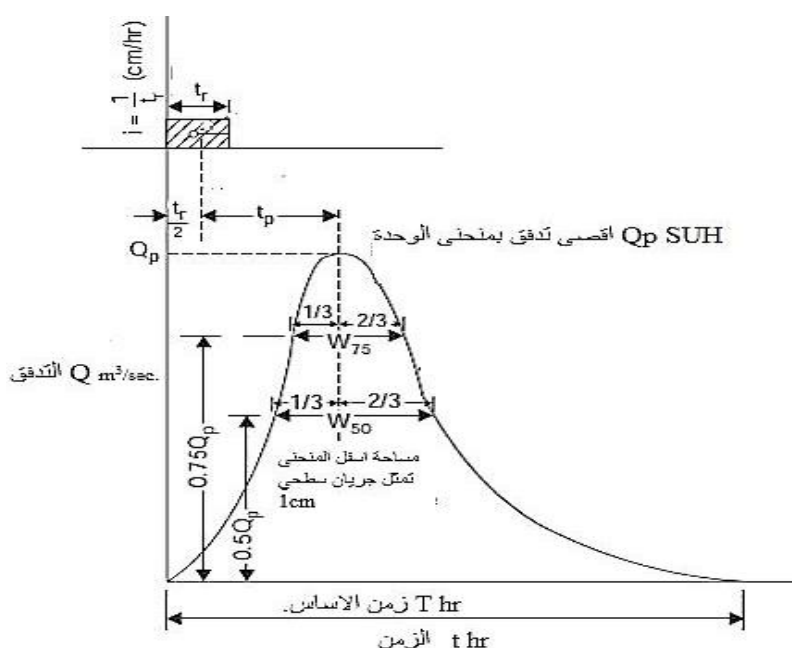
رقم معادلة	المعامل	صيغة المعادلة	تعريف الرموز
22	عمق الجريان السطحي لذروة تدفق السيل.	$E = \frac{Q_p(T_m) \times 10^3}{A}$	$T_m$ = فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل. $A$ = مساحة الحوض $m^2$ . $Q_p$ = أقصى تدفق $m^3/sec$ . $E$ = عمق الجريان السطحي لذروة تدفق السيل $mm$ .
23	قوة السيل في الحوض المائي.	$a = \frac{Q_p}{\sqrt{A}}$	$A$ = مساحة الحوض $Km^2$ . $Q_p$ = أقصى تدفق $m^3/sec$ . $a$ = قوة السيل في الحوض المائي $m^3/sec/Km$ .

جدول 5. خصائص منحنى الوحدة للتدفق (Synthetic Unite Hydrograph) حسب نموذج سنيدر Snyder's Model [7, 8, 9].

رقم معادلة	المعامل	صيغة المعادلة	تعريف الرموز
24	أقصى التدفق لمنحنى الوحدة.	$Q_{pSUH} = \frac{2.78 C_p A}{T_r}$	$Q_{pSUH}$ = أقصى تدفق لمنحنى الوحدة $m^3/sec$ . $A$ = مساحة الحوض $km^2$ . $C_p$ = معامل تدفق الذروة و تتراوح قيمته بين (0.93-0.3). $T_r$ = الفترة الزمنية القياسية لمنحنى الوحدة $hr$ .
25	الفترة الزمنية القياسية لمنحنى الوحدة.	$T_r = \frac{T_r}{2} + T_p$	$T_p$ = زمن التباطؤ $hr$ . $T_r$ = الفترة الزمنية القياسية لمنحنى الوحدة $hr$ . $T_r$ = الفترة الزمنية القياسية $hr$ .
26	زمن الأساس.	$T = 5T_p$	$T$ = زمن الأساس $hr$ . $T_p$ = زمن التباطؤ $hr$ .
27	قيمة تدفق الذروة النوعي.	$q_p = \frac{Q_{pSUH}}{A}$	$Q_{pSUH}$ = أقصى تدفق لمنحنى الوحدة $m^3/sec$ . $A$ = مساحة الحوض $km^2$ . $q_p$ = قيمة تدفق الذروة النوعي $m^3/sec/km^2$ .
28	الفترة الزمنية عند مستوى 50% و 75% من تدفق الذروة.	$W_{50} = \frac{5.6}{(q_p)^{1.08}}$ $W_{75} = \frac{3.21}{(q_p)^{1.08}}$	$W_{50}, W_{75}$ = الفترة الزمنية عند مستوى 50% و 75% من تدفق الذروة لمنحنى سيل الوحدة $hr$ . $q_p$ = قيمة تدفق الذروة النوعي $m^3/sec/km^2$ .



رقم معادلة	المعامل	صيغة المعادلة	تعريف الرموز
29	تركيز الامطار.	$i = \frac{1}{T_r}$	$T_r$ = الفترة الزمنية القياسية لمنحنى الوحدة . hr $i$ = تركيز الامطار cm/hr



شكل (1) خصائص منحنى الوحدة للتدفق (Synthetic Unit Hydrograph) حسب نموذج سنايدر Snyder's Model [7] .

### 3.2 التحليل المورفمري الرقمي للأودية و القنوات باستخدام تقنيات نظم معلومات الجغرافية باستخدام برنامج ArcGIS10.5 :

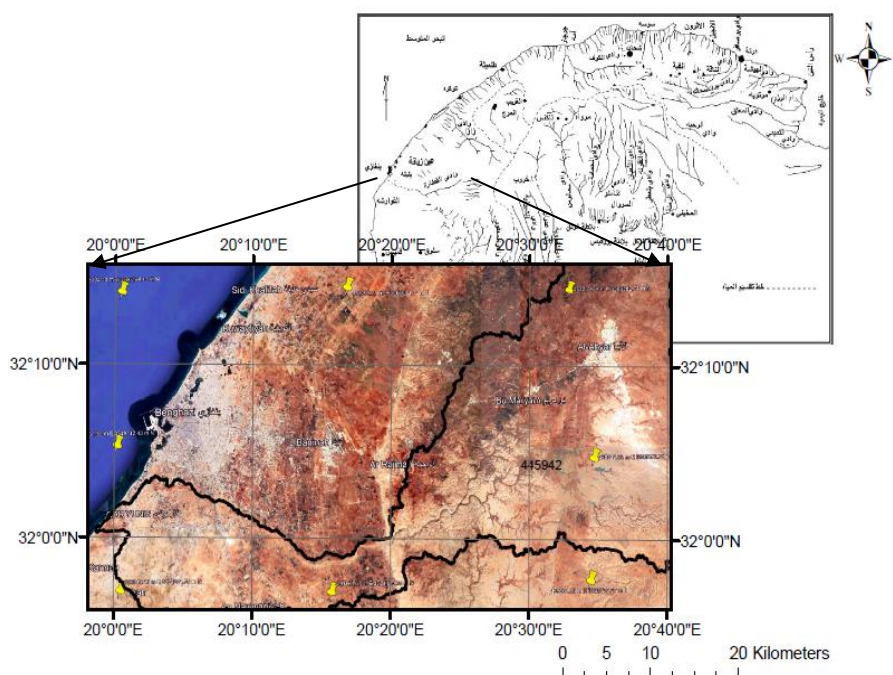
يتم التحليل الهيدرولوجي في برنامج ArcGIS10.5 عن طريق صندوق الادوات Arc Toolbox كآلي [11]:

- اداة Fill: لمليء الانخفاضات غير المتوقعة في بيانات ملف الارتفاعات الرقمية الناتجة من عيوب بها.
  - اتجاه الجريان Flow Direction : لتحديد الاتجاه الذي ستجري من خلاله المياه من خلية الى الخلايا المجاورة لها، وذلك من مقارنة منسوب الخلية مع مناسيب الخلايا المجاورة .
  - تجميع الجريان Flow Accumulation : حساب عدد الخلايا التي ستصب المياه فيها لتحديد شكل المجاري الرئيسي لمنطقة الدراسة.
  - زيادة التحسس: تهدف هذه الخطوة لزيادة التحسس عند استخراج مسارات الاودية من ملف تجميع الجريان، وذلك باستخدام الاداة Con.
  - تحويل ملف الاودية من الصورة الشبكية raster الى الصورة الخطية vector واستخدام الاداة stream to Feature من ادوات الهيدرولوجي للحصول على طبقة خطوط polylines لتحديد مجاري اودية منطقة الدراسة.
  - باستخدام اداة رتب المجاري Stream Orders لتحديد رتب المجاري المائية في منطقة الدراسة ويتم استخدام طريقة Strahler.
  - لدراسة موقع محدد لبيان الحوض المائي الذي يؤثر على الجريان عند هذا الموقع يتم إنشاء طبقة نقاط point shapefile، ثم إضافة نقطة محددة نهاية اي الرتبة المستهدفة.
  - استخدام اداة watershed لاستنباط الحوض المائي الذي يؤثر على الموقع المطلوب دراسته، و يتم استدعاء قاعدة البيانات غير المكانية Attribute Table لطبقة رتب المجاري لمعرفة اجمالي اطوال الاودية حسب الرتب المختلفة و عددها.
- #### 4.2 موقع منطقة الدراسة :

يقع حوض وادي القطارة بمنطقة الرحمة ويمتد الي منطقة قاريونس بمدينة بنغازي و يبعد عنها بحوالي 40 كيلومتر، ويتأثر الحوض بمناخ البحر المتوسط في جزؤه الشمالي، أما الجزء الجنوبي فيتميز بمناخ شبه صحراوي؛ وبالنسبة للتركيب الجيولوجي للصخور بمنطقة الحوض فيرجع عمرها لعصر الميوسين الأوسط، وهذه الصخور يمثلها تكوين الرحمة بعضويه بنغازي ووادي القطارة، ويتميز عضو وادي القطارة بوجود درنات

من الصوان وعدسات من الجبس في القسم العلوي منه، ويغلب على تكوينها الحجر الرملي بصورة رئيسية مع وجود تداخلات من الجبس والحجر الجيري بنسب ضئيلة، وأما تكوينات الزمن الرابع فتغطي رواسبه مساحات واسعة من الشريط الساحلي، وتقسيم رواسب الزمن الرابع في قيعان الأودية إلى قسمين رئيسين هما الرواسب الساحلية والرواسب الفيضية [12،13].

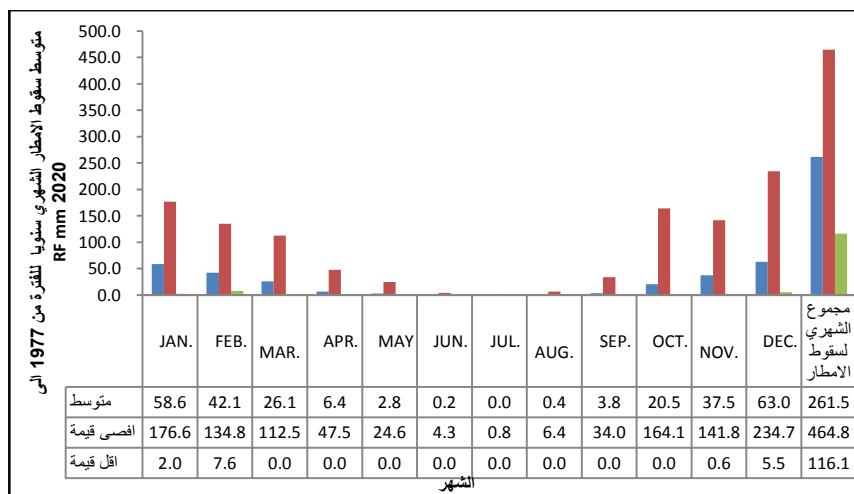
المنطقة التي يقع بها حوض وادي القطارة عند دائرتي عرض  $31^{\circ} 50' 0''$  وخطي الطول  $20^{\circ} 40' 0''$ ،  $20^{\circ} 0' 0''$  كما هو مبين بالشكل 2.



شكل (2) مرئية فضائية من برنامج Google earth لموقع حوض وادي القطارة و معالجة ببرنامج ArcGIS10.5.

## 5.2 البيانات المستخدمة بالدراسة :

في هذه الدراسة تم استخدام مرئية رادارية لعام 2014 لنموذج ارتفاعات رقمي لمدينة بنغازي من خلال موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS و التي التقطت بوساطة المركبة الفضائية ASTER [14]، تم الاستعانة ببرنامج ArcGIS10.5 لمعالجة المرئية للحصول على مناسب الارض الطبيعية بمساحة المنطقة قيد الدراسة وتتبع نظام الاحداثيات و الارجاع الجغرافي الوطني Libyan Geodetic Datum UTM 2006, Zone 34N؛ بالإضافة الى البيانات المناخية المتوفرة بهيئة الارصاد الليبية الخاصة بمحطة بنينا الواقعة عند دائرة عرض  $32.1^0$  و خط طول  $20.26^0$  بمنسوب عن سطح البحر 131m الواقعة في مطار بنينا الدولي بمدينة بنغازي، و النطاق الزمني للبيانات التي استخدمت بالدراسة هي من الفترة 1977 الى 2020. عرض ملخص للخصائص الاحصائية للبيانات المناخية المعتمدة بالدراسة بجدول 6، بالإضافة الى عرض متوسط هطول المطر بالشهر سنويا للفترة 1977 حتى 2020 بالشكل 3 للوقوف على الفترات المطيرة و قيم الامطار العليا و الدنيا بالعام وخصوصا قيم الامطار التي تحدث فوق المعدل السنوي.



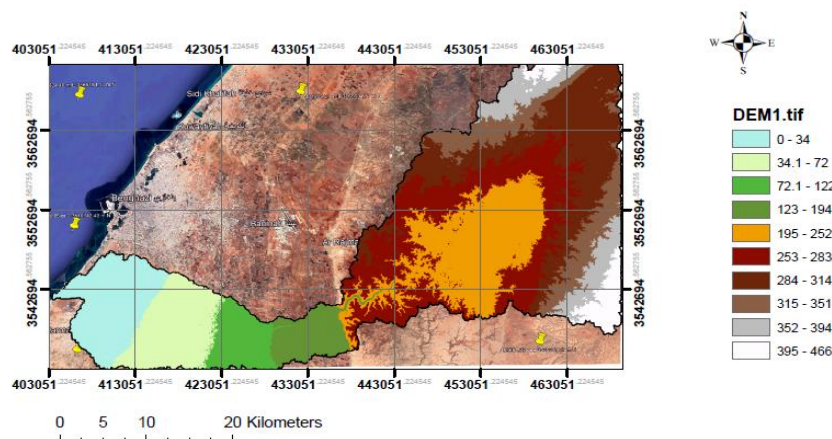
شكل (3) متوسط الامطار الشهري سنويا للفترة 1977 الى 2020 لمحطة بنينا [15].

جدول 6. الخصائص الاحصائية للبيانات المناخية وفق ارساد محطة بنينا للفترة من 1977-2020 [15].

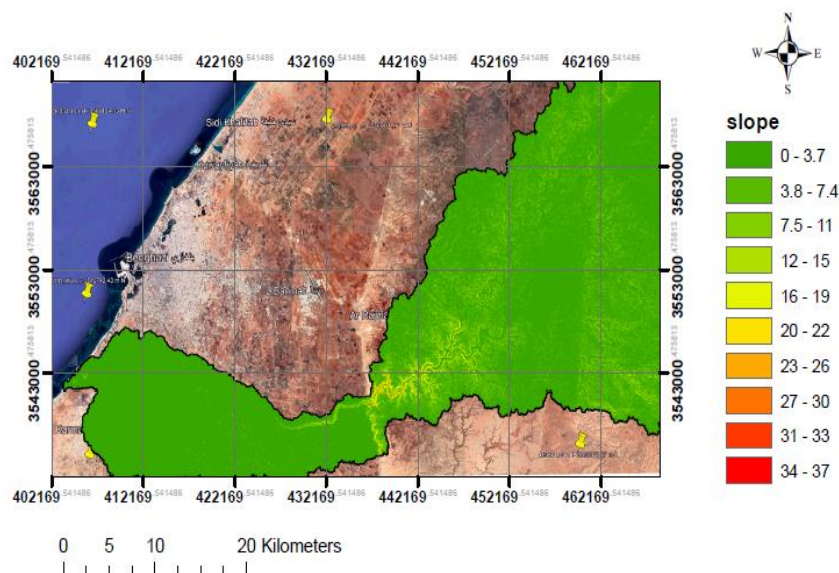
الخصائص الاحصائية	متوسط الرطوبة النسبية %	المجموع الشهري لتساقطات للمطر mm	متوسط درجات الحرارة العظمى C <sup>0</sup>	متوسط درجات الحرارة الصغرى C <sup>0</sup>	البخر mm
افصى قيمة	70.500	414.970	26.600	16.625	305.00
اقل قيمة	52.708	116.050	24.092	14.392	112.60
المتوسط	63.514	227.272	25.185	15.379	223.48

## 2. نتائج التحليل الهيدرومورفومتري لحوض وادي القطارة بالاعتماد على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية و الاستشعار عن بعد:

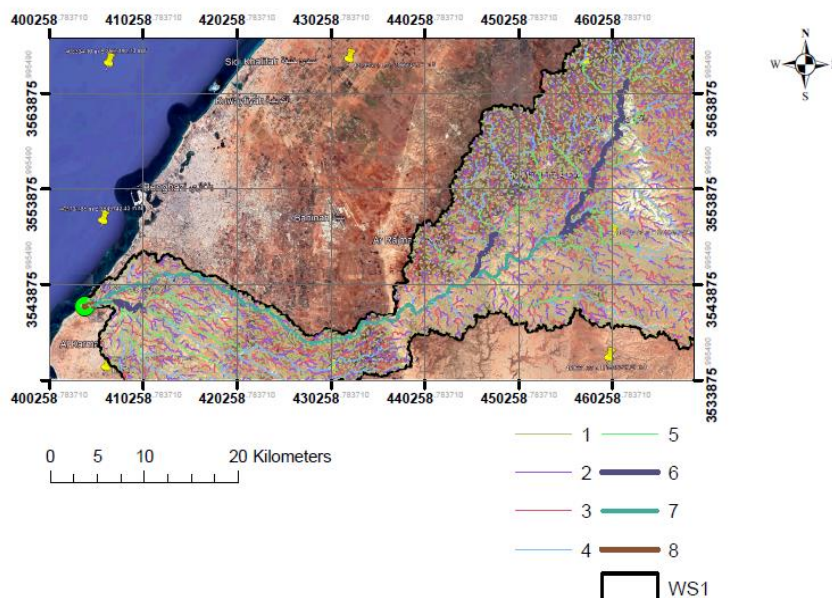
عرضت الاشكال من 4 الى 6 النتائج المتحصل عليها من برنامج ArcGIS10.5 بعد إتمام العمليات (تحديد اتجاه الجريان، تجميع الجريان، زيادة التحسس و تحديد الاودية، استنباط رتب المجاري المائية) على التوالي، فمن خلال برنامج ArcGIS10.5 تم احتساب الخصائص المساحية للحوض من حيث المساحة و المحيط و طول المجرى الرئيسي و عرض الحوض، اما عن مناسيب الارض الطبيعية لحوض وادي القطارة تم استنباطها من نموذج الارتفاعات الرقمية الخاص بمنطقة الحوض و كل النتائج المتحصل عليها عرضت بالجدول 7.



شكل (4) نموذج الارتفاعات الرقمي المعالج لحوض وادي القطارة ببرنامج ArcGIS10.5.



شكل (5) انحدار الارض الطبيعية لحوض وادي القطارة وفق تحليل نموذج الارتفاعات الرقمي ببرنامج ArcGIS10.5.



شكل (6) رتب المجاري المائية بحوض وادي القطار وفق نتائج التحليل الهيدرولوجي ببرنامج ArcGIS10.5.



جدول 7. الخصائص المساحية و طبوغرافية لوادي القطارة وفق نتائج برنامج  
ArcGIS10.5.

المعامل	القيمة	الوحدات
A مساحة الحوض.	1074.818	km <sup>2</sup>
P محيط الحوض.	272.477	Km
L طول المجرى الرئيسي.	89.524	km
W عرض الحوض .	32.032	Km
L <sub>c</sub> طول المجرى لمركز الحوض .	69.985	km
H <sub>avr.</sub> متوسط منسوب للأرض الطبيعية.	288.00	m
H <sub>max.</sub> أعلى منسوب للأرض الطبيعية.	466.000	m
H <sub>min.</sub> أقل منسوب للأرض الطبيعية .	0.000	m
متوسط الاحدار للأرض الطبيعية .	5.72	درجة

بتطبيق المعادلات الخاصة بالتحليل المورفمتري التي تم تعريفها مسبقا بالجداول من 1 الى 3، تم التحصل على الخصائص الشكلية و التضاريسية لحوض واي القطارة، بالإضافة الى خصائص الشبكة المائية بالحوض حسب الرتبة وادرجت بالجداول من 8 الى 11.

جدول 8. الخصائص الشكلية لحوض وادي القطارة وفق نتائج المعادلات بجدول 1.

المعامل	القيمة	الوحدات
B <sub>f</sub> معامل التفلطح	0.083	km <sup>-1</sup>
S <sub>f</sub> معامل شكل الحوض	0.134	km
R <sub>f</sub> نسبة تماسك المحيط	1.173	-
R <sub>e</sub> نسبة الاستطالة	0.413	-
R <sub>c</sub> نسبة الاستدارة	0.727	-

جدول 9. الخصائص التضاريسية لحوض وادي القطارة وفق نتائج المعادلات بجدول 2.

المعامل	القيمة	الوحدات
R <sub>r</sub> قيمة الوعورة	0.0016	m/km
T <sub>B</sub> نسبة التقطع	49.52	وادي/km
R <sub>n</sub> نسبة التضرس	5.21	1/km <sup>2</sup>

جدول 10. خصائص شبكة المجاري المائية بحوض واي القطارة حسب الرتبة وفق نتائج برنامج ArcGIS10.5.

الرتبة u	العدد	متوسط الطول	أقصى طول	أقل طول	مجموع
	$N_u$	$L_{sm}$ m	$L_{smax}$ m	$L_{smin}$ m	$\sum L_u$ m
1	6739	295	2409	43.04	1984799.19
2	3153	293	1971	28.69	924675.12
3	1679	282	1611	28.69	472935.13
4	1012	281	2054	28.69	284505.86
5	489	272	1608	28.69	132812.99
6	140	277	1092	28.69	38508.42
7	273	250	1326	28.69	67929.60
8	7	343	918	40.58	2055.52

جدول 11. خصائص التصريف بالوديان و المجاري المائية بحوض واي القطارة وفق المعادلات بجدول 3.

المعامل	القيمة	الوحدات
$R_s$ نسبة التشعب	7.25	-
$D$ كثافة الصرف	3.64	Km / وادي
$F_s$ كثافة الصرف العددية	12.55	Km <sup>2</sup> / وادي
$Ss$ معامل بقاء المجرى	0.28	km



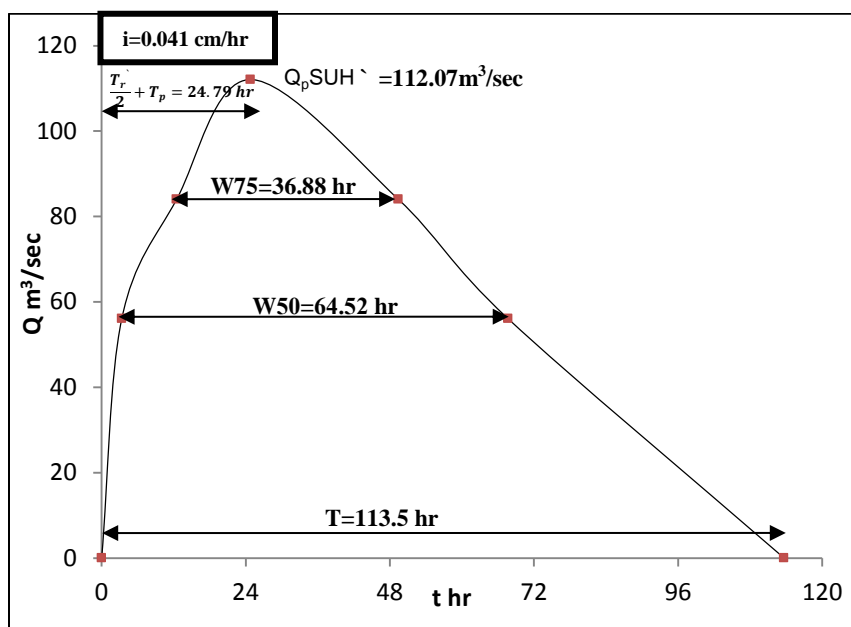
شكل (7) نمط الصرف المائي الشجري بوادي القطارة وفق نتائج برنامج ArcGIS10.5.



بالتحليل الهيدرولوجي بالجدول 12 و 13 و 14 عرضت نتائج تطبيق المعادلات الخاصة بالتحليل الهيدرولوجي لحوض وادي القطارة وفق نموذج سنايدر وخصائص منحني الوحدة للسيل بوادي القطارة والتي تم تعريفها مسبقا بالجدول 4 و 5؛ لكن لا بد ان ننوه بانه تم الاعتماد على المعاملين ( $C_p=0.93$ ,  $C_t=2.2$ ) بعد حساب التدفق للذروة بقيم المعاملات كلها ومن ثم احتساب المتوسط فوقنا على القيم المناسبة لحوض القطارة ذلك نتيجة لكبر مساحة الحوض وشدة انحداره بوسط الوادي وهو ما وضح بجدول 12. عرض بالشكل 8 خصائص منحني الوحدة لوادي القطارة، و الجدير بالذكر بان النتائج المتحصل عليها من نموذج سنايدر تبقى نظرية ولا يمكن الاعتماد عليها سوى في تحديد الحدود القصوى و الدنيا وخصائص السيل بوادي القطارة.

جدول 12. تدفق الذروة للسيل  $Q_p \text{ m}^3/\text{sec}$  وفق نموذج سنايدر لحوض وادي القطارة حسب قيم ( $C_p$ ,  $C_t$ ) المختلفة.

Qp m³/sec								
Cp								
0.93	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	Ct
268.98	260.30	231.38	202.46	173.53	144.61	115.69	85.83	1
244.53	236.64	210.34	184.05	157.76	131.47	105.17	78.88	1.1
224.15	216.92	192.82	168.71	144.61	120.51	96.41	72.31	1.2
206.91	200.23	177.98	155.74	133.49	111.24	88.99	66.74	1.3
192.13	185.93	165.27	144.61	123.95	103.29	82.64	61.98	1.4
179.32	173.53	154.25	134.97	115.69	96.41	77.13	57.84	1.5
168.11	162.69	144.61	126.54	108.46	90.38	72.31	54.23	1.6
158.22	153.12	136.11	119.09	102.08	85.07	68.05	51.04	1.7
149.43	144.61	128.54	112.48	96.41	80.34	64.27	48.20	1.8
141.57	137.00	121.78	106.56	91.33	76.11	60.89	45.67	1.9
134.49	130.15	115.69	101.23	86.77	72.31	57.84	43.38	2
128.08	123.95	110.18	96.41	82.64	68.86	55.09	41.32	2.1
122.26	118.32	105.17	92.03	78.88	65.73	52.59	39.44	2.2
Qp = 268.98 m³/Sec								اقصى قيمة لتدفق الذروة من نموذج سنايدر.
Qp =39.44 m³/Sec								اقل قيمة لتدفق الذروة من نموذج سنايدر.
Qp = 122.95m³/Sec								متوسط تدفق الذروة من نموذج سنايدر.



شكل (8) منحني الوحدة للتدفق السيل بوادي القطارة وفق نموذج سنايدر Snyder's Mode.

جدول 13. الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي القطارة بناء على نموذج سنايدر .

المعامل	القيمة	الوحدة
$Q_p$ أقصى التدفق .	122.26	$m^3/sec$
$T_c$ زمن التركيز.	19.55	hr
$T_p$ زمن التباطؤ.	22.73	hr
$T_r$ الفترة الزمنية القياسية.	4.13	hr
$v$ سرعة الجريان السطحي.	1.27	m/sec
$F_p$ قيمة التسريب الثابتة .	1286.58	$m^3$
$A_L$ حجم تدفق السيل.	50.01	$Mm^3$
$E$ عمق الجريان السطحي لذروة تدفق السيل.	15.51	mm
$a$ قوة السيل في الحوض المائي .	3.73	$m^3/sec/Km$

### جدول 14. خصائص منحني الوحدة لوادي القطارة حسب نموذج سنايدر.

المعامل	القيمة	الوحدة
$Q_p$ أقصى التدفق لمنحني الوحدة.	112.07	$m^3/sec$
$T_r$ الفترة الزمنية القياسية لمنحني الوحدة.	24.79	hr
$T$ زمن الاساس.	113.64	hr
$q_p$ قيمة تدفق الذروة النوعي.	0.104	$m^3/sec/km^2$
$W_{50}, W_{75}$ الفترة الزمنية عند مستوى 50 % و 75% من أقصى تدفق .	64.35	hr
	36.88	
$T_m$ فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل.	37.881	hr
$T_d$ فترة الانخفاض التدريجي لتدفق السيل.	75.761	hr
$i$ تركيز الامطار.	0.04	cm/hr

### 3. مناقشة النتائج :

يتضح من خلال هذه الدراسة وفق النتائج المتحصل عليها ما يلي:

1. موسم سقوط المطر بحوض وادي القطارة يبدأ من شهر اكتوبر حتى شهر مارس بمتوسط شهري 227.23mm، و بأقصى مجموع شهري لهطول المطر 414.97mm، اما اقل مجموع شهري 116.05mm ذلك من واقع البيانات المناخية للفترة من 1977 الى 2020. درجة الحرارة تتباين معدلاتها السنوية، ففي فصل الصيف يصل متوسط درجات الحرارة العظمى الى  $26.6C^0$ ، و فصل الشتاء يصل متوسط درجات الحرارة الصغرى الى  $16.62C^0$  وهذا يعني وجود مدى حراري سنوي جعل بدوره المناخ شبه جاف متزامنا مع معدل السنوي للبخار 223.48mm، ذلك استنادا على ما عرض بجدول 6 ومخطط 3؛ المناخ بمنطقة حوض وادي القطارة دوره اقتصر على نحت وتعميق المجاري الصغيرة من خلال عملية الجريان السطحي لمياه الأمطار.
2. تنتقل المياه بحوض وادي القطارة من المنبع المتمثل بمرتفعات الرجمة بمناطق الالبار و بومريم بمنسوب للأرض الطبيعية من 466m حتى 252m إلى السهول أو المنحدرات الأكثر انخفاضا بمنسوب من 0m الى 194m ليتم تصريف المياه الجارية على سطح الارض الى البحر المتوسط بالمصب، فيؤثر على منطقة قاريونس و القوارشة و اجزاء من منطقة النواقية (شكل 4)؛ معدل انحدار سطح الارض الطبيعية من

0 الى 7.4 درجة مما يعني انه خفيف الانحدار فيما عدا وسط وادي القطارة يكون شديد الانحدار بمقدار 37 درجة، و هو المسؤول عن تجمع المياه سنويا و تحديد أي من المناطق عرضة لمعدل تعرية عالي (شكل 5).

3. مساحة حوض وادي القطارة قدرت  $1074.81 \text{ km}^2$  بطول للمجرى الرئيسي  $\text{km}$  89.5، فطول مجرى وادي القطارة يؤثر علي سرعة جريان المياه به بالإضافة الى زيادة معدل البخر و عدم احتفاظه بالمياه الجارية على سطحه (جدول 7)؛ اما الخصائص الشكلية لحوض وادي القطارة التي عرضت بالجدول 8 بينت ان نسبة الاستدارة للحوض تقترب من الواحد بمقدار 0.727 وهذا يعني أن محيط الأحواض وخطوط تقسيم المياه تسير بشكل منتظم، و معامل الاستطالة للحوض بلغ 0.413 مما يدل أنه يبتعد من الشكل الدائري ويقترب من الشكل المضلع الذي يتميز بجريان مائي منتظم من الناحية الزمنية وبكميات قليلة ولا يمكن أن تؤدي الي فيضان و يشير ايضا الى ان جريان مياه نحو المجرى الرئيسي ستستغرق وقت طويل لاستجابة، و معامل شكل الحوض قد بلغ 0.13 وهذا يعني اقتراب شكله من المثلث بمعامل التفلطح للحوض قد بلغ  $\text{km}^{-1}$  0.083 وهي قيمة منخفضة تدل على أن الحوض ما بين الشكل المستطيل والكمثري وإن الحوض لا يزال في مرحلة النضج.

4. نسبة التضرس لحوض وادي القطارة بلغت  $5.21 \text{ km}^{-2}$  وهي قيمة مرتفعة تدل على نشاط عملية الحت بتزايد التصريف، بالإضافة الى نسيج الحوض وادي/  $49.52 \text{ km}$  وهذا يعد نسيجاً ناعماً الى متوسط والسبب يعود إلى أن معظم صخور الحوض غير منفذة. اما بخصوص قيمة الوعورة في الحوض بلغت 0.0016 مما يدل ان الحوض لم يصل إلى مرحلة النضج، ذلك وفق النتائج التي عرضت بجدول 9.

5. رتب روافد حوض وادي القطارة أحصيت حسب طريقة سترالير، فنجد أن مجموع اعداد الاودية لحوض وادي القطارة بجميع رتبه بلغت 13492 وادي بمجموع أطوال كل الاودية  $3908.221 \text{ Km}$  للرتبة من 1 الى 8 ذلك (جدول 10)؛ كثافة التصريف بالحوض تدل على مدى ما تحتفظ به مساحة  $1 \text{ km}^2$  من أطوال الاودية داخل الحوض من المياه و رصدت بحوض وادي القطارة  $\text{Km}/\text{وادي}$  3.64 وهي قيمة منخفضة لزيادة صلابه التكوينات الصخرية بالمنطقة ونفاذيتها؛ لنسبة التشعب أهمية كبرى تكمن بأنها

تتحكم في كمية التصريف إذ كلما كانت قيم نسبة التشعب مرتفعة قل خطر الفيضان وهو ما ينطبق على حوض وادي القطارة بكثافة تصريف 7.25 و كثافة تصريف عددي  $\text{km}^2/\text{وادي}$  12.55؛ بلغ متوسط معدل بقاء المجرى للحوض 0.28 km مما يدل هنا على تباعد المجاري المائية و قلة شدة الحت، و نمط التصريف لروافد حوض وادي القطارة هو النمط الشجري كما مبين بالشكل 7.

6. حسبت الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي القطارة باستخدام نموذج سنايدر Snyder models بالاعتماد على المعاملات المورفومترية المستنبطة للحوض بالتكامل بين تطبيقات نظم معلومات الجغرافية و الاستشعار عن بعد؛ فزمن التركيز بحوض وادي القطارة وصل الى 19.55hr وهو الوقت المستغرق للجريان السطحي بالحوض للوصول الى المصب، و هو زمن طويل مما يدل على ان الوادي لديه احتمالية منخفضة لحدوث فيضان ذلك بسبب طوله وطبيعة تركيبه الجيولوجية و تربته المنفذة والمناخ الجاف و الشبة الجاف التابع له الحوض؛ اقصى تدفق للمياه بالحوض وصل الى  $122.26 \text{ m}^3/\text{sec}$  وهي قيمة التدفق المزمع تجميعها وفق خصائص الحوض من مساحة و طول للمجرى و طول من مركز الحوض الى المصب و زمن ذروة 22.7hr، مسبب سيل بحجم  $50.01 \text{ Mm}^3$  بقوة  $3.73 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{Km}$  بعمق 15.51mm بسرعة تصل الى  $1.27 \text{ m}/\text{sec}$  لاتساع مساحة و عرض الحوض وطول مجرى وادي القطارة وانحداره، و هذه الكمية من التدفق جزء منها يتسرب داخل التربة مغذيا المياه الجوفية بمقدار  $1286.58 \text{ m}^3$  و جزء الاكبر يتبخر او يسلك مسلكا غير الاودية لتجريف التربة و البناء العشوائي بحرم الوادي و مجراه؛ فمجرد هطول الامطار تعاني الاحياء السكنية بمناطق قاريونس و القوارشة و المدخل الغربي لمدينة بنغازي من الاختناقات المرورية نتيجة تكدس المياه بالبرك ذلك لضعف البنية التحتية بالمدينة و عدم قدرتها على مواجه تصريف مياه الامطار.

7. منحني التدفق الوحدة الاصطناعي (المعد وفق نموذج سنايدر) يظهر زمن الفترة القياسية 24.79hr وهو يعبر عن الوقت المثالي لسقوط الأمطار بكميات تسمح بالجريان المائي في الأودية الرئيسية بعد الفاقد بالتسرب والتبخر، ايضا زمن التركيز لهطول الامطار بحوض وادي القطارة بلغ  $0.04 \text{ cm}/\text{hr}$  (شكل 8)، اما زمن الارتفاع

التدريجي لتدفق السيول وصل الى 37.88hr وهو الزمن المستغرق من الارتفاع التدريجي لمياه الامطار بحوض وادي القطارة بعد حدوث التشبع مع افتراض استمرار تساقط الامطار حتى تتدفق السيول إلى المصب وهي مدة زمنية طويلة تدل على عدم وجود احتمال خطورة فيضان وهو ما ينطبق على زمن الانخفاض التدريجي لتدفق السيول.

#### 4. الاستنتاجات:

هدفت الدراسة الى إجراء التحليل الهيدرولوجي لمجري لحوض وادي القطارة بمدينة بنغازي باستخدام تقنيات نظم معلومات الجغرافية و الاستشعار عن بعد. اعتماد بالدراسة على نموذج ارتفاعات رقمي لمنطقة الحوض و الادوات المتوفرة ببرنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS10.5 و بنموذج سنايدر Snyder Models؛ وفق نتائج الدراسة نستنتج ان بحوض وادي القطارة تنتقل المياه من منبعه بمرتفعات الرجمة و الالبير الى مصبه بمنطقة قاريونس، و المناخ بمنطقة الحوض دوره اقتصر على نحت وتعميق المجاري الصغيرة من خلال عملية الجريان السطحي لمياه الأمطار؛ سطح الارض الطبيعية لحوض وادي القطارة ذو انحدار خفيف من 0 الى 7.4 درجة فيما عدا وسط الوادي يكون شديد الانحدار بمقدار 37 درجة.

مساحة الحوض بلغت  $1074.81 \text{ km}^2$  بطول للمجرى الرئيسي 89.5km و نسبة الاستدارة 0.72 بمعامل استطالة 0.413 و معامل شكل 0.13 و معامل التقلطح  $0.083 \text{ km}^{-1}$  وهذا يعني اقتراب شكل الحوض من المثلث و لا يزال في مرحلة النضج؛ نسبة التضرس لحوض وادي القطارة بلغت  $5.21 \text{ km}^{-2}$  و قيمة الوعورة 0.0016 مما يدل على نشاط عملية الحت؛ رتب اودية حوض وادي القطارة حسب طريقة سترايلر من 1 الى 8 بعدد 13492 وادي بكثافة للتصريف 3.64 وادي/Km ونسبة التشعب 7.25 مما يدل على زيادة صلابة التكوينات الصخرية بمنطقة الحوض ونفاذيتها و قلة خطر الفيضان؛ زمن التركيز بحوض وادي القطارة طويل يصل الى 19.55hr بسبب طول الوادي والمناخ الجاف و الشبة الجاف التابع له الحوض، و اقصى تدفق للسيل بحوض وادي القطارة المزمع تجميعه  $122.26 \text{ m}^3/\text{sec}$  بزمن ذروة 22.7hr بسرعة تصل الى  $1.27 \text{ m/sec}$ ؛ لانعدام التوثيق للأمطار و العواصف طويلة

المدى و قياسات الجريان السطحي المقابلة بحوض وادي القطارة تم رسم منحني الوحدة الاصطناعي للسيل بناء على نموذج سنايدر، بزمان الفترة القياسية 24.79hr و زمن تركيز هطول الامطار منخفض بمقدار 0.04 cm/hr، و زمن الارتفاع التدريجي لتدفق السيول وصل الى 37.88hr مما يدل على عدم وجود احتمال خطورة السيول. بنهاية الدراسة يتم التوصية بإعادة النظر بتصميم شبكة تصريف مياه الامطار بالمدينة و العبارات بشبكة الطرق الخلوية حتى تلائم هذه الكميات المطيرة التي تتكرر سنويا لضمان تصريفها و حماية المدينة من اثر سيول و تكسد مياه الامطار بشبكة الطرق. إنشاء سدود تعويقيه بمجرى الاودية التي تصب مباشرة وتؤثر على مدينة بنغازي تطبيقا لمبدأ حصاد مياه الامطار؛ وجوب عدم التهوان في تطبيق التشريعات التي تحد من عمليات التوسع الحضري على الغطاء النباتي الطبيعي بحوض وادي القطارة. التوصية باستخدام التكامل بين تقنيات الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية كوسيلة لدراسة الاحواض و الاودية من خلال التوصل الى معرفة خصائصها المورفومترية لوضع الخطط التنموية و للحد من اخطار الفيضانات. التوصية بدراسة أوجه الاستفادة من حصاد مياه الامطار بإنشاء قاعدة بيانات مورفومترية ومناخية وهيدرولوجية متاحة يمكن الاستفادة منها في الدراسات المستقبلية.

#### المراجع:

- [1]. عمران، انتظار مهدي، عبدالرحمن، هالة محمد، هيدرولوجية الأحواض الشرقية لبحيرة دربندهان، مجلة العلوم الانسانية، كلية التربية للعلوم الانسانية، 25(4)، ص:19، 2018.
- [2]. النشوان، عبدالرحمن بن عبدالعزيز، الخصائص الهيدرولوجية لحوض شعيب تمر في محافظة السليل، مجلة جامعة حضرموت للعلوم الإنسانية، 15(1)، 2018.
- [3]. العمري، عبد المحسن صالح، تحليل الخصائص المورفومترية و الهيدرولوجية لأحواض التصريف في منطقة كريتر عدن باستخدام معطيات نظم المعلومات الجغرافية GIS، ندوة عن بوابة اليمن الحضرية، هيئة المساحة الجيولوجية و الثروات المعدنية اليمن، ص: 418:405، اكتوبر 2020.
- [4]. الخفاجي، شذى سالم ابراهيم، و الموسوي، حسين عذاب خليف، دراسة بعض الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي شوشيرين وتقدير حجم الناتج الرسوبي، مجلة لارك للفلسفة و الانسانيات و العلوم الاجتماعية، 2(41)، ص: 1343:1327، 2021.

- [5]. النيش، فواز حميد حمو، الجبوري، سندس جمعة حسين، التحليل الهيدرولوجي لحوض وادي بادوش باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مجلة الآداب، 2 (138)، ص:390:420، 2021.
- [6]. الخفاجي، سرحان نعيم، الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي قرين الثماد في بادية العراق الجنوبية بادية النجف، جامعة المثنى كلية التربية للعلوم الانسانية- قسم الجغرافية-وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، 1(1)، ص:1:36، 2015.
- [7]. Raghunath H, M., Hydrology: principles analysis and design, Revisal Second Edition Limited, New Delhi: P. 150, 2006.
- [8]. Ramirez, J.A., Prediction and modeling of flood Hydrology and Hydraulics: Human, Riparian and Aquatic communities Eds. Ellen Wohl, Cambridge University Press, 2000.
- [9]. Chow , V.T., Handbook of Applied Hydrology., New York: McGraw Hill, 1964.
- [10]. Salami, A. W., Bilewu, S. O., Ibitoye, A. B., Ayanshola, A. M., Runoff Hydrographs Using Snyder And SCS Synthetic Unit Hydrograph Methods: A Case Study of Selected Rivers in South West Nigeria., Journal of Ecological Engineering, 18(1), p: 25:34, 2017.
- [11]. داود، جمعة محمد، اسس التحليل المكاني في اطار نظم معلومات الجغرافية، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية، نسخة الكترونية، 2012.
- [12]. الشلطي، أسامة، العشبي، فارس فارس، هويدي، فرج الريشي، الجيولوجيا الاقليمية لحوض برقة، المؤتمر الافتراضي لجيولوجيا الوطن العربي، موروني جزر القمر، 30 أكتوبر 2020 .
- [13]. صالح، منصف محمد، المهدي، علي محمد، الأشهب، سعد رجب، جيمورفولوجية سبخة الكوز -شمال شرق ليبيا دراسة في الجغرافيا الطبيعية، المجلة الليبية العالمية، جامعة بنغازي كلية التربية - المرج، 24(1)، ص:1:16، 2020 .
- [14]. United State Geological Survey, 2021, Digital Elevation model for North East Libya. <https://www.earthexplorer.usgs.gov> [Accessed October, 2021].
- [15]. المركز الوطني للأرصاد الجوية، بنغازي، (2020، 1977)، محطة أرصاد بنينا، بيانات غير منشورة.