

تقدير حجم السيول بحوض وادي القطارة جنوب شرق مدينة بنغازي- ليبيا، بالتكامل بين نموذج الهيئة الامريكية لحماية الاراضي (SCS) وتقنيات نظم معلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.

لبنى سليمان بن طاهر

استاذ مساعد، قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة بنغازي، ليبيا.

المخلص

يسهم تقدير الجريان السطحي للمياه بأحواض التصريف في تقدير مدى استثمارها بالمجالات المختلفة للاستخدامات البشرية، فضلاً عن تقدير أخطار السيول على الممتلكات و الارواح و وضع الخطط للحد منها. من هذا المنطلق، تم بهذه الدراسة اجراء التحليل الهيدرولوجي لمورفومتري لحوض وادي القطارة الواقع بالجنوب الشرقي لمدينة بنغازي - ليبيا، باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم معلومات الجغرافية ونموذج الهيئة الامريكية لحماية الاراضي (SCS)؛ من أهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة إن حوض وادي القطارة بمساحة 1648.90 km² وبطول المجري الرئيسي 134.87 km وشكل يقترب من المثلث ولا يزال في مرحلة النضج وكثافة التصريف به عالية لنفاذية معظم صخره؛ رتب الاودية بحوض وادي القطارة حسب طريقة سترايبلر من 1 إلى 6، و زمن التركيز بالحوض 23.77 hr، اما زمن الاستجابة 14.6 hr ليدل على نفاذية التربة ونسبة الانحدار المتوسطة للوادي و احتمالية منخفضة لحدوث فيضان؛ أقصى تدفق للمياه بحوض وادي القطارة 261.52 m³/sec بزمن ذروة 15.48 hr وبمتوسط تدفق الجريان السطحي 17.18 m³/sec وبسرعة منخفضة تصل الى 1.58 m/sec؛ بنهاية الدراسة يتم التوصية بتصميم شبكة تصريف مياه الامطار بالمدينة حتى تلائم الكميات المطيرة التي تتكرر سنويا لضمان تصريفها، لحماية المدينة من اثر سيول و تكديس مياه الامطار؛ إنشاء سدود تعويقيه تطبيقاً لمبدأ حصاد مياه الامطار وعدم التهاون في تطبيق التشريعات التي تحد من عمليات التوسع الحضري على الغطاء النباتي بحوض وادي القطارة؛ استخدام التكامل بين تقنيات الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية كوسيلة لدراسة الخصائص المورفومترية و الهيدرولوجية لأحواض التصريف بدولة ليبيا لوضع الخطط التنموية و للحد من اخطار الفيضانات بإنشاء قاعدة بيانات مورفومترية ومناخية وهيدرولوجية متاحة.

الكلمات المفتاحية:

التحليل المورفومتري و الهيدرولوجي
الاستشعار عن بعد
حوض وادي القطارة
نظم المعلومات الجغرافية
نموذج الهيئة الامريكية لحماية لاراضي (SCS).

Flood Estimation in Al Qattara basin, southeast of Benghazi- Libya, by integrating the US Soil Conservation Service (SCS) model, geographic information systems and remote sensing techniques.

Lubna S. Bentaher

Civil Engineering Department, University of Benghazi, Libya

Keywords:

Al Qattara Basin
Geographic Information Systems
Morphometric and Hydrological
Analysis
Remote Sensing
US Soil Conservation Service
(SCS) model.

ABSTRACT

Estimation of water surface run-off in drainage basins significant to estimating the extent of its investment in various areas of human use. In this study, a hydromorphometric analysis was conducted for the Al Qattara Basin, located in the southeast of Benghazi-Libya, using remote sensing techniques, geographic information systems and the US Soil Conservation Service (SCS) model. The study results display that, Al Qattara Basin has an area of 1648.90km² with length of 134.87km, with shape is close to a triangle, and still in the stage of maturity. The density of drainage in the basin is high due to the permeability of most of its rocks, and its streams are arranged according to the Strahler method

*Corresponding author:

E-mail addresses: lubna.bentaher@uob.edu.ly

Article History : Received 07 December 2021 - Received in revised form 15 January 2021 - Accepted 22 January 2021

from 1 to 6. The concentration time in Al Qattara basin 23.77hr and response time 14.26hr indicates that low probability of flooding. The maximum water flow in Al Qattara basin is 216.52m³/sec with peak time of 15.48hr and an average surface runoff flow of 7.18m³/sec. At the end of the study, it is recommended to design a rainwater drainage network in the city to suit the annually rainfall quantities to ensure its drainage. Also, construct obstructive dams in application of the principle of rainwater harvesting. Using the integration of remote sensing and geographic information systems techniques to study the morphometric and hydrological characteristics of drainage basins in Libya to develop plans to reduce flood risks by creating an available morphometric, climatic and hydrological database.

المقدمة

انخفاض السيل و سرعة الجريان[2].



شكل 1: صور لبعض الاضرار التي لحقت بمدينة بنغازي اثر سيل عام 2018 بمناطق (جامعة قاربونس و وادي القطار و القرية السياحية).

تشكل اخطار الفيضانات إحدى القضايا المهمة التي يتم التركيز عليها وطرحها بالدراسات على جميع المستويات المحلية و الإقليمية والعالمية بالأخص في الأقاليم الجافة وشبه الجافة؛ حيث تعتبر الفيضانات في تلك المناطق مصدر متاح للمياه السطحية، وتغذية للمياه الجوفية في الوقت الحاضر و المستقبل لتكون الأساس في تحقيق التنمية المستدامة في تلك الأقاليم والتي من ضمنها دولة ليبيا؛ تعد الفيضانات من المسببات الرئيسية للخسائر في الممتلكات العامة والخاصة و الأرواح، كما انها ترتبط بخصائص العواصف المطرية من الحجم و الشدة و التوزيع بالإضافة الى خصائص حوض التصريف المائي؛ الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف المائية تساعد في استنباط و دراسة الخصائص الهيدرولوجية للفيضانات، فالتحليل المورفومتري تكمن اهميته لما يوفره من قياسات كمية لمختلف الخصائص المتعلقة بالأحواض وشبكاتها المائية و التي يمكن تعيينها من خلال مصادر البيانات مثل الخرائط الطبوغرافية، و الصور الجوية و البيانات الفضائية.

موقع مدينة بنغازي جعلها عرضة للعديد من حوادث السيول خلال السنوات الماضية مسببة اضرار في الممتلكات العامة والخاصة بالمدينة (الشكل 1)، ذلك نتيجة عدة عوامل منها التكوين الطبوغرافي، والخصائص الهيدرولوجية، والجيولوجية، والمناخية له؛ احد اهم واكبر الودية و الاحواض التي يقع مصبها بمدينة بنغازي، هو حوض وادي القطار الذي تجري به المياه على سطح الارض بشكل مؤقت لاحتوائه على اودية موسمية تستقبل تساقط الامطار خلال فترات قصيرة فينتج عنها جريان سطحي وغالبا ما يتحول الى سيول.

مما لاشك فيه ان تقنيات نظم المعلومات الجغرافية و الاستشعار عن بعد اصبحت توفر الوقت والجهد في استخلاص الخصائص المورفومترية التي تساهم في تفسير نمط التصريف المائي من خلال نماذج الارتفاعات الرقمي[1]؛ فتزايد الاهتمام من قبل المختصين بدولة ليبيا في السنوات الأخيرة بدراسة مخاطر السيول التي تشكل في المجاري المائية التي تقطع مجاريها النسيج العمراني بالمدن كمدينة بنغازي، وذلك بعد حوادث وكوارث متعددة اجتاحتها، فاصبح هناك حاجة ملحة لمعرفة ورصد و توثيق معلومات عن منحى السيل او Hydrograph لأحواض التصريف و هي بالعادة لا تكون متوفرة او غير متاحة الا بمواقع قليلة؛ من هذا الاساس يتم الاستعانة بمعادلات و نماذج وضعية من اجل اعداد وحدات منحى التدفق الاصطناعية، ومن احد هذه النماذج الوضعية و الصناعية هو نموذج الهيئة الامريكية لحماية الاراضي (SCS) الذي يعتبر من أكثر النماذج المستخدمة في تقدير الجريان السطحي بالأحواض المائية التي لا تتوفر بها محطات قياس على غرار حوض وادي القطار؛ يتيح نموذج(SCS)تحديد بعض المتغيرات الهيدرولوجية لأحواض (زمن التركيز و مدة العاصفة المطرية وفترة الاستجابة و زمن وصول التدفق للذروة و زمن الاساس للسيل و زمن

بتحديد اوجه الطرق الفعالة لحماية مدينة بنغازي من السيول والفيضانات الموسمية، كما تعد مجالا لإنشاء قاعدة معلومات جغرافية رقمية للخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي القطارة.

1. نظرية عمل الدراسة:

بهذه الدراسة تم الاعتماد على المنهج الوصفي و الأسلوب الكمي و المنهج التحليلي لاحتساب الخصائص المورفومترية و الهيدرولوجية لمنطقة الدراسة باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية و الاستشعار عن بعد كما يلي:

1.2 التحليل المورفومتري لأنظمة التصريف:

يشير التحليل المورفومتري إلى جميع الخصائص الحوضية القياسية التي تنتج عن اخذ قياسات معينة للأحواض المائية، وتمت عملية التحليل المورفومتري لحوض وادي القطارة كما يلي:

1. قيست الخصائص المساحية و التضاريسية للحوض باستخدام

برنامج (ArcGIS10.5) و هي:

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

2. الخصائص الشكلية و التصريفية للحوض بناء على العلاقات

الرياضية التي تعرض بالجدول 1 وهي:

- نسبة الاستدارة.
- نسبة الاستطالة.
- نسبة تماسك المحيط.
- معامل شكل الحوض.
- معامل التفلطح.
- نسبة التضرس.
- النسيج الطبوغرافي.
- قيمة الوعورة.
- الرتب النهرية.
- نسبة التشعب.
- الكثافة التصريفية و العددية.
- معدل بقاء المجرى.

بالاعتماد على تقنيات الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية و نموذج الهيئة الامريكية لحماية الاراضي (SCS)، من تلك الدراسات: الدراسة التي اعدتها البحثي، 2018، الذي قام بتحليل المعطيات المورفومترية لأحواض التصريف بمدينة حفر الباطن شمال شرق المملكة العربية السعودية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، و الدراسة التي قدمها Adeyi، و اخرون، 2020، حيث عرضوا بدراسهم الاساسيات و الطرق المتبعة بأعداد منحى تدفق الوحدة من حيث معادلات الحساب لأقصى تدفق و زمن التركيز و زمن الذروة، اما Salami، و اخرون، 2017، درسوا ببحثهم اعداد منحى تدفق الوحدة للجريان السطحي باستخدام نموذجي سنيدر و SCS لأحواض التصريف بالشمال الغربي لدولة نيجيريا، بالإضافة الى الدراسة التي قدمها Lal، و اخرون، 2017، لتقدير الفيضان في احواض مجتمعات المياه بمرتفعات الهيمالايا الغربية، و الدراسة التي اعدتها Salami، و اخرون، 2009، حيث قدموا ببحثهم تقييم طرق رسم منحى تدفق الوحدة لأحواض الانهار في الجنوب الغربي لنيجيريا، و اخيرا، Sholagberu، 2016، قدم ببحثه تقييم للمعاملات الهيدرولوجية و المورفومترية للحوض نهر اون بنيجيريا [2,3,4,5,6,7].

كل تلك الدراسات استخلصت جملها مدى جودة استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية و دقتها بإعداد الخرائط و استنباط الخصائص المورفومترية و الهيدرولوجية لأحواض التصريف لرسم منحى الوحدة لتدفق السيل باستخدام نموذج الهيئة الامريكية لحماية الاراضي (SCS).

تهدف هذه الدراسة الى الكشف عن الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية 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 الى إبراز خصائصه الهيدرولوجية من تدفق الذروة و زمن التركيز و حجم الجريان السطحي وغيره، بالإضافة الى اعداد منحى تدفق الوحدة الصناعي (synthetic unite hydrograph) باستخدام نموذج الهيئة الامريكية لحماية الاراضي (SCS) بالاعتماد على البيانات و المعلومات التي جمعت من الصور الفضائية لمنطقة الدراسة بواسطة برنامج Google Earth و نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM).

التحليل الهيدرولوجي للحوض قيد الدراسة و الخرائط وتصحيحها وارجاعها تم باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية (ArcGIS10.5). تكمن اهمية هذه الدراسة في موقع حوض وادي القطارة الشبه الجاف مناخيا و تأثيره على الجزء الغربي من مدينة بنغازي، ليجعله من المناطق الواعدة التي تصلح لاستثمار المياه السطحية وكميات اقتصادية و الاستعانة بهذه الدراسة

جدول 1: المعادلات الرياضية لحساب الخصائص الشكلية و التصريفية لأحواض التصريف [1,8,9].

رقم المعادلة	المعامل	صيغة المعادلة	تعريف الرموز
1	نسبة الاستدارة	$R_C = 4 \times \pi \times \left(\frac{A}{P^2}\right)$	A=مساحة الحوض Km^2 P=محيط الحوض Km R_C =نسبة الاستدارة
2	نسبة الاستطالة	$R_e = \frac{2}{L} \times \left(\frac{A}{\pi}\right)^{0.5}$	A=مساحة الحوض Km^2 L=طول المجرى الرئيسي الحوض 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 Km^2

<p>L = طول المجرى الرئيسي الحوض Km</p> <p>S_f = معامل شكل الحوض.</p> <p>A = مساحة الحوض Km^2.</p> <p>L = طول المجرى الرئيسي الحوض Km</p> <p>B_f = معامل التفلطح 1/km</p> <p>H_{max} = أقصى منسوب لسطح الأرض بالحوض m</p> <p>H_{min} = أقل منسوب لسطح الأرض بالحوض m</p> <p>L = طول المجرى الرئيسي الحوض Km</p> <p>R_f = نسبة التضرس m/km</p> <p>N_u = مجموع عدد الأودية حسب الرتب</p> <p>P = محيط الحوض Km</p> <p>T_B = نسبة التقطع km / وادي</p> <p>H_{max} = أقصى منسوب لسطح الأرض بالحوض m</p> <p>H_{min} = أقل منسوب لسطح الأرض بالحوض m</p> <p>D = كثافة تصريفية للحوض</p> <p>L = طول المجرى الرئيسي الحوض Km</p> <p>R_n = قيمة الوعورة</p> <p>L_u = طول الوادي حسب الرتبة u</p> <p>N_u = عدد الأودية حسب الرتبة u</p> <p>L_{SM} = متوسط طول المجرى المائي m</p>	<p>$B_f = \frac{L}{A}$</p> <p>$R_r = \frac{H_{max} - H_{min}}{L}$</p> <p>$T_B = \frac{N_u}{P}$</p> <p>$R_n = D \times (H_{max} - H_{min}) / 1000$</p> <p>$L_{SM} = \frac{\sum L_u}{N_u}$</p>	<p>معامل التفلطح.</p> <p>نسبة التضرس .</p> <p>نسبة تقطع الحوض.</p> <p>قيمة الوعورة.</p> <p>متوسط طول مجرى الرتبة النهرية.</p>	<p>5</p> <p>6</p> <p>7</p> <p>8</p> <p>9</p>
<p>N_u = عدد الأودية الرتبة</p> <p>N_{i+1} = عدد الأودية الرتبة الأعلى</p> <p>R_S = نسبة التشعب</p> <p>L_u = طول الوادي حسب الرتبة u km</p> <p>A = مساحة الحوض Km^2</p> <p>D = كثافة التصريف 1/km</p> <p>N_u = عدد الأودية حسب الرتبة u</p> <p>A = مساحة الحوض Km^2</p> <p>F_S = التكرار النهري Km^2 / وادي</p> <p>A = مساحة الحوض Km^2</p> <p>L_u = طول الوادي حسب الرتبة u km</p> <p>S_S = معدل بقاء المجرى Km</p>	<p>$R_S = \frac{N_u}{N_{i+1}}$</p> <p>$D = \frac{\sum L_u}{A}$</p> <p>$F_S = \frac{N_u}{A}$</p> <p>$S_S = \frac{A}{\sum L_u}$</p>	<p>نسبة التشعب.</p> <p>كثافة التصريف.</p> <p>التكرار النهري (الكثافة العددية).</p> <p>معدل بقاء المجرى.</p>	<p>10</p> <p>11</p> <p>12</p> <p>13</p>

الجريان السطحي بالأحواض المائية التي لا تتوفر بها محطات قياس على غرار حوض وادي القطارة، حيث قامت هيئة حماية الأراضي الأمريكية (SCS) بتطوير مخطط تدفق الوحدة Unite Hydrograph UH بدون أبعاد بناءً على تحليل عدد كبير من أحواض تصريف المياه، حيث يتكون المحور الأفقي للمنحنى من وحدات زمنية بلا أبعاد ويتكون المحور الراسي من وحدات تدفق بلا أبعاد انظر الشكل [2]؛ يتم رسم منحنى تدفق الوحدة الصناعي للسيل بدون أبعاد (synthetic unite hydrograph) لأحواض التصريف، بناءً على العلاقات الرياضية بجدول 2.

2.2 الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف بالاعتماد على نموذج الهيئة الأمريكية لحماية الأراضي (SCS):

الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف ترتبط ارتباط وثيق بالظروف المناخية والخصائص الجيولوجية والتضاريسية للحوض، و لكن تعاني الدراسات الهيدرولوجية من صعوبات بالمناطق الجافة من النقص و الغياب في محطات قياس الجريان أو من قلة البيانات بها.

قدمت الكثير من الدراسات العديد من النماذج الرياضية الوضعية لتقدير وحساب الجريان السطحي لأحواض التصريف، منها نموذج الهيئة الأمريكية لحماية الأراضي (SCS) الذي يعتبر من أكثر النماذج المستخدمة في تقدير

جدول 2: الخصائص الهيدرولوجية لحوض التصريف بناءً على نموذج الهيئة الأمريكية لحماية الأراضي (SCS) [10,11,4,3].

رقم المعادلة.	المعامل.	صيغة المعادلة.	تعريف الرموز.
14	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 أقل منسوب بالحوض m
15	زمن التباطؤ.	$T_L = 0.6T_C$	T_L = زمن التباطؤ hr T_C = زمن التركيز hr
16	مدة فائض المطر.	$T_r = 0.133T_C$	T_r = مدة فائض المطر hr T_C = زمن التركيز hr
17	زمن الذروة.	$T_p = \frac{T_r}{2} + T_L$	T_p = زمن الذروة hr T_r = مدة فائض المطر hr T_L = زمن التباطؤ hr
18	زمن الأساس.	$T = 2.67T_p$	T = زمن الأساس hr

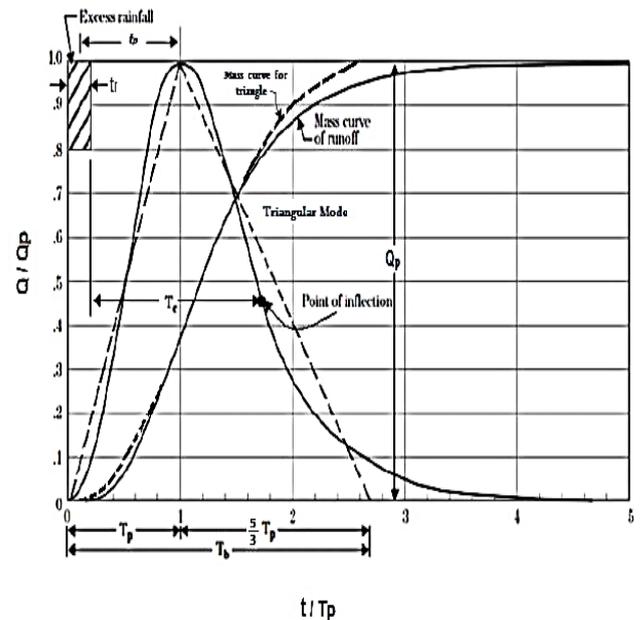
hr زمن الذروة = T_p			
hr فترة الانخفاض التدريجي لتدفق السيل = T_d	$T_d = 1.67T_p$	فترة الانخفاض التدريجي لتدفق السيل.	19
hr زمن الذروة = T_p			
m^3/sec أقصى تدفق = Q_p	$Q_p = \frac{2.08A}{T_p}$	أقصى تدفق لمنحن الوحدة عند جريان سطحي $R = CML$.	20
km^2 مساحة الحوض = A			
hr زمن الذروة = T_p			
km^2 مساحة الحوض = A			
m^3 كمية الجريان السطحي مليار = R			
km طول مجرى الحوض = L			
m/km متوسط انحدار المجرى = S	$R = (CIS)^{0.5} \left(\frac{W}{L}\right)^{0.45}$	الجريان السطحي (معادلة بركلي).	21
m^3 كمية الامطار السنوية مليار = I	$I = \left(\frac{RF}{1000}\right) \times \frac{(A * 1000000)}{1000000000}$		
C معامل الجريان السطحي = 0.15 للمناطق الجافة و الشبة جافة.			
km عرض الحوض = W			
mm مجموع الامطار الشهري بالسنة = R_F			
m^3/sec أقصى تدفق = Q_p	$QR_p = \frac{0.208AR}{T_p}$	أقصى تدفق للجريان السطحي.	22
km^2 مساحة الحوض = A			
hr زمن الذروة = T_p			
mm الجريان السطحي = R			
hr زمن التركيز = T_c			
km طول مجرى الحوض = L	$V = \frac{L}{3.6T_c}$	سرعة الجريان السطحي.	23
m/sec سرعة الجريان السطحي = V			
m^3 قيمة التسرب = F_p			
hr فترة الانخفاض التدريجي لتدفق السيل = T_d	$F_p = 0.0158AT_d$	قيمة التسرب الثابتة.	24
km^2 مساحة الحوض = A			

- تجميع الجريان Flow Accumulation: تقوم الاداة عند كل خلية بحساب عدد الخلايا التي ستصب المياه فيها فيمكن تحديد شكل المجاري الرئيسي لمنطقة الدراسة.
- زيادة التحسس: تهدف هذه الخطوة لزيادة التحسس عند استخراج مسارات الودية من ملف تجميع الجريان، وذلك باستخدام الاداة Con.
- تحويل ملف الودية من الصورة الشبكية raster الى الصورة الخطية vector واستخدام الاداة stream to Feature من أدوات التحليل الهيدرولوجي للحصول على طبقة خطوط polylines تحدد مجاري اودية منطقة الدراسة.
- استخدام اداة Stream Orders لتحديد رتب المجاري المائية في منطقة الدراسة ويتم استخدام طريقة Strahler.
- تحويل ملف رتب المجاري من الصورة الشبكية raster الى الصورة الخطية vector.
- استخدام اداة watershed لاستنباط الحوض المائي الذي يؤثر على الموقع المطلوب دراسته، و لمعرفة عدد واطوال المجاري المائية من كل رتبة على حدى داخل هذا الحوض يتم استدعاء قاعدة البيانات الغير مكانية Attribute Table لطبقة رتب المجاري.

2. موقع الدراسة والبيانات المستخدمة:

1.3 موقع منطقة الدراسة:

يقع حوض وادي القطارة بمنطقة الرجمة ويمتد الى منطقة قاربونس 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



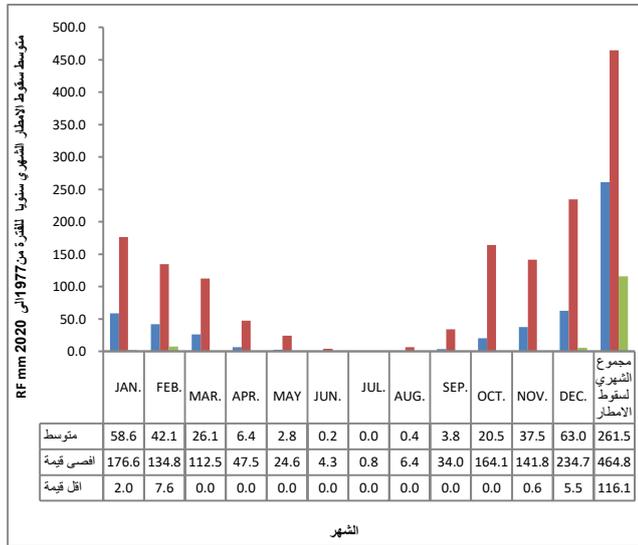
شكل 2: منحنى الوحدة (synthetic unite hydrograph) باستخدام نموذج الهيئة الامريكية لحماية الاراضي (SCS) [6].

3.2 التحليل الرقمي لأحواض التصريف باستخدام تقنيات نظم معلومات

الجغرافية و برنامج Arc GIS 10.5 :

يتم التحليل الهيدرولوجي في برنامج ArcGIS10.5 عن طريق صندوق الادوات Arc Toolbox كتالي [12] :

- اداة Fill: للمياه الانخفاضات الغير متوقعة في بيانات ملف الارتفاعات الرقمية ناتجة عن عيوب فيه.
- اتجاه الجريان Flow Direction : تقوم هذه الاداة بتحديد الاتجاه الذي ستجري من خلاله المياه من الخلية الى الخلايا المجاورة لها.

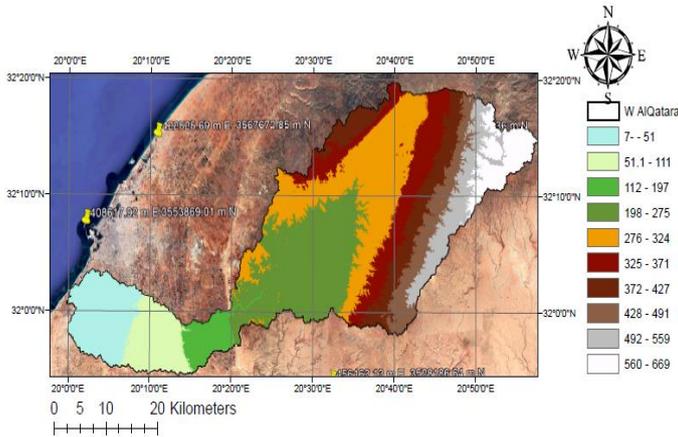


شكل 4: متوسط الامطار الشهري سنويا للفترة 1977 الى 2020 لمحطة بنينا- بنغازي [16].

4. نتائج التحليل المورفميتري لحوض وادي القطارة باستخدام تقنيات نظم

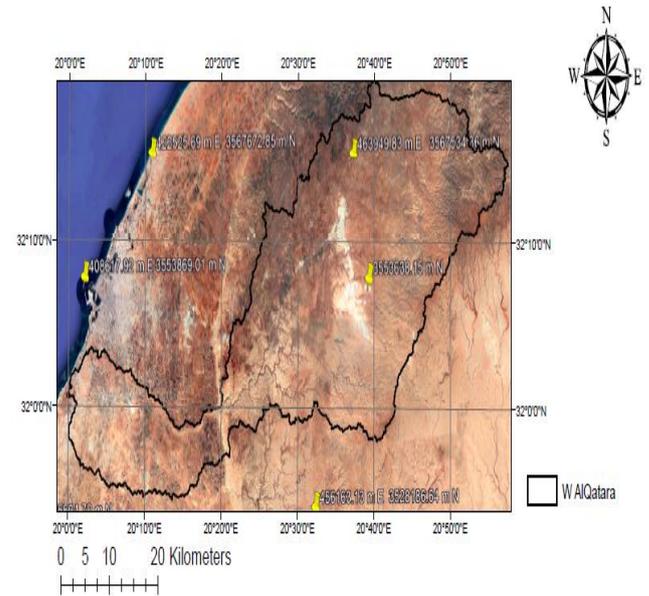
المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد:

تم اجراء عمليات التحليل الهيدرولوجي لمنطقة حوض واي القطارة باستخدام برنامج ArcGIS10.5 وفق الخطوات (تحديد اتجاه الجريان، تجميع الجريان، زيادة التحسس و تحديد الاودية، استنباط رتب المجاري المائية) على التوالي، بحيث عرضت الاشكال من 5 الى 7 النتائج المتحصل عليها؛ بهذه المرحلة يتم تحديد الخصائص المساحية لحوض وادي القطارة و عدد واطوال المجاري المائية من كل رتبة على حدى داخله باستدعاء ملف Attribute Table مرتبط بالصور الفضائية التي تم معالجتها لإتمام الحسابات المطلوبة بالتحليل المورفميتري والهيدرولوجي.



شكل 5: نموذج الارتفاعات الرقمي للمعالج لحوض وادي القطارة ببرنامج ArcGIS10.5 [15].

الأوسط، وهذه الصخور يمثلها تكوين الرجمة 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 رئيسيين هما الرواسب الساحلية والرواسب الفيضية [13,14]؛ المنطقة التي يقع بها حوض القطارة عند دائرتي عرض $31^{\circ} 50' 0''$ ، $32^{\circ} 20' 0''$ و خطي الطول $20^{\circ} 0' 0''$ ، $20^{\circ} 60' 0''$ كما هو معروض بالشكل 3.



شكل 3: صورة فضائية من برنامج Google earth, 2021 لموقع حوض وادي القطارة و معالجة ببرنامج ArcGIS10.5.

3.2 البيانات المستخدمة بالدراسة :

في هذه الدراسة تم استخدام عدد 2 مرئية رادارية لعام 2014 لنموذج ارتفاعات رقمي من خلال موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS والتي التقطت بواسطة المركبة الفضائية ASTER [15]، حيث تم الاستعانة ببرنامج ArcGIS10.5 لمعالجتها للحصول على مناسيب الأرض الطبيعية بمساحة حوض وادي القطارة بنظام الاحداثيات و الارجاع الجغرافي الوطني Libyan Geodetic Datum UTM 2006, Zone 34N.

تم الاستعانة ايضا بالبيانات المناخية المتوفرة بهيئة الارصاد الليبية الخاصة بمحطة بنينا بمطار مدينة بنغازي الواقعة عند دائرة عرض 32.1° و خط طول 20.26° بمنسوب عن سطح البحر 131m ، و النطاق الزمني لبيانات المجموع الشهري لتساقط الامطار التي استخدمت بالدراسة هي من الفترة 1977 الى 2020 لتبيان كميات و حجم المياه المجمععة بالحوض لوادي القطارة سنويا [16]؛ عرض متوسط هطول المطر بالشهر سنويا للفترة 1977 حتى 2020 بالشكل 4 للوقوع على الفترات المطيرة و القيم العليا و الدنيا بالعام للمجموع الشهري للأمطار .

-	0.176	R_C نسبة الاستدارة.
m/km	1.29	R_P قيمة الوعورة.
وادي/km	28.095	T_B نسبة التقطع.
-	5.012	R_n نسبة التضرس.
-	من 1 إلى 6	u الرتب النهري.
وادي	9629.000	$\sum Nu$ اجمالي العدد الكلي للأودية بجميع الرتب.
m	3148531.403	$\sum L_u$ اجمالي مجموع اطوال كل الاودية بجميع الرتب.
m	327.499	L_{um} متوسط اطوال الاودية بكل الرتب.
-	2.044	R_S نسبة التشعب.
1/Km	1.909	D كثافة الصرف.
وادي/Km ²	5.839	F_S كثافة الصرف العديدة.
Km	0.524	S معامل بقاء المجرى.

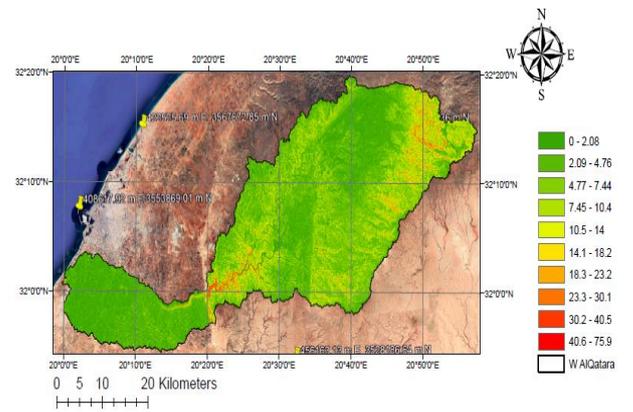
بجدول 4 عُرض نتائج تطبيق المعادلات الخاصة بالتحليل الهيدرولوجي وفق نموذج الهيئة الامريكية لحماية الاراضي (SCS) لحوض وادي القطارة و التي تم تعريفها بجدول 2، و الجدير بالذكر بان النتائج المتحصل عليها من نموذج الهيئة الامريكية لحماية الاراضي (SCS) تبقى نظرية ولكن يمكن الاعتماد عليها في تحديد الحدود القصوى و الدنيا وخصائص السيل بوادي القطارة.

جدول 4: الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي القطارة باستخدام نموذج الهيئة الامريكية لحماية الاراضي (SCS).

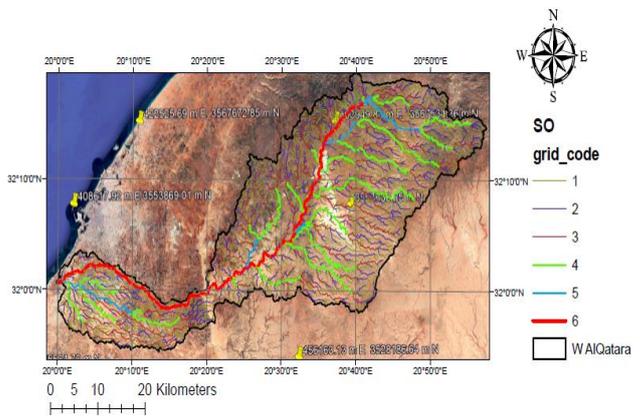
الوحدة	القيمة	المعامل
مليار ³	0.77	I_{max} اقصى هطول للمطر.
مليار ³	0.43	$I_{average}$ متوسط هطول للمطر.
مليار ³	0.19	I_{min} اقل هطول للمطر.
مليار ³	0.44	R_{max} اقصى جريان سطحي.
مليار ³	0.33	$R_{average}$ متوسط جريان سطحي.
مليار ³	0.22	R_{min} اقل جريان سطحي.
m ³ /sec	9.57	QR_{max} اقصى تدفق للجريان السطحي
m ³ /sec	7.18	$QR_{average}$ متوسط تدفق للجريان السطحي
m ³ /sec	4.78	QR_{min} اقل تدفق للجريان السطحي
m ³ /sec	216.52	Q_p اقصى تدفق.
hr	23.77	T_C زمن التركيز.
hr	14.26	T_L زمن التباطؤ.
hr	3.16	T_T الفترة الزمنية لانفاض المطر.
hr	15.84	T_p زمن الذروة.
m/sec	1.58	V سرعة الجريان السطحي.
m ³	689.24	F_p قيمة التسرب الثابتة.
hr	42.295	T زمن الاساس.
hr	26.454	T_d فترة الانخفاض التدريجي لتدفق السيل.

وهنا ننوه بأنه تم احتساب تدفق الذروة المزمع تجميعه بالحوض من خلال زمن الذروة و خصائص الحوض المساحية من حيث الطول و العرض و المساحة و خصائصه التضاريسية من حيث الميل و المنسوب للأرض الطبيعية؛ اما لاحتساب تدفق الذروة للجريان السطحي تم الاعتماد على كل من اقصى و اقل و متوسط مجموع الشهري لهطول الامطار للفترة من 1977 الى 2020 من خلال حساب الجريان السطحي بمعادلة بركلي.

فور الانتهاء من احتساب كل من زمن الذروة و تدفق الذروة و تدفق الجريان السطحي تم رسم منحى تدفق الوحدة وفق نموذج الهيئة الامريكية لحماية الاراضي (SCS) باستخدام الجدول المخصص لذلك الذي يحتوي على عمودين الاول متمثل t/T_p و الثاني هو Q/Q_p دون وحدات، فيضرب العمود الاول بمقدار زمن الذروة فنتحصل على وحدات زمن منحى تدفق الوحدة بالمحور الافقي و بضرب العمود الثاني بمقدار اقصى تدفق و تدفق الجريان السطحي نحصل على وحدات التدفق بالمحور الراسي وهو ما تم توضيحه بجدول 5 و الاشكال 8 و 9.



شكل 6: انحدار الارض الطبيعية لحوض وادي القطارة وفق تحليل نموذج الارتفاعات الرقمي برنامج ArcGIS 10.5.



شكل 7: رتب المجاري المائية بحوض وادي القطارة وفق نتائج التحليل الهيدرولوجي برنامج ArcGIS 10.5.

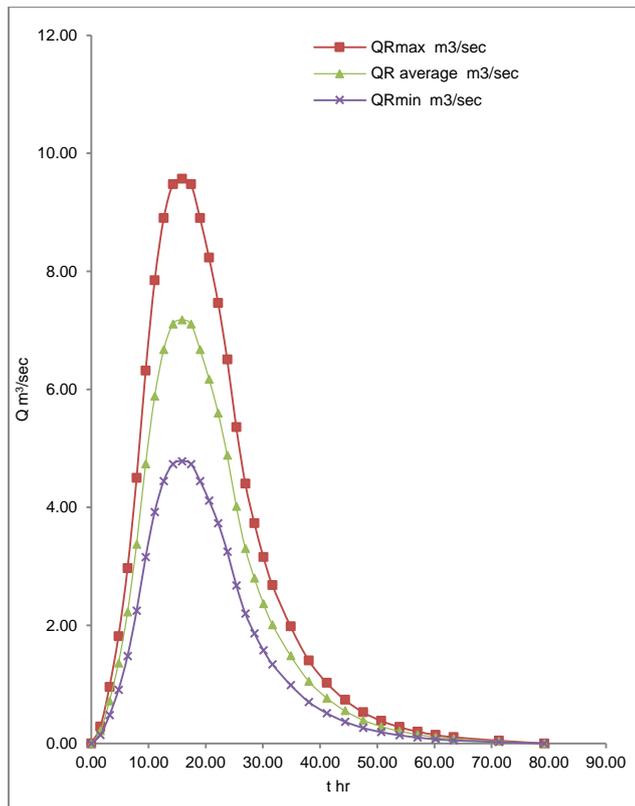
من خلال برنامج ArcGIS 10.5 تم احتساب الخصائص المساحية للحوض من حيث المساحة و المحيط و طول مجراه الرئيسي و عرضه، اما عن مناسيب الارض الطبيعية لحوض وادي القطارة تم استنباطها من نموذج الارتفاعات الرقمية الخاص بمنطقة الحوض. و بتطبيق المعادلات الخاصة بالتحليل المورفميتري التي تم تعريفها مسبقا بجدول 1، تم الحصول على الخصائص الشكلية و التضاريسية و التصريفية لحوض وادي القطارة بالإضافة الى خصائص الشبكة المائية و الاودية بالحوض حسب الرتبة، حيث عرضت النتائج بجدول 3.

جدول 3: الخصائص المساحية و التضاريسية و الشكلية و التصريفية لحوض وادي القطارة بناء على نتائج التحليل الهيدرولوجي برنامج ArcGIS 10.5.

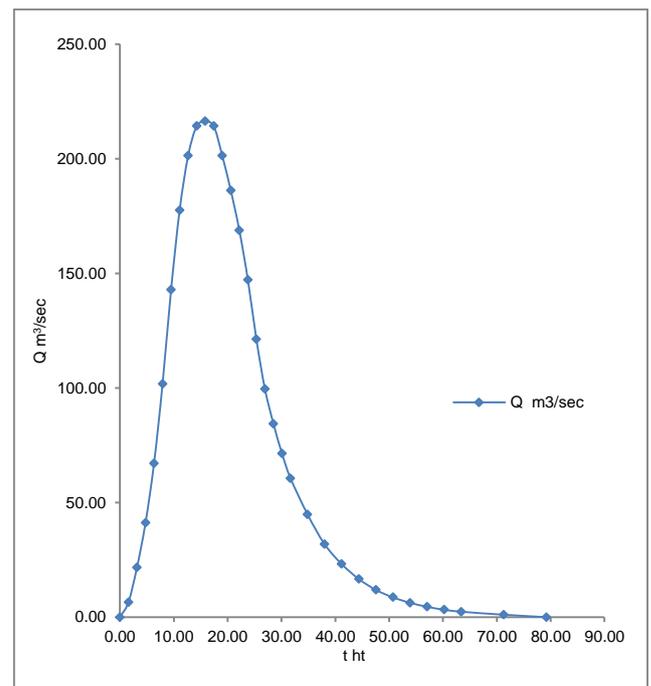
المعامل	القيمة	الوحدات
A مساحة الحوض.	1648.990	km ²
P محيط الحوض.	342.730	Km
L طول المجرى الرئيسي.	134.876	Km
W عرض الحوض.	40.560	Km
H_{avr} متوسط منسوب للأرض الطبيعية.	301.000	m
H_{max} اعلى منسوب للأرض الطبيعية.	669.000	m
H_{min} اقل منسوب للأرض الطبيعية.	7.000-	m
متوسط الانحدار للأرض الطبيعية.	52.600	درجة
B_f معامل التفلطح.	0.082	km ⁻¹
S_f معامل شكل الحوض.	0.091	Km
R_f نسبة تماسك المحيط.	2.381	-
R_e نسبة الاستطالة.	0.340	-

جدول 5: نقاط منحنى تدفق الوحدة للجريان السطحي وتدفق السيل وفق نموذج الهيئة الامريكية لحماية الاراضي لحوض وادي القطارة (SCS).

نقاط منحنى تدفق الوحدة لنموذج SCS بدون أبعاد [4]		t	Q	QR _{max}	QR _{average}	QR _{min}
t/T _p	Q/Q _p	hr	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec
0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.03	1.58	6.50	0.29	0.22	0.14
0.2	0.1	3.17	21.65	0.96	0.72	0.48
0.3	0.19	4.75	41.14	1.82	1.36	0.91
0.4	0.31	6.34	67.12	2.97	2.23	1.48
0.5	0.47	7.92	101.77	4.50	3.37	2.25
0.6	0.66	9.50	142.91	6.32	4.74	3.16
0.7	0.82	11.09	177.55	7.85	5.89	3.92
0.8	0.93	12.67	201.37	8.90	6.68	4.45
0.9	0.99	14.26	214.36	9.48	7.11	4.73
1	1	15.84	216.52	9.57	7.18	4.78
1.1	0.99	17.42	214.36	9.48	7.11	4.73
1.2	0.93	19.01	201.37	8.90	6.68	4.45
1.3	0.86	20.59	186.21	8.23	6.17	4.11
1.4	0.78	22.18	168.89	7.47	5.60	3.73
1.5	0.68	23.76	147.24	6.51	4.88	3.25
1.6	0.56	25.35	121.25	5.36	4.02	2.68
1.7	0.46	26.93	99.60	4.40	3.30	2.20
1.8	0.39	28.51	84.44	3.73	2.80	1.87
1.9	0.33	30.10	71.45	3.16	2.37	1.58
2	0.28	31.68	60.63	2.68	2.01	1.34
2.2	0.207	34.85	44.82	1.98	1.49	0.99
2.4	0.147	38.02	31.83	1.41	1.06	0.70
2.6	0.107	41.19	23.17	1.02	0.77	0.51
2.8	0.077	44.35	16.67	0.74	0.55	0.37
3	0.055	47.52	11.91	0.53	0.39	0.26
3.2	0.04	50.69	8.66	0.38	0.29	0.19
3.4	0.029	53.86	6.28	0.28	0.21	0.14
3.6	0.021	57.03	4.55	0.20	0.15	0.10
3.8	0.015	60.19	3.25	0.14	0.11	0.07
4	0.011	63.36	2.38	0.11	0.08	0.05
4.5	0.005	71.28	1.08	0.05	0.04	0.02
5	0	79.20	0.00	0.00	0.00	0.00



شكل 9: منحنى التدفق للجريان السطحي بوادي القطارة (synthetic)



شكل 8: منحنى الوحدة للتدفق بحوض وادي القطارة (synthetic unite hydrograph) باستخدام نموذج الهيئة الامريكية لحماية الاراضي (SCS).

hydrograph) باستخدام نموذج الهيئة الأمريكية لحماية الأراضي (SCS).

5. مناقشة النتائج:

يتضح وفق نتائج هذه الدراسة، التالي:

1. مساحة حوض وادي القطارة بلغت 1648.99 km^2 بطول للمجرى الرئيسي 134.876 km ، فإتساع مساحة الحوض وطول مجراه يؤثران علي سرعة جريان المياه به بالإضافة الى زيادة معدل البخر وعدم احتفاظه بالمياه الجارية على سطحه و مقدار كمية مياه الامطار الكبيرة المجمعة؛ الخصائص الشكلية لحوض وادي القطارة هي نسبة الاستدارة 0.176 ومعامل الاستطالة 0.340 و معامل شكل الحوض 0.019 ومعامل التفلطح 0.082 km^{-1} (جدول 3)، كلها تدل على أن شكل الحوض يقترب من المثلث و يتبعد عن الدائري و ان جريان مياه نحو المجرى الرئيسي يستغرق وقت طويل للاستجابة ببداية الجريان السطحي و يدل على كثرة الصدوع وضعف البنية الصخرية بالحوض وهو لا يزال في مرحلة النضج .
2. الخصائص التضاريسية لحوض وادي القطارة عبر عنها بنسبة التضرس 5.012 m/km و نسيج الحوض 28.09 km / وادي وقيمة الوعورة 1.29 مما يدل على ان الحوض به نشاط لعملية الحث بتزايد التصريف و بسطح حاد التضرس و نسيج ناعم، ذلك أن معظم صخور الحوض غير منفذة و لم يصل إلى مرحلة النضج، ويدل على زيادة اطوال الأودية بالحوض على حساب مساحته.
3. رتب اودية حوض وادي القطارة حسب طريقة سترايلر من الرتبة 1 الى 6، و مجموع اعداد الودية بالحوض بجميع رتبه بلغت وادي 9629.000 بمجموع أطوال كل القنوات 3148531.403 m ؛ نسبة التشعب 2.04 مما يدل على ضعف احتمال خطر الفيضان و نفاذية صخور و منطقة الحوض رطبة و كثيفة الغطاء النباتي، و بلغ متوسط معدل بقاء المجرى للحوض 0.542 km مما يدل على تباعد المجاري المائية و قلة شدة الحث.
4. الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي القطارة التي حسب بناء على نموذج الهيئة الأمريكية لحماية الأراضي (SCS)، والذي اعتمد بتطبيقه على المعاملات المورفومترية المستنبطة للحوض، نجد ان زمن التركيز بالحوض وصل الى 23.77 hr 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 و طبيعة تركيبه الجيولوجية و تربته المنفذة و المناخ الجاف و الشبة الجاف التابع له الحوض؛ زمن فائض المطار قدر بحوض وادي القطارة 3.16 hr هو المدة المستغرقة لتحويل مياه المطر إلى مياه جريان سطحي أو إلى تدفق سيلبي بعد تشبع التربة بالحوض؛ زمن الاستجابة او التباطؤ لحوض وادي القطارة بلغ 14.26 hr وهي الفترة الزمنية اللازمة للوصول التسرب إلى أقصاه و بداية تحول مياه الامطار إلى التدفق السطحي وهي فترة طويلة لتدل على نفاذية التربة و نسبة الانحدار متوسطة لسطح الحوض، بالإضافة الى زمن الاساس للسيل

لحوض وادي القطارة بلغ 42.26 hr وهو الزمن من بداية جريان السيل حتى عودة الجريان السطحي إلى مستواه الطبيعي وهو يتناسب طرديا مع فترة استجابة الحوض وزمن وصول التدفق للذروة.

5. منحى تدفق الوحدة للسيل بحوض وادي القطارة الذي رسم وحسب مكوناته وفق نموذج الهيئة الأمريكية لحماية الأراضي (SCS) يوضح ان اقصى تدفق للمياه بالحوض وصل الى $216.52 \text{ m}^3/\text{sec}$ وهي كمية المياه المجمعة بالحوض وفق خصائصه المساحية و الشكلية مكونه سيلا بزمن ذروة 15.84 hr وهي الفترة الزمنية من بداية الجريان السطحي للوصول الى الذروة؛ اقصى و اقل تدفق للجريان السطحي بحوض وادي القطارة وفق معادلة بركلي $(9.75 \text{ m}^3/\text{sec}, 4.78 \text{ m}^3/\text{sec})$ على التوالي بما يقابل اقصى و اقل جريان سطحي $(0.44 \text{ مليار } \text{m}^3, 0.22 \text{ مليار } \text{m}^3)$ وهذه الكميات قد تسهم بتصميم المنشآت الهيدروليكية المزمع انشاؤها مستقبلا في سبيل الاستفادة منها و استيعاب القيم القصوى وهي تتكرر بفترات زمنية تصل الى 25 عام، و قد تتكرر كل عام للقيم الدنيا التي تمثل الجفاف بالحوض او الوادي؛ متوسط تدفق الجريان السطحي $7.18 \text{ m}^3 / \text{sec}$ بما يقابل متوسط الجريان السطحي بمقدار $0.33 \text{ مليار } \text{m}^3$ وهو مقدار ما يجري بأودية الحوض سنويا لتتجمع بوادي القطارة بعد هطول مجموع شهري للأمطار بالسنة 261.5 mm وهي تمثل قيمة هيدرولوجية تذهب هادراً دون الاستفادة منها على الرغم من وجود سدي وادي القطارة، ناهيك عن ما يتسرب الى داخل التربة مغذيا المياه الجوفية بمقدار 689.28 m^3 و جزء يتبخر او يسلك مسلكا غير الودية لتجريف التربة و البناء العشوائي بحرم الوادي و مجراه؛ سرعة الجريان السطحي بالوادي منخفضة تصل الى 1.58 m/sec لطول مجرى وادي القطارة وانحداره.
6. زمن الانخفاض التدريجي لتدفق السيول بحوض وادي القطارة وصل الى 26.46 hr وهو الزمن المستغرق لرجوع المياه من الذروة إلى وضعها الطبيعي وهي مدة زمنية طويلة مما يدل بقاء المياه كثيراً في الودية المائية .
7. بمجرد هطول الامطار تعاني الاحياء السكنة بمناطق قاربونس و القوارشة و الهواري و المدخل الغربي للمدينة بمصب وادي القطارة من الاختناقات المرورية نتيجة تكسد المياه بالبرك ذلك لضعف البنية التحتية بالمدينة و عدم قدرتها على مواجة تصريف مياه الامطار، مما يستدعي اعادة النظر بتصميم شبكة تصريف مياه الامطار بالمدينة و العبارات و شبكة الطرق الخلوية حتى تلائم هذه الكميات المطيرة سواء القصوى منها او التي تتكرر سنويا لضمان تصريفها.

6. الخلاصة والاستنتاجات:

هدف هذه الدراسة هو حساب الخصائص المورفومترية و الهيدرولوجية لحوض وادي القطارة بتوظيف التكامل بين تقنيات الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية و نموذج الهيئة الأمريكية لحماية الأراضي (SCS)، لتحديد خصائص شبكة الصرف المائي للحوض و خصائصه الشكلية و

- [2]. البحيثي، نواف بن حامد. 2018. تحليل المعطيات المورفومترية لأحواض التصريف بمدينة حفر الباطن شمال شرق المملكة العربية السعودية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS).، مجلة العلوم الطبيعية والحياتية والتطبيقية، (2)3، ص:64:32. ISSN: 2522-3356.
- [3]. Adeyi, G. O., Adigun, A. I., Onyeocha, N. C., Okeke, O. C. 2017. Unit Hydrograph: Concepts, Estimation Methods and Applications in Hydrological Sciences., IJESC, 10(6):26211-26217. <http://ijesc.org>.
- [4]. Salami, A. W., Bilewu, S. O., Ibitoye, A. B., Ayanshola, A. M. 2017. 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): 25-34.
- [5]. Lal, K.M., Avinash, K. T. 2017. Flood estimation for a cloudburst event in an ungauged western Himalayan catchment., International Journal of Hydrology.,1(6):163-168.
- [6]. Salami, A. W., Bilewu, S.O., Ayanniyi, O., Ayanshola, M., Oritola, S. F. 2009. Evaluation of synthetic unit hydrograph methods for the development of design storm hydrographs for Rivers in South-West, Nigeria., Journal of American Science., 5(4):23-32.
- [7]. Sholagberu, A. T. 2016. Assessment Of Morphological And Hydrological Parameter Of Oyun River Basin Nigeria., Ethiopian Journal of Environmental Studies & Management 9(4):470 – 480, ISSN:1998-0507 .
- [8]. العمري، عبد المحسن صالح. 2020. تحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف في منطقة كريتير عدن باستخدام معطيات نظم المعلومات الجغرافية GIS. ندوة عن بوابة اليمن الحضريّة، هيئة المساحة الجيولوجية و الثروات المعدنية اليمن، ص:418:405.
- [9]. حسين، أحمد حسين. 2019. تحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي العبرة غرب محافظة نينوى.، مجلة جامعة كركوك للدراسات الإنسانية، (2)14، ص:303:276.
- [10]. Ramirez, J.A. 2000. Prediction and modeling of flood Hydrology and Hydraulics: Human, Riparian and Aquatic communities Eds. Ellen Wohl; Cambridge University Press.
- [11]. Chow, V.T., (ed.). 1964. Handbook of Applied Hydrology. New York: McGraw Hill.
- [12]. داود، جمعة محمد، 2012، اسس التحليل المكاني في اطار نظم معلومات الجغرافية، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية، نسخة الكترونية.
- [13]. الشلطي، أسامة، العشيبي فارس فارس، هويدي، فوج الريشي، 30 أكتوبر 2020، الجيولوجيا الاقليمية لحوض برقة، المؤتمر الافتراضي لجيولوجيا الوطن العربي، موروني جزر القمر.
- [14]. صالح، منصف محمد، المهدي، علي محمد، الأشهب، سعد رجب، 2020، جيمورفولوجية سبخة الكوز –شمال شرق ليبيا دراسة في الجغرافيا الطبيعية، المجلة الليبية العالمية، جامعة بنغازي كلية التربية – المرح، 24(1)، ص:16:1.
- [15]. United State Geological Survey. 2021. Digital Elevation model for North East Libya. <https://www.earthexplorer.usgs.gov> [Accessed October, 2021].
- [16]. المركز الوطني للأرصاد الجوية، بنغازي، (2020، 1977)، محطة أرصاد بنينا، بيانات غير منشورة.
- التضاريسية والهيدرولوجية و اعداد منحى الوحدة (synthetic unite hydrograph) بالاعتماد على البيانات والمعلومات التي جمعت من الصور الفضائية و نموذج الارتفاعات الرقمية لمنطقة الدراسة.
- نستنتج وفق نتائج الدراسة ان حوض وادي القطارة بمساحة 1648.99 km^2 بطول للمجرى الرئيسي 342.73 km مما يؤثر على سرعة جريان المياه به و زيادة معدل البخر، اما الخصائص الشكلية لحوض وادي القطارة المتمثلة بنسبة الاستدارة 0.176 ومعامل الاستطالة 0.340 و معامل شكل الحوض 0.091 ومعامل التفلطح 0.082 km^{-1} تدل على ان شكل الحوض يقترب من المثلث و لا يزال في مرحلة النضج؛ الخصائص التضاريسية لحوض وادي القطارة متمثلة بنسبة التضرس 5.012 km^{-1} ونسيج الحوض وادي 28.09 km وقيمة الوعورة 1.29 تدل على زيادة التصريف بالحوض و معظم صخوره غير منفذة.
- رتب اودية حوض وادي القطارة حسب طريقة سترايلر برتب من 1 الى 6 و نسبة التشعب مرتفعة مما يدل على ضعف احتمال خطر الفيضان؛ الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي القطارة التي اعتمد بحسابها على نموذج الهيئة الامريكية لحماية الاراضي (SCS) لخصت بزمن التركيز بحوض وادي القطارة 23.77 hr ليدل على ان الوادي لديه احتمالية منخفضة لحدوث فيضان، و زمن الاستجابة 14.26 hr ليدل على نفاذية التربة ونسبة انحدره متوسطة؛ منحى الوحدة المستخلص من نموذج (SCS) به اقصى تدفق للمياه بالحوض وصل الى $216.52 \text{ m}^3/\text{sec}$ وهي كمية المياه المجمعة بالحوض وفق خصائصه المساحية بزمن ذروة 15.48 hr بمتوسط تدفق الجريان السطحي $7.18 \text{ m}^3/\text{sec}$ بما يقابل جريان سطحي بمقدار مليار 0.33 m^3 بزمن الانخفاض التدريجي لتدفق السيول 26.45 hr وهي مدة زمنية طويلة مما على عدم وجود احتمال خطورة فيضان للوادي.
- 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 تكدس مياه الامطار، ايضا إنشاء سدود تعويقيه بمجرى الودية التي تصب مباشرة وتؤثر على مدينة بنغازي تطبيقا لمبدأ حصاد مياه الامطار؛ 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 الودية من خلال التوصل الى معرفة خصائصها المورفومترية لوضع الخطط التنموية و للحد من اخطار الفيضانات، و دراسة أوجه الاستفادة من حصاد مياه الامطار بإنشاء قاعدة بيانات مورفومترية ومناخية وهيدرولوجية متاحة يمكن الاستفادة منها في الدراسات المستقبلية بدولة ليبيا.

المراجع:

- [1]. الخفاجي، شذى سالم ابراهيم، و الموسوي، حسين عذاب خليف. 2021. دراسة بعض الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي شوشيرين وتقدير حجم الناتج الرسوبي، مجلة لارك للفلسفة و الانسانيات و العلوم الاجتماعية، 2(41)، ص:1343:1327.