التقييم الكمي للجريان السطحي في حوض وادي النيل شمال اليمن
دراسة هيدرومورفومترية

أ. أمل عبدالرحمن علي الغماري
طالبة دكتوراه، قسم الجغرافيا والجيوإنفورماتكس _ كلية الآداب والعلوم الانسانية
جامعة صنعاء _ الجمهورية اليمنية

البريد الإلكتروني Email : ghumari373@gmail.com

الكلمات المفتاحية: حوض التصريف، الجريان السطحي، التربة الهيدرولوجية.

كيفية اقتباس البحث
الغماري ، أمل عبدالرحمن علي، التقييم الكمي للجريان السطحي في حوض وادي النيل شمال اليمن دراسة هيدرومورفومترية، مجلة مركز بابل للدراسات الانسانية، كانون الثاني ٢٠٢٤،المجلد:١٤ ،العدد:١ .

هذا البحث من نوع الوصول المفتوح مرخص بموجب رخصة المشاع الإبداعي لحقوق التأليف والنشر (Creative Commons Attribution) تتيح فقط للآخرين تحميل البحث ومشاركته مع الآخرين بشرط نَسب العمل الأصلي للمؤلف، ودون القيام بأي تعديل أو استخدامه لأغراض تجارية.

مفهرسة في Indexed
IASJ

مسجلة في Registered
ROAD

Quantitative Assessment of Surface Runoff in the Nile Drainage Basin in Northern Yemen : a Hydromorphometric Study

Amal Abdulrahman Ali ALguhmari
A PhD student, Department of Geography and Geoinformatics - College of Arts and Human Sciences - Sana'a University - Republic of Yemen

Keywords : Drainage basin, surface flow, Soil Hydrology.

How To Cite This Article
ALguhmari, Amal Abdulrahman Ali, Quantitative Assessment of Surface Runoff in the Nile Drainage Basin in Northern Yemen : a Hydromorphometric Study, Journal Of Babylon Center For Humanities Studies, January 2024,Volume:14,Issue 1.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

Abstract:

The research dealt with a study of the Nile Valley basin, which is one of the valleys of seasonal flow, with an area of about 701.4 km2, and is located in the northern of Republic of Yemen within the dry region, and is considered one of the studied basins, so the sports model (CN-SCS) was adopted Which is one of the most important methods that are used to reach the estimates of the surface flow size, which depends on a set of procedures and inputs. Modern geographical technologies have been used, because of the available information in a short time. The Geographical Information Systems program has been used. System and technology (Remote Sensing) In addition to the use of the Berkeley equation, which is an important mathematical equation in the calculation of surface runoff estimation to obtain accuracy in identifying areas that help the surface flow and water -executed areas that hinder the occurrence of superficial flow. Researchers and research centers

interested in hydrological studies of water basins have contributed to the formulation of many mathematical solutions. The Runoff Curve Number (SCS - CN) method, also called Runoff Curve Number (RCNs) for short, is one of the most important methods used in calculating surface runoff in hydrological studies. It has been developed The US Soil Conservation Service, affiliated with the US Department of Agriculture, used this model to calculate surface runoff in 1970, and the final version was approved in 1986 ( ), and it will be adopted to estimate the amount of surface runoff in the Nile Valley Basin.

ملخص:

تناول البحث دراسة حوض وادي النيل والذي يعد من الأودية موسمية الجريان، يبلغ مساحته حوالي 701.4 كم^{2}، ويقع في شمال الجمهورية اليمنية في نطاق الاقليم الجاف، ويعتبر من الاحواض غير المدروسة لذلك فقد تم أعتماد النموذج الرياضي (CN–SCS) والذي يعد من أهم الطرق التي تستخدم للوصول الى تقديرات حجم الجريان السطحي والتي تعتمد على مجموعة من الإجراءات والمدخلات وقد تم استخدام التقنيات الجغرافية الحديثة وذلك لما توفره من معلومات في غاية الدقة وفي زمن قصير فقد تم الاستعانة ببرنامج نظم المعلومات الجغرافية (Geography information system) وتقنية الاستشعار عن بعد (Remote Sensing)، بالاضافة إلى استخدام معادلة بيركلي والتي تعد من المعادلة الرياضية الهامة في حساب تقدير الجريان السطحي، للحصول على دقة في تحديد المناطق التي تساعد على حدوث الجريان السطحي والمناطق المنفذة للمياه والتي تعيق حدوث جريان سطحي.

مقدمة:

تعد أحواض التصريف في البيئات الجافة وشبة الجافة إحدى الظاهرات الجيومورفولوجية التي لا تزال في حاجة إلى المزيد من الدراسات والابحاث التطبيقية لفهم سلوكها الهيدرولوجي [١]، تمهيداً لاستثمارها والاستفادة من مياهها ومحاولة درء اخطارها في حالة حدوث فيضان متولد عن كثافة الجريان السطحي، إذ أن العواصف المطرية الفجائية الموسمية هي الاقدر على توليد كميات اعلى من الجريان السطحي في هذه البيئات، ولقد اسهم الباحثين ومراكز الابحاث المهتمة بالدراسات الهيدرولوجية للأحواض المائية في صياغة العديد من الحلول الرياضية، وتعد طريقة ارقام منحنى الجريان (SCS – CN) وتسمى اختصاراً (RCNs) Runoff Curve Number، احدى اهم الطرق المستخدمة في حساب الجريان السطحي في الدراسات الهيدرولوجية، وقد طور هذا النموذج ادارة صيانة التربة الامريكية Soil Conservation Service، والتابعة لإدارة الزراعة بالولايات المتحدة الامريكية لحساب الجريان السطحي عام

1970، واعتمدت الصيغة النهائية عام 1986 [٢]، وسيتم اعتمادها لتقدير كمية الجريان السطحي في حوض وادي النيل.

مشكلة البحث:

إن حوض وادي النيل من الاحواض المائية المهمة في شمال اليمن، لامتداده بين ثلاث محافظات وتواجد قرى زراعية، ولما لها من دلالات هيدرولوجية معينة من حيث خصائص الصرف المائي وتكوين الرسوبيات، وتتسم منطقة الدراسة بتذبذب كمية تساقط الامطار زمانياً ومكانياً، ما يجعلها تعاني من قلة المياه، وبالرغم من ذلك توجد ترب خصبة لا تستثمر بشكل صحيح، إلا أن منطقة الدراسة تفتقر إلى الدراسات التي تهتم بتقدير حجم الجريان السيلي في الحوض، والعمل على التحكم والاستفادة من مياه الامطار، ما يتطلب اجراء دراسة وتحليل لخصائصها الهيدرومورفومترية، وستحاول الدراسة الاجابة على الاسئلة الآتية:

١. هل الخصائص الطبيعية ذات دور فعال في تشكيل الحوض؟
٢. ما هي الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي النيل؟
٣. ما اثر الخصائص الهيدرومورفومترية على الجريان السطحي للحوض؟

اهداف البحث:

يهدف البحث إلى تحقيق ما يأتي:

١. دراسة خصائص الحوض الطبيعية كونها تعد الاسس الاولية لدراسات الهيدرولوجية.
٢. التحليل الكمي للبيانات، وبناء قاعدة بيانات للخصائص الهيدرومورفومترية لحوض وادي النيل ورسم خرائط لها، يمكن الاعتماد عليها في حساب وتقدير كميات المياه الجارية في الحوض، ولمعرفة إلى أي مدى يمكن الاستفادة منها في عمليات حصاد المياه.

أهمية البحث:

إن منطقة الدراسة تقع مناخياً ضمن المناطق الجافة من الجمهورية اليمنية، والتي تعاني من شحة المياه، ويعد مركزاً اقليمياً يشهد نمو سكاني متزايد، ما يخلق ضغط مستمر على الموارد الطبيعية وخاصة الموارد المائية، ويعد حوض وادي النيل من الاودية الجافة التي يمكن استثمار مياه الامطار فيها في تنميته زراعياً ورعوياً، والحفاظ على التربة من الانجراف، إلا أن منطقة الدراسة تفتقر إلى وجود محطات هيدرولوجية، بالإضافة لعدم وجود الدراسات الهيدرولوجية خاصة بها، ما اوجد صعوبة في قياس حجم الجريان السطحي السنوي، وبذلك تكمن اهمية الدراسة في معالجة الشحة المائية في المنطقة، والتي تعد احدى دراسات التحليل المكاني باستخدام التقنيات الحديثة، إذ يتم من خلال هذه التقنيات بناء قاعدة بيانات هيدرمورفومترية

دقيقة للشبكة المائية في الحوض وانتاج خرائط تفصيلية للمنطقة، لتسهم في ادارة مياه الامطار وكيفية استغلالها والمحافظة عليها عن طريق ما يعرف بالحصاد المائي.

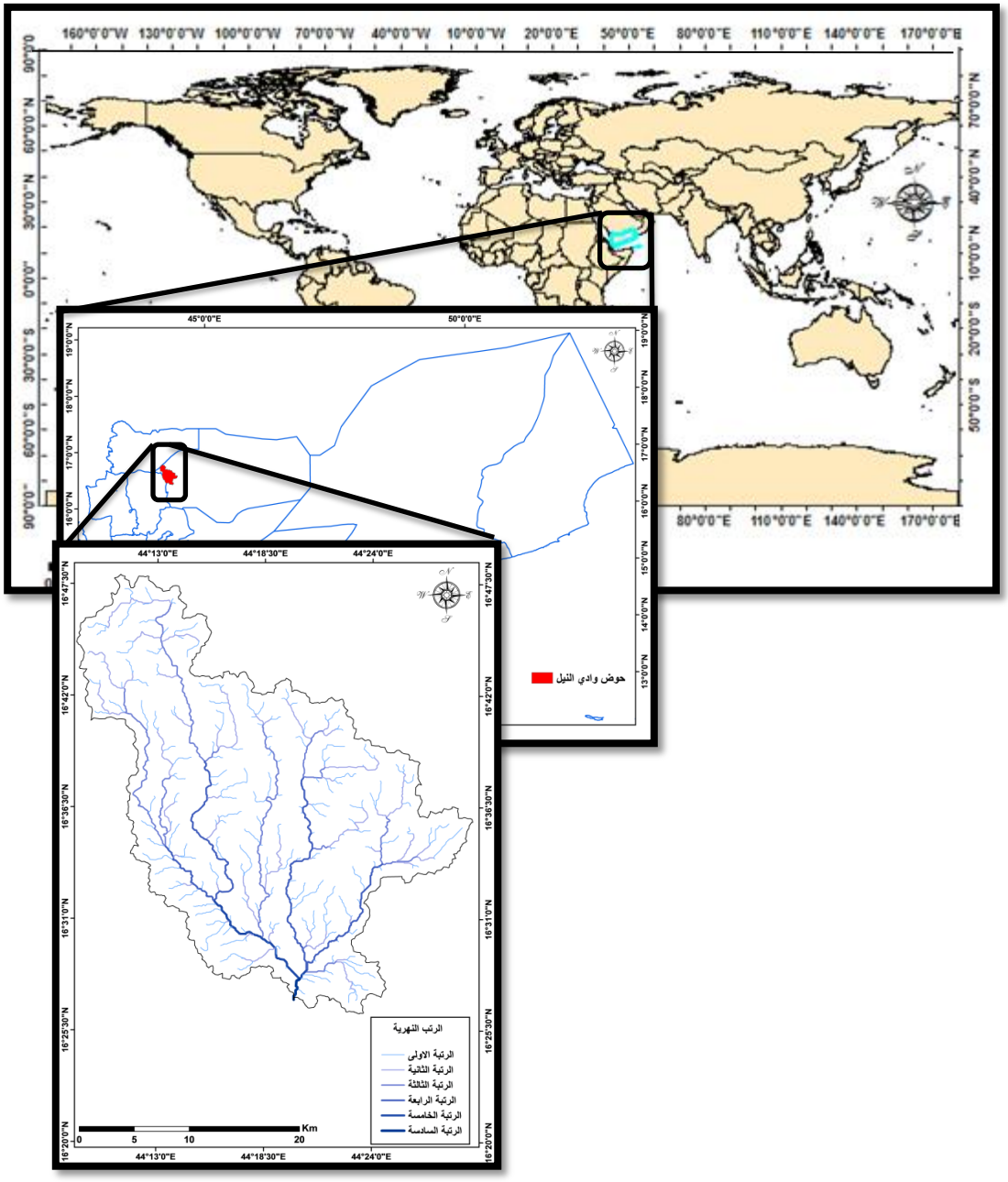
منهجية البحث:

تعتمد الدراسة على المنهج الكمي التحليلي للحصول على نتائج علمية دقيقة لحجم الجريان السطحي، وذلك بدراسة خصائص الغطاءات الارضية وهيدرولوجية التربة للحوض، بناءً على فرضية صيانة التربة الأمريكية (SCS – CN) لتقدير حجم الجريان السطحي، واجراء القياسات وتطبيق المعادلات الرياضية والاعتماد عليها لإجراء التحليلات الهيدرومورفومترية، اضافة إلى استخدام وسائل نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، للحصول على نتائج علمية في الدراسة التطبيقية.

موقع منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي الداخلي من الجمهورية اليمنية، شرق المرتفعات الغربية، ويمتد في ثلاث محافظات هي الجوف وصعده وعمران، ويضم ست مديريات هي الحشوة، برط العنان، برط رجوزه، خراب المراشي، الحميدات، حرف سفيان، ويقع بين خطي طول (44°57´55″ – 44°99´6″) شرقاً وبين دائرتي عرض (16°62´ 59″ – 16°92´21″) شمالاً، كما تبين خريطة (1)، وتبلغ مساحة الحوض (701.4 كم^2).

خريطة (1) موقع منطقة الدراسة من



المصدر: الباحثة بالاعتماد على Arc Map

تمتاز منطقة الدراسة بتعاقب التكوينات الجيولوجية والمتفاوتة في مقاومتها لعوامل النحت والتعرية، وتوضحها خريطة (2)، والجدول (1) وهي مرتبه من الاقدم إلى الاحدث كالآتي:

١- تكوينات حقبة الحياة ما قبل الكمبري (صخور القاعدة):

جيولوجيا وتكتونياً ترتبط مكونات هذه الحقبة بالتاريخ الجيولوجي والحركي للدرع العربي، وتغطي اعلى الحوض بالكامل في شمال الحوض، ويعود عمر هذا التكوين إلى زمن (PROTEROZIC)، وتتألف في الغالب من صخور متحولة من النيس ذات المنشأ الرسوبي والناري وصخور الشيست، وصخور الامفيبوليت والمجمتايت والجرانيت والجابرو والديوريت[٣]، وغطت اكبر مساحة بالحوض إذ بلغت 434.1 كم٢، بنسبة 61.9 % من اجمالي مساحة الحوض.

٢ - تكوينات حقبة الحياة القديمة - الزمن الاول:

تعد صخور هذا الزمن نتاج ظروف مناخية قارية تميل للبرودة إذ تتكون من رواسب هوائية رملية حملتها الرياح لترسبها في صورة كثبان رملية، بالإضافة إلى الرواسب التي حملتها الانهار ورسبتها على صورة مواد غرينية مؤلفة من رمال خشنة وبعض الحصى والطين، وتعد هذه الطبقة الصخرية ذات نفاذية متوسطة حاملة للمياه، ويمتد عمرها الجيولوجي من العصر الكمبري حتى العصر الكربوني، وتتواجد بشكل منفصل في شرق وغرب الحوض، وبلغت مساحتها 23.9 كم٢، بنسبة 3.4 %.

٣ - تكوينات الحقبة الوسطى:

وتنقسم إلى عدة مجموعات جيولوجية هي:

أ - تكوينات كحلان:

ويعود عمر هذا التكوين إلى الجيوراسي المبكر، ويتألف من الحجر الرملي والجيري الرملي ذو الحبيبات الخشنة، وتتخللها طبقات من الحصى والطين والجير، مع نسبة من الكوارتز وعروق من الكونجلومرات والطفل[٤]، وتمتد من شرق إلى غرب الحوض بمساحة 65.9 كم٢ وبنسبة 9.4% من اجمالي مساحة الحوض.

ب - مجموعة عمران:

تكونت هذه المجموعة في ظروف بيئية بحرية، وتعود إلى الجيوراسي الاوسط والمتأخر، تتألف من صخور الحجر الجيري الكلسية والحجر الرملي يتخللها رقاقات من الطين[٥]، وتتواجد بشكل مبعثر في وسط الحوض وفي الجنوب بمساحة 73.4كم٢ وبنسبة 10.5 %.

٣- تكوينات حقبة الحياة الحديثة:

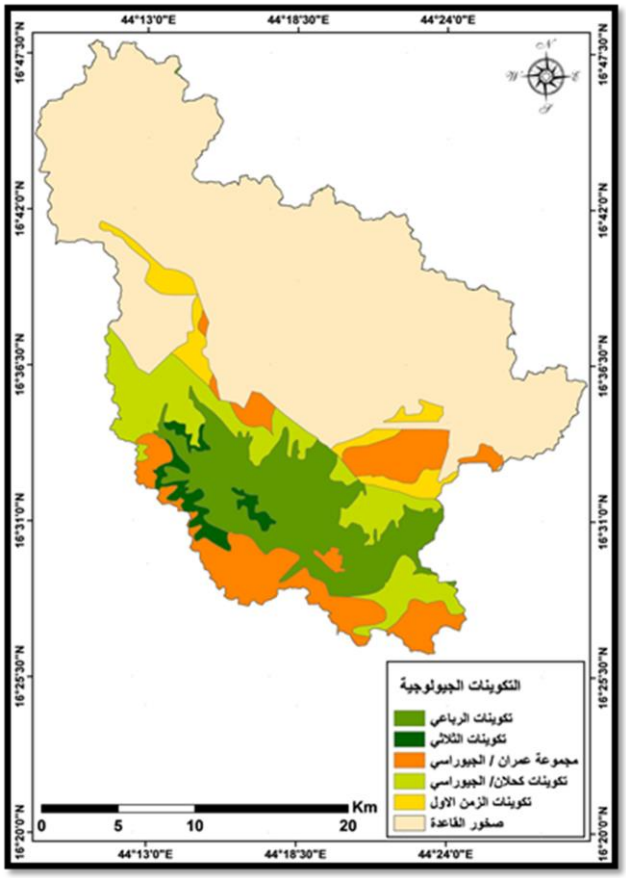
أ- تكوين الزمن الثلاثي:

تتألف تكوينات هذا الزمن من الصخور البركانية والتي تشمل الانديزيت والتراخيت والرايولايت والاجنمبرايت والزجاج البركاني، ويمثل اقل تكوين في الحوض بنسبة 1.8% وبمساحة 12.7كم^{٢} ويقع في اقصى الغرب من الحوض.

ب – تكوينات الزمن الرباعي:

وتعود إلى العصر الرباعي المتأخر وحتى الهولوسين، تشمل تربة اللوتس والحصى والحصباء والرواسب الرملية الحديثة وتغطي مساحات بسيطة في جنوب الحوض بمساحة 91.4 كم^{٢} وبنسبة 13% من اجمالي مساحة الحوض.

خريطة (2) التكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة



Republic of Yemen , Ministry of Oil and Mineral Resources, Geological Map of Yemen, in partnership with the British Robertson Company, 1:1000000, Sana'a, 1991.

جدول (1) التكوينات الجيولوجية في حوض وادي النيل

الحقبة	التكوين الجيولوجي	المساحة كم٢	النسبة %
ما قبل الكمبري	صخور القاعدة	434.1	61.9
حقبة الحياة القديمة	الزمن الاول	23.9	3.4
حقبة الحياة الوسطى	زمن الثاني، تكوينات كحلان	65.9	9.4
	الزمن الثاني، مجموعة عمران	73.4	10.5
حقبة الحياة الحديثة	الزمن الثلاثي	12.7	1.8
	الزمن الرابع	91.4	13
	الاجمـــالي	701.4	100

المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على الخريطة (2)

الخصائص المناخية:

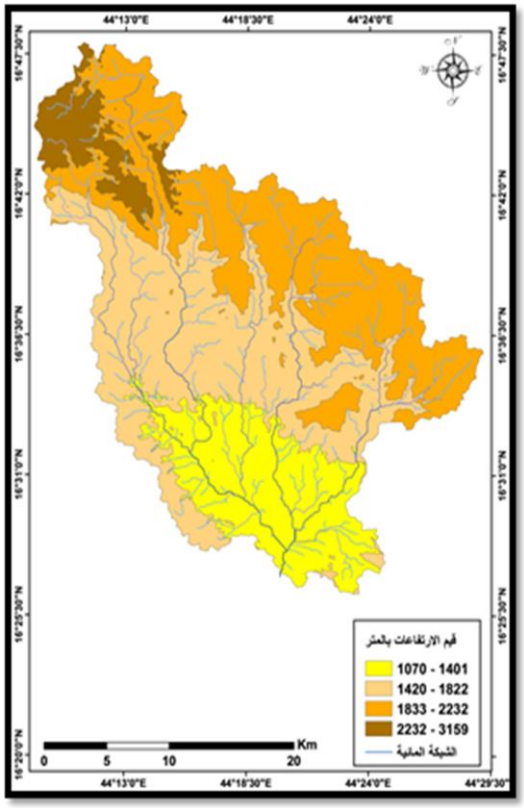
تعد خصائص المناخ سمه مميزة تتصف بها الاقاليم الطبيعية والمناطق على سطح الارض والتي تظهر نتيجة لتظافر عناصر المناخ مع مظاهر السطح، ويؤثر المناخ على توفر الموارد المائية واحداث التوازن في المياه والتربة والعمليات المورفومترية والهيدرولوجية.

تقع منطقة الدراسة ضمن نطاق المناخ شبه الجاف، نتيجة لوقوعها في نطاق العروض المدارية وابتعادها عن تأثير المسطحات المائية، فالأمطار متباينة كمياً وزمانياً ومكانياً، ودرجات الحرارة المتباينة في اجزاء الحوض، فتتراوح معدلات الامطار ما بين 178.3 – 123 ملم خريطة (4)، وتلعب الارتفاعات التضاريسية دور كبير في توزيع كمية الامطار الساقطة على الحوض، وتكون هذه الارتفاعات متباينة اذ بلغ اعلى ارتفاع لها هذه الارتفاعات متباينة اذ بلغ اعلى ارتفاع لها (3159م) فوق مستوى سطح البحر بالقرب من مناطق التغذية في حين وصل ادنى ارتفاع لها (1401م) فوق مستوى سطح البحر وهي تمثل المناطق القريبة من مصب الحوض خريطة (3)، وينعكس تأثير ارتفاع عن سطح البحر ايضا على تباين درجات الحرارة والتي تزيد بالاتجاه من شمال الحوض إلى جنوبه فيصل المعدل السنوي فيصل شمال الحوض إلى 20.6°م في حين تصل في جنوب الحوض إلى 25.9°م، ما ينعكس على معدلات التبخر في الحوض[٦].

الخصائص الهيدرولوجية للحوض:

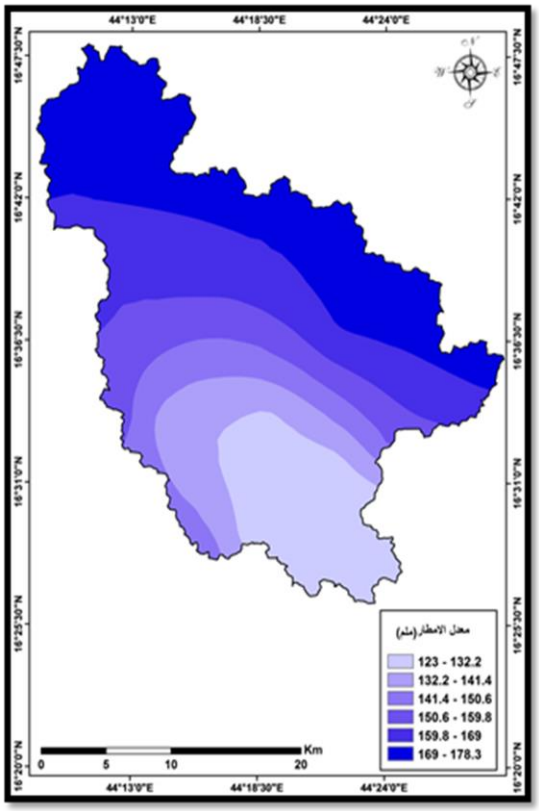
تتسم المناطق الجافة وشبه الجافة باستقبال احواض التصريف فيها لأعاصير فجائية شبه فصلية، والتي قد لا تكون كافية لتوليد جريان سطحي ملحوظ، إلا أن الامطار الموسمية والفجائية تكون اكثر قدرة على نشوء جريان سطحي ينتج عنه سيول كبيرة، إلا أنه ليس كل ما يستقبله حوض التصريف من مياه الامطار سينصرف على هيئة جريان سطحي، فهناك بعض الفواقد كالتسرب والتبخر وما يمتص من قبل النباتات[٧]، وتحدد مكونات الحوض ودرجة مساميتها قدرة المياه السطحية على توليد جريان سطحي، فالعلاقة عكسية بين درجة مسامية مكونات الحوض والجريان السطحي، فكلما انخفضت درجة المسامية زادت مقدرة المياه السطحية على توليد جريان سطحي والعكس، من ذلك كان لابد من فهم الخصائص الهيدرولوجية للحوض محل الدراسة والمتمثلة بعمق الجريان وحجمه والعوامل المؤثرة فيه، وذلك لما للجريان السطحي من اثار جيومورفولوجية على السطح، وامكانية استغلالها ودرء مخاطرها، ومن اهم الطرق والاساليب الرياضية لحساب الجريان السطحي طريقة ارقام منحنى الجريان (SCS – CN) عبارة عن سلسلة من المعادلات الرياضية يعتمد في مدخلاتها على العديد من المؤشرات الهيدرولوجية هي غطاءات الارض وانماط استخداماتها، نوع التربة، نوع الغطاء النباتي، كمية تساقط الامطار السنوية، ومقدار نفاذية الماء في التربة خلال المجموعات الهيدرولوجية لتربة، وارتفاع المنطقة عن مستوى سطح البحر[٨].

خريطة (3) ارتفاعات السطح لحوض وادي النيل



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمي DEM بواسطة برنامج ArcGIS10.4

خريطة (4) متوسط التساقط المطري السنوي في حوض وادي النيل للفترة 1990 – 2020م



المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على برنامج Arc GIS بالاعتماد على بيانات https://powr.larc.nasa.gov/data-access-viewer

جدول (2) الخصائص الشكلية لحوض وادي النيل

مساحة الحوض كم^2	عرض الحوض كم	محيط الحوض كم	طول الحوض المثالي كم	طول الحقيقي للحوض كم	اعلى نقطة م	اقل نقطة م	معدل المطر السنوي	معدل الانحدار م/كم	معامل الشكل	معامل التعرج
701.4	16.8	45.6	41.8	63	3159	1401	277.3	42	0.4	1.5

المصدر: الباحثة بالاعتماد على Arc Map 10.4

وتم الاستعانة بتقنيات نظم المعلومات الجغرافية لاستخراج بعض الخصائص المورفومترية للحوض بالاعتماد على برنامج GIS والتي يوضحها الجدول (2)، وتعد دراسة الخصائص المورفومترية للأحواض المائية من الدراسات الهامة في العلوم الهيدرولوجية والبيئية والتطبيقية، إذ تساعد في فهم وتفسير نمو وتطور الاحواض، ومدى تأثرها بالعوامل الطبيعية كالمناخ والبيئة التضاريسية والتكوين الصخري والانشطة البشرية، واثر تلك العوامل على مجاري الاودية، وانعكاسها على سرعة وكمية تدفق الماء[٩]، ويعتمد تحليل الخصائص الهندسية لأنظمة الشبكة المائية بمنطقة الدراسة على اسس علمية ومبادئ هندسية، وسيفيد التحليل المهتمين بالدراسات العلمية التطبيقية كصيانة الموارد المائية في منطقة الدراسة.

مراحل احتساب الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي النيل:

اولاً: التحليل الوصفي للبيانات المتعلقة بالغطاء الارضي وهيدرولوجية التربة

تم الاعتماد في تصنيف الغطاء الارضي وهيدرولوجية التربة لحوض وادي النيل على المرئية الفضائية Landsat8 لعام 2021م، والخريطة الطبوغرافية لمنطقة الدراسة مقياس 1:50.000، وانتاج خريطة (5) والجدول (3).

أ – **تصنيف الغطاء الارضي:**

1 – الاراضي الزراعية: وتمثل المناطق الزراعية والتي تم حصادها، أو التي يتم تهيئتها من اجل زراعتها عقب موسم الامطار، وتتوزع على مساحة منطقة الدراسة بالذات على جوانب الوديان، والمناطق التي تتلقى امطار كافية وحيث الحواجز المائية، وتغطي مساحة 18.6 كم^{٢} بنسبة 2.7%، وتتوزع بشكل مبعثر على مساحة الحوض ويغلب تواجدها في وسط الحوض.

جدول (3) الغطاءات الارضية في حوض وادي النيل

تصنيف	المساحة	النسبة
مناطق جبلية	602.2	85.9
اراضي زراعية	18.6	2.7
مناطق مفتوحة وسهلية	80.6	11.5
الاجمالي	701.4	100

المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على الخريطة (5)

2 – المناطق الجبلية: وتمثل المناطق العارية من الترب، ويرتبط معدل التسرب لهذا النوع من الغطاءات الارضية بكلاً من مساميته ودرجة النفاذية اللتان تختلفان باختلاف الصخور والفواصل والشقوق، والتي تعمل على تكوين جريان سطحي مع زيادة انحدار السطح، وتغطي معظم مساحة الحوض بمساحة بلغت 602.2 كم^{2} بنسبة 85.9 %.

3 – مناطق مفتوحة وسهلية: تمثل الاراضي الصالحة للزراعة، ويتم استصلاحها في الفترة الاخيرة، وتتواجد فيها مجاري الوديان واقدام الجبال، ويتميز هذا الغطاء الارضي بمساميته ودرجة نفاذيته العالية، وتشغل مساحة 80.6 كم^{2} وبنسبة 11.5% من اجمالي مساحة الحوض.

ب – الخصائص الهيدرولوجية للتربة:

المجموعات الهيدرولوجية للتربة Hydrologic Soil Groups (HSG) فقد حددتها (SCS) بأربعة مجموعة وفقاً لمعدل سرعة انتقال الماء خلالها، وتتدرج D_ _A لكل منها صفاتها الخاصة، فالفئتان A,D تمثلاً حدين متطرفين بالنسبة لنشوء الجريان السطحي، بينما تمثل الفئتان B,C حالتين متوسطتين بالنسبة لنشوء الجريان السطحي، وتوضح خريطة (6) مجموعات الترب الهيدرولوجية[١٠]، والجدول (4) وهي كالاتي:

1 – المجموعة الهيدرولوجية A

تمتاز هذه المجموعة بكونها ترب ذات نسيج خشن وتحتوي على طبقة رملية عميقة جافة في اسفل الحوض عند المصب وفي الشرق وتتواجد ممتده بشكل متصل من غرب الحوض حتى اقصى الجنوب الشرقي، وتحتوي على كميات قليلة من الطين والغرين، ويكون الجريان السطحي فيها منخفض ومعدل التسرب داخل التربة عالي، إذ يتراوح معدل انتقال الماء خلالها بين 372 7.62 –ملم/ الساعة، من انواعها التربة الرملية والطموية الرملية، وتشغل مساحة 80.7 كم^{2} وبنسبة 11.5 % من اجمالي مساحة منطقة الدراسة.

جدول (4) الترب الهيدرولوجية في حوض وادي النيل

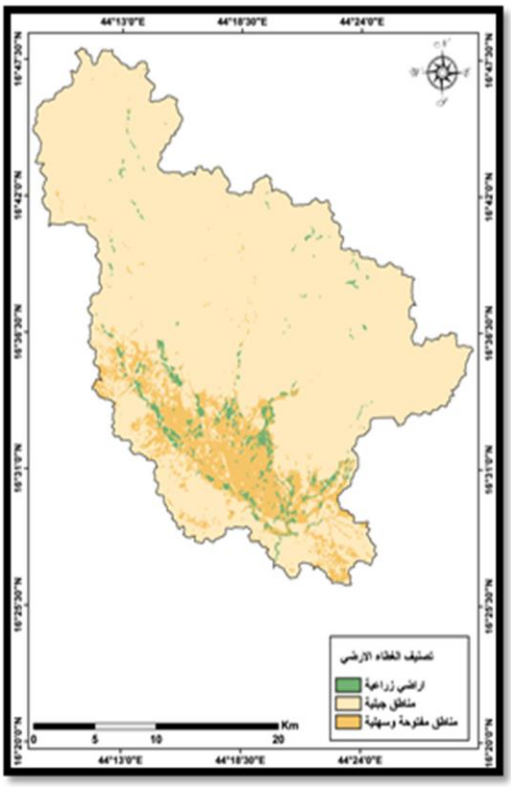
تصنيف	المساحة	النسبة
A	80.7	11.5
C	11.3	1.6
D	609.4	86.9
الاجمالي	701.4	100

المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على الخريطة (6)

2 – المجموعة الهيدرولوجية C

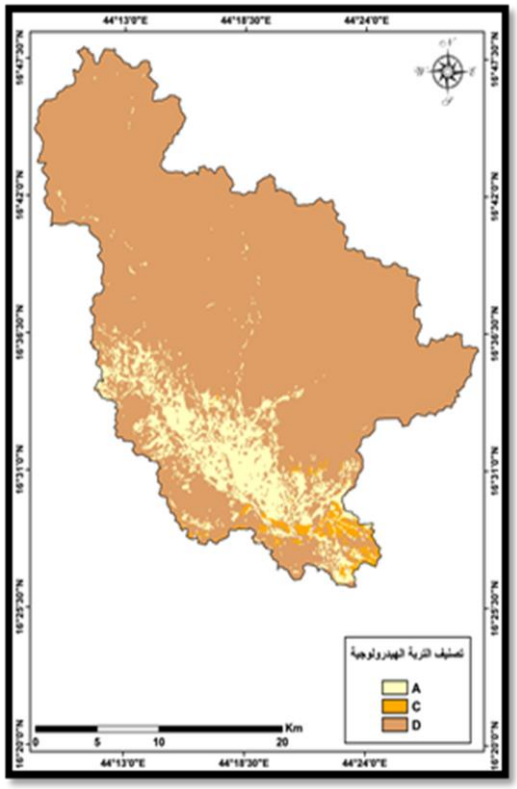
هي ترب محدودة العمق، ذات قوام ناعم إلى متوسط النعومة، ومعدل تسرب المياه منخفض، إذ تعمل على اعاقة حركة الماء إلى الاسفل، ومعدل انتقال الماء يتراوح 1.29 – 2.0,5 ملم/ الساعة، تظهر في الطرف الجنوب الشرقي للحوض، وتعد هذه المجموعة اقل انتشار في منطقة الدراسة وغطت مساحة 11.3كم^{2}، وبنسبة 3.9 % من اجمالي مساحة منطقة الدراسة، من انواع هذه التربة الرملية الصلصالية [١١].

خريطة (5) تصنيف الغطاء الارضي لحوض وادي النيل



المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على برنامج Arc GIS بالاعتماد على المرئيات الفضائية Landsat8.

خريطة (6) المجموعة الهيدرولوجية للترب لحوض وادي النيل



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على الهيئة العامة للبحوث والارشاد الزراعي، خريطة التربة للجمهورية اليمنية، صنعاء، 2006م.

4 – المجموعة الهيدرولوجية D

تشغل هذه المجموعة اكبر مساحة في الحوض إذ بلغت 609.4كم^{2}، وبنسبة 86.9 % من اجمالي مساحة الحوض، وغطت معظم اجزاء الحوض، وتتكون من طبقة ضحلة ناعمة، اما نسيجها فهو ذات نسيج متوسط من الطمي الغريني من انواعها التربة الصلصالية الطموية والسلتية الطموية[١٢] ، وهي تربة خصبة الا انها تفتقر على الصرف الجيد.

ثانياً: استخلاص قيم المنحنى (CN) لحوض وادي النيل:

تعكس قيم (CN) حالة الغطاء الارضي وهيدرولوجية التربة من حيث نفاذية وامتصاص المياه في احواض التصريف، فهي مؤشر لمدى استجابة المسقط المائي لتجميع الجريان السطحي، وارقام منحنى (CN) هي ارقام مقدرة تتراوح ما بين صفر إلى 100، فالقيم (CN) المرتفعة تدل على الاسطح الاقل نفاذية Impervious Surfaces الاكثر قدرة على توليد جريان سطح مرتفع، اما قيم (CN) المتدنية فتدل على الاسطح ذو نفاذية كبيرة Pervious Surfaces إذ تنخفض مقدرتها على توليد الجريان السطحي[١٣]، ويوضح الجدول (4) قيم (CN) في الحوض.

جدول (5) توزيع قيم (CN) في حوض وادي النيل

قيم CN	المساحة كم٢	النسبة %
46	7.6	1.08
49	53.9	7.69
59	27.1	3.86
76	0.14	0.02
77	12.6	1.80
79	0.89	0.13
82	10.5	1.50
83	15.02	2.14
84	573.6	81.79
63المعدل الموزون	701.4	100

المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على مخرجات برنامج ArcGIS10.4

يتضح من خلال الخريطة (7) وجدول (5) أن منطقة الدراسة غطتها 9 قيمة من قيم (CN)، وتراوحت جميع قيم (CN) ما بين اعلى وادنى من قيم الوسيط 50، إذ بلغت قيم (CN) في المناطق الاعلى نفاذية 46 والتي يكون فيها معدل الجريان السطحي اقل، وما بين 84 للمناطق الاقل نفاذية، والتي تدل على أن قيم الجريان السطحي فيها مرتفع وهي المناطق الصخرية

والمنحدرات الشديدة والصخرية، وما يدل على أن سطح حوض وادي النيل يميل إلى انتاج جريان سطحي مائي، لأن أغلب قيم (CN) يفوق قيمة الوسيط البالغ 50.

إن أكثر مساحة تشغلها قيم (CN) هي القيمة 84 اذ بلغ مجموع المساحة التي تشغلها 573.6 كم^{2} وشكلت نسبة 81.8 % من مساحة الحوض الكلية وتأتي بالمرتبة الثانية القيمة 83اذ بلغ مجموع المساحة التي تشغلها 15.02 كم^{2} وشكلت نسبة 2.14 %، اما باقي القيم فقد شغلت أجزاء متباينة في الحوض الكلي وبلغ المعدل الموزون 63 وهذا دليل بأن سطح الحوض ينتج جريان مائي سطحي يمكن استغلاله والاستفادة منه.

ثالثاً: حساب معامل الامكانية القصوى للاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان السطحي (S)

يقصد بالمعامل (S) حالة التربة المشبعة بالماء تماماً بعد توقف عملية التسرب وبدء الجريان السطحي، أي اقصى احتمالية لاحتفاظ التربة بالماء بعد الجريان السطحي، وتدل قيم (S) القريبة من الصفر على تدني امكانية احتفاظ التربة بالماء على السطح بعد بدء الجريان السطحي، ما يؤدي إلى ارتفاع كمية المياه الجارية على السطح، وترتفع امكانية التربة في حفظ الماء على السطح بارتفاع قيمة (S) عن الوسيط الذي يبلغ (254)، ما يؤدي إلى انخفاض كمية الجريان السطحي، وبالتالي فإن قيمة معامل (S) ينعكس من خلال قيم (CN) ونوع التربة والغطاء الارضي، وتتراوح قيمة (S) ما بين قيم متدنية وتمثل المناطق شديدة الصماته مثل المناطق الحضرية والطرقات المعبدة والمناطق الجبلية والمنحدرات الصخرية، إذ تعمل على توليد فيضانات، وما بين قيم مرتفعة تمثل منطق الغطاء النباتي الذي لديه امكانية حفظ الماء على السطح بعد بدء الجريان السطحي أو في مناطق التربة والوديان، ويتم حساب (S) من خلال معادلة الاتية[١٤] وهي كالآتي:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

وقد حسبت قيمة (S) اعتمادا على المعادلة السابقة ومن ثم استخراج النتائج ضمن برنامج ArcGISباستخدام (Raster Calculator) للحصول على قيم ونتائج والتي تراوحت بين (48.4)ملم وهي الأقل قدرة على الاحتفاظ بالماء على سطحها وبين (298.2) ملم للأجزاء الأكثر قدرة على الاحتفاظ بالماء والتي لا تساعد على إتمام عملية الجريان السطحي وهذا يدل على حدوث جريان سطحي عالي ويثبت ذلك صحة نتائج قيم (CN) ومن خلال الجدول (6) والخريطة (8) يتضح أن اعلى قيمة لمعامل (S) من حيث المساحة والنسبة المئوية هي القيمة

(48.4) حيث شغلت مساحة (573.6) كم ^{2} وبنسبة مئوية 81.79% ، في حين ان القيمة الأدنى لمعامل (S) هي القيمة (80.2) اذ شغلت مساحة 0.14 كم ^{2} وبنسبة مئوية 0.02%، وتباينت المساحة التي تشغلها باقي القيم كما هو موضح في جدول (5).

جدول (6) توزيع قيم (S) في حوض وادي النيل

قيم S	المساحة كم٢	النسبة %
48.4	573.6	81.79
52.02	15.02	2.14
55.8	10.5	1.50
67.5	0.89	0.13
75.8	12.6	1.80
80.2	0.14	0.02
176.5	27.1	3.86
264.4	53.9	7.69
298.2	7.6	1.08
الاجمالي	701.35	100

المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على معادلة (S) وبرنامج ArcGIS10.4

رابعاً: حساب معامل استخلاص الاولى قبل بدء الجريان السطحي Ia

يشير هذا العامل لمقدار مياه الامطار المفقودة بالتبخر والتسرب والمعترضة من قبل النبات في المنخفضات السطحية أو التسرب إلى باطن الارض قبل تحولها إلى جريان سطحي، وتقدر قيمة هذا المعامل بخمس قيمة معامل (S) وتشير القيم القريبة من الصفر إلى قلة كمية الفواقد وتساعد على توليد كميات كبيرة للجريان السطحي والعكس، وإذا بلغت قيمة المعامل للوسيط (50.8) ملم تصبح القيم مساوية لكمية المياه الجارية ولا يحدث جريان سطحي، وتحسب قيمة هذا المعامل بالمعادلة التالية كما الآتي:

$$Ia = 0.2S$$

حيث أن:

Ia = معامل الاستخلاص الاولي (ملم)

S = قيمة الاحتجاز القصوى (ملم)

تم حساب (Ia) لمنطقة الدراسة باستخدام عملية جبر الخرائط Map Algebra عن طريق اداة الحاسبة الشبكية Raster Calculator، لتنتج لنا خريطة Raster تظهر فيها البكسلات ذات

القيم المتشابهة بلون معين إضافة الى مساحة ونسب تلك القيم ومن خلال ملاحظة الجدول (7) الخاص بقيم (Ia) أن اغلب قيم معامل الاستخلاص الأولي في الحوض أقل من قيمة الوسيط البالغ (50.8) ملم ويشير ذلك إلى انخفاض كمية الفواقد وزيادة كمية الجريان السطحي في الحوض، وتؤكد هذه القيم النتائج السابقة من معامل (CN) ومعامل (S) التي أشارت إلى زيادة المخاطر السيلية عقب سقوط كميات كبيرة من الأمطار الفجائية التي تتميز بها منطقة الدارسة، اما بالنسبة للقيمة التي شغلت اعلى مساحة ونسبة مئوية هي القيمة (9.7) والتي شغلت مساحة (573.6)كم ٢ ونسبة مئوية (81.79%) واتضح أيضا ان القيم تراوحت بين (9.7) ملم لأقل فاقد اولي لمياه المطر وبين (59.6) ملم لأعلى فاقد وهذا له انعكاس هيدرولوجي يوضح أن عموم منطقة الدارسة يمكنها توليد جريان سطحي بكميات كبيرة.

جدول (7) توزيع قيم (Ia) في حوض وادي النيل

قيمIa	المساحة	النسبة
9.7	573.6	81.79
10.4	15.02	2.14
11.2	10.5	1.50
13.5	0.89	0.13
15.2	12.6	1.80
16.04	0.14	0.02
35.3	27.1	3.86
52.9	53.9	7.69
59.6	7.6	1.08
الاجمالي	701.35	100

المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على معادلة (Ia) وبرنامج ArcGIS10.4

خامساً: حساب عمق الجريان السطحي (Q)

يقصد بعمق الجريان السطحي الجزء الناتج عن مياه الامطار ويفوق القدرة الامتصاصية للتربة بعد التشبع، فيتحرك وفق جيمورفولوجية السطح والانحدار إلى أن يصل إلى المجاري المائية ليصب بها، ويتكون نتيجة تفاعل بين العاصفة مطرية مع مكونات حوض التصريف وخصائصها، بغض النظر عن المساحة التجميعية للحوض، فهو يختلف عن حجم الجريان السطحي ويتم حساب عمق الجريان السطحي من خلال المعادلة التالية[١٥]:

$$Q = \frac{(P - La)^2}{P + 0.8S}$$

حيث أن:

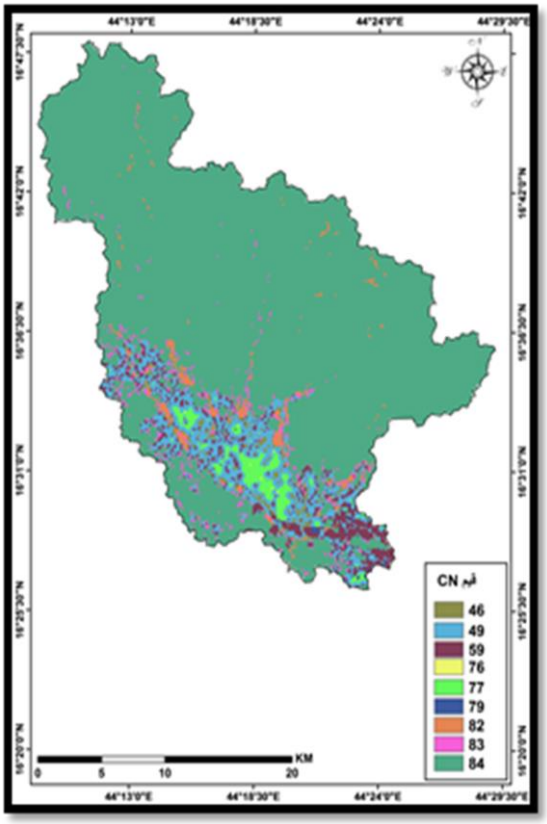
Q = عمق الجريان السطحي (ملم)

P = الامطار الساقطة (ملم)

La = معامل الاستخلاص الاولي للمياه قبل بدء الجريان السطحي (ملم)

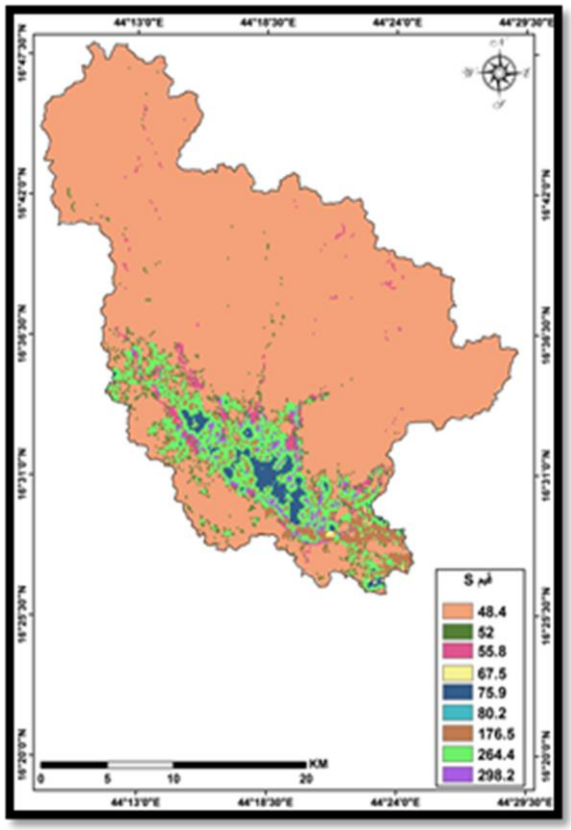
S = التجمع السطحي الاقصى للمياه بعد بدء الجريان السطحي (ملم)

خريطة (7) توزيع قيم منحنى CN لحوض وادي النيل



المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على خريطتي (5) و (6) وبرنامج ArcGIS10.4

خريطة (8) التوزيع قيم الاحتجاز القصوى (S) لحوض وادي النيل



المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على معادلة (S) وبرنامج ArcGIS10.4

وتم حساب اعماق الجريان السطحي في حوض وادي النيل بواسطة عملية جبر الخرائط Map Algebra من خلال الحاسبة الشبكية Raster Calculator، ويتضح من الجدول (8) والخريطة (8) يتضح أن اعماق الجريان السطحي السنوي تراوحت من 22.4 إلى 107.5 ملم،

ومعدل عمق الجريان السطحي السنوي 65 ملم.

جدول (8) توزيع قيم (Q) في حوض وادي النيل

قيمQ	المساحة	النسبة
22.4 - 27.7	61.5	8.8
27.7 - 47.3	27.24	3.9
47.3 - 94.4	13.49	1.9
94.4 - 104.8	25.52	3.6
104.8 - 107.5	573.6	81.8
الاجمالي	701.4	100

المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على معادلة (Q) وبرنامج ArcGIS10.4

سادساً: حساب حجم الجريان السطحي (V)

يقصد بحجم الجريان السطحي Runoff Volume عمق الجريان السطحي في مساحة الحوض، ويعد إحدى الحسابات الهيدرولوجية الهامة للعديد من الدراسات الهيدرولوجية، وتم تقدير حجم الجريان السطحي (V) في الدارسة الحالية لحوض وادي النيل اعتمادا على حساب عمق الجريان السطحي (Q) التي تم الحصول عليها وفق ا :

$$V = \frac{A * Q}{1000}$$

حيث أن:

V = كمية حجم الجريان السطحي م^3

A = مساحة حوض التصريف م^2، أو مساحة الخلية

Q = عمق الجريان ملم

1000= معامل تحويل من لتر إلى متر

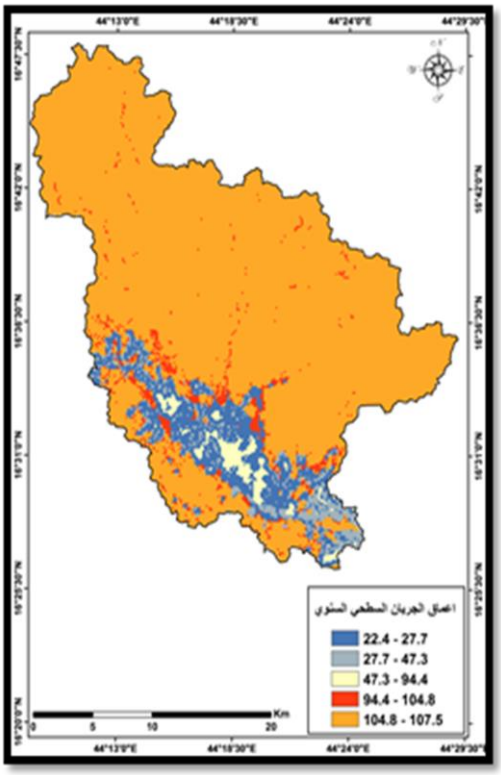
ومن خلال الخريطة (9) والجدول (9) يلاحظ أن نسبة 81.8% من حجم الجريان السطحي السنوي في الحوض لها قابلية انتاجية الجريان السطحي تتراوح ما بين 1575.2 – 61682.1 م^3، إن نتائج احتساب الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي النيل تؤكد توفر جريان سطحي وبكميات كبيرة في اوقات وفرة الامطار وفصل التساقط المطري وانها ذات قيمة هيدرولوجية كبيرة يمكن توظيفها والإفادة منها في جوانب تطبيقية تنموية يمكنها النهوض بالواقع الاقتصادي لمنطقة الحوض.

جدول (9) توزيع قيم (V) في حوض وادي النيل

Vقيم	المساحة	النسبة
12.5 - 83.7	1.03	0.15
83.7 - 171.3	7.64	1.1
171.3 - 1280.8	50.2	7.15
1280.8 - 1575.2	68.93	9.82
1575. 2 - 61682.1	573.6	81.78
الاجمالي	701.4	100

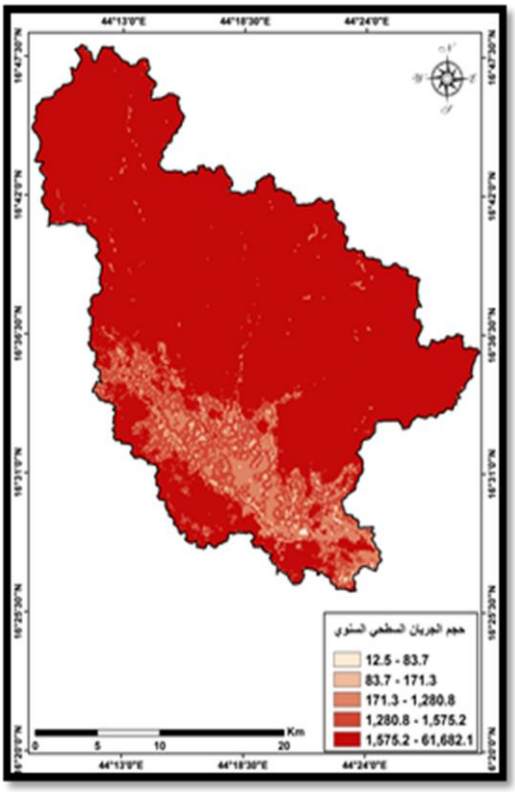
المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على خريطة (9) برنامج ArcGIS10.4

خريطة (8) توزيع قيم منحنى Q لحوض وادي النيل



المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على معادلة (Q) وبرنامج ArcGIS10.4

خريطة (9) حساب حجم الجريان السطحي لحوض وادي النيل



المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على معادلة (V) وبرنامج ArcGIS10.4

سابعاً: معادلة بيركلي:

تعد معادلة بيركلي من المعادلات المستعملة في حساب حجم الجريان السطحي وتعتمد هذه المعادلة على متغيري المناخ
والتضاريس، وتتمثل هذه المعادلة في الصيغة التالية[١٦]:

$$R=(CIS)^{0.5} \times (W/L)^{0.45}$$

حيث ان:

R = حجم الجريان السنوي مليار /م3

C = 0.30 معامل ثابت في المناطق الجافة وشبه الجافة وتعتمد قيمته على سطح التربة والغطاء النباتي وجيولوجية المنطقة.

I = حجم المطر مليار /م 3 ويستخرج من العادلة التالية:

$$\text{حجم التساقط ب مليار/م}^3 = \frac{\text{مجموع التساقط السنوي ب ملم}}{1000} \times \frac{\text{مساحة الحوض كم}^2 \times 1000 \times 1000}{1000000000}$$

S = معدل الانحدار م/كم

W = عرض الحوض

L = طول الحوض

وبتطبيق معادلة بيركلي على شبكة الصرف المائي لحوض وادي النيل من بيانات الجدول (2) تبين ان حجم الجريان السطحي السنوي بلغ 0.2157 مليار / م^3، ولهذا يجب استثمار هذا المورد المائي الغير مستغل بإنشاء انظمة الحصاد المائي للنهوض بمنطقة الدراسة وتنميتها.

الاستنتاجات:

١.يعد المناخ من ابرز العوامل الطبيعية المؤثرة بشكل مباشر على حجم الجريان السطحي في الحوض، فالاختلاف في كثافة وتوزيع سقوط الامطار واتجاه العاصفة المطرية داخل الحوض يؤدي الى اختلاف توزيع الجريان السطحي فضلا عن عناصر المناخ الأخرى.

٢.من خلال مرئية Landsat-8 ومن تطبيق التصنيف الموجة تم التعرف على أصناف استعمالات الأرض في حوض الدراسة وتبين ان الصنف الأكثر انتشاراً هو صنف المناطق الجبلية ويليه صنف الأراضي السهلية والمفتوحة ثم صنف الأراضي الزراعية.

٣.من خلال خريطة الترب الهيدرولوجية ومعطياتها تبين ان الترب السائدة في حوض منطقة الدراسة هي ترب من نوع (D) وهي طبقة ذات نسيج متوسط من الطمي الغريني او الطين الغريني، وهي طبقة ضحلة مع معدل ارتشاح منخفض.

٤.تؤثر التربة والغطاء الأرضي على حجم الجريان السطحي فاختلاف نفاذية التربة يؤدي الى اختلاف قيم (CN) لكل نوع من أنواع الغطاء الأرضي فقيم (CN) المنخفضة تشير إلى أن التربة ذات نفاذية وتزداد نفاذيتها كلما انخفضت قيمها.

٥.اظهرت النتائج أن القيمة المعبرة عن (CN) في حوض الدراسة تراوحت بين (46) للمناطق الأكثر نفاذية للمياه واقل قدرة على انتاج جريان مائي سطحي بلغت (84) للمناطق الأقل نفاذية وذات قدرة كبيرة في انتاج الجريان المائي السطحي وهذه القيم تعتبر ذات دلائل هيدرولوجية لكون الحوض يعمل على انتاج جريان سطحي مائي واغلب قيم (CN) هي اعلى قيمة من الوسيط البالغ (50) .

٦.ظهرت النتائج أن القيم المعبرة عن معامل (S) الامكانية القصوى في الاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان السطحي في حوض الدراسة بلغ عددها (9) قيم تراوحت ما بين (48.4) ملم للمناطق الأقل قدرة على الاحتفاظ بالماء على السطح وبين (298.2) ملم للمناطق الأكثر قدرة على الاحتفاظ بالماء على سطحها، اما معامل (Ia) وتراوحت قيمة معاملها ما بين (9.7) ملم للمناطق لأقل فاقد لمياه الامطار قبل بدء الجريان السطحي وبين (59.6) ملم لأعلى فاقد وهذا له انعكاس هيدرولوجي يوضح أن عموم منطقة الدراسة يمكنها توليد جريان سطحي وبكميات كبيرة وذلك لان القيم ظهرت دون الوسيط (50.8) ملم، يتضح أن أعلى قيمة لعمق الجريان السطحي (Q) في حوض وادي النيل هي (107.5) ملم إذ تعتبر هذه النسبة عالية وهذا يدل على أن الجريان في الحوض يمكن أن تستثمر في حصاد المياه.

٧.تبين أن حجم الجريان السنوي (V) في حوض منطقة الدراسة تراوحت ما بين – 61682.1 1575.2 م^3 وهي كمية عالية تؤكد لنا إمكانية حصاد المياه لحوض وادي النيل واستغلالها في تنمية الحوض اقتصادياً.

التوصيات:

١.إنشاء محطات هيدروميناخية في الحوض لمعرفة خصائص الأمطار، وحجم التصريف، لغرض توفير البيانات التي يحتاجها الباحثون للدراسات الهيدرولوجية.

٢.تطبيق مفهوم حصاد مياه الأمطار والاستفادة منها في تغذية المخزون الجوفي، وزيادة الغطاء النباتي في الحوض من خلال إقامة السدود على المجرى الرئيسي للحوض مع مراعاة تجنب الضائعات المائية بالتسرب والتبخر والحفاظ على التربة من الانجراف.

٣.ضرورة الاعتماد على التقنيات الجغرافية الحديثة والمتمثلة بتقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة وتحليل الهيدرولوجي للأحواض المائية الغير مرصودة وخصائصها المورفومترية اذ يتم من خلال تلك التقنيات توفير الوقت والكلفة والجهد في الحصول على نتائج في غاية الدقة وسريعة.

الهوامش

(١) الضراط، 2020م، صـ50.
(٢) AL-Gamidi, 1991, P45
(٣) عباس، 1994م ، صـ11.
(٤) الحفيان ،2004م، صـ39.
(٥) الخرباش، 1996م، صـ134.
(٦) https://powr.larc.nasa.gov/data-access-viewer
(٧) صلاح، 2019م، صـ204.
(٨) انظر: صلاح، 2019م، صـ 205.
(٩) الخفاجي، 2016م، صـ639 – 616.
(١٠) USDA-SCS, 1985; USDA TR55, 1986, PA-1
(١١) H.Weerasinghe, U.A. Schneider, and A.Low, 2011, P3375 .
(١٢) USDA, TR55, 1986, PA-1)
(١٣) حميد، 2016م، صـ115.
(١٤) الكناني، الاسدي، 2020م، صـ321.
(١٥) التفعي، 2010، صـ46.
(١٦) العمري، 2019م، صـ878

المراجع:

1.AL-Gamdi, (1991). Estimating Runoff Curve of the soil Conservation Service in Arid and Semi-arid Environments Using Remotely sensed Date, A dissertation Submitted to the Faculty of University of Utah, USA.
2.H. Weerasinghe, U. A. Schneider1, and A. Low water harvest – location assessment model using GIS and remote sensing. Hydrological Earth System Science Discussion, 2011.
3.https://powr.larc.nasa.gov/data-access-viewer
4.USDA – SCS 1985, Natural Engineering Handbook, Section4. Department of Agricultural. USA.

5.USDA – TR55. 1986. Urban Hydrology for small water sheds. Department of Agricultural. USA.
6.https://powr.larc.nasa.gov/data-access-viewer
٧.الحفيان ،عوض ابراهيم، الجغرافيا العامة للجمهورية اليمنية، سلسلة اصدارات جامعة صنعاء، صنعاء، 2004م.
٨.الخرباش، صلاح عبدالواسع، الانبعاوي، محمد ابراهيم، جيولوجية اليمن، مركز عبادي للدراسات والنشر، صنعاء، 1996م.
٩.الخفاجي، سرحان نعيم، الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي قرين الثماد في بادية العراق الجنوبية – بادية النجف، مجلة التربية الاساسية للعلوم التربوية والانسانية جامعة بابل، المجلد 4، العدد 26، العراق، 2016م.
١٠.الدغستاني، حكمت صبحي، حميد، بسمان يونس، العلاقة بين المظاهر الجيمورفولوجية واستخدامات الارض ونظام التصريف السطحي والاستفادة منها في حصاد المياه لحوض وادي بادوش شمال العراق، المجلة العراقية الوطنية لعلوم الارض، المجلد 11، العدد 2، 2011م.
١١.الضراط، علاء جابر، التقييم الكمي للجريان السطحي في زادي الكراث طبرق شمال شرق ليبيا: دراسة هيدرومورفومترية، مجلة جامعة صبراته العلمية، ليبيا، العدد 2، المجلد 4، ديسمبر، 2020م.
١٢.عباس، شهاب محسن، جغرافية اليمن الطبيعية، مؤسسة الزهيري التعليمية، صنعاء،1994م.
١٣.الكناني، حيدر محمد حسن، الاسدي، صفاء عبدالامير رشم، تقدير عمق الجريان السطحي وادي غار باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات، مجلة كلية التربية، جامعة واسط، العدد41 ، الجزء 4، تشرين الثاني، 2020م.
١٤.النفيعي، هيفاء محمد ، تقدير الجريان السطحي ومخاطرة السيلية في الحوض الاعلى لوادي عرنة شرق مكة المكرمة بوسائل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير "غير منشورة"، قسم الجغرافيا، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة ام القرى، المملكة العربية السعودية، 2010.
١٥.العمري، جميل عبد حمزه، تقييم جغرافي لاهم معادلات حساب الجريان السطحي في الاحواض المائية، مجلة كلية التربية الاساسية للعلوم التربوية والانسانية، جامعة بابل، العدد 42، شباط، 2019م.
١٦.صلاح، بلقيس مبخوت ناصر، المواقع المثلى لحصاد مياه السيول في حوض وادي مور، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الانسانية، جامعة صنعاء، 2019م.

Translating Arabic references:

1.Abbas, Shihab Mohsen, Natural Geography of Yemen, Al-Zuhairi Educational Foundation, Sana'a, 1994 AD.
2.Al-Daghistani, Hikmat Sobhi, Hamid, Basman Younes, The relationship between geomorphological manifestations, land uses, and the surface drainage system and their utilization in water harvesting for the Badush Valley basin in northern Iraq, Iraqi National Journal of Geosciences, Volume 11, Number 2, 2011 AD.
3.Al-Darrat, Alaa Jaber, Quantitative Evaluation of Surface Runoff in Leek Zadi Tobruk, Northeastern Libya: A Hydromorphometric Study, Sabratha Scientific University Journal, Libya, Issue 2, Volume 4, December, 2020 AD.

4.Al-Hafyan, Awad Ibrahim, General Geography of the Republic of Yemen, a series of publications by Sana'a University, Sana'a, 2004 AD.
5.Al-Khafaji, Sarhan Naim, Morphometric and Hydrological Characteristics of Wadi Qurain Al-Thamad Basin in the Southern Desert of Iraq - Badia of Najaf, Journal of Basic Education for Educational and Human Sciences, University of Babylon, Volume 4, Issue 26, Iraq, 2016 AD.
6.Al-Kharbash, Salah Abdel-Wasa, Al-Anbaawi, Muhammad Ibrahim, Geology of Yemen, Abadi Center for Studies and Publishing, Sana'a, 1996 AD.
7.Al-Kinani, Haider Muhammad Hassan, Al-Asadi, Safaa Abdul-Amir Rashm, Estimating The Depth Of Surface Runoff In Wadi Ghar Using Remote Sensing Techniques And Information Systems, Journal Of The College Of Education, Wasit University, Issue 41, Part 4, November, 2020AD.
8.Al-Nafi'i, Haifa Muhammad, Estimating Surface Runoff and the Risk of Sailiya in the Upper Basin of Wadi Arna, East of Makkah Al-Mukarramah, Using Remote Sensing and Geographic Information Systems, Unpublished Master Thesis, Department of Geography, College of Social Sciences, Umm Al-Qura University, Saudi Arabia, 2010 AD.
9-Al-Omari, Jamil Abdel Hamza, Geographical Evaluation of the Most Important Surface Runoff Calculation Equations in Water Basins, Journal of the College of Basic Education for Educational and Human Sciences, University of Babylon, Issue 42, February, 2019 AD
10-Salah, Belqis Mabkhout Nasser, Optimal Sites For Harvesting Flood Water In The Wadi More Basin, Unpublished Master's Thesis, Department Of Geography, College Of Arts And Humanities, Sana'a University, 2019 AD.