مجلة
مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية

مجلة علمية محكمة تصدر عن
مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية
كلية الآداب - جامعة المنوفية

الترقيم الدولي الموحد للطباعة: 2357-0091
الترقيم الدولي الموحد الإلكتروني: 2735-5284

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)

مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية
بكلية الآداب – جامعة المنوفية
مجلة علمية مُحَكَّمَة

التحليل المكاني لنواتج النمذجة المكانية لأحجام الجريان السطحي المحتملة بحوض وادي وتير حتى عام ٢١٠٠م وفقاً لسيناريو SPI-1.9 ونموذج SCS-CN

إعداد الدكتور
حمدي نبيه عيد
مدرس بقسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية
كلية الآداب – جامعة سوهاج

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)

Egyptian Knowledge Bank
بنك المعرفة المصري

مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية

بكلية الآداب – جامعة المنوفية

مجلة علمية مُحَكَّمَة

هيئة التحرير للمجلة	
أ.د/ لطفي كمال عبده عزاز	رئيس التحرير
أ.د/ إسماعيل يوسف إسماعيل	نائب رئيس التحرير
أ.د/ عادل محمد شاويش	مساعد رئيس التحرير
أ.د/ عبد الله سيدي ولد محمد أبنو	السادة أعضاء هيئة التحرير
د/ سالم خلف بن عبد العزيز	
د/ محمد فتح الله محمد النتيفة	
د/ طوفان سطام حسن البياتي	
د/ سهام بنت صالح سليمان العلولا	
د/ محمود فوزي محمود فرج	
د/ صابر عبد السلام أحمد محمد	
د/ صلاح محمد صلاح دياب	سكرتير التحرير

موقع المجلة على بنك المعرفة المصري: https://mkgc.journals.ekb.eg/

الترقيم الدولي الموحد للطباعة: ٢٣٥٧-٠٠٩١
الترقيم الدولي الموحد الإلكتروني: ٢٧٣٥-٥٢٨٤

تتكون هيئة تحكيم إصدارات المجلة من السادة الأساتذة المحكمين من داخل وخارج اللجنة العلمية الدائمة لترقية الأساتذة والأساتذة المساعدين في جميع التخصصات الجغرافية

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)

بحث:

التحليل المكاني لنواتج النمذجة المكانية لأحجام الجريان السطحي المحتملة بحوض وادي وتير حتى عام ٢١٠٠م وفقًا لسيناريو SPi-1.9 ونموذج SCS-CN

إعداد الدكتور/ حمدي نبيه عيد *

*** مدرس بقسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية ـ كلية الآداب ـ جامعة سوهاج**

ملخص البحث:

اعتمدت هذه الدراسة في التنبؤ بأحجام الجريان السطحي على النموذج الذي أعدته إدارة صيانة التربة التابعة لوزارة الزراعة الأمريكية والمعروف بنموذج رقم منحنى الجريان السطحي والذي يشار إليه بـ SCS-CN لكونه يعد أشهر الطرق المتبعة في تقدير أحجام الجريان السطحي في الأدبيات العالمية والذي تم استيفاق بيانات التساقط الذي يعد أحد أهم حدود هذا النموذج وركيزته الرئيسة من بيانات الأقمار الصناعية التي أطلقتها وكالة ناسا واعتمدتها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ بعد دمج وتحليل بيانات أكثر من أربعة عشر ألف ورقة بحثية استغرقت ثمانِ سنواتٍ من البحث أسفرت عن وضع خمسة سيناريوهات للانبعاثات الحرارية أطلق عليها اسم المسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة SSPs تدور فحواها جميعاً أن حرارة الأرض على أعتاب الارتفاع بمقدار ١,٥ °م مما دفع مؤتمر الأمم المتحدة المعني بتغير المناخ COP26 الذي عقد عام ٢٠٢١م يؤكد على ضرورة الحد من الزيادة في متوسط درجة الحرارة العالمية إلى أقل من درجتين مئويتين ومواصلة الجهود بتحقيق ذلك وهو ما يرنو إليه سيناريو SPi-1.9 الذي تم اختياره بعد إجراء مقارنات جادة مع السيناريوهات الأخرى لكونه أكثرها ملائمة وفقاً لما جاء بتقرير اللجنة، وقد أسفرت نتائج الجمع الجبري لبيانات التساقط وربطها ببعضها بعضاً أن الأحواض الواقعة أقصى شمال شرق الحوض هي الأوفر حظاً من حيث كميات التساقط التي تقل تدريجياً وبشكل ملحوظ كلما اتجهنا صوب الجنوب، كما أسفرت نتائج تحليل الانحدار الجغرافي الموزون (GWR) أن المطابقة المكانية تتسم بارتفاع قيم R^2 بأحواض البطم وأم حريقات وأم طرجية والزهري والمريطية وأبو عرقان، وتنخفض تدريجياً كلما اتجهنا صوب الجنوب لتصل أدنى قيم لها بأحواض صمغي وغزالة والزلقة برافديه البيار وكحيلة، وبالتالي اتخذت قيم التنبؤ نسقاً منتظماً يتفق مكانياً مع قيم معامل التحديد R^2، كما أسفرت عن ارتفاع قيم المطابقة المكانية للجريان السطحي لتتراوح بين ٧٧,٢٣ _ ٧٧,٧٨٪ وتتخذ نسقاً منتظماً تزداد فيه احجام الجريان السطحي كلما اتجهنا صوب الأحواض الجنوبية الغربية ذات المساحات الحوضية الأكبر وتتناقص كلما اتجهنا صوب الأحواض الشمالية الشرقية ، إلا أن قيم التنبؤ أكدت على احتفاظ حوض الزلقة برافديه البيار وكحيله بالمرتبة الأولى من حيث حجم الجريان السطحي.

الكلمات الدالة: التنبؤ بأحجام الجريان السطحي، وادي وتير، التحليل المكاني، سيناريو SPi-1.9، نموذج SCS-CN، GWR، COP26

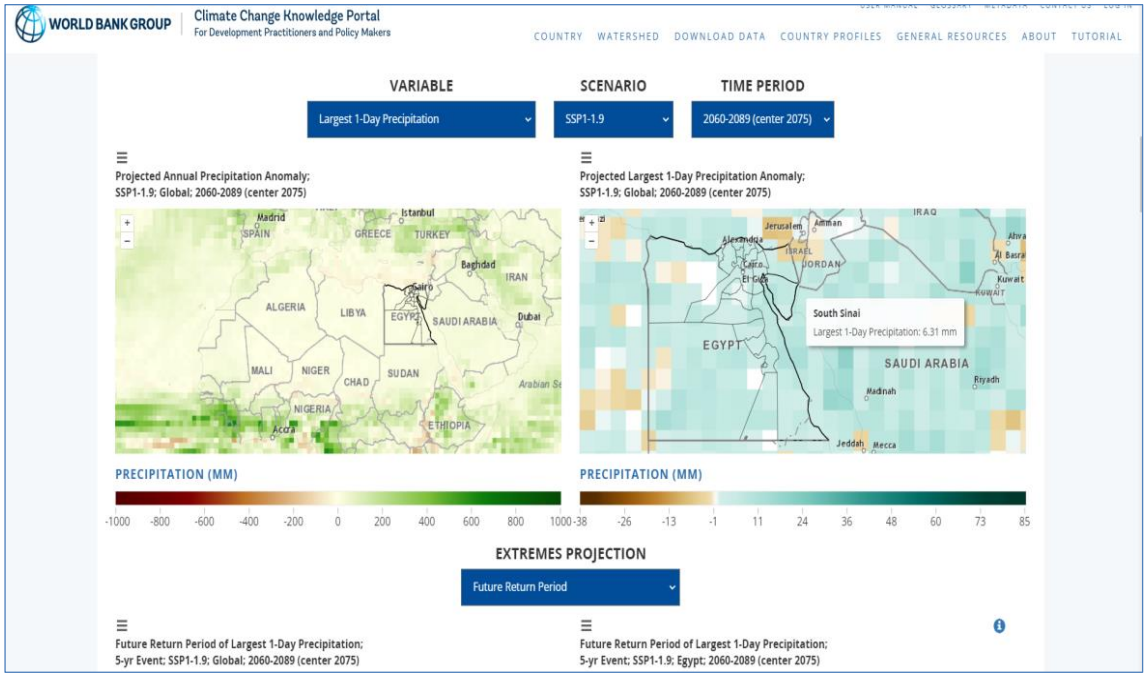
المقدمة:

يعد التنبؤ بأحجام الجريان السطحي من الأمور ذات الأهمية لتقدير الحصاد المائي والتخطيط لبناء السدود ومستجمعات المياه في المناطق الجافة وشبه الجافة لكونه المصدر الأكثر ضماناً والأسهل منالاً لدى العديد من الدول التي تعتمد عليها، ويزداد الأمر إلحاحاً في حالة غياب موارد مائية سطحية ومستدامة بها كمنطقة الدراسة ، وهناك عدة طرق لتقدير الجريان السطحي لعل من أشهرها وأكثرها شيوعاً طريقة SCS Curve Number ولمرونتها وبساطتها وكونها تجمع بين معلمات مستجمعات المياه والعوامل المناخية في كيان واحد يسمى رقم المنحنى (CN)، واعتمادها على قدر هائل من التجارب الميدانية تم استخدامها على نطاق واسع في الولايات المتحدة الأمريكية وفي جميع أنحاء العالم، وتم دمجها في العديد من نماذج محاكاة هطول الأمطار والجريان السطحي (Arnoldet al.1998, Michelet al.2005) وقد استخدم العديد من الباحثين أمثال باندي وساهو ؛ ونانياك وجايسوال وزان وهوانغ غانديني وأوسونوف وغيرهم تقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتقدير قيمة رقم منحنى الجريان السطحي في جميع أنحاء العالم [1]، وتجدر الإشارة إلى أن نمذجة ومحاكاة بيانات التساقط تمت وفقاً لأحد سيناريوهات المسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة (SSPs) التي تمت وفقاً للتجارب العددية عن طريق مراكز النمذجة والتباين المستقبلي المحتمل، وأن عملية محاكاة البيانات المناخية بها تمت وفقاً لنموذج المناخ التابع لمعهد جودارد لدراسات الفضاء Goddard Institute for Space Studies (GISS) التابع للمركز الوطني للملاحة الجوية وإدارة الفضاء (NASA)، والتي قامت مجموعة البنك الدولي على إتاحة كافة البيانات المرصودة بالأقمار الصناعية على بوابة المعرفة المتعلقة بتغير المناخ Climate Change knowledge portal في صورة بيانات مناخية خلوية لكافة العناصر المناخية لكافة دول العالم (شكل ١).

ولعل من أبرز الدوافع التي شجعت الباحث على اختيار هذا السيناريو لنمذجة بياناته في بيئة نظم المعلومات الجغرافية من بين كافة السيناريوهات أن الدراسات الحديثة أثبتت أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون قد انخفضت بشكل أكبر مما تم التقاطه بواسطة الأقمار الصناعية حتى عام ٢٠١٤م (Li et al., 2017; Zheng et al., 2018)، كما أن تأثيرات الغازات الدفيئة بحلول عام ٢١٠٠ م ستصبح أقل بكثير مما كانت عليه (أونيل وآخرون، ٢٠١٦)، و يؤيد ذلك العديد من المؤشرات أهمها اتجاه أغلب دول العالم بما فيها مصر إلى خفض معدلات الانبعاثات من خلال انتاج الطاقة النظيفة واستبدال الوقود الأحفوري بالهيدروجين الأخضر لتسيير المركبات، وباتباع

2. https://figshare.com/articles/dataset/GCN250_global_curve_number_datasets_for_hydrologic_modeling_and_design/7756202

هذا السيناريو سوف يضعف التأثير الإشعاعي للهباء الجوي بنسبة ٩٥ % تقريبًا أو يظل قريبًا من مستويات ما قبل الصناعة (Marianne T. Lund et al, 2019)، لذا كان مؤتمر COP26 بمثابة تذكير صارخ بأن التخفيضات غير الحماسية للانبعاثات من شأنها أن تؤدي إلى نتائج أقل من مرضية.



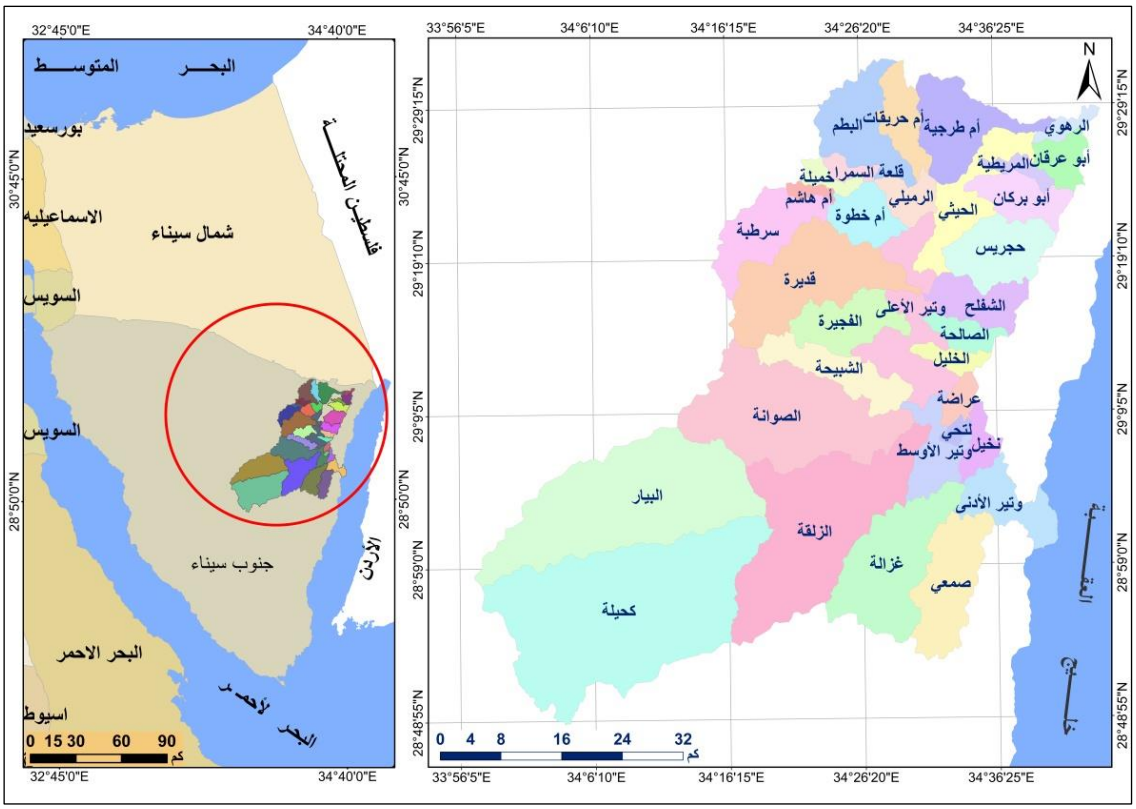
Source: https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/egypt/extremes

شكل (١) بوابة مجموعة البنك الدولي المعنية بتغير المناخ

- **موقع وحدود منطقة الدراسة:**

يقع حوض وادي وتير فلكيًا بين دائرتي عرض "50 ´46 °28 و "35 ´32 °29 شمالاً ، و خطي طول "25 ´55 °33 و "15 ´41 °34 شرقاً، و جغرافيًا يقع جنوب شبه جزيرة سيناء على الجانب الشرقي منها، حيث تنتهي مروحته الفيضية على ساحل خليج وتقبع عليها منطقة نويبع كما يوضحه (شكل١)، ويتألف الحوض من ٣٣ حوضاً فرعياً أكبرها مساحة حوضي واديي كحيلة(٥٥٣,٥٣كم٢)، و البيار(٣٩٢,٩٤كم٢) رافدي حوض وادي الزلقة الذي يليهما في المساحة الحوضية (٣٣٩.٩) ،كما سجل حوض وادي لتحي المساحة الأصغر بين كافة الأحواض (٩,٠٦كم)٢، وتقدر مساحة تلك الأحواض مجتمعة ٣٥٣٨,١٥٦ كم٢ ، ويقدر طول الحوض ٥٠,٩٥ كم، و يتراوح عرضه بين ٤٦١ _ ٩٣٥م.

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على نموذج ارتفاع رقمي دقة ٣٠م والخرائط الطبوغرافية مقياس ١: ٥٠ألف _ ١: ٢٥٠ألف

شكل (٢) الأحواض الفرعية لحوض وادي وتير

١. مشكلة الدراسة:

تتمثل مشكلة الدراسة في الكميات الهائلة من المياه المهدرة من الجريان السطحي بحوض وادي وتير وعدم كفاية وكفاءة أعمال الحماية القائمة لحجز تلك المياه والاستفادة منها في عمليات التنمية المستدامة.

٢. تساؤلات الدراسة:

- هل هناك ثمة علاقة بين كميات التساقط على حوض الوادي وأحجام الجريان السطحي الناتجة عنها؟
- هل كميات التساقط وحدها هي المحددة لأحجام الجريان السطحي أم هناك عوامل أخرى؟ وما هي هذه العوامل إن وجدت؟
- ما أحجام الجريان السطحي التي يحظى بها الوادي وفقاً لأقصى كمية مطر سقطت خلال يوم واحد؟
- ما أكثر أحواض المنطقة حظوةً في أحجام الجريان السطحي؟ وما أسباب ذلك؟
- ما هي المواضع المثلى لإنشاء سدود وبحيرات صناعية لتخزين مياه الجريان السطحي وحفظها من الهدر؟

٣. أسباب اختيار منطقة الدراسة وموضوعها:

يرجع السبب الرئيس لاختيار منطقة الدراسة إلى ما لاحظه الباحث من كميات هائلة من مياه الجريان السطحي أهدرت في خليج العقبة جراء سيل ١٤مارس ٢٠٢٣م [١] والذي بدأ من الساعة الواحدة صباحاً وانتهى الساعة الحادية عشرة مساء نفس اليوم، في حين تخلو المنطقة من مصادر المياه العذبة القريبة منها فكان لزاماً وضع آلية لحجز هذه المياه وتخزينها للاستفادة منها في عمليات التنمية المستدامة بها، ودرء أخطار السيول عن مدينة نويبع القابعة على المروحة الفيضية للوادي.

٤. أهداف الدراسة:

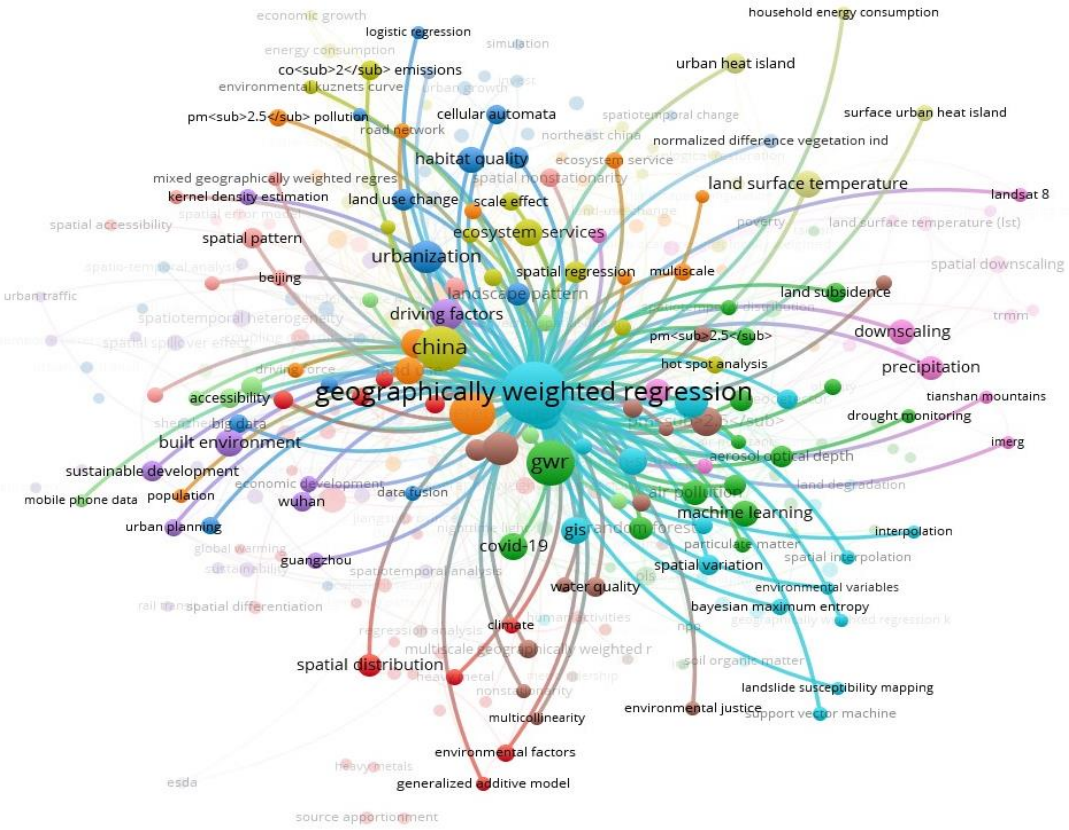
- تقدير أحجام الجريان السطحي بالمنطقة وفقاً لأقصى كمية مطر سقطت خلال يوم واحد لاستخلاص نتائج تفيد في صياغة سياسات التنمية المستقبلية في قطاع الموارد المائية.
- تحديد تأثير التباين الزماني المكاني للتساقط على أحجام الجريان السطحي بالأحواض الفرعية للوادي في ضوء تحليل نتائج الانحدار الجغرافي الموزون.

٥. مناهج الدراسة وأساليبها:

اعتمدت الدراسة على عدة مناهج بحثية، وقد تمثلت المناهج في المنهج التاريخي وتمت الاستفادة منه في رصد بيانات التساقط الواقعة على منطقة الدراسة خلال الفترة بين عامي ١٩٥١_٢٠٢٣م والمتوقعة حتى عام ٢١٠٠م وفقاً للسيناريو المعتمد في الدراسة، كما تم الاعتماد على المنهج الأصولي للوقوف على العوامل والعمليات الجيومورفولوجية المتحكمة في تفاوت أحجام الجريان السطحي، فضلًا عن المنهج الاستقرائي وتم الاعتماد عليه للتنبؤ باحتمالات حدوث جريان سطحي من خلال المطابقة المكانية لبيانات التساقط، أما عن أساليب الدراسة فتمثلت في عدة أساليب أبرزها **الأسلوب الكمي** في تقدير حجم الجريان السطحي من خلال تطبيق معادلة (SCS-CN)، و **أسلوب التحليل الهرمي** أو ما يعرف بالتسلسل الهرمي التحليلي Analytic Hierarchy Process (AHP) الذي تمت الاستفادة منه في تحديد الأوزان النسبية للمعايير المستخدمة في تحديد المواضع المثلى لإنشاء السدود وبحيرات التخزين الصناعية، **وأسلوب التراكب الموزون** Weighted Overlay، وهو أحد الأساليب الأكثر استخدامًا لحل المشكلات المكانية المتعددة المعايير مثل المشكلة قيد البحث، **والأسلوب المورفومتري**، وتم الاستعانة به لقياس أبعاد القطاعات المورفومترية، والقطاعات التضاريسية للمواضع المقترحة للسدود، **والأسلوب الكارتوجرافي** لرسم الخرائط باستخدام برنامج Arc Map 10.5، بالإضافة **إلى الأسلوب المقارن** للمقارنة بين نتائج

[1] - https://youtu.be/4CpamhpXiGw?t=57 - https://youtu.be/5hPVrnsq3Qs

السيناريو المعتمد في الدراسة ونتائج الانحدار الجغرافي الموزون (Geographically weighted regression (GWR.

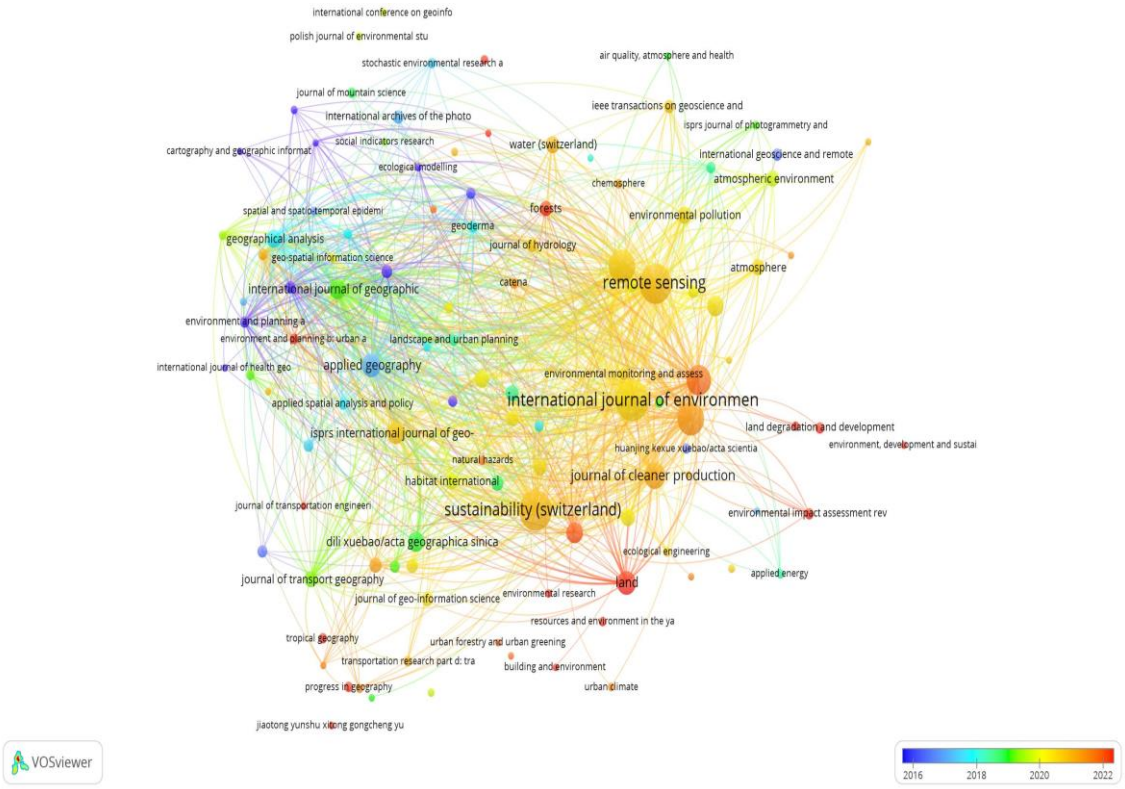


شكل (٣) المجلات الأكثر استخداماً لأسلوب GWR في التحليل المكاني

٦. التحليل الببليومتري.

التحليل الببليومتري هو أسلوب شائع يستخدم لاستكشاف وتحليل كميات كبيرة من البيانات العلمية لكونه يتيح تفكيك الفروق الدقيقة التطورية في مجال بحثي معين، مع تسليط الضوء على الاتجاهات الناشئة في هذا المجال، و قد ذاع استخدامه في الدراسات الجيومورفولوجية بالأدبيات العالمية منذ عام ٢٠٠٣م ، ولإجرائه تم البحث في قاعدة بيانات Elsevier Scopus بتاريخ ١١ ديسمبر ٢٠٢٣م وإجراء التحليل الببليومتري باستخدام برنامج VOSviewer عن الموضوعات المتعلقة بالنقطة البحثية قيد الدراسة خلال الفترة بين عامي ١٩٩٩م – ٢٠٢٤م وقد أسفرت نتيجة البحث عن الكلمات المفتاحية عبر الكود (ALL (ssp1-1.9scenario) AND ALL (gwr)) عن ٢٦٣٧ ورقة بحثية داخل قاعدة البيانات المذكورة ، و أظهرت نتائج التحليل الببليومتري أن أعداد الأوراق البحثية المنشورة حول هذا الموضوع تزايدت بشكل واضح خلال فترة المقارنة، حيث بدأت بورقة بحثية واحدة عام ١٩٩٧م ثم بورقتين عام ١٩٩٨م ، وبعد أن خلت قاعدة البيانات SCOPUS من الأوراق البحثية حول هذا الموضوع لكنها بدأت تتزايد تدريجياً حتى وصلت

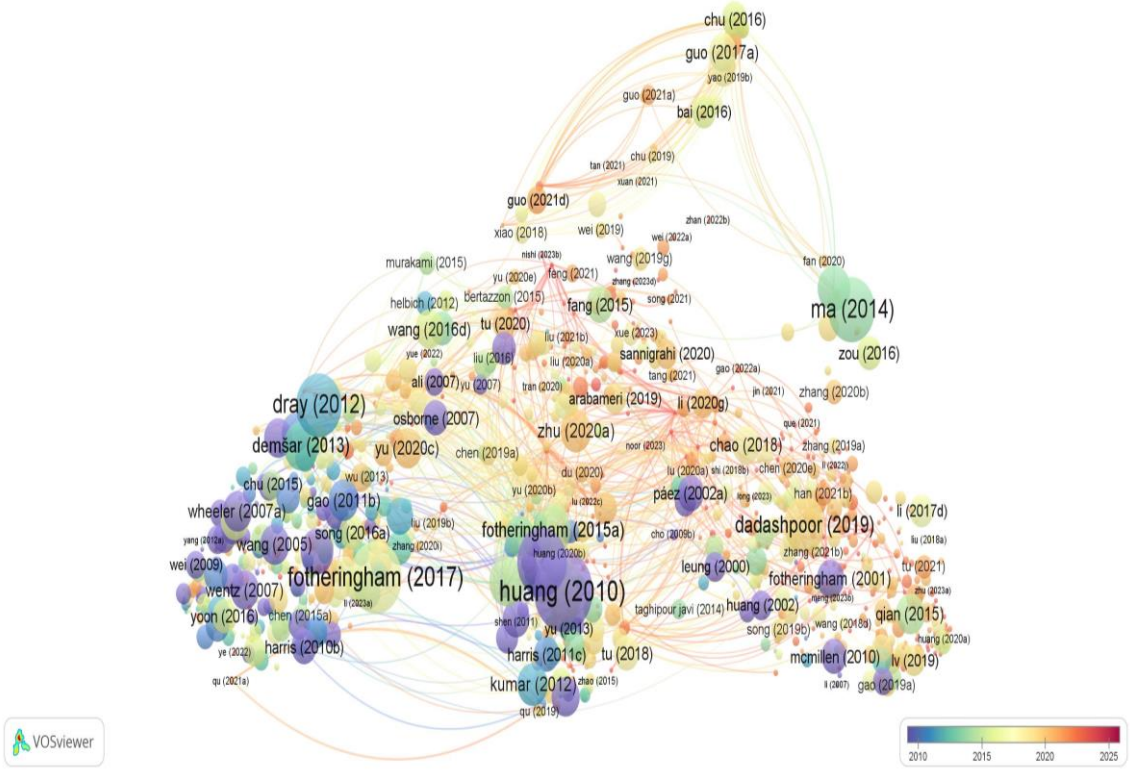
لأقصى عدد لها في عام ٢٠٢٢م بواقع ٥١٦ ورقة بحثية وظل العدد قريباً من هذه القيمة عام ٢٠٢٣م بواقع ٤٩٨ ورقة بحثية ، في حين نشرت سبعة عشرة ورقة بحثية عام ٢٠٢٤م وقت إجراء التحليل الببليومتري (١٣ ديسمبر ٢٠٢٣م)، وقد احتلت مجلة International Journal Of Environmental Research And Public Health الصدارة بين كافة المجلات من حيث عدد الأوراق العلمية المنشورة بها، حيث بلغ عدد الأوراق العلمية المنشورة بها ١٣٤ ورقة بحثية، تلتها مجلة Sustainability Switzerland بواقع ١٢٦ورقة بحثية ، وجاءت مجلة Remote Sensing في المرتبة الثالثة بواقع ١٢٢ ورقة بحثية، في حين جاءت مجلة Applied Geography في المرتبة التاسعة من حيث عدد الأوراق العلمية المنشورة بها بواقع ٤٣ ورقة بحثية .



شكل (٤) المجلات الدولية الأكثر إسهاماً بأوراق علمية ذات صلة بالنقطة البحثية قيد الدراسة خلال الفترة بين عامي ١٩٩٩_٢٠٢٤م

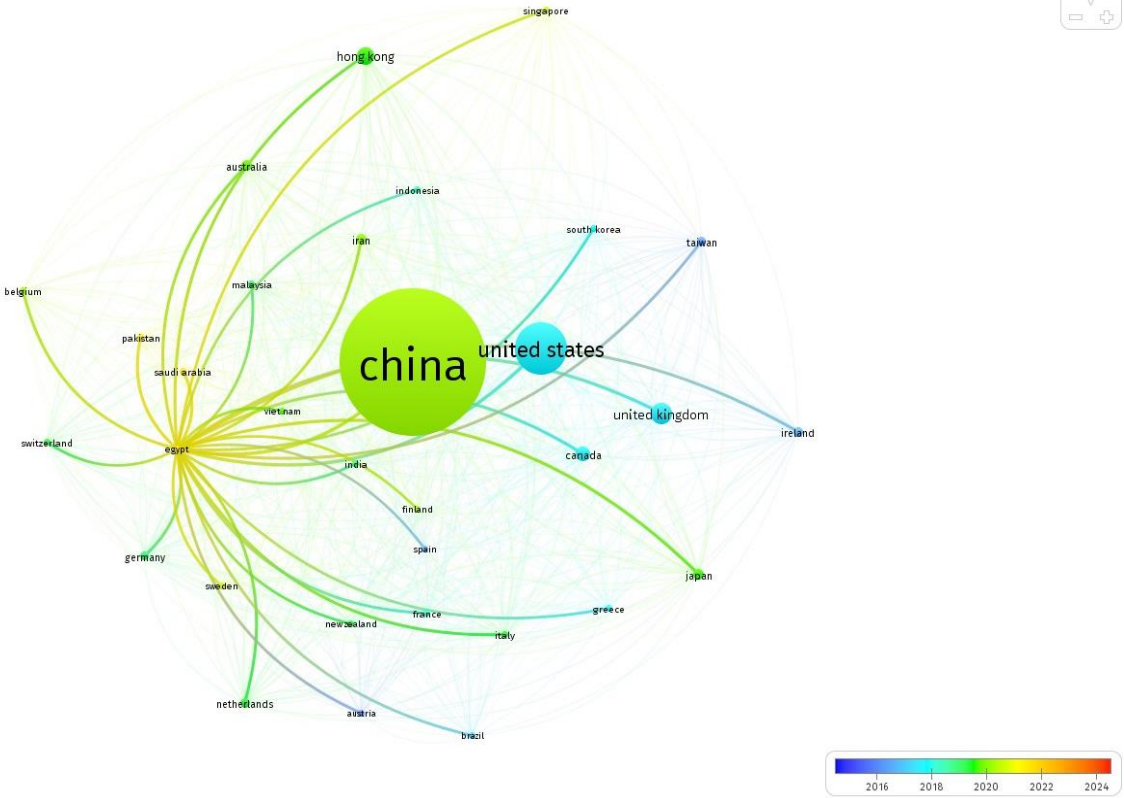
أما عن **المؤلفين** فقد تصدر كل من Fotheringham, A.S. و Harris, P. الصدارة بين كافة المؤلفين حيث أدلى كل منهما بدلوه في هذه النقطة البحثية بإحدى وثلاثين ورقة بحثية، تلاهما Lu, B. بثلاثين ورقة بحثية، بينما جاء Brunsdon, C. في المرتبة الثالثة بسَبْعَة وَعِشْرِين ورقة ، وتجدر الإشارة إلى أن الصين تعد الدولة الرائدة في هذا المجال، حيث أسهمت وحدها بنحو ٢٠٧٣ ورقة بحثية، تلتها الولايات المتحدة الأمريكية بنحو ٥٢٨ ورقة بحثية، تلتهما المملكة

المتحدة بواقع ١٥٠ورقة بحثية ، وهونج كونج بواقع ١١١ورقة بحثية ، بينما جاءت مصر في المركز الحادي عشر مع البرازيل والنمسا بواقع تسع ورقات بحثية لكل منهم، وهي بذلك تحتل المرتبة الأولى بين مصاف الدول العربية في هذه النقطة البحثية ، وهذه الورقات العلمية التسع شارك فيها باحثون مصريون مع باحثين آخرين من إحدى وثلاثين دولة ، وتعد سنغافورة ومصر والسعودية وباكستان آخر أربع دول إسهاماً بأوراق بحثية في هذا الصدد خلال الفترة بين ٢٠٢٠_٢٠٢٤م كما يوضحه الشكل (٥).

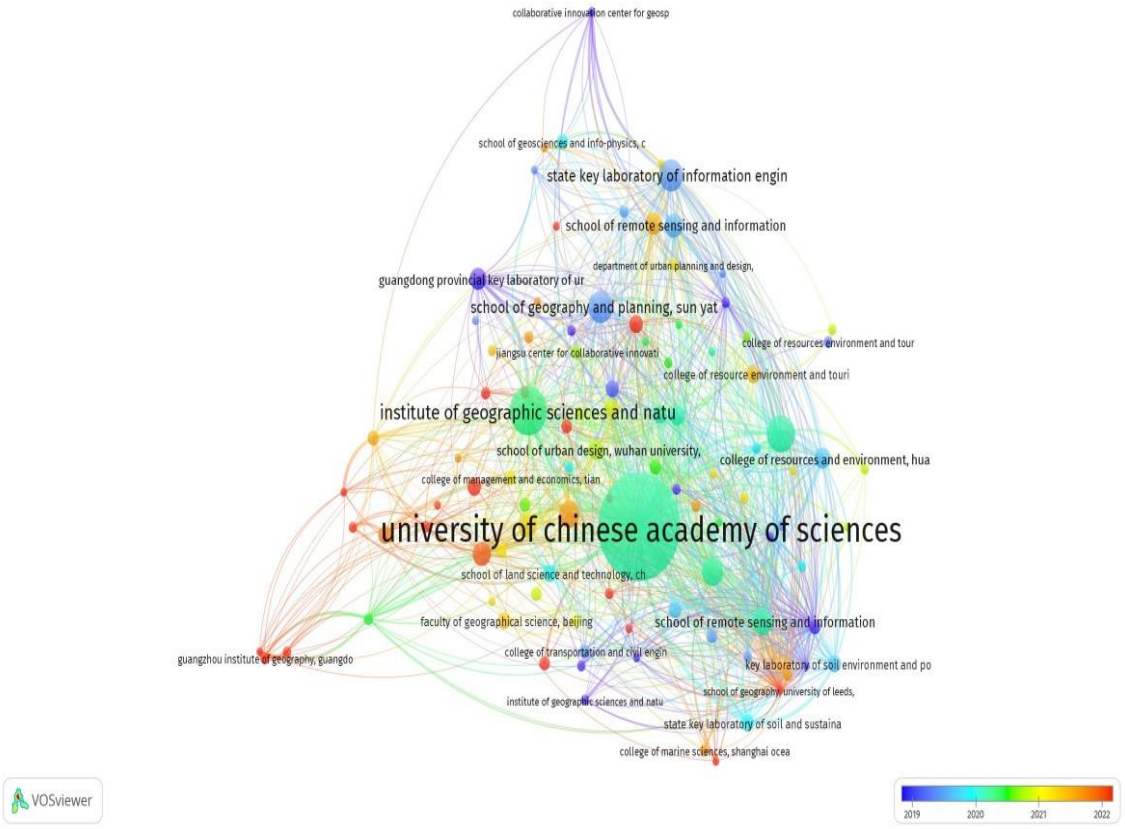


شكل (٥) الناشرون الأكثر إسهاماً بأوراق علمية بموضوعات ذات صلة بالنقطة البحثية

أما عن الانتماءات البحثية affiliations فقد استحوذت الأكاديمية الصينية للعلوم University of Chinese Academy of Sciences على العدد الأكبر بين الأوراق المنشورة في هذه النقطة البحثية ، حيث نشر بها ٤٤٥ ورقة بحثية حول هذه النقطة ، تلتها وزارة التربية والتعليم في جمهورية الصين الشعبية Ministry of Education of the People's Republic of China بواقع ٢٢٠ ورقة بحثية ، ثم جامعة ووهان Wuhan University بواقع ٢١٣ ورقة بحثية ، وجاء معهد العلوم الجغرافية وبحوث الموارد الطبيعية التابع للأكاديمية الصينية للعلوم Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences في المرتبة الرابعة ، وقد أسهم بنشر ١٧٧ ورقة بحثية .



شكل (٦) الدول الأكثر إسهاماً والآخر نشراً في قاعدة بيانات SCOPUS

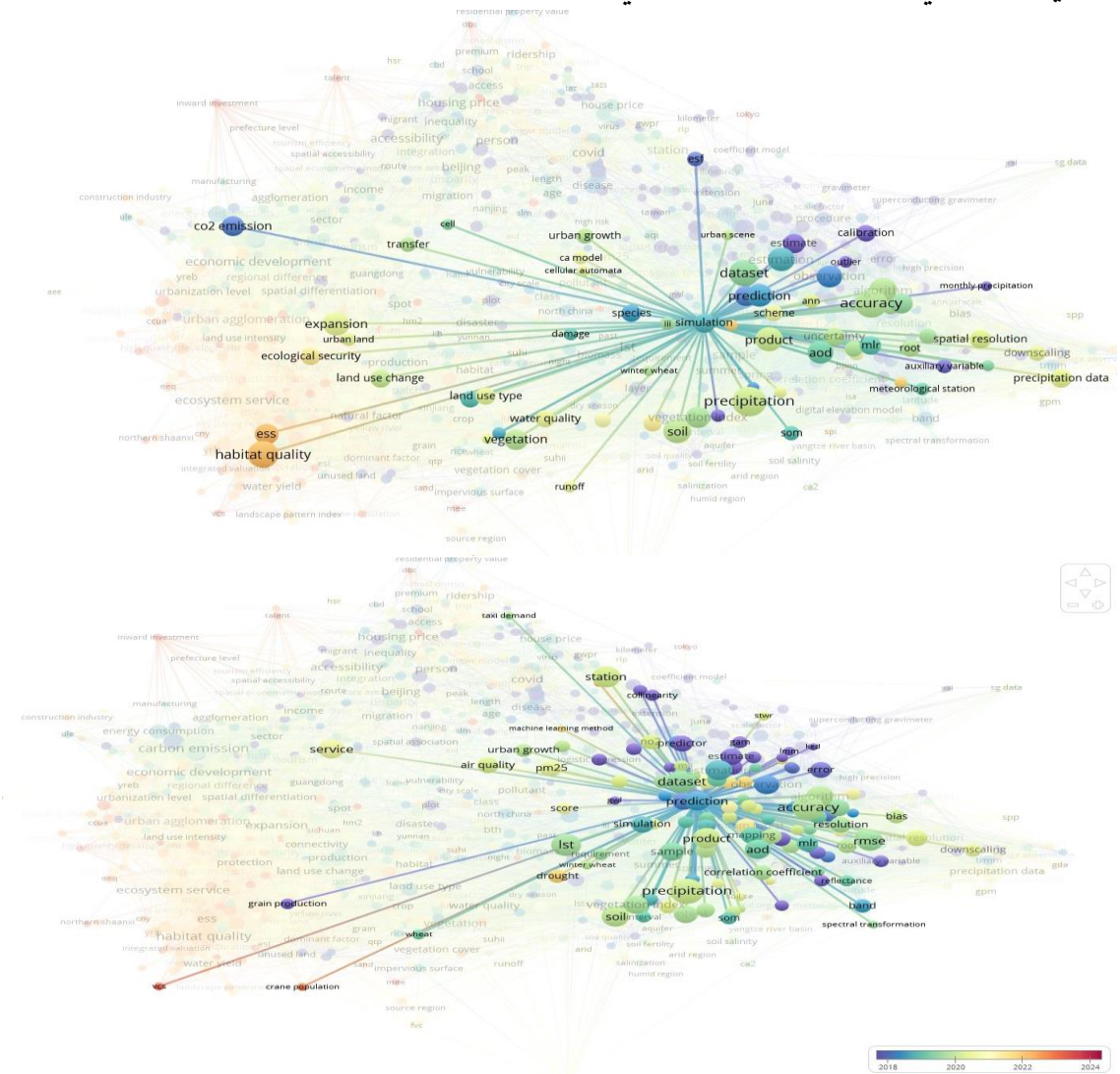


شكل (٧) الانتماءات البحثية للأوراق العلمية المنشورة خلال الفترة من ٢٠١٩- ٢٠٢٢م

وقد أظهرت نتائج التحليل أن العلوم البيئية (الفيزياء والبيولوجيا والجغرافيا) هي التي تصدرت كافة العلوم من حيث النشر في هذه النقطة البحثية لكونها قامت بنشر ١٤٥٥ ورقة بحثية، تلتها العلوم الاجتماعية بواقع ٩٨١ ورقة بحثية، تلاهما علوم الأرض بواقع ٨٩١ ورقة بحثية، ثم علوم الأرض بواقع ٧٩٦ ورقة بحثية.

٧. الفجوة البحثية literature Gap

لقد تم تحديد الفجوة البحثية من خلال تحديد الارتباطات العلائقية بين الكلمات البحثية الخاصة بالتنبؤ Prediction والمحاكاة Simulation و الجريان السطحي Runoff والتساقط Precipitation فتبين أن الحلقة المفقودة تمثلت في أن كافة الأوراق البحثية قامت بمحاكاة التساقطات المطرية والتنبؤ بها، في الوقت الذي اقتصرت فيه على نمذجة بيانات المطر دون التنبؤ بالجريان السطحي كما يوضحه الشكل التالي.



شكل (٨) الاتجاهات البحثية الجغرافية ذات الصلة بعمليات التنبؤ والمحاكاة في الأوراق البحثية ذات الصلة بموضوع الدراسة

١٠.**مصادر الدراسة:** يلخصها الجدول التالي:

جدول (١) مصادر البيانات التي اعتمدت عليها الدراسة

نوع البيانات	الدقة / المقياس	مصدر البيانات	طبيعة البيانات
الخريطة الجيولوجية	١: ٥٠٠ ألف	https://www.facebook.com/Pro.Maps.eg/posts/1341812699308100/	Vector
Landsat 7		https://www.merefa2000.com/p/merefa.html?&url=https://goo.gl/IsOAOh	Raster
DEM	30*30 m	https://www.merefa2000.com/p/merefa.html?&url=https://goo.gl/ii1rcL	Geo Tiff
DSM	30*30 m	https://drive.google.com/u/0/uc?id=1CIVy3b-VMw2PLkVZy_7S7nNtm9y9a5xX&export=download	Geo Tiff
SRTM	90*90m	https://srtm.csi.cgiar.org/download	Geo Tiff
خريطة التربة		https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/harmonized-world-soil-database-v12/en/	Vector
LULC		https://land.copernicus.eu/global/products/ndvi. https://lcviewer.vito.be/about	
البيانات المستقبلية للمطر (أقصى كمية مطر سقطت خلال يوم) وفقاً لـ SSP1-1.9 Scenario	100*100 km	https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/egypt/extremes	Geo Tiff
بيانات تساقط ساعية	-	https://persiann.eng.uci.edu/CHRSdata/PERSIANN/3hrly/	Sheet excels. (CSV)
بيانات التساقط ١٤ مارس ٢٠٢٣م	–	https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/	Sheet excels. (CSV)
المنصات الخاصة بالتغيرات المناخية		- https://sos.noaa.gov/catalog/datasets/climate-model-surface-temperature-change-ssp1-sustainability-2015-2100/ - https://www.worldclim.org/data/index.html	Geo Tiff & Texts
الأبحاث العلمية	–	- https://scholar.google.com/scholar?hl=ar&as_sdt=0%2C5&q=RUNOFF+PREDICTION+SCSCN&btnG= - https://www.scopus.com/sources.uri - https://www.scopus.com/sources.uri - https://www.ekb.eg/ar/web/researchers/home	PDF

المصدر: من إعداد الباحث

٨. الدراسات السابقة.

- **الدراسات الجيولوجية:**

وتمثلت في **دراسة (Said, 1962)** وتناولت بالدراسة الخصائص الصخرية لرواسب الباليوسين بمنطقة الدراسة ، و **دراسة (Khalid, 1988)** وتكلم فيها عن خصائص بعض الصخور النارية التي تغطي القسم الأدنى من حوض الوادي، و**دراسة (Shabana, 1998)** وتناولت بالدراسة خصائص التكوينات الجيولوجية بحوض الوادي التي تشكلت خلال الفترة بين عصري الكريتاسي الأسفل حتى الباليوسين ، والدراسات التي أجرتها الهيئة القومية المصرية للاستشعار عن بعد عام ١٩٩٩م عن خصائص رواسب الزمنين الثالث والرابع، و **دراسة (Guha et al. 2020)** وتكلم فيها عن خصائص بعض التكوينات النارية التي تنتمي إلى عصر ما قبل الكمبري عن **دراسة (YUHARA et al. 2023)** وتكلم فيها عن خصائص تكوينات ما قبل الكمبري وخصائصه الصخرية.

- **الدراسات البيدولوجية** وتمثلت في:

تمثلت في دراسة (Farag, 2007) عن جيومورفولوجية وتصنيف وتقييم ترب وادي وتير في جنوب شرق سيناء باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، وأظهرت الدراسة أن المنطقة تضم ست وحدات جيومورفولوجية هي قطاع الهضبة، ومجمع الطوابق السفلية الجبلية، وسهل التلة، ومروحة الدلتا، وقاع الوادي، والمدرجات النهرية، كما تم تصنيف ترب الوادي إلى رتبتين إنتيسول وأريديسول وأربع مجموعات فرعية من التربة؛ التوريورثينتس النموذجية، والتوريورثينتس الحجرية، والهابلوكالسيدات النموذجية، والتوريبسامنتس النموذجية، كما أسفر تصنيف القدرة الإنتاجية لتربة أن معظم الترب المدروسة يمكن تصنيفها إلى ترب ذات قدرة متوسطة و ضعيفة، في حين شغلت الترب عديمة القدرة الإنتاجية مساحة صغيرة نسبيًا.

- **الدراسات الهيدرولوجية**

تمثلت في **دراسة** (Eissa, Thomas, Hershey, Dahab, Gomaa, & Shabana, 2013) عن التحليل الجيوكيميائي و النظائري للمياه الجوفية في مستجمع مياه وادي ووتر، شبه جزيرة سيناء، مصر، وقد أظهرت الدراسة أن منطقة الدراسة تحتوي على أربعة أشكال رئيسية حاملة للمياه الجوفية يتراوح عمقها من سطح الأرض إلى عمق يتجاوز ٧٠٠ متر من سطح الأرض يتم إعادة شحنها بفعل السيول ، تقع أسفل تكوينات وطا ورحبة و مالحة وأسفل الطبقة الجرانيتية التي تشكلت خلال عصر ما قبل الكمبري ، كما أشارت القيم النظائرية للدراسة أن هطول الأمطار يشكل المصدر الرئيس للمياه الجوفية التي تتدفق في حوض الوادي مع الاتجاه العام لميل السطح من المنابع العليا للوادي إلى الدلتا، كما توصلت إلى أن الجبس و الهاليت والصخور النارية هي المساهمة الأساسية في زيادة تركيزات الأيونات الرئيسية بالمياه الجوفية أثناء هطول الأمطار بينما يزيل الكالسيت والتكوينات الطينية تلك الأيونات منها، **و دراسة (Eissa, Thomas, Pohll, Hershey, ElShiekh, & Gomaa, 2013)** وتناولوا فيه هيدرولوجية وجيولوجية المنطقة وقاموا بإجراء التحليلات الميدانية والمعملية و نمذجة تفاعل الماء والصخور وتدفق المياه الجوفية وحددوا فيه عصور المياه الجوفية التي أوضحت أنها تختزن في الحجر الرملي والطين وأن المصدر الرئيس لتغذيتها مياه الجريان السطحي القادمة من الوادي أكدت عمليات المحاكاة النموذجية أنه تم تسجيل تسرب مياه البحر على الساحل، بينما يرجع السبب الرئيسي لتملح المياه الجوفية الداخلية عند مخرج وادي وتير إلى الإفراط في تقلب الطبقة المالحة العميقة نتيجة للضخ الزائد، كما قدرت المعدل السنوي لتغذية المياه الجوفية لمنطقة الدراسة بحوالي ٤٣٠٠ م٣/يوم خلال مدة النموذج (١٩٨٢-٢٠٠٩م)، **و دراسة (Eiss, et al., 2016)** وتوصلوا فيه إلى أن زيادة

ملوحة المياه الجوفية على طول الساحل نتجت عن تعدي مياه البحر على الساحل بسبب زيادة سحب المياه الجوفية، كما أن الطبقات الأكثر تأثراً بتسرب المياه المالحة هي الطبقات السطحية والرملية بسبب ضغوط الضخ من هذه الطبقات وأكثرها ملوحة هي نطاق السبخات الممتدة على ساحل خليج العقبة، **و دراسة (Sallam , 2019)** عن استخدام النمذجة العددية للمياه الجوفية لتقييم جدوى تخزين واستعادة طبقة المياه الجوفية في دلتا وادي ووتر، سيناء، مصر، وتوصلت إلى أن طبقة المياه الجوفية في منطقة الدراسة ليست مناسبة كمنطقة استراتيجية لأنظمة تخزين المياه الجوفية واستعادتها لأن سمك طبقة تخزين المياه صغير نسبياً والمسافة إلى البحر قريبة جداً؛ وبالتالي، يوصى بتطوير أنظمة التغذية الاصطناعية باستخدام التكنولوجيا الحالية لتجديد طبقة المياه الجوفية في دلتا وادي وتير، **و دراسة (Hossam H. Elewa M. Z., 2021)** واعتمدت على تكامل عملية التسلسل الهرمي التحليلي ونموذج التوزيع المكاني لنظم المعلومات الجغرافية لتحديد إمكانية حصاد مياه الجريان السطحي بحوض الوادي، وقد قسمت الدراسة المنطقة إلى خمس فئات وفقاً لأحجام الجريان السطحي بطريقتي فنكل ورقم المنحنىSCS-CN تباين كلاهما مكانياً وفقاً للطريقة المعتمدة كان لطريقة رقم المنحنى النصيب الأكبر للفئات الأكثر احتمالية وفقاً للمساحات التي تشغلها، فتمثلت الفئات العالية جداً والعالية وفقاً لنواتج تطبيق الطريقتين في أحواض كحيلة و البيار ولتحي وعراضة ونخيل والقسم الأدنى من حوض الصوانة، بينما تطابقت نتائج الطريقتين مكانياً إلى حد كبير في تحديد معظم أجزاء أحواض الصوانة والزلقة والصالحة الخليل ووتير الأدنى والأجزاء الدنيا من غزالة وصمغي كفئات متوسطة الاحتمالية ، كما أن الأجزاء العليا من حوضي غزالة وصمغي وأحواض أبو بركان وأبو عرقان والزهري وأم طرجية و المريطية والقسم الشرقي من حوض البطم صنفت كفئات متوسطة الاحتمالية وفقاً لطريقة فنكل في حين صنفت الخمسة الأخيرة منها كمواضع منخفضة الاحتمالية وفقاً لطريقة رقم المنحنى ، أما عن باقي أجزاء الحوض فقد وقعتا في ضمن الفئتين المنخفضة والمنخفضة جداً .

- **الدراسات الجيومورفولوجية**

وتمثلت في دراسة (علي، ٢٠٠١) عن حوض وادي وتير وتناولت الخصائص الجيولوجية والمورفومترية والهيدرولوجية والأشكال الأرضية لحوض الوادي وقامت بالتحليل المورفومتري لشبكة التصريف ومنحدرات جوانب الوادي، وقد خلصت الدراسة إلى أنه ربما تمر عشر سنوات على الحوض ولا تسقط أي كمية مطر عليه وربما تسقط أضعاف الكمية التي تسقط خلال عام في يوم واحد، وعلى الرغم مما يفقده الحوض من كميات هائلة من المياه بالتبخر والتسرب يؤدي إلى انعدام فرص حدوث جريان سطحي إذا ما تساقط المطر متقطعاً، إلا أن اتسام المطر بتركزه خلال فترة

زمنية قصيرة وبكميات كبيرة تفوق كلا من معدلات التبخر والتسرب يحدث الجريان السطحي، وقد اقترحت تكثيف الدراسة الجيومورفولوجية على أودية شبه جزيرة سيناء باعتبار أن موارد المياه أهم معولات التنمية بها، كما أن الجهات المعنية قامت بإنشاء ١٧سد على أحواض الروافد لكن بعضها لم يتم اختيار مواضعها بطريقة موضوعية، ولابد من إعادة النظر للتحديد الأمثل مواقع هذه السدود، **و دراسة** (Elmoustafa & Mohamed, 2013) وتناولت تقييم أخطار الجريان السطحي وفقاً للخصائص المورفولوجية بشبه جزيرة سيناء باستخدام برنامج HEC-HMS، وقد جاء حوض وادي وتير ضمن فئة الأحواض عالية الخطورة بعد حوض وادي العريش.

دراسة (الجمال، ٢٠١٩) التحليل المورفومتري للخصائص المساحية لحوض وادي وتير، شبه جزيرة سيناء، وقد أوضحت أن معدل استطالة الحوض بلغ ٠.٨٨ مما يعني أن الحوض يبتعد عن الاستطالة، كما بلغ معامل الشكل للحوض ٠.٦١ وهي قيمة مرتفعة نسبياً تدل على أن شكل الحوض يقترب من الشكل المربع، أما عن أحواض الروافد فبلغ متوسط معامل شكلها نحو ٠,٣١ مما يشير إلى أنها تقترب من الشكل المثلث، كما يعد حوض وادي البطم أمثل الأحواض تناسقاً في شكله نظراً لمروره بدورة تحاتية متقدمة عملت على تناسق أبعاده وقد ساعد في ذلك طبيعة تكوينه الرسوبي، كما قدر معامل انبعاج حوض وتير نحو ٠,٠١ وهي قيمة منخفضة جداً تدل على تقدم الحوض في دورته التحاتية.

٧. عناصر البحث:

أولاً: الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة

١. الخصائص الجيولوجية:

أ. التكوينات الجيولوجية: يمكن تقسيمها من الأقدم إلى الأحدث كما يلي:

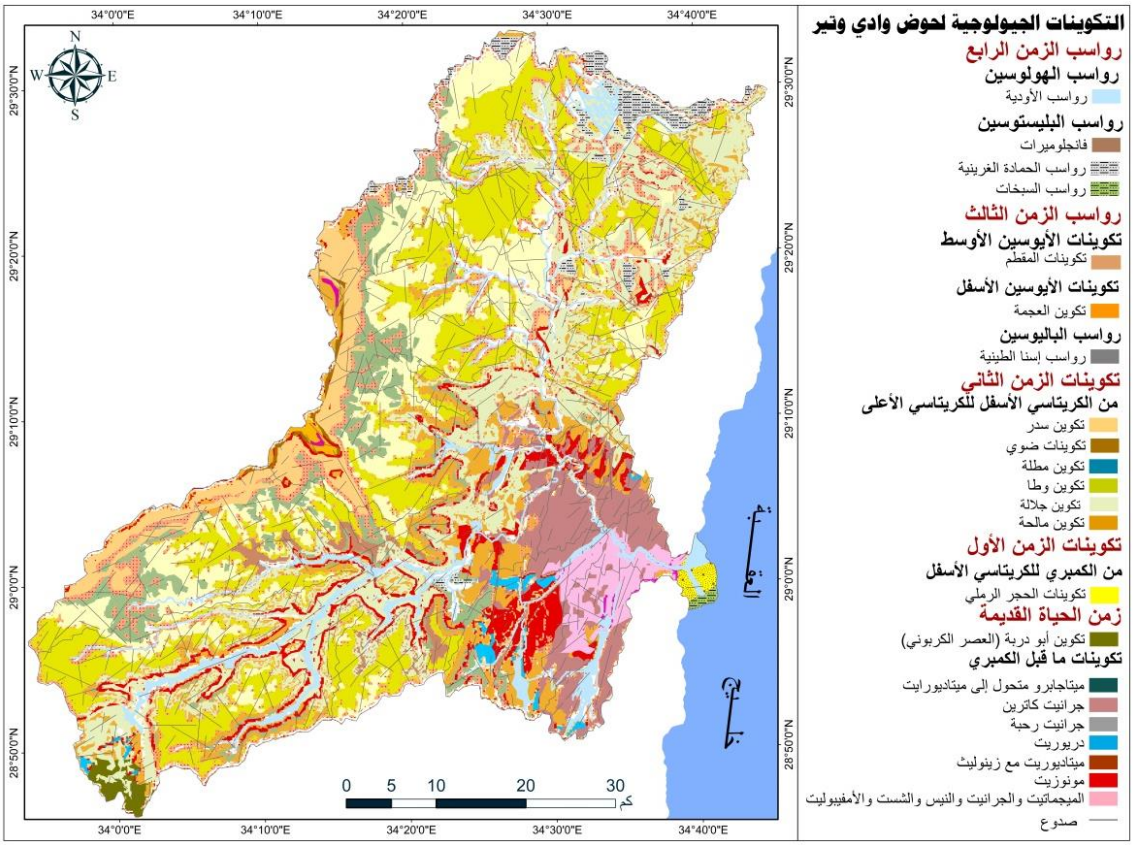
- **زمن الحياة القديمة.**
  - **تكوينات ما قبل الكمبري**

تعد أقدم التكوينات الجيولوجية بمنطقة الدراسة، وهي صخور نارية تتخللها في الوقت الحالي صخور متحولة عن أصل ناري، وكما أظهرت الخرائط الجيولوجية تتمثل في تكوينات **المجماتيت والجرانيت و النيس والشست و الأمفيبوليت**، وجميعها تظهر في القسم الجنوبي الشرقي من الحوض ، **فالجرانيت** عبارة عن صخرة نارية متطفلة خشنة الحبيبات تتكون في الغالب من الكوارتز والفلسبار القلوي والبلاجيوكلاز، ويتكون من الصهارة التي تحتوي على نسبة عالية من أكاسيد السيليكا والفلزات القلوية التي تبرد ببطء وتتصلب تحت الأرض فالجرانيت مقاوم للحرارة، ومقاوم

للضغط، ومقاوم للخدش، ومقاوم للتآكل(YUHARA et al. 2023)، ولعل أبرز أنواع الجرانيت بالمنطقة **جرانيت رحبة** الذي يشغل نحو ١,٣% ، إلا أنها أكثر انتشارا من سابقتها حيث تظهر عند منابع أودية غزالة و صمغي و نخيل ، وتنتشر على هيئة بقع متناثرة على جانب وادي وتير، **و جرانيت كاترين** الذي يغطي نحو من مساحة الحوض، ويتألف من جرانيت قلوي إلى متوسط يحيط بوادي وتير من الجانبين بدءاً من مخرج الوادي وحتــى وادي الزلقة و جوانب أودية غزالة وصمغي ولتحي ونخيل وبعض الأودية الخانقية الصغيرة على الجانب الشرقي من المنطقة ، بينما النيس نوع شائع وموزع على نطاق واسع من الصخور يتكون من عمليات تحول إقليمية عالية الجودة من تكوينات موجودة مسبقًا والتي كانت في الأصل إما صخورًا نارية أو رسوبية ،يتمثل المحتوى المعدني للنيس في البيوتيت، والكلوريت، والفلسبار، والعقيق، والجرافيت، والميكا، والمسكوفيت أو الإليت، والكوارتز، والكوارتزيت، والسيليكا (**Guha et al. 2020**) ، و يوجد أنواع أخرى من الصخور المتحولة بالمنطقة من أهمها النايس الجرانيتي التي يظهر على جانبي واديي صمغي و وتير، و تمتد هذه التكوينات باتجاه الشمال الغربي حتى وادي غزالة، وتشغل هذه التكوينات القمم الجبلية : ويتراوح لونها بين اللون البني والقرمزي ويصعب تحديد فواصل واضحة بين هذه التكوينات و التكوينات المجاورة نظرا لتغطية السطح بالمواد المجواه وخاصة البريشيا Breccia، إلى جانب انتشار الصدوع بالمنطقة ما يصعب معه تحديد حدود هذه التكوينات ، وفي بعض الأحيان تتحول التكوينات السابقة إلى بورفيرو بلاستيك شبه جرانيتي (**Khalid, 1988, P. 43**)، كما تغطي صخور **المونوزيت والميتاديوريت** المتحولة في الأصل من الجابرو بلونها الداكن (**Kunugiza, Takasu and Banno 1986**) الأجزاء الدنيا بالقرب من مصب الوادي ، و قد عملت التجوية بشكل كبير على إضعاف هذا النوع من الصخور حيث مارست عملها بشكل كبير على طول القواطع الافقية والرأسية.

ويضاف إلى تكوينات الحياة القديمة مجموعة من الصخور النارية الثانوية تمثلها تكوينات **الجابرو هورنبلند** التي تظهر هذه التكوينات في واديي غزالة ونخيل ، ويتراوح لونها بين الأخضر والرمادي في المناطق السطحية المجواه ، بينما تتحول الى اللون الأسود في المناطق التي لم تتعرض للتجوية (**Khalid, 1988, P.2**) ، و **صخور الجرانيت المتداخلة** التي يمثلها **الجرانيت الوردي** : ويغطي مساحة واسعة من حوض قلعة السمرا، ويتألف هذا النوع من الفلسبار و الكوارتز والبيوتيت، و**الجرانيت الأبيض** الذي ينتشر في أودية وتير ولتحي ونخيل ، ويتعرض هذا النوع من التكوينات لعملية التجوية الميكانيكية فيبدو بهذا اللون ، بينما تظل الأجزاء التي لم تقع تحت وطأة عملية التجوية محتفظة باللون الأبيض الرمادي، كما تنتشر السدود الرأسية المتوازية

وتأخذ الاتجاه الشمالي الشرقي الجنوبي الغربي كاتجاه عام ، ولا يزيد سمك هذه السدود عن ٢ متر (**Khalid, A.1988,P.157**)، بينما يظهر **الجرانيت الأحمر** الذي يعد أحدث عمراً من حول واديي وتير وغزالة وإن كانت أقل انتشاراً من النوعين السابقين متداخلاً مع بعض الصخور المتحولة مثل النايس ديوريت والنايس جرانيتي، كما ينتشر بالمنطقة العديد من السدود الرأسية والأفقية **Dykes & Sills** بأطوال تتراوح بين عشرات الأمتار إلى بضعة كيلومترات وعروض تتراوح بين بضعة أمتار إلى مائة متر تقريباً في اتجاهات مختلفة وإن كان اتجاه الشمال الغربي هو الاتجاه السائد لها.



المصدر: الخرائط الجيولوجية مقياس ١:٥٠٠ ألف هيئة المساحة الجيولوجية لوحة جنوب سيناء.

شكل (٩) التكوينات الجيولوجية السطحية لحوض وادي وتير

- **تكوينات العنصر الكربوني.**

يمثل تكوينات هذا العصر تكوين أبو دربة

تكوينات الزمن الجيولوجي الأول.

تتمثل في تكوينات الحجر الرملي التي يرجع عمرها الجيولوجي للفترة بين الجوراسي حتى الكريتاسي الأسفل ، وتتألف من طبقات ذات سمك كبير يتراوح بين ٣٠ ٧٠٠ م، وتتألف من حبيبات الرمال الناعمة إلى متوسطة الحجم، وتتعدد ألوان صخور الحجر الرملي بالمنطقة من اللون الأبيض (تكوينات ناقوس إلى صخر رملي متعدد الألوان (تكوينات مالحة ، وقد لوحظ تعاقب تكوينات الحجر الرملي، إذ لا تفصلها تكوينات أخرى على الرغم من وجود أسطح عدم توافق نتيجة

لاختفاء بعض التكوينات الجيولوجية ، وتشغل صخور الحجر الرملي نحو ١٥٪ من جملة مساحة المنطقة ، وبصفة عامة تشكل تكوينات الحجر الرملي معظم جوانب الأودية وخاصة وادي غزالة ووادي الصوانة ووادي البيارية وبعض شرق المجرى الرئيسي لوادي وتير ، وأكثر تكوينات الحجر الرملي انتشارا وأكبرها مساحة هي تكوينات عربة التي تظهر في الجزء الجنوبي الشرقي من الحوض على كلا جانبي الوادي ومنطقة صغيرة في أقصى الجنوب الغربي ، ويجدر بالذكر أن هناك بعض تكوينات الحجر الرملي التي تحتوي على طبقات رفيعة من الطين مثل تكوين مالحة ويعتقد أن هذه التكوينات قد أسهمت عمليات التعرية النهرية في ترسيبها حيث جلبت هذه المفتتات وألقتها في بحر ضحل ، ويرجع تاريخ هذه التكوينات إلى الكريتاسي المبكر Shabana, 1998, (p.63) ، وتنتشر تكوينات مالحه انتشارا محدودا بالمنطقة وخاصة في الجزء الغربي من الحوض في المنابع العليا لأودية البيار و الزلقة.

تكوينات الزمن الجيولوجي الثاني

تتمثل في تكوينات الحجر الرملي التي يرجع عمرها الجيولوجي للفترة بين الكريتاسي الأسفل حتى الباليوسين وتمثلها على الترتيب تكوينات جلالة ووطا ومطلة وضوي وسدر، وتتألف هذه التكوينات بصورة عامة من تتابعات من الحجر الجيري والحجر الجيري المارلي والحجر الجيري الطيني وتحتوى في بعض الأحيان على راقات من الفوسفات (تكوينات ضوي) و عروق الجبس ، ويتراوح لون هذه التكوينات بين اللون الأبيض الناصع ويمثلها تكوينات الحجر الجيري الطباشيري (تكوينات العجمة) ، واللون الرمادي (تكوينات وطا) ، ويتباين سمك التكوينات الجيرية من مكان لأخر فبعضها يصل سمكه لأكثر من ١٠٠ متر (تكوينات وطا) و أحيانا يقل هذا السمك ليصل إلى اقل من ٥ أمتار تكوين (ضوي ، ولاشك أن اختلاف السمك يوحي باختلاف الظروف الجيولوجية التي ترسبت فيها تكوينات الحجر الجيري ، فعلى حين نجد أن تكوينات وطا وجلالة قد ترسبت في بحر جيولوجي عميق فإننا نجد أن تكوينات ضوي وسدر قـد ترسبت في بحر ضحل متراجع نحو الشمال .

وتنتشر تكوينات جلاله انتشاراً واسعاً في منطقة الدراسة وخاصة حوض وادي الحيثي و الشفلح ووادي الزلقة وروافده و وادي البيار على الجانب الغربي ، كما تنتشر هذه التكوينات على الجانب الشرقي وتحدها الخطوط البنيوية وخاصة في الجزء الشمالي الشرقي من المنطقة ، وتنتشر هذه التكوينات على جانبي وادي الحيثي بدءًا من التقائه برافده وادي أبو الثلم ولمسافة نحو ٢ كم شمالاً ، ووادي قديرة والروافد العليا لوادي البطم ، ويصل سمك هذه التكوينات قرابة ١٠٠ متر وتتألف بصورة رئيسية من تتابعات من الحجر الجيري والحجر الرملي والحجر المارلي ويرجع

عمرها إلى فترة السينوماني (الكريتاسي) الأعلى المبكر ، وتتألف هذه التكوينات بصورة رئيسية من طبقات متعاقبة من الحجر الجيري مع وجود راقات من المارل وخاصة في القسم الأسفل من التكوينات كما تحتوى على بعض راقات الحجر الرملي والحجر الجيري الدولوميتي (Shabana ,1998,p.367) ، الكربونات في الصخور من ٩٥ – ٩٨,٥٪ تقريباً ويصل سمكها لأكثر من ٢٥٠ متر في بعض الأحيان ، أما اكثر تكوينات منطقة الدراسة من حيث الانتشار والمساحة فهي تكوينات وطا الجيرية حيث تمثل قرابة ٢٣٪ من إجمالي مساحة المنطقة ، ويتراوح متوسط سمكها ٣٥ – ٩٠ متر ، وكما أسلفنا فان هذه التكوينات تنتشر انتشاراً واسعًا بالمنطقة.

وتغطي تكوينات مطله الجيرية نحو ١٢% من إجمالي مساحة المنطقة أو نحو ٤٦٠ كم٢ ، وتتألف هذه التكوينات من طبقات متعاقبة من الحجر الجيري الصلصالي كما تحتوى على أنواع عديدة من المنخربات Foraminifera ، وعلى الرغم من أن هذه التكوينات لا تغطى سوى ١٢ ٪ فقط من إجمالي مساحة الحوض إلا أنها ذات انتشار واسع ، فعلى الجانب الغربي تمثل هذه التكوينات نطاقا متصلاً يبدأ من أقصى الشمال الغربي ويتجه جنوبًا في صورة متصلة محيطًا بالروافد العليا لأودية البطم وقديرة والصوانة حتى تتقطع هذه التكوينات بتكوينات سدر ، ثم تظهر مرة أخرى جنوب تكوينات سدر حيث تغلف الروافد العليا لوادي الزلقة وخاصة رافده الكبير وادي البيار، وفي جنوب المنطقة تظهر هذه التكوينات في صورة جزر منعزلة تحيط بها تكوينات وطا من جميع الجوانب ، ولا تنتشر هذه التكوينات على الجانب الشرقي مثل انتشارها على نظيره الجانب الغربي وتوجد في صورة تلال منعزلة تحدها خطوط البنية وخاصة حول وادي مسك العبد أحد روافد وادي الحيثي) ، ولا تظهر هذه التكوينات على الجانب الشرقي جنوب خط عرض ١٣ً ٢٩° ، بينما على الجانب الغربي تظهر التكوينات حتى الأطراف الجنوبية من المنطقة .

أما تكويني ضوي وسدر فيمثلان معا نحو ١١٪ من إجمالي مساحة المنطقة ، وتتميز هذه التكوينات بصلابتها كما تحتوى على بعض جيوب الفوسفات وبعض راقات من الطفل والمارل ، وتتميز هذه التكوينات بلونها الأبيض ، ويصل سمكها ما بين ١٢–٨٠ متر وهى اقل انتشارا من التكوينات الجيرية السابقة وتظهر هذه التكوينات غربي المنطقة في صورة نطاقين متجاورين متصلين وتمثل معظم الروافد العليا لأودية القسم الغربي ، بينما على الجانب الشرقي تكاد تختف هذه التكوينات ولا تظهر إلا في صورة بقع محدودة وصغيرة المساحة وخاصة على الجانب الشمالي لوادي مسك العبد أحد روافد وادي الحيثي، وتتمثل تكوينات الإيوسين الأوسط والأعلى في تكويني العجمة والمقطم على التوالي، ويمثل التكوينان معًا نسبة ضئيلة للغاية تصل إلى ١٪ فقط من إجمالي منطقة الدراسة.

- **رواسب الزمن الثالث.**
  - **رواسب الباليوسين**

تتمثل في تكوينات إسنا حيث تشغل مساحة تقدر بحوالي ١,٦١ ٪ من إجمالي المنطقة، ويعد (Said, 1962.Pp.94-95) أول من أطلق هذا الاسم على هذه التكوينات نسبة إلى منطقة إسنا في وادي النيل، وتتألف هذه التكوينات بصورة رئيسية من الطين و تداخلات من الحجر الطيني Claystone ، ويصل سمك هذه التكوينات ١٥م ، وتنتشر في الجزء الغربي من المنطقة في صورة نطاق ضيق متصل يبلغ طوله ١٢ كم و اتساعه ١كم ، ويقل انتشارها على الجانب الشرقي حيث تنتشر في مناطق محدودة شرقي وادي وتير.

- **تكوينات الإيوسين الأسفل والأوسط**

وتتألف هذه التكوينات من الحجر الجيري الطباشيري (تكوينات (العجمة وحجر جيري أبيض باهت اللون غني بالأحافير (تكوين المقطم) (خريطة المساحة الجيولوجية ١٩٩٤ ، لوحة سيناء) ، وكما أن هذه التكوينات ذات مساحة محدودة جدًا فان انتشارها محدود أيضًا ، وتظهر تكوينات العجمة في صورة نطاق ضيق الاتساع يصل متوسط اتساعه لنحو ١٠٠ متر بينما يصل امتداد هذا النطاق لأكثر من ١١كم ، وتمثل هذه التكوينات الجزء الجنوبي الشرقي من هضبة العجمة الجيرية حيث اشتقت هذه التكوينات اسمها ، أما على الجانب الشرقي للمنطقة فلا تظهر سوى في مناطق محدودة جداً جنوب وادي مسك العبد.

- **رواسب الزمن الرابع.**
  - رواسب البليستوسين وتمثلها رواسب الفانجلوميرات والحمادة الغرينية والسبخات
  - **رواسب الهولوسين**

تتمثل الرواسب السطحية **في رواسب بطون الأودية،** ورواسب المراوح الفيضية، ورواسب الحمادة النهرية ورواسب وتير وبعض الإرسابات الساحلية، وتمثل هذه الرواسب نحو ١٤٪ من إجمالي مساحة المنطقة، وتنتشر انتشاراً واسعاً خاصة تلك التي تتألف من الحصى والرمل والسلت ويصل سمك هذه الرواسب في بعض الأماكن لأكثر من ٣ أمتار، وتتألف هذه الرواسب من الحصى والمفتتات والرمال بأحجامها المختلفة، وتسهم السيول التي يتعرض لها الوادي من فترة لأخرى فى جلب هذه المفتتات من الروافد الكثيرة للوادي وإلقائها في قاع الوادي.

- رواسب المراوح الفيضية:

وتتألف هذه الرواسب من الجلاميد الصخري الذي يتراوح حجمه من ٢-١٠ سم، وتتداخل معه أحيانا تكوينات من الحصى الأكبر ويصل سمكه في بعض الأحيان إلى أكثر من ٣٠ سم، وتتلاحم هذه الرواسب بالفتات الصخري المكون من الرمال وفتات الصخور النارية والرسوبية.

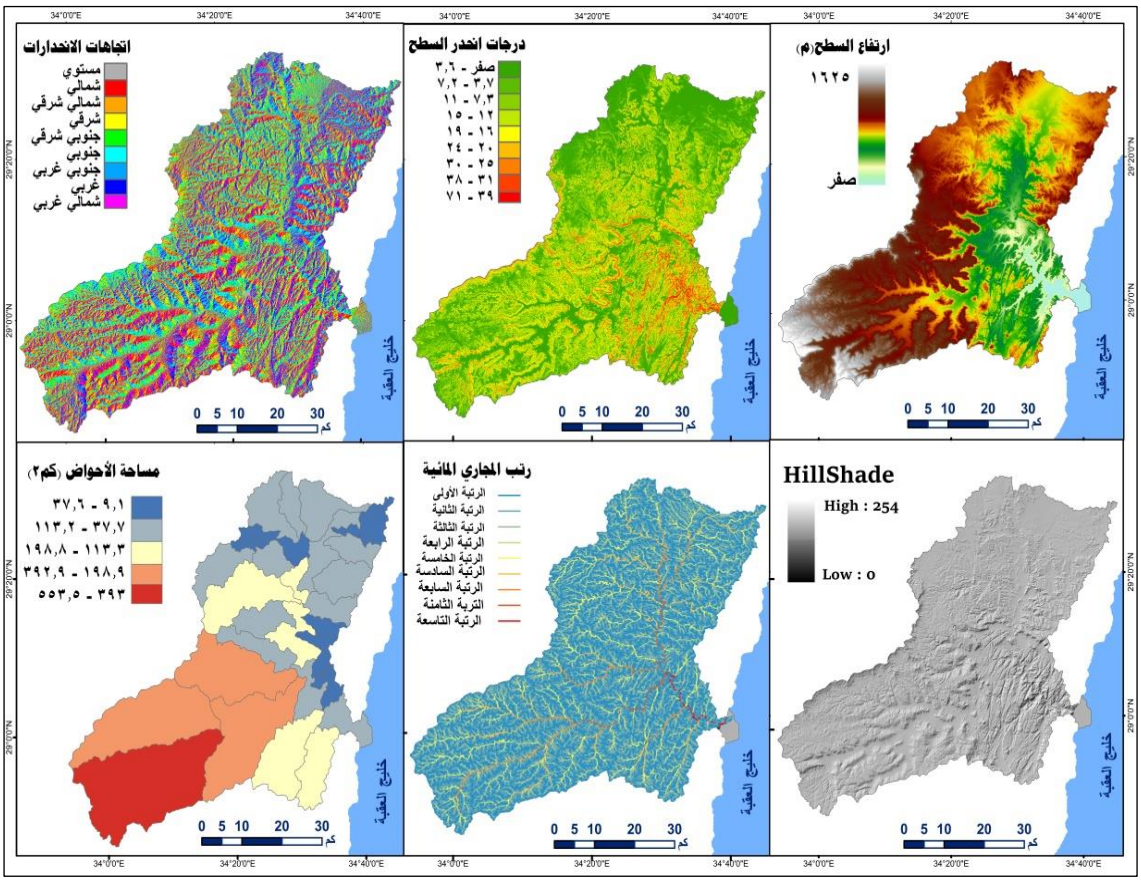
- رواسب الكثبان الرملية الساحلية:

وتنتشر هذه الرواسب في الجزء الشمالي الشرقي لمروحة وادي وتير، وهى عبارة عن كثبان رملية تتألف من الرمال الناعمة والناعمة جدًا، كما تنمو بعض الأعشاب والشجيرات على سفوح هذه الكثبان نتيجة لقربها من مستوى الماء الجوفي، إلا أن أغلب هذه الكثبان قد تم تسويته في الوقت الراهن واستغلال الأرض في المجال السياحي، وهناك بعض التكوينات الأخرى مثل السبخات الموجودة في النطاق الساحلي ، والشواطئ الحصوية ، وفي قمة عمود التتابع الصخري تأتى تكوينات الزمن الرابع بعصريه البليستوسين و الهولوسين – التي ترتكز فوق تكوينات العجمة بسطح عدم توافق لاختفاء بعض التكوينات، وتتألف تكوينات الزمن الرابع بصورة رئيسية من رواسب بطون الأودية ورواسب المراوح الفيضية و الإرسابات الساحلية على دلتا وادي وتير، ويبلغ سمك رواسب الزمن الرابع ما بين ٣٠-١٠٠ متر تقريبًا، ويمكن تقسيم رواسب الزمن الرابع إلى رواسب المدرجات النهرية، و تعد أقدم رواسب الزمن الرابع، وهي عبارة عن تتابعات من الصخور الفتاتية التي تتألف من الحصى الناعم والمتدرج في الحجم من أقل من ٠,٥ – ١سم، (الهيئة القومية للاستشعار عن بعد وعلوم الفضاء، ١٩٩٩، ص ص ١٠-١٢)، وينتشر بالمنطقة ٥٨٥صدعاً بطول يصل إلى ٩٤٣.٦٧كم تتخذ اتجاهات متباينة وإن كان السائد منها هو الاتجاه شمالي غربي / جنوبي – شرقي، وقد تأثرت الأودية وروافدها بنظام تلك الصدوع إذ أن أغلب أودية المنطقة تأخذ نفس الاتجاه السائد لها.

٢. الخصائص التضاريسية والهيدرولوجية

يتضح من دراسة الخصائص التضاريسية للمنطقة أن سطح الحوض يتراوح بين صفر :١٦٢٥م تبلغ أقصى ارتفاعات في القسم الجنوبي الغربي منه والقسم الشمالي الغربي وينخفض السطح تدريجياً نحو الداخل ليصل أدناه عند المجرى الرئيس للوادي وعند مصبه على المروحة الفيضية بمنطقة نويبع ، ويمكن القول بأن الوادي جيومورفولوجياً يعيش آخر مرحلة النضج وفي أوائل مرحلة الشيخوخة إذ بلغت قيمة التكامل الهبسومتري له نحو ٠.٥٩٣، أما عن انحدار السطح فيتراوح بي الأراضي المستوية بقيعان العديد من الأودية كوادي كحيلة و البيار والزلقة ووتير الأعلى ومعظم أسطح أحواض البطم وأم حريقات وأم طرجية جوانب وادي وتير الأدنى إلى ٧١

درجة حيث تبدو الحافات والجروف الرأسية على جانبي الوادي كما يوضحه الشكل (٨)، كما أن الاتجاه السائد للانحدارات هو اتجاه الشمال لكونه يشغل نحو ١٣,٦٪ من مساحة الحوض يليه الاتجاه الشمالي الغربي ويشغل نحو ١٣,٥٪ من المساحة الكلية للحوض ثم التجاه الشمالي الشرقي بما يوازي ١٣,٣٪ من مساحة الحوض ، في حين غطت المناطق المستوية نحو ٠,٩٪ من المساحة الكلية للحوض، أما عن المجاري المائية فقد بلغ عددها ٥١٢١٦ مجرى وصلت رتب مجاريها إلى الرتبة التاسعة بمجموع أطوال وصل إلى نحو٤٠٧٩,٧٢كم، وقد تباينت مساحات أحواض التصريف فاحتلت أحواض البيار وكحيلة والزلقة والصوانة المساحات الأكبر بين كافة أحواض الروافد بينما جاءت أحواض نخيل وعراضة وقلعة السمرا و الرميلي وأبو عرقان والمريطية في المرتبة الأخيرة من حيث المساحة كما يوضحه الشكل التالي .



المصدر من إعداد الباحث اعتماداً على نموذج ارتفاع رقمي للمنطقة دقة ٣٠م.

شكل (١٠) خصائص السطح ورتب المجاري المائية ومساحة الأحواض بحوض وادي وتير

ثانيا: النمذجة الهيدرولوجية لأحجام الجريان السطحي خلال الفترة (١٩٥١_٢١٠٠م).

تم الاعتماد هنا على طريقة نموذج (SCS-CN)، وهي إحدى الطرق التي طورتها إدارة صيانة التربة التابعة لوزارة الزراعة بالولايات المتحدة الأمريكية ((Soil Conservation Service عام ١٩٧٠م، ووضعت صيغتها المشهورة عام ١٩٨٦م، وتنص المعادلة المعتمدة لقياس منحنى الجريان حسب (USDA) على ما يلي:

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

(USDA,1936,P.2,3)

Q = عمق الجريان السطحي (بوصة).

P = الأمطار المتساقطة لأعلى عاصفة مطرية مستمرة خلال ساعات أو عدة أيام (بوصة).

la = الفواقد من الأمطار بالتسرب (مم)، وتحسب من العلاقة:

$$la = 0.2S$$

وتدل القيم القريبة من الصفر على قلة الاعتراض وزيادة فرص حدوث جريان سيلي.

S= الإمكانية القصوى للاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان السطحي بالبوصة ، ويتم احتسابها من المعادلة الرياضية التالية:

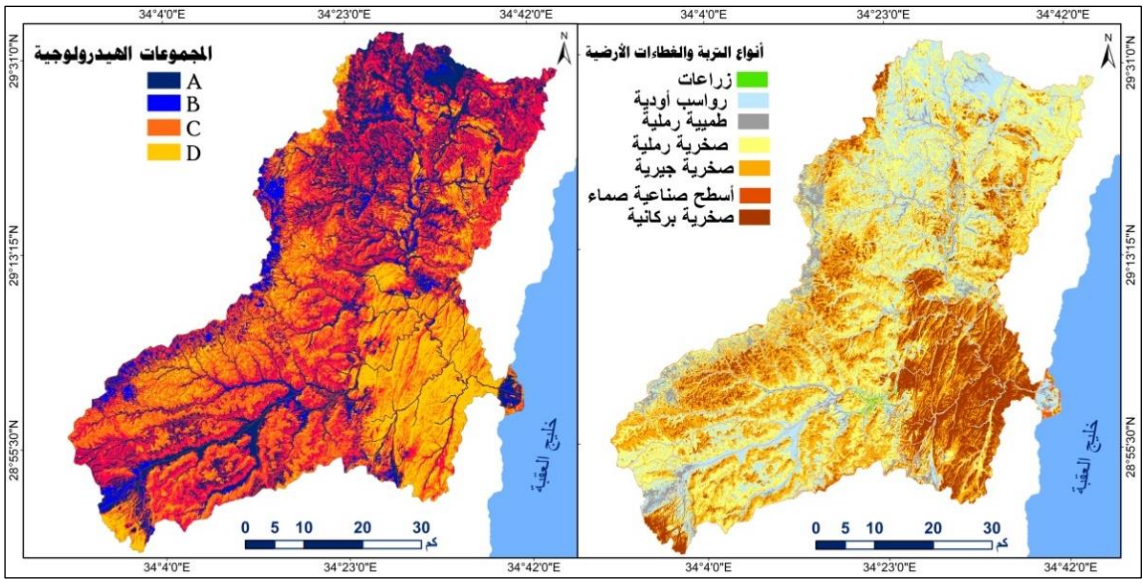
$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

ولتحويل مدخلات البيانات إلى المقياس المتري تم ضرب أرقام المعادلة في ٢٥,٤ لتحويل القيم من البوصة إلى ملليمتر **(Walega, Amatya, Caldwell, Marion, & Panda, 2020)**

- **المجموعات الهيدرولوچية للتربات**

تعريف مجموعات التربة الهيدرولوجية SCS

لكون التربة تلعبُ دورًا حيويًا داعمًا في إعادة تغذية المياه الجوفية في منطقة الدراسة تم الاعتماد عليها كأحد المعايير الرئيسة المؤثرة في تغذية الخزان الجوفي، وتجدر الإشارة هنا إلى أنه تم إعداد خريطة التربة بالاعتماد على خريطة التربة المصرية التي أعدها معهد مسح التربة الهولندي مقياس ١:٤٠٠ ألف و نظراً لما تتسم به من التعميم وعدم استيفاء كافة أنواع التربات بحوض الوادي تم استكمالها من خلال الخرائط التي أعدها الباحث استناداً على بعض التحليلات التي أجراها (Hassan, 2008) للتعرف على طبيعة قوام التربات المختلفة بحوض الوادي، ويوضح الشكل (٩) أنواع تلك التربات والمجموعات الهيدرولوجية ؟



شكل (١١) نوع التربة والغطاءات الأرضية والمجموعات الهيدرولوجية بحوض وادي وتير[١]

وتم تصنيف المجموعات الهيدرولوجية للتربة وفقاً لخصائصها كما يلي:

- **المجموعة الهيدرولوچية A**

يمثل هذه المجموعة التربات جيدة الصرف ذات النسيج الحصوي بتربة المراوح الفيضية والواقعة أسفل الطبقة السطحية المغطاة بطبقة الطمي المنقولة من جوانب الوادي والتربة السبخية الرخوة على الشريط الساحلي الغربي لمروحة نويبع، والتربة الرملية الحصوية ببطون الأودية وتتسم هذه المجموعة بانخفاض معدلات الجريان السطحي، ويشغل هذا النوع نحو ١٩.٥٣٪ من إجمالي مساحة الحوض كما يوضحه الجدول التالي.

- **المجموعة الهيدرولوجية B**

تتسم تربات هذا النوع بمعدل تسرب عالي نسبيًا، وجريان سطحي منخفض نسبيًا، وتوجد في التربات ذات النسيج الناعم إلى متوسط الخشونة (Maidment, 1993, p. 5:25, 9:22)، وتتوزع في مستجمعات المياه المنخفضة أقصى غرب وجنوب غرب الحوض.

- **المجموعة الهيدرولوجية C**

تمثلها الغطاءات الصخرية الرملية والجيرية ذات معدل التسرب المنخفض نسبيًا، وجريان سطحي مرتفع إلى حد ما، وتوجد في التربات ذات النسيج المتوسط النعومة إلى الناعم (Maidment, 1993, p. 5:25, 9:22)، ويمثل هذا النوع الصخور الرملية والجيرية التي تغطي معظم أجزاء الوادي.

---

[١] - المصدر: قام الباحث برسم خريطة التربة باستخدام برنامج Arc map 10.5 اعتماداً على خريطة التربة (مشروع المسح الهولندي ١٩٧٥م)، كما تم حساب رقم المنحنى من خلال دمج خريطتي استعمالات الأرض والغطاءات الأرضية LULC مع خريطة أنواع التربات الهيدرولوجية بواسطة الأمر Combine ومطابقة النتائج مع جداول أرقام المنحنى التي وضعتها هيئة حماية التربة الأمريكية Hydrologic Soil-Cover Complexes – USDA,July,2004,p.1-13

جدول (٢) المجموعات الهيدرولوجية للتربة وفقاً لخصائصها وقيمة المنحنى العددي (CN) بحوض وادي وتير

أنواع التربة والغطاء الأرضي	صفة التربة	المجموعة الهيدرولوجية	معدل انتقال المياه (سم/ساعة)	رقم المنحنى (CN)	المساحة (كم٢)	% من المساحة
مناطق زراعية	تربة رملية	A	أكبر من ٠,٧٦	٤٢	١٩,٣٢	٠,٥٥٪
تربة المراوح الفيضية والسبخات	تربة حصوية رملية مغطاة بطبقة من الطمي المنقول من جوانب الوادي			٥٩	٦٧١,٥٣	١٨,٩٨٪
تربة بطون الأودية	رواسب حصوية خشنة مع رمال ومفتتات صخرية					
التربة الطميية الرملية	تجمعات طميية رملية	B	٠.٣٨ -٠.٧٦	٧٧	١٤٨,٢٢	٤,١٩٪
صخور رملية	-	C	٠.١٣ - ٠.٣٨	٧٠	١١١٧,٥٧	٣١,٥٩٪
صخور جيرية					١٠١٧,٦٦	٢٨,٧٦٪
أسطح صناعية صماء	طرق ومباني	D	صفر – ٠,١٣	٩٤	٤,٣٥	٠,١٢٪
صخور بركانية	أسطح صخرية صماء كتيمة عديمة المسامية وذات مسامية ضعيفة جداً			٩٥	٥٤٠,١٦	١٥,٢٧٪
المجموع					٣٥٣٨,١٦	١٠٠٪

المصدر: إعداد الباحث من خلال تطبيق معادلات SCS -CN وفقاً للحدود التي وضعها (Maidment, 1993, p. 5:25, 9:22)

- **المجموعة الهيدرولوجية D**

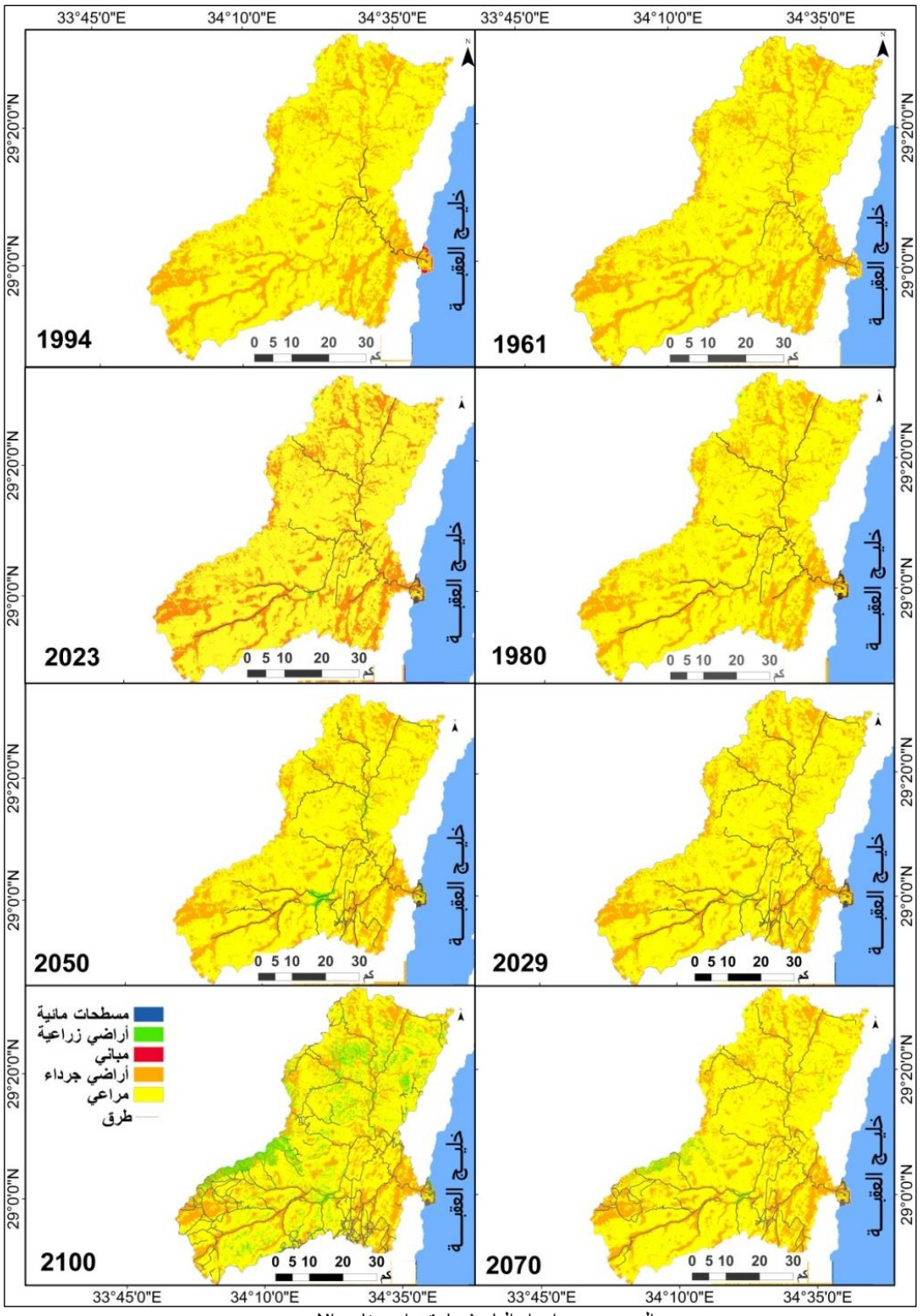
تضم المناطق التي تتسم بأقل معدل تسرب وأعلى جريان سطحي، ويظهر هذا النوع في المناطق ذات النسيج الناعم غير المنفذة للمياه (Maidment, 1993, p. 5:25, 9:22)، ويمثله الغطاءات الصخرية النارية والأسطح الصناعية الصماء كالطرق والمباني.

- **الغطاءات الأرضية واستخدامات الأرض LULC**

تستخدم بيانات استعمالات الأرض والغطاء الأرضي في التحليلات الهيدرولوجية لقياس كميات تسرب مياه الأمطار خلال التربة، وكذلك تستخدم لتقديم تقييم عن خشونة التربة أو مقاومة سطح الأرض التي تؤثر بدورها على السطح في احتساب قدرة الترشيح والاحتفاظ بالماء **(النفيعي، ٢٠١٠)** ، وقد اتضح من خلال حساب مؤشر LULC أن سطح المنطقة يبدو عاريًا من الغطاء النباتي في معظم أجزائه كما تزداد مساحة الأسطح الصناعية الصماء والأراضي الزراعية تدريجياً بحوض الوادي كما يوضحه الشكل التالي.

وتجدر الإشارة إلى أنه تم الاستعانة ببرامج ERDAS Imagine 2015 و Arc Map 10.5 لإدارة البيانات وتحليلها وعرضها وبرنامج IDRISI Selva 17 وتطبيق نموذج CA-Markov وقد تم الاستعانة بمرئيات من أنواع TM,ETM, OLi وصور جوجل إيرث التاريخية والخرائط الطبوغرافية وعمل تصنيف مراقب لكل منها.

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)



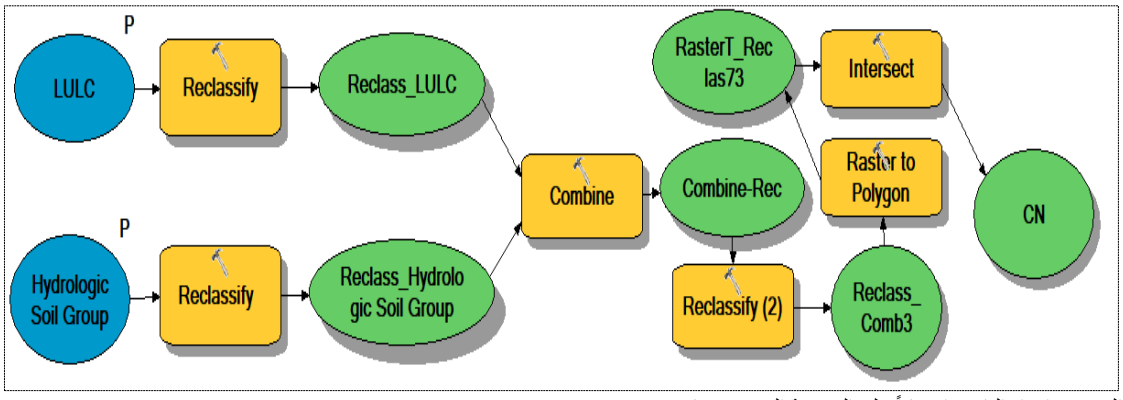
المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج الإدريسي

شكل (١٢) تطور الغطاءات الأرضية بحوض الوادي وفقاً لتطبيق معادلة ماركوف

- **رقم منحنى الجريان السطحي Runoff curve number (CN)**

تعتمد قيمة منحنى الجريان السطحي بشكل رئيس على معدل تسرب المياه عبر مسام التربة، والذي يختلف بدوره من نوع تربة لآخر حسب درجة مساميتها، فكلما قلت مسامية التربة كلما زادت

قيم منحنى الجريان السطحي ومن ثم تزداد فرص تولد الجريان السطحي ، وتجدر الإشارة هنا إلى أنه تم حساب رقم منحنى الجريان السطحي من خلال بناء النموذج (شكل١١) الذي استند على دمج طبقتي المجموعات الهيدرولوچية للتربة والغطاءات الأرضية ومطابقة نتائجه مع جداول أرقام المنحنى التي وضعتها هيئة حماية التربة الأمريكية – Hydrologic Soil-Cover Complexes (USDA,July,2004,p.1-13)



المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على المنهجية التي وضعها (Venkatesh Merwade, February 2019)

شكل (١٣) نموذج لحساب رقم منحنى الجريان السطحي من خلال خريطتي LULC والمجموعات الهيدرولوچية للتربة

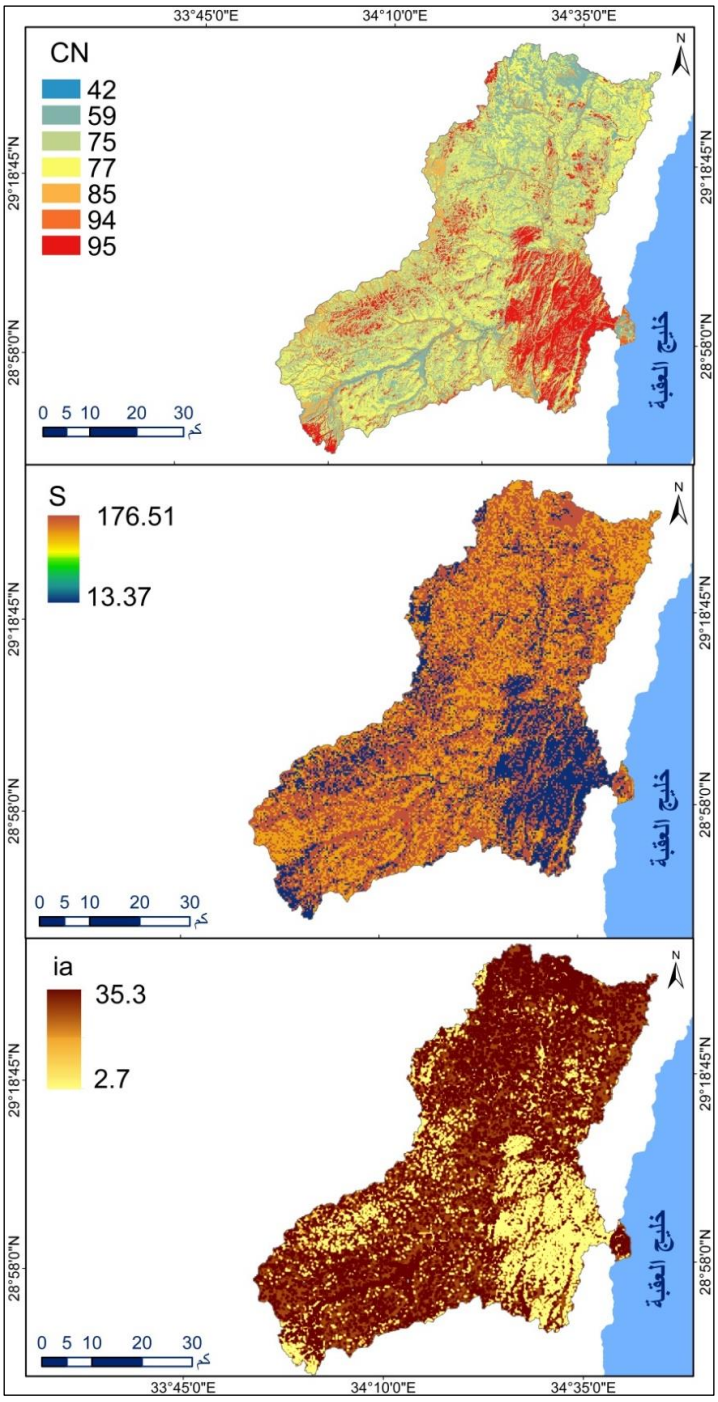
ومن خلال حساب رقم منحنى الجريان السطحي لحوض الوادي وفقاً للنموذج السابق تبين أن قيمه تراوحت بين ٤٢: ٥٩ بتربات الأرضي الزراعية بالوادي وبطن الوادي في أجزائه الدنيا والقسم الأعلى والشرقي من مروحة نويبع والأجزاء العليا من بطون الأودية، كما تراوحت قيمه بين ٧٥: ٩٥ بمناطق انتشار الصخور الجيرية والرملية والنارية والأسطح الصماء وكلها تربات وأسطح جيدة لتوليد جريان سطحي بشكل كبير.

- **الإمكانية القصوى للاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان (S)**

يعبر معامل (S) عن الإمكانية القصوى لاحتفاظ الترب والغطاءات الأرضية بالماء بعد حدوث العواصف المطرية وبدء الجريان السطحي و بعد عملية التسرب ،وتختلف هذه الإمكانية تبعاً لنوع التربات أو الغطاءات الأرضية ومدى قدرتها على امتصاص كميات أكبر من الماء أثناء هطول المطر، وتدل قيمة (S) المنخفضة على تدني إمكانية سطح التربة في الاحتفاظ بالماء قبل عمليات الجريان السطحي مما يؤدي الى زيادة كمية المياه الجارية على السطح ، وبالتالي ترتفع إمكانية التربة في حفظ الماء كلما قلت قيمة (CN)، أما اذا ارتفعت قيمة (CN) فإن كمية الجريان السطحي سوف ترتفع أيضاً بسبب قلة أو انعدام مسامية التربة أو الغطاءات الأرضية كما هو الحال بالنسبة للأسطح الصماء والصخور النارية في القسم الأدنى من حوض الوادي كما يوضحه الشكل(١٤).

- **تقدير قيم (Ia)**

يعبر هذا المعامل عن كمية الأمطار التي تفقد قبل بداية الجريان السطحي عن طريق النباتات التي تعترض هذه الأمطار وعن طريق التبخر والتسرب بتأثير مسامية التربة والغطاء النباتي، وتدل قيم (Ia) المنخفضة على قلة المياه المفقودة قبل بدء الجريان السطحي وارتفاع القيم يدل على ارتفاع كمية مياه المطر المفقودة وبالتالي قلة الجريان السطحي.



المصدر: من إعداد الباحث

شكل (١٤) قيم CN وS وIa

- **عمق الجريان السطحي** (Q)

يعبر عن هذا العامل بمقدار ارتفاع المياه الجارية على السطح الناتجة عن عاصفة مطرية والتي تعد أحد المكونات الرئيسة لتقدير عمق الجريان السطحي فضلاً عن المعطيات الطبيعية المتمثلة بقيم المعاملات (S وla) حيث تم احتساب عمق الجريان السطحي اعتماداً على أعلى كمية للشدة المطرية في محطات الرصد القريبة من منطقة الدراسة، ويرتبط حجم الإيراد المائي الذي يغذي الخزان الجوفي بكثافة التساقط والقيمة الفعلية للمطر، ويحدد ذلك عدة عوامل تأتي في مقدمتها النفاذية الفعلية للتكوينات الصخرية و مقدار الجاذبية الأرضية التي يحددها عاملي ارتفاع وانحدار السطح.

ومن أجل الحصول على الطبقة الخاصة بأعماق الجريان السطحي السنوي بحوض الوادي تم الاعتماد على عملية جبر الخرائط باستخدام الأمر ضمن وظائف المحلل المكاني داخل بيئة برمجيات (ArcGis10.5)، ومن ثم إدخال صيغة المعادلة الرياضية السالف ذكرها في ضوء أقصى كمية مطر سقطت خلال يوم عن العواصف المطرية التي اجتاحت منطقة الدراسة خلال الفترات الموضحة بجدول (٣) الآتي.

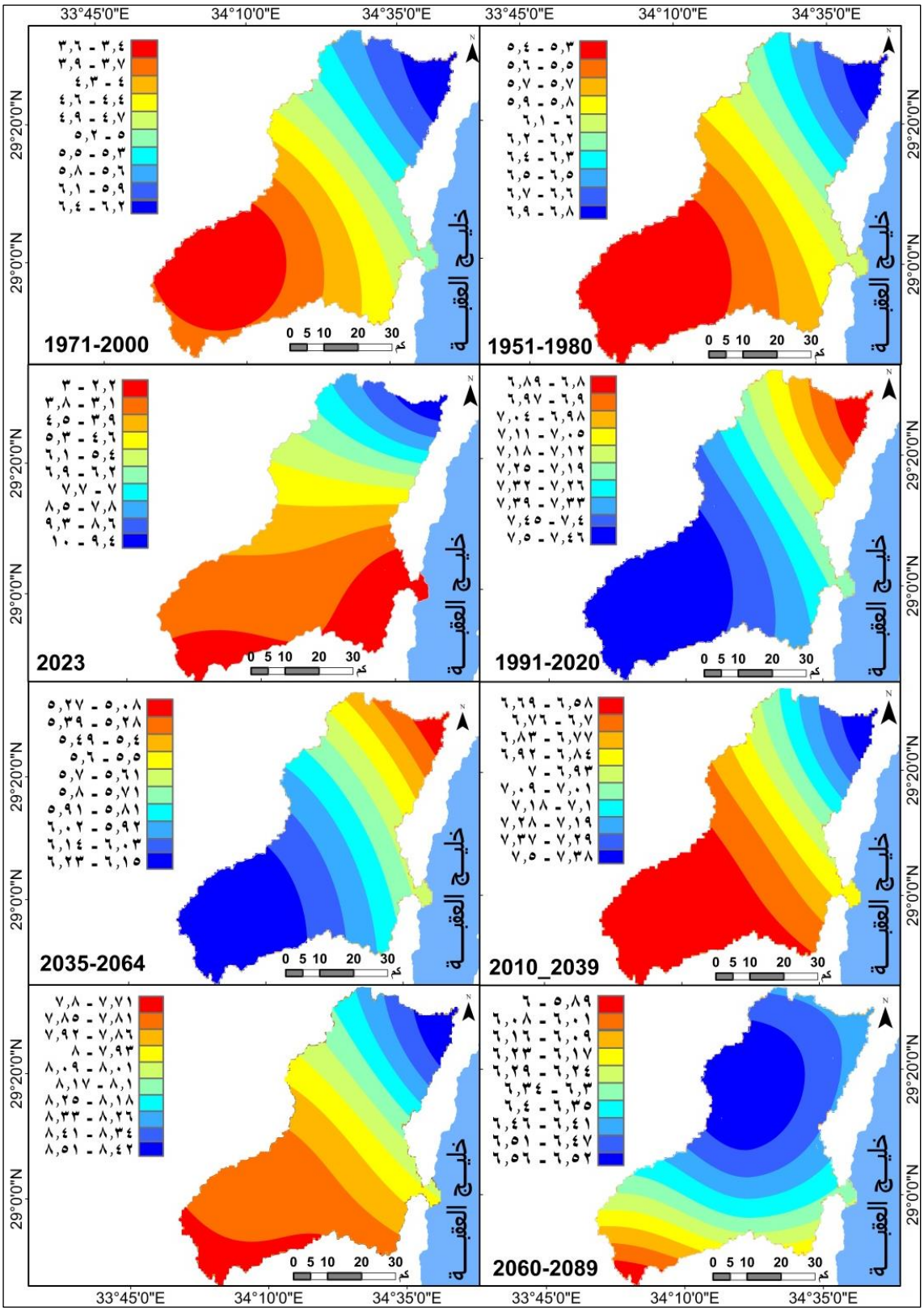
جدول (٣) أقصى كمية مطر سقطت خلال يوم على منطقة الدراسة خلال الفترة (١٩٥١_٢١٠٠م)

الأعوام	سانت كاترين	العريش	أم الرشراش	السويس
١٩٥١-١٩٨٠م	٥,٣	٤,٧	٦,٩٧	٦,٩٢
١٩٧١-٢٠٠٠م	٣,٤	٤,٨٤	٦,٥٥	٨,٣٣
١٩٩١-٢٠٢٠م	٧,٥	٥,٨	٦,٧٦	١٢,٦٩
١٤ مارس ٢٠٢٣م	٢,٨٨	٧,٢٦	١٠,٣٢	٣,٥
٢٠١٠ _ ٢٠٣٩م	٦,٦٧	٦,٨٧	٧,٥٧	٤,٥٢
٢٠٣٥-٢٠٦٤م	٦,٢٢	٤,١٢	٤,٨٢	٣,٨٧
٢٠٦٠-٢٠٨٩م	٦,٣١	٥,٦٤	٦,٣٤	٨,٣٦
٢٠٧٠-٢١٠٠م	٧,٨١	٧,٨٦	٨,٥٦	١٠,١٣

Source https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/egypt/extremes - log in Date :10-9-2023 &https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/.

ويتضح من تحليل خرائط التساقط تباين كميات الأمطار على منطقة الدراسة زمانياً ومكانياً خلال الفترة الزمنية المختارة كنتاج طبيعي لتفاوت كميات الأمطار التي سجلتها محطات الرصد المحيطة بالمنطقة للعواصف المطرية التي تأثرت بها، إلا أنها تميل لتسجيل القيم الأعلى للتساقط على القسم الشمالي الشرقي من الحوض.

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)



المصدر: من إعداد الباحث

شكل (١٥) كميات التساقط بحوض وادي وتير (مم)

خلال الفترة بين عامي (١٩٥١_٢٠٩٩م)

- **حجم الجريان السطحي (QV)**

يعبر حجم الجريان السطحي Runoff Volume عن مجموع الجريان السطحي إلى مساحة الحوض، إذ يساعد في التعرف على الأماكن الأكثر عرضة لغمر المياه، ووفقاً لحسابات عمق الجريان السطحي أمكن تقدير حجم الجريان في أحواض المنطقة من خلال تحويل طبقة عمق الجريان المستخرجة اعتماداً على مجموع كمية الأمطار السنوية وكذلك المستخرجة على أساس أعلى شدة مطرية ساقطة في المنطقة، وذلك من خلال وظيفة (Raster Calculator داخل بيئة (ArcGis10.5) إلى طبقة أخرى تحتوي على قيم حجم الجريان السطحي لكل خلية في الحوض من خلال تطبيق المعادلة الآتية:

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

(عويد، انتصار مزهر ،٢٠٢١، ص٢٣٣)

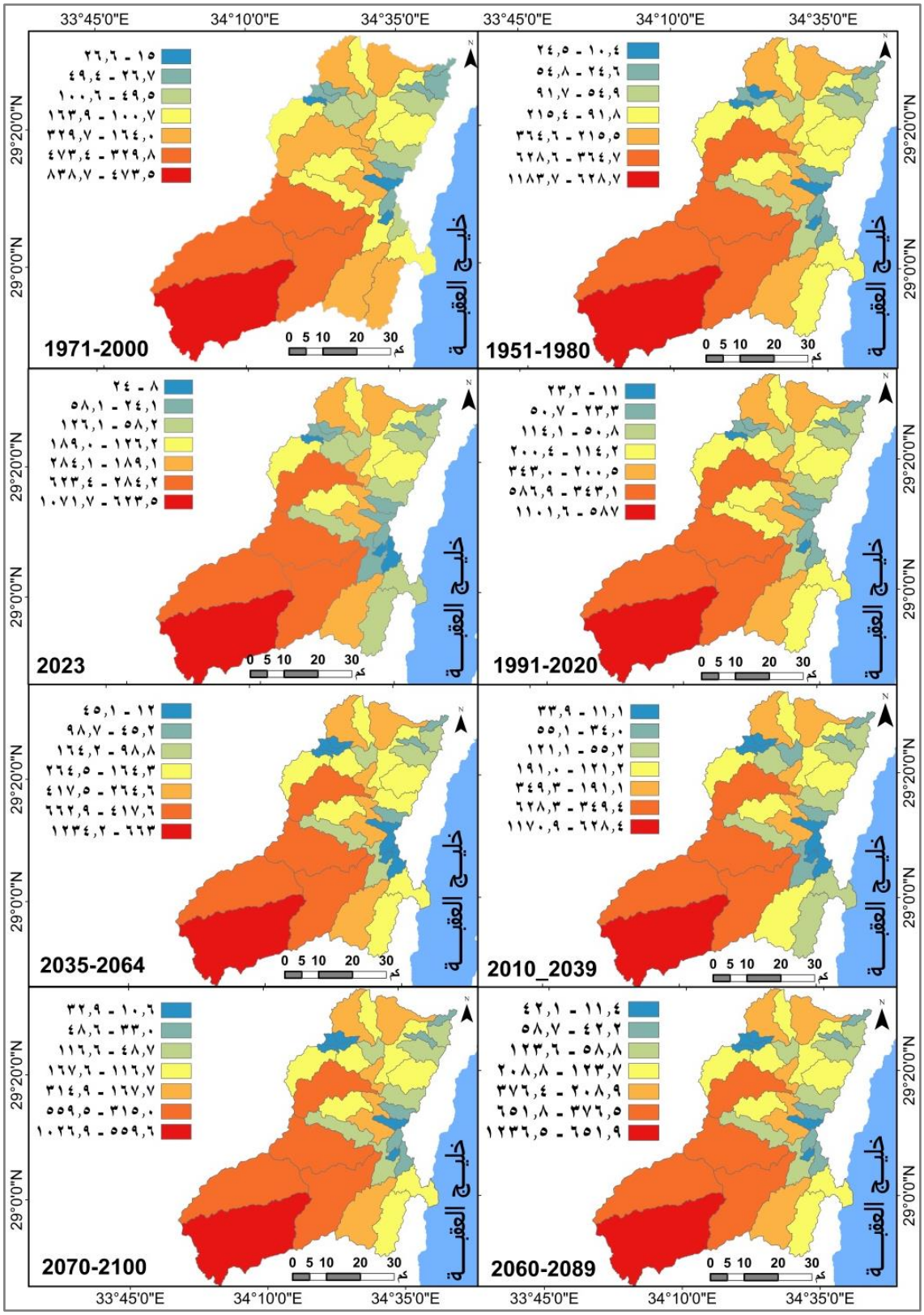
إذ تمثل:

QV = حجم الجريان السطحي م٣ Q= عمق الجريان السطحي (مم)

A = مساحة الحوض (كم٢) ١٠٠٠ = معامل التحويل لتكون النتائج النهائية بالمتر المكعب

ويتضح من الشكل (١٦) تباين أحجام الجريان السطحي بأحواض التصريف الفرعية بالمنطقة إلا أن أحواض الزلقة برافديه البيار وكحيلة والصوانة تعد أكبر الأحواض حظوة بحدوث جريان سطحي بها ، يرجع ذلك إلى كبر مساحتها ، تلتها أحواض غزالة ووتير الأوسط و وتير الأعلى وأم طرجية والبطم نظراً لوقوعها في نطاقات التساقطات الأوفر حظاً إذا ما قورنت بباقي أحواض المنطقة، بينما جاءت أحواض قلعة السمرا ونخيل وعراضة ولتحي والخليل والصالحة وخميلة وأم هاشم و الرهوي وأم مريطية في المرتبة الأخيرة من حيث أحجام الجريان السطحي، ويرجع ذلك إلى صغر مساحاتها، وقد فسرت ذلك قيمة معامل التحديد R^2 والتي بلغت نحو ٠.٩٦ كما يوضحه الشكل (١٦).

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)



المصدر: من إعداد الباحث

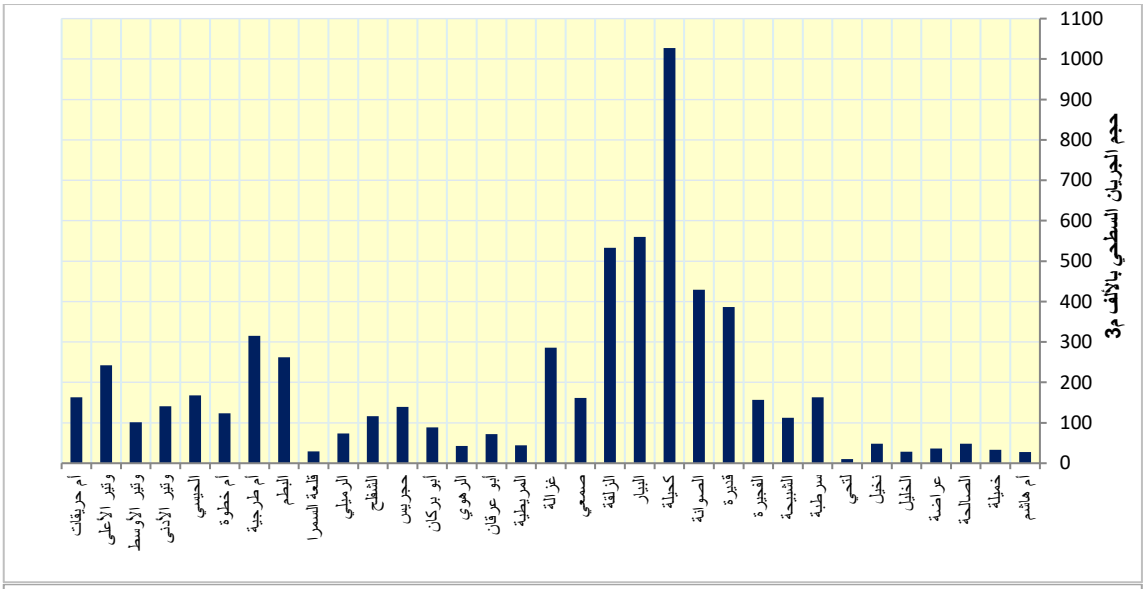
شكل (١٦) أحجام الجريان السطحي (ألف م٣) بحوض وادي وتير خلال الفترة بين عامي ١٩٥١_٢١٠٠م

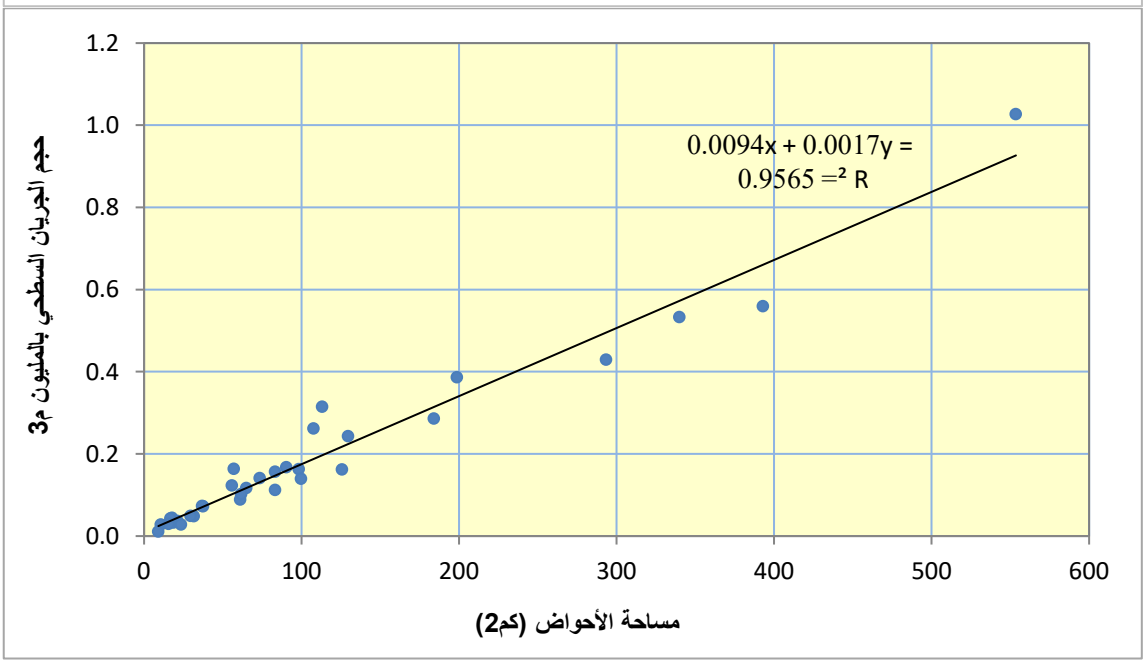
ويوضح الجدول التالي إجمالي أحجام الجريان السطحي بالحوض وفقاً لأقصى كمية مطر سقطت خلال الفترات الموضحة بالمليون م٣.

جدول (٤) أحجام الجريان السطحي بحوض وادي وتير خلال الفترة بين عامي ١٩٥١_٢١٠٠م

الفترة الزمنية	أحجام الجريان السطحي (م٣)	الفترة الزمنية	أحجام الجريان السطحي (م٣)
١٩٥١_١٩٨٠	٦٨٤٦٠٩٠,٥٣	٢٠٣٥_٢٠٦٤	٧٥٣٥٣٨٣,٤٨
١٩٧١_٢٠٠٠	٥٤٣٠٦٧٨,٢٠	٢٠٦٠_٢٠٨٩	٧١٢٩٦٦٨,٤٤
١٩٩١_٢٠٢٠	٦٤٧٠١٩٢,٦٤	٢٠٧٠_٢١٠٠	٦١٧١١٠٥,١٥
٢٠٢٣	٦١٠٤٧٠٠,٧٣	الإجمالي(م٣)	٥٢٥٠٦٧٨٢,٣٠
٢٠١٠_٢٠٣٩	٦٨١٨٩٦٣,١٣	المتوسط (م٣)	٦٥٦٣٣٤٧,٧٩

المصدر: من حسابات الباحث اعتماداً على الشكل السابق.





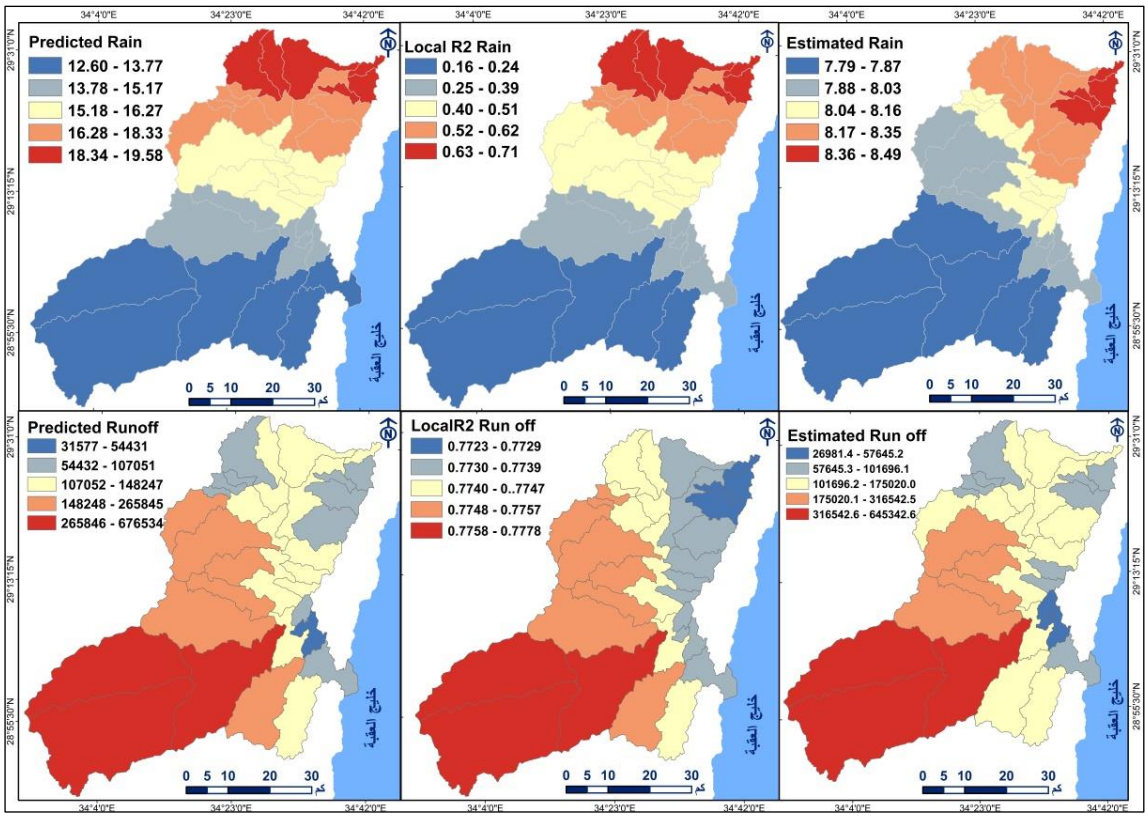
شكل (١٧) العلاقة بين مساحة أحواض التصريف وحجم الجريان السطحي بمنطقة الدراسة

ومن تحليل بيانات الجدول السابق يتضح تفاوت أحجام الجريان السطحي من فترة لأخرى وفقاً لتباين كميات المطر المتساقطة على حوض الوادي، وقد بلغ المتوسط العام لحجم الجريان السطحي خلال الفترة المختارة نحو ٦,٥٦ مليون م٣ وقد انخفضت أحجام الجريان السطحي المقدرة في تلك التي توصلت إليها الدراسات السابقة للحوض، ويرجع ذلك إلى أنه عند تقدير عمق الجريان السطحي تم احتسابه من خلال عملية الجمع الجبري باستخدام الأمر Raster Calculator و ليس من خلال الأمر Field Calculator فالأول يوضح التفاوت في قيم التساقط على مستوى الخلايا فيعطي نتائج أكثر دقة وواقعية على عكس الأخر يقوم بضرب قيم التساقط الثابتة P في النموذج الخلوي لقيم S فتعطي نتائج مضللة وأكبر بكثير من الناتج الفعلي الذي يراعى فيه تباين كلا الحدين P و S على حد سواء.

ثالثاً: تحليل نواتج النمذجة المكانية لأحجام الجريان السطحي.

أسفرت نواتج النمذجة المكانية لبيانات التساقط أنها اتخذت اتجاهاً عاماً من الزيادة للنقصان من أقصى شمال شرق الحوض على هيئة خمسة نطاقات عرضية اتبعت جميعها الاتجاه العام لكميات التساقط خلال الفترة الزمنية المختارة، بينما اتخذ التوزيع المكاني لأحجام الجريان السطحي اتجاهاً طولياً يزداد بوضوح في الأحواض الواقعة أقصى جنوب الحوض ويقل تدريجياً كلما اتجهنا صوب الأحواض الشرقية والشمالية الشرقية، ويمكن تفسير هذه التدرج في ضوء عدة عوامل تأتي في مقدمتها المساحة الحوضية و كميات الأمطار التي تفقد قبل بدء الجريان السطحي، و من الشكل (١٥) يتضح أن كميات التساقط وفقاً لنواتج النمذجة المكانية لكميات الأمطار المقدرة Estimated Rainمن نموذج SPI-1.9 تراوح خلال فترة المقارنة بين ٧.٧٩-٨.٤٩مم بأحواض الروافد تدرجت هذه القيم مكانياً من الأدنى للأعلى إلى حد كبير مع نواتج المطابقة المكانية للأمطار Local R^2 Rain والتي تراوحت قيمها بين ١.٦٪ لأقل مجموعة من الأحواض الفرعية الواقعة أقصى جنوب وجنوب غرب الحوض كصمغي وغزالة والزلقة برافديه كحيلة و البيار، و٧.١٪ لأعلى مجموعة منها والواقعة عند المنابع العليا للوادي أقصى شمال شرق الحوض كالبطم وأم حريقات وأم طرجية وأبو عرقان و الرهوي، كما يتضح أنه ثمة توافقاً مكانياً إلى حد كبير بين أحواض الروافد في التدرج في كميات التساقط إلا أنها تتباين كمياً وفق قيم التنبؤ Prediction التي أسفرت عنها نتائج تحليل الانحدار الجغرافي الموزون لكونها أظهرت قيماً أكبر للتساقط تراوحت بين ١٢.٦مم لأقل الأحواض و ١٩.٩٨مم لأكبر الأحواض.

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج Arc map 10.5

شكل (١٨) تحليل نواتج الانحدار الجغرافي الموزون GWR

أما عن قيم التنبؤ بأحجام الجريان السطحي وفقاً للسيناريو والنموذج المتبعين فإن نواتج التنبؤ أسفرت عن ارتفاع قيم التنبؤ بأحجام الجريان السطحي وفقاً لسيناريو Spi-1.9 توافقت فيها الأحواض الفرعية من حيث كثافة التصريف المائي إلى حد كبير في حين تغايرت من حيث الحجم، فتراوحت تلك القيم وفقاً للسيناريو بين ٢٦٩٨١.٤م^{٣} كأدنى قيمة بأحواض نخيل ولتحي وعراضة و ٦٤٥٣٤٢.٦م^{٣} كأقصى قيمة بحوض الزلقة ورافديه البيار وكحيلة، بينما تراوحت هذه القيم وفقاً لنتائج التنبؤ بعد تحليل الانحدار الجغرافي الموزون بين ٣١٥٧٧م^{٣} بحوضي لتحي ونخيل و٦٧٦٥٣٤م^{٣} بحوض الزلقة ورافديه، كما تراوحت قيم المطابقة المكانية بين ٧٧.٣٪ بأحواض المريطية وأبو عرقان والرهوي، ٧٧.٧٨٪ بحوض الزلقة ورافديه.

رابعًا: النتائج والتوصيات.

النتائج

١. كان لسيادة التكوينات الصخرية النارية والجيرية والرملية وتغطيتها ما يربو على ثلاثة أرباع مساحة المنطقة دوراً بارزاً في تحديد مواضع التربات المفككة بمجاري الأودية ومروحة الوادي بالغ الأثر في ضعف قدرة التربة والغطاءات الأرضية المختلفة الاحتفاظ بمياه الأمطار مما أدى إلى ارتفاع قيم الإمكانية القصوى لاحتفاظها بالماء ومع ذلك فإن حوض الوادي لا يحظى بكميات كبيرة من صافي الجريان السطحي بسبب ضعف قيم التساقط نظراً لوقوعه في منطقة جافة (٣,٣٧ قرينة ديمارتون).

٢. أظهرت نتائج التنبؤ بالغطاءات الأرضية واستخدامات الأرض زيادة المساحات التي تشغلها شبكة الطرق والأراضي الزراعية تدريجياً على حساب الغطاءات الأخرى بينما زادت المساحات التي تشغلها المباني فوق سطح مروحة نويبع فقط وفي المواضع التي تشغلها الأراضي الزراعية، ولكن بصورة ضعيفة جداً.

٣. تفاوتت احجام الجريان السطحي وفقاً لنمذجة بيانات نموذجSPI-1.9 تبعاً لتباين قيم أقصى كمية مطر سقطت خلال يوم في الفترات المدروسة وإن كانت الفترة بين عامي ١٩٧١_٢٠٠٠م هي أقل فترات المقارنة تسجيلاً لأحجام الجريان السطحي، بينما سجلت الفترة من ٢٠٣٥_٢٠٦٤م أقصى قيم لهذا الجريان.

٤. تبين وجود علاقة طردية قوية جداً بلغت ٠,٩٦ بين أحجام الجريان السطحي ومساحات الأحواض الفرعية، وتعد أحواض كحيلة والزلقة والبيار أكبر الأحواض تسجيلاً لقيم الجريان السطحي بينما تعد أحواض لتحي وقلعة السمرا وأم هاشم أقل الأحواض تسجيلاً لتلك القيم خلال فترات المقارنة.

٥. أسفر تحليل نتائج الانحدار الجغرافي الموزون للتساقطات ارتفاع قيم المطابقة المكانية لخرائط التساوي في أحواض الرهوي وأبو عرقان والمريطية وأم طرجية وأم حريقات والبطم لتصل إلى٧١ % بينما تناقصت إلى حد كبير لتصل إلى ١٦٪ بأحواض صمغي وغزالة والزلقة و البيار وكحيلة ، كما أن متوسط قيم التساقط المتوقعة وفقاً لنمذجة بيانات سيناريو SPI-1.9 تباينت وقيم التنبؤ وفقاً لنتائج GWR إذ تراوحت في الأولى بين ٧.٧٩ مم لأقل الأحواض و٨.٤٩مم لأعلاها وفقاً لنتائج السيناريو وبين ١٢.٦مم_ ١٩.٥٨مم بين أقل وأكثر الأحواض في الثانية .

٦. تراوحت قيم المطابقة المكانية لأحواض التصريف وفقاً لأحجام الجريان السطحي بين ٧٧.٢٣٪ – ٧٧.٧٨٪ كما تقاربت إلى حد كبير قيم التنبؤ بأحجام الجريان السطحي وفقاً لنمذجة بيانات التساقط للسيناريو المتبع ونتائج التنبؤ وفقاً لنواتج الانحدار الجغرافي الموزون.

التوصيات

١. التوسع في بناء الخزانات الاصطناعية السطحية بالأحواض الجنوبية والجنوبية الغربية من منطقة الدراسة نظراً لكون منطقة الدراسة ليست مناسبة كمنطقة استراتيجية لأنظمة تخزين المياه الجوفية واستعادتها.

٢. المسارعة في إنشاء العديد من السدود التعويقية في أودية المنابع العليا في القسم الشمالي الشرقي من الحوض للحد من أخطار الجريان السطحي التي تتفاقم مع زيادة انحدار وارتفاع السطح في هذا القسم.

٣. تعد النماذج الهيدرولوجية التوزيعية التي تعتمد على تقسيم الحوض إلى مجموعة من الخلايا ويتم حساب البيانات وقيم المتغيرات على مستوى كل خلية أفضل الطرق لتقدير الجريان السطحي باستخدام طريقة scs-cn لكونها تبرز الاختلافات المكانية على مستوى الخلايا وحسابها من خلال الأمر Raster Calculator وليس من خلال الأمر Calculate Geometry.

خامسًا: قائمة المراجع

- **المراجع العربية:**

الجمال ,شاهيناز .محمد.(2019) التحليل المورفومتري للخصائص المساحية لحوض وادي وتير،شبه جزيرة سيناء ,المجلد30، عدد١٩مجلة كلية الآداب، جامعة المنوفية.

النفيعي ,هيفاء .محمد (2010) تقدير الجريان السطحي في الحوض الأعلى لوادي عرنة شرق مكة المكرمة بوسائل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية جامعة أم القرى ، مكة المكرمة ، رسالة ماجستير غير منشورة .

علي ,متولي .عبد الصمد (2001) حوض وادى وتير شرق سيناء دراسة جيومورفولوجية ،دكتوراه ، جامعة القاهرة، منشورة من قبل مجلة الكتب العربية

- **المراجع باللغة الإنجليزية:**

Eiss, M. A., Thoma, J. M., Poh, G., Shouakar-Stas, O., Hershey, R. L., Daha, K. A., et al. (2016). Groundwater recharge and salinization in the arid coastal plain aquifer of the Wadi Watir delta, Sinai, Egypt. Retrieved from Applied Geochemistry: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883292716300956

Hassan, M. A.-R. (2008). Geomorphology Classification and Evaluation of Wadi Watir Soils in southeastern Sinai using combined remote sensing and GIS techniques . https://www.researchgate.net/publication/241684945_Geomorphology_Classification_and_Evaluation_of_Wadi_Watir_Soils_in_Southeastern_Sinai_Using_Combined_Remote_Sensing_and_GIS_techniques?enrichId=rgreq-42ec57fb5d9c5fcaab64dbf9a8c48486-XXX& enrich Source=Y292.

Eissa , M. (2012). Groundwater Resource Sustainability in Wadi Watir Watershed, Sinai, Egypt . Retrieved from University of Nevada: https://www.proquest.com/openview/fd7269cc2d39300f8971778484c256a7/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750

Eissa, M. A., Thomas, J. M., Hershey, R. L., Dahab, K. A., Gomaa, M. A., & Shabana, A. R. (2013, June 25). Geochemical and isotopic evolution of groundwater. Retrieved from

Environmental Earth Sciences: https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-013-2588-4

Eissa, M. A., Thomas, J. M., Pohll, G., Hershey, R. L., ElShiekh, A., & Gomaa, M. A. (2013). Groundwater resource sustainability in the Wadi Watir delta,. Retrieved from Hydrogeology Journal: https://www.proquest.com/openview/2c938a7c331bc2ed88d59a90bef6671c/1?pq-origsite=gscholar&cbl=55405#

Elmoustafa, A. M., & Mohamed, M. M. (2013). Flash Flood Risk Assessment Using Morphological. Retrieved from Journal of Modern Hydrology: http://www.scirp.org/journal/ojmh

Farag, M. A.-R. (2007). Geomorphology, Classification and Evaluation of Wadi Watir Soils in Southeastern Sinai Using Combined Remote Sensing and GIS techniques. Retrieved from Oecologia aegyptiaca: https://scholar.google.com/scholar?hl=ar&as_sdt=0%2C5&q=wadi+watir&oq=+Wadi+Wat

Finkel, H.H.(1979) Water resources in arid zone settlement. In A Case Study in Arid Zone Settlement, the Israeli Experience; Golan, G., Ed.; Pergamon Press: New York, NY, USA, p. 567.

Hossam H. Elewa, M. Z. (2021, March 15). Integration of the Analytical Hierarchy Process and GIS Spatial Distribution Model to Determine the Possibility of Runoff Water Harvesting in Dry Regions: Wadi Watir in Sinai as a Case Study. Retrieved from Water: https://www.mdpi.com/2073-4441/13/6/804.

Marianne T Lund, Gunnar Myhre, and Bjørn H. Samset (18 Nov 2019), Anthropogenic aerosol forcing under the Shared Socioeconomic Pathways, Atmospheric Chemistry and Physics, Volume 19, issue 22.https://acp.copernicus.org/articles/19/13827/2019/

Mustafa A. Eissa, J. M. (2013). Geochemical and isotopic evolution of groundwater in the Wadi Watir watershed, Sinai Peninsula, Egypt. Retrieved from Environmental Earth Sciences: https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-013-2588-4

Mustafa A. Eissa, J. M. (2013). Geochemical and isotopic evolution of groundwater in the Wadi Watir watershed, Sinai Peninsula, Egypt. Retrieved from Environmental Earth Sciences: https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-013-2588-4

Mustafa A. Eissa, J. M. (2013). Geochemical and isotopic evolution of groundwater in the Wadi Watir watershed, Sinai Peninsula, Egypt. Retrieved from Environmental Earth Sciences: https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-013-2588-4

Mustafa A. Eissa, J. M. (2013). Geochemical and isotopic evolution of groundwater in the Wadi Watir watershed, Sinai Peninsula, Egypt. Retrieved from Environmental Earth Sciences: https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-013-2588-4

Sallam , O. M. (2019). Use of Numerical Groundwater Modeling to Assess the Feasibility of Aquifer Storage and Recovery (ASR) in the Wadi Watir Delta, Sinai, Egypt. Retrieved from Journal of Water Resource and Protection: https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=96938

Sharma, L. K., Bu, H., Denton, A., & Franzen, D. W. (2015). Active-Optical Sensors Using Red NDVI Compared to. Retrieved from sensors: https://www.mdpi.com/1424-8220/15/11/27832/htm

USDA-SCS-CN (United States Department of Agriculture-Soil Conservation Service-Curve Number(1989.). Estimating Runoff and Peak Discharges. Chapter 2: In Engineering Field Handbook.

Walega, A., Amatya, D. M., Caldwell, P., Marion, D., & Panda, S. (2020). Assessment of storm direct runoff and peak flow rates using improvedSCS-CN models for selected forested watersheds in the Southeastern UnitedStates. Retrieved from Scince Direct: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581819302216

Abstract:

Spatial analysis of spatial modeling outputs of potential runoff volumes in the Wadi Watir Basin until 2100 according to the SPi-1.9 scenario and the SCS-CN model.

In predicting runoff volumes, this study relied on the model prepared by the Soil Conservation Administration of the United States Department of Agriculture, known as the Surface Runoff Curve Number Model, which is referred to as SCS-CN because it is considered the most popular method used in estimating runoff volumes in the international literature, and from which precipitation data was derived. Which is one of the most important limits of this model and its main pillar of Satellite data launched by NASA and approved by the International Panel on Climate Change after merging and analyzing the data of more than fourteen thousand research papers, which took eight years of research, The research resulted in the development of five scenarios for thermal emissions, called the Common Social and Economic Pathways (SSPs), all of which revolve around the fact that the Earth's temperature is on the cusp of rising by 1.5 °C, which prompted the United Nations Conference on Climate Change COP26, which was held in 2021, to stress the necessity of reducing Increasing the average global temperature to less than two degrees Celsius and continuing efforts to achieve this, which is what the SPi-1.9 scenario aspires to, which was chosen after making serious comparisons with other scenarios because it is the most appropriate according to what was stated in the committee's report, The results of algebraically combining precipitation data and linking them together revealed that the basins located in the far north-eastern part of the basin are the most fortunate in terms of the amounts of precipitation, which decrease gradually and noticeably as we head towards the south. The results of the geographic weighted regression (GWR) analysis also revealed that the spatial conformity is characterized by a high The values of R^2 in the basins of Al-Batm, Umm Hariraq, Umm Tarjiya, Al-Zuhri, Al-Maritiya, and Abu Arqan, and gradually decrease as we head towards the south, reaching their lowest values in the basins of Sumghi, Ghazala, and Zalaqa on the tributaries of Al-Biyar and Kahila. Consequently, the prediction values took a regular pattern that agrees spatially with the values of the coefficient of determination R^2, It also resulted in an increase in the spatial conformity values of surface runoff to range between 77.23 - 77.78%, taking a regular pattern in which surface runoff volumes increase as we move toward the southwestern basins with larger basin areas and decrease as we move toward the northeastern basins. However, the prediction values confirmed the Zalaqa Basin, with its two tributaries, Al-Baiyar and Kahilah, maintains first place in terms of the volume of surface runoff.

Key words:
Prediction of runoff volumes, Wadi Watir, spatial analysis, SPi-1.9 scenario, SCS-CN model, GWR, COP26.