

أخطار السيول في مدينة القاهرة الجديدة
باستخدام النمذجة الهيدرولوجية ثلاثية الأبعاد

د/صبحي عبدالحميد عبدالجواد عبدالحميد

مدرس الجيومورفولوجيا ونظم المعلومات الجغرافية

كلية الآداب، جامعة بورسعيد

sobhi.abdelhameed@arts.psu.edu.eg

doi: 10.21608/jfpsu.2022.143542.1206

أخطار السيول في مدينة القاهرة الجديدة باستخدام النمذجة الهيدرولوجية ثلاثية الأبعاد

مستخلص

يعد الجريان السيلي واحداً من المشكلات الطبيعية التي تهدد أعمال التنمية، ويهتم هذا البحث بدراسة أخطار السيول في واحدة من أهم مدن إقليم القاهرة الكبرى وهي مدينة القاهرة الجديدة عبر استخدام الأساليب والتقنيات الهيدرولوجية المتطورة لمحاكاة خطر الجريان السيلي ضمن أعمال النمذجة المكانية والذي يعد أحد الاتجاهات الحديثة في الجيوماتكس للوصول إلى تحديد دقيق للمناطق المهددة بخطر الجريان السيلي وتصنيفاتها وفقاً لدرجات الخطورة ومدى تأثيرها على المنشآت والمرافق والبنية التحتية وكل الأنشطة الإنسانية التي تعترض مسار الجريان السيلي.

وتشغل منطقة الدراسة مساحة بلغت ٤٢٠,٥ كم^٢ وقد أقيمت مدينة القاهرة الجديدة على ٧٣,٩% منها وهي مقامة على مجموعة كبيرة من أحواض التصريف بلغ عددها (١٤) حوض تصريف تتحدر من الحافة الجنوبية نحو الشمال والشمال الغربي وقد مرت على المنطقة العديد من العواصف المطرية على مدار الـ ٣٦ عاماً الماضية مما دفع الباحث الي دراسة المنطقة من خلال التطبيق على واحدة من العواصف المطرية للوقوف على مدي الخطر الذي تتعرض له المدينة وأبعاده الجيومكانية.

وقد انتهت الدراسة لمجموعة من النقاط الهامة في معالجة وتقييم خطر الجريان السيلي إضافة إلى بعض الإجراءات التنظيمية التي لابد منها لدرء أخطار الجريان السيلي عن المناطق العمرانية الجديدة.

الكلمات المفتاحية: الجيومورفومترية، الجيوماتكس، النمذجة ثلاثية الأبعاد،

الهيدرولوجيا، تقييم.

Flash Flood Hazards in New Cairo City by Using 3D Hydrological Modeling

Abstract

Flash flood is considered one of the natural problems that threaten the development work. This research is concerned with studying the dangers of flash floods in one of the most important cities of the Greater Cairo Region, which is the city of New Cairo, through the use of advanced hydrological methods and techniques to simulate the danger of flash flood flow within the work of spatial modeling, which is one of the recent trends in the field of Geomatics.

This is to reach an accurate identification of the areas threatened by the danger of flash flood flow and their classifications according to the degrees of danger and the extent of their impact on the constructions, utilities, infrastructure and all human activities that obstruct the path of the flash flood flow. The study area occupies an area of 420.5 km², and the city of New Cairo was built on 73.9% of the study area, on a large group of drainage basins, whose number is fourteen (14) ones descending from the southern edge towards the north and northwest. The area was hit by several rainstorms during the past 36 years, which prompted the researcher to study the region more accurately through the application on one of the rainstorms to determine the extent of danger upon the city and its geospatial dimensions.

The study has reached many important points in addressing and evaluating the risk of flash flood flow in the study area, some of them are related to digital elevation models, others are related to the application of more accurate and effective techniques, and others are aimed at laying foundations and awareness-raising applications for the local civil society in particular. This is in addition to some organizational procedures that are inevitable to ward off the dangers of flash flood flow from the new urban areas.

Keywords: Geomorphometric, Geomatics, 3D modeling, hydrology, Evaluation.

المقدمة:

تعد أعمال النمذجة والتحليل بشكل عام من أهم الاتجاهات الحديثة في تطبيقات الجيوماتكس ولا سيما الجيومورفولوجية منها، وقد تم تفعيل دور البيانات ونماذج الارتقاعات الرقمية إضافة إلى صور الأقمار الصناعية في تحليلها، وتهدف أعمال النمذجة الهيدرولوجية ثلاثية الأبعاد إلى تحديد أكثر دقة للمناطق المهددة بخطر الجريان السيلي وتصنيفها إلى فئات وفقاً لدرجة الخطورة ومدى تأثيرها على المنشآت البشرية والمرافق والبنية التحتية التي تعترض مسار الجريان السيلي.

كما أن مشكلة التنبؤ بحدوث الجريان السيلي لأحواض التصريف الناتج عن عاصفة مطرية محددة في أي منطقة لازالت تشكل محور اهتمام الدراسات الهيدرولوجية، وتزداد أهميتها في المناطق التنموية ولا سيما المخططة، نتيجة لارتباط الجريان السيلي في المنطقة بالتساقط المطري وارتباطه بخصائص أحواض التصريف المورفومترية والهيدرولوجية، لذا سوف يتم تطبيق النمذجة الهيدرولوجية ثلاثية الأبعاد لتحديد المواقع المهددة بخطر الجريان السيلي عبر دمجها مع تقنيات الجيوماتكس من تطبيق المعادلات الرياضية والتحليلات المكانية بما يُمكن من خلاله تحديد وتصنيف درجات الخطورة بالمنطقة لإيضاح الوضع الهيدرولوجي للمنطقة ودعم اتخاذ القرار التنموي بالمنطقة وما يماثلها من مناطق تنموية.

الهدف:

تهدف هذه الدراسة إلى الفاء الضوء على عملية الجريان السيلي وأخطاره المختلفة باستخدام الأسلوب العلمي التطبيقي في دراسة وتحليل خطر الجريان السيلي وإجراء التحليل الهيدرولوجي لتحديد المناطق المتضررة بفعل السيول المتكررة في الفترة الأخيرة مثل ما حدث في سيل ٢٠١٦م وتكرر حدوثه في سيول ٢٠٢٠م ومحاولة تقديم تقييم وضع جيومورفولوجي يساعد في تحديد العلاقة بين العمليات الهيدرولوجية والظواهر الجيومورفولوجية من جانب والنشاط التنموي من جانب آخر، وتصنيف المناطق علي حسب درجة خطورتها نتيجة الجريان السيلي في المنطقة واقتراح مجموعة من الحلول للتقليل من أخطاره.

الدراسات السابقة:

توجد العديد من الدراسات التي تناولت النمذجة الهيدرولوجية للجريان السيلي في مناطق مختلفة بمصر والعالم العربي مثل: دراسة (Abd El Daiem, A., 1971) ، ودراسة (Himida, I. & Et al., 1972) دراسة (كمال حفني ، ١٩٧٩) عن هيدرولوجية الخزان الجوفي بإقليم القاهرة الكبرى، ودراسة (Mabrook, B., 1979) عن هيدرولوجية المياه الجوفية في منطقة شرق دلتا النيل، ودراسة وزارة الري وأكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا (١٩٨٢) ودراسة (محمود ، ١٩٨٩) ودراسة (عبد الله، ١٩٨٩) و (M. G. El-Behiry, I. & Et al., 2006) و (بوروية والجعيدي، ٢٠٠٧م) و (بالخير، ٢٠٠٨م) و (خطاب، ٢٠١٤م) و (درويش، ٢٠١٧م) و (عبدالكريم، ٢٠١٨) و (الكياي وعبد الحميد، ٢٠١٩) و (عبدالكريم وضاحي ، ٢٠١٩) و (Mahsop , 2018) و دراسة (الكياي وعبد الحميد، ٢٠٢٠) ، جدير بالذكر أن دراسة (Mahsop , 2018) تناولت تغيرات استخدام الأرض بالمنطقة خلال الفترة ما بين ٢٠٠٠م وحتى ٢٠١٧م ومراقبة وتتبع تغيرات الأشكال الأرضية بالمنطقة بسبب النشاط البشري الإنسان عبر استخدام تحليل صور الأقمار الصناعية وتقصي أخطار السيول ومدى ثبات الأرض في كل من القاهرة الجديدة والعاصمة الإدارية الجديدة وقام بتطبيق العديد من المعادلات علي صور الأقمار الصناعية **Band Ratio** لاستنباط المناطق الرطبة **MNDWI** وكذلك استخراج مناطق التنمية البشرية والعمرانية **Built-up area** اضافه الي استخراج الغطاء النباتي **NDVI** عبر تطبيق المعادلات الخاصة بذلك.

مصادر البيانات:

تم الاعتماد علي العديد من مصادر البيانات التي تخدم تحقيق أهداف الدراسة، حيث استخدمت الخرائط الطبوغرافية بعدد (٤ لوحات) مقياس ١/٥٠,٠٠٠ ، هيئة المساحة العسكرية عام ١٩٩٦م وطبعة عام ٢٠٠٦م : "جبل العنقابية، شرق القاهرة، بئر جندالي ، حلوان" بهدف عمل تحديد لمسارات الأودية بشكل تقريبي وتحديد مسميات الأحواض ، والخرائط الجيولوجية الرقمية مقياس ١/٥٠٠,٠٠٠ ، هيئة المساحة الجيولوجية، وخرائط التربة الإقليمية: مقياس ١: ٥٠,٠٠٠ (مشروع حصر أراضي السد العالي بالتعاون مع

صندوق المشروعات الخاص الأمم المتحدة، لتحديد توعية التربة بالمنطقة) لتحديد أثر الجريان السيلي عليها وما يتسبب عنه من مشكلات في التربة تؤثر علي اعمال التنمية بالمنطقة، والمرئية الفضائية للقمر الصناعي : **Corona** ^(١) بدقة ٢,٥ متر ، ملتقطة عام (١٩٧٦م) لرسم شبكة التصريف و **World View 2** ^(٢)، بدقة ٥٠سم ملتقطة عام(٢٠٢٢م) لرسم وتحديد المناطق المهدة بخطر الجريان السيلي بشكل أكثر دقة، ونموذج الارتفاع الرقمي **Digital Elevation Model**، بدقة ١٢,٥م^٢ ، مستنتج من مرئية القمر الصناعي **ALOS PALSAR** ^(٣) لتحديد الملامح الطبوغرافية العامة للمنطقة، والقيام بالتحليلات المكانية اللازمة لاستخراج العديد من الأشكال اللازمة مثل طبوغرافية المنطقة وخرائط الانحدار. وقد تم الاعتماد على بيانات الأرصاد الجوية لمحطات: مطار القاهرة والقطامية والماظة وحلوان ولقد اختيرت مدة زمنية وهي (٣٦) عاماً أي دورة مناخية كاملة فيما بين عامي (١٩٨٥م - ٢٠٢١م)، وقد درست على أساس المجاميع اليومية للعواصف المطرية، إضافة إلى الدراسة الميدانية التي تعمل على تأكيد الفرضيات التي يتم الخروج بها من تطبيق أعمال النمذجة الجيومكانية لأخطار الجريان السيلي.

أولاً: موقع وأهمية منطقة الدراسة:

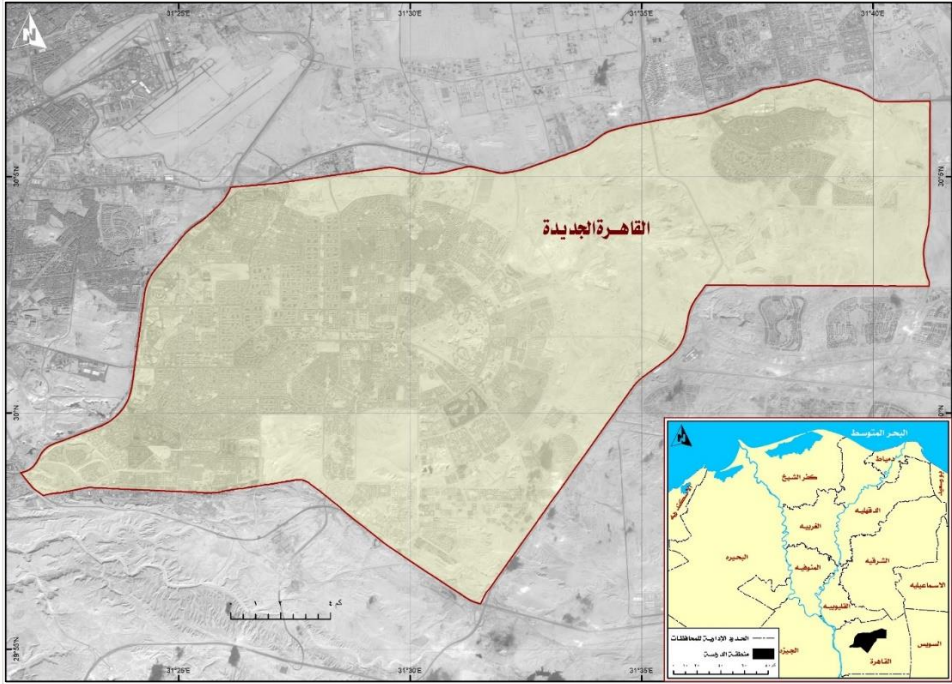
تقع المنطقة شرق إقليم القاهرة الكبرى وتحتوي علي أكبر المدن الجديدة في جمهورية مصر العربية وهي "مدينة القاهرة الجديدة" وتقع فلكياً بين دائرتي عرض ٣٠ ° ٥٥ ° و ٢٩ ° - ٢٨ ° ٠٧ ° ٣٠ ° و ٤١ ° ٢١ ° ٣١ ° - ٣٦ ° ٤١ ° ٣١ ° شرقاً ، وتشغل المدينة مساحة بلغت ٣١١ كم^٢ بنسبة ٧٣,٩% من إجمالي المنطقة التي يبلغ إجمالي مساحتها ٤٢٠,٥ كم^٢ شكل (١) وهي أحدث أجزاء إقليم القاهرة الكبرى وأكثرها أهمية بسبب

(١) **Corona**: هو سلسلة من الأقمار الأمريكية استخدمت لأغراض التجسس والمراقبة التصويرية عبر استخدام كاميرات تصوير مخصصة.

(٢) **World View**: هو قمر صناعي أمريكي متاحة صورة لأغراض تجارية بدقة ٤٦ سم ويقوم بالتصوير في عدد أطيايف بلغت ٩ أطيايف.

(٣) **ALOS**: هو قمر صناعي راداري من نوعية **L-band synthetic aperture radar** مخصص لمراقبة تغيرات سطح الأرض وبدء عمله من عام ٢٠٠٦م وحتى ٢٠١١م وتعتبر **PALSAR** واحدة من ثلاث أدوات موضوعة على القمر الصناعي لرصد الأرض وتساهم في تطوير مجالات رسم الخرائط والمراقبة الإقليمية لتغيرات الغطاء الأرضي ومراقبة الكوارث ومسح الموارد.

قربها بشكل مباشر من حي مدينة نصر، حيث تقع إلى الجانب الشرقي منه مباشرة لا يفصلها عنه سوي الطريق الدائري (محمود، ٢٠٠٣، ص ٢٨٣-٢٨٩).

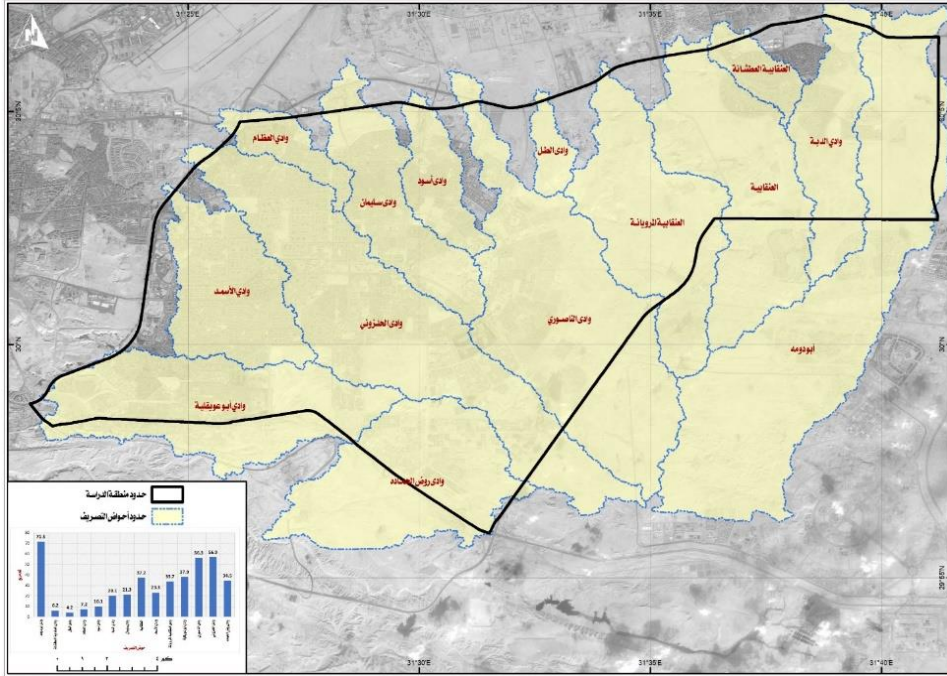


المصدر: الخرائط الطبوغرافية مقياس ١/٥٠,٠٠٠ وصورة القمر الصناعي Sentinel-2 بدقة وضوح ١٠ متر.

شكل (١) نطاق مدينة القاهرة الجديدة.

تعد المنطقة بذلك الامتداد مهددة بالعديد من الأخطار الجيومورفولوجية أهمها خطر الجريان السيلي، لما يعقب التساقط المطري من جريان للمياه المتجمعة في بطون الأودية الرئيسية التي تتحد وفق اتجاهات الانحدارات المختلفة وبسرعة تتفاوت وفق زوايا الانحدار مسببة سيول جارفة تدمر الأنشطة البشرية التي تعترض مسارها، وتزيد من خطر التعرية المائية حيث كانت بالمنطقة فيما مضى شبكة تصريف كثيفة الروافد لعدد ١٤ حوضاً تصريفياً وهي: "أبو دومه، العنقابية، العنقابية العطشانة، العنقابية المروية، أسود، الحلزون، الطل، الناصوري، روض حماده، سليمان، أبو عويقلية، الأسمد، الدبة، العظام".

شكل (٢).



المصدر: الخرائط الطبوغرافية مقياس ١/٥٠,٠٠٠ ومرئية القمر الصناعي Sentinel-2 بدقة وضوح ١٠ متر.

شكل (٢) أحواض التصريف بالمنطقة.

تتأثر المنطقة "القاهرة الجديدة" بالعديد من الأخطار الجيومورفولوجية أهمها خطر الجريان السيلي لما له من تأثير على كافة أنماط استخدام الأرض بالمدينة عامة، ويتميز الجريان السيلي بهذه المنطقة بوجود قمة عالية وحادة للجريان نتيجة لوجود انحدارات شديدة بالمنطقة حيث يتراوح الارتفاع بها فيما بين ١٥٢ - ٥١٣ متراً، ويشير هذا الفارق في الارتفاع إلى وجود سرعة في الجريان محملة بكميات من الرواسب والكتل والمفتتات الصخرية مختلفة الأحجام والأشكال والتي تساعد سرعة الجريان على حملها ونقلها إلى مسطح المدينة.

وتتبع أهمية هذه الدراسة من أنها تناقش أحد أهم الأخطار الجيومورفولوجية التي تهدد التجمعات العمرانية عامة، ومنطقة الدراسة خاصة، وتمس أمن واستقرار السكان وممتلكاتهم عبر تطبيق التقنيات الجيومكانية في دراسة أخطار الجريان السيلي عبر تطبيق برمجيات نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS وبرمجيات النمذجة الهيدرولوجية

WMS^(*) بما يدعم متخذ القرار في اتخاذ القرارات التتموية المختلفة لتطوير وتنمية المنطقة والمناطق المماثلة بما يحافظ على أرواح ساكنيها.

ثانياً: الخصائص الجيولوجية:

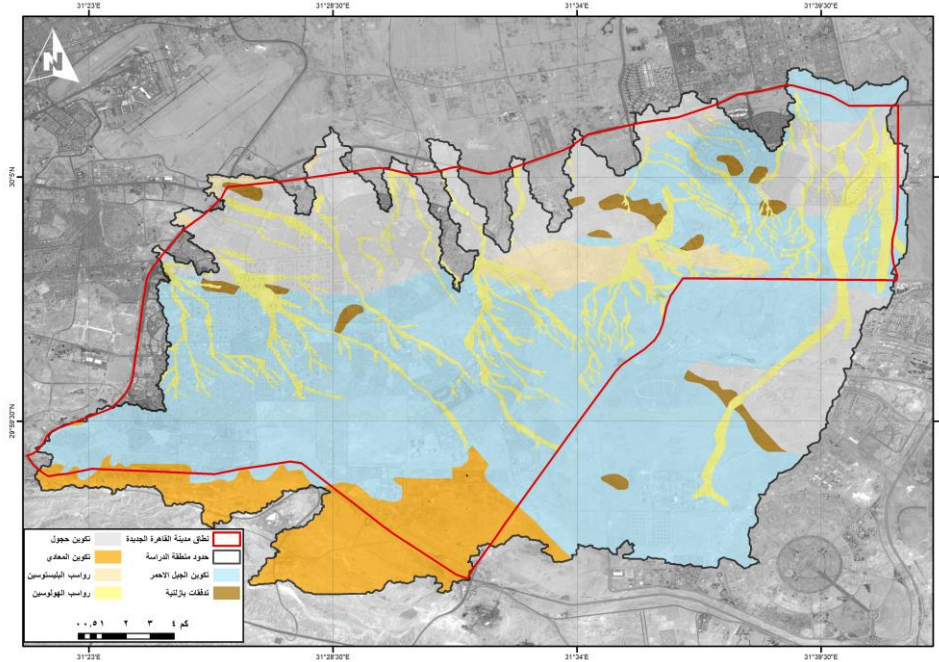
تتكون المنطقة من صخور رسوبية يتراوح عمرها بين عصري الأيوسين (الفترة الأعلى) من الزمن الثالث والهولوسين بالزمن الرابع، وتتألف تكوينات الزمن الثالث من صخور الحجر الجيري والمارل والطفل إضافة للتدفقات البازلتية والرمال وتشغل مساحة بلغت ٣٤٩,٨٧ كم^٢ بنسبة ٨٣,٣% بينما شغلت رواسب الزمن الرابع مساحة ٧٠,٨٦ كم^٢ بنسبة ١٦,٧% من المنطقة، ومن دراسة العمود الجيولوجي في المنطقة اتضح أن سمك التكوينات في هذه المنطقة بلغ ٩٨٠ متراً (Abd El Daiem, 1971, P. 13). ويمكن عرض التكوينات والرواسب بالمنطقة شكل (٣) وجدول (١) وفق النحو التالي:

١- تكوينات الزمن الثالث:

- **تكوين الجبل الأحمر:** وهو عبارة عن رواسب قارية مكونة من الرمال والحصى والقطع الخشبية المتحجرة والتي تتميز بلونها الداكن بشكل نسبي، وهي تعود إلى عمليات الارساب النهري وفق ما أشار اليه (Said, 1962, P. 219)، وجدير بالذكر أن (Ghobrial, 1971, P. 40) قد أطلق عليه اسم تكوين جبل الخشب في إشارة للغابة المتحجرة التي تقع في جنوب غرب المنطقة وهذا التكوين يشغل مساحة بلغت ٢١٤,٩ كم^٢ بنسبة ٥١,١% من المنطقة.
- **تكوين حجول:** يظهر في الجزء الشمالي بشكل أساسي إضافة إلى جزء من الجانب الشرقي شكل (٣) وهو يشغل مساحة ١٠٣,٩ كم^٢ بنسبة ٢٤,٧% من المنطقة، وهو يتكون من خليط الرمل والحجر الرملي والحجر الطيني (-said, 1963, pp: 151). (194).
- **تكوين المعادي:** وتتألف صخوره من الحجر الرملي والمارل ذو اللون الأصفر الفاتح لوجود كربونات الكالسيوم، ويتراوح سمكه بين ٣٠ الي ٤٢ متراً (Sultane al.,)

(*) WMS: برنامج متخصص في التحليلات الهيدرولوجية وإجراء نماذج محاكاة الجريان السيلي.

909, p. (2000)، ويوجد في جنوب المنطقة ويشغل هذا التكوين مساحة بلغت ٢٣,٥ كم^٢ بنسبة ٥,٦% من المساحة الكلية للمنطقة.



المصدر: اعتماد على الخرائط الجيولوجية مقياس ١/٢٥٠,٠٠٠، هيئة المساحة الجيولوجية.

شكل (٣) جيولوجية المنطقة.

جدول (١) مساحة التكوينات الجيولوجية

الزمن	التكوين	المساحة / كم ^٢	%
الثالث	تكوين جبل أحمر	٢١٤,٩	٥١,١
	تكوين حجول	١٠٣,٩	٢٤,٧
	تكوين المعادي	٢٣,٥	٥,٦
	تدفقات بازلتية	٧,٥٧	١,٨
الرابع	رواسب البليستوسين	٥٦,٣٩	١٣,٣
	رواسب الهولوسين	١٤,٢٩	٣,٤
	الإجمالي	٤٢٠,٥	١٠٠%

المصدر: الخريطة الجيولوجية مقياس رسم ١: ٢٥٠,٠٠٠، وذلك باستخدام برنامج Arc Map 10.8

- **التدفقات البازلتية:** عبارة عن غطاءات من البازلت لونها داكن وهي تظهر فقط فوق السطح في بعض المناطق المحدودة وهي مكونة من صخوراً بازلتية قاعدية وهي

تعلو رمال وحصي الأوليغوسين وهي تنتشر بشكل متناثر وتظهر عند أقدام التلال المنعزلة في منطقة جبل العنقابية، ويبلغ سمكها ١٧ مترًا وتشغل مساحة بلغت ٧,٥٧ كم^٢ بنسبة ١,٨%.

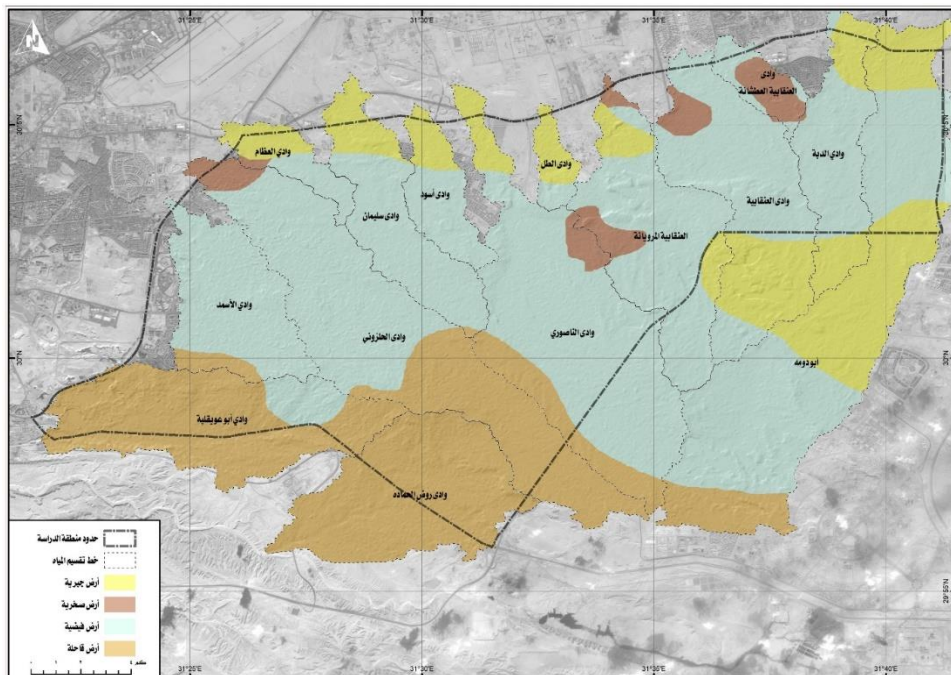
٢- رواسب الزمن الرابع:

وتتضمن رواسب البليستوسين والهولوسين وهي تشغل مساحة بلغت ٧٠,٦٨ كم^٢ بنسبة ١٦,٧%، وهي عبارة عن مجموعة من الرواسب تتألف من الرمال والطفل والحصى وتختلف أحجامها بين قطاعات الوادي المختلفة، ويلاحظ أنها خشنة في الجزء الأعلى من الوادي ثم تتدرج في النعومة حتى منطقة المصب وتختلف أحجام الرواسب من وادي لآخر حسب طول الوادي ونوع الصخور المشتقة منها.

وقد تم القيام بتناول الرواسب السطحية للمنطقة من خلال الاعتماد على تقرير منظمة الفاو **FAO** عام ١٩٩٨م إضافة إلى دراسة (**Abd El Maboud, 2006, PP. 45 - 41**) حيث أشار إلى أن التربة بالمنطقة تنقسم إلى أربعة أنواع رئيسة شكل (٤) وجدول (٢) يمكن عرضها على النحو التالي:

- **التربة الجيرية (Calcisols):** وهي تتميز بكاربونات الكالسيوم حتى عمق ١ متر من سطح التربة وتتسم بقلة التماسك وقد يوجد بها بعض الطين إضافة لبعض التجمعات الجبسية إضافة لبعض التجمعات العضوية (**FAO, 1998, p.3**)، وهذا النوع يشغل مساحة ٦٣ كم^٢ بنسبة ١٥% وتتواجد في مناطق محدودة أبرزها مصبات الأودية والجزء الشرقي من المنطقة.
- **التربة الصخرية (Regosols):** وهي عبارة عن أراضي من الزلط والكتل الصخرية الحجرية وبعض الكتل الصخرية البارزة على السطح والتي أثرت بها فيها عوامل التعرية المختلفة (**FAO, 1998, PP. 2-4**)، وهي محدودة الانتشار وتظهر بشكل متناثر شكل (٤)، وتشغل مساحة بلغت ١٣,٧ كم^٢ بنسبة ٣,٣%.
- **التربة الفيضية (Fluvisols):** يبلغ عمق هذا النوع من الأراضي ٢٥ سم من سطح التربة وقد تتعمق لتصل إلى ٥٠ سم وتتميز بوجود العديد من المعادن وترسيبات من السيليكا أو ترسيبات كبريتية، وهي أراضي رملية خشنة زلط وحصي، وأحيانًا طميية

(FAO, 1998, PP. 1 - 3)، وتشغل مساحة ٢٣٥,١ كم^٢ بنسبة ٥٥,٩% وتتواجد في مناطق واسعة الانتشار وتتركز في الأجزاء الوسطى من المنطقة.



المصدر: خرائط التربة، <http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/metadata.show?id=14116>.

شكل (٤) تصنيفات التربة

جدول (٢) التوزيع الجغرافي لتصنيفات التربة

النسبة %	المساحة / كم ^٢	التكوين
١٥	٦٣,٢	تربة جيرية
٣,٣	١٣,٨	تربة صخرية
٥٥,٩	٢٣٥,٢	تربة فيضيه
٢٥,٨	١٠٨,٣	تربة قاحلة
% ١٠٠	٤٢٠,٥	الاجمالي

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد خرائط التربة، منظمة الفاو، وذلك باستخدام برنامج Arc Map 10.8.

- التربة القاحلة (Leptosols): تتميز هذه الأراضي بأنها محدودة العمق، وتظهر التكوينات الصخرية الصلبة على عمق ٢٥ سم من سطح التربة، وتحتوي على تجمعات من كربونات الكالسيوم لأكثر من ٤٠% على عمق ٢٥ سم من سطح التربة، ولا تتعدى بها الرمال الناعمة نسبة ١٠% على عمق ٧٥ سم أو أكثر من

سطح التربة (8 - 6, FAO, 1998)، وتشغل مساحة ١٠٨,٤ كم^٢ بنسبة ٢٥,٧% وتوجد في جنوب المنطقة.

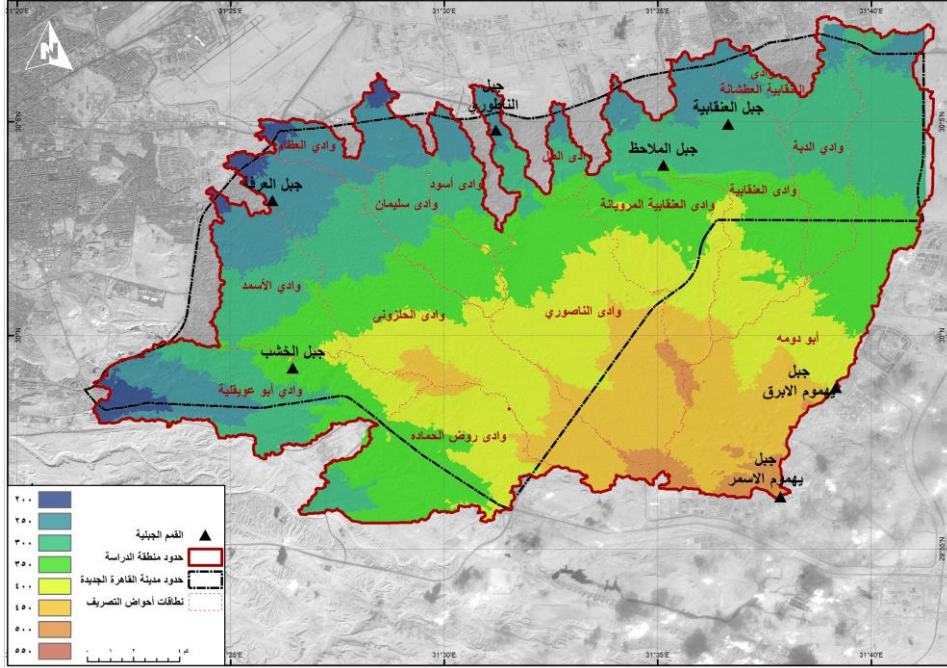
مما سبق يبرز دور دراسة التكوينات الجيولوجية التي لها تعتبر أساس الدراسات الهيدرولوجية وارتباطها بالطبقات الحاملة للمياه وقدرة الصخور على نفاذية المياه لتغذية خزان الماء الجوفي إضافة إلى علاقتها بخصائص السطح وتأثرها بدرجة الانحدار في شدة الجريان كما سيلبي نكر ذلك ، كما يتضح أن هناك طبقات متبادلة من الصخور اللينة مثل: الطفل والمارل تستجيب لعملية النحت بفعل الجريان السيلي وصخور ذات مقاومة أشد منها مثل صخور الحجر الجيري، مما يشير إلى تأثير المنطقة بعوامل التعرية الناتج عن جريان المياه ومن ثم حدوث ظاهرة التقويض السفلى للمنحدرات وهذا ما سيظهر أثناء المعالجة مما أدى لحدوث انهيارات صخرية بالمنطقة وزيادة معدلات تراجع الحافات الصخرية بها.

ثالثاً: خصائص السطح:

تم الاعتماد في دراسة خصائص سطح الأرض للوضع الراهن على "نموذج الارتفاعات الرقمي" بدقة وضوح ١٢,٥ متر عبر برمجيات نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS وقد تم تناول خصائص السطح من حيث تحليل طبوغرافية المنطقة وخريطة زوايا الانحدار واتجاهاته، حيث يتميز سطح المنطقة بشكل عام بالارتفاع حيث يتراوح ما بين ١٥٢ متراً في أقصى الشمال الغربي حتى ٥١٣ متراً في الجنوب الشرقي بالقرب من جبل الرويسات، بالمنطقة حيث يتأثر الجريان السيلي بالخصائص الطبوغرافية على النحو التالي:

- **عنصر الارتفاع:** يلاحظ من شكل (٥) وجدول (٣) وجود تدرج في مناسيب الارتفاع بالمنطقة من ٥١٣ متراً إلى ١٥٢ متراً، وقد شغلت الارتفاعات التي تراوحت ما بين ٢٠٠ متراً لأقل من ٤٥٠ متراً مساحة ما يوازي ٩٦,٢% من إجمالي مساحة المنطقة كما يوجد تباين في الارتفاعات بالمنطقة من جزء لآخر حيث يلاحظ أن الأجزاء الأكثر ارتفاعاً تقع في جنوب شرقي المنطقة، وقد أثرت طبوغرافية المنطقة على مدى

تشعب شبكة التصريف المائي السطحي بالمنطقة حيث تم تحديد (١٤) حوض تصريف ٥٠% منها تتبع من مناطق ذات ارتفاعات تزيد على ٤٥٠ متراً.



المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية DEM.

شكل (٥) طبوغرافية المنطقة.

جدول (٣) الفئات التضاريسية بالمنطقة

الفئة	المساحة	%
أقل من ٢٠٠ متراً	٧,٠٤	١,٦٧
من ٢٠٠ لأقل من ٢٥٠	٥٤,٣٢	١٢,٩٢
من ٢٥٠ لأقل من ٣٠٠	١٠٠,٩٤	٢٤,٠٠
من ٣٠٠ لأقل من ٣٥٠	١٠٨,٠٥	٢٥,٧٠
من ٣٥٠ لأقل من ٤٠٠	٨٥,٧٩	٢٠,٤٠
من ٤٠٠ لأقل من ٤٥٠	٥٥,٦٠	١٣,٢٢
من ٤٥٠ لأقل من ٥٠٠	٨,٦٩	٢,٠٧
أكثر من ٥٠٠ متراً	٠,٠٨	٠,٠٢
الاجمالي	٤٢٠,٥	%١٠٠

المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية DEM.

من خلال تحليل التطابق الجيومكاني بين النطاقات الإشرافية للأحياء بمدينة القاهرة الجديدة ونموذج الارتفاعات الرقمي يتضح أن حي: "الأنشطة" أقل الأحياء منسوباً من حيث الارتفاع بمنسوب ارتفاع بلغ ١٦٢ متراً يليه حي "القطامية" ثم "أكاديمية الشرطة والميراج" بمنسوب بلغ ١٨٢ متراً لكل منهما، كما توجد في المنطقة وعلى حدودها الطبيعية مجموعة من المرتفعات أهمها:

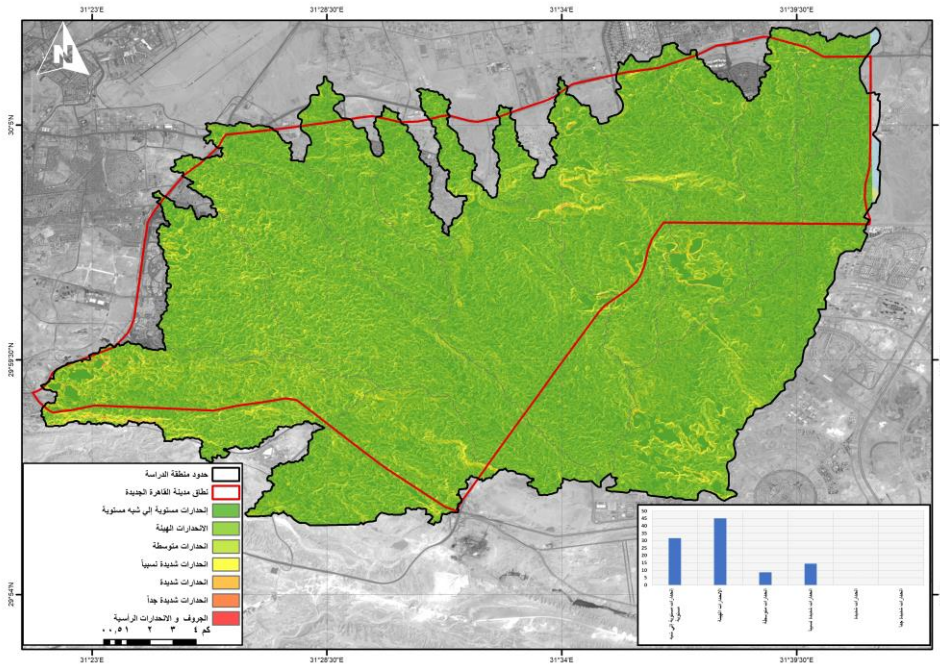
أ- تل "جبل الخشب": يقع إلى الشمال مباشرةً من وادي أبو عويقلية وتُمثل قمته خط تقسيم المياه بين الروافد العليا لوادي الأسمد ووادي الحلزوني، ويتراوح ارتفاع قمته بين ٢٥٠ متراً في الغرب وحوالي ٣٦٥ متراً أو ما يزيد قليلاً عن ذلك في أقصى الشرق، حيث تبرز أعلى قمته.

ب- تل "جبل يحموم": ويتمثل في "يحموم الأسمر" و"يحموم الأبرق"، وبالنسبة ليحموم الأسمر فيقع إلى الشرق من تل الرويسات بمسافة تبلغ ٥,٥ كم، ويصل ارتفاع قممه إلى ٥٢٢ متراً، ويتخذ الشكل شبه الدائري في مساحة لا تزيد عن ٢ كم^٢، تنتشر فوقها بعض القمم قليلة الارتفاع، وتقطع العديد من الأودية حيث تتبع منه الروافد العليا لوادي أبو دومه والعديد من الأودية التي تتحدر إلى الجنوب النشأة.

ج- سلسلة تلال "جبال الناصوري - الملاحظ - العنقابية": تقع هذه السلسلة إلى الجنوب من طريق القاهرة - السويس، بما يتراوح بين ٣ - ٥ كم، وتمتد في اتجاه يكاد يكون شرقي/غربي، و "الناصروري" يبلغ ارتفاعه حوالي ٣٠٨ أمتار، وإلى الشرق من "الناصروري" بمسافة تبلغ ٣,٧٥ كم يظهر "تل الملاحظ"، ويبلغ ارتفاعه حوالي ٣٤٨ متراً، وتتميز معظم منحدراته بشدة انحدارها نسبياً، خاصةً منحدره الشمالي، وإلى الشرق من "تل الملاحظ" بمسافة تبلغ ٣,٥ كم يظهر "تل العنقابية"، ويبلغ ارتفاعه حوالي ٣٣٣ متراً وهو بذلك يُعد أعلى قمة بالسلسلة، وتتميز معظم منحدراته بقلة انحدارها نسبياً (محمود، ٢٠٠٠، ص ٨٧).

- **زوايا الانحدار:** من خلال قراءة وتحليل شكل (٦) وجدول (٤) يلاحظ أن المنطقة تتحدر بشكل عام من الجنوب إلى الشمال والشمال الغربي لذلك تصب كافة الأودية نحو هذان الاتجاهان وتتفاوت زوايا الانحدار وتختلف داخل المنطقة بسبب عدد من العوامل منها: لنيولوجية المنطقة وعوامل النحت والإرساب وخاصة الناتجة عن

الجريان المائي وكذلك الإرساب الهوائي الريحي، لذا يمكن تقسيم سطح المنطقة إلى ست مناطق انحداريه مختلفة وفق تقسيم (Young,1972, P.173) لكل فئة منها خصائصها وفق النحو التالي: الانحدارات الخفيفة (صفر: لأقل من ٥): شغلت جزء كبير من مساحة المنطقة بنسبة ٧٦,٧٧%، وتنتشر في كافة أنحاءها وفي بطون الأودية وروافدها. حيث مثلت الانحدارات المتوسطة (٥: لأقل من ١٠) نسبة بلغت ٨,٥٨%. وجاءت الانحدارات فوق المتوسطة (١٠: لأقل من ١٨) بنسبة بلغت ١٤,٥% من إجمالي المنطقة، بينما كان التواجد محدود للغاية للفئات (الأكبر من ١٨ درجة) حيث شغلت نسبة تبلغ ٠,١٤% من إجمالي المنطقة، كما يتضح من نتيجة التحليل أن أقصى درجة انحدار للمنطقة بلغت ٨٨,٣ مما يعتبر مؤشراً لمدى سرعة جريان المياه وبالتالي زيادة في معدلات النحت في مناطق الاتجاهات الشمالية والشمالية الغربية للمنطقة إضافة للجنوبية الغربية.



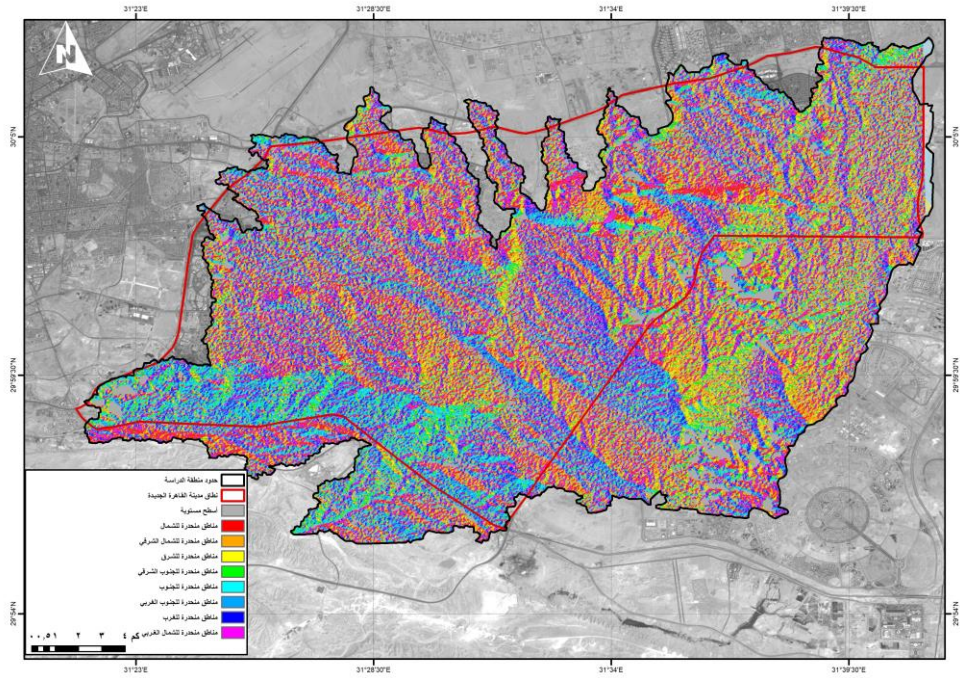
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية DEM.
شكل (٦) زوايا الانحدار بالمنطقة.

- **اتجاهات الانحدار:** تم حساب اتجاهات الانحدار باتجاه عقارب الساعة ومن خلال تحليل شكل (٧) وجدول (٥) شغلت المناطق المستوية ٢٩,٢٤% من أغلب اتجاهات الانحدار بالمنطقة كما تتجه نحو الشمال والشمال شرقي والشمال الغربي بنسب متفاوتة بلغت ١٠,٧٢% و ٧,٣٠% و ٦,٥٠% على التوالي. بينما جاءت الاتجاهات نحو الغرب والجنوب الغربي بنسب متقاربة بلغت ١٢,٨٦% و ٩,٦٦% وجاءت باقي الاتجاهات (الشرقي والجنوب الشرقي والجنوبي) بنسب متقاربة بلغت ٦,٥٠% و ٦,٩٨% و ٨,٥٨% ويستفاد من معرفة اتجاهات الانحدار في المنطقة من التنبؤ باتجاه جريان المياه وقت حدوث لجريان السيلي كمثال إضافة إلى معرفة اتجاه حركة المواد الصخرية التي تسقط من واجهات المنحدرات.

جدول (٤) نسب مساحات زوايا انحدار السطح بالمنطقة

الفئة	المساحة	%
انحدارات مستوية إلى شبه مستوية	١٣٣,٣١	٣١,٧٠
الانحدارات الهينة	١٨٩,٥١	٤٥,٠٧
انحدارات متوسطة	٣٦,٠٦	٨,٥٨
انحدارات شديدة نسبياً	٦١,٠٣	١٤,٥١
انحدارات شديدة	٠,٥٦	٠,١٣
انحدارات شديدة جداً	٠,٠٣	٠,٠١
الإجمالي	٤٢٠,٥	١٠٠%

المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية DEM.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية DEM.

شكل (٧) اتجاهات الانحدار.

جدول (٥) نسب مساحات اتجاهات انحدار السطح بالمنطقة

الاتجاهات انحدار	المساحة	%
مستوى	١٢٢,٩٤	٢٩,٢٤
شمالي	٤٥,١٠	١٠,٧٢
شمالي شرقي	٣٠,٦٨	٧,٣٠
شرقي	٢٧,٣٤	٦,٥٠
جنوبي شرقي	٢٩,٣٧	٦,٩٨
جنوبي	٣٦,٠٧	٨,٥٨
جنوبي غربي	٤٠,٦٣	٩,٦٦
غربي	٥٤,٠٧	١٢,٨٦
شمالي غربي	٣٤,٣٢	٨,١٦
الإجمالي	٤٢٠,٥	%١٠٠

المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية DEM.

رابعاً: الخصائص الجيومترية لأحواض التصريف:

تشغل مدينة القاهرة الجديدة مساحة بلغت ٣١١ كم^٢ تقريباً من المساحة الاجمالية وقد قام الإنسان عبر مشروعات التطوير العقارية بإجراء تغييرات في خصائص المنطقة الطبيعية وطمس مسارات قنوات التصريف المائي الطبيعية بشكل كبير مما أدى إلى تقلص روافدها واختفائها معالمها، وقد بلغ إجمالي المساحة المتأثرة بهذا التغير ٢٨٣,٤ كم^٢ بنسبة ٦٧,٤% منها ٥٩,٢ كم^٢ تحول نمط استخدامها إلى شبكة الطرق بمختلف درجاتها و٢٢٤,٣ كم^٢ تحولت إلى منشآت عمرانية متنوعة كما سيلي ذكرها.

وقد بلغ إجمالي مساحة المجاري الرئيسية التي تأثرت بتغير استخدام الأرض نحو (٥٤,٤) كم^٢ ما يوازي ١٧,٥% من مساحة مدينة القاهرة الجديدة بخلاف باقي مناطق روافد الأودية بمختلف رتبها، إضافة إلى الي تغير معدلات انحراف بعضها بما يتوافق مع اتجاهات انحدار شبكات الطرق والمواصلات داخل المدينة ، لهذا سوف تقتصر الدراسة التطبيقية على ما تبقى من الشبكة وأحواض التصريف لحدوث تغير في طبوغرافية المنطقة وقد اختلفت خصائص الشبكة عما كانت عليه فيما مضي وانعكاسات ذلك السلبية علي اتجاه سريان المياه بشكل عام في كافة انحاء المدينة.

جدول (٦) المؤشرات المورفولوجية المطبقة على أحواض التصريف بالمنطقة

المؤشر	الرمز	معادل / أسلوب القياس	المرجع
مساحة حوض التصريف/كم ^٢	A(Km ²)	ArcGIS	
طول المجرى الرئيس (كم)	Lb		
أقصى ارتفاع / متر	HMax(m)		
أدنى ارتفاع / متر	H Min(m)		
الانحدار الطبوغرافي لحوض التصريف المائي	I(m/m)	D(m)/(HMax(m) – H Min(m))	
طول حوض التصريف/ متر	D(m)	ArcGIS	
المسافة الفاصلة بين مصب الحوض المائي ومركز ثقله /كم	Lca	ArcGIS	
زمن التركيز لحوض التصريف /ساعة	Tc(hr)	$5.66 \sqrt{\frac{L_b \text{ (km)}}{I \text{ (m/m)}}$	Gatimel & Pons, 2000
فترة استجابة حوض التصريف لتساقط الأمطار/ساعة	Tp(hr)	Ct (Lb-Lca)0.3	Raghunath H, M. 2006
الفترة الزمنية المثالية لتساقط الأمطار/ساعة	Tr(hr)	(Tp (HR) / 5.5)	Réméniéras G. 1972
حساب المدة الزمنية للسيل/يوم	TbDay	3+(TpHr/8)	عبد الرحمن وماريني، ٢٠٠٣
فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار /ساعة	Tb(hr)	Tp (HR) * 4	محمد سعيد البارودي، ٢٠١٢
حساب المدة الزمنية الارتفاع التدريجي لتدفق السيل/ساعة	Tm (hr)	(1/3) Tb (Hr)	Raghunath,1991
حساب المدة الزمنية للانخفاض التدريجي لتدفق السيل/ساعة	Td (hr)	(2/3Tb (Hr))	Raghunath,1991
حساب تركيز المطر المناسب لتدفق الذروة سم/ساعة	I (Cm/hr)	(1/Tr (Hr))	محمد سعيد البارودي، ٢٠١٢
حساب قيمة تدفق الذروة النوعي لحوض التصريف متر ^٣ /ثانية	Qp (m ³ /s/km ²)	(Qp(m ³ /s) / (A(km ²)))	Dubreuil ,1974
حساب حجم السيل في الحوض المائي ويقدر (مليون م ^٣)	AL (hm) ³ (10-6 m ³)	QP(m ³ /s){ Tm(sec) 10-6}	PNUD -OPE, 1987
حساب عمق الجريان السطحي المناسب لذروة التدفق /ملم	E (mm)	Qp(m ³ /s/Km ²) {(Tm(sec)* 10-3)	Raghunath, 2006
حساب قوة السيل في الحوض المائي	A	$\frac{Q_p \text{ (m}^3\text{/s)}}{\sqrt{A \text{ (km}^2\text{)}}$	Parde, 1960
تقديرات تدفق الجريان السيلي م ^٣ /ثانية	QP(m ³ /s)	1.32C(0.386A) Exp (0.936A-0.048)	Sorman, 1994, P.175
			٥٠
			١٠٠
			٢٠٠

يتأثر معدل الجريان السيلي بعد حدوث أي عاصفة مطرية بالعديد من العوامل الطبيعية المتمثلة في الخصائص المورفومترية والشكلية لأحواض التصريف مثل المساحة والشكل والانحدار وطول المجري الرئيس إضافة للعديد من الخصائص المورفومترية لها من دور فعال في تحديد هيدرولوجية حوض التصريف، وقد تضمنت الدراسة اجراء التحليل المورفومتري لعدد (١٤) حوض تصريف ويمكن عرض خصائصها التي تم تناولها

بالدراسة والموضحة بجدول (٦) ونتائجها الموضح بجدول أرقام (٧) و(٨) و(٩) على النحو التالي:

- **مساحة الأحواض:** توجد علاقة طردية بين مساحة الحوض والجريان السطحي، حيث أن مساحة أحواض التصريف تتناسب طردياً مع كمية الفاقد، فكلما كبرت مساحة الحوض تزايدت كمية الفاقد من المياه بفعل التبخر والتسرب ومن ثم قلة صافي الجريان، إضافة إلى علاقتها الوثيقة بشبكة التصريف من حيث أعداد مجاريها، وأطوالها، وبالتالي كمية التصريف، ويعتبر حوض وادي أبو دومة أكبر الأحواض مساحة بنسبة ١٧% بينما كان أصغرها حوض وادي الطل بنسبة ١%، وبلغ متوسط مساحة أحواض التصريف بالمنطقة ٣٠ كم^٢.
- **الطول الحوضي:** تعد أطوال الأحواض أحد الأبعاد الأساسية التي يعتمد عليها في حساب بعض المعاملات المورفومترية مثل معامل شكل الحوض ومعامل استطالة الأحواض ومعدل الانحدار ومعدل التضرس، وقد اعتمدت الدراسة على الطريقة التي يتم فيها قياس طول الخط الذي يمتد من المصب إلى أبعد نقطة تقع على محيط الحوض وقد بلغ متوسط أطوال الأحواض بالمنطقة ١٤,٢ كم حيث جاء حوض وادي الحلزوني بطول بلغ ٢٦,١ كم بينما حوض وادي العنقاوية العطشانة ٦,١ كم.
- **متوسط العرض الحوضي:** استخدمت الطريقة التي يتم فيها قسمة مساحة الحوض على طوله (عاشور وآخرون، ١٩٩١، ص ٢٩٣). وتبعاً لهذه الطريقة يبلغ المتوسط العام لعرض الأحواض بالمنطقة ١,٨ كم وسجل حوض وادي روض الحماده أكبر الأحواض من حيث متوسط العرض بقيمة بلغت ٣,١ كم بينما كان حوض وادي الطل أصغرها بمتوسط عرض بلغ ٠,٨١٠ كم.
- **معاملات الشكل:** بلغ متوسط نسبة الاستدارة في أحواض المنطقة ٠,٣ حيث سجل حوض الحلزوني قيمه ٠,٢ بينما حوض روض الحماده سجل ٠,٤، ويشير المدلول الجيومورفولوجية لمعامل معدل الاستطالة إلى وجود علاقة عكسية بين قيمة معدل الاستطالة (حيث تتراوح فيما بين الصفر والواحد الصحيح)، وكلما انخفضت القيمة الرقمية للمعامل واقتربت من الصفر كان الحوض أكثر ميلاً للاستطالة والعكس

صحيح، وعليه فيمكن من خلال هذا المعيار معرفة أن أحواض التصريف بالمنطقة تميل للشكل الطولي بشكل واضح.

جدول (٧) الخصائص الجيومترية لأحواض التصريف بالمنطقة

اسم الحوض	المساحة (م ^٢)	الأبعاد			الشكل	
		الطول (م)	متوسط العرض (م)	المحيط (م)	معدل الاستدارة	معدل الاستطالة
وادي أبو دومة	٧١,٤٩٦	٢٤,٤٥٤	٢,٩٢٤	٦٥,٠٢٧	٠,٢١٢	٠,٤٩١
وادي العنقابية	٣٧,٢٣٢	١٨,٢٠٩	٢,٠٤٥	٣٩,٣١٦	٠,٣٠٣	٠,٤٦١
وادي العنقابية العطشانة	٦,٢٠٧	٦,١٥٢	١,٠٠٩	١٣,٩١٤	٠,٤٠٣	٠,٤٨٤
وادي العنقابية المرويانة	٣٣,٧١٢	١٥,٩٢٢	٢,١١٧	٣٧,٨٦٥	٠,٢٩٥	٠,٤٣٢
وادي أبو عويقلية	٣٧,٩٤٨	١٥,٠٦٩	٢,٥١٨	٣٨,٧٥١	٠,٣١٧	٠,٤٦٧
وادي أسود	١٠,١٠٤	٨,٨١٤	١,١٤٦	١٨,٩٣٧	٠,٣٥٤	٠,٥٠٥
وادي الأسمد	٢٣,٣٢٩	١٠,٨٣٧	٢,١٥٣	٢٩,١٤٩	٠,٣٤٥	٠,٤٦٢
وادي الحلزوني	٥٦,٨٩٩	٢٦,١٠٠	٢,١٨٠	٦٠,٢٣١	٠,١٩٧	٠,٣٦١
وادي الدبة	٢٠,١٤٨	١٢,٨٨٤	١,٥٦٤	٣٢,٥٦٧	٠,٢٣٩	٠,٤١٩
وادي الظل	٤,١٨١	٥,١٥٩	٠,٨١٠	١١,٧٢٠	٠,٣٨٢	٠,٥١٤
وادي العظام	٧,٢٠١	٧,١٠٣	١,٠١٤	١٧,٩١٢	٠,٢٨٢	٠,٤٦٥
وادي الناصوري	٥٦,٢٩٤	٢٣,٩٧٣	٢,٣٤٨	٥٢,٣٦٣	٠,٢٥٨	٠,٤٦٠
وادي روض الحماده	٣٤,٥٤٠	١٠,٩٣٨	٣,١٥٨	٣٢,٦٥٤	٠,٤٠٧	٠,٤٢٥
وادي سليمان	٢١,٢٦٥	١٤,٥٥١	١,٤٦١	٣٢,٣٣٤	٠,٢٥٥	٠,٤٦٧

المصدر: من اعداد الباحث بالاعتماد على برمجيات ArcGIS

■ الخصائص التضاريسية لأحواض التصريف:

تعكس خصائص الأحواض التضاريسية المراحل التي قطعتها أوديتها في الدورة النحاتية كما تساعد في تقدير حجم الكتلة الصخرية الموجودة داخل الاحواض والتي تنتظر دورها في الدورة الجيومورفولوجية من نحت يليها نقل للرواسب ، كما يعتبر الجريان السطحي انعكاس لخصائص السطح داخل أحواض التصريف ، حيث تعتبر كل من سرعة الجريان السيلي وزمن استجابة الحوض وزمن التركيز من أهم المتغيرات الهيدرولوجية ذات العلاقة الوثيقة بالخصائص التضاريسية بأحواض التصريف ومن خلال جدول (٨)

يلاحظ أن نسبة التضرس في أحواض المنطقة بلغ متوسطها ١٥,٢ متر/كم ومتوسط نسبة التضاريس النسبية ٦,١ متر/كم .

جدول (٨) الخصائص التضاريسية لأحواض التصريف بالمنطقة

اسم الحوض	أدني منسوب (م)	أعلى منسوب (م)	نسبة التضرس (م/م)	التضاريس النسبية (م/م)	درجة الوعورة
وادي أبو دومه	٢٢٧,٠	٥١٣,٠	١١,٧	٤,٤	٠,٢١٦
وادي العنقابية	٢١٤,٠	٤٢٢,٠	١١,٤	٥,٣	٠,١٦٢
وادي العنقابية العطشانة	٢٢٢,٠	٢٨٨,٠	١٠,٧	٤,٧	٠,٠٤٨
وادي العنقابية المروانية	٢١٦,٠	٤٧٤,٠	١٦,٢	٦,٨	٠,٢٠٢
وادي أبو عويقلية	١٥١,٠	٤٢٧,٠	١٨,٣	٧,١	٠,٢١٣
وادي أسود	٢٠٩,٠	٣٦٠,٠	١٧,١	٨,٠	٠,١١٦
وادي الأسمد	١٨٣,٠	٣٧٥,٠	١٧,٧	٦,٦	٠,١٥١
وادي الحزوني	١٧٩,٠	٤٨١,٠	١١,٦	٥,٠	٠,٢٤١
وادي الدبة	٢٢٧,٠	٣٥٩,٠	١٠,٢	٤,١	٠,١٠٤
وادي الظل	٢٢٥,٠	٣٣٦,٠	٢١,٥	٩,٥	٠,٠٨٩
وادي العظام	١٨٢,٠	٢٧٦,٠	١٣,٢	٥,٢	٠,٠٧٢
وادي الناصوري	٢٠٥,٠	٤٧٩,٠	١١,٤	٥,٢	٠,٢١٨
وادي روض الحماده	٢٥٩,٠	٤٣٦,٠	١٦,٢	٥,٤	٠,١٣٧
وادي سليمان	١٨٠,٠	٣٧٦,٠	١٣,٥	٦,١	٠,١٦١

المصدر: من اعداد الباحث بالاعتماد على برمجيات ArcGIS

تشير درجة الوعورة إلى مدى تقطع سطح الحوض بفعل المجاري حيث تعالج العلاقة التبادلية بين كل من متغيرين هما التضرس الحوضي وأطوال المجاري والمساحة الحوضية وهي توضح مقدار تقطع سطح الحوض بفعل الانكسارات ، لكن يعيها أنها لا تأخذ في الاعتبار الأشكال الناتجة عن عمليات التقطع الأخرى على سبيل المثال الأشكال الناتجة عن الصدوع والشقوق (صالح، ١٩٨٩، ص٦٦)، كما ترتفع قيمة الوعورة مع زيادة التضاريس القسوى وزيادة أطوال المجاري على حساب المساحة الحوضية (عاشور، وآخرون، ١٩٩١، ص٣٢٨) وقد بلغ متوسط قيمة الوعورة بأحواض المنطقة ٠,١ وكان أكثر الأحواض وعورة حوض وادي الحزوني بقيمة بلغت ٠,٢٤١ بينما كان أقلها وعورة حوض وادي العنقابية العطشانة. ٠,٠٤

■ خصائص شبكات التصريف:

تُعبّر خصائص شبكة التصريف عن العلاقة بين خصائص المناخ وكذلك خصائص سطح الأرض وكذلك نفاذية ومسامية التربة التكوينية الجيولوجية من جهة وكذلك خصائصها البنيوية من جهة أخرى، وتعتبر شبكة التصريف الحالية موروث سابق عن المناخ في عصور سابقة، وسوف تعرض الدراسة لبعض خصائص شبكات التصريف جدول (٩) اعتماداً على بيانات هذه الطبقة وتم دراسة أعداد المجاري، ورتبها وأطوالها، ونسبة تشعب وتكرار المجاري، وكثافة التصريف بأحواض المنطقة، كالتالي:

- رتب المجاري: تتراوح رتب المجاري في أحواض المنطقة ما بين الرتبة الخامسة لأغلب أحواض المنطقة والسابعة لحوض وادي الناصوري.

جدول (٩) خصائص شبكة المجاري المائية بأحواض بالمنطقة

اسم الحوض	الرتبة	أعداد المجاري	أطوال المجاري (م)	تكرار المجاري (مجري/كم ^٢)	كثافة التصريف
وادي أبو دومة	٥	١١٨٦	٢٨٥,٧	١٦,٦	٣,٩٩٧
وادي العقابية	٥	٦٤٥	١٥٣,٢	١٧,٣	٤,١١٥
وادي العقابية العثانة	٥	١٢٥	٢٤,١	٢٠,١	٣,٨٧٨
وادي العقابية المروانية	٥	٤٦٢	١٣٩,٢	١٣,٧	٤,١٢٩
وادي أبو عويقلية	٥	٤٠١	١٥٤,٣	١٠,٦	٤,٠٦٦
وادي أسود	٤	١٠٤	٤١,٠	١٠,٣	٤,٠٦٠
وادي الأسمد	٥	٣٩٤	٩٦,٨	١٦,٩	٤,١٥١
وادي الحلزوني	٥	٥٢٦	٢٤٠,٠	٩,٢	٤,٢١٩
وادي الدبة	٥	٣٧٨	٨٤,١	١٨,٨	٤,١٧٤
وادي الظل	٤	٣٩	١٧,٦	٩,٣	٤,٢١١
وادي العظام	٤	٥٨	٢٩,٢	٨,١	٤,٠٥٠
وادي الناصوري	٦	٧٠٢	٢٣٦,٣	١٢,٥	٤,١٩٧
وادي روض الحماده	٥	٥١٢	١٤١,٥	١٤,٨	٤,٠٩٧
وادي سليمان	٥	٥٤٥	٩٢,١	٢٥,٦	٤,٣٣٣

المصدر: من اعداد الباحث بالاعتماد على برمجيات ArcGIS

- أعداد المجاري: بلغ إجمالي اعداد الروافد/المجاري بالمنطقة ٩٨٣٣ مجري، وجاء حوض وادي الظل بأقل عدد للروافد بلغ ١٣٧ مجري بينما جاء حوض وادي أبو دومة بعدد روافد بلغ ١٢٥٤ رافد.

- **أطوال المجاري:** بلغ إجمالي أطوال المجاري بالمنطقة ١٧٣٩ كم، وجاء حوض وادي الطل بأقل مجموع لأطوال المجاري بقيمة بلغت ١٨ كم مجرى بينما جاء حوض وادي أبو دومه بمجموع أطوال للمجاري بلغ ٢٨٦ كم.
- **معدل تكرار المجاري:** هو يعبر عن النسبة ما بين أعداد المجاري ومساحة الحوض (عاشور وآخرون، ١٩٩١، ص ٣٤٠)، ويصل متوسط تكرار المجاري بالمنطقة إلى ٧٦,٦ مجرى/كم^٢، ويصل أعلى تكرار للمجاري بوادي بلغ متوسط معدل تكرار المجاري ٧٦,٦ مجرى/كم^٢.
- **كثافة التصريف:** وفق لما أشار إليه "سميث ١٩٥٠م" و"آسترهالر، ١٩٥٧م" (Gregory & Walling , 1979 , p , 45 : 47) إلى تصنيف كثافة التصريف لأربعة مستويات للتعبير عن نسيج التصريف بأحواض المنطقة ، حيث يمكن اعتبار الكثافة التصريفية في أحواض المنطقة منخفضة بشكل عام حيث قلت كافة القيم بهذا المتغير عن ٥ كم/كم^٢ ، وقد أشار (آسترهالر ، مترجم، ١٩٩٨ ، ص ٢٢٥ : ٢٢٧) أن المناطق التي تتألف من صخور شديدة الصلابة تتميز بكثافة تصريف منخفضة، بعكس الصخور اللينة تتميز بكثافة تصريف عالية، يسهل على عوامل التعرية نحت وإطالة شبكة التصريف فيها لانخفاض درجة تماسكها.

خامساً: خصائص التساقط المطري:

تم الاعتماد على معدلات التساقط اليومي للأمطار خلال الفترة من ١٩٨٥ وحتى ٢٠٢١م بما يوازي ٣٦ عاماً ، مع الأخذ في الاعتبار أن الجريان المائي قائم على مجموعة من العوامل التي تتضافر مع بعضها البعض ليحدث الجريان السيلي الذي يتسم بالفجائية وسرعة الحدوث، كما أنه من الضروري ان تزداد معدلات التساقط المطري على إجمالي الفاقد سواء كانت بالتسرب أو بالتبخر (جاد محمد طه، ١٩٧٧م، ص: ٣-٧)، وقد تم اختيار كل من محطات: "مطار القاهرة والقطامية والماظة وحلوان" والموضحة بياناتهم جدول (١٠) لدراسة أهم العوامل المؤثرة على الجريان السيلي.

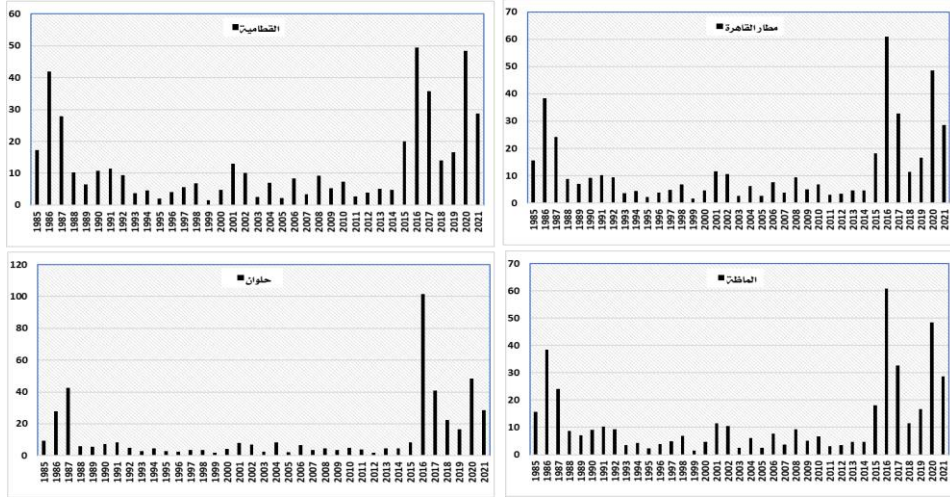
يتميز التساقط المطري في المناطق الصحراوية بندرتة، وعلى الرغم من هذه الندرة، فقد تسقط أحياناً أمطار تتسبب في حدوث جريان سطحي في هذه المناطق، ويؤثر

الجريان السطحي على واجهات منحدرات الطريق الساحلي في حدوث حالة عدم الاستقرار للكتل الصخرية، ولا سيما إذا زادت كمية المطر وأدت لحدوث جريان، ويتسم التساقط المطري في المنطقة بعدم الانتظام وتباين كميته وتركز فترته ومكان حدوثه حيث معدل تساقط الأمطار في دقائق أو ساعات يفوق بكثير الكمية التي تسقط خلال أيام أو اسابيع ويؤثر ذلك بشكل كبير في كميه المياه الجارية في روافد الأودية بالمنطقة.

جدول (١٠) بيانات محطات الأرصاد الجوية المستخدمة بالدراسة

الارتفاع عن منسوب سطح البحر/متر	الموقع الجغرافي		اسم المحطة	رقم المحطة
	دائرة العرض	خط الطول		
٣,٤	٥٢٩ ١٠ . ٠٩	٥٢٩ ١٠ . ٠٩	مطار القاهرة	٣٦٦
٣٢,٢	٥٣٠ . ٣٠ . ٠٠	٥٣١ ٥٠ . ٠٠	القطامية	٣٧٠
٤٥,٨	٥٣٠ . ٥٥ . ٠٠	٥٣١ ٢١ . ٠٠	أماظة	٣٧٢
٦	٥٢٩ ٥١ ٤٦	٥٣١ ٢٠ ٥٧	حلوان	٣٧٨

المصدر: هيئة الأرصاد الجوية، بيانات غير منشورة، الفترة من ١٩٨٥م حتى ٢٠٢١م.



شكل (٨) أعلى قيم للتساقط المطري على محطات المنطقة الفترة (١٩٨٥م - ٢٠٢١م)

من خلال قراءة جدول (١١) وتحليل شكل (٨) يتضح أن أكبر كمية مطر سقطت في يوم واحد كانت بمحطة حلوان يوم ٣٠ نوفمبر ٢٠١٦م حيث بلغت ١٠١,٦ ملم وتعتبر أكبر كميات المطر التي سقطت بالمنطقة بشكل عام حيث سجل في ذات اليوم قيم تساقط

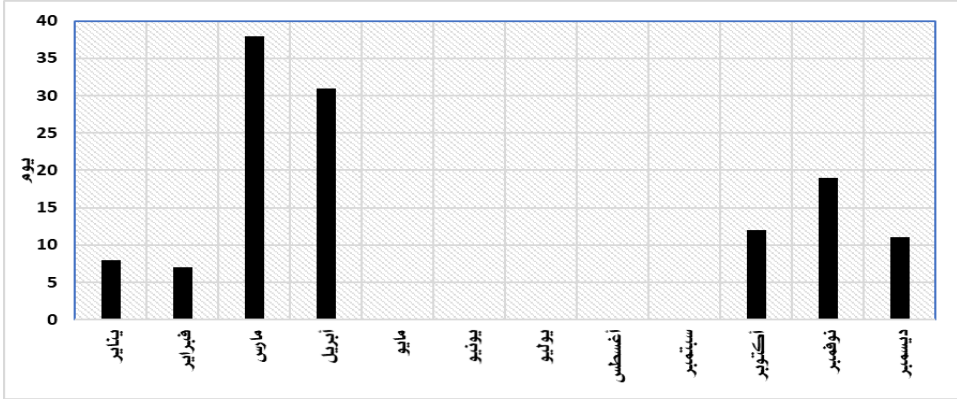
في محطات مطار القاهرة والماظة بلغت ٦٠,٩ ملم بينما سجلت محطة القطامية ٤٩,٥ ملم.

يلاحظ من دراسة شكل (٩) وجود تباين في معدلات التساقط المطري خلال سنوات الدراسة وكذلك ما بين محطات الارصاد فتكون قليلة في سنوات وتكون غزيرة في سنوات اخري ، وكذلك في العام الواحد وتختلف من فصل لآخر ، ولكن بشكل عام ومن خلال تحليل نتائج التساقط المطري اليومية خلال الفترة المذكورة اتضح أن شهر مارس قد شغل المرتبة الأولى في إجمالي عدد الأيام المطيرة خلال سنوات الدراسة بإجمالي عدد أيام بلغ ٣٨ يوم يليه شهر إبريل بإجمالي ٣١ يوم كما يلاحظ أن الفترة من شهر مايو وحتى نهاية سبتمبر أشهر جافة تماماً لا تسقط بها أمطار

جدول (١١) اعلي كمية مطر سقطت في "يوم واحد" بالمحطات (١٩٨٥ - ٢٠٢١م)

اليوم	شهر	السنة	مطار القاهرة	القطامية	الماظة	حلوان
17	ديسمبر	1985	15.7	17.3	15.7	9.3
1	أبريل	1986	38.4	42.0	38.4	27.8
8	مارس	1987	24.1	23.2	24.1	42.5
18	مارس	1987	23.4	27.9	23.4	11.8
6	يناير	1988	8.8	10.2	8.8	5.9
26	يناير	1990	9.2	10.8	9.2	7.3
22	مارس	1991	10.3	11.5	10.3	8.2
13	مارس	2001	11.6	13.0	11.6	8.1
10	فبراير	2002	10.6	10.2	10.6	6.9
11	أبريل	2015	18.1	19.9	18.1	8.3
27	يناير	2016	10.4	10.7	10.4	5.8
14	أكتوبر	2016	9.6	10.3	9.6	8.0
15	أكتوبر	2016	11.3	14.2	11.3	11.7
3	نوفمبر	2016	21.0	22.1	21.0	34.1
22	نوفمبر	2016	32.2	19.9	32.2	25.0
30	نوفمبر	2016	60.9	49.5	60.9	101.6
1	ديسمبر	2016	17.5	12.9	17.5	34.9
11	أبريل	2017	24.0	22.7	24.0	10.1
4	أكتوبر	2017	13.9	13.7	13.9	3.9
17	نوفمبر	2017	11.3	11.3	11.3	11.0
21	نوفمبر	2017	32.7	35.7	32.7	40.8
10	يناير	2018	11.4	11.7	11.4	7.3
21	أبريل	2018	11.1	14.0	11.1	10.1
25	أبريل	2018	10.5	12.0	10.5	22.5
23	أكتوبر	2019	11.8	11.8	11.8	11.8
6	ديسمبر	2019	16.7	16.7	16.7	16.7
24	فبراير	2020	12.4	12.4	12.4	12.4
12	مارس	2020	48.5	47.3	46.0	45.0
13	مارس	2020	19.4	19.4	19.4	19.4
23	أبريل	2020	29.5	29.5	29.5	29.5
24	أبريل	2020	13.2	13.2	13.2	13.2
25	أبريل	2020	41.0	41.0	41.0	41.0
7	مارس	2021	14.2	14.2	14.2	14.2
8	مارس	2021	19.5	19.5	19.5	19.5
17	مارس	2021	28.7	28.7	28.7	28.7
31	مارس	2021	11.4	11.4	11.4	11.4

المصدر: هيئة الأرصاد الجوية، بيانات غير منشورة، الفترة من ١٩٨٥م حتى ٢٠٢١م.



شكل (٩) معدل تكرار عدد الأيام الممطرة الأعلى من ١٠ ملم (١٩٨٥م - ٢٠٢١م)

• سمات العاصفة المطرية:

إن الأمطار تختلف عن بعضها البعض من خلال الحجم فإما أن تكون ذات أقطار صغيرة أي تتراوح أقطارها ما بين (٠,٥-١) ملم ويعرف بالرزاذ (**Drizzle**)، أو تكون ذات أقطار كبيرة والتي تتساقط بكثافة وتكون سريعة فيطلق عليها تسمية الوابل (**Down pours**)، وبسبب كبر قطراته وسرعة نزوله فإنه لا يلبث أن يستنزف مطر السحب ويتوقف بعد وقت قصير، أما فيما يخص الرزاذ فهو ذو قطرات صغيرة وسرعة تساقط بطيئة حيث إنه يستمر وقتاً طويلاً أي ما يقارب (٤٨) ساعة أو أكثر، ونظراً إلى أن السحب المسؤولة عن سقوط الرزاذ تكون متحركة لذا فإن تساقطه لا يقتصر على منطقة واحدة بل يتعدى إلى مناطق عديدة أو دول بأكملها أما الوابل فغالباً ما يصاحبه سقوط برد ولكنه لا يستغرق وقتاً طويلاً في التساقط أي أنه يستغرق في التساقط حوالي (١٠-١٥) دقيقة، ويغطي منطقة معينة (حبوب، ١٩٨٦، ص٢٤٩-٢٥١)، ومن خلال دراسة القراءات اليومية لمحطات الأرصاد يمكن تصنيف العواصف المطرية بالمنطقة الي:

- عاصفة مطرية غزيرة وتتراوح كمية الأمطار المتساقطة من (١٠) ملم فأكثر: وجاءت محطة القطامية في المرتبة الأولى من حيث إجمالي عدد مرات تكرارها حيث سجلت ٣٦ تكرار لمعدل التساقط الغزير يليها كل من محطتي مطار القاهرة والماظنة بمعدل تكرار ٣٤ وأخيراً محطة حلوان بمعدل تكرار بلغ ٢٧ معدل تكرار.

- عاصفة مطرية متوسطة وتتراوح كمية الأمطار المتساقطة ما بين (٥-٩) ملم: وجاءت محطة القطامية ومطار القاهرة والمائة بمعدل تكرار ٣٩ وأخيراً محطة حلوان بمعدل تكرار بلغ ٣١ معدلاً تكرارياً.
- عاصفة مطرية قليلة وتتراوح كمية الأمطار المتساقطة ما بين (١,٠-٤) ملم: وجاءت محطة مطار القاهرة والمائة بمعدل تكرار ١٤٩٧ يليها محطة القطامية بنحو ١٤٣٧ وأخيراً محطة حلوان بمعدل تكرار بلغ ١٣٢٦ معدل تكرار.

للقوف على القيمة الفعلية للأمطار تم حساب معامل الجفاف **Aridity Index** من خلال الاعتماد على معادلة "لانج" و "دي مارتون" حيث قام "دي مارتون" على أساس هذا التصنيف الخروج بتصنيف آخر للمناخ ونوعية الحياة النباتية في المنطقة جدول (١٢)، حيث اتضح من تطبيق المعادلة التي تنص على أن:

$$\text{مؤشر الجفاف} = (\text{متوسط الأمطار السنوية "ملم"}) / (\text{متوسط الحرارة السنوية} + ١٠)$$

إن قيمة معامل الجفاف للمنطقة بلغت ٠,٧ ملم أي إنها تقع ضمن الأراضي الجافة.

جدول (١٢) معامل الجفاف وفق تصنيف "دي مارتون" للقيمة الفعلية للمطر

القيمة الفعلية للمطر	نوع المناخ	الحياة النباتية
أقل من ٥	جاف	صحراء
٥ - ١٠	شبه جاف	أعشاب فقيرة
١٠ - ٢٠	رطب نسبياً	أستيبس
٢٠ - ٣٠	رطب	حشائش غنية بالأشجار
٣٠ - ٤٠	شديد الرطوبة	غابات

المصدر: شرف، ١٩٨٦م، ص: ٢٦١

• التوزيع الإحصائي للتساقط المطري:

يقصد به التحليل الإحصائي لقيم التساقط المطري التي تم رصدها وحساب مدى إمكانية تكرارها خلال فترة زمنية محددة، ويعتبر ذلك أحد وسائل التنبؤ الإحصائي لمعرفة أوقات العواصف المطرية للاستعداد لها من أجل تعظيم الاستفادة من مياهها قدر المستطاع كما يقصد بفترة الرجوع أنه متوسط المدة الزمنية بالسنوات بين سقوط كمية محددة أو كمية مماثلة لها أو أكبر منها (موسي، ٢٠١١م، ص: ١٠٧).

جدول (١٣) قيم عمق التساقط المطري المحتملة بمحطات الأرصاد المدروسة

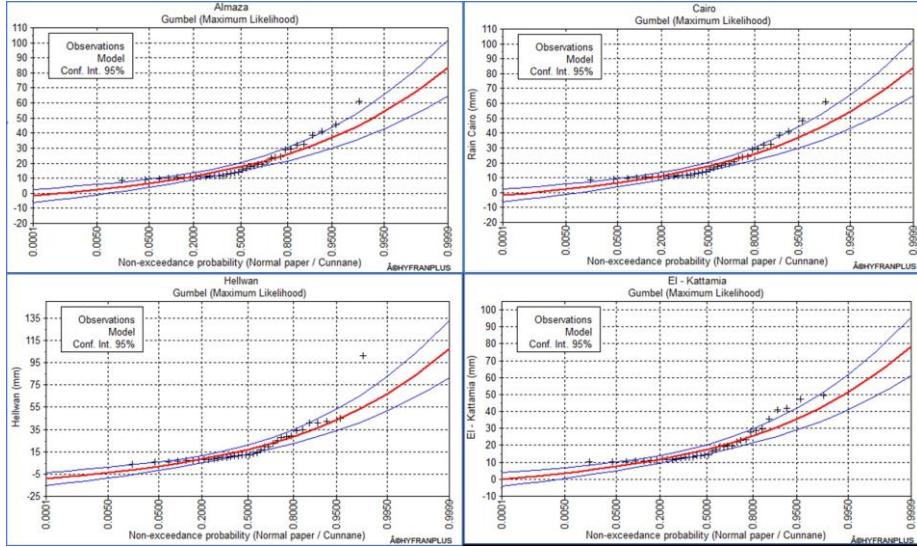
عمق التساقط المطري المحتمل بالسنوات (مم)										المحطة
١٠٠	٧٥	٥٠	٢٥	٢٠	١٥	١٠	٥	٣	٢	
٥٨,٣	٥٥,٤	٥١,٢	٤٤,٠	٤١,٧	٣٨,٦	٣٤,٢	٢٦,٤	٢٠,٤	١٤,٨	مطار القاهرة
٥٥,١	٥٢,٥	٤٨,٨	٤٢,٣	٤٠,١	٣٧,٣	٣٣,٣	٢٦,١	٢٠,٥	١٥,٣	القضامة
٥٨,٣	٥٥,٤	٥١,٢	٤٤,٠	٤١,٧	٣٨,٦	٣٤,٢	٢٦,٤	٢٠,٤	١٤,٨	أماظة
٧٦,٧	٧٢,١	٦٥,٦	٥٤,٤	٥٠,٨	٤٦,١	٣٩,٥	٢٨,٢	٢٠,٠	١٢,٨	حلوان

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الأرصاد الجوية لمحطات منطقة الدراسة ببرنامج Hyfran Plus تم حساب معدل تكرارية التساقط المطري أو ما يطلق عليه فترة الرجوع المحتملة لسنوات قادمة من خلال استخدام برنامج Hyfran Plus المختص بتحليل معدلات التساقط المطري في الدراسات الهيدرولوجية باستخدام طريقة **Gumbel (Maximum Likelihood)** شكل (١٠) كواحدة من أكثر الطرق ملائمة للمنطقة حيث تم تقدير فترة الرجوع المحتملة لأكبر عاصفة مطرية علي المنطقة بشكل تقريبي وقد تم الاعتماد في تحليل العاصفة المطرية علي متوسط أعلي عواصف مطرية سقطت في المنطقة خلال الفترة ما بين عام ١٩٨٥م وحتى ٢٠٢١م والموضحة في الجدول السابق رقم (١١) والتي بناء عليها الخروج بالنتائج الإحصائية الموضحة جدول (١٣) والتي سيتم استخدامها لحساب "هيدروجراف المياه" في العاصفة المطرية.

- تصميم منحنى العاصفة المطرية **IDF Curves**:

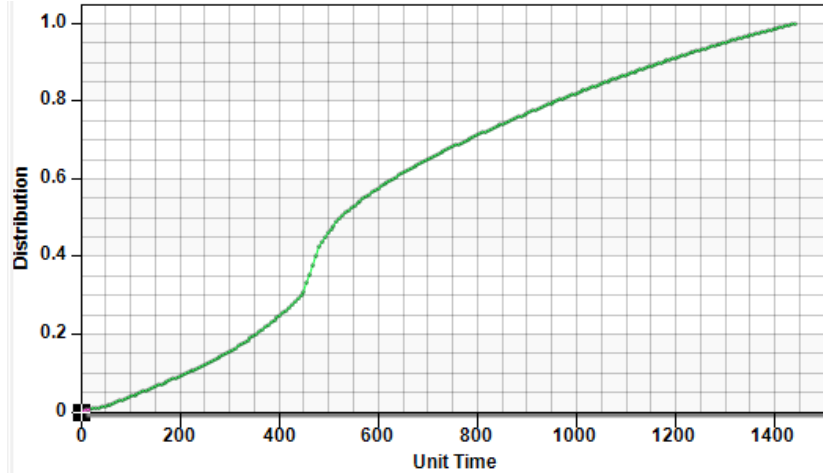
تم الاعتماد علي استخدام طريقة **SCS** لحساب حجم التصريف ومعامل الجريان الناتج عن العاصفة المطرية وهي من إنتاج هيئة حماية التربة الأمريكية **Soil Conservation Service** والتي يفترض فيها ان مدة العاصفة المطرية ٢٤ ساعة فقط، مع الاعتماد علي نمط التوزيع الافتراضي **SCS - Type II** للتساقط المطري فيما يطلق عليه "هيدروجراف المياه" شكل (١١) لكونه الأنسب للمناطق الجافة وشبه الجافة، حيث يفترض هذا التوزيع أن ما يوازي ٦٠% من عمق التساقط المطري اليومي يسقط في أقل من ساعتين، بينما يتوزع الباقي علي مدار اليوم، مع الاخذ في الاعتبار بسمات التربة واستخدام الأرض وهيدرولوجية المنطقة من حيث قدرتها علي الاحتفاظ بالماء، وفيما يخص الـ **CN** فيقصد بها رقم المنحني وتتراوح قيمته بين (صفر - ١٠٠) وهو يعبر عن

مدي نفاذية مياه الأمطار وكلما اقتربت القيمة من ١٠٠ كان ذلك يعبر عن أسطح قليلة النفاذية والعكس صحيح.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نتائج تحليل بيانات التساقط المطري.

شكل (١٠) التوزيع الاحصائي لقيم الأمطار بطريقة Gumbel بمحطات الدراسة



المصدر: بالاعتماد على برمجيات WMS

شكل (١١) هيدروجراف المياه في العاصفة المطرية

• العاصفة التصميمية :

تعتمد الحسابات الهيدرولوجية على افتراض العاصفة التصميمية واستخدام التحليل الإحصائي للأمطار الساقطة على محطات الأمطار الممثلة للمنطقة والسابق ذكرها، وبناء

عليه يتم تحديد قيمة أقصى عمق للمطر اليومي للأزمنة التكرارية المختلفة لكل حوض تصريف.

ولحساب قيم التصريفات القصوى المحتمل حدوثها نتيجة سقوط الأمطار على أحواض تصريف الأودية المؤثرة على المنطقة، يتم توزيع هذا العمق بافتراض مدة العاصفة وتحديد منحني توزيع عمق المطر اليومي خلال مدة العاصفة التصميمية.

نظراً لعدم توافر بيانات لشدة الأمطار أو ما يسمى بالكثافة المطرية عند محطات قياس الأمطار المحيطة بالمنطقة ، لذا تم اشتقاق **IDF Curves** باستخدام بيانات الأمطار اليومية وذلك باتباع الخطوات التالية:

- إجراء التحليل الإحصائي لسلسلة بيانات أقصى مطر يومي وتقدير كميات الأمطار اليومية القصوى للتوزيعات الإحصائية المختلفة.

- اختيار أعلى قيمة للأمطار اليومية من التوزيعات السابقة عند الأزمنة التكرارية المختلفة (٢/٣/٥/١٠/٢٠/٢٥/٥٠/١٠٠ عام)، مع الأخذ في الاعتبار أن التساقط المطري في الفترة التي تتراوح أزمنة عودتها بين عامين إلى خمسة أعوام تعبر عن إمكانية شحن خزان الماء الجوفي لأغراض التنمية المستقبلية وتوفير الموارد المائية اللازمة وكلما ابتعد المدل الزمني التكراري كان يعبر ذلك عن احتمالية عالية للأمطار عالية الشدة في الجريان السيلي وهي تلك التي تتراوح فترة عودتها بين ٢٠ الي ١٠٠ عام.

- حساب قيمة الأمطار للمدد الزمنية ١٠، ٢٠، ٣٠ دقيقة و ١، ٢، ٣، ٦، ١٢ و ٢٤ ساعة كنسبة من قيمة المطر اليومية السابق حسابها للأزمنة التكرارية المختلفة باستخدام **Bell's Ratios** والمبينة في جدول (١٤).

جدول (١٤) النسبة المئوية لقيمة الأمطار بالممدد الزمنية المختلفة (Bell's Ratios)

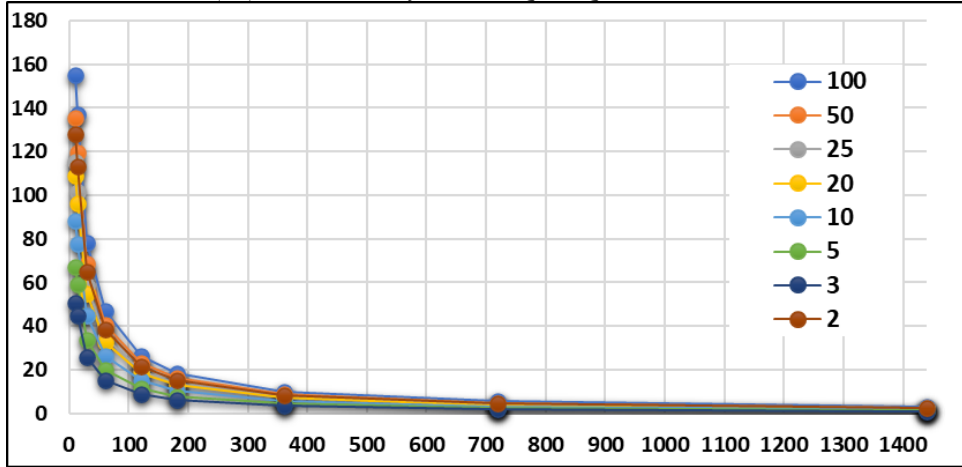
المدة الزمنية (دقيقة)	٥	١٠	٢٠	٣٠	٦٠	١٢٠	١٦٠	٣٦٠	٧٢٠	١٤٤٠
قيمة Bell's	٠,١٤	٠,٢	٠,٢٧٩	٠,٣٤٣	٠,٤٣٥	٠,٦	٠,٦٣	٠,٧٥	٠,٨٧٧	١

المصدر: عبد الكريم، أشرف أحمد علي، النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية للسيول، ٢٠١٩، ص: ٢٠١.

- حساب كثافة الأمطار عند الأزمنة التكرارية المختلفة وذلك للمدد الزمنية ١٠، ٢٠، ٣٠ دقيقة و ١، ٢، ٣، ٦، ١٢ و ٢٤ ساعة.
- إنشاء منحنيات التكرار وهي تمثل العلاقة بين كثافة الأمطار للمدد الزمنية المختلفة عند الأزمنة التكرارية المختلفة جدول (١٥) وشكل (١٢).
- جدول (١٥) قيم منحنيات التكرار خلال فترات الرجوع لمتوسط العاصفة المطرية

فترة التردد	المدة الزمنية بالدقائق								
	١٤٤٠	٧٢٠	٣٦٠	١٨٠	١٢٠	٦٠	٣٠	١٥	١٠
١٠٠	٢,٩٥	٥,٣٨	٩,٩٩	١٨,٥٥	٢٦,٣٧	٤٦,٧٢	٧٨,٤٤	١٣٦,٧٧	١٥٥,٠٤
٥٠	٢,٥٧	٤,٧٠	٨,٧٢	١٦,١٩	٢٣,٠٢	٤٠,٧٨	٦٨,٤٦	١١٩,٣٧	١٣٥,٣٢
٢٥	٢,١٩	٤,٠٠	٧,٤٣	١٣,٨٠	١٩,٦٢	٣٤,٧٦	٥٨,٣٦	١٠١,٧٥	١١٥,٣٤
٢٠	٢,٠٧	٣,٧٨	٧,٠٢	١٣,٠٢	١٨,٥١	٣٢,٨٠	٥٥,٠٧	٩٦,٠٣	١٠٨,٨٥
١٠	١,٦٨	٣,٠٦	٥,٦٨	١٠,٥٤	١٤,٩٩	٢٦,٥٦	٤٤,٥٩	٧٧,٧٥	٨٨,١٣
٥	١,٢٧	٢,٣٢	٤,٣١	٨,٠٠	١١,٣٨	٢٠,١٦	٣٣,٨٥	٥٩,٠٣	٦٦,٩١
٣	٠,٩٦	١,٧٦	٣,٢٧	٦,٠٦	٨,٦٢	١٥,٢٧	٢٥,٦٤	٤٤,٧١	٥٠,٦٨
٢	٢,٤٤	٤,٤٤	٨,٢٦	١٥,٣٢	٢١,٧٨	٣٨,٦٠	٦٤,٨٠	١١٢,٩٩	١٢٨,٠٨

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نتائج برنامج Hyfran Plus وتطبيق جدول (١٤)



شكل (١٢) منحنيات التكرار خلال فترات الرجوع المختلفة IDF Curve

يجب الأخذ في الاعتبار أنه من تحليل خريطة استخدامات الأرض والدراسة الميدانية

إمكانية تصنيف المنطقة الي أربع فئات كما هو موضح بجدول (١٦) هي:

- فئة أرض جرداء: ويقصد بها جميع المناطق المفتوحة غير المستغلة والتي تتكون من الرمال والصلت ويزداد بها نسب تسرب المساه وبالتالي قدرتها على إحداث جريان سطحي للمياه منخفضة.

جدول (١٦) مساحة التغير في استخدام الأرض على مستوى أحواض التصريف

اسم الوادي	مساحة الحوض (كم مربع)	مساحة الطرق (كم مربع)	مساحة المباني العمرانية (كم مربع)	أرض جرداء (كم مربع)
أبودومه	71.50	3.90	14.50	53.10
العنقابية العطشانة	6.21	0.80	4.70	0.71
وادي الطل	4.18	0.07	3.90	0.21
وادي العظام	7.20	2.20	3.80	1.20
وادي أسود	10.10	2.20	7.60	0.30
وادي الدبة	20.15	2.90	12.30	4.95
وادي سليمان	21.27	5.70	13.60	1.97
العنقابية	37.23	2.60	20.40	14.23
وادي الأسمد	23.33	8.10	15.10	0.13
العنقابية المروانية	33.71	1.80	24.30	7.61
وادي أبو عويقلية	37.95	7.40	18.60	11.95
وادي الناصوري	56.29	4.30	34.70	17.29
وادي الحلزوني	56.90	14.10	36.20	6.60
وادي روض الحماده	34.54	3.10	14.60	16.84

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على تحليلات برامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS.

- فئة المنشآت البشرية: وتشمل المباني وشبكات الطرق والأراضي في هذه الفئة قليلة المسامية مصمتة، مما لا يسمح بترشيح المياه إلى داخل التربة من خلالها، مما يؤدي إلى نشوء جريان مائي سطحي عالي، نظراً لكون أراضي هذا الاستخدام غير منفذة للماء مما يؤثر على كم المياه المتدفقة كما تؤثر على سرعة الجريان السيلي إضافة لسرعة الجريان السطحي للمياه.
- فئة الرواسب الخشنة والمفككة: وهي رواسب بطون الأودية ومخاريط الهشيم والفتات الصخري والتي يتم جرفها أثناء حدوث الجريان السيلي.
- فئة الغطاء النباتي الفقير: ويتضمن الأعشاب الصحراوية الفقيرة والمنتشرة والتي قد تتواجد في سفوح المنحدرات وبعض جوانب بطون الأودية (USDA-SCS , 1986 , PP:2-8).

كما يمكن إيضاح هيدرولوجية التربة بالمنطقة وفق أربع مجموعات نوعية حيث قد تم الربط بين كلا العنصرين السابق ذكرهم استخلاص قيم أرقام المنحني CN بالاعتماد علي الدليل النوعي (USDA-SCS , 1986 , PP:2-8) والموضح جدول (١٧):

- المجموعة الهيدرولوجية A: وهي عبارة عن تربة رملية عميقة خشنة التحبب مع بعض من الطين والغرين، ويتراوح معدلات تسرب المياه فيها ما بين ٧,٦ ملم/ساعة إلى ١١,٤ ملم/ساعة وهي ذات عمق جريان منخفض.
- المجموعة الهيدرولوجية B: وهي تربة ضحلة العمق مقارنة بالمجموعة السابقة وهي ذات نسيج خشن يحتوي على الحصى والفتات الصخري والجلاميد الصخرية التي تربطها مواد لاحمة ويتراوح معدل التسرب فيها ما بين ٣,٨ إلى ٧,٦ ملم/ساعة وهي ذات عمق جريان ما بين الضعيف الي المتوسط تقريباً.

جدول (١٧) قيم CN لأنماط الغطاء الأرضي والمجموعات الهيدرولوجية بالمنطقة

المجموعات الهيدرولوجية للتربة				الغطاء الارضي
D	C	B	A	
٩٨	٩٨	٩٨	٩٨	الشوارع والطرق
٨٤	٧٩	٦٩	٤٩	غطاء نباتي متوسط
٩٥	٩٤	٩٢	٨٩	أماكن تجارية
٩٣	٩١	٨٨	٨١	أماكن صناعية
٩٢	٩٠	٨٥	٧٧	مناطق سكنية
٩٤	٩١	٨٦	٧٧	أماكن جاري تخطيطها

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على (USDA-SCS , 1986 , PP:2-8).

- المجموعة الهيدرولوجية C: وهي طبقة طينية محدودة العمق وتتكون من جلاميد صخرية وصخور صغيرة مختلطة بالرمال ويتراوح معدل التسرب بها من ١,٣ ملم/ساعة إلى ٣,٨ ملم/ساعة وهي ذات عمق جريان من متوسط لشديد القوة.
- المجموعة الهيدرولوجية D: ويقصد بها الطبقات الصماء ذات معدل النفاذية الضعيف للغاية وتتراوح ما بين ٠,٠٥ ملم/ساعة إلى ١,٣ ملم/ساعة وكذلك في حال تشبع التربة بالمياه الأرضية وعليه فإن الجريان السطحي في هذه المجموعة يتسم بالقوة الشديدة (USDA-SCS , 1986 , PP:2-8).

سادساً: الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف:

تم استنباط المعاملات الهيدرولوجية ودمج النتائج مع البيانات المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض وشبكات التصريف بالمنطقة لإعداد المخرجات بشكل كارتوجرافي ملائم، كما تم الاعتماد على نموذج SCS لتقدير قمة التصريف **Discharge Peak** على مستوى أحواض المنطقة، ومن مميزات هذا النموذج أنه يمكن من خلاله تقدير قمة التصريف لفترات رجوع مختلفة. كما أنه قد تم حساب المعاملات الهيدرولوجية لتدفق الجريان السيلي الأقصى والمتوسط بالاعتماد على المعادلات التالية والموضحة نتائجها بجدول (١٨)، مع الأخذ في الاعتبار الوضع الحالي للمدينة والتغيرات التي حدثت على طبوغرافية السطح ونمذجة ذلك مكانياً مع نموذج الارتفاعات الرقمي الحديث **DEM** المنطقة عبر الاعتماد على برمجيات **WMS**:

- **زمن التركيز TC**: يعتبر كل من زمن التركيز وسرعة الجريان أكثر المؤشرات تحديداً لخصائص الحوض الهيدرولوجية ويعبر عن الفترة الزمنية التي يستغرقها سقوط المطر وحتى بدء الجريان السطحي للمياه وهو يرتبط بالعديد من المتغيرات الأخرى التي من أهمها درجة انحدار سطح الحوض التي تؤثر في سرعة الجريان اضافة إلى معامل التعرج وطول الحوض وأطول المجاري وكمية الفاقد بشتى أنواعها وكثافة التصريف كما يعتبر من أهم المؤشرات التي تؤثر في تحديد المواقع المهددة بخطر الجريان السيلي حيث إنه كلما قل زمن التركيز زاد خطر الجريان السيلي، وقد تم الاعتماد على نموذج (Gatimel & Pons, 2000): والذي تنص معادلته على:

$$T_c (\text{hr}) = 5.66 \sqrt{\frac{L_b (\text{km})}{I (\text{m/m})}}$$

حيث إن:

$T_c(\text{hr})$ = زمن تركيز حوض التصريف / الساعة.

$L_b (\text{Km})$ = طول المجرى الرئيس / كم

$I (\text{m/m})$ = الانحدار الطبوغرافي لحوض التصريف المائي ويمكن حسابه من المعادلة

التالية:

جدول (١٨) نتائج المؤشرات الجيومورفولوجية بأحواض التصريف بالمنطقة

وادي سليمان	وادي ريش	وادي الصفدة	وادي التصريف	وادي النظام	وادي النبل	وادي النية	وادي النيزي	وادي الأمد	وادي أسود	وادي أبو عوقية	وادي العقابية	وادي المرونة	وادي العقابية	وادي العقابية	وادي العقابية	وادي أبو يومه	الرمز	المؤشر
21.27	34.54	56.29	7.2	41.8	20.15	56.9	23.33	10.1	37.95	33.71	6.1	37.23	71.5	AKm2	مساحة حوض التصريف/كم ²			
7.1	7.5	11.7	3.1	2.9	7	13.1	6	3.5	7	7.4	4	10.9	16.3	Lb	طول المجرى الرئيسي (كم)			
376	436	479	276	336	359	481	375	360	427	474	288	422	513	HMMax(m)	أقصى ارتفاع / متر			
180	259	205	182	225	227	179	183	209	151	216	200	214	227	H Min(m)	أدنى ارتفاع / متر			
74.24	61.8	87.49	75.56	46.48	97.61	86.42	56.44	58.37	54.6	61.71	69.32	87.54	85.5	(mm)	الأحواض الطوغرافية لحوض التصريف المتالي			
14.55	10.94	23.97	7.1	5.16	12.88	26.1	10.84	8.81	15.07	15.92	6.1	18.21	24.45	D(m)	طول حوض التصريف/كم			
6.6	5.6	11.2	2.4	2.5	6.2	10.7	4.9	1.5	6.4	5	3	9.7	13.9	Eca	المسافة الفاصلة بين حوضي الحوض المتالي ويرتكز عليهم/كم			
1.75	1.97	2.07	1.15	1.41	1.52	2.2	1.85	1.39	2.03	1.96	1.36	2	2.47	Tc (Hr)	الزمن الزمنية لموسم زرين التوزيع لحوض التصريف المتالي / ساعة			
1.79	2.67	1.79	1.98	1.67	2.06	2.86	2.26	2.71	1.89	2.86	2.2	2.32	2.86	Tr (HR)	الزمن الزمنية لإحجية حوض التصريف المتالي / ساعة			
0.32	0.48	0.32	0.36	0.3	0.37	0.52	0.41	0.49	0.34	0.52	0.4	0.42	0.52	Tp (Hr)	الزمن الزمنية المتأخرة لتساقط الأمطار / ساعة			
3.22	3.33	3.22	3.25	3.21	3.26	3.36	3.28	3.34	3.24	3.36	3.28	3.29	3.36	TDDay	الزمن الزمنية لتساقط الأمطار / ساعة			
7.15	10.67	7.15	7.91	6.68	8.23	11.44	9.06	10.83	7.55	11.44	8.8	9.29	11.44	TbHr	الزمن الزمنية لإحجية الحوض المتالي لتقبل الأمطار / ساعة			
2.38	3.56	2.38	2.64	2.23	2.74	3.81	3.02	3.61	2.52	3.81	2.93	3.1	3.81	Tm HR	الزمن الزمنية الزمنية لإحجية الحوض المتالي لتقبل الأمطار / ساعة			
4.77	7.11	4.77	5.27	4.46	5.49	7.63	6.04	7.22	5.03	7.63	5.87	6.2	7.63	Td (Hr)	الزمن الزمنية لإحجية الحوض المتالي لتقبل الأمطار / ساعة			
3.08	2.06	3.08	2.78	3.29	2.67	1.92	2.43	2.03	2.91	1.92	2.5	2.37	1.92	I (Cm/Hr)	كم تركيز المطر المناسب لتقبل الأمطار / ساعة			

$$I(m/m) = D(m) / (H_{Max}(m) - H_{Min}(m))$$

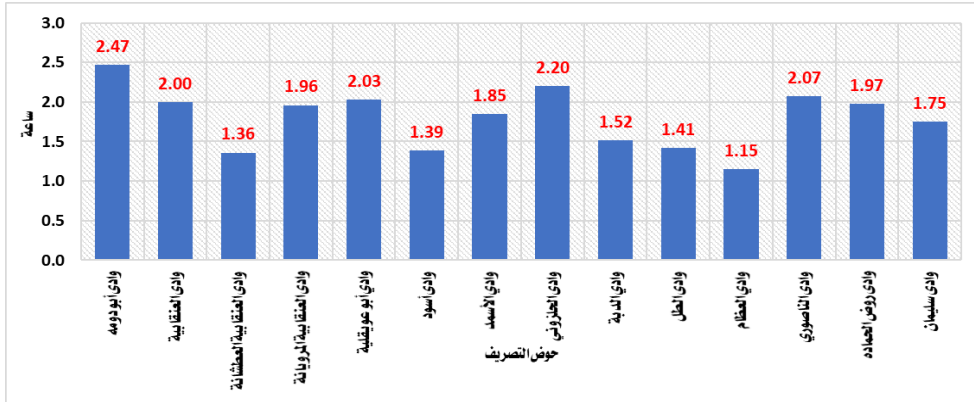
حيث أن:

$D(m)$ = طول حوض التصريف / متر

$H_{Max}(m)$ = أقصى ارتفاع / متر

$H_{Min}(m)$ = أدنى ارتفاع / متر

وبناءً على تطبيق المعادلات السابقة أمكن تحديد زمن تركيز لأحواض التصريف بالمنطقة وجاءت نتائج تطبيق المعادلة بقيم زمنية تتراوح ما بين ١,١٥ ساعة لحوض وادي العظام و ٢,٤ ساعة لحوض وادي أبو دومة شكل (١٣)، وهذا الزمن التقديري يعكس بشكل واضح مدى قدرة الأحواض بالمنطقة على تجميع مياه الأمطار وتحويلها لجريان مائي سطحي وعليه يعتبر حوض وادي العظام من أخطر الأحواض بالمنطقة لانخفاض زمن تركيز الحوض به.



المصدر: بالاعتماد على نتائج تطبيق المعادلة

شكل (١٣) معدلات زمن التركيز لأحواض التصريف بالمنطقة

- زمن الوصول لذروة الجريان السيلي (ساعة): وهو يعبر عن الفترة الزمنية اللازمة لجريان المياه من أبعد نقطة في الحوض وصولاً لمصب الحوض وتتأثر قيمه هذا المؤشر بشكل أساسي بخصائص الحوض وخاصة كل من طول الحوض والمسافة الفاصلة بين مركز الحوض ومركز ثقله (البارودي، ٢٠١٢م، ص: ٦٥) ويمكن حسابه من خلال تطبيق معادلة (Raghunath. 2006) والتي تنص على:

$$T_{p^{hr}} = C_t (L_b - L_{ca})^{0.3}$$

حيث إن:

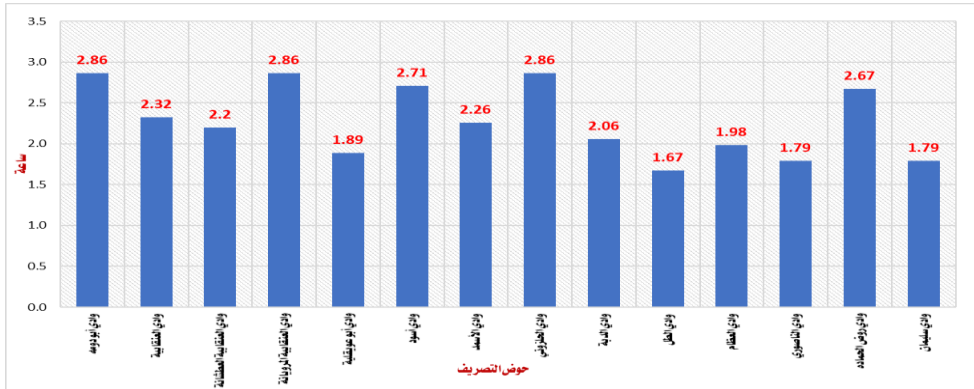
Tp^{hr} = فترة استجابة الحوض المائي للتساقط المطري (ساعة).

L_b = طول المجرى الرئيس (كم).

L_{ca} = المسافة الفاصلة بين مصب الحوض المائي ومركز ثقله (كم).

Ct = معامل خاص بطبيعة الحوض وانحداره وتتراوح قيمته بين (٠,٢ - ٢,٢).

وبناءً على نتائج تطبيق هذا المؤشر اتضح أن زمن استجابة حوض التصريف للتساقط المطري بالساعة بلغت ١,٦٧ ساعة وهي أدنى فترة زمنية يمكن أن تسقط فيها الأمطار ويبدأ بعدها الجريان السطحي بينما كانت أقصى فترة زمنية بلغت ٢,٨٦ ساعة تقريباً كما هو موضح بشكل (١٤)، ويبدأ بعدها مباشرة الجريان السطحي مع مراعاة أنه كلما زادت قيمة CT زاد زمن استجابة الحوض للوصول لذروة التدفق المائي لأن هذه الزيادة تعني قلة في انحدار سطح الحوض بينما قلة قيمتها تعني عكس ذلك.



المصدر: بالاعتماد على نتائج تطبيق المعادلة

شكل (١٤) معدلات فترة استجابة أحواض التصريف لتساقط الأمطار بالمنطقة

• فترة الزمن القياسية لتمثيل ذروة تساقط الأمطار: ويمكن حسابه من خلال تطبيق

معادلة (Réménieras, 1972) والتي تنص على:

$$Tr^{(hr)} = (Tp^{(hr)} / 5.5)$$

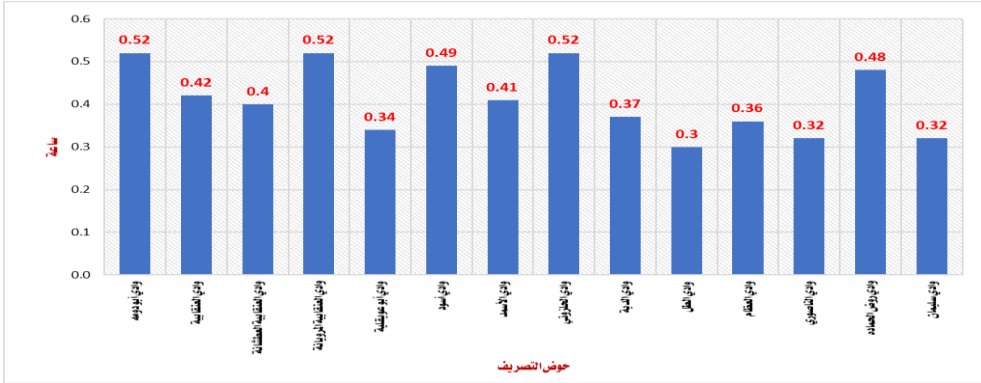
حيث إن:

$Tr^{(hr)}$ = فترة الزمن القياسية لتمثيل ذروة تساقط الأمطار (ساعة).

$Tp^{(hr)}$ = فترة استجابة الحوض المائي للتساقط المطري (ساعة).

٥,٥ = قيمة ثابتة في المعادلة.

وجدير بالذكر أن هذه المعادلة يتم استخدامها إذا كانت فترة التساقط المطري Tr (hr) لا تتجاوز زمن التركيز الحوضي $Tc(hr)$ وذلك ينطبق فعلياً على أحواض التصريف بالمنطقة ، وبناءً على تطبيق المعادلة اتضح أن الفترة الزمنية القياسية لتمثيل ذروة تساقط الأمطار تراوحت ما بين ٣٠ دقيقة لحوض وادي الطل وبين ٥٠ دقيقة لحوض وادي أبو دومة شكل (١٥)، كما يلاحظ أنه كلما زادت قيمة Tr/Hr زاد زمن استجابة الحوض، وكلما زادت قيمة زمن استجابة الحوض زادت قيمة Ct .



المصدر: بالاعتماد على نتائج تطبيق المعادلة

شكل (١٥) معدلات فترة الزمن القياسية لتمثيل ذروة تساقط الأمطار بالمنطقة

- حساب المدة الزمنية للسيل/يوم: ويمكن حسابها من خلال تطبيق معادلة (عبد

الرحمن ومارديني، ٢٠٠٣) والتي تنص على:

$$Tb^{Day} = 3 + (Tp^{(hr)} / 8)$$

حيث إن $Tp^{(hr)}$ تعبر عن فترة استجابة حوض التصريف لتساقط الأمطار/ ساعة.

ويلاحظ من تطبيق المعادلة السابقة أن كلما زادت قيمة TP أو زمن الاستجابة زادت قيمة الأساس للسيل Tb وعليه فإنه كلما زادت قيمة Ct معامل التباطؤ زادت قيمة زمن الأساس للسيل ووفقاً لنتائج المعادلة تراوحت قيمة زمن الأساس لأحواض التصريف بالمنطقة ما بين ٣,٣ و ٣,٢ يوم.

- فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار (ساعة): حيث تم تطبيق معادلة

(البارودي، ٢٠١٢) والتي تنص على:

$$Tb^{Hr} = Tp^{(hr)} * 4$$

حيث إن:

$Tb^{(hr)}$ = فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار (ساعة).

٤ = قيمة ثابتة في المعادلة.

خلال تطبيق المعادلة اتضح أن زمن أساس الجريان السيلي بالمنطقة تراوحت قيمه ما بين ١١,٤ ساعة لحوض وادي أبو دومه ووادي الحلزوني و ٦,٦٨ ساعة لحوض وادي الطل مع العلم أنه كلما زادت قيمة الـ Tp زادت فترة استجابة الحوض المائي للتساقط المطري.

• حساب المدة الزمنية للارتفاع التدريجي لتدفق السيل/ساعة: ويمكن حسابها من

خلال تطبيق معادلة (Raghunath,1991) والتي تنص على:

$$Tm^{(hr)} = (1/3) Tb^{(hr)}$$

حيث تعتبر $Tb^{(hr)}$ فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار (ساعة).

من خلال نتائج تطبيق المعادلة يمكن لنا ملاحظة أنه كلما زادت قيمة CT زادت فترة الارتفاع التدريجي للوصول لذروة التدفق السيلي بما أثر ذلك بشكل قوي على القيم العليا والدنيا لزمن الارتفاع التدريجي والتي تراوحت ما بين ٣,٨١ ساعة لحوض وادي ٢,٢ ساعة لحوض وادي الطل.

• حساب المدة الزمنية للانخفاض التدريجي لتدفق السيل/ ساعة ويقصد بها الفترة

الزمنية التي يستغرقها السيل لرجوع مستويات المياه لوضعها الطبيعي ويمكن حسابها

من خلال تطبيق المعادلة (Raghunath,1991) التالية:

$$Td^{(Hr)} = (2/3)Tb^{(hr)}$$

حيث تعتبر $Tb^{(hr)}$ فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار (ساعة).

خلال تطبيق المعادلة السابقة تبين قصر المدة الزمنية للانخفاض التدريجي لتدفق الجريان السيلي في أحواض المنطقة حيث تراوحت قيم هذا المعامل ما بين ٧,٦ ساعة لحوض وادي أبو دومة والعنقابية المروية ووادي الحلزوني بينما سجل و ٤,٤ ساعة لحوض وادي الطل، ونستنتج من ذلك أنه كلما زادت قيمة CT زادت قيمة $Td^{(hr)}$ كذلك كان من الواضح أن قيمة CT تتناسب طردياً مع كافة المدد الزمنية المحسوبة في المعادلات الهيدرولوجية.

- حساب تركيز المطر المناسب لتدفق الذروة /سم/ ساعة: حيث تم تطبيق معادلة

(البارودي، ٢٠١٢) والتي تنص على:

$$I \text{ (Cm/Hr)} = (1/Tr^{hr})$$

حيث إن:

$I \text{ (Cm/hr)}$ = مقدار تركيز كثافة الأمطار في زمن محدد (سم/ ساعة).

Tr^{hr} = الفترة الزمنية القياسية لهطول الأمطار (ساعة).

١ = قيمة ثابتة في المعادلة.

خلال تطبيق المعادلة اتضح أن كمية الأمطار الضرورية واللازمة لحدوث جريان سطحي بلغت ١,١٧ سم/ساعة.

- حساب قيمة تدفق الذروة النوعي لحوض التصريف متر^٣/ثانية ويمكن حسابه عبر

تطبيق معادلة (Dubreuil, 1974) والتي تنص على:

$$Qp \text{ (m}^3\text{/s/km}^2\text{)} = (Qp \text{ (m}^3\text{/s)}) / (A \text{ (km}^2\text{)})$$

حيث إن:

$Qp \text{ (m}^3\text{/s)}$ = قيمة تدفق ذروة السيل (متر^٣/ثانية).

$A \text{ (km}^2\text{)}$ = مساحة حوض التصريف (كم^٢).

خلال تطبيق المعادلة السابقة على أحواض التطريف بالمنطقة وبناءً على النتائج بجدول (١٨) يمكن لنا ملاحظة أن قيمة تدفق الذروة النوعي لأحواض التصريف تراوحت ما بين ٣١,٢٤ و ٦٢,٤٨ و ١٠٤,١٣ م^٣/ثانية لحوض وادي أبو دومة و ٣٤,٣٨ و ٦٨,٧٥ و ١١٤,٥٨ م^٣/ثانية خلال فترات الرجوع ٥٠ و ١٠٠ و ٢٠٠ عام على التوالي.

- حساب حجم السيل في الحوض المائي ويقدر (مليون م^٣/ثانية) ويتم حسابها من

معادلة (PNUD -OPE, 1987) التي تنص على:

$$AL \text{ (Hm)}^3 (10^{-6}\text{m}^3) = QP \text{ (m}^3\text{/s)} \{ Tm \text{ (sec)} 10^{-6} \}$$

حيث إن:

$AL \text{ (Hm)}^3 (10^{-6}\text{m}^3)n$ = حجم التدفق للسيل على مستوي الحوض المائي (مليون متر^٣)

$QP \text{ (m}^3\text{/s)}$ = التدفق الأقصى للسيل (متر^٣/ثانية) وفق حسابات نموذج Creager's

.formula

$Tm \text{ (hr)} = Tm \text{ (sec)} 10^{-6}$ = فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل / ساعة.

خلال تطبيق المعادلة السابقة على أحواض المنطقة وبناءً على النتائج بجدول (١٨) يمكن لنا ملاحظة أن هناك تناسباً في قيم التدفق السيلي حيث سجلت قيم تراوحت ما بين ١٢٦,٧ و ٢٥٣,٦ و ٤٢٢,٦ مليون م^٣ لحوض وادي العنقابية المروية و ٧٥,١ و ١٥٠,١ و ٢٥٠,٣ مليون م^٣ لحوض وادي الناصوري خلال فترات الرجوع ٥٠ و ١٠٠ و ٢٠٠ عام على التوالي.

• حساب ارتفاع مياه الجريان السطحي المناسب لذروة التدفق ويتم حسابه من خلال تطبيق معادلة (Raghunath , 2006) التي تنص على:

$$E(mm) = Qp^{(m^3/s/Km^2)} \{ (Tm^{(sec)} * 10^{-3}) \}$$

حيث إن:

$$E^{(mm)} = \text{عمق أو سمك الجريان السطحي (ملم)}$$

$$Tm^{(sec)} = \text{فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل (ثانية)}$$

خلال تطبيق المعادلة اتضح لنا أن ارتفاع مياه الجريان السطحي في أحواض التصريف تراوحت ما بين ٨ و ١٥ و ٢٥ ملم لحوض وادي الناصوري و ١٢ و ٢٥ و ٤٠ ملم لحوض وادي العنقابية المروية وذلك خلال فترات الرجوع ٥٠ و ١٠٠ و ٢٠٠ عام على التوالي.

• حساب قوة السيل في الحوض المائي ويتم حسابه من معادلة (Parde , 1960) التي تنص على:

$$A = \frac{Q_p (m^3/s)}{\sqrt{A} (km^2)}$$

حيث إن:

$$Qp^{(m^3/s)} = \text{تصريف ذروة السيل (م^٣/ثانية).}$$

$$A^{(Km^2)} = \text{مساحة حوض التصريف (كم^٢).}$$

$$A = \text{معامل قوة السيل.}$$

وبناءً على النتائج بجدول (١٨) يمكن لنا ملاحظة أن قوة الجريان السيلي في كافة أحواض التصريف بالمنطقة تناسبت بشكل عكسي مع فترات الرجوع للفترات الزمنية ٥٠ و ١٠٠ و ٢٠٠ عام حيث تراوحت ما بين ٢٦٤ و ٥٢٨ و ٨٨٠ م^٣/ثانية لحوض وادي أبو دومه و ٧١ و ١٤٢ و ٢٣٨ م^٣/ثانية لحوض وادي الطل.

وحيث إن نموذج **Creager's formula** يعتبر من أنسب النماذج لتقدير تدفق الجريان السيلي ويتميز بأنه يمكن من خلاله تقدير الجريان السيلي خلال فترات رجوع مختلفة. ويمكن تقدير تدفق الذروة للجريان السيلي من خلال معادلة (**Sorman , 1994** , **P.175**) والتي تنص على:

$$QP = 1.32C(0.386A) \text{ Exp } (0.936A^{-0.048})$$

حيث إن:

Qp = تدفق الذروة للجريان السيلي م^٣/ثانية.

A = مساحة حوض التصريف كم^٢.

C = معيار ثابت قيمته ٣٠ في حال فترة الرجوع بعد ٥٠ سنة وقيمته ٦٠ في حال فترة الرجوع بعد ١٠٠ سنة وقيمته ١٠٠ في حال فترة الرجوع بعد ٢٠٠ سنة. وبناءً على تطبيق المعادلة على كافة أحواض التصريف بالمنطقة تراوح متوسط تدفق ذروة الجريان السيلي بالمنطقة ٢,٢ ألف م^٣/ثانية و ٤,٤ ألف م^٣/ثانية و ٧,٤ ألف م^٣/ثانية بحوض وادي أبو دومه وبين ١٥٠ م^٣/ثانية و ٢٩٠ م^٣/ثانية و ٤٩٠ م^٣/ثانية مع فترات الرجوع للفترات الزمنية ٥٠ و ١٠٠ و ٢٠٠ عام.

سابعاً: استخدام الأرض:

إن التغيير في استخدام الأرض أحد أنماط التغيير التقليدية في العالم ككل ولكن يجب أن يكون تغيير مدروس بعناية وخاصة في الأخطار التي تشكل تهديد للحياة الإنسانية وخاصة في التجمعات العمرانية الجديدة، ومن واقع مقارنة نمط استخدام الأرض للمنطقة بين عام ١٩٦٧م و ٢٠٢٠م يمكننا بوضوح ملاحظة أن نطاق المجاري الرئيسة للأودية في المنطقة والتي بلغ إجمالي مساحتها ٤٠,٧ كم^٢، تغيرت إلى أنماط استخدام متعددة كما هو موضح بجدول (١٩) ، كما يلاحظ أن الاستخدام السكني جاء في المرتبة الأولى من حيث تغيير استخدام الأرض في مجاري الأودية، يليها مناطق الطرق وشبكات البنية التحتية، ثم الخدمات الترفيهية، ومن ثم الخدمات الصناعية مما يشكل تهديداً لهذه المناطق إذا لم يراع بها اشتراطات وضوابط تصريف مياه السيول.

يمكن دراسة أنماط استخدام الأرض من خلال نسب مساحات التغطية لكافة أنماط استخدام الأرض المختلفة والموضحة بجدول (٢٠) وشكل (١٦) حيث تعتبر الوظيفة

السكنية من أكثر الوظائف الحضرية مساحة وانتشارًا، كما تمثل المحرك الأول لنمو المراكز الحضرية، وتتسم بالمرونة الكبيرة والقدرة على الانتقال والنمو (Hartshorn, T. 1971, P.229)، وذلك لأن الأصل في وظيفة المدينة هي السكن، ولكن بتطور وسائل الحياة تنضم إلى وظيفة السكن وظائف أخرى، تتعلق بالتخصص الحرفي مثل التجارة والصناعة والحرف الأخرى، وكذلك بالخدمات الإدارية، التعليمية، الثقافية والدينية وغيرها (عصفور وآخرون، ١٩٨٣م، ص: ٧٤)، وتبلغ نسبة مساحة الاستخدام السكني في مدينة القاهرة الجديدة ٤١,٧%.

جدول (١٩) أنماط استخدام الأرض في مناطق المجاري الرئيسية لشبكات التصريف

استخدام الأرض	المساحة كم ٢	%
استخدام مختلط	١,٥	٠,٥
الاستخدام السكني	١٩,٥٣	٦,٣
المحميات الطبيعية	٨,٤	٢,٧
شبكات الطرق والمرافق	٠,١	٠,٠
خدمات أمنية	١,٠٧	٠,٣
خدمات تجارية	٠,٩٥	٠,٣
خدمات ترفيهية	٤,٢٢	١,٤
خدمات تعليمية	٠,٦٧	٠,٢
خدمات دينية	٠,٠١	٠,٠
خدمات صناعية ومخازن	٢,٨٣	٠,٩
خدمات طبية	٠,٠٩	٠,٠
خدمات عامة وإدارية	١,١	٠,٤
مسطحات خضراء	٠,٢٥	٠,١
الإجمالي	٤٠,٧٢	١٣,١%

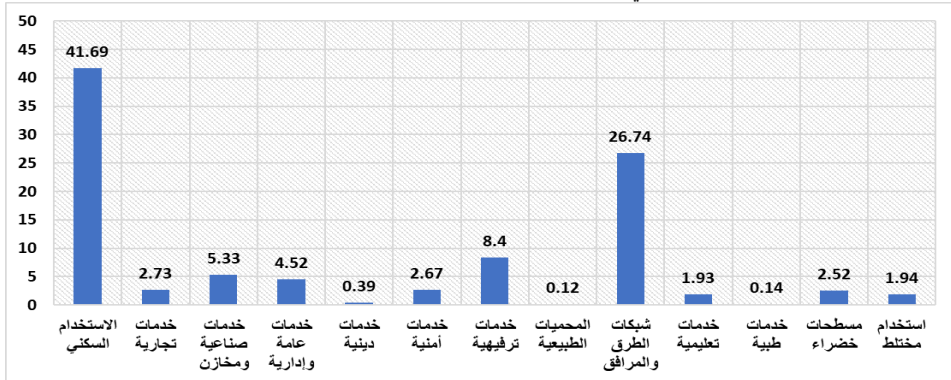
وبذلك فإن هذا الاستخدام يشغل المرتبة الأولى في المركب العام لاستخدامات الأرض بالمدينة، بينما جاء في المرتبة الثانية المرافق والبنية التحتية وتتضمن فيها الفراغات البنينة للطرق بنسبة بلغت ٢٦,٧% وشغل إجمالي الخدمات التجارية والصناعية والعامة والإدارية والأمنية والترفيهية والتعليمية والاستخدام المختلط نسبة بلغت ٢٧,٥% من إجمالي مساحة المنطقة، بينما شغلت المسطحات الخضراء نسبة ٢,٥% وشغلت باقي

الخدمات الأخرى مثل الاستخدامات الدينية والسياحية والطبية والنقل والمواصلات نسبة بلغت ١,٥٣%.

جدول (٢٠) التوزيع الجغرافي لأنماط استخدام الأرض بمدينة القاهرة الجديدة

استخدام الأرض	المساحة كم ^٢	%
الاستخدام السكني	١٤٨,٩١	٤١,٦٩
خدمات تجارية	٨,٤٨	٢,٧٣
خدمات صناعية ومخازن	١٦,٥٨	٥,٣٣
خدمات عامة وإدارية	١٤,٠٦	٤,٥٢
خدمات دينية	١,٢	٠,٣٩
خدمات أمنية	٨,٣١	٢,٦٧
خدمات ترفيهية	٢٦,١٢	٨,٤
المحميات الطبيعية	٠,٣٨	٠,١٢
شبكات الطرق والمرافق	٦٦,٦٤	٢٦,٧٤
خدمات تعليمية	٦,٠٢	١,٩٣
خدمات طبية	٠,٤٣	٠,١٤
خدمات نقل ومواصلات	٧,٨٣	٢,٥٢
مسطحات خضراء	٦,٠٤	١,٩٤
استخدام مختلط	١٤٨,٩١	٤١,٦٩
الإجمالي	٣١١,٠٥	%١٠٠

المصدر الهيئة العامة للتخطيط العمراني، هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة.



المصدر الهيئة العامة للتخطيط العمراني، هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة.

شكل (١٦) نسب توزيع استخدام الأرض بمدينة القاهرة الجديدة

شبكات البنية التحتية بالمنطقة:

• شبكة الطرق والمرافق والبنية التحتية:

تمتلك مدينة القاهرة الجديدة شبكة كثيفة من الطرق بكافة درجاتها وتتفاوت عروض الطرق باختلاف موقعها داخل المنطقة بشكل عام ودرجة ترابطها مع الأحياء الموجودة بها وقد بلغ إجمالي أطوال شبكة الطرق بالمنطقة ٢٥٧١,٣ كم بإجمالي مساحة بلغت ٨٣,١٩ كم^٢ بنسبة ٢٦,٧٤% من إجمالي مساحة مدينة القاهرة الجديدة شكل (١٧) موزعة على أحياء المنطقة البالغ عددها ١٢ حتى كان أكبرها من حيث كثافة اطوال شبكة الطرق حي "الياسمين والبنفسج والمستثمرين الشمالية" بإجمالي طول بلغ ٦٠٣,٥ كم وجاء حي "القمامية" في الترتيب الأخير بإجمالي طول بلغ ٣٣,٤ كم.

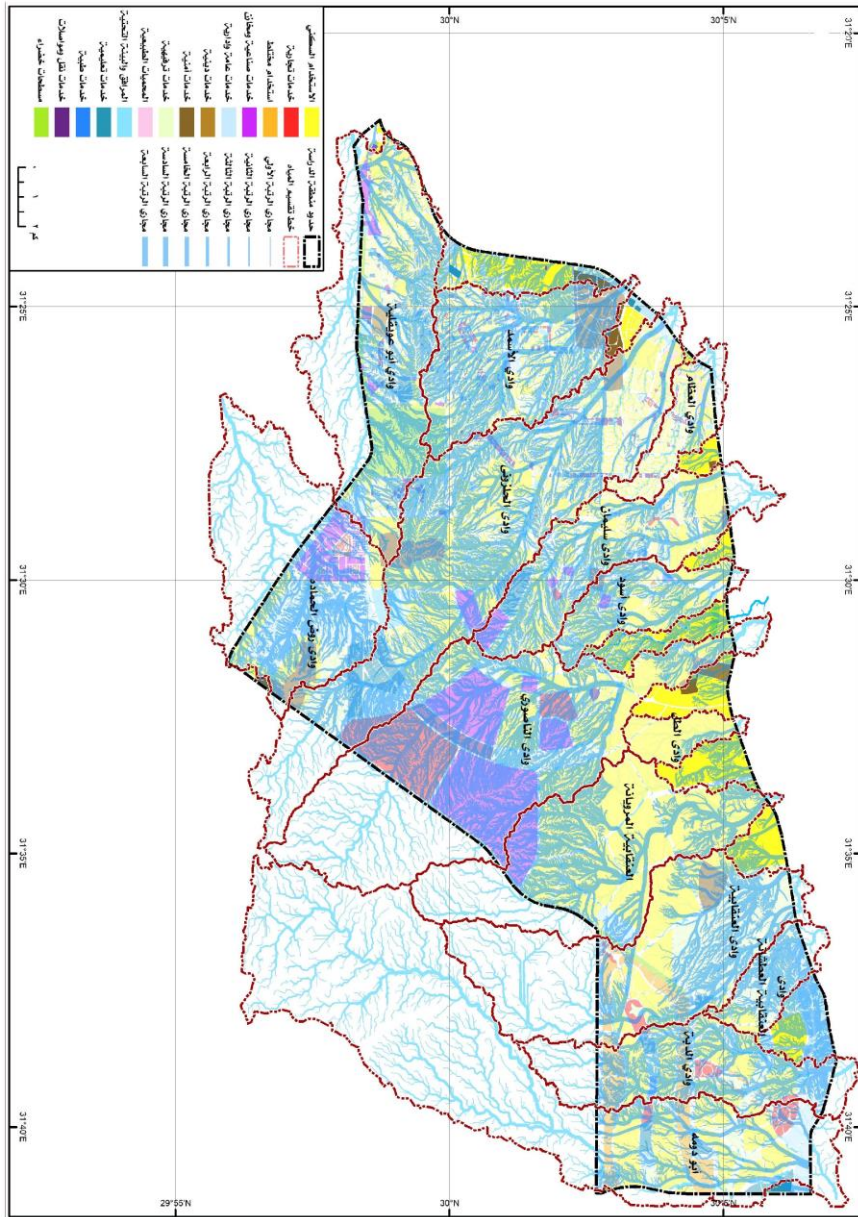
يلاحظ أن عمليات الرصف الدورية والتي ينتج عنها تغير صريح وتحويل لسطح الأرض من مجرد سطح طبيعي منفذ للماء بنسب متفاوتة إلى سطح صناعي مصمت يحول دون علميات الصرف الطبيعية لمياه الأمطار المتساقطة مما يزيد من معدلات خطر الجريان السيلي في المناطق العمرانية إذا اشترك معه عامل الانحدار وتأثيره المباشر علي سرعة الجريان السيلي، التي تشير إلى قدره المياه علي حمل المواد الصخرية والتربة.

• شبكة الكهرباء:

مدينة القاهرة الجديدة من المدن الجديدة المخططة وهي مغطاة بالكامل بشبكة التغذية الكهربائية، حيث بلغ إجمالي أطوال الشبكات الكهربائية بها ٢٧٤,٤ كم وذلك لخطوط الجهد المتوسط والعالي بخلاف توصيلات الجهد المنخفض التي تقوم بتوصيل التيار الكهربائي للمنازل والمباني والتجمعات السكنية، وكامل توصيلات التيار الكهربائي في الجهد المنخفض أرضية لا توجد إشكالية عليها من خطر الجريان المائي السطحي ولكن هناك خطر من الانهيارات الأرضية المتوقعة بفعل تفاعل الجريان المائي مع تربة المنطقة والتي سبق الإشارة إليها ، ولكن المسارات المهددة بخطر الجريان السيلي هي تلك التي توجد بها أبراج لضغط العالي في مناطق شمال المنطقة وجنوبها الغربي شكل (١٨).

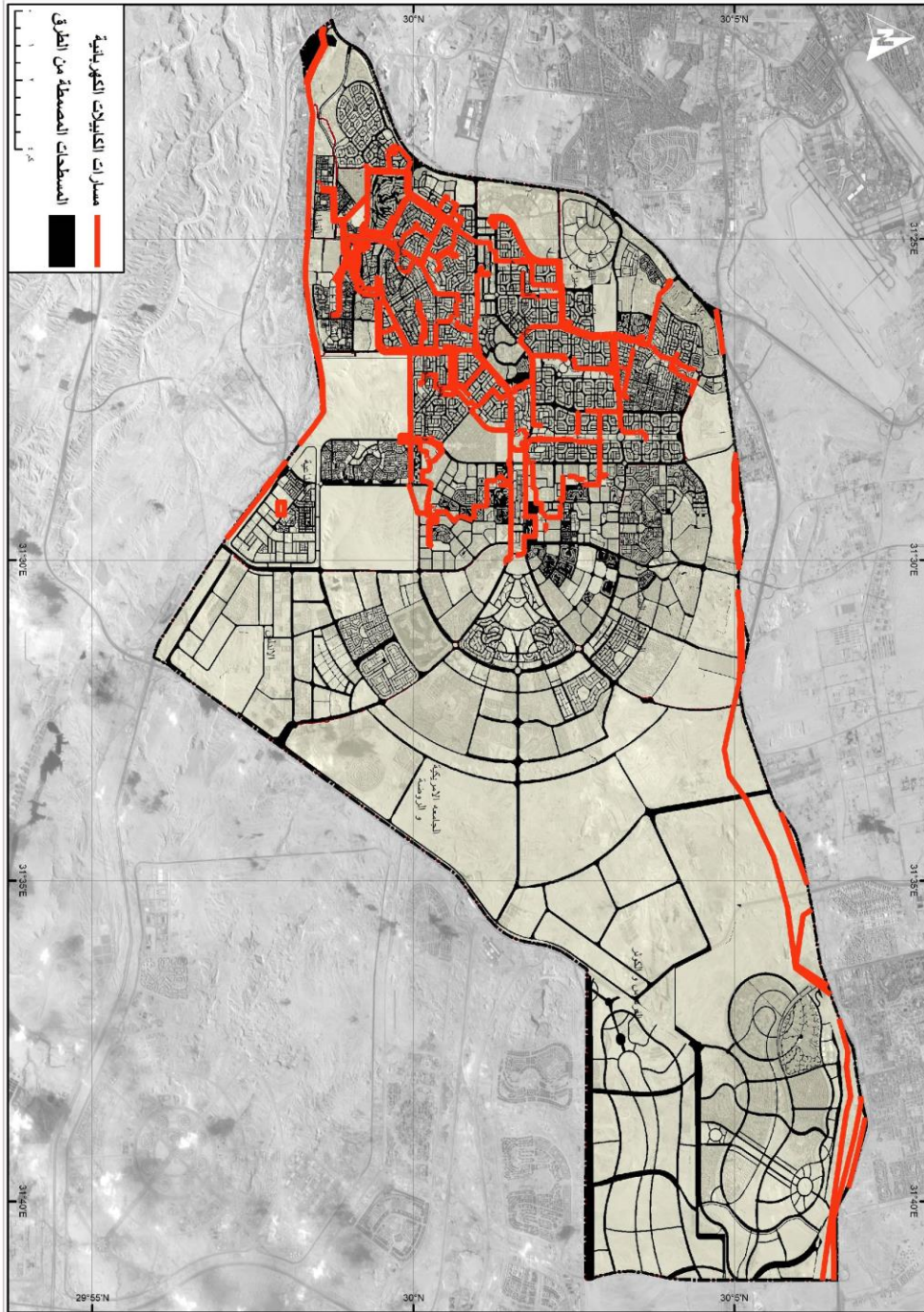
النتائج:

- المناطق المهددة بخطر الجريان السيلي في نطاق مدينة القاهرة الجديدة: تحليل العلاقات المكانية بين كافة مدخلات الدراسة ومن عملية تحويل رقمي لشبكة التصريف المائي السطحي التي تهدد المنطقة اضافة الي التحليل المكاني للمناطق المهددة بخطر الجريان السطحي على كافة أنماط استخدام الأرض بالمنطقة اتضح وجود عديد من المواقع بالمنطقة مهددة بخطر الغرق نتيجة ارتفاع منسوب المياه بفعل الجريان السيلي وما حدث من تعديت عليها كما هو موضح بصور (١) و (٢) و (٣) و (٤)، والتي تؤكد ان التخطيط في المنطقة مخالف لاشتراطات ومعايير التخطيط التتموي الأامن.



المصدر الهيئة العامة للتخطيط العمراني، هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة

شكل (١٧) خريطة استخدامات الأراضي بالمنطقة



المصدر: نتائج تحليل المعادلات المورفو-هيدرولوجية والتحليلات المكانية باستخدام برمجيات ArcGIS.

شكل (١٨) مسارات شبكة الكهرباء بالمنطقة



صورة (١): ارتفاع منسوب المياه في المناطق السكنية، حي التجمع الخامس، ٢٠١٦م



صورة (٣): تفاوت مناسيب بيارات الصرف مع مسارات المياه، ٢٠١٦م



صورة (٢) غرق أحد الجراجات الخاصة، حي النرجس، ٢٠١٦م



صورة (٤): ارتفاع منسوب المياه في الطرق الداخلية، حي التجمع الخامس، ٢٠١٦م

يلاحظ من خلال استخدام برامج النمذجة الجيومكانية للجريان السيلي WMS تأثر عدد هائل من المواقع في كافة انحاء المنطقة بسبب التعديلات الغير محسوبة على مجاري الأودية القديمة وتغير استعمالات الأراضي وعدم احترام مجاري الأودية الرئيسية واتجاهات الانحدار العامة وميول سطح الأرض في عديد من المواقع التي بلغ إجمالي عددها ٨٨٦٩ موقعاً تتفاوت في نطاق توزيعها الجغرافي ودرجة خطورتها بين أحياء المدينة المختلفة.

جدول (٢١) أعداد المواقع المهددة بخطر الجريان السيلي ودرجات الخطورة

اسم الحي	إجمالي عدد المواقع المهددة بخطر الجريان السيلي	تصنيف خطورة الجريان السيلي		
		خطورة متوسطة	خطورة شديدة	خطورة شديدة جداً
إسكان مبارك للشباب	٤٧٦	٣٤٩	٨٢	٠
أكاديمية الشرطة والميراج	٢٩٩	١٨٩	٨٥	٢٥
الأندلس	٣٤٣	٣١٨	٢٤	١
الأنشطة	٣٦٠	٢٤٦	١١٤	٠
التجمع الخامس	١٤٨٧	١٢١٦	٢٧١	٠
الجامعة الأمريكية والروضة	٥١٦	٤٣٤	٧٠	١٢
الرحاب والمستثمرون	٨٢٤	٦٢٥	١٩٧	٢
الفردوس والكوثر	٧٠٢	٥٩١	٩٣	١٨
القطامية	٤٤	٢٤	٢٠	٠
المنطقة الصناعية	١٠٤٣	٩٦٠	٥٧	٢٦
النجس والمستثمرون الجنوبية	٩٦٦	٧١٠	٢٥٦	٠
الياسمين والبنفسج والمستثمرون الشمالية	١٨٠٩	١٤٧٢	٢٩١	٤٦
الإجمالي	٨٨٦٩	٧١٣٤	١٥٦٠	١٣٠

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نتائج التحليلات المورفو-هيدرولوجية وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS وبرنامج WMS لنمذجة الجريان السيلي.

يمكن من شكل (١٩) وجدول (٢١) ملاحظة أن حي "الياسمين والبنفسج والمستثمرون الشمالية" يشغل الترتيب الأول من حيث عدد المواقع المهددة بالغرق بنسبة ٢٠,٤% من إجمالي عدد المواقع بنطاق القاهرة الجديدة وجاء بعدها حي "التجمع الخامس" بنسبة بلغت ١٦,٧% وجاء في الترتيب الثالث حي "المنطقة الصناعية" بنسبة ١١,٨% يليه حي "النجس والمستثمرون الجنوبية" بنسبة ١٠,٩% وحي "الرحاب والمستثمرون" بنسبة ٩,٣% من إجمالي المناطق المهددة بخطر الجريان السيلي. ووفق نمط استخدام الأراضي شغل الاستخدام السكني نسبة بلغت ٧٤,٢% من إجمالي عدد

المواقع المهددة بخطر الغرق بفعل الجريان السيلي يليه مباشرة الاستخدام الترفيهي بنسبة ١١% كأحد أبرز الاستخدامات المهددة بالخطر.

يمكن ملاحظة أن ٧ أحياء فقط بها مواقع ذات درجة خطورة شديدة جداً جاء في الترتيب الأول حي " الياسمين والبنفسج والمستثمرون الشمالية" بإجمالي عدد مواقع ٤٦ موقع يليه حي "المنطقة الصناعية" بإجمالي عدد مواقع بلغ ٢٦ موقعاً يليه حي "أكاديمية الشرطة والميراج" وحي " الجامعة الأمريكية والروضة بعدد مواقع بلغ ٢٥ و ١٢ موقعاً على التوالي، نظراً للكثافة السكانية العالية بالمنطقة وتماشياً مع المشروعات التخطيطية بها والتي مازالت في طور التوسع المستمر فهناك العديد من شبكات البنية التحتية التي تتعطل بشكل متكرر عند تساقط الأمطار وحدوث جريان سيلي ومن أهم شبكات البنية التحتية:

• شبكة الطرق والبنية التحتية:

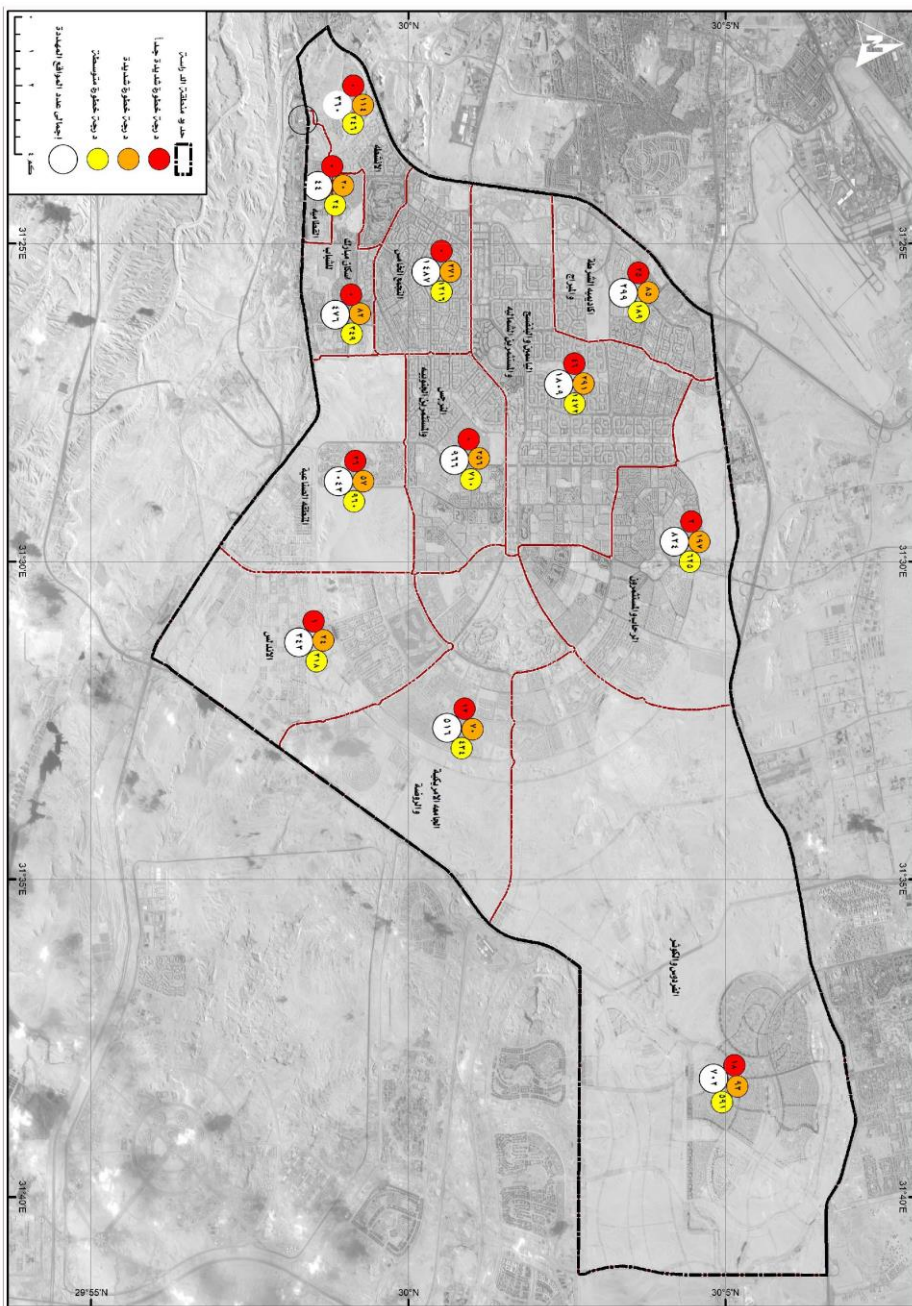
يمكن من تحليل جدول (٢٢) وشكل (٢٠) ملاحظة أن ١٢,٥% من أطوال شبكة الطرق بمدينة القاهرة الجديدة مهددة بخطر الجريان السيلي والغرق نتيجة لتساقط الأمطار، ويعتبر حي " الجامعة الأمريكية والروضة " يشغل المرتبة الأولى من حيث نسبة الخطر للطرق وفق الأطوال بنسبة بلغت ١٩,٢% يليه حي " الياسمين والبنفسج والمستثمرون الشمالية " بنسبة ١٨,٢% يليهم حي "الفردوس والكوثر" بنسبة ١٧,٢% وجاء حي "أكاديمية الشرطة والميراج" في المرتبة الرابعة بنسبة ١٦,٥% بينما جاء كل من حي "النجس والمستثمرون الجنوبية" وحي "التجمع الخامس" في الترتيب الخامس والسادس على التوالي بنسبة بلغت ١٥,٦% و ١٢,٥% كأبرز أحياء مهددة فيها شبكة الطرق بشكل واضح وفق التحليلات الهيدرولوجية.

جدول (٢٢) نسب أطوال الطرق المهددة بخطر الجريان السيلبي على مستوى الأحياء

النسبة الخطر للطرق وفق الاطوال	إجمالي أطوال الطرق المهددة بخطر الجريان السيلبي (كم)	إجمالي أطوال الطرق كم	الحي
١٩,٢	٣٣,٩	١٧٦,٥	الجامعة الأمريكية والروضة
١٨,٢	١٠٩,٦	٦٠٣,٦	الياسمين والبنفسج والمستثمرون الشمالية
١٧,٢	٣١,٢	١٨١,٠	الفردوس والكوثر
١٦,٥	٣٥,٤	٢١٥,٠	أكاديمية الشرطة والميراج
١٥,٦	٤٨,٠	٣٠٧,٦	الزنجس والمستثمرون الجنوبية
١٢,٥	٣٤,٠	٢٧١,٤	التجمع الخامس
٨,٣	٢٣,٠	٢٧٧,٨	الرحاب والمستثمرون
٤,٨	٧,١	١٤٧,٧	الأندلس
٠	٠	١٣١,٠	إسكان مبارك للشباب
٠	٠	٩٥,٢	الأنشطة
٠	٠	٣٣,٤	القظامية
٠	٠	١٣١,١	المنطقة الصناعية
١٢,٥%	٢٣٢,٣ كم	٢٥٧١,٣ كم	الإجمالي

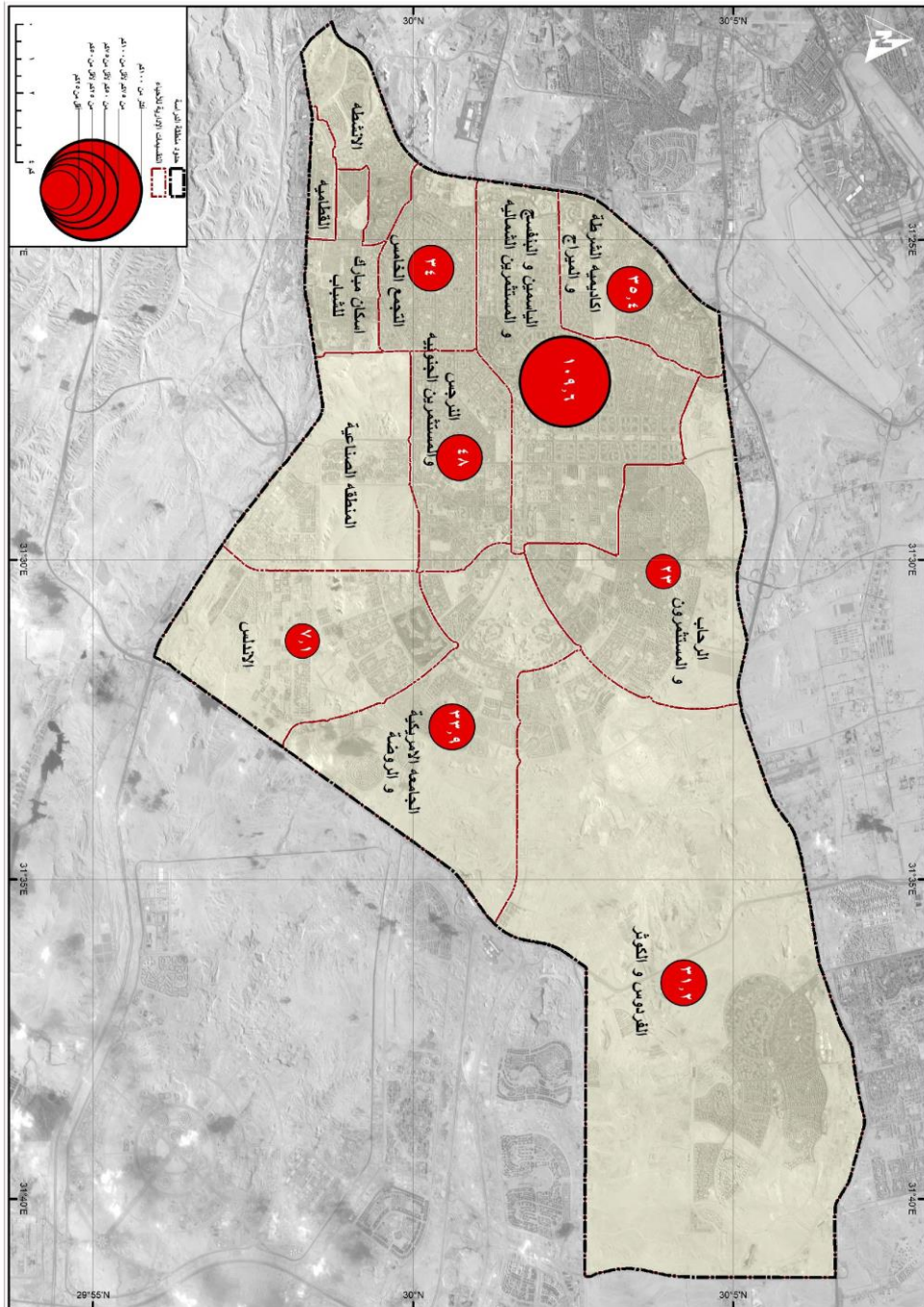
المصدر: نتائج تحليل المعادلات المورفو-هيدرولوجية والتحليلات المكانية باستخدام برمجيات ArcGIS.

يمكن من تحليل شكل (٢١) ملاحظة أن مستويات المياه في المنطقة تتفاوت فيما بينها وإن تراوحت ما بين صفر إلى ٢ متر فوق مستوى سطح الأرض بالمنطقة، وهي قيم تقديرية وفق نظام التدفق المؤقت للمياه من روافد الأودية تشترك معها مناطق الطرق الأسفلتية المصمتة غير المنفذة للمياه، ووفق طبيعة سطح الأرض الانحدارية بكل منطقة، وعبر بناء النماذج الهيدرولوجية المتخصصة، كما أمكن من خلال شكل (٢٢) التأكد من أن سرعة الجريان السطحي للمياه في المنطقة وصلت لقيم مرتفعة جداً حيث بلغت ٢ متر/ثانية بما يعكس معدل انحدار السطح فكلما زاد الانحدار زاد معدل سرعة الجريان وزاد ذلك من عمق تأثر المنطقة بالسيول لضعف أعمال البنية التحتية التي تحمي المدينة من أثر الجريان السيلبي المفاجئ إضافة لاتساع الطرق وعدم وجود مرافق لتمرير المياه علي نحو آمن، هذا وتعتبر كل من أحياء "أكاديمية الشرطة وميراج والياسمين والبنفسج والمستثمرون الشمالية والتجمع الخامس والرحاب والمستثمرون" من أكثر الأحياء المتأثرة بسرعة الجريان المرتفعة مما يشير إلي أنها أكثر المناطق تضرراً بخطر الجريان السيلبي.

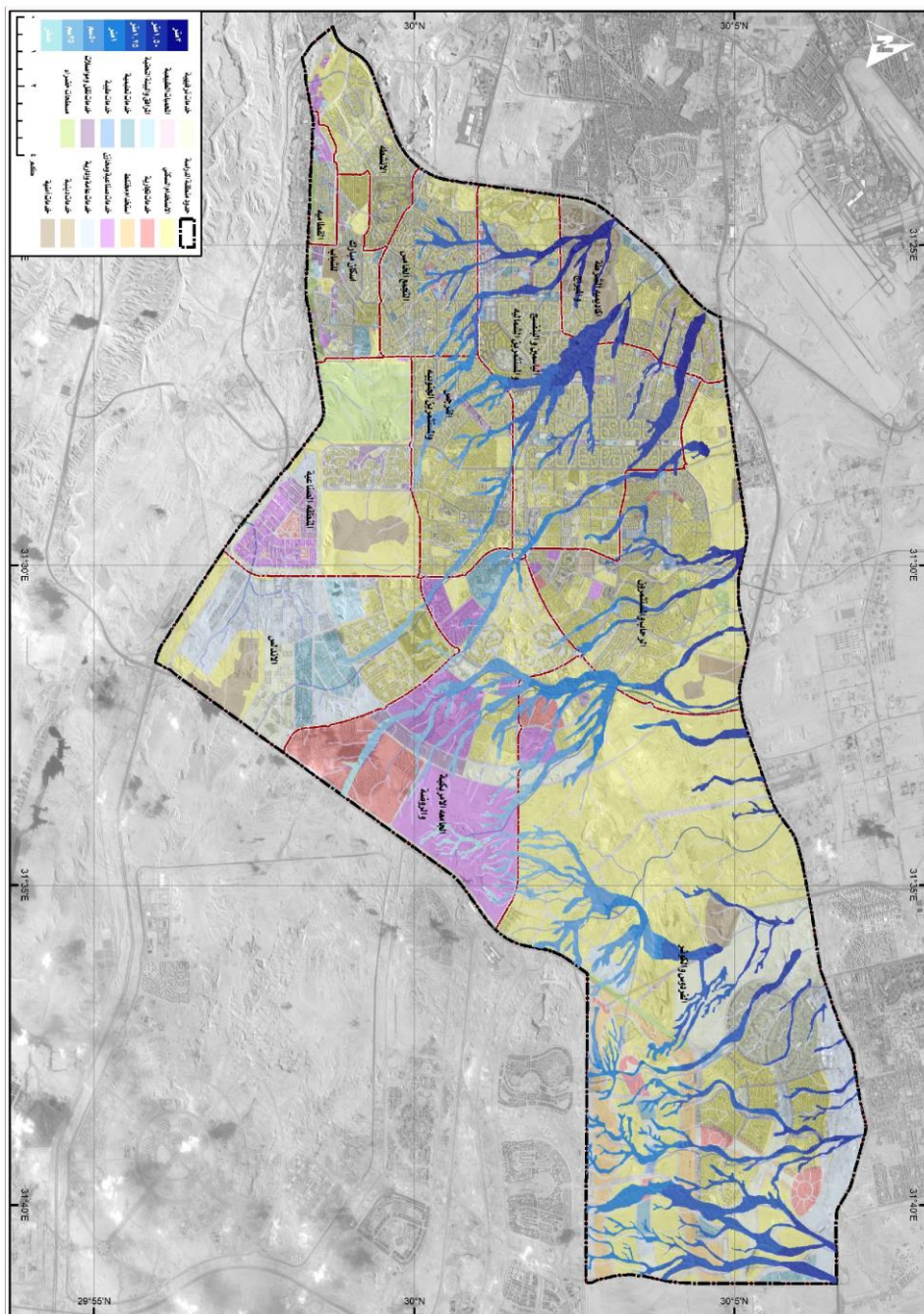


المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نتائج التحليلات المورفو-هيدرولوجية

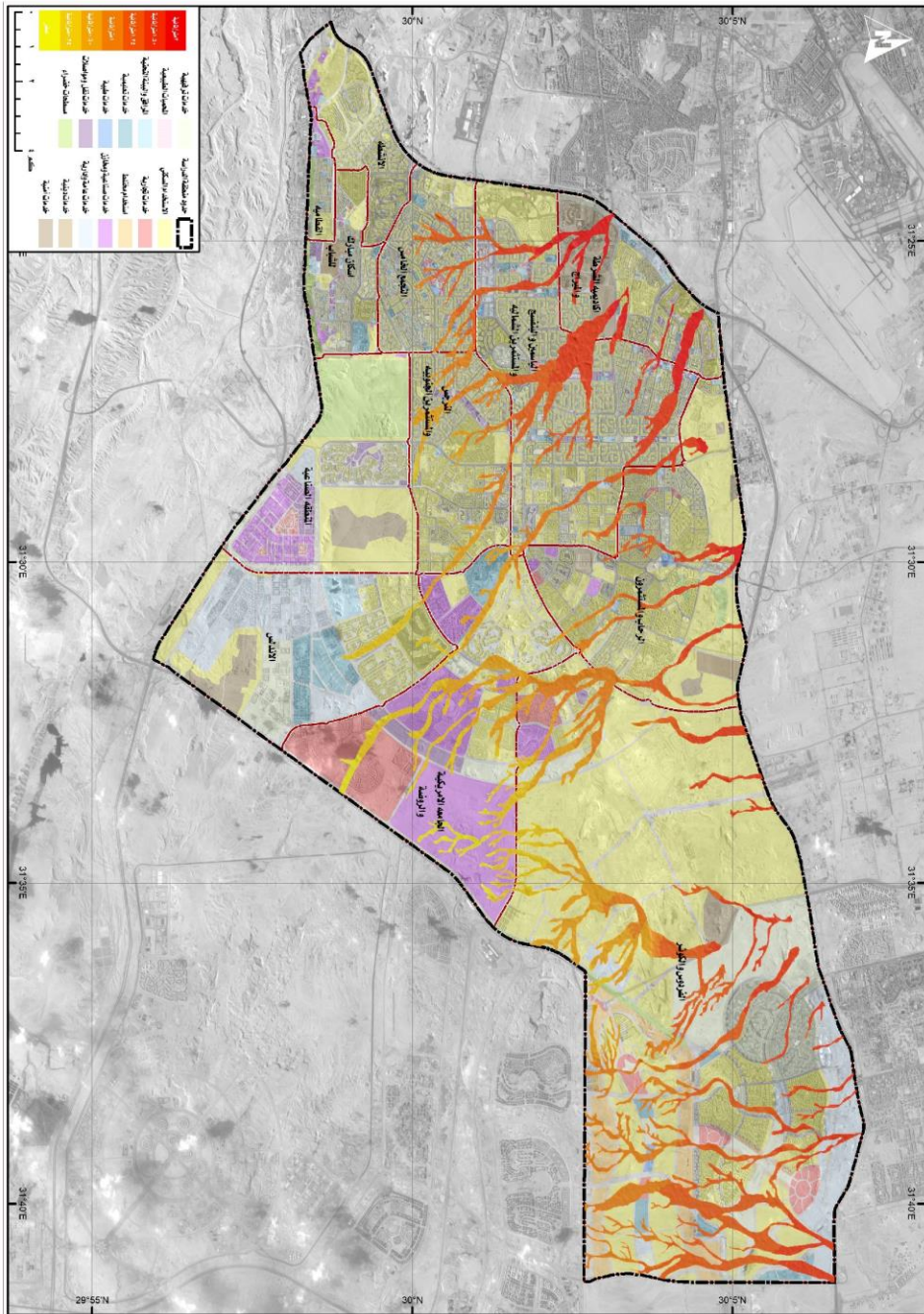
شكل (١٩) المواقع المهددة بخطر الجريان السيلي ودرجاتها بأحياء المنطقة.



شكل (٢٠) مجموع أطوال الطرق المهددة بخطر الجريان السيلي في المنطقة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نتائج التحليلات المورفو-هيدرولوجية
 شكل (٢١) مستويات المياه الناتجة عن الجرين السيلي بأحياء المنطقة.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نتائج التحليلات المورفو-هيدرولوجية

شكل (٢٢) سرعة جريان المياه في المجاري الرئيسة بالمنطقة.

الاستنتاجات:

- تضمنت الدراسة أخطار الجريان السيلي الذي يهدد مدينة القاهرة الجديدة شرق إقليم القاهرة الكبرى وقد خلصت إلى مجموعة من النتائج أهمها ما يلي:
- تقع المنطقة شرق إقليم القاهرة الكبرى العمراني وتعتبر منطقة واعدة تنموياً إذا أخذ في الاعتبار نتائج الدراسات الهيدرولوجية لمواجهة أخطار الجريان السيلي التي تهدد المنطقة بشكل شبه متكرر .
- ركزت الدراسة البحثية على مجموعة من الأودية التي تهدد المدينة وهي أحواض: (أبو دومة، العنقابية، العنقابية العطشانة، العنقابية المروية، وادي أسود، وادي الحزون، وادي الطل، وادي الناصوري، وادي روض حماده، وادي سليمان، وادي أبو عويقلية، وادي الأسمد، وادي الدبة، وادي العظام).
- تمثلت إشكالية الدراسة في تكرار حوادث الجريان السيلي المدمر للمدينة وبنيتها التحتية والتي تؤكد أن المخططين لم يضعوا بالحسبان شبكات التصريف المائي التي كانت موجودة بالمنطقة وإعادة استغلالها على نحو متوافق هيدرولوجيا وبيئياً.
- تتكون المنطقة من تكوينات جيولوجية تراوحت بين الزمن الثالث والرابع الجيولوجي.
- وجود تباين في معدلات سقوط الأمطار وعدم انتظامها وعند تساقطها تتسم بالغزارة مما ينتج عنها أضرار في المباني والمنشآت وشبكات البنية التحتية إضافة لعزل بعض المربعات السكنية وتعطيل حركة المرور .
- أبرزت الدراسة أن استخدام مرئيات الأقمار الصناعية عالية الوضوح أفضل من استنباط شبكات وأحواض التصريف من نماذج الارتفاعات الرقمية فيما يخص أعمال التحليل المورفومترية، لذا يجب الأخذ بمعامل الخطأ عند استخدام DEM المتاحة بشكل مجاني ويجب البحث عن تدقيقها حيث توجد هناك فروق جوهرية عند استخدام طرق الاستنباط الآلية لشبكات التصريف المائي السطحي من النماذج المجانية بدقتها المختلفة وكذلك وجود أخطاء كثيرة بها حيث توجد علاقة عكسية بين دقة نموذج الارتفاع الرقمي المستخدم ودقة النتائج التي يتم التوصل إليها.

التوصيات والمقترحات:

- القيام بإجراء مسح بتقنية الـ **Lidar** ^(١) بهدف معرفة المناطق ذات المناسيب الأرضية المنخفضة في داخل شبكة الطرق بالمدينة إقامة نقاط لتجميع المياه عند المناطق منخفضة المنسوب.
- إقامة نقاط لتجميع المياه بشكل أو آخر وربطه بشبكة مستقلة لإعادة استغلالها بشكل أمثل وبعيداً عن مواسير لصرف الصحي الحالية.
- هناك أخطاء في الاعتماد على نماذج الارتفاعات الرقمية في أغراض التحليل المورفومتري لشبكات التصريف ويجب الاعتماد على نماذج أكثر دقة والرجوع لدراسة وتحليل المناطق في مرحلة ما قبل التنمية والتعمير عبر البيانات القديمة المتاحة عبر إنشاء نماذج ارتفاعات رقمية **DEM** بدقة أكبر للمنطقة ودراستها على نحو أدق عبر استخدام الأساليب الحديثة في الرفع المساحي مثل طائرات "**Drone**" كأحد الحلول المقترحة.
- القيام بدراسة هيدرولوجية لكافة المناطق التخطيطية وخاصة التي تتم في المناطق الصحراوية لتحديد مسارات شبكة التصريف واقتراح الحلول المناسبة لكل منطقة إضافة إلى مراجعة الإجراءات التنظيمية في إقامة المخططات العمرانية الجديدة، مع رفع مستويات الطرق وإعادة تصميمها بشكل متوافق مع اتجاهات وزوايا ميول الجريان المائي السطحي في شبكة الطرق بالمنطقة.
- إصدار نشرات توعوية للمواطنين المقيمين بهذه المناطق والمناطق المماثلة للتوعية بأخطار الجريان السيلفي.
- إقامة مجموعة محطات للإنذار المبكر في المنابع العليا لشبكات التصريف بالمنطقة.
- الاستثمار بشكل أمثل لهذا الكم الهائل من المياه والتي غالباً تذهب سدى إلى أنابيب الصرف الصحي دون أي استغلال لها.

(١) **Lidar**: هو جهاز يعمل على تحديد المدى بالضوء المرسل من الجو ويستخدم أشعة الليزر على شكل نبضات يتم إرسالها وإعادة استقبالها محملة بالبيانات ويمكن من خلالها حساب المسافات والأبعاد المرصودة ويتكون الجهاز من كاميرات ذات مواصفات خاصة يتم تركيبها على سيارة مخصصة ووفق زوايا محددة للتصوير ويتم بناء عليها تصوير كامل المسار المحيط بالسيارة أثناء سيرها لجمع البيانات الميدانية بشكل سريع وبدقة عالية تصل لأدق من ١ سم وتصل معدل النبضات الليزرية لما يزيد عن ١٠٠ ألف نبضة بالثانية.

المراجع العربية والأجنبية:

- ١- أحمد عبد الله، عزة (١٩٨٩): "جيومورفولوجية المنطقة بين القاهرة - السويس"، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة القاهرة.
- ٢- آرثر آسترهلهر ترجمة محمد السيد غلاب (١٩٩٨): "الجغرافيا الطبيعية أشكال القشرة الأرضية"، الجزء الثالث، مكتبة الإشعاع الفنية، الإسكندرية.
- ٣- البارودي، محمد سعيد (٢٠١٢): تقدير أحجام السيول وأخطارها عند المجرى الأدنى لوادي عرنة جنوب شرق مكة المكرمة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، سلسلة بحوث جغرافية جامعة أم القرى العدد ٤٨ ص: ٥٧.
- ٤- الكيالي، مني عبد الرحمن يس، عبد الجواد، صبحي عبد الحميد، (٢٠١٩): أخطار السيول باستخدام النمذجة المكانية، حوض وادي غدير، البحر الأحمر، مصر، المؤتمر الجغرافي الدولي الثاني، مركز البحوث الجغرافية والكارثية الجغرافية، كلية الآداب - جامعة المنوفية.
- ٥- الكيالي، مني عبد الرحمن يس، عبد الجواد، صبحي عبد الحميد، (٢٠٢٠): النمذجة الهيدرولوجية ثنائية الأبعاد للجريان السيلبي، حوض وادي الجمال، البحر الأحمر، مصر، باستخدام تطبيقات الجيوماتكس، المجلة العربية للدراسات الجغرافية AIESA، المجلد الثالث، العدد الرابع "يناير ٢٠٢٠م.
- ٦- بالخير، خالد سعيد، (٢٠٠٨م): نمذجة تدفق المياه السطحية للتنبؤ بحدوث سيول مدمرة وتصميم نظام إنذار مبكر لإدارة الطوارئ، ندوة إدارة الكوارث وسلامة المباني في الدول العربية، وزارة الشؤون البلدية والقروية (١٤٢٩هـ)، الرياض.
- ٧- بوروبة، محمد فضل، فرحان الجعدي، (٢٠٠٧م): تقدير تدفق الذروة للسيول بحوض وادي العين بمحافظة الخرج في المملكة العربية السعودية، مركز البحوث، كلية الآداب، جامعة الملك سعود، الرياض.
- ٨- حبوب، احمد سعيد (١٩٨٦): جغرافية الطقس، بغداد، دار الكتب للطباعة.

- ٩- حسن، محمد قائد حاج (١٩٩٨): النظم الهيدرولوجية الكارستية ونماذج العلاقة بين شبكات الأودية السطحية الجافة وبين المجاري الكارستية الباطنية، نشرة قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الكويتية، العدد ٢١٦.
- ١٠- حفني، كمال (١٩٧٩): "هيدرولوجية الخزان الجوفي بإقليم القاهرة الكبرى"، تقرير غير منشور، معهد بحوث المياه الجوفية
- ١١- خطاب، محمد إبراهيم محمد (٢٠١٤م): تقييم التقنيات الآلية وشبه الآلية لاستخلاص أحواض وشبكات التصريف شرقي محافظة سوهاج "دراسة حالة"، المجلة الجغرافية العربية، العدد ٦٤، ص: ١١٦-٢٠٣
- ١٢- درويش، إبراهيم قائد (٢٠١٧م): النمذجة الخرائطية لمخاطر السيول في حوض وادي منى (مكة المكرمة) باستخدام طريقة CN، المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية، المجلد ١٠، العدد ٢ (٣١ أكتوبر/تشرين الأول ٢٠١٧)، الجمعية الجغرافية السعودية، ص الكارستية. ٤١-٨٣،
- ١٣- سلوم، غزوان محمد أمين (٢٠٠٤): جيومورفولوجية أحواض التصريف المائي (شرق وادي النيل) بين حوض وادي سنور شمالاً وجبل كراهر جنوباً، رسالة دكتوراه، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة أسيوط.
- ١٤- شرف، عبد العزيز طريح (١٩٨٦م): الجغرافيا المناخية والنباتية، دار المعرفة الجامعية، الطبعة الحادية عشر، الإسكندرية.
- ١٥- صالح، احمد سالم (١٩٨٩): "الجريان السيلي في الصحاري، دراسة في جيومورفولوجية الأودية الصحراوية، معهد البحوث والدراسات العربية، العدد ٥١.
- ١٦- عاشور، محمود محمد، جودة حسنين ومجدي تراب ومحمد رمضان (١٩٩١): "المسح الجيومورفولوجي، أساليبه ومجالاته"، الفصل الأول في كتاب وسائل التحليل الجيومورفولوجي، الطبعة الأولى، بدون ناشر، القاهرة.
- ١٧- عبد الجواد، صبحي عبد الحميد (٢٠١٨): أخطار السقوط الصخري للمنحدرات على الطريق الساحلي في منطقة العين السخنة، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد "دراسة في الجيومورفولوجي التطبيقية"، رسالة دكتوراه، غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة حلوان.

- ١٨- عبد الرحمن، عبد الرحمن، ومارديني، جاك (٢٠٠٣): علم حركة المياه "الهيدرولوجيا" مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، منشورات جامعة حلب، كلية الهندسة المدنية.
- ١٩- عبد الكريم، أشرف أحمد على (٢٠١٨): أثر التغيرات المناخية والتوسعات العمرانية علي زيادة مخاطر السيول قرية حجازه - محافظة قنا نموذج باستخدام النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية **WMS & HEC-RAS** ونظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، المؤتمر الدولي الأول للمجموعة المناخية المصرية (المناخ والبيئة - مصر - أفريقيا والعالم)، جمهورية مصر العربية، الفترة ١٣-١٥ أكتوبر ٢٠١٨م.
- ٢٠- عبد الكريم، أشرف أحمد على (٢٠١٩): النمذجة الهيدرولوجية للسيول، الطبعة الأولى، المملكة العربية السعودية، الرياض.
- ٢١- عصفور، محمود عبد اللطيف والسعيد إبراهيم البدوي (١٩٨٣): الدراسة الميدانية في جغرافية العمران مع دراسة تطبيقية على المجمع والدرعية والدمام في المملكة العربية السعودية، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، ١٩٨٣، ص ٧٤.
- ٢٢- فايد، يوسف عبد المجيد من هم وآخرون، (١٩٩٤): "مناخ مصر"، دار النهضة العربية، القاهرة.
- ٢٣- محمود، سمير سامي (١٩٨٩): "منطقة جنوب شرق القاهرة (شرق المعادي وحلوان)، دراسة جيومورفولوجية"، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة القاهرة.
- ٢٤- محمود، سمير سامي (٢٠٠٠): المخاطر البيئية في مصر من منظور جيومورفولوجي، مجلة كلية الآداب، جامعة القاهرة، المجلد ٦٠، العدد ٤
- ٢٥- موسي، عواد حامد (٢٠١١): السيول في منطقة الغردقة، دراسة جيومورفولوجية، مجلة شعبة البحوث الجغرافية، مركز الخدمات للاستشارات البحثية واللغات، كلية الآداب، جامعة المنوفية.
- ٢٦- وزارة الري "مركز البحوث المائية، ومعهد بحوث المياه الجوفية" وأكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا "مجلس بحوث الغذاء والزراعة، شعبه الموارد"، (١٩٨٢):

"دراسة المياه الجوفية بإقليم القاهرة الكبرى"، التقرير النهائي المرحلة الأولى،
القاهرة.

- 27- **Abd El Daiem, A., (1971):** "Hydrological studies of spring in the area of east of Cairo", Unpublished M. Sc. Thesis, Fac. of Sci., Ain Shams Univ., Cairo.
- 28- **Abd El Maboud, M., (2006):** "Eco physiological responses of some Xerophytes from Wadi El Gare, the eastern desert of Egypt", Unpublished M. Sc. Thesis, Fac. of Sci., Al Azhar Univ., Botany Department, Cairo.
- 29- **ABDEL-FATTAH, M. Sameh KANTOUSH, and Tetsuya SUMI (2015):** Integrated Management of Flash Flood in Wadi System of Egypt: Disaster Prevention and Water Harvesting, Annuals of Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., No. 58 B.
- 30- **Amr Mohamed Sabry Mahsop Saleem (2018) :** The Anthropogenic Geomorphology of the New Suburbs, East of Greater Cairo , Egypt Bulletin de la Société de Géographie d'Égypte, 91, p. 1-28.
- 31- **Ashraf Abdelkarim, and Ahmed F.D. Gaber (2019):** Flood Risk Assessment of the Wadi Nuzman Basin, Mecca, Saudi Arabia (During the Period, 1988–2019) Based on the Integration of Geomatics and Hydraulic Modeling: A Case Study, Volume 11 Issue 9 | Sept. 2019, mdpi.com/ journal/ water, ISSN 2073-4441
- 32- **Bokhari, A.Y. and M.Z.A. Khan, (1992):** Deterministic modeling of Al-Madina Al-Munwarah Groundwater quality using lumped parameter approach. J. KAU Earth Sci., 5: 89-107
- 33- **Chorley, R.J., Beckinsale, R and Dunn, A.j (1973):** The History of the study of landforms or the development of Geomorphology the life and work of William Morris Davis, Vol.2 m London.
- 34- **Dureuil, P., (1974:)** "Initiation a l'analysehydrologique", Masson & Cie et ORSTOM Editeurs, Paris, ISBN: 2-225, Vol.40, pp.140-143

- 35- **Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO) (1998):** "World reference base for soil resources", Rep. No. 84.
- 36- **Gatimel.A& Pons. A., (2000):** Etude Hydrologique Du Bassin Versant Du Saleix, Science de l'eau et de l'environnement. Parde, 1960
- 37- **Ghobrial, G., (1971):** "Geological studies in the area east of Maadi", Unpublished M. Sc. Thesis, Fac. of Sci., Cairo Univ.
- 38- **Hartshorn, T. A., (1971):** Inner City Residential Structure and Deline, A. A. A. G., Vol. 161, No. 1, March 1971, P. 229.
- 39- **Himidah, I. & Et al., (1972):** "Some hydrogeological and hydrogeochemical studies of the ground water in and around Cairo", Bull. De La Soc. De Geog. De Egypte, Tome.
- 40- **M. G. El-Behiry, A. Shedid, A. Abu-Khadra and M. El-Huseiny (2006):** Integrated GIS and Remote Sensing for Runoff Hazard Analysis in Ain Sukhna Industrial Area, Egypt, Journal of King Abdul Aziz University , Earth Sciences, 17, Issue 1.
- 41- **Mabrook, B., (1979):** "The hydrology of ground water in the region east of the Nile Delta", Unpublished M. Sc. Thesis, Fac. Sci., Zagazig Univ., Zagazig.
- 42- **PNUD-OPE., (1987):** RessourcesEnEau Dans Les Pays De l'Afrique Du Nord, Projet RAB/80/011, Guide Maghrébin Pour l'exécution Des Etudes Et Des Travaux De RetenuesCollinaires, OPU, AlgerRaghnath, 2006
- 43- **Raghnath H, M. (2006):** Hydrology: principles analysis and design; Revisal Second Edition Limited, New Delhi: P. 150
- 44- **Raghnath, H.M., (1991):** Hydrology: Principles, Analysis and Design. Wiley Eastern Limited, New DelhiRaghnath,1991
- 45- **Réméniéras, G., (1972):** Hydrologie De l'Ingénieur, Eyrolles, 3ème Edition, Paris
- 46- **Said, R., (1962):** "Geology of Egypt", El Sevier Publ. Co. Amsterdam.
- 47- **Said, R., (1963):** Note on the Biostragraphy of the Middle and Upper Eocene Sections in Egypt. First Sabaran Symp., Rev. Inst. François Petrol, Vol. 18, No. 10. Pp.182-185.

- 48- **Shukri, N., (1953 A):** "The geology of the desert east of Cairo", Bull. Inst. Desert Egypt, Tome 3, Vol. 2.
- 49- **Sultann, S. A. and Mohamed, A. S. (2000) :** Geophysical Investigation for Groundwater at Wadi Guayas, Northeastern part of Eastern Desert, Egypt, Annals of the Geological Survey of Egypt, Cairo.
- 50- **Surman. Ali U. (1994):** Estimation of Flood Peak using remote Sensing Techniques; Case study: Wadi Itwad, Southwestern Saudi Arabia, JKAU: Met., Env., Arid Land Agric. Sci., Vol. 5, pp 161-177.
- 51- **USDA-SCS. (1986):** Urban hydrology for small watershed, department of agriculture, Technical Release 55 (TR-55) (Second ed.), USA
- 52- **Young, A. (1972):** Slopes, Oliver & Boyed, Edinburgh.