حوليات آداب عين شمس المجلد 49 (عدد يناير – مارس 2021)
http://www.aafu.journals.ekb.eg
(دورية علمية محكمة)
جامعة عين شمس
كلية الآداب

دراسة هيدروموفورمترية لسيل الأول من نوفمبر 2020 بمدينة رأس غارب – مصر

معوض بدوى معوض

قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية – كلية الآداب – جامعة عين شمس – القاهرة – مصر
e-mail: moawad.badawy@art.asu.edu.eg

(يحتوى على 10 أشكال و4 جداول)

الملخص

تعرضت مدينة رأس غارب فى الأونة الأخيرة لتكرار حدوث السيول المفاجئة التى أدت إلى إغلاق الطريق الساحلى وتعطل حركة النقل الرئيسية من وإلى محافظة البحر الأحمر، ويعتبر سيل 26 و 27 أكتوبر 2016 أسوأها منذ 50 عامًا، حيث أودى بحياة العشرات وتخريب البنية التحتية والممتلكات. كما تعرضت المدينة مؤخرًا فى يوم الأحد الموافق الأول من نوفمبر 2020 لسيل أخر مماثل لكنه أقل حدة من سيل 2016، والتى قُدر فيها صافى حجم الجريان بنحو 954.6 مليون م^3. ويهدف هذا البحث إلى دراسة الخصائص الهيدرومورفومترية لسيل الأول من نوفمبر 2020 بهدف تقدير حجم الأمطار والفواقد وصافى حجم الجريان فى الأودية التى تقطع الطريق الساحلى فى منطقة رأس غارب، وسبل الاستفادة من مياه الأمطار والحد من أضرار السيول المتكررة. وقد استُخدم فى ذلك عدد من وسائل البحث المتقدمة منها التحليل الموفومترى واستخراج شبكات التصريف والأودية من نماذج الارتفاعات الرقمية بعد تصحيحها، وصور لاندسات وصور تفصيلية من Google Earth Pro، وتحليل بيانات المطر المستمدة من الأقمار الصناعية من نوع PERSIANN-CDR وPERSIANN-CCS لتقدير حجم مياه الأمطار، وحساب الفواقد بالتبخر– نتح وكذلك بالتسرب فى التربة، وذلك باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.

واستنتجت الدراسة أن أودية منطقة الدراسة قد استقبلت ما يقرب من 2 مليون م^3 من مياه الأمطار فى وادى أبو حاد ، و 1.3 مليون م^3 فى وادى الدرب، وبلغ إجمالى حجم الفواقد نحو 729,814.4 م^3 فى وادى أبو حاد، و911,407.4م^3 فى وادى الدرب. وبلغ صافى الجريان 1,390,182.92 م^3 فى وادى أبو حاد بنسبة 65.57 % من حجم الأمطار التى سقطت على

الوادى، و428,893.73 م^3 فى وادى الدرب بنسبة 31.99 % من حجم الأمطار التى تلقاها الوادى.

الكلمات المفتاحية: وادى أبو حاد، وادى الدرب، مدينة رأس غارب، السيول، نظم المعلومات الجغرافية، مصر

© جميع حقوق الطبع والنشر محفوظة لحولية كلية الآداب - جامعة عين شمس 2021.

1. المقدمة

يمتاز مناخ الصحارى الحارة عامَّة بكونه حارًا وجافًا معظم أيام السنة مع ندرة الأمطار، ومع ذلك تتعرض بعض أجزاء الصحراء بين الحين والأخر لسقوط أمطار غزيرة مفاجئة شديدة التركز نتيجة العواصف الطقسية العارضة، والتى تعتبر مصدرًا هامًا لتغذية خزانات المياه تحت السطحية، والتى تدعم سُبل الحياة المختلفة فيها، مثل الزراعة والرعى وغيرها من الأنشطة الإقتصادية الأخرى، إذا ما أُحسن استغلال هذه المياه. لكن فى ذات الوقت قد ينتج عنها سيول مدمرة ومميتة فى معظم الأحيان بكل أسف.

وتهتم الدراسات الهيدرولوجية فى الصحارى بفهم طبيعة السيول فى الصحارى، والعوامل التى تؤدى إلى حدوثها، ومعرفة الأسباب التى تؤدى إلى سقوط الأمطار الفجائية الشديدة، وسُبل التنبؤ بحدوثها، وسُبل حسن استغلالها، وهو أمر لازال شديد التعقيد إذ يختلف تواتر وشدة السيول في الصحراء من عام لأخر، نظرًا للاختلاف الكبير فى معدلات سقوط الأمطار زمنيًا ومكانيًا (Warner, 2004)، لذا يصعب توقعها في الصحراء بشكل دقيق (Reid et al.1994).

ويرجع حدوث السيول فى مصر بوجهٍ عام إلى الأمطار الغزيرة المصاحبة للعواصف الرعدية الشديدة، وهي مرتبطة بظروف جوية خاصة تحدث بشكل دورى وفي أماكن منفصلة، إذ نادرًا جدًا ما تؤدي الأحوال الجوية إلى سيول مفاجئة تغطي معظم أنحاء البلاد. وتحدث السيول فى بضعة أيام محددة خلال الفترة الممتدة بين أكتوبر ومايو من كل عام نتيجة تعرض مصر لعدد من المنخفضات الجوية المؤثرة في أحوالها المناخية (خالد محمد مدكور علي ، 2020). وبالرغم من انخفاض المعدل العام لسقوط الأمطار فى مصر، إلا أن كثافة الأمطار وتركيزها يزداد فى تلك الفترة إلى الحد الذي تصل فيه كميات كبيرة من المياه إلى سطح الأرض وتتسبب في تدفق السيول في وقت قصير جدًا، بسبب قلة فقدان الماء من خلال التبخر وامتصاص التربة. ولقد ازداد حدوث السيول الفجائية والمخاطر الناجمة عنها خلال الـ 40-50 سنة الماضية نتيجة زيادة الأنشطة البشرية في الصحاري المصرية لأغراض استصلاح الأراضي (Embabi, 2018).

ويتميز حدوث السيول فى مصر بالتوطن المحلي، إذ تحدث فى مناطق بعينها فى صعيد مصر ، الصحراء الشرقية، وشبه جزيرة سيناء، وتؤدى بكل أسف إلى خسائر إقتصادية كبيرة وأحيانًا خسائر فى الأرواح والممتلكات، مثل سيول درونكة (أسيوط - مصر) فى 2 نوفمبر 1994 (محمود محمد محمد خضر 1997 ؛ Ashour, 2002)، وسيل وادى العريش (شمال سيناء) فى 18 يناير 2010، والتى تعد الأسوأ خلال العقود القليلة الماضية (Moawad, 2013).

وقد تعرضت مصر لعدد من المنخفضات الجوية فى نهاية أكتوبر وبداية نوفمبر 2020 نتيجة لحركة الذبذبة الشمالية لمنخفض السودان الموسمي وأخدود البحر الأحمر RST، صاحبه تعمق لمنخفض جوي بارد في طبقات الجو العليا، وتزامن معهما ارتفاع في درجة حرارة المياه السطحية لمنطقة شرق البحر المتوسط، والتقاء التيار النفاث القطبي والمداري فوق الأراضي المصرية.

وتعتبر مدينة رأس غارب من المدن المتأثرة بالسيول التى حدثت فى يوم الأحد الموافق الأول من نوفمبر 2020، وتسببت فى عزل عدد من المدن الساحلية عن باقى أجزاء الجمهورية، وقطع الطرق الرئيسية على المسافرين ومحاصرتهم بسيارتهم على الطريق المؤدية إلى محافظة البحر الأحمر. والواقع أن منطقة رأس غارب تتعرض بين الحين والأخر لأحداث السيول، ولعل أعنفها تلك التى حدثت فى 26 و 27 أكتوبر 2016، والتى أودت بحياة العشرات وتخريب البنية التحتية والممتلكات (Elnazer et al. 2017)، والتى قدر فيها صافى الجريان فى أحواض منطقة الدراسة بنحو 954.6 مليون م^3 (نصر الدين محمود أحمد سالم 2019).

وأدت سيول الأول من نوفمبر 2020 إلى إغلاق الطريق الساحلى خاصة ما بين الغردقة - رأس غارب بسبب الأضرار الجسيمة التي أصابته من جراء السيول وسط ازدحام مركبات النقل الثقيل وأصحابها (شكل 1). وقضى مئات العائلات وسائقي الشاحنات ليلة صعبة على الطريق دون خدمات أو استراحات، مما أجبر معظمهم على النوم في سياراتهم بسبب الأضرار التى لحقت بالطريق من جراء مياه السيول التى أدت إلى إنهيار طبقة الأسفلت، على الرغم من سقوط المطر لمدة تقل عن 30 دقيقة حسب ما ذكره شهود العيان.

وتسبب تدفق مياه الأمطار في انقلاب حافلة سياحية على طريق الغردقة وانجراف عدد من السيارات والشاحنات عن الطريق. وأظهرت الصور ومقاطع الفيديو المتداولة فى وسائل الإعلام ووسائل التواصل الإجتماعي تضرر العديد من الطرق في المدن الساحلية بسبب الأمطار، وتعطلت حركة المرور على الطرق الرئيسية وسط استياء من تكرار الأزمة كل عام دون تدخل حكومي. كما أعلنت الإدارة العامة للمرور غلق سبعة طرق حيوية بسبب الأمطار والرياح الترابية وانعدام الرؤية لمنع وقوع أى حوادث.

ويهدف هذا البحث إلى دراسة الخصائص الهيدرومورفومترية لسيل الأول من نوفمبر 2020، بهدف تقدير حجم الأمطار والفواقد وصافى حجم الجريان فى الأودية التى تقطع الطريق الساحلى فى منطقة رأس غارب، وسبل الاستفادة من مياه الامطار والحد من أضرار السيول المتكررة، وذلك باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.

2. موقع منطقة الدراسة

تقع مدينة رأس غارب على الساحل الغربى لخليج السويس على مسافة 150 كم شمالًا من مدينة الغردقة على ساحل البحر الأحمر، وتبعد حوالى 302 كم من القاهرة العاصمة عبر طريق القاهرة السويس – العين السخنة – الطريق الساحلى. كما تبعد بنحو 240 كم عن مدينة بنى مزار بمحافظة المنيا عبر طريق المنيا الصحراوى – الشيخ فضل – رأس غارب والذى يقطع وسط الصحراء الشرقية لمصر. وتقع المدينة فلكيًا عند تقاطع خط طول 4□ 33° شرقًا مع دائرة عرض 20□ 28° شمالًا.

وتتبع مدينة رأس غارب محافظة البحر الأحمر إداريًا، حيث يحدها شمالًا حدود محافظة البحر الأحمر مع محافظة السويس والتى تتماشى مع طريق الزعفرانة - الواسطى عبر وادى عربة الفاصل بين الجلالتين البحرية والقبلية، ومن الشمال الغربى الكيلو 46 طريق الزعفرانة الكريمات، ثم من الجنوب منطقة جبل الزيت على بعد 50 كم تقريبًا، ويحدها من الشرق خليج السويس بداية من الزعفرانة على ساحل البحر الأحمر وحتى جبل الزيت، وأخيرًا يحدها من الغرب طريق رأس غارب الشيخ فضل – المنيا حتى الكيلو 75 تقريبًا.

شكل 1: أثر سيول الأول من نوفمبر 2020 على الطرق الرئيسية برأس غارب

(منقولة عن وسائل الإعلام والبوابة الإعلامية لمحافظة البحر الأحمر)

وتعد مدينة رأس غارب من أهم مدن مصر على ساحل البحر الأحمر بعد مدينة الغردقة، نظرًا لوجود عدة منصات بحرية لاستخراج البترول بجوارها في خليج السويس والتى تصب في محطات الشحن برأس غارب، حيث تعتبر رأس غارب من أكبر مراكز مصر إنتاجًا للبترول. كما يعمل ميناء رأس غارب على استقبال وشحن وتفريغ ناقلات البترول وتقديم الخدمات البترولية والبحرية للسفن المارة بخليج السويس، كما يوجد بالمنطقة ثروات معدنية هامة وتتمثل فيما يزيد عن 200 محجر لاستخراج وتعدين الخامات المختلفة مثل الرخام والكاولين والرمال البيضاء التى تدخل فى صناعة الزجاج والكوارتز والفلسبار.

كما تضم مدينة رأس غارب أنشطة سياحية متنوعة لا سيما الدينية منها، حيث يتبعها أثنين من أقدم الأديرة المسيحية في العالم، وهما من المزارات السياحية التى تستقطب السياح من جميع أنحاء العالم وهما دير الأنبا بولا ويقع على بعد 85 كم شمال مدينة رأس غارب، و دير الأنبا أنطنيوس ويقع على بعد 37 كم من بطريق الزعفرانة - الكريمات.

3. طريقة الدراسة

1.3. الخرائط الطبوغرافية مقياس رسم 1: 50.000 الصادرة عن إدارة المساحة العسكرية بالقاهرة (جدول 1). وقد تم تعريف إحداثيات الخرائط الطبوغرافية وفقا لنظام مركيتور المستعرض العالمى UTM، والنظام الجيوديسى المرجعى العالمى WGS 84، النطاق N36. وقد استخدمت هذه الإحداثيات كنظام مرجعى أساسى لكل البيانات المكانية الواردة فى هذا البحث، بحيث يسهل تكامل البيانات المكانية مع بعضها البعض ومعايرة نموذج الارتفاعات الرقمى قبل استخراج شبكات التصريف المائى، وكذلك إجراء كافة الحسابات الخاصة بالأطوال والمساحات والمطر والفواقد بالتسرب أو التبخر- نتح المحتمل والجريان السطحى بوحدة قياس مناسبة (المتر ومعاملاته).

جدول 1. لوحات الخرائط الطبوغرافية التى تغطى منطقة الدراسة

اللوحة	سنة الإصدار	جهة الإصدار
رأس أبو بكر	1969	إدارة المساحة العسكرية
رأس غارب	1971	إدارة المساحة العسكرية
جبل أبو حاد	1981	إدارة المساحة العسكرية
جبل أم ربول	1975	إدارة المساحة العسكرية
جبل غرمول	1981	إدارة المساحة العسكرية
جبل غارب	1975	إدارة المساحة العسكرية

2.3. صورة القمر الصناعى الأمريكى لاندسات-8: بتاريخ 19 نوفمبر 2020 رقم 040/175 بدقة وضوح أرضى 30×30 متر للقنوات من 1-7 و9 ، و15 متر للقناة 8 البانكروماتية، مع استبعاد القنوات 10 و11 لعدم الحاجة إلها فى الدراسة الحالية. وقد تم زيادة دقة الوضوح الأرضي إلى 15 متراً باستعمال القناة الثامنة البانكروماتية عن طريق دمج الدقة لاستخدام الصور كأساس لدراسة الغطاء الأرضى وتصنيف التربة الهيدرولوجية بواسطة التصنيف المراقب supervised classification، وذلك لما لهذه العناصر من تأثير كبير فى حساب كمية الفواقد المائية وتأثيرها على محصلة حجم الجريان المائى.

3.3. صور تفصيلية من Google Earth Pro ver. 7.3.3: يوفر برنامج Google Earth Pro صوراً مختلفة الدقة المكانية، وقد اعتمدت الدراسة الحالية على الصور ذات الدقة المكانية العالية من نوع Quick Bird، حيث تصل دقتها المكانية إلى 61 سم للخلية. وقد تم تجميعها بواسطة برنامج stitch map وتصديرها مع الاحتفاظ بخصائصها الهندسية بحيث يسهل تكاملها مع بيانات الاستشعار الأخرى. وقد استخدمت هذه الصور فى رسم شبكة الطرق الداخلية بمدينة رأس غارب.

4.3. نموذج الارتفاعات الرقمى من نوع SRTM الإصدار الثالث: وهى صور خاصة بارتفاعات السطح أصدرتها وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) من المكوك الفضائى المعروف بأسم Shuttle Radar Topography Mission والذى يعمل بتقنية الرادار فى القناة C لحساب ارتفاعات السطح. ويمثل الإصدار الثالث صور ارتفاعات سطح الأرض فى نسختها النهائية

والتى بدأت فى الظهور تباعًا منذ 24 سبتمبر 2014 بعد تصحيح حدود المسطحات المائية وخطوط السواحل، وكذلك معالجة القيم الناقصة void pixels والقيم الشاذة (القمم والمنخفضات peaks and sinks). وقد صدرت هذه النسخة بدقة وضوح أرضى قدرها 30 متر، ويمكن تحميلها بالمجان بعد التسجيل فى موقع https://earthexplorer.usgs.gov/.

5.3. بيانات المطر: نظراً لغياب محطات الرصد داخل أحواض الأودية وفوق المرتفعات الجبلية التى تتلقى فعلياً قدرًا أكبر من المطر مما تتلقاه الأراضى المنخفضة على طول الساحل المجاور في منطقة خليج السويس والبحر الأحمر، فقد اعتمدت الدراسة الحالية على المعدلات المناخية المتوفرة لمحطة رأس غارب كبيانات استرشادية فقط. أما دراسة الخصائص الهيدرولوجية لأحداث السيل فقد اعتمدت على بيانات الأمطار المستخرجة من صور الأقمار المناخية والمعروفة بمشروع PERSIANN، وذلك فى نفس توقيت سقوط الأمطار فى الأول من نوفمبر 2020، وهى بيانات يصدرها مركز الأرصاد الجوية الهيدرولوجية والاستشعار عن بعد (CHRS) في جامعة كاليفورنيا. ويوفر النظام تقديرات يومية للأمطار باستخدام بيانات الأشعة تحت الحمراء من نوع GridSat-B1 وتعديلها باستخدام المنتج الشهري لبيانات المناخ العالمية. واستخدمت الدراسة الحالية نوعين من هذه البيانات: النوع الأول PERSIANN-CDR*، وقد استخدمت هذه الصور في تتبع العاصفة المطرية على مدار 24 ساعة. أما النوع الثاني فيعرف بأسم PERSIANN-CCS**، وتصل الدقة المكانية لهذا النوع من الصور (حجم الخلية) 2.7 كم×2.7 كم ، ومن ثم يتيح إمكانية تقدير سقوط الأمطار على مستوى أحواض التصريف بمنطقة الدراسة.

6.3. الخرائط الجيولوجية: اعتمدت الدراسة الحالية على الخرائط الجيولوجية مقياس 1: 500,000 للوحتين رقم (NH 36 SW-Beni Suef) و (NG 36 NE-Quseir)، الصادرتين بتاريخ 1987 عن كونكوكورال - الهيئة المصرية العامة للبترول (Klitzsch et

* PERSIANN-CDR =Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks -Climate Data Record.
** PERSIANN-CCS =PERSIANN-Cloud Classification System.

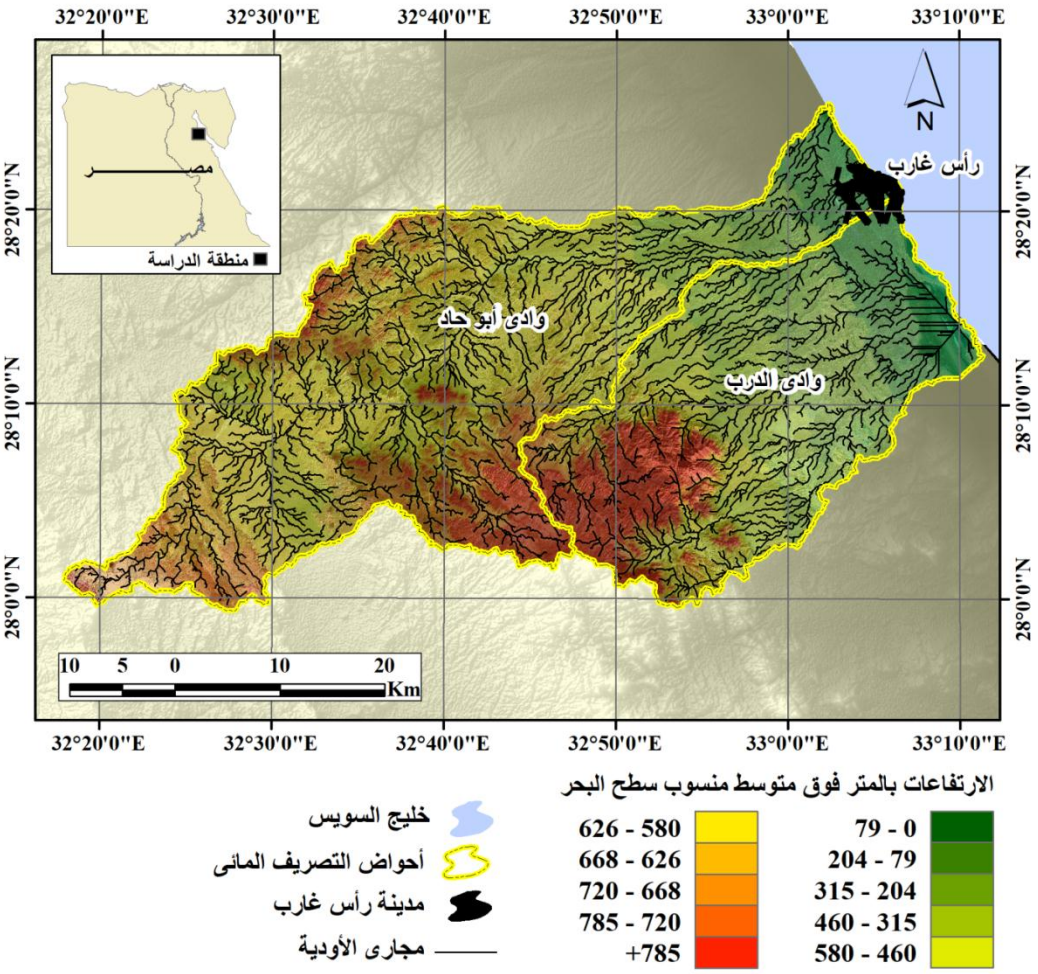
al., 1987)، وكذلك الخريطة الجيولوجية لجبل غارب بمقياس رسم 1 : 100,000 والصادرة عن Ministry of Petroleum, The Egyptian Mineral Resources Authority فى عام 2005، وذلك لدراسة التكوينات الجيولوجية السطحية للمساعدة فى تصنيف التربة الهيدرولوجية، ودراسة خطوط البنية الرئيسية للوقوف على مدى تأثيرها على محاور الأودية وصافى الجريان.

4. الخصائص الطبيعية العامة

1.4. مظاهر السطح

يوضح (شكل2) تتدرج تضاريس السطح فى منطقة الدراسة بين 1750 م فوق متوسط منسوب سطح البحر وحتى خط كنتور 100 متر تقريبًا والذى يمثل الحافة الشرقية للسلسة الجبلية، ليبدأ بعدها السهل الساحلى فى التدرج من 120م حتى خط الساحل. ويمكن تمييز عدد من القمم الجبلية فى منطقة الدراسة منها جبل أبو خشبة 1461 م، جبل غارب 1750 م، جبل أم ربول 1001 م، جبل غويرب 1359 م، جبل سمر القاع 893 م، جبل سمر العبد 1069 م، بالإضافة إلى عدد من القمم المحلية غير المسمّاة.

وتغطى هذه المنطقة مجموعة من الأودية القصيرة التى تنحدر من الغرب إلى الشرق وصولًا لخليج السويس، ولعل أهمها وادى أبو حاد ووادى الدرب، وهما من الأودية الرئيسية. ويشغل طريق الشيخ فضل – رأس غارب قطاع كبير من المجرى الرئيسى لوادى أبو حاد، قبل تقاطعه مع الطريق الساحلى الرئيسى. وينتهى وادى أبو حاد بدلتا فيضية كبيرة نسبيًا تمتد من شمال حقل بترول بكر 1 (2.5 كم شمالًا من رأس بكر)، وحتى رأس غارب جنوبًا، بواجهة بحرية تصل نحو 7 كم تقريبًا وبطول 10.3 كم، لتشغل بذلك مساحة قدرها 61.4 كم^2 تقريبًا. ويغطى الوادى الرئيسى مساحة تقدر بنحو 1339.5 كم^2، بطول يزيد عن 90 كم على طول المجرى الرئيسى. ويقطع دلتا الوادى مجموعة من مخرات السيول المتعمقة التى تجرى متوازية تحت تأثير الإنحدار العام للسطح من الغرب إلى الشرق لتنصرف إلى خليج السويس.



شكل 2: موقع منطقة الدراسة وارتفاعات السطح*

(المصدر: مستخرجة من نموذج الارتفاعات الرقمى SRTM والخرائط الطبوغرافية)

أما وادى الدرب فيقع إلى الجنوب مباشرة من وادى أبو حاد، ويجمع شبكة تصريفه من جبل غارب، ويتجه من الغرب إلى الشرق لمسافة تزيد عن 35 كم على طول المجرى الرئيسى، وعند عبوره خط كنتور +100 متر ينثنى الوادى بشدة ناحية الجنوب الشرقى بمحاذاة حافة السلسلة

* تم تقسيم فئات الارتفاع فى الخريطة بطريقة التصنيف الكمى quantile classification لتمييز المرتفعات بشكل أفضل بديلًا عن الفئات المتساوية، نظرًا للفارق الكبير فى الارتفاع بين المناطق السهلية والجبلية.

الجبلية ليلتحم به أودية أبو خشبة وأم اليسر، ينتهى بعدها الوادى الرئيسى عند سبخة الملاحة وخليج السويس. بذلك تصل مساحة وادى الدرب نحو 878.3 كم^2، إذا ما أضفنا إليها مساحة كل من أودية أبو خشبة وأم اليسر.

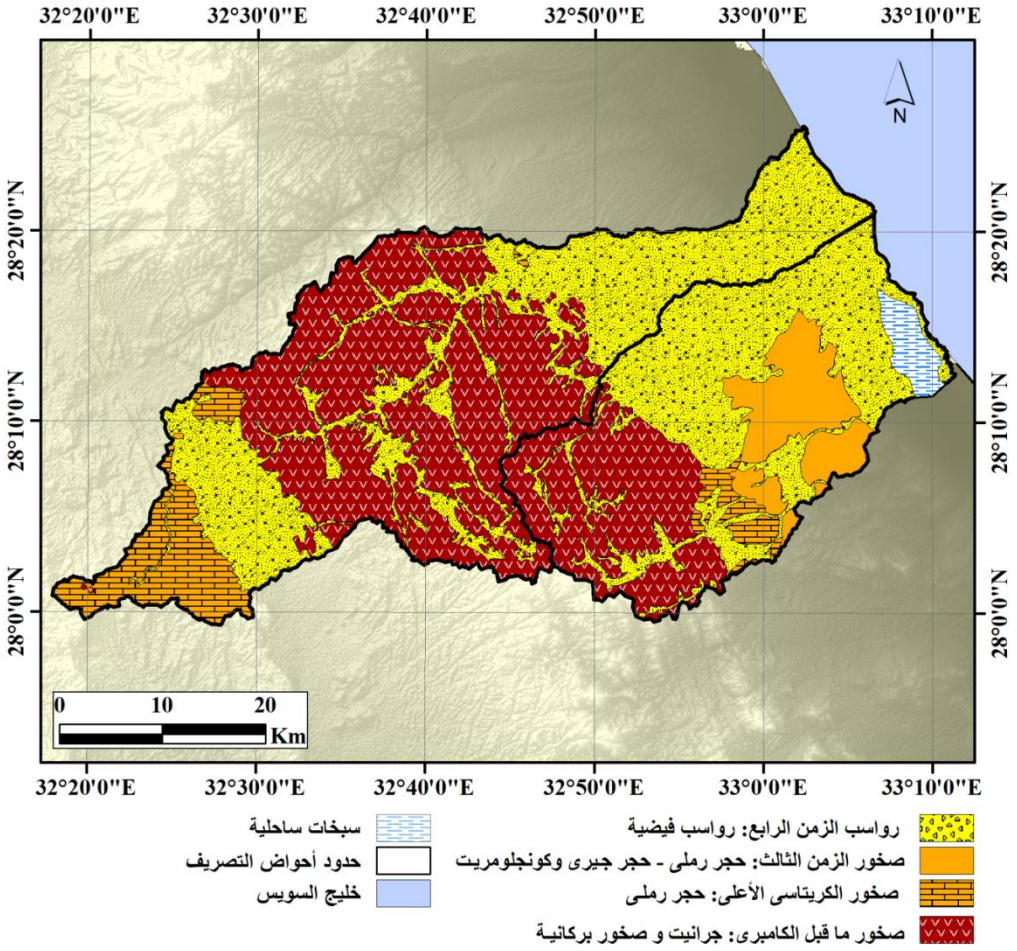
2.4. الخصائص الجيولوجية

يوضح تحليل الخرائط الجيولوجية (شكل 3) أن المرتفعات الغربية فى منطقة الدراسة تتألف فى الأساس من صخور الجرانيت، مع بعض تداخلات من الصخور البركانية فى المرتفعات العليا التى ينبع منها وادى أبو حاد ووادى الدرب. ويعود تكوين هذه الصخور إلى ما قبل الكامبرى. ويعد جبل غارب (+1750م) أعلى قمة جبلية فى منطقة الدراسة بين مجموعة الجبال المحيطة، حيث يتكون من صخور الجرانيت الرمادى والوردى متوسط إلى خشن الحبيبات والذى يرجع تكوينه إلى ما قبل الكمبرى. وتحصر السلاسل الجبلية بينها وبين خط الساحل مجموعة من التلال المنخفضة، والتى تتكون من صخور البليوسين وتتألف فى الأساس من الحجر الرملى والجبس بالإضافة إلى الحصى والرمال.

وتمتلئ بطون الأودية بالرمال والحصى والوراسب الفيضية والجلاميد الصخرية المشتقة من مرتفعات المنابع العليا. أما السهل الساحلى فيتألف فى الأساس من رواسب الأودية القديمة والحديثة وتمثلها الرمال والرواسب الفيضية والجلاميد وبقايا الشعاب المرجانية القديمة، علاوة على الطين فى المناطق المنخفضة التى تشغلها بعض السبخات الساحلية مثل سبخة الملاحة، والتى تستمد مياهها من نشع البحر، وتلك التى تصلها مع السيول، ويتراوح منسوب سطح سبخة الملاحة بين +3 أمتار و -1 متر تحت سطح البحر.

ويظهر تأثير الصدوع الصخرية على مجارى الأودية بوضوح فى المرتفعات الغربية ، حيث تستقيم مجارى بعض الوديان تحت تأثير الصدوع، كما يتعامد أغلب الروافد ويتصل بعضها ببعض بزوايا تكاد تكون قائمة تمامًا على سطوح الجبال، كما يتماشى بعض هذه الروافد على حدود التكوينات الصخرية. أما على السهل الساحلى فتتخذ مجارى التصريف نمطًا أقرب للنمط

المتوازى نظرًا لجريانها تحت تأثير الإنحدار العام لسطح الأرض، علاوة على ظهور مجارى الأودية المضفرة.



شكل 3: جيولوجية أحواض التصريف

(المصدر: رسمت من الخرائط الجيولوجية مقياس 1: 500,000 لوحتى NH 36 SW-Beni Suef و NG 36 NE-Quseir)

3.4. الظروف المناخية السائدة

لا تتوافر بيانات تفصيلية عن الظروف الجوية والمناخية السائدة فى منطقة رأس غارب، غير أنه من المعروف أنها تتصف بصيف حار وجاف وشتاء بارد جاف بوجهٍ عام. وتتراوح درجات حرارة شهور الصيف العظمى فى محطة رأس غارب بين 35° والصغرى 24° سيليزية، أما فى فصل الشتاء فتتراوح درجات الحرارة العظمى بين 19° و 21°، وتتراوح درجات الحرارة الصغرى بين 10° و12° سيليزية.

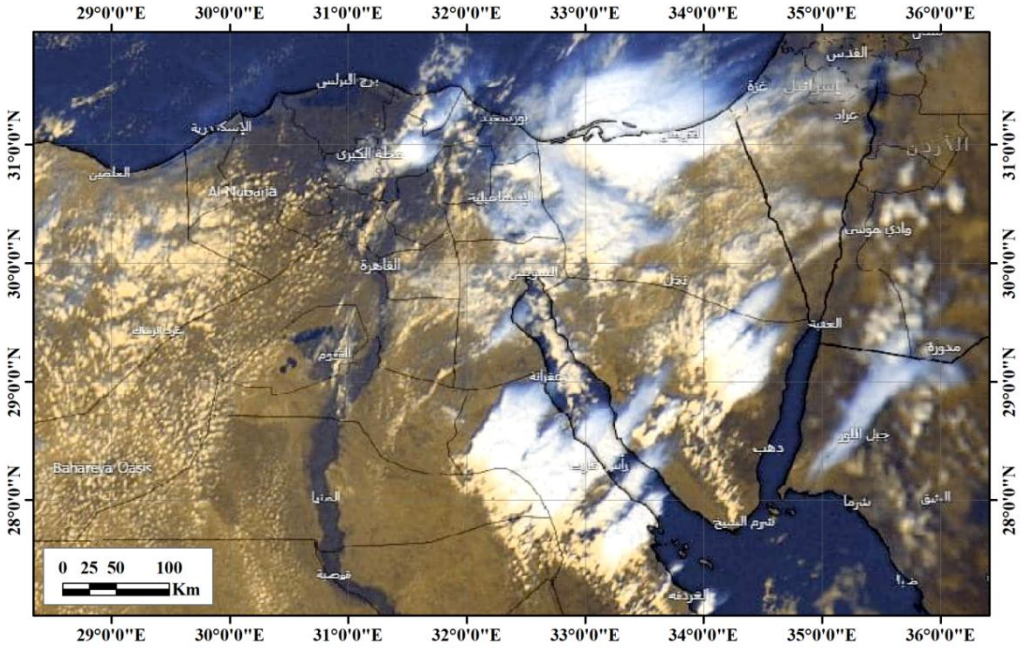
أما عن الأمطار فهى شحيحة للغاية، إذ لا تزيد نسب إحتمالية سقوطها عن 2%، ويسقط أغلبها فى الفترة الممتدة من أكتوبروحتى مايو، وتسقط بكميات قليلة جدًا، إذ نادرًا ما يزيد معدلها السنوى عن 2.8 مم، ومع ذلك تتعرض المنطقة بين الحين والأخر لعواصف رعدية تتسبب فى سقوط الأمطار بمعدلات قد تصل لأكثر من 10 مم وفى وقت قصير للغاية (عادة لا تزيد مدة العاصفة عن ساعتين)، مما يتسبب فى حدوث السيول وما ينتج عنها من أخطار تهدد الطرق والمدن الساحلية. ورغم انخفاض كمية الأمطار الساقطة عمومًا على منطقة الدراسة، إلا أن كمية المطر التى سقطت فى منطقة رأس غارب فى 27 أكتوبر 2016 تعد الأعلى على الإطلاق حتى الآن حيث بلغت 476 مم (نصر الدين محمود أحمد سالم 2019).

أما الرطوبة النسبية فتتميز بارتفاعها النسبى طوال العام، وتصل أعلاها فى شهر أكتوبر 54% ، بينما تصل أدناها فى شهر يونية 42%. كذلك ترتفع معدلات التبخر للغاية حيث تفوق بكثير معدلات سقوط الأمطار، ويتراوح المتوسط الشهرى للتبخر بين 5 مم فى شهر يناير و8.8 مم فى شهر أغسطس، ويصل المتوسط اليومى للتبخر نحو 7.5 مم.

ويتطبيق معامل الجفاف العالمى* Global Aridity Index (GAI) وفقًا للمعطيات المناخية المتاحة نجد أن منطقة الدراسة تقع ضمن نطاق المناخ شديد الجفاف، حيث تنخفض العلاقة بين المتوسط السنوى للمطر والتبخر- نتح المحتمل لأقل من 0.03 (Hijmans et al. 2005).

*يحسب معامل الجفاف العالمى وفقًا للعلاقة (GAI): (المتوسط السنوى للمطر ÷ المتوسط السنوى للتبخر نتح المحتمل) (Hijmans et al. 2005).

وقد أظهرت الصور الفضائية المستمدة من موقع https://worldview.earthdata.nasa.gov/ أنه فى يوم الأحد الموافق الأول من نوفمبر 2020 غطت السحب الرعدية عدة مناطق متفرقة من شمال شرق مصر وهى: شرم الشيخ وغرب خليج السويس حتى الغردقة، ووسط وشمال سيناء وأجزاء من محافظتى الدقهلية والشرقية، وتحركت باتجاه محافظة دمياط وبحيرة المنزلة. ووصل غطاء السحب نحو 49.5 % مع زيادة سرعة الرياح لتصل 68.4 كم/س عن اليوم السابق. وقد تسبب ذلك فى سقوط أمطار غزيرة مصحوبة بالرعد فى وقت قصير جدًا لا يتجاوز ثلاث ساعات، وذلك على عدة مناطق متفرقة غربًا من خليج السويس (رأس شقير ، رأس غارب ، الزعفرانة) والمرتفعات الغربية لتلك المنطقة، وكذلك على شمال سيناء ومرتفعات سانت كاترين وشرق مدينة السويس (شكل 4).



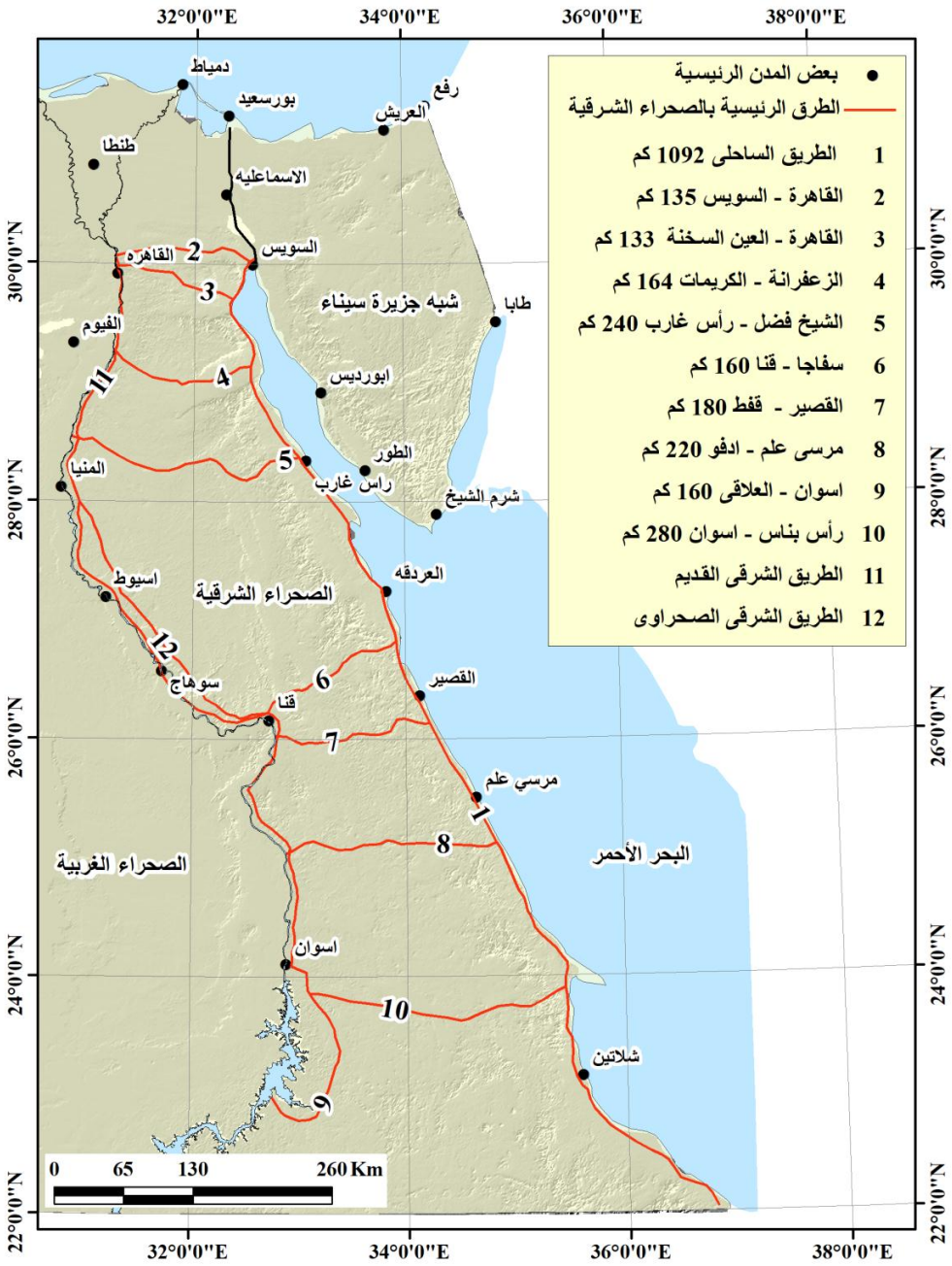
شكل 4: سحب رعدية تغطى غرب خليج السويس وشمال ووسط سيناء فى الأول من نوفمبر 2020 (المصدر: https://worldview.earthdata.nasa.gov/)

5. شبكة الطرق

1.5. شبكة الطرق الرئيسية

ترتبط مدينة رأس غارب بحكم موقعها الجغرافى وأنشطتها الإقتصادية المتعددة بكافة مدن البحر الأحمر ومدن الوجه القبلى القريبة منها عن طريق شبكة من الطرق السريعة. وتعد مدينة رأس غارب أحد نقاط الربط الرئيسية على طول ساحل البحر الأحمر نظراً لوقوعها مباشرة على الطريق الساحلى. وفيما يلى إشارة موجزة لأهم محاور الطرق الرئيسية بالنسبة لمدينة رأس غارب (شكل 5):

1. الطريق الساحلى: يمتد الطريق الساحلى على طول ساحل البحر الأحمر من الشمال إلى الجنوب بطول يصل نحو 1092 كم، بداية من مدينة السويس وحتى رأس حدربة قرب الحدود المصرية السودانية. وينقسم الطريق الساحلى إلى مجموعة من القطاعات المتصلة على النحو التالى:
   - قطاع السويس – رأس الزعفرانة بطول 123 كم
   - قطاع رأس الزعفرانة – رأس غارب بطول 105 كم
   - قطاع رأس غارب – الغردقة بطول 150 كم
   - قطاع الغردقة – بور سفاجا بطول 60 كم
   - قطاع بور سفاجا – القصير بطول 80 كم
   - القصير – مرسى علم بطول 133 كم
   - مرسى علم – رأس بناس بطول 153 كم
   - رأس بناس – حلايب بطول 288 كم
2. القاهرة – السويس: يعتبر طريق القاهرة – السويس أحد محاور النقل الرئيسية التى تربط محافظتى السويس والبحر الأحمر بمدينة القاهرة، كما يعتبر كذلك المنفذ الرئيسى لمحافظات الوجه البحرى لصحراء مصر الشرقية، بالإضافة إلى الطريق الممتد من محافظة الإسماعيلية إلى مدينة السويس. ويمتد طريق القاهرة السويس من الغرب إلى الشرق عبر صحراء شرق الدلتا بطول 135 كم.



شكل 5: محاور الطرق الرئيسية بصحراء مصر الشرقية

(المصدر: رسمت من خريطة الطرق لجمهورية مصر العربية مقياس 1: 2000,000 ، الهيئة المصرية العامة للمساحة، وتم تحديث الطرق من صور Google Earth Pro)

3. القاهرة – العين السخنة: وهو أحد المحاور الهامة التى تربط بين جنوب القاهرة ومحافظتى السويس والبحر الأحمر. ويصل طول الطريق نحو 133 كم تبدأ من القطامية جنوب القاهرة وتنتهى عند العين السخنة، ليبدأ بعدها الطريق فى متابعة مساره عبر مدينة الجلالة ورأس غارب ليصبح جزءً من الطريق الساحلى وصولًا لمدينة الغردقة وباقى مدن ساحل البحر الأحمر. ويوازى طريق القاهرة - العين السخنة طريق المحاجر، والذى يُسهل حركة نقل المركبات الثقيلة المحملة بالأحجار والمعادن المختلفة تمهيدًا لنقلها عبر موانئ البحر الأحمر.
4. الكريمات – الزعفرانة: يربط هذا الطريق بين محافظة الجيزة (قرية الكريمات) ومحافظة البحر الأحمر بطول 164 كم عبر الصحراء الشرقية، لينتهى قرب مدينة الزعفرانة بالتقاطع مع الطريق الساحلى، على مسافة 106 كم شمالًا من مدينة رأس غارب.
5. الشيخ فضل - رأس غارب: يمتد عبر وسط الصحراء الشرقية بطول 240 كم وعرض 12 مترًا. ويبدأ الطريق من قرية الشيخ فضل بمحافظة المنيا وينتهى غربًا قرب ساحل البحر الأحمر، حيث يلتقى بالطريق الساحلى عند مدينة رأس غارب. ويربط طريق القاهرة – أسيوط الصحراوى (شرق النيل) بين طريق الزعفرانة – الكريمات ، وطريق الشيخ فضل – رأس غارب، كما يتصل الطريق مرة أخرى بطريق الكريمات عند الكيلو 90 تقريباً عبر تلك الوصلة القادمة من طريق الكريمات – الزعفرانة والمتجهة من الشمال إلى الجنوب لتتقاطع مع طريق الشيخ فضل – رأس غارب.

ويمتد الطريق الساحلى بعد رأس غارب وصولًا لمدينة الغردقة، أحد أهم المدن السياحية على ساحل البحر الأحمر. بذلك تعتبر رأس غارب نقطة محورية بالنسبة لشبكة الطرق الرئيسية بمحافظة البحر الأحمر، إذ تنتهى إليها كل محاور النقل القادمة من الوجه البحرى وشبه جزيرة سيناء والقاهرة والجيزة، وصولًا لمدينة الغردقة.

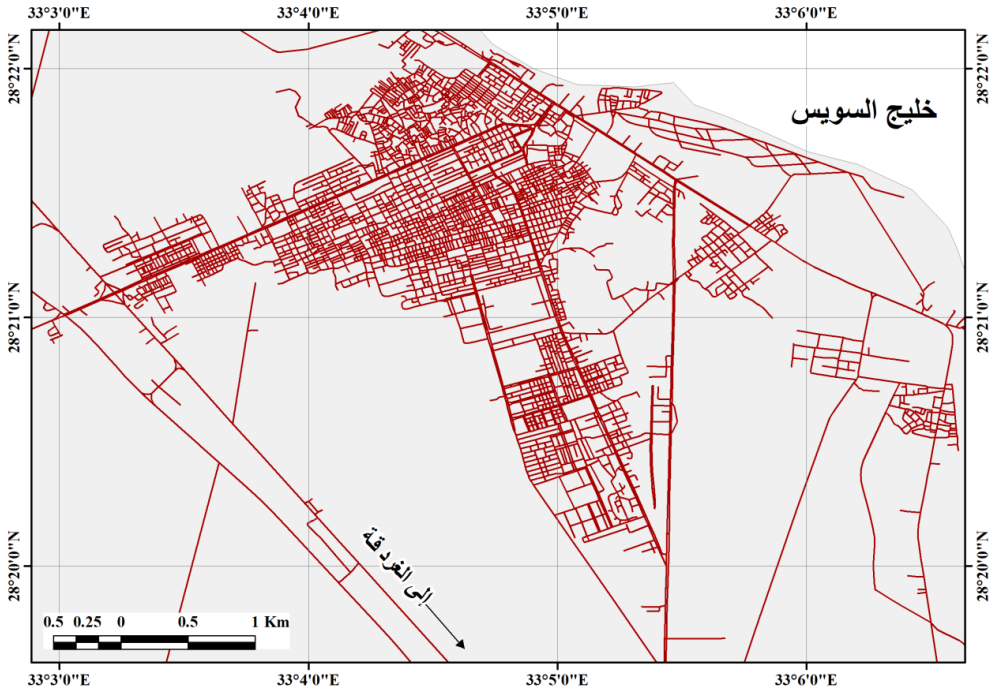
وحيث أن هذا القطاع من الطرق الرئيسية يتعرض بين الحين والأخر لأخطار السيول، فإن ذلك يؤدى إلى شلل مرورى وعزل الأقسام الإدارية الشمالية من محافظة البحر الأحمر، حيث يستحيل التنقل عبر شبكة الطرق المتضررة من أخطار السيول، وتصبح محاور الربط

الرئيسية بالمحافظة فى تلك الحالة هى التى تربطها بمحافظات الصعيد جنوباً مثل طريق سفاجا – قنا بطول 160 كم، طريق القصير – قفط بطول 180 كم، طريق مرسى علم إدفو بطول 220 كم ، وأخيراً طريق رأس بناس – أسوان بطول 280 كم.

2.5. شبكة الطرق الداخلية

تعد مدينة رأس غارب من المدن حديثة النشأة نسبيا، حيث يعود تاريخها لنهاية القرن الثامن عشر الميلادى عندما أنشأ فيها المهندس الفرنسى جوستاف ايفل فناراً تاريخياً، إذ لم يكن للمدينة وجود قبل هذا التاريخ حسب المصادر التاريخية. وازدهرت المدينة مع بداية التنقيب عن البترول منذ عام 1938 تقريبًا. ومنذ ذلك التاريخ روعى فى تخطيط المدينة الحفاظ على طابعها العمرانى المنظم الذى تبنته شركات البترول الأولى. وقد روعى ذلك أيضًا مع التوسعات العمرانية التى مرت بها المدينة لا سيما فى الوقت الحالى مع تزايد أعداد السكان، ومن ثم بلغت مساحة الكتلة العمرانية بها حوالى 4939.53 كم^2. ومع التوسعات الحالية شمالًا وجنوبًا وغربًا تعانى بعض مناطق المدينة من جراء تعرضها لأخطار السيول التى تؤثر على بعض المبانى والمنشآت فضلًا عن الطرق الداخلية.

وتغطى المدينة شبكة طرق كثيفة تم رسمها من الصور الفضائية عالية الدقة المستخرجة من برنامج Google Earth Pro. وتعكس شبكة الطرق الداخلية نمطاً منتظمًا، تلتف فيه الطرق الرئيسية والفرعية حول البلوكات العمرانية بشكل متناسق. ويصل عدد الطرق الرئيسية والثانوية داخل مدينة رأس غارب نحو 3600 طريق، ويصل مجموع أطوالها مجتمعة نحو 300 كم (شكل 6).



شكل 6: شبكة الطرق الداخلية فى مدينة رأس غارب

(المصدر: رسمت من صور Google Earth Pro)

6. تصحيح بيانات الارتفاعات

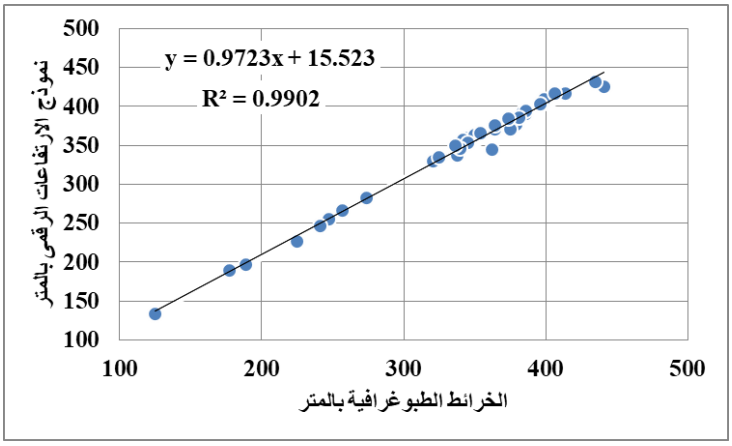
اعتمدت الدراسة الحالية على نموذج الارتفاعات الرقمى المستخرج من الإصدار الثالث لصور المكوك الفضائى SRTM. ورغم أن هذا الإصدار يتميز بتصحيح حدود المسطحات المائية وخطوط السواحل، ومعالجة القيم الناقصة void pixels والقيم الشاذة (القمم والمنخفضات peaks and sinks)، بدرجة ثقة تصل إلى 99 % (Mukul, et al. 2017)، إلا أن الدقة الرأسية لهذه الصورة تتراوح بين ±16 مترًا (Sharma, et al. 2010, Mukul, et al. 2017). وقد أوضحت دراسة Moawad & Abdel Aziz (2018) فى حوض وادى السرى بالصحراء الشرقية لمصر (بمحافظة قنا) أن الخطأ الرأسى فى بيانات نماذج الارتفاعات الرقمية المستخرجة من صور SRTM يظهر بوضوح فى الارتفاعات التى تزيد عن 320 متر، وتقل تدريجيًا نسبة الخطأ فى الارتفاعات التى تقل عن ذلك بنسبة دقة تصل 79.9% بوجهٍ عام،

ويؤثرذلك سلبًا على استخراج وتحليل العناصر الطبوغرافية خاصة فى المناطق المستوية، مثل إنشاء خرائط الكنتور والانحدارات واتجاهاتها واستخراج شبكات التصريف. لذا فإنه أصبح من الضرورى تصحيح قيم الارتفاعات الرقمية المستخرجة من صور SRTM لدراسة أحواض التصريف فى منطقة الدراسة. وتمت عملية التصحيح باستخراج نقاط المناسيب من الخرائط الطبوغرافية وإنشاء سطح ثلاثى الأبعاد منها يشغل نفس الحيز الجغرافى لمنطقة الدراسة، ثم معايرة عدد 50 نقطة منسوب مستخرجة من نموذج الارتفاعات الرقمى وموزعة على منطقة الدراسة بشكل عشوائى، ومقارنتها بالخرائط الطبوغرافية مقياس رسم 1: 50.000 الصادرة عن إدارة المساحة العسكرية بالقاهرة (جدول 1) كأساس لعملية المعايرة والتصحيح.

وتمت عملية التصحيح بواسطة معادلة خط الإنحدار لإظهار العلاقة بين نقاط الارتفاع المستخرجة من نموذج الارتفاعات الرقمى ومقابلاتها من الخرائط الطبوغرافية. وقد أظهرت نتائج المعايرة أن معامل الإرتباط بين بيانات نموذج الارتفاعات الرقمى والخرائط الطبوغرافية يصل نحو 0.99، ومع ذلك يتراوح معدل الفروق بينهما بين 2 - 14 مترًا بمتوسط 6 أمتار، لذلك وجب تعديل بيانات نموذج الارتفاعات الرقمى وفقًا للمعادلة الآتية (شكل 7):

نموذج الارتفاعات المعدل = 0.9723 س + 15.523

حيث أن س تمثل بيانات الارتفاعات المستخرجة من الخرائط الطبوغرافية.



شكل 7: تصحيح بيانات نموذج الارتفاعات الرقمى مقارنًة بالخرائط الطبوغرافية

7. استخراج شبكات الأودية

بالرغم من عمليات التصحيح التى تمت على نموذج الارتفاعات الرقمى إلا أنه قد تعانى بعض الخلايا فيه من شذوذ فى قيم الارتفاعات، لذلك يتم بداية إجراء عملية تصحيح (حشو) filling لقيم الخلايا الشاذة (المنخفضات والقمم) لتجنب أى تقطيع فى مسارات شبكة التصريف ولضمان استمراريتها وفقًا لمظهرها الطبيعى. ويتم ذلك بطريقة المرشحات المكانية من نوع convolution filters، حيث يتم إعادة حساب قيم الخلايا بدلالة الخلايا المجاورة، وذلك بالاستعانة بأدوات التحليل المكانى المدرجة ببرنامج ArcGIS 10.8.

يتم بعد ذلك تحديد اتجاه الجريان المائى flow direction الصادر من كل خلية بالنسبة للخلايا المجاورة وفقًا للتغيير في قيم ارتفاعات السطح بين الخلايا المتجاورة بواسطة مصفوفة فردية (3×3 خلايا)، فيما يعرف بطريقة الاتجاهات الثمانية (D8) نسبة إلى الخلايا الثمانية المجاورة للخلية موضع الاهتمام (Jenson & Domingue, 1988).

يُحسب بعد ذلك تراكم الجريان Flow Accumulation ويعنى ذلك الوزن المتراكم لجميع الخلايا التي تتدفق إلى كل خلية وفقًا لإنحدار السطح. وقد تم اظهار مجارى الأودية للخلايا التى يصل تراكم الجريان بها 10 خلايا فأكثر، وهى قيمة حدية threshold value تجريبية تختلف وفقًا للدقة المكانية spatial resolution لنموذج الارتفاعات الرقمى وطبيعة تضاريس منطقة الدراسة.

أخيرًا استخراج أحواض التصريف بدلالة طبقة خاصة بنقاط التصريف والإلتقاء بين الروافد الفرعية والمجرى الرئيسى pour points، ثم استخراج شبكة التصريف المائى وترتيبها بطريقة استريلر (Strahler, 1964).

8. التحليل المورفومترى لحوضى التصريف

يوضح تحليل بعض المتغيرات المورفومترية الهامة للدراسة الحالية أن هناك ثمة اختلاف واضح بين مساحة حوضى التصريف (جدول 2)، حيث تصل مساحة وادى أبو حاد 1,339.5 كم^2، بينما تصل 878.3 كم^2 فى وادى الدرب. وينعكس ذلك بداية على اختلاف محيط الحوض

الذى يصل 266.8 كم فى وادى أبو حاد، و151.2 كم فى وادى الدرب، كما ينعكس على إجمالى مجموع الروافد فى كل منهما، حيث يصل عددها 692 رافدًا فى وادى أبو حاد، ونحو 528 رافدًا فى وادى الدرب، ومع ذلك تصل رتبة الواديين للرتبة السابعة. ولهذا التباين المساحى تأثير واضح على كثافة التصريف التى تصل 0.72 كم / كم^2 فى وادى أبو حاد، و التى تزيد لتصل 0.98 كم / كم^2 فى وادى الدرب.

جدول 2: بعض المتغيرات المورفومترية لحوضى التصريف

المُتغير	وادى أبو حاد	وادى الدرب	الطريقة*
مساحة الوادى (كم^2)	1,339.5	878.3	مستحرج من التحليل الرقمى
رتبة الوادى	7	7	(Strahler, 1964)
مجموع عدد الروافد	692	528	مستحرج من التحليل الرقمى
طول المجرى الرئيسى (كم)	90	35	مستحرج من التحليل الرقمى
أطوال الروافد (كم)	970	854.9	مستحرج من التحليل الرقمى
محيط الحوض (كم)	266.8	151.2	مستحرج من التحليل الرقمى
معامل الاستدارة	0.23	0.48	(Miller, 1953)
كثافة التصريف (كم / كم^2)	0.72	0.97	(Strahler, 1964)
زمن التركيز (ساعة)	11.7	9	Pilgrim & McDermott,)** (1982

أما عن معامل الاستدارة فله تأثير هام على زمن التركيز، فالأودية المستديرة يقل فيها زمن التركيز حيث تصل جميع المياه المنحدرة من روافد الوادى إلى نقطة المصب فى نفس التوقيت تقريبًا. وبتطبيق معامل الإستدارة يتضح أن وادى أبو حاد يميل إلى الإستطالة (0.23)، ومن ثم يصل فيه زمن التركيز لنحو 11.7 ساعة. على النقيض يميل وادى الدرب نسبيًا إلى الإستدارة (0.48) ومن ثم يقل فيه زمن التركيز لنحو 9 ساعات فقط.

*للمزيد حول المعاملات المورفومترية يمكن الرجوع إلى: جودة حسنين جودة و محمود محمد عاشور وآخرون (1991).

** يُحسب زمن التركيز T_c وفقًا للعلاقة: $T_c = 0.76.A^{0.38}$ ، حيث أن A مساحة الحوض (Pilgrim & McDermott, 1982).

9. التحليل الهيدرولوجى لسيل يوم الأحد الموافق الأول من فبراير 2020

1.9. تقدير حجم مياه الأمطار

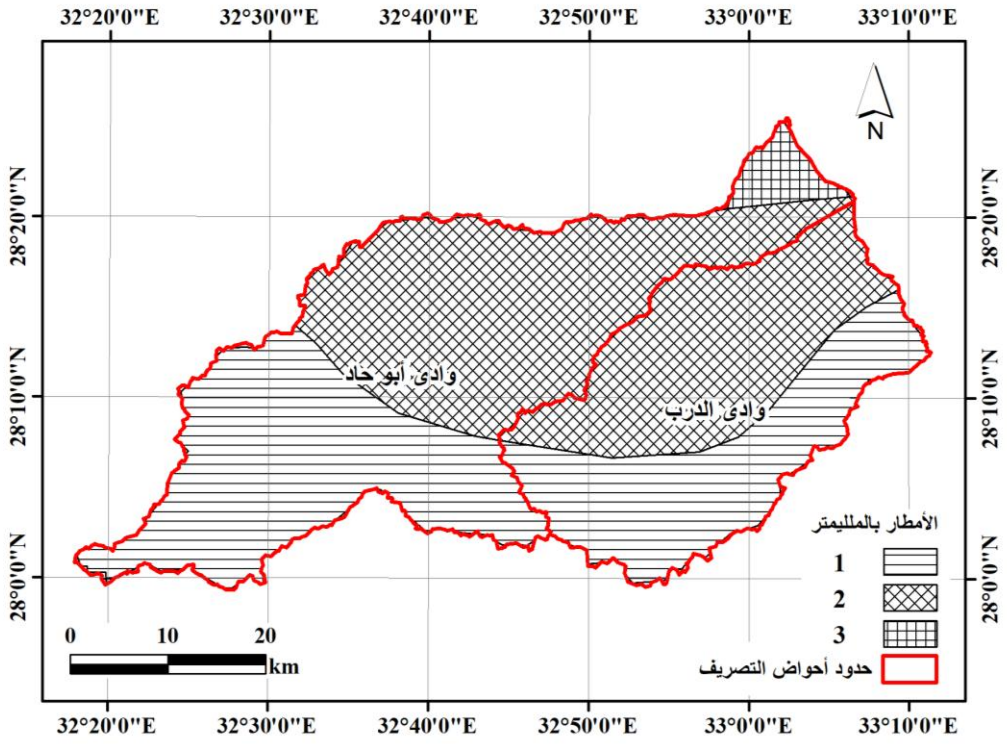
يتضح من هذا العرض أن منطقة الدراسة تحظى بوجهٍ عام بكميات قليلة جدًا من الأمطار تتلقاها في عدد محدود للغاية من الأيام الممطرة، لكنها تسقط فى شكل أمطار غزيرة نسبيًا شديدة التركيز فى وقت زمنى قصير للغاية، حيث بدأ سقوط الأمطار من الساعة العاشرة صباحًا وحتى الساعة الواحدة ظهرًا، أى أن فترة العاصفة قد استغرقت ما يقرب من ثلاث ساعات فوق منطقة الدراسة.

ويمكن حساب شدة المطر Rain intensty من خلال العلاقة بين كمية المطر الساقطة بالنسبة لوحدة الزمن وفقًا للمعادلة التالية (Flood Control Section, 2003):

شدة المطر = 7.44 × كمية المطر الساقطة خلال 24 ساعة × (فترة العاصفة بالدقائق$^{-0.645}$)

ويتضح بذلك أن شدة المطر يوم الأحد الموافق الأول من نوفمبر 2020 فوق أحواض التصريف بمنطقة الدراسة صغيرة جدًا لا تتجاوز 0.78 مم/ساعة، وبالرغم من هذا تسببت فى حدوث سيول مفاجئة أدت إلى قطع الطرق الرئيسية وأثرت على بعض المبانى والمنشآت.

ولتقدير حجم الأمطار الساقطة على حوضى التصريف فى منطقة الدراسة استخرجت بيانات المطر من صور الأقمار الصناعية، ثم قسمت أحواض التصريف إلى نطاقات حسب كمية الأمطار الساقطة فى كل نطاق منها، ذلك إذ إن سقوط الأمطار لم يكن بالطبع متساوى على جميع أجزاء حوض التصريف (شكل 8)، تم بعد ذلك حساب حجم المياه فى الحوض بضرب مساحة كل نطاق فى كمية المطر الساقطة عليه بعد توحيد وحدة القياس بالمتر. ووفقًا لذلك تبين أن وادى أبو حاد قد تلقى ما يقدر بنحو 2.1 مليون م^3 من مياه الأمطار، بينما تلقى وادى الدرب 1.3 مليون م^3، ويتناسب بذلك حجم المياه التى تلقاها كل وادى مع مساحته.



شكل 8: التوزيع المكانى لكمية الأمطار الساقطة على أحواض التصريف فى الأول من نوفمبر 2020

(المصدر: استخرجت من معالجة بيانات المطر من نوع PERSIANN-CCS)

2.9. تقدير حجم الفواقد

1.2.9. تقدير حجم الفواقد بالتبخر – نتح

تتعرض الأراضى الجافة عامة لامتصاص نسبة كبيرة من مياه المطر القليلة، ومن ثم فإن كمية الرطوبة التي تدخل الهواء نادرة وقليلة للغاية وغير قادرة على حجب أشعة الشمس، لذا فإن كمية الإشعاع الشمسي التي تتلقاها الصحارى مرتفعة للغاية، حيث قد ترتفع درجات الحرارة نهارًا لنحو 37° سيليزية فى منطقة الدراسة خلال شهور الصيف. ويؤدى ذلك إلى جعل الهواء شديد الجفاف لدرجة أن معدل التبخر يتجاوز بكثير معدل سقوط الأمطار، حيث يصل المتوسط اليومى

للتبخر فى منطقة الدراسة 7.5 مم ، أى أكثر من ضعفين المتوسط السنوى لسقوط الأمطار فى منطقة الدراسة.

وحيث أن التبخر – نتح من العوامل الهامة التى يتوقف عليها الجريان السطحى فسوف ينم حساب التبخر – نتح المتوقع فى منطقة الدراسة وفقًا لطريقة Thornthwaite & Mather (1957) والتي تعتمد على درجة حرارة الهواء وعدد ساعات النهار الشهرية ، وذلك على النحو التالي:

$$PET = 16\,(10T/I)^{a}$$

$$I = \sum_{1}^{12} i$$

$$i = (T/5)^{1.514}$$

حيث أن: PET التبخر - نتح الكامن مم/30 يوم/لنهار يبلغ 12 ساعة، I معامل درجة الحرارة السنوي heat index (م°)، i معدل درجة الحرارة الشهري (م°)، T المتوسط الشهري لدرجات الحرارة (م°) (23.5 فى رأس غارب)، a معامل يُحسب وفقًا للمعادلة التالية:

$$a = 0.000000675\ I3 - 0.000077\ I2 + 0.01792\ I + 0.4923$$

ووفقًا لهذه الطريقة وباستخدام المتوسطات الشهرية فقد استنتجت الدراسة أن المتوسط الشهرى لمعدل التبخر - نتح الكامن فى أحواض منطقة الدراسة يصل نحو 0.746 مم/متر مربع/30 يوم، أى أن المعدل اليومى يصل نحو 0.024 مم/متر مربع/يوم. وهو معدل صغير بسبب التحسن النسبى للظروف الجوية وتلطيف درجات الحرارة بفعل المرتفعات التضاريسية ومياه الخليج المجاور، بالإضافة إلى أن الظروف المصاحبة عادة لسقوط الأمطار فى منطقة الدراسة يصاحبها انخفاض نسبى فى درجات الحرارة وقلة معدلات التبخر. بذلك يتراوح حجم الفواقد بفعل التبخر- نتح فى وادى أبو حاد حوالى 32,190.5 م^3/يوم، وهو يمثل نحو 1.5 % من إجمالى حجم الأمطار الساقطة على الوادى. كما يتراوح حجم الفواقد بفعل التبخر- نتح فى وادى

الدرب حوالى 20,456.3 م^3/يوم، بما يعادل 1.5 % من إجمالى حجم الأمطار الساقطة على الوادى.

2.2.9. تقدير حجم الفواقد بالتسرب فى التربة والصخور السطحية

يوضح تحليل الخريطة الجيولوجية فى منطقة الدراسة أن التكوينات السطحية وتحت السطحية تتكون من صخور القاعدة المركبة ممثلة فى الصخور النارية، ويُعد الجرانيت والبازلت أكثر الصخور انتشارًا بوجهٍ عام، حيث يشكلان معًا قمم الجبال المرتفعة فى المنطقة، وهى صخور غير منفذة للمياه، لكنها فى ذات الوقت تسمح للمياه بالحركة عبر الشقوق والفواصل والصدوع بداية من الروافد العليا للوادى وحتى مخرج الوادى، مما يحفظ نسبة كبيرة من مياه الأمطار من الفقدان بالتبخر. أما الصخور الرسوبية ورواسب الوادى فتتمثل فى صخور الحجرالرملى والجيرى فى الروافد العليا، بالإضافة إلى الرواسب الفيضية من الطين والرمال والحصى والجلاميد الناتجة عن التعرية المائية وعمليات الغسيل التى تتعرض لها قمم ومنحدرات الجبال التى تنحدر منها روافد الأودية.

أما عن خطوط البنية فهى تلعب دورًا هامًا فى تحديد مسار المجارى الرئيسية وكذلك بعض الروافد العليا، حيث تتخذ الصدوع الرئيسية اتجاهًا عرضيًا على الاتجاه العام لخليج السويس من الغرب للشرق. كما تتخذ مجموعة أخرى من الصدوع اتجاهًا من الشمال الغربى للجنوب الشرقى يكاد يكون موازى لمحور خليج السويس، وينعكس أثر تقاطع مجموعة الصدوع الرئيسية مع الثانوية فى تلاقى الروافد العليا مع بعضها البعض بزوايا تكاد تكون عمودية حيث يبدو نمط التصريف فوق قمم الجبال أقرب ما يكون إلى النمط التكعيبى، علاوة على إلتفاف بعض الروافد العليا لوادى الدرب حول جبل غارب والقمم الجبلية المجاورة فى شكل حلقى تحت تأثير البنية الجيولوجية والتعرية التفاضلية.

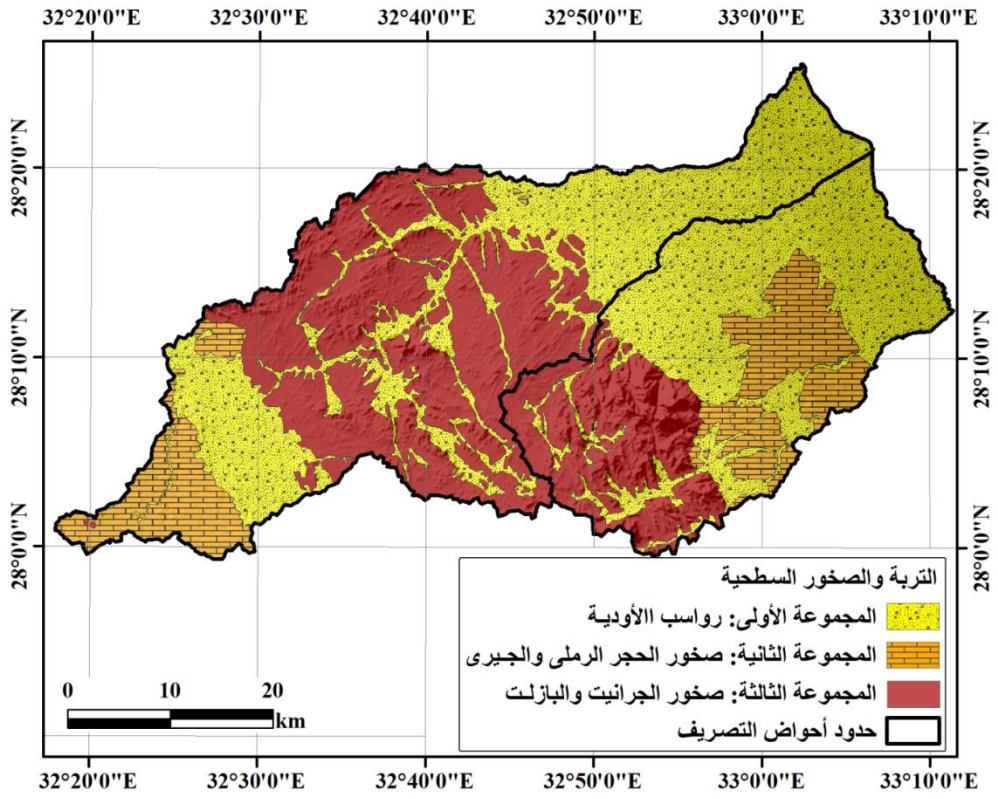
وتلعب كذلك خطوط البنية دورًا هامًا فى سريان الماء السطحى من خلالها حتى تتلاقى الروافد العليا مع المجارى الرئيسية، حيث يجرى الماء فوق تلك الطبقات الصماء مما يقلل من مقدار الفواقد سواء بالتبخر أو التسرب نظرًا لعدم اكتمال قطاع التربة فوق قمم ومنحدرات الجبال.

أما عن التصنيف الهيدرلوجى للتربة فيقصد بذلك تصنيف التربة السطحية حسب قدرتها على تسرب المياه عبر مسام التربة أو جريانه فوق السطح، حيث تؤثر التربة والتكوينات والتراكيب الجيولوجية بشكل أساسي على عملية الجريان المائى. وتصنف مجموعات التربة على أساس الجريان المحتمل من كل نوع منها، حيث تقل معدلات الجريان مع زيادة معدلات الترشيح أو التسرب نتيجة النفاذية العالية للتربة والصخور السطحية والتراكيب الجيولوجية والعكس صحيح.

وحيث أن السطح فى منطقة الدراسة يسوده الصخور النارية فى المنابع العليا، فهو بذلك يشبه السطح المدرع، إذ لا تُغطى التربة السطحية فوق سطوح الجبال سوى مساحات صغيرة، مستمدة فى الأساس من مفتتات الجبال وغسيل المنحدرات بفعل عوامل التعرية المختلفة خاصة المياه الجارية.

ولتقدير حجم الفواقد بالتسرب فى التربة والصخور السطحية تم تحديد ثلاث مجموعات رئيسية للتربة فى منطقة الدراسة حسب معدلات التسرب واحتمالية الجريان، وذلك من خلال الخرائط الجيولوجية وتحليل صور لاندسات، وهى على النحو التالى (شكل 9):

- المجموعة الأولى: وتمثلها الرواسب الفيضية فى بطون الأودية، وهى ذات قوام متوسط إلى خشن نسبيًا، وتتميز بتصريف معتدل. ويتراوح معدل تسريب المياه فيها بين 10^{-3} – 10^{-7} (0.001 - 0.0000001) سم/ساعة. وتشغل مساحة تقدر بنحو1027.9 كم^2، أى ما يعادل 46.3 % من مساحة منطقة الدراسة.
- المجموعة الثانية: وتمثلها تلال الحجر الرملى والجيرى وتتميز بإمكانية حدوث جريان متوسط، وهى تغطى مساحات محدودة من منطقة الدراسة تصل نحو 307.8 كم^2 بنسبة 13.9% من مساحة منطقة الدراسة، ويتراوح فيها معدل التسرب المائى بين 1 – 10^{-7} (1 - 0.0000001) سم/ساعة.



شكل 9: مجموعات التربة والصخور السطحية فى منطقة الدراسة

(المصدر: الخرائط الجيولوجية والتصنيف المراقب لصور لاندسات)

- المجموعة الثالثة: وتمثلها صخور الجبال الجرانيتية والبازلت. وهى سطوح صماء غير منفذة للماء، ومن ثم ترتفع فيها احتمالية الجريان عالية. وتساعد الشقوق والفواصل والصدوع فيها على تدفق الماء سريعا نحو مجرى الوادى الرئيسى مما يقلل من تعرضها للتبخر والفقدان. ومن ثم يتراوح معدل التسرب المائى من هذه السطوح بين 0 – 0.01 سم/ساعة ، وهى تشغل مساحة كبيرة من أرض الوادى تقدر بنحو 883.7 كم^2 بنسبة 39.8 % من إجمالى مساحة منطقة الدراسة.

وتم تقدير حجم الفواقد المائية بالتسرب بضرب متوسطات قيم التسرب القياسية فى مساحة كل مجموعة من مجموعات التربة والصخور السطحية بعد توحيد وحدة القياس بالمتر (جدول 3).

وأظهرت النتائج أن إجمالى حجم الفواقد بالتسرب يصل 697,623.9 م^3 فى وادى أبو حاد، وهو يمثل 32.9 % من حجم الأمطار الساقطة على الوادى. كما يصل حجم الفواقد بالتسرب فى وادى الدرب 890,951.1 م^3 وهو يعادل نحو 66.4 % من حجم الأمطار الساقطة على الوادى، وهى نسبة مرتفعة مقارنة بوادى أبو حاد ، نظرًا لصغر المساحة التى تشغلها صخور الجرانيت والبازلت (المجموعة الثالثة) من مساحة وادى الدرب.

ويحدث الجريان المائى مباشرة بعد تشبع التربة السطحية بالماء، خاصة عندما يكون معدل سقوط الأمطار أعلى بكثير من قدرة التربة على امتصاص الماء أو تسريبه من خلالها. ويختلف عمق أو مستوى تشبع التربة بالماء حسب نوع التربة، فالتربات دقيقة الحبيبات مثل الطين والرمال الناعمة جدًا تتشبع عند عمق يتراوح بين 10 – 20 سم تقريبًا، حيث تصبح هذه الطبقة السطحية أشبه بالطبقة العازلة أو الصماء، إذ لا تسمح بنفاذ المزيد من المياه لأبعد من هذا العمق، مما يساعد على سرعة تدفق وجريان أى كمية مياه زائدة. ويفسر هذا أسباب زيادة حجم الجريان فى مجارى الأودية التى تمتلئ بطونها بالرواسب الدقيقة فى غضون ساعات قليلة بعد سقوط المطر.

جدول 3: التسرب المائى من مجموعات التربة والصخور السطحية

مجموعات التربة والصخور السطحية	معدلات التسرب القياسية (سم/ساعة)	المساحة (كم^2)		(حجم التسرب م^3 / ساعة)	
		وادى أبو حاد	وادى الدرب	وادى أبو حاد	وادى الدرب
رواسب الوادى	$10^{-3} - 10^{-7}$*	572.2	454.3	2,861	2,271.8
صخور الحجر الرملى والجيرى	$1\text{-}10^{-7}$**	132.5	175.1	663,020.4	876,233.3
صخور الجرانيت والبازلت	$10 - 10^{-11}$**	634.8	248.9	317,42.5	124,46
المجموع	**-**	**1339.5**	**878.3**	**697,623.9**	**890,951.1**

*Bear, 1988. **Freeze and Cherry, 1979.

3.9. تقدير صافى حجم الجريان

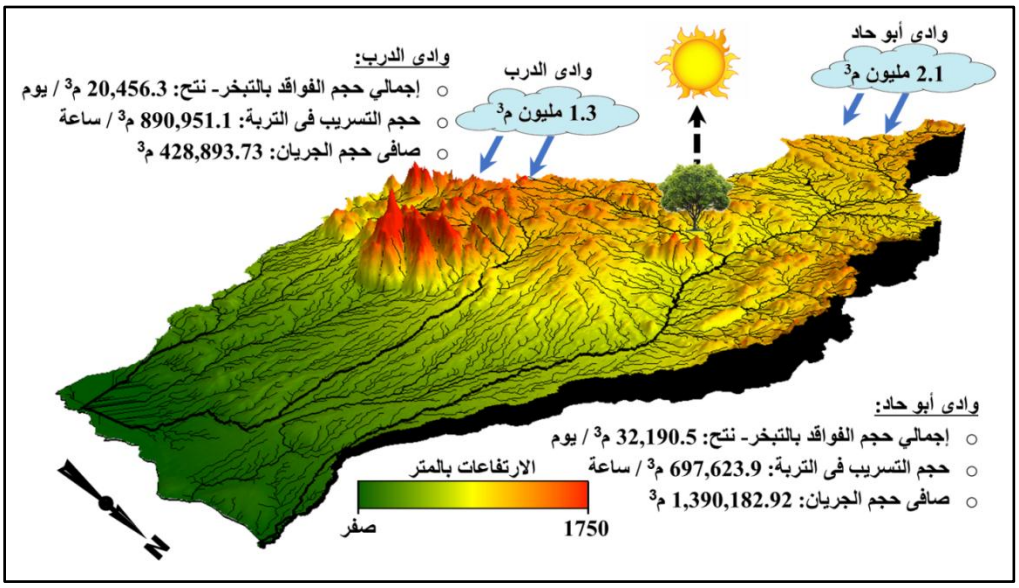
يمكن تقدير صافى حجم الجريان السطحي بطريقة بسيطة ومباشرة من خلال معرفة صافى حجم الماء المتبقى بعد استثناء إجمالى حجم الفواقد سواء بالتبخر - نتح أوالتسرب فى التربة والصخور السطحية لتغذية الخزان الجوفى (شكل 10).

ووفقا لما تقدم فإن منطقة الدراسة قد نالت ما يتراوح بين 1- 3 مم مطر، ويقدر حجم مياه الأمطار بنحو 2,119,997.32 م^3 فى وادى أبو حاد، و 1,340,301.13 م^3 فى وادى الدرب. ويقدر إجمالى حجم الفواقد مجتمعة فى وادى أبو حاد بنحو 729,814.40 م^3، بما يمثل حوالى 34.4 % من إجمالى حجم مياه الأمطار الساقطة على الوادى. أما فى وادى الدرب فيقدر حجم الفواقد مجتمعة بنحو 911,407.40 م^3، بما يعادل حوالى 68 % من إجمالى حجم مياه الأمطار الساقطة على الوادى.

وبإيجاد الفروق يتبين أن حجم صافى الجريان (إجمالى حجم المياه المتدفقة) يبلغ فى وادى أبو حاد 1,390,182.92 م^3، بما يمثل نحو 65.57 % من حجم مياه الأمطار التى تلقاها الوادى فى الأول من نوفمبر 2020. وبالمثل يبلغ صافى حجم الجريان فى وادى الدرب 428,893.73 م^3، بما يعادل 31.99 % من حجم مياه الأمطار التى تلقاها الوادى فى نفس اليوم (جدول 4).

جدول 4: تقدير صافى حجم الجريان بحوضى التصريف لسيل الأول من نوفمبر 2020

المتغير	وادى أبو حاد	وادى الدرب
مساحة الحوض (كم^2)	1,339.5	878.3
حجم مياه الأمطار (م^3)	2,119,997.32	1,340,301.125
التبخر – نتح الكامن (مم/م^2	0.024	
حجم التبخر- نتح الكامن	32,190.5	20,456.3
حجم التسرب من التربة	697,623.9	890,951.1
إجمالى حجم الفواقد (م^3)	729,814.4	911,407.4
صافى الجريان (م^3)	**1,390,182.92**	**428,893.73**



شكل 10: الميزانية المائية لسيل الأول من نوفمبر 2020 فى حوضى أبو حاد والدرب

10. النتائج والتوصيات

يهتم هذا البحث بدراسة الخصائص الهيدرومورفومترية لسيل الأول من نوفمبر 2020 فى مدينة رأس غارب، بهدف تقدير حجم الأمطار والفواقد وصافى حجم الجريان فى الأودية التى تقطع الطريق الساحلى، وسبل الاستفادة من مياه الأمطار والحد من أضرار السيول المتكررة، وذلك باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.

وقد توصل البحث إلى أن أودية منطقة الدراسة قد استقبلت ما يقرب من 2 مليون م^3 فى وادى أبو حاد، و 1.3 مليون م^3 فى وادى الدرب، وبلغ إجمالى حجم الفواقد نحو 729,814.4 م^3 فى وادى أبو حاد بنسبة 34.43 % من إجمالى حجم الأمطار الساقطة على الوادى، و911,407.4 م^3 فى وادى الدرب بنسبة 68 % من إجمالى حجم الأمطار التى سقطت على الوادى. وبلغ صافى الجريان 1,390,182.92 م^3 فى وادى أبو حاد بنسبة 65.57 % من حجم مياه الأمطار التى سقطت على الوادى، و428,893.73 م^3 فى وادى الدرب بنسبة 31.99 % من حجم الأمطار التى تلقاها الوادى.

وقد تسبب سيل سوم الأحد الموافق الأول من نوفمبر 2020 فى عزل عدد من المدن الساحلية عن باقى أجزاء الجمهورية، وقطع الطرق الرئيسية على المسافرين ومحاصرتهم بسيارتهم على الطرق المؤدية إلى محافظة البحر الأحمر بسبب الأضرار الجسيمة التي أصابتها من جراء الأمطار الغزيرة ، كما تسبب تدفق المياه في انقلاب وانجراف عدد من السيارات.

وتوصى الدراسة بضرورة انشاء سدود ترابية من مواد الوادى - منخفضة التكلفة - على الروافد الرئيسية، على أبعاد مناسبة على طول المجارى الرئيسية، وبارتفاع يتراوح بين 1.5 - 2 م، بحيث يسمح كل منها بتبطئ حركة المياه، إذ يسمح بحركة المياه بالدوران حول السد من أحد جانبيه فقط، ومن ثم يزيد زمن تأخير وصول المياه إلى نهاية الوادى وزياة زمن التركيز بحيث لا تصل المياه إلى نهاية الوادى دفعة واحدة، مع ضرورة الإعتناء بالطرق وتصميمها بشكل يسمح بوجود ممرات أو قناطر للمياه (برابخ) أسفل الطريق عند تقاطعه مع مخارج الأودية، مع ضمان صيانتها بشكل دورى.

ويساعد ذلك كله على زيادة معدلات تسريب المياه فى تربة الأودية وتشبعها، مما يقلل من حجم التدفق وبطئ الجريان ويزيد من منسوب المياه تحت السطحية، والتى يمكن إعادة استغلالها لاحقًا سواءًا فى الاستصلاح الزراعى لبعض أراضى الوديان أو فى عمليات الرعى، أو إعادة حصادها بأى شكلٍ من الأشكال الأخرى لإعادة إستغلالها.

والواقع أن مثل هذا النوع من السيول الضعيفة عادة ما يكون ذات تكرارية حدوث مرتفعة، فقد أوضحت دراسة Moawad & Khidr (2011) إلى أن فترة العودة لأحداث السيول الضعيفة من الممكن أن تحدث فى صحراء مصر الشرقية كل 1.28 سنة، وهذا أدعى لضرورة التفكير فى كيفية تحزين واستغلال مثل هذه الكميات سنويًا، لا سيما فى ظل الشح المائى الذى تعانيه مصر حاليًا نتيجة الطلب المتزايد على المياه مع زيادة أعداد السكان، ولمواكبة المشروعات التنموية التى تشهدها مصر حاليًا وفقًا لخطتها الإستراتيجية.

المراجع العربية

جودة حسنين جودة و محمود محمد عاشور وآخرون (1991) وسائل التحليل الجيومورفولوجى. الطبعة الأولى، بدون دار نشر، 513 ص.

خالد محمد مدكور علي (2020) الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر خلال موسم المطر 2019-2020 - دراسة في الجغرافيا المناخية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية. مجلة كلية الآداب للإنسانيات والعلوم الإجتماعية، جامعة الفيوم، مجلد 12، عدد 2: 2097- 2190.

محمود محمد محمد خضر (1997) الأخطار الجيومورفولوجية الرئيسية فى مصر مع التركيز على السيول فى بعض مناطق وادى النيل. رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عين شمس، 491 ص.

نصر الدين محمود احمد سالم (2018) شبكة التصريف في منطقة رأس غارب والأخطار الجيومورفولوجية المرتبطة بها باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. مجلة الدراسات الإنسانية والأدبية، كلية الآداب جامعة كفر الشيخ، عدد 16- إبريل، ص ص 223-280.

المراجع الأجنبية

Ashour, M. (2002) Flash floods in Egypt: A case study of Drunka Village, Upper Egypt. Bull de la Société de Géographie d'Égypte, 114–75:101.

Bear, J. (1988) Dynamics of fluids in porous media. New York, 764 p.

Ministry of Civil Aviation, Meteorological Authority (1980) Climatological Normals for the Arab Republic of Egypt Up to 1975. Meteorological Authority, Cairo, 433 p.

Elnazer, A.A., Salman, A.S., Asmoay, A.S. (2017) Flash flood hazard affected Ras Gharib city, Red Sea: Egypt: a proposed flash flood channel. Springer Science, Nat Hazards 89: 1389–1400.

Embabi, N.S. (2018) Landscapes and Landforms of Egypt: Landforms and Evolution. Springer International Publishing AG, 335p.

Flood Control Center (2003) San Diego County Hydrology Manual, 322 p. (San Diego: San Diego County Flood Control Advisory Commission).

Freeze, R.A., Cherry, J.A. (1979) Groundwater, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J. 604 p.

Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., Jarvis, A. (2004) The WorldClim interpolated global terrestrial climate surfaces, version 1.3.

Jenson, S.K., Domingue, J.O. (1988) Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis." Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 54 (11): 1593–1600.

Klitzsch, E., List, F., Pöhlmann, G., Handley, R., Hermina, M., Meissner, B. (1987) Geological map of Egypt NH 36 SW-Beni Suef. Conoco Coral, The Egyptian General Petroleum Corporation.

Klitzsch, E., List, F., Pöhlmann, G., Handley, R., Hermina, M., Meissner, B. (1987) Geological map of Egypt NG 36 NE-Quseir. Conoco Coral, The Egyptian General Petroleum Corporation.

Miller, V.C.A (1953) Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area.Virginia and Tennessee, Project Number 389 - 402. Technical Report-3, Columbia University, Department of Geology, New York.

Ministry of Petroleum, The Egyptian Mineral Resources Authority (2005) Geological map of Jabal Gharib Quadrangle, Cairo.

Moawad, B.M., Khidr, M.M. (2011) A GIS and RS based approach for modeling ungauged small-scale catchments in Mersa Alam. Bull Soc Gèog Ègypte. 84:117–140.

Moawad, B.M. (2013) Analysis of the flash flood occurred on 18th January 2010 in Wadi El Arish, Egypt (A case study). Geomatics 4(3):245–274.

Moawad, B.M., Abd El Aziz, A.O. (2018) Assessment of Remotely Sensed Digital Elevation Models (DEMs) Compared with DGPS Elevation Data and Its Influence on Topographic Attributes. Advances in Remote Sensing, 7, 144-162.

Mukul, M., Srivastava, V., Jade, S., Mukul, M. (2017) Uncertainties in the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Heights: Insights from the Indian Himalaya and Peninsula. Scientific Reports, 7:41672, DOI: 10.1038/srep4167.

Pilgrim, D.H., McDermott, G.E. (1982) Design floods for small rural catchments in Eastern New South Wales. Civil Engineering Transactions CE24: 226-234.

Reid, I., Powell, D.M., Laronne, J.B., Garcia, C. (1994) Flash floods in desert rivers: studying the unexpected. Eos, Trans Am Geophysical Union. 75–39:452.

Sharma, A., Tiwari, K.N., Bhadoria, P.B.S. (2010) Vertical accuracy of digital elevation model from Shuttle Radar Topographiy Mission – a case study. Geocarto International, vol. 25, No. 4, 257–267.

Strahler, A.N. (1964) Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In Chow, V. T. (ed.): Handbook of applied hydrology, McGraw-Hill, New York, pp. 439: 476.

Thornthwaite, C.W., Mather, J.R. (1957) Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Centerton, N.J., Laboratory of Climatology, Publications in Climatology, 10 - 3: 125 – 311.

Warner, T.T. (2004) Desert meteorology. Edinburgh: Cambridge university press; p. 612.

Hydromorphometric study of the flashflood occurred on the 1st of November 2020 in Ras Gharib City– Egypt

Moawad Badawy Moawad

Department of Geography and GIS, Faculty of Arts, Ain Shams University, Cairo, Egypt
e-mail: moawad.badawy@art.asu.edu.eg

(With 10 figures and 4 tables)

Abstract:

The city of Ras Gharib and its surroundings have recently been subjected to repeated sudden flashfloods that led to the closure of the coastal road and disrupted the main transports to and from the Red Sea Governorate. Of which, flashflood of 26 and 27 October 2016 is mostly the worst in the last 50 years, as it killed dozens of people and destroyed the infrastructure and property. The city was also recently exposed on 01st November 2020 to another similar flashflood, but less severe than that of 2016.

This research aims to reveal the hydromorphometric properties of the flashflood occurred on the first of November 2020, to estimate rain water and losses volumes, the net volume of runoff in the wadis that cross the main coastal roads in the Ras Gharib region, ways to benefit from rain water and reduce the damage of frequent flashfloods. A number of advanced methods have been used, including morphometric analysis and the extraction of drainage networks and wadis from DEM, Landsat images and images from Google Earth Pro with high spatial resolution, and the analysis of rain data obtained from the PERSIANN-CDR and PERSIANN-CCS models to estimate rain volume and the calculation of losses by evaporation-transpiration as well as by infiltration into the soil, using GIS and remote sensing techniques.

The study concluded that the wadis of the study area received approximately two millions m^3 in wadi Abu Haad, and 1.3 million m^3 in wadi al-Darb. The total losses amounted to about 729,814.4 m^3 in wadi Abu Haad, and 911,407.4 m^3 in wadi al-Darb. The net runoff was estimated as 1,390,182.92 m^3 in wadi Abu Haad, with a rate of 65.57 % of rain volume that fell on the wadi, and 428,893.73 m^3 in wadi Al-Darb, or 31.99 % of the rain volume that the wadi received.