



كلية الآداب جامعة بنما
كلية الآداب



جامعة بنما

مجلة كلية الآداب

مجلة دورية علمية محكمة

دراسات أخطار السيول في مصر
مثالبها - مقترحات لتحسينها

إعداد /

منى سيد حسين

أستاذ مساعد الجغرافيا البيئية ونظم المعلومات الجغرافية
والاستشعار عن بعد

كلية الآداب، جامعة القاهرة

monasayed@cu.edu.eg

أكتوبر ٢٠٢٤

المجلد ٦٢

[/https://jfab.journals.ekb.eg](https://jfab.journals.ekb.eg)

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم دراسات السيول في مصر، منذ بداية هذه الدراسات سنة ١٩٧٢ حتى سبتمبر ٢٠٢٤، وفي هذه الفترة نشر نحو ٢٥٧ دراسة، عدا ما أنجز من دراسات غير منشورة وتقارير فنية. وقد استخدمت هذه الدراسة منهج تحليل المضمون للإجابة على تساؤلات حول مدى صلاحية الطرق المستخدمة، ومدى جودة البيانات المستخدمة، ومصادقية النتائج التي انتهت إليها الدراسات.

أظهرت النتائج أن ثلاث طرق (المورفومترية، طريقة الشامي، التعلم الآلي كأحد تطبيقات الذكاء الاصطناعي) لا يمكنها إنشاء خرائط خطر السيول وفق المعايير السائدة الآن، وأن الطرق الأخرى (دراسة الحالة، النمذجة الهيدرولوجية، النمذجة الهيدروليكية) كان من الممكن أن تعطي نتائج جيدة، لكن في كل الدراسات تقريباً لم تكن البيانات اللازمة متوافرة، أو كانت بيانات منخفضة الجودة، كما لم تكن الصيغ الرياضية المستخدمة مناسبة لظروف القحل السائدة في مصر، وترتب على ذلك قصور كبير في النتائج جعل أكثرها غير ذات مصداقية.

أوصت الدراسة بالتحول عن النمذجة الهيدرولوجية إلى النمذجة الهيدروليكية، وإنشاء قاعدة بيانات قومية للبيانات اللازمة لدراسة السيول وإتاحتها، وإبداع صيغ رياضية تناسب ظروف الأراضي القاحلة في مصر.

الكلمات الدالة:

السيول، الأودية، الأخطار الطبيعية، النماذج الهيدرولوجية، النماذج الهيدروليكية.

١ - مقدمة

يحدث الجريان السيلي المفاجئ نتيجة لزيادة معدل الهطول على معدل التسرب. وتختلف السيول عن سائر أنواع الفيضان بأنها تحدث في غضون ساعات من سقوط المطر المسبب لها، وأنها أسرع جريانا، وأسرع في معدل زيادة منسوب الماء (Doswell III, 2014).

وقد لا تكون أسباب خطر السيول طبيعية صرفة، فقد تجتمع فيها الأسباب الطبيعية والبشرية، فمثلا يمكن أن يؤدي البناء غير المتقن لأحد السدود إلى انهيار السد وإطلاق سيل أشد من السيول المعروفة قبل بناء السد، ومثال ذلك انهيار سدود: النصب في سيناء سنة ٢٠١٢، وأم الخير في جدة سنة ٢٠١١، والليث في الحجاز سنة ٢٠١٨ (Youssef et al., 2021)، وأربعات سنة ٢٠٢٤ والذي كانت مدينة بورتسودان تعتمد مائيا على بحيرته.

وقد يكون خطر السيول مما يندرج تحت مصطلح natech، وهي الأخطار الناتجة عن اجتماع الأسباب الطبيعية والتكنولوجية، والمثال الأشهر في مصر كارثة سيل وادي درنكة سنة ١٩٩٤، التي أدت إلى مصرع ٣٩٩ (Ashour, 2002) أو ٤٩٧ (Gabr & El Bastawesy, 2015)، وهذه أكبر حصيلة في تاريخ السيول المعروف في مصر، وسببها اقتران الجريان السيلي - في واد لا يزيد طوله على ٨,٥ كم، ولا تزيد مساحة حوضه على ٢٥,٨ كم^٢ - بالخطر التكنولوجي المتمثل في خزانات الوقود التي أنشئت في قاع الوادي، اشتعل الوقود فانفجرت الخزانات فأضافت ١٢,٠٠٠ طن من الوقود فوق سطح ماء السيل. وكان السيل قد جلب رواسب بسمك

ثلاثة أمتار تراكمت أمام كوبري السكة الحديدية فتكونت بحيرة عمقها سبعة أمتار، فلما زاد ضغط الماء على الكوبري انهار كله، فانطلق الماء من عقاله، فأغرق الماشية في الأدوار السفلية، وهرب الناس إلى الأدوار العليا، لكن اختنق بعضهم من الغازات، وأحرقت النار آخرين.

وقد زاد خطر السيول في العقود الأخيرة نتيجة تواتر أحداث الطقس المتطرف، والأهم من ذلك أنه - في الحال المصرية موضوع هذه الدراسة - نتيجة التوسع العمراني في مناطق عرضة للسيول، فعلى مدى القرون كانت الصحارى حول وادي النيل تشهد السيول، لكن لم يكن سكانها يابهون بها لقلة عددهم آنذاك، ولخبرتهم في تجنب الخطر. واعتبارا من ستينيات القرن العشرين تبنت الحكومات المتعاقبة سياسة الخروج إلى الصحراء لمواجهة زيادة السكان في وادي النيل. وكانت مراوح الأودية والبيدمونت من أكثر المساحات صلاحية للتعمير، وهذه هي الأشد عرضة للسيول (Hermas et al., 2021).

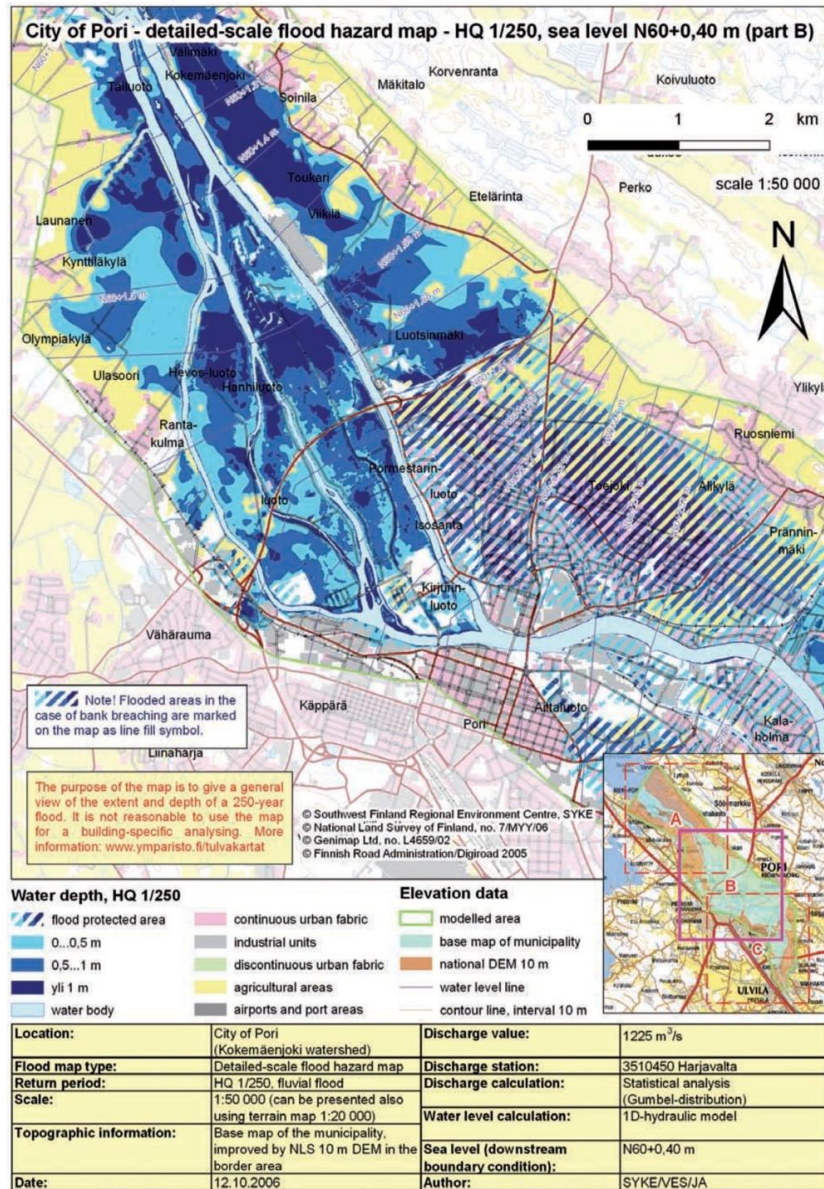
ولمواجهة خطر الفيضانات والسيول أصبح إنشاء "خراطم الخطر" جزءا لا يتجزأ من عملية إدارة الخطر (WMO & GWP, 2013)، بل أصبح إنشاء هذه الخراطم مفروضا بالقوانين في بعض الدول، ومنها "توجيهات الفيضانات" التي دخلت حيز التنفيذ في جميع دول الاتحاد الأوروبي اعتبارا من سنة ٢٠٠٧، وهي تقضي بأن تنتهي الدول الأعضاء قبل سنة ٢٠١٣ من إنشاء: (١) خراطم مخاطر^(*)

(*) أخذت جميع مصطلحات الأخطار الطبيعية الواردة بهذه الدراسة من المسرد العربي الذي اعتمدته الأمم المتحدة (أمانة الأمم المتحدة للاستراتيجية الدولية للحد من الكوارث، ٢٠٠٩).

الفيضان flood risk maps، وهي خرائط تبين المساحة التي سيغمرها الماء، وتحدد المتضررين من السكان والممتلكات، ومصادر التلوث التي يمكن أن يؤثر فيها الفيضان فتتطلب منها الملوثات. وهذا النوع من الخرائط هو الأقرب إلى حاجة صانع القرار وحاجة شركات التأمين، (٢) خرائط خطر الفيضان flood hazard maps التي تبين العمق المتوقع للماء في المساحات التي سيغمرها الفيضان، وذلك وفق ثلاثة سيناريوهات: الاحتمال الضئيل (حدث طقس متطرف)، والاحتمال المتوسط (فترة رجوع مائة عام على الأقل)، والاحتمال الكبير (الفيضانات المألوفة).

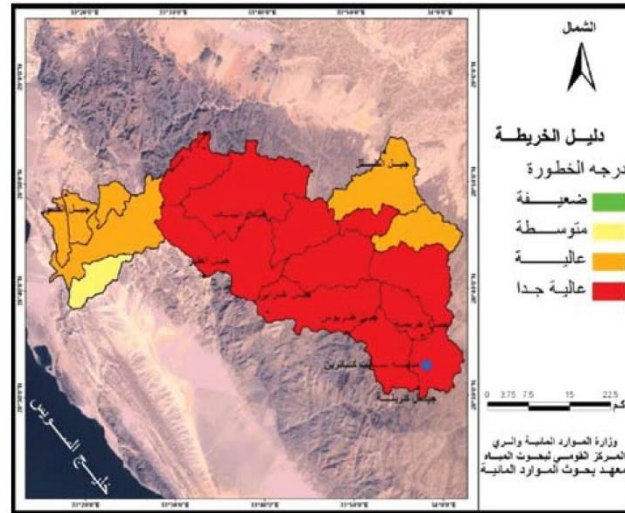
وفي مصر كانت سيول نوفمبر ١٩٩٤ المدمرة سببا في أن بادرت محافظة البحر الأحمر إلى عقد ندوة بالگردقة، وكان من توصياتها إنشاء أطلس السيول (مغاوري دياب، ١٩٩٨)، وهي مهمة أنجزها فيما بعد معهد بحوث الموارد المائية. وبالإضافة إلى جهد هذه الهيئة القومية كان خطر السيول موضوعا لـ ٢٥٧ دراسة منشورة تم تصنيفها في قاعدة بيانات، تغطي فترة ١٩٧٢ إلى سبتمبر ٢٠٢٤، ولم يشمل الحصر الدراسات التي عالجت السيول معالجة عامة، ولا الدراسات التي عالجت جوانب غير خطر السيول، مثل دور السيول في النحت والإرساب أو حصاد مياه السيول. ويبين الملحق ١ بعض أعمدة قاعدة البيانات.

وتكشف المقارنة بين خرائط خطر الفيضان وخرائط مخاطر الفيضان التي تنشر اليوم في الدول المتقدمة (انظر الشكل ١)، وبين الخرائط التي تمثل حالات مصرية (انظر الشكل ٢)، عن أنه لا وجه للمقارنة بينهما، ففي الأولى تنتج الخرائط بتفصيل مكاني كبير، وهو ما تفتقر إليه مصر حتى الآن، فكل ما هنالك خرائط أنتجت

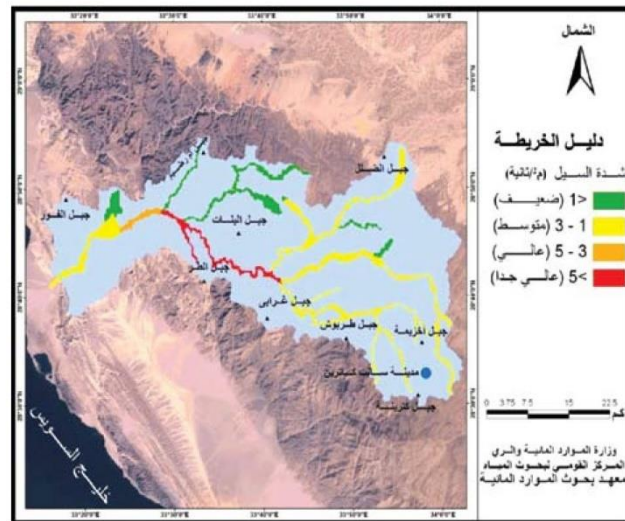


الشكل ١ نموذج لخرائط خطر الفيضان المنتجة في الاتحاد الأوروبي، وهذا

المثال من فنلندا (عن أطلس الفيضانات (EXCIMAP, 2007b)



درجة المخاطر من السيول



شدة النيل في الأفرع الرئيسية

الشكل ٢ نموذج لأكثر الخرائط تفصيلا في أطالس السيول التي أصدرها معهد بحوث الموارد المائية. وهذا المثال لوادي فيران (عن أطلس السيول لأودية شبه جزيرة سيناء، ٢٠١٠). لاحظ أن حوض الوادي ظهر كحوض صرف داخلي، وأن الروافد سميت أفرع.

بمقياس رسم صغير، مثل تلك المنشورة في مجموعة أطالس السيول (معهد بحوث الموارد المائية، ٢٠١٠، ٢٠١٢، ٢٠١٤ أ، ٢٠١٤ ب، ٢٠١٦، ٢٠١٨، ٢٠١٩، ٢٠٢١، ٢٠٢٣)، أما الدراسات التي تم حصرها فقد كانت خرائط الخطر فيها شديدة العمومية (٥١ %)، أو كانت الدراسة تخلو من خرائط للخطر (٤٤ %).

هذا القصور في إنتاج خرائط الخطر والمخاطر كان الدافع إلى هذه الدراسة. ومن ثم تحددت مشكلة الدراسة في أنها تحاول الإجابة على ثلاثة أسئلة: (١) هل كان من الممكن تحقيق أهداف دراسات خطر السيول في مصر (درجات الخطر، ويزيد عليها أحيانا اقتراح الحلول) باستخدام المناهج والأساليب التي اتبعها أصحاب هذه الدراسات؟ (٢) هل كان من الممكن تحقيق أهداف هذه الدراسات باستخدام البيانات التي استخدمت؟ (٣) إلى أي حد يمكن الوثوق بنتائج هذه الدراسات؟

وكان نقد دراسات خطر السيول في مصر، موضوعا لثلاث دراسات سابقة: (١) محمد جميل البحيري (El-Behiry et al., 2006) التي هي في جوهرها نقد لطريقة الشامي، (٢) أحمد إبراهيم صابر وأميرة البنا (٢٠١٣) حول تحديد معيار لدرجات خطورة السيول، (٣) أحمد عادل صالح (Saleh, 2022) الذي انتقد خرائط الخطر في أطالس السيول ووصفها بأنها "غير واقعية". وإذا كانت كل من هذه الدراسات قد عالجت جانبا واحدا من عيوب دراسات السيول، فقد بقيت التساؤلات الثلاثة للدراسة الحالية دون إجابة حتى اليوم.

وقد اتبعت هذه الدراسة منهج تحليل المحتوى الذي لم يعد يتطلب استخدام الأساليب الكمية كما تذكر الطبعة الأخيرة من الموسوعة الدولية للجغرافيا البشرية

(Baxter, 2020). وليست هذه الدراسة من نوع دراسات العروض reviews، فهي في جوهرها دراسة في تقييم المناهج والأساليب، ثم تقييم جودة البيانات المستخدمة، وملاحظات على نتائج هذه الدراسات مع توصيات لتحسين دراسات خطر السيول في بلد ما زالت تعوزه بيانات الأرصاد الجوية والأرصاد الهيدرولوجية، وهذا هو السبب الأهم لمثالب دراسات أخطار السيول في مصر، أما السبب المهم الآخر فهو تأخر الاهتمام بدراسات السيول، وهو موضوع المبحث التالي.

٢ - أسباب تأخر الاهتمام بدراسة أخطار السيول في مصر

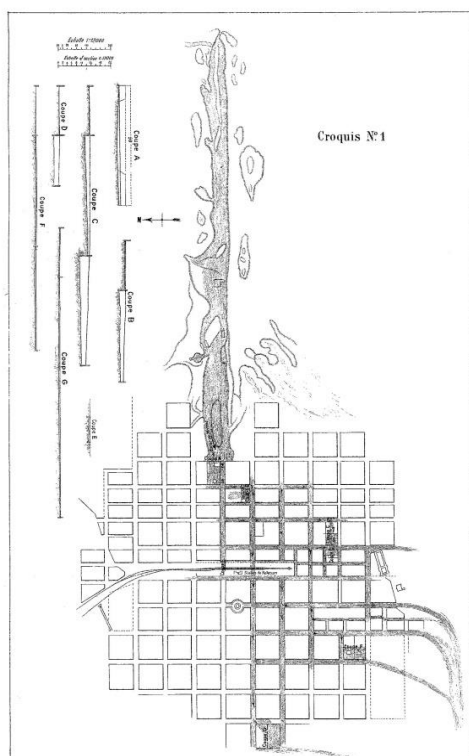
على مدى نحو ثمانين عاما (١٨٩٥ - ١٩٧٥) كانت الكتابات عن السيول موجزة، وكانت كلها من نوع التقارير، عدا واحدة فقط (Fourtau, 1918) تقي بمعايير الدراسات من حيث اشتمالها على تساؤلات بحثية ومحاولة للإجابة عنها. ومن أول ما كُتب من وصف دقيق للسيول وصف لينون دو بلفون في كتابه عن صحراء عتباي، إذ كان لينون شاهد عيان على السيل الهائل في وادي العلاقي سنة ١٨٣٠ (de Bellefonds, 1868).

ومن أوائل محاولات التقدير الكمي للجريان السيلي ما ورد في تقرير عن سيول أبريل ١٨٩٥ في حلوان (Floyer, 1895)، وكانت ناتجة عن عاصفة أسقطت نحو ٤٠ مم فوق حوض وادي أبو شوشة (٦ كم^٢ فقط) فتحول معظم حجم المطر (ربع مليون م^٣) إلى جريان مدمر (الشكل ٣). وانصرف من وادي حوف ٨٦٥ ألف م^٣ من المياه، جرفت جزءا من الجسر الداعم لكوبري السكة الحديد الذي يعبر الوادي. وكان شفاينفورت (أول رئيس للجمعية الجغرافية المصرية) من ساكني حلوان وقتها فرسم خريطة لمسار السيل بتفصيل يصل إلى مستوى الشوارع (الشكل ٤).

وفي التقارير الأولى التي نشرتها مصلحة المساحة بيانات ثمينة عن أحداث للسيول، ففي مسح جون بول مثلا لجنوب شرق مصر (Ball, 1912) تقرير عن سيل وادي العلاقي سنة ١٩٠٢، وفيه بلغ عمق الماء عند منجم أم قريات ٢,٥ م، واستمر الجريان يومين ونصف اليوم، وبعد ٧٠ كم من أم قريات تجمعت المياه في



الشكل ٣ سيل حلوان سنة ١٨٩٥،
ويشير السهم الأبيض إلى منسوب الماء
وقت ذروة التصريف (عن فلوير
(Floyer, 1895



الشكل ٤ انتشار سيل حلوان سنة
١٨٩٥ إلى شوارع البلدة (عن فلوير
(Floyer, 1895

منخفض حقاب كرار قبل مصب العلاقي بنحو ٤٠ كم، واستغرق الأمر ثلاثة أشهر حتى تسرب الماء عبر طبقة الرمال والحصى في المنخفض التي يبلغ سمكها ١٤ م ويذكر هيوم في المجلد الأول من "جيولوجية مصر" (Hume, 1925) عددا من الملاحظات عن السيول التي ضربت القاهرة، منها سيل ١٤ نوفمبر ١٨٩٥ القادم من الجبل الأحمر، والذي اقتحم قصر القبة ودمر خمسين بيتا تدميرا تاما في قرية القبة، وسيل ٢٥ فبراير ١٩٠٠ وفيه بلغ ارتفاع الماء في وسط القاهرة ٤٠ - ٥٠ سم، وسيل ٢٤ إبريل ١٩٠٨ المتدفق من وادي اللبلاب والذي دمر ٧٥ بيتا في الدمرdash ومحا قرية عرب المحمدي عن آخرها، وسيول ١٩١٣ التي أغرقت الحلمية والزيتون وقطعت الخط الحديدي في عدة مواضع. وانفرد هيوم بأول تقرير عن انهيار السدود، فذكر أن المخلفات الناتجة عن التعدين في منجم أم روس تراكمت في واد ضيق حتى أصبحت سدا أغلق المجرى فلما جاء السيل جرفها إلى المنجم.

ولم ينفرد الجيولوجيون وحدهم بالتقارير المبكرة عن السيول، فمن هذه التقارير ما نشره المهندسون، خاصة ما نشرته جمعية المهندسين المصرية، في سلسلة المحاضرات، أو في "كتاب جمعية المهندسين الملكية المصرية" الذي كان يجمع محاضرات السنة في مجلد واحد. وكانت كتابات الجيولوجيين تركز على تأثير أشكال السطح في السيول فجاءت كتابات المهندسين لتركز على الجوانب الهندسية في صرف مياه السيول.

ومن نماذج تقارير المهندسين مقال عن سيل ١٤ مارس ١٩٢٦ الذي أغرق مساحات واسعة فيما بين الكريمات والصف وحطم قنطرة مخر سيل الودي، وعن سيل

التبين في ١٠ نوفمبر ١٩٢٧ الذي عجزت قنطرة مجرى السيل عن صرفه فاندفع الماء ليقطع جسر مجرى السيل ويغرق الأرض المزروعة (محمد علي الألفي، ١٩٢٨). ويروى هذا المقال قصة إنشاء مخزات السيول بعد صرف النظر عن فكرة تحويل ترعة الخشاب إلى مخر.

وفي فئة الثالثة من التقارير ركز المتخصصون في علم الأرصاد الجوية على الظروف السينوبتية التي يمكن أن تنتج عنها أحداث السيول، وعمق الهطول الذي سجلته الأرصاد. ويمكن أن نقرأ في هذه التقارير عن عاصفة ٢٥ يناير ١٩٠١ التي أدت إلى جرف الخط الحديدي بين أسوان والأقصر، وسيول نوفمبر ١٩٢٣ التي اقتلعت الخط الحديدي شمال أسوان، وكانت شديدة في سفاجا والغردقة والقصير واستمر الجريان في وادي سفاجا والبارود عدة ساعات بعد سقوط المطر، واستطاع السيل تحريك كتل من الجرانيت تزن عشرة أطنان في قاع وادي سفاجا، وشمل الدمار مناجم سفاجا، وغرقت محطة الكهرباء، ومنيت القصير بخسائر ضخمة بعد اجتياح السيل شوارعها (Sutton, 1949). ومن هذا النوع من التقارير عرفنا أيضا سبب الهطول المفاجئ الذي أغرق شوارع الإسماعلية في ٢٨ و ٢٩ يوليو ١٩٣٦ (Twist, 1936)، وسبب السيول التي دمرت بيوت الكورشيف في بلدة شالي فأصبحت غير صالحة للسكنى وهجرها أهلها ونزلوا من الربوة ليينوا مدينة سيوه الحالية. هذا السيل كان نتاجا للهطول الغزير في ٢٨ - ٣٠ ديسمبر ١٩٣٠ وسببه منخفضان، أحدهما كان مركزه فوق جزيرة كريت، والآخر كان فوق الصحراء الغربية، وتحرك المنخفض من كريت فأصبح مركزه السلوم ثم جاء مصر هواء بارد فدفع الهواء الرطب لأعلى.

وقد سجلت محطة أرصاد مطروح ٩٩ مم في يوم واحد، منها ٩٣ مم في ١٨ ساعة، وسجلت محطة سيوه ٣٥ مم (Durward, 1931, Sutton, 1931).

وقد جمعت بعض تقارير علماء الأرصاد ما بين تحليل الظروف السينوبتية وتقدير لحجم مياه السيل وحجم المنقول من الرواسب، وبذلك اقتربت في مضمونها من التقارير التي كان الجيولوجيون يكتبونها، وأهم ما يمكن الاستفادة منه اليوم من هذه التقارير أن التباين المكاني للهطول قد يكون كبيرا جدا في مساحة صغيرة، وقد لا يكون كذلك، وهذه الحقيقة تجاهلتها أكثر من ٩٦ % من دراسات السيول التي اعتمدت على بيانات تاريخية عن الهطول. ومن أمثلة قلة التباين المكاني للهطول أنه في عاصفة ٣٠ - ٣١ ديسمبر ١٩٤٤ سجلت محطة مطار هليوبولس ٣٨ مم، والأزبكية ٣٥ مم، والجيزة ٣٠ مم، وحلوان ٤٢ مم، ففاض وادي دجلة فجرف قرية بكاملها كانت مساكنها من الطوب اللبن، وغرقت الأدوار السفلى من بيوت المعادي، وتراكم في حدائق البيوت نحو ٣٥ ألف م^٣ من الرواسب المجلوبة من وادي دجلة ووادي التيه. أما الهطول من عاصفة ١٣ - ١٤ مايو ١٩٤٥ فكان ذا تباين مكاني كبير، إذ سجلت محطة الأزبكية ١٠ مم، وسجلت الجيزة ٦ مم، وإلى الشمال من القاهرة بلغ الهطول ٤٤ مم في محطة الجبل الأصفر، وفي الجنوب بلغ ٧١ مم في مرصد حلوان، وأغرقت السيول المعادي بأكثر مما فعلت قبلها بخمسة أشهر، وجلبت رواسب أكثر، وغيرت الرواسب لون مياه النيل على مدى أسبوع (Murray, 1945, Sutton, 1949)

وثمة فئة رابعة من التقارير عن السيول كتبت لأغراض إدارية، منها مثلاً بيانات عن سيول وادي العريش في فترة ١٩٢٥ - ١٩٤٥ (كرم جيد، ١٩٦٠) كما وردت في تقرير هيمرسلي الذي كان محافظ سيناء في فترة ١٩٣٦ - ١٩٤٦، حيث كانت تؤخذ قراءات علامة أقصى ارتفاع للماء على جسر سكة حديد فلسطين التي تعبر الوادي، لكن ما وصلنا فعلاً من هذه البيانات هو تصنيفها الذي وضعه علي شافعي بناءً على هذه القراءات وبناءً على استقصاء مصادر محلية، ومن هذا التصنيف علمنا أن هذه الفترة (٢١ سنة) شهدت أربعة سيول "عالية جداً"، وقدر حجم المنصرف عند مصب الوادي بنحو ١٦٠ مليون م^٣ (Sutton, 1949).

ولما توافرت القياسات الهيدرولوجية الأولى - حتى وإن كانت بدائية - بدأت محاولات استنتاج صيغ رياضية تربط بين الهطول والجريان في ظروف مصر، منها صيغة محمود حسيب الدفراوي عن العلاقة بين التصريف في وادي العريش وعمق الهطول ومساحة حوض أي واد (كرم جيد، ١٩٦٠)، وقدر البول التسرب الناتج عن سيول أربعة أودية قرب مرسى مطروح (المدور، ماجد، الوشكة، سنب، مجموع مساحة أحواضها ٨٣ كم^٢) (Walpole, 1932)، لكن أشهر الصيغ هي صيغة جون بول (١٩٣٧) التي أعيد إحيائها بدءاً من دراسة كمال سعد والشامي وأحمد سويدان (Saad et al., 1980) الذين افترضوا أن هذه الصيغة صالحة للتطبيق في أي سياق. كان جون بول مكلفاً بدراسة تزويد مرسى مطروح بالماء وقت الاستعداد للحرب العالمية، وهو الذي اقترح إنشاء سد وادي الخروبة (مساحة حوضه ١٣ كم^٢)، وقد استخدم بيانات الهطول في ٢٧ أكتوبر ١٩٣٤ التي سجلت فيها

محطة مطروح ١٢ مم فقط، سقطت في فترة قصيرة فتدفقت السيول في كل الأودية حول المدينة وأغرقت شوارعها عدة أيام. ومن تحليل جون بول لأحداث الهطول السابقة في مطروح انتهى إلى أن أقل من عشرة مم لا تسبب سيولا، ولو زاد الهطول على ذلك يُخصم منه ٨ مم للتسرب حتى تبلل الطبقات العليا، ثم يؤخذ ثلاثة أرباع الباقي ليكون هو قيمة الجريان، بمعنى أن: الجريان (مم) = $0,75 \times$ (عمق الهطول (مم - ٨) ثم بضرب الناتج في مساحة الحوض يمكن حساب حجم الجريان (Ball, 1937). وقد استخدم ليتل هذه الصيغة عند حساباته تزويد الحجر الصحي في الطور بالماء (Little, 1941) بعد أن أوضح أن ظروف الجريان على الصخور الرسوبية قرب الطور "تشبه الظروف في مطروح إلى حد ما" لكنه استدرك أنه لا يصح استخدامها للجريان على الصخور النارية، أما جورج مري فقال إن هذه الصيغة لا تصلح للتطبيق على أودية المقطم لأنه يتعاقب في صخورها الحجر الجيري الصلد والهش، بينما حجر جيري مطروح كله صلد (Murray, 1945).

وفي مقابل كل التقارير السابق ذكرها، وغيرها كثير، انفرد رينيه فورتو (Fourtau, 1918) بالدراسة الوحيدة عن السيول على مدى نحو ٨٠ سنة. وقد اتبع فورتو منهج دراسة الحالة لسيل ١٧ يناير ١٩١٩ الناجم عن هطول تراوح عمقه بين ٣٥,٥ مم (حسبما سجل مرصد العباسية وكان في مكان كلية آداب عين شمس الحالية) وبين ٤٣,٢ مم (حسبما سجل مرصد الأزبكية)، واستغرق ذلك أربع ساعات فقط من عصر ذلك اليوم، ففاض الماء من جبل النهدين وقطع الجسر الترابي الاصطناعي الذي مدت عليه سكة حديد المحاجر، وانصرف الماء إلى خندق القبة

الذي يسلكه ترام مصر الجديدة، فتهايلت الرواسب من جانبي الخندق فسدت، فلما جاء السيل القادم من وادي الإسمر ووادي الحلازوني ملأ الخندق بالرمال ثم طغى فوق السد ليهدم منشية الصدر. وقد انتهى تحليل فورتو إلى أنه في السيل المماثل سنة ١٩٠٨ جُرفت مساكن عرب المحمدي لأن وادي اللباب لم يعترضه عائق، فلما كان سيل ١٩١٩ اعترض الوادي هذه المرة الجسر الاصطناعي، فتراكم الماء والرواسب أمام الجسر، ثم جرف الرواسب والجسر ليطنر بها عربات ترام مصر الجديدة ويدمر مباني منشية الصدر (انظر الشكل ٥).

ومن التقارير عن السيول عرفنا أن شركة واحات هليوبوليس نزحت نحو ٤٠ ألف م^٣ من المياه من الخندق، وأزلت منه أيضا ١٥ ألف م^٣ من الرمال والسلت (انظر صورة الخندق وإزالة الرواسب في Sutton, 1926)، وأنه في عاصفة مايو ١٩٢٣، التي أسقطت ٢٥ مم في ساعة واحدة، تجمع في خندق القبة نحو ٤٠ ألف م^٣ من الماء وعشرة آلاف طن من الرمال (Sutton, 1931).

لقد كان الهدف من الإطالة في ذكر الأمثلة السابقة إيضاح أن ثمة بيانات تاريخية يمكن الاستفادة منها في دراسة السيول ومعدل تكرارها، وأهم من ذلك أنه يمكن استخدامها في معايرة نتائج النماذج، وهو ما لم تستفد منه إلا دراسة واحدة فقط من كل ما تم إحصاؤه في قاعدة البيانات.



الشكل ٥ طمر ترام مصر الجديدة (أعلى) ودمار المباني في منشية الصدر (أسفل)
جاء سيول وادي اللباب في ١٧ يناير ١٩١٩ (عن رينيه فورتيو Fourtau, 1918)

والخلاصة أنه على مدى نحو ثمانين سنة كانت الكتابات عن أخطار السيول في مصر من نوع التقارير، وعلى ذلك يمكن القول إن الاهتمام بدراسة السيول قد تأخر كثيرا، فمثلا لم تنشر أول دراسة في مجلة الجمعية الجغرافية المصرية (Ashour, 2002) إلا بعد ١٢٧ سنة من بدء إصدار المجلة، ونشر أول مقال في المجلة الجغرافية العربية (أحمد سالم صالح، ١٩٨٩) بعد عشرين سنة من بدء إصدارها. وفي مجلة مركز بحوث الصحراء نشر أول مقال عن خطر السيول (Aggour, 1999) بعد ٤٨ سنة من بدء إصدار المجلة. وعندما أصدرت أكاديمية البحث العلمي ببلجيوجرافيا السيول (سنة ١٩٩٠، في أربعين صفحة) لم يكن نصيب دراسات السيول في مصر يتجاوز الصفحتين.

لماذا تأخر الاهتمام بدراسة خطر السيول ؟ الظاهر أنه كانت وراء ذلك مجموعتان من العوامل: عوامل تتعلق بظروف مصر، وعوامل تتعلق بتطور علم الجيومورفولوجيا في مصر.

فمن العوامل التي تتعلق بظروف مصر: (١) قلة عدد السكان في الصحارى، وصغر أحجام مراكز العمران بها، وغياب البنية الأساسية المعرضة للخطر، وأهمها الطرق، (٢) حسن اختيار مواقع مراكز العمران الصحراوية بعيدا عن النطاقات التي يهددها خطر السيول، بحيث إن المخاطر لم تتحقق إلا لاحقا بعد التوسع العمراني. ومن المعتاد الاستشهاد بمدينة رأس غارب المبكرة (مستعمرة شركة البترول) كمثال على مستوطنة أنشئت على موضع لا تتال منه السيول، (٣) سياسة إغلاق الصحارى المصرية منذ إنشاء مصلحة أقسام الحدود سنة ١٩١٧ في غمار الحرب

العالمية الأولى، وكان القرار يصدر تلو القرار بإنشاء "منطقة ممنوعة". ولم يبدأ فتح الصحارى إلا بصور قرار سنة ١٩٦٢ يجعل من الغردقة "مدينة مفتوحة"، ثم توالى قرارات الفتح بعد حرب ١٩٧٣. وكانت الحركة في "المناطق الممنوعة" مقيدة، يدل على ذلك ما نصت عليه مادة تكررت مرارا في هذه القوانين: "لا يجوز لأي شخص من غير القاطنين في هذه المنطقة دخولها إلا بعد الحصول على ترخيص خاص من مدير عام مصلحة الحدود أو من ينوب عنه، ويكون هذا الترخيص شخصا وغير قابل للتحويل، وتحدد فيه مدة الزيارة، ويرد لمصلحة الحدود عند انقضاء هذه المدة. ويقدم طلب الترخيص على النموذج المخصص لذلك قبل موعد القيام بسبعة أيام على الأقل"، (٤) أن السيول التي كانت تصيب قرى الوجه القبلي وقعت على بعد كبير من القاهرة محل إقامة الباحثين المؤهلين، (٥) أن جزءا كبيرا من الوجه القبلي اعتاد الغرق في ظل نظام ري الحياض الذي استمر في أقصى الجنوب حتى سنة ١٩٦٤، (٦) التخلص التدريجي من الموظفين الأجانب بعد الاستقلال سنة ١٩٢٢، ليحل محلهم موظفون مصريون لم تكن لهم اهتمامات علمية كما كانت لدى الأجانب، (٧) لم تكلف هيئة بعينها بمواجهة خطر السيول إلا متأخرا، (٨) ليس تقييم مخاطر السيول متطلبا إجباريا في مشروعات التخطيط المحلية في مصر (Esmail et al., 2022).

أما المجموعة الثانية من أسباب تأخر دراسات السيول في مصر فهي **تتعلق بتطور علم الجيومورفولوجيا**. والمعروف أن علم الجغرافيا في مصر بدأ فرنسا لكنها كانت بداية متواضعة ولفترة قصيرة، وسرعان ما تغير الاتجاه لتصبح الجغرافيا

إنجليزية بريطانية، وكان المبتعثون الأوائل إلى بريطانيا في الثلاثينيات والأربعينيات قد تخصصوا في الجغرافيا التاريخية والأنثروبولوجيا، تلاهم في الخمسينيات والستينيات عدد لا بأس به ممن تخصصوا في سائر أفرع الجغرافيا ومنها الجيومورفولوجيا، وباستثناء الجيومورفولوجي حسان عوض الذي ابتعث إلى فرنسا مستفيدا من دعم طه حسين وصلته بالفرنسيين، كان كل المبتعثين الأوائل قد تخرجوا في جامعات بريطانية، ومنها جاءوا بأفكار سادت الجغرافيا العربية فترة طويلة، هذه الأفكار كانت أقل تقدما بكثير مما كان سائدا في الولايات المتحدة.

لماذا تأخرت الجيومورفولوجيا البريطانية عن نظيرتها الأمريكية ؟ أجاب عن ذلك جورج ديوري في محاضرة ألقاها أمام أعضاء المجموعة الجيومورفولوجية البريطانية، ضمن فعاليات ذكرى تأسيس جمعية الجغرافيين البريطانيين، وقد نشرت المحاضرة ك مقال في العدد التذكاري من مجلة وقائع جمعية الجغرافيين البريطانيين Transactions of the Institute of British Geographers، ومن هذا المقال (Dury, 1983) يتضح كيف انفصلت الجيومورفولوجيا البريطانية عن الجيولوجيا لتصبح فرعا من الجغرافيا الطبيعية، في حين كان العدد الأكبر من أقسام الجغرافيا في الولايات المتحدة يقصر دراسة الجغرافيا على جانبها البشري، فبقيت الجيومورفولوجيا الأمريكية جزءا من الجيولوجيا. وفي خمسينيات القرن العشرين قاوم الجيومورفولوجيون البريطانيون الثورة الكمية، ويبدو أنهم لم يدركوا - وما زال القول لجورج ديوري - ما تحقق في الثورات الكمية الثلاث: في مجال الشبكات والهندسة والهيدروليكا، وهي الثورات التي استفادت منها الجيومورفولوجيا الأمريكية.

وفي استدراك على مقال ديوري، نشر في مجلة جمعية الجغرافيين البريطانيين Area أقر إدوارد داربيشار (Derbyshire, 1983) أن "النظرة السائدة في العالم خارج المنطقة البريطانية الصغيرة هي أن الجيومورفولوجيا من مكونات علم الجيولوجيا"، وأن القليل جدا من الجيومورفولوجيين البريطانيين هم الذين اتجهوا إلى دراسة العمليات فيما صرفت الأغلبية جهودها في الموضوعات التقليدية من دراسة الأشكال وإنشاء الخرائط .

وتفسر الفقرة السابقة أوجه القصور التي شابت التطور المبكر للجيومورفولوجيا في مصر، وانشغالها بدراسة الشكل وإهمالها العملية، وتأخرها في تبني الثورة الكمية، لدرجة أن كتب أحد الرواد (طه محمد جاد، ١٩٨٢) أنه ليس ثمة اتفاق حول الإجراءات التفصيلية للتحليل المورفومتري اعتمادا على الخرائط الكنتورية أو الصور الجوية، كتب ذلك بعد ٣٧ سنة من نشر المساحة الجيولوجية الأمريكية مقترح هورتن الذي أصبح أساس التحليل المورفومتري. ومن الدراسات العربية المبكرة التي لفتت الأنظار إلى أهمية التحليل المورفومتري ما كتبه آمال شاور (١٩٨٢)، لكن أهم هذه الدراسات هي ما كتبه محمود عاشور (١٩٨٣) عن التحليل المورفومتري لأحواض الصرف.

وترتب على هذا القصور المبكر أن كانت أولى الدراسات عن السيول في مصر من عمل جيومورفولوجيين صهاينة تلامذة للأمريكان، وأنجزت هذه الدراسات في سيناء في فترة الاحتلال، وكان لهؤلاء الجيومورفولوجيين خبرة طويلة اكتسبوها من

دراسة السيول في صحراء النقب التي يصفها بعض الجغرافيين الصحاينة بأنها جزء من سيناء، وفي قول آخرين إنها امتداد لسيناء.

٣ - طرق دراسة أخطار السيول في مصر

المقصود بالطريقة كل الخطوات التي يشملها مصطلح methodology، بدءاً من خطوة وضع مفاهيم الدراسة conceptualization، ومروراً بجمع البيانات، ثم معالجتها للوصول إلى نتائج، وانتهاءً بالتحقق من سلامة النتائج validation. وتفتقر كثير من دراسات السيول في مصر إلى خطوة أو أكثر مما سبق، كما أن أكثرها قد اتبع الطريقة التي اتبعها دون مناقشة أساسها النظري، أو استعراض ميزاتها وعيوبها، وفي قليل من الدراسات تبرير لاختيار الطريقة المتبعة لا يعدو القول إنها "الأكثر صلاحية" أو إنها "الأنسب للمناطق الجافة كمصر" دون أن يوضح الباحث كيف توصل إلى هذا الاستنتاج. ومثل ذلك يقال عن الصيغ الرياضية والبرامج المستخدمة. ومن قاعدة البيانات التي بنيت عليها هذه الدراسة (يبين الملحق ١ بعض الأعمدة منها) أمكن حصر سبع طرق، يلخص الجدول ١ نصيب كل منها من مجموع الدراسات في فترة ١٩٧٢ - سبتمبر ٢٠٢٤. ومن الجدول يبدو التداخل الزمني واضحاً، بمعنى أن كل طريقة لم تكن تمثل مرحلة في مسلسل تطوري.

الجدول ١ الطرق المتبعة في الدراسات المنشورة عن خطر السيول في مصر

الطريقة	أول دراسة	آخر دراسة	عدد الدراسات	%
الأرصاء والقياس والتجارب	١٩٧٢	٢٠٢٢	٣	١,٢
دراسات الحالة	١٩٧٤	٢٠٢٣	٣٠	١١,٧
الطرق المورفومترية	١٩٨٣	٢٠٢٤	٥١	١٩,٨
طريقة الشامي المورفومترية	١٩٩٢	٢٠٢٣	٣٥	١٣,٦
النمذجة الهيدرولوجية	١٩٨٩	٢٠٢٤	٩٠	٣٥,٠
النمذجة الهيدروليكية	٢٠١٧	٢٠٢٤	١٢	٤,٧
طرق التعلم الآلي	٢٠٢١	٢٠٢٣	١٠	٣,٩
الجمع بين أكثر من طريقة	٢٠٠٩	٢٠٢٤	١٢	٤,٧
وصفية أو يصعب تصنيفها	٢٠٠٤	٢٠٢٣	١٤	٥,٤
			٢٥٧	١٠٠,٠

وفيما يلي مناقشة لهذه الطرق السبع، بدءاً بأقدمها.

١ - الأرصاء والقياس والتجارب بهدف بناء المفاهيم

سبق القول إن الدراسات الأولى عن السيول في مصر كانت من عمل جيومورفولوجيين صهاينة تلامذة للأمريكان، وإن هذه الدراسات قد أنجزت في سيناء في فترة الاحتلال، وكانت مبنية على خبرات سبق اكتسابها من دراسة السيول في

صحراء النقب. وقد لخص مقال (Yair & Lavie, 1985) الخيارات التي كانت متاحة أمام الباحثين الصهاينة في بداية عهدهم بدراسة الجريان في صحراء النقب، ففي ذلك الوقت كانت الدراسات الهيدرولوجية - ولا زالت - تعتمد على بيانات يمكن معالجتها بواحدة من طرق ثلاث: (١) احتمالية probabilistic (احتمال أن حدثا ما يساوي أو يتجاوز قيمة معينة) وفيها ترسم منحنيات الشدة - التكرار، وهذا منهج المهندسين الذين يصممون منشآت الحماية، (٢) تحديدية deterministic تفسر التباين في الجريان، (٣) تصادفية stochastic تجمع بعض خصائص الطريقتين السابقتين. وفي هذا الوقت المبكر كان نقص أو غياب البيانات عن الهطول والجريان لا يترك للباحثين إلا واحدا من خيارين: (١) الهروب إلى الطرق الاحتمالية أو التصادفية، (٢) مواجهة التحدي بجمع البيانات، بهدف التوصل إلى مفاهيم حول: (أ) توليد الجريان، و(ب) ظروف الطقس المسببة لخطر السيول.

وخلافا لحال الجيومورفولوجيين المصريين الذين انصرفوا إلى دراسة الأشكال وأهملوا دراسة العمليات كما تعلموا من أساتذتهم في بريطانيا، كان الجيومورفولوجيون الصهاينة قد سبقوا بمراحل لأنهم تعلموا على يد الأمريكيين، وكان لراند هم آشير شيك اتصالات واسعة مع باحثين يعملون في المساحة الجيولوجية الأمريكية، ومن ثم كان مواكبا لكل جديد في مجال بحوث توليد الجريان، وفي سنة ١٩٦٥ أسس شيك محطة بحوث في رافد قصير جدا من روافد وادي الرادادي، وكان هذا الرافد غير مسمى حتى أطلق عليه الصهاينة ناهل يعل Nahal Yael (= وادي الوعل)، وتقع هذه المحطة على بعد ١١ كم شمالي طابا، وكان الهدف من إنشائها مراقبة الهطول

والجريان والتسرب ودراسة الحمولة من الرواسب، كل ذلك وفق خطة طويلة الأمد. وتوصف المحطة اليوم بأنها من أطول المحطات عمرا من نوعها في العالم (Lekach & Enzel, 2021). وأهلت الخبرات التي اكتسبها شيك لأن يصبح رئيس لجنة القياس الجيومورفولوجي والتطبيقات الجيومورفولوجية في الاتحاد الجيوفيزيائي الأمريكي (١٩٨٤ - ١٩٩٢).

وكانت محطة يعل قد اختير موقعها وسط صخور القاعدة في أقصى جنوب صحراء النقب، وليست هذه الصخور إلا امتداد لصخور القاعدة في سيناء (Schick, 1973). وفي ١٩٧٢ أسس أهارون يائير محطة بحوث البقار Sede Boqer Research Station في أواسط صحراء النقب، وكان من مهامها دراسة العلاقة بين الهطول والجريان في ظروف الأراضي القاحلة ذات الصخور الجيرية، وفي ١٩٨٨ أسس يائير موقع بحوث العوجة Nizzana Research Site وسط كتبان العوجة الرملية التي ليست إلا امتداد لرمال شمال سيناء (Kidron & Yair, 1997)، وكان من مهام هذه المحطة دراسة الجريان فوق الكتبان الرملية المغطاة بالنبات، وتلك المغطاة بالقشور البيولوجية، والكتبان بعد نزع القشور عنها، والسبخات الواقعة بين الكتبان (Yair, 1990, Kidron, 1999).

والى جانب جهود الجيومورفولوجيين السابق ذكرهما أنشأ متخصصون في العلوم البيئية محطتي بحوث عبده وسيطة وسط صخور الحجر الجيري (المحطتان موصوفتان في Evenari et al., 1968). وكان في محطة عبده ٤٠ مقياسا للهطول موزعة على واديين صغيرين. وبعد ١٣ سنة (١٩٥٨-١٩٧١) من

الملاحظات وقياس الجريان والتسرب، اتضح وجود نمط ثابت من التوزيع المكاني للهطول على المنحدرات، حيث تتلقى الأجزاء الوسطى من المنحدرات ضعف كمية الهطول الذي تتلقاه الأجزاء العليا (خلافًا للفكر السائد بأن الهطول يزيد بالارتفاع)، وأن معدلات التسرب تختلف فيما بين فصلي الشتاء والخريف. ومن هذه البيانات وضع نموذج محاكاة بالحاسب الآلي يبين العلاقة بين الهطول والتسرب والجريان (Shanan & Schick, 1980).

ومما خالف الفكر السائد أيضا نتائج دراسة (Yair & Klein, 1973) في وادي الوعل، فقد انتهت إلى أن ما يقال عن أن معامل الجريان يزيد بزيادة زاوية الانحدار لا يصدق إلا على الأراضي الرطبة، أما في الأرض القاحلة فقد اتضح أن العلاقة لا وجود لها، بل وقد تكون عكسية، وثبت ذلك مرة أخرى من تحليل بيانات ٣٥ حادث سيل سجلت في محطة بحوث عبده في فترة ١٩٦٤ - ١٩٦٧.

وتوصلت التجارب إلى أنه لكي يبدأ الجريان على صخور نارية تغطيها مفتتات غير مبللة، يجب ألا يقل عمق الهطول عن ٣ مم في فترة يوم واحد وألا تقل الشدة عن ١ مم / ٣ دقائق. وأهم من ذلك أن تم تفسير كيف يتحول الجريان إلى نبضات هنا وهناك، بعد مراقبة حركة خلية الحمل واتضح أنها قد تكون أسرع بأكثر من مائة مرة من سرعة الجريان، إذ تبلغ سرعة الخلية ٥٠٠ - ١٦٠٠ متر / دقيقة، بينما سرعة الجريان ١ - ١٠ م / دقيقة، وهذا ما يمنع توليد الجريان في وقت واحد على المنطقة كلها التي يسقط عليها المطر، ويزيد من اختلاف خصائص الجريان أن شدة المطر تتفاوت كثيرا مكانيا (Yair & Lavie, 1985).

وفي فترة احتلال سيناء وسعت الجامعة العبرية برنامجها لدراسة السيول ليتضمن برنامجا فرعيا عن سيناء، وتلقى البرنامج تمويلا من مكتب البحوث الأوروبي التابع للجيش الأمريكي ومن وزارة الدفاع الإسرائيلية ومن الجامعة العبرية، وأصدر البرنامج سلسلة تقارير عنوانها "السيول في شرقي سيناء" (بالعبرية). وكانت بعض تجارب توليد الجريان قد أجريت على المنحدرات المطلّة على خليج العقبة بين طابا ونوبيع، على صخور الجرانيت والشست والحجر الرملي والحجر الجيري (Yair & Lavee, 1976) واستخدمت لذلك أدوات بسيطة لتوليد المطر على المنحدرات (الشكل ٦).



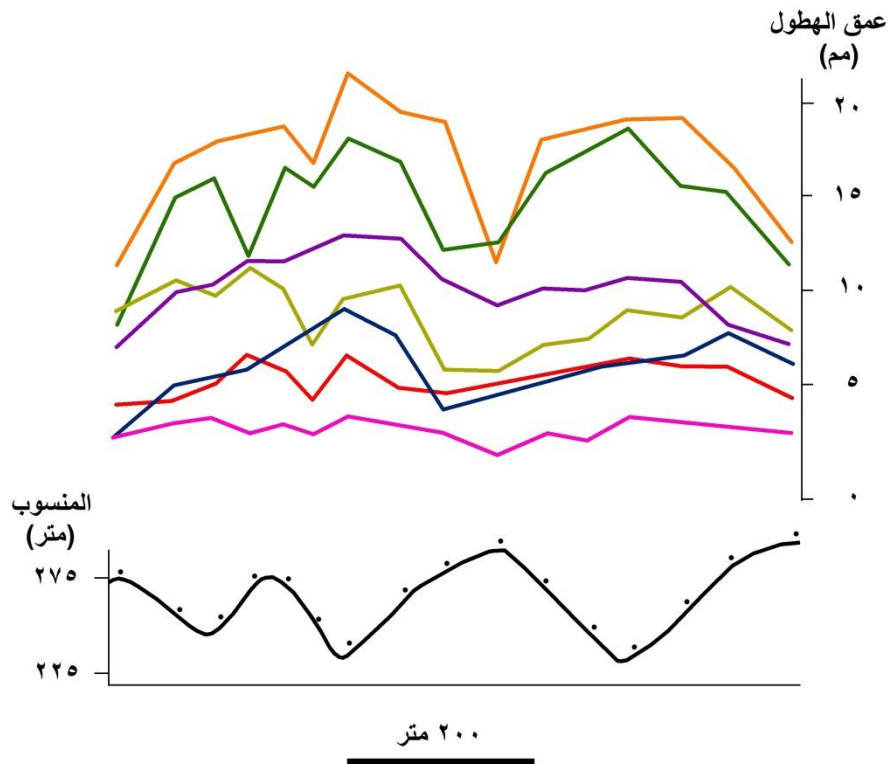
الشكل ٦ تجربة لتوليد الجريان على المنحدرات بين طابا ونوبيع
(عن Yair & Lavee, 1976)

والى جانب بحوث القياس والتجريب عن توليد الجريان كان مسار بحثي آخر يحاول وضع المفاهيم عن كيفية قياس القيم الحقيقية للهطول، فالمعروف أنه في العروض الوسطى يسقط المطر عادة بزاوية ٤٠ - ٦٠ درجة (مقيسة من الاتجاه الرأسي) لو كانت سرعة الرياح في حدود ١٠ م / ث، ولذلك وضعت عدة نماذج لتصحيح قراءات أجهزة قياس الهطول لمراعاة زاوية سقوط المطر وانحدار السطح. وكان ثمة خطأ آخر للقياس يتمثل في أن مقاييس الهطول تسجل القراءة على ارتفاع متر من سطح الأرض، فتقيس مقداراً يختلف عن المقدار الذي يسقط فعلاً على سطح الأرض (يسمى ذلك Jevon's effect) لأن وضعية الجهاز تؤدي إلى اضطراب سريان الرياح، وهذه الحقيقة معروفة منذ سنة ١٨٦١، وقد صممت أجهزة قياس خاصة للتغلب على هذه المشكلة. ولما اتضح أنه في المناطق المضروسة يصعب تطبيق نماذج تصحيح قراءات الأجهزة، وأن القياس على ارتفاع متر من سطح الأرض لا يعبر عما سُمي بعد ذلك الهطول الهيدرولوجي hydrological rainfall اتخذت الدراسات منحى آخر. وكان سبب ذلك أنه لما بدأ قياس الهطول في سبعينيات القرن العشرين في محطة بحوث البقار، باستخدام أجهزة عادية للقياس، بالكيفية التي أوصت بها المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (أجهزة أفقية على ارتفاع متر من سطح الأرض)، جاءت النتائج غير متسقة، فاستبدلت بها أجهزة اتجاهية وضعت أقرب ما يكون (٣٠ سم) من سطح الأرض (Sharon, 1980, Sharon et al., 2000).

والمشهور في علم المناخ أن الهطول يزيد بالارتفاع، ويقل في اتجاه منصرف الرياح، لكن ذلك يصدق فقط على المستوى المكاني المتوسط meso-scale، أما على المستوى المكاني التفصيلي فقد اتضح أن الهطول يقل بالارتفاع في كل القياسات التي أخذت في جميع محطات البحوث في النقب، كما تبين أن التباين المكاني للهطول على المستوى التفصيلي أكبر منه على المستوى المتوسط، وهذا المستوى التفصيلي هو الذي يؤثر في الجريان أكثر من غيره، وسبب التباين أنه على المناسيب المنخفضة تقوم الرياح بإعادة توزيع قطرات المطر، وأن هيئة التلال والأودية تولد استجابات محددة عندما تهب عليها الرياح.

ويبين الشكل ٧ نتيجة قياسات الهطول لسبعة عواصف مطيرة في وادي الوعل (١١ كم شمال طابا) باستخدام ١٦ جهازاً، مرصوصة على قطاع طولي من الوادي يبلغ طوله ٧٣٠ متراً، ويبلغ فرق المنسوب بين أعلى وأدنى نقطة على هذا القطاع نحو خمسين متراً (Sharon, 1970).

والى جانب بحوث القياس والتجريب عن توليد الجريان، وعن قياس الهطول، كان مسار بحثي ثالث يحاول وضع المفاهيم عن الظروف السينوبتية التي قد تسبب السيول، وعن خصائص العواصف المسببة للسيول. والحقيقة أن البحوث في هذا الميدان كانت سابقة زمنياً للبحوث في مجال توليد الجريان، وكان دوف أشبل من الجامعة العبرية أول من كتب في ذلك، في مقاله "السيول الكبرى في شبه جزيرة سيناء وفلسطين وسوريا وبادية الشام، وتأثير البحر الأحمر في تكوينها" (Ashbel, 1938)، وهو مقال استدرك عليه وأضاف إليه جمال الدين الفندي في

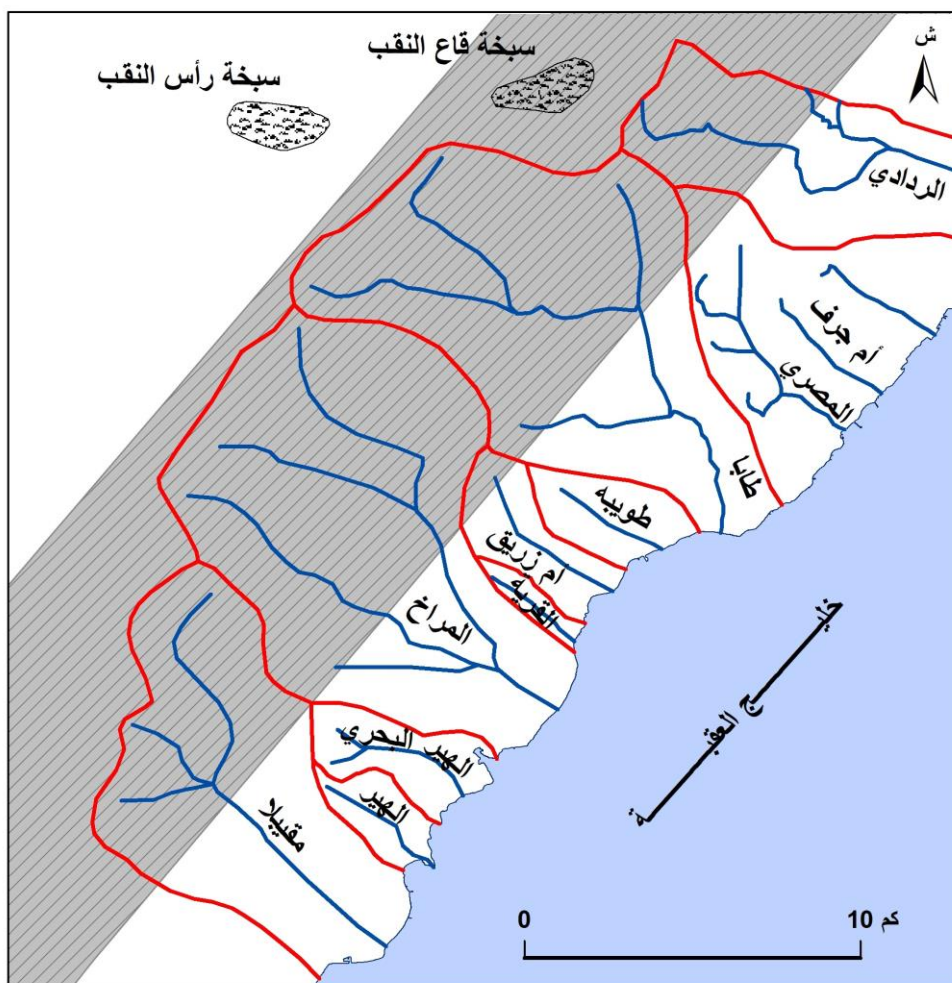


الشكل ٧ تناقص الهطول بزيادة المنسوب في سبع عواصف مطيرة في وادي الوعل.
كان اتجاه الرياح دائما من يسار هذا الشكل إلى يمينه (رياح غربية). النقاط فوق
القطاع الطولي للوادي تحدد مواقع أجهزة القياس (بتصرف عن Sharon, 1970)

مقاله الشهير عن منخفض السودان الموسمي (El Fandy, 1948)، وفي مقاله
التالي عن التنبؤ بالعواصف المسببة للسيول (El Fandy, 1952) الذي انتهى فيه
إلى أن التنبؤ يكون بقراءة خريطة الرياح العليا، لا بقراءة خرائط الضغط المألوفة.
وكانت هذه جهود فردية اعتمدت على قراءة خرائط الطقس قبيل العاصفة وأثناءها.
وبعد ذلك توالى دراسات فرق بحثية ضمن إطار مؤسسي، وكان أهمها دراسة الفريق

الذي قاده رون كاهانا (Kahana et al., 2002). وانتهت كل الدراسات إلى أن المطر بقعي spotty التوزيع في معظمه، أي أنه لا يغطي الحوض كله حتى لو كانت مساحة الحوض صغيرة. وقد تجاهل هذه الحقيقة أكثر من ٩٥ % من دراسات نمذجة الجريان السيلي في مصر، أو صرحت بها ثم تجاهلتها في التطبيق. وفي دراسة عن بقعية الهطول اتضح أن ما بين نصف وتلثي الهطول الذي يسقط على صحراء النقب هو من نوع محلي جدا، ومصدر معظمه خلايا حمل صغيرة قطرها الشائع خمسة كيلومترات، منفصل بعضها عن بعض زمانيا ومكانيا. كما اتضح أن التوزيع المكاني للهطول عشوائي، لكنه ليس كذلك من حيث التوزيع الزمني، فهو ينحصر في الفترة بين أكتوبر ومايو، وسببه امتداد شمالي لمنخفض السودان الموسمي، أو بسبب منخفضات قبرص ومنخفضات غزة التي تتحرف مساراتها أحيانا لتصل إلى جنوب سيناء (Kidron & Pick, 2000).

ومن الدراسات عن بقعية الهطول دراسة ديفيد شارون (Sharon, 1972) عن سيول ١٢ فبراير ١٩٧٢ في شرقي سيناء، التي سببتها عاصفة أسقطت نحو ٢٠ مم من الهطول، وكان عرض مسار العاصفة ٨ كم، ممتدا في اتجاه هبوب الرياح (انظر الشكل ٨)، وخارج هذا المسار سجلت محطة أرصاد إيلات ١,٣ مم، ومحطة وادي الوعل ٣,٥ مم لا أكثر (تبعد المحطتان ٦ و ٤ كم فقط عن مسار العاصفة). وهكذا فسرت الدراسة لماذا شهدت أودية طابا والمراخ ومقيبلا سيولا، بينما لم تحدث السيول في وادي المصري وأودية أخرى، كما فسرت لماذا انصرف الماء إلى سبخة قاع النقب بينما لم تتأثر سبخة رأس النقب (هي التي بني عليها مطار طابا).

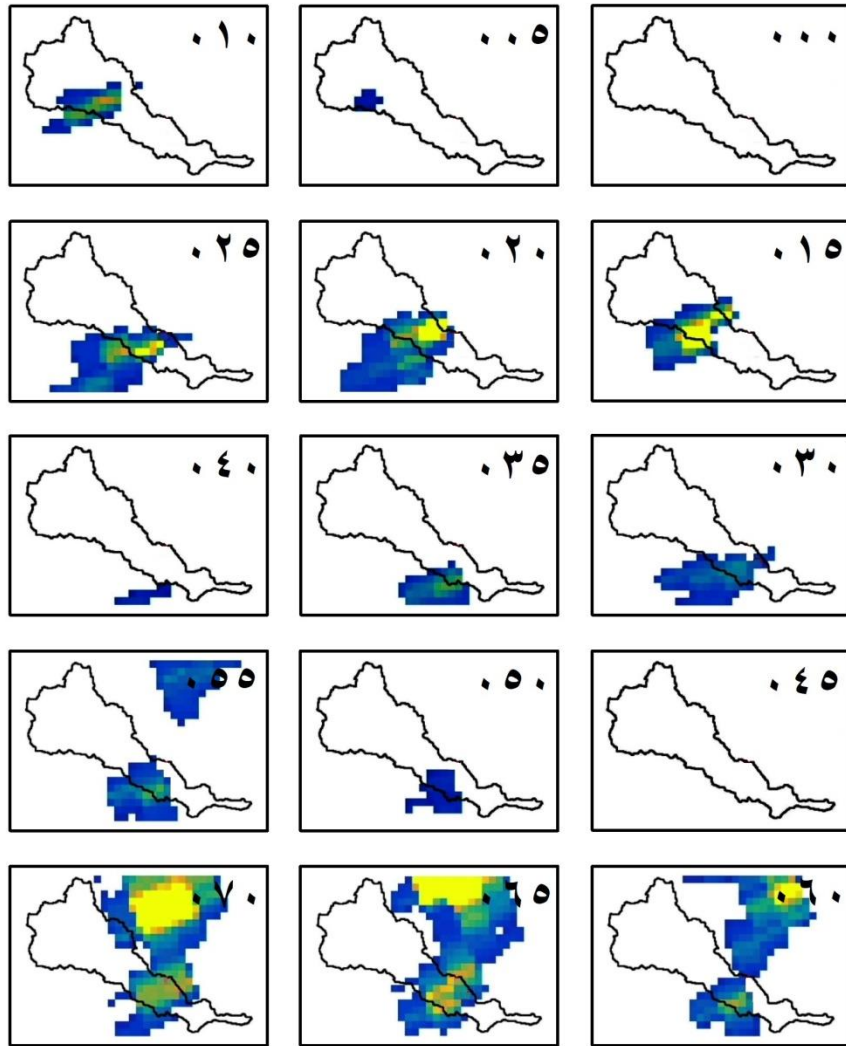


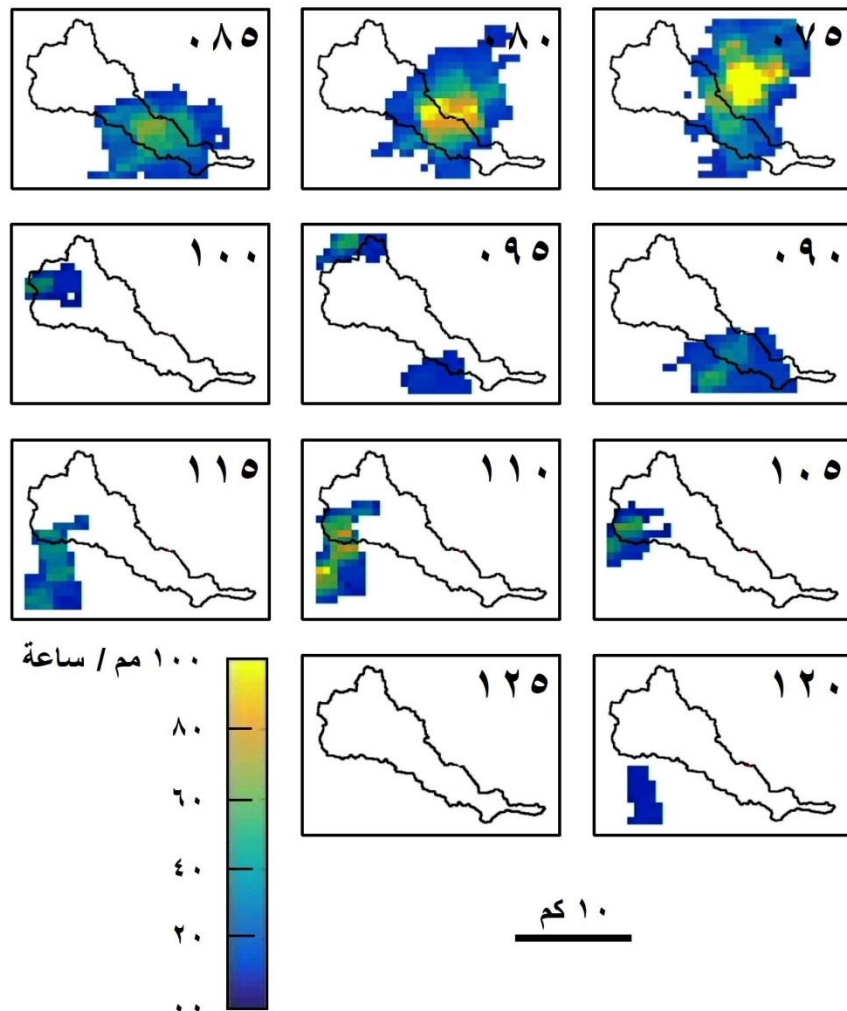
الشكل ٨ مسار عاصفة ١٢ فبراير ١٩٧٢ في شرقي سيناء (الجزء المظلل) يفسر لماذا
 فاضت الأودية التي وقعت منابعها في مسار العاصفة، بينما لم تشهد الأودية الأخرى سيولا
 (عن Sharon, 1972 بتصريف كبير)

وكانت دراسة أحمد سالم عن السيول في الصحارى (١٩٩٩) قد أشاعت مفاهيم عن الفرق بين نمطين من المطر المسبب للسيول في الصحارى: مطر العواصف الانقلابية (خلايا الحمل) ومطر العواصف الإعصارية (الجبهية)، وما زال الكثيرون من باحثي السيول يقتبسون عن هذا الكتاب، مع أن هذا التمييز نظري في أحسن الأحوال ولا يترتب عليه اختلاف في نمط الجريان السيلي بالضرورة كما يذكر الكتاب، فمن بحوث السيول في صحراء النقب أصبح معروفا أن مطر الجبهات التي تغطي آلاف الكيلومترات المربعة يمكن أن يُنتج جريانا يشبه في خصائصه ما تنتجه خلايا الحمل (Yair & Lavie, 1985)، وأكثر من ذلك اتضح من دراسة تالية (Rinat et al., 2021) أن شدة الهطول من أمطار نمط الجبهات يمكن أن تتخذ النمط البقي نفسه المميز لخلايا الحمل، وقد تحقق ذلك باستخدام الرادار الأرضي التابع لهيئة الأرصاد الجوية الإسرائيلية، ومنه المثال المبين في الشكل ٩، والذي رصدت فيه شدة الهطول في حوض صرف صغير المساحة.

وبحلول سنة ٢٠٠٠ تقريبا كانت التساؤلات الأساسية عن توليد الجريان وظروف الطقس المسببة للسيول في ظروف سيناء والنقب قد تم الإجابة عنها، وبعدها قل تواتر الدراسات التي اتبعت هذه الطريقة البحثية. ولم يساهم الباحثون المصريون بشيء يذكر من هذا الجهد، إلا في دراسات غير منشورة (رسائل في أقسام الجيولوجيا فيها تجارب للضخ وحساب للفواقد) تخرج عن نطاق اهتمام هذه المقالة التي تعرض للمنشور فقط، وليس في قاعدة البيانات (الملحق ١) سوى دراسة منشورة واحدة بعد سنة ٢٠٠٠ مما ينتمي إلى هذه الطريقة (Tügel et al., 2022).

وخلاصة القول في الطريقة الأولى لدراسة السيول أنها الطريقة الوحيدة التي تخلص من العيوب، فهي تسجل الحقائق من الميدان مباشرة، خلافا للطرق التي يدخل فيها الاستشعار بكل عيوبه، وخلافا لطرق النمذجة التي فيها من الظنون والاحتمالات أكثر مما فيها من الحقائق. ومن المستغرب أنه بعد اتضاح كثير من المفاهيم عن الجريان في صحراء النقب (أقرب الأماكن من سيناء) ما زال الكثير من الدراسات يتجاهل هذه المفاهيم، ربما لقلة الاطلاع (كما يبدو من قوائم المراجع القليلة)، وربما لأن الأخذ بالمفاهيم الصحيحة سي طرح تحديات أمام الدراسات، مثلا لو تم الأخذ بمفهوم بقعية الهطول ستتعد مهمة الباحث الذي يتبع طريقة النمذجة الهيدرولوجية، والذي يكون كل همه تطبيق أساليب سريعة تكاد تكون آلية للوصول إلى نتائج أيا كانت دقتها، ولو تم الأخذ بمفهوم عدم وجود علاقة، أو وجود علاقة عكسية، بين الانحدار ومعامل الجريان فسيمثل هذا تحديا للدراسات التي تعتمد الطرق المورفومترية والتي تفترض أن الخطر يتناسب طرديا مع شدة الانحدار.





الشكل ٩ حركة الخلية المطيرة فوق وادي المرقب في صحراء النقب (بفاصل خمس دقائق بين كل لقطين متتاليتين)، وشدة الهطول (مم / ساعة) (استخرجتها الباحثة من الفيديو المرافق لمقال Rinat et al., 2021)

٢ - طريقة دراسة الحالة

تتميز هذه الطريقة عن الطرق الست الأخرى بأنها تتعلق بحالة واحدة، لها زمان محدد (وقت حدوث السيل، ويومين أو ثلاثة قبله لمتابعة حركة كتل الهواء)، ومكان محدد (نطاق تولد الجريان وانتشار السيل). وفيما عدا ذلك تتفاوت طرق المعالجة بحسب خلفية الباحث (جيولوجيا، هندسة، جغرافيا) وحسب أهداف الدراسة. وعموما تعني دراسة الحالة الربط بين ظاهرة السيل (حجمه وشدته ... الخ) من جهة وكل من العوامل المؤثرة فيه (شدة الهطول وتوزيعها، الانحدار، خصائص شبكة الصرف، ... الخ) من جهة أخرى، وهو ما يتطلب جهدا ميدانيا ومكتبيا كبيرا، وباحثا جيدا، وضرورة المسارعة إلى الانتقال إلى المكان قبل ضياع الكثير من الأدلة، ومن الصعب أن تتوفر هذه المتطلبات مجتمعة، ومن هنا يمكن تفسير قلة دراسات الحالة، فهي لا تعدو دراسة ٣٠ دراسة عبر خمسين سنة* (الملحق ١)، منها دراستان للباحثين الصهاينة في سيناء.

وبالرجوع إلى أي من قواعد البيانات الكبيرة (سكوبس أو شبكة العلوم) يلفت النظر أنه باستثناء دراسات التجارب والقياسات (الطريقة المعروض لها في الفقرات السابقة) فإن كل دراسات السيول التي قام بها الباحثون الصهاينة في النقب وسيناء لم تتبع إلا طريقة دراسة الحالة، وأن الطرق المورفومترية وطرق النمذجة (التي اتبعتها ٧٣ % من دراسات السيول في مصر / الجدول ١) لا وجود لها، وإن وجدت فدورها

* سبقت الإشارة إلى دراسة فورتو (Fourtau, 1918) كأول دراسة حالة عن السيول في مصر، لكنها لا تمثل إلا دراسة منعزلة زمانيا ووسط ثمانين عاما من عصر التقارير.

ثانوي. والسبب أن هذه الطرق الأخيرة يفترض أن يتم اللجوء إليها فقط إذا لم تتوافر البيانات عن الهطول والتصرف، وهذا هو الحال في مصر، أما في فلسطين فكانت البيانات متوافرة، وأكثر من ذلك توافرت للباحثين صور جوية التقطت فور حدوث السيول. وعبر عدة عقود من تقاليد دراسة الحالة تبلورت مدرسة علمية لدراسة السيول في صحراء النقب، ويمثلها باحثون في معهد علوم الأرض بالجامعة العبرية، وفي جامعة بئر السبع (وفي الأخيرة كان أكثر باحثي السيول من منتسبي المساحة الجيولوجية الإسرائيلية).

في هذا الإطار كانت رسالة يهوديت لقاح سنة ١٩٧٤، عن سيل وادي مكيم سنتي ١٩٧١ و ١٩٧٢، أول دراسات الحالة عن السيول في مصر (بعد دراسة فورتو، ١٩١٨). وفي سيل مكيم الأول نقل مقدار كبير من الرواسب فتكونت مروحة سدت المجرى الرئيس لوادي وتير، فتكونت أمام السد بحيرة طولية بقيت ٢٢ شهرا، فلما انجرفت المروحة في سيل نوفمبر ١٩٧٢ انصرف ماء البحيرة. واستندت دراسة يهوديت لقاح إلى صور جوية التقطت فور حدوث السيل الأول، وقياسات تالية من الميدان، ومقارنات بما ورد في مخطوطات لم يسبق نشرها، سجلها باجنولد أثناء سنوات خدمته في مصر (Schick & Lekach, 1981)، ولم تنشر خلاصة الرسالة بالإنجليزية إلا سنة ١٩٨٧ (Schick & Lekach, 1987).

وفي دراسة ميخا كلاين (Klein, 2000) عن سيل وادي العريش في ١٩ - ٢٠ فبراير ١٩٧٥ سجل الباحث - بالصور الجوية - تكوين مروحة على حساب البحر المتوسط بعد انجراف نحو نصف مليون متر مكعب من الرواسب، ثم زوال

المروحة بفعل التيار البحري. وقد توافر لهذه الدراسة هيدروجراف السيل كما سجلته محطة الرصد في سد الروافعة التي كانت تشغلها المصلحة الهيدرولوجية الإسرائيلية. وهذه الدراسة مهمة لأن هذا السيل نادر الحدوث، إذ قدرت فترة رجوعه بمائة سنة أو أكثر، وقد بلغت ذروة التصرف ١٦٥٠ م^٣ / ث، وبلغ حجم السيل ١٢٠ مليون م^٣، من أصل نحو ٨٠٠ مليون م^٣ سقطت على الحوض، وقد تدفق الماء في مدينة العريش لمدة ٧٥ ساعة، ودمر السيل الكباري على الوادي، وبلغ عمق الماء وسط الوادي أربعة أمتار، وكان متوسط سرعة الجريان فيما بين سد الروافعة والبحر المتوسط مترا واحدا / ث.

وفي مصر كانت بداية دراسات الحالة دراسات تطبيقية، لم تهتم بالجوانب النظرية وركزت فقط على حل المشكلة، وأهمها ما أنجزه المشروع المشترك لمركز بحوث التنمية والتخطيط التكنولوجي بجامعة القاهرة ومعهد مساتشوستس للتكنولوجيا. ومن هذه الدراسات ما يتعلق بدرء خطر السيول عن قرية أولاد سلامة (١٩٨١)، وعن قرية العدو مركز إدفو (١٩٨١)، والمجلد الخاص بدراسة السيول ضمن مجلدات المخططات الهيكلية للمدن الجديدة أو المشروعات الكبرى (مثلا المنيا الجديدة، ١٩٨٢، ومدينة ١٥ مايو، ١٩٨٣، وسكة حديد أبو طرطور قنا، ١٩٨٣)، ودراسة عن انهيار كوبري خزام جراء سيل ١٣ أبريل ١٩٨٥. وكل هذه الدراسات غير منشور، فهي بذلك تخرج عن نطاق هذه الدراسة.

ثم كانت البداية الحقيقية لدراسة خطر السيول في مصر مع مشروع "تطوير خطة الاستعداد لمجابهة ومنع وإدارة الكوارث في مصر" الذي أوكل إلى مركز الاستشعار

عن البعد وأكاديمية البحث العلمي، ومن تقرير التقدم في المشروع، الصادر سنة ١٩٩٠، يتضح أن الفريق البحثي كان مكونا من ثمانية باحثين: أربعة من الجيومورفولوجيين (منهم جغرافي واحد: أحمد سالم صالح، وثلاثة جيولوجيين: حسن العتر، أمينة حمدان، هاني إبراهيم)، واثنان من الجيولوجيين، واثنان من أهل الاستشعار. ولم يشمل الفريق متخصصين في المتيورولوجيا أو الهندسة الهيدروليكية. ومن بين أعضاء الفريق انفرد أحمد سالم في كتاباته بالاهتمام بالجوانب النظرية، أخرجها في كتابه "الجريان السيلي في الصحارى" (١٩٨٩)، الذي زاد فيه فيما بعد فأصبح "السيول في الصحارى نظريا وعمليا" (١٩٩٩). وفي الكتاب تلخيص لما سبق أن توصل إليه الباحثون الصهاينة، ونتائج أخرى من صحارى أريزونا ونيو مكسيكو. ويلاحظ أن هذا الكتاب كان يركز على الجريان وتوليده وخصائصه، لا على خطر السيول. وبعد أن عرضت طبعة ١٩٩٩ من الكتاب تفاصيل النموذج الهيدرولوجي الذي وضعه الصهاينة بناء على أرصاد محطة البقار، اعتبر أحمد سالم أن "الأساليب الهيدرولوجية بها قصور واضح [لم يوضحه]، والأمل معقود على أن تتاح بعض الأساليب التي يمكن استخدامها باطمئنان في المستقبل القريب".

كان الفريق البحثي (الذي كان أحمد سالم أحد أعضائه) مطالبا بإنتاج خرائط لخطر السيول، ويبدو أن إمكانات المشروع كانت محدودة، أو كانت الفترة المحددة له قصيرة، فلم يضع الفريق القياس الميداني أو التجريب ضمن مهامه، واكتفوا بزيارات استطلاعية وأعمال مكتبية استندت إلى الصور الجوية ومنتجات الاستشعار المبكرة

وتقارير معهد بحوث الموارد المائية وهيئات الحكم المحلي، ولم يستفيدوا من إمكانيات نظم المعلومات الجغرافية التي تأخر إدخالها إلى مصر أكثر من عشرين سنة.

ومن دراسات هذا الفريق البحثي **وضع تقليد إنشاء خرائط الخطر** - الذي ما زال الكثيرون يتبعونه - بتقسيم منطقة الدراسة إلى مناطق شديدة الخطورة ومتوسطة الخطورة وقليلة الخطورة (انظر مثلاً: أحمد سالم، ١٩٨٧، ١٩٨٩، ١٩٩٤، حسن العتر وآخرون، ١٩٩٢)، دون أي تحديد كمي أو حتى لفظي لما تغنيه درجات الخطورة هذه، سوى أن هذه نتيجة ملاحظة ما خلفته سيول سابقة، فيما لم يطرح السؤال المهم: هل كانت آثار السيول المدمرة في مكان ما راجعة إلى أن الخلية المطيرة قد تصادف مرورها فوق هذا المكان فسببت السيل المدمر، أم أن خصائص أشكال السطح ونوع الصخر هي التي جعلت هذا القطاع خطراً ؟

ومن العيوب الأخرى لمعظم دراسات الحالة غياب الإنسان الذي هو محور كل تعريفات الخطر والمخاطر، وسبب ذلك أن خلفية معظم الباحثين كانت من علوم الأرض أو الجيولوجيا أو الجغرافيا الطبيعية. وحتى في الدراسات القليلة التي استحضرت الإنسان كانت النتائج مجدولة كمساحات مبنية معرضة للخطر، لا كعدد من السكان معرضين للخطر. ومن الدراسات التي تجاوزت الطبيعي إلى البشري دراسة محمد صادق (Sadek & Li, 2019) التي استعانت بصور من وسائل التواصل، وصورة التقطتها طائرة هيل، ومرئيات سننيل ٢ في أعقاب سيل ٢٨ أكتوبر ٢٠١٦، لتنتشئ خريطة الحساسية لخطر السيول لمدينة رأس غارب، ودراسة أخرى أفادت من مرئيات سننيل ١، ٢ لدراسة الأضرار التي سببتها سيول وادي

النظرون (Sadek et al., 2020). وثمة محاولات - مازالت في مهددها - للاستعانة بمرئيات سننيل ٢ لتحديد المساحات التي غمرتها مياه السيول، منها دراسة عن السيول التي قطعت الطريق بين الزعفرانة ورأس غارب في فترة ٢٠١٨ - ٢٠٢٢ (Elstohy & Ali, 2023)، ولو ثبتت نجاعة هذه المحاولات فستكون مفيدة جدا في معايرة النماذج.

عيب آخر لدراسات الحالة أنها قد تتاسب حوض صرف واحد، أو منطقة واحدة مهددة، أو حدث سيلبي واحد، لكنها لا تتيح المقارنة بين أكثر من حالة بأسلوب كمي، ولا تتيح إنشاء خرائط الخطر لعدد من الأحواض المتجاورة، ولتلافي هذا العيب لجأ البعض إلى الطرق الخمس الأخرى التالية.

٣ - الطرق المورفومترية

في السبعينيات والثمانينيات نشر فريق من الجيومورفولوجيين من قسم الجيولوجيا بجامعة عين شمس عددا من المقالات عن الخصائص المورفومترية لأحواض الصرف في مصر دون الربط بين هذه الخصائص وبين أية فائدة عملية، فلما أسندت إلى هذا الفريق مهمة دراسة خطر السيول في مشروع أكاديمية البحث السابق الإشارة إليه كانوا جاهزين بخبرتهم السابقة في التحليل المورفومتري. ومعلوم أن اللجوء إلى الطرق المورفومترية أو إلى نمذجة الجريان لا يسوغ إلا في حالة عدم توافر بيانات الرصد الجوي أو الهيدرولوجي، وهذا هو الحال في مصر.

ومن ميراث هذا الفريق تبرز دراسة محمود عشاوي (Ashmawy, 1994) التي وضعت مؤشرا للخطر (على مقياس صفر إلى ١٠) لودبي سفاجا والبارود،

ودراسة أخرى (Ashmawy et al., 2000) صنفت ١٠٨ أحواض في سيناء - بناء على ١٦ معلمة (بارامتر) مورفومترية - في أربع درجات للخطر. ومن عيوب الطرق المورفومترية أنها لا تخضع لأية قواعد متفق عليها، فالأمر كله متروك للأحكام الذاتية للباحث، مثلاً استخدم عادل عمران (Omran et al., 2011) عمليات جبرية على خمس معلمات مورفومترية ليصنف الأحواض الفرعية في وادي دهب وفق ثلاث درجات للخطورة، وسمى الخريطة الناتجة Flood hazard risk map [كذا]، بينما استخدم أحمد يوسف ٣٨ معلمة لدراسة الخطر لوادي دئيب (Youssof et al., 2020)، واستخدمت رانيا رجب ٢٥ معلمة مورفومترية، أعيد اختصارها إلى تسعة، لتصنيف الأحواض الفرعية في وادي رحبة إلى أربع فئات للخطر، ولما كان الوادي له أربعة أحواض فرعية فقط فقد أصبح كل منها يمثل فئة (Ragab et al., 2020).

وقد لجأ كثيرون إلى تطعيم المعلومات المورفومترية ببيانات عن متوسطات لعمق الهطول، وهي بيانات لا علاقة لها بالسيول أصلاً، ففي دراسة علي عمر (Omar et al., 2016) تحديد لدرجة الخطر بالجمع الجبري لثمانى قيم (تدل كل منها على رتبة من رتب أحد أسباب الخطر)، سبعة منها مورفومترية (مثل كثافة الصرف ومساحة الحوض) وواحدة مائية (متوسط المطر السنوي الذي لا علاقة له بالسيول). ولما كانت مساهمة المعلمة المائية (بفرض صحة الأخذ بها) مساهمة ضئيلة بالمقارنة بالمعلومات السبع الأخرى فإن الطريقة تبقى في جوهرها مورفومترية.

لكن بعض الدراسات زادت من أهمية المعلومات المائية، مثلما فعلت دراسة محمد عرنوس (Arnous et al., 2022) لإنتاج Flood hazard risk map [كذا] من عمليات جبرية على طبقات عدة مورفومترية ومائية. وقد توهم البعض أن الجمع بين معلومات مورفومترية ومائية يعني طريقة جديدة للدراسة، سموها **التقييم المتكامل أو التحليل متعدد المعايير**، وليس في ذلك أي تكامل ولا تعدد معايير، فمعظم البيانات المائية ليس إلا مشتقات محسوبة من الخصائص المورفومترية، فالجمع الجبري للمورفومتري والمائي ليس إلا جمعا للشيء ونفسه. وأكثر من ذلك لم تطرح أية دراسة مورفومترية مدى وجود ارتباط ذاتي مكاني spatial autocorrelation في البيانات المورفومترية. وهذا الارتباط هو أكثر ما تبتلى به البيانات المكانية، وهي مشكلة ليس لها حل حتى اليوم، وكل ما يمكن فعله هو التخفيف من حدتها. ولما كانت مشكلة الارتباط الذاتي المكاني تثار أساسا في موضوعات الجغرافيا البشرية فهذا ما يفسر عدم تنبه الباحثين ذوي الخلفية الطبيعية إلى أهميتها.

ومن العيوب الأخرى في الطرق المورفومترية أنها تقيّم الخطر للأحواض منسوب بعضها إلى بعض، بمعنى أن الفئات التي يصنف إليها الخطر ترتبط بالمدى الإحصائي بين القيمة لأقل الأودية والقيمة لأعلاها، وهذا يعني أن إخراج واد واحد من منطقة الدراسة، أو إدخال واد واحد إليها، قد يغير من تصنيف الأحواض. وهذا العيب وحده يجعل الطرق المورفومترية لا فائدة منها على الإطلاق، لأنها لا بد أن تنتهي إلى نتائج متناقضة، وكان تناقض النتائج هو الدافع إلى دراسة مهمة في نقد

دراسات السيول (أحمد صابر وأميرة البنا، ٢٠١٣)، وكان الذي دعا مؤلفيها إلى هذه الدراسة المشتركة تناقض نتائج دراسة كل منهما، ففي دراسة الأول كان وادي حوف قليل الخطورة بينما كان لدى الثانية شديد الخطورة، وكان وادي جراوي قليل الخطورة جدا ولدى الثانية خطير. واعتبر الباحثان أن حل هذه المشكلة يتمثل في إنشاء خريطة خطر للصحراء الشرقية وسيناء، بمعنى ضمان أن تكون كل الأدوية مشمولة ضمن المدى الذي ستقسم إليه فئات الخطورة، لكنهما بهذا التحديد ارتكبا خطأ نفسه الذي حذرا منه، فالسيول ظاهرة طبيعية لا تتوقف عند الحدود السياسية لمصر، وقد تكون درجات الخطر الأربع أو الخمس في خريطة لمصر في حقيقة الأمر مجرد تفاصيل داخل فئة واحدة، بمعنى أنه قد تكون أحواض مصر كلها قليلة الخطورة أو شديدة الخطورة، **فالعيب كامن في الطريقة المورفومترية نفسها** لأنها لم تقم أصلا على تحديد للخطر مقيسا بشيء ملموس (مثل انهيار مبنى أو انجراف سيارة).

ويلفت الانتباه في الدراسات التي اتبعت الطرق المورفومترية أن معظم الباحثين من الجغرافيين تعاملوا مع نتائج التصنيف وكأنها حقائق مطلقة، بينما كان الجيولوجيون أكثر حذرا فاعتبروا النتائج نسبية، ففي دراسة طارق عجور (Aggour, 1999) التي شملت ٤٠ حوضا لأودية تصب في خليج العقبة حرص على القول إن تصنيفه للأحواض ينسب بعضها إلى بعض relative to that of the other basins، بينما حرص محمد يوسف (Yousif & Hussien, 2020) على لفت الأنظار إلى أن الطريقة مبنية على أحكام ذاتية، وإن استخدم عبارات لا تصدم القارئ

فوصف الأوزان التي اقترحها بأنها أعطيت بناء على careful understanding of study area

ومن العيوب الأخرى للطرق المورفومترية أنها كلها تقريبا تعتمد معادلات مصممة وفق ظروف أمريكية، ومن المشكوك فيه أن تكون صالحة لظروف مصر، ولم يصرح بهذا العيب إلا دراسة واحدة وضعها أمريكيون !! هي دراسة إيمان غنيم وآخرين عن وادي العلم (Ghoneim et al., 2002) التي أشارت إلى أنها استخدمت "معادلات مأخوذة من بيانات أخرى، وأن النتائج من ثم قد تكون غير دقيقة".

٤ - طريقة الشامي المورفومترية

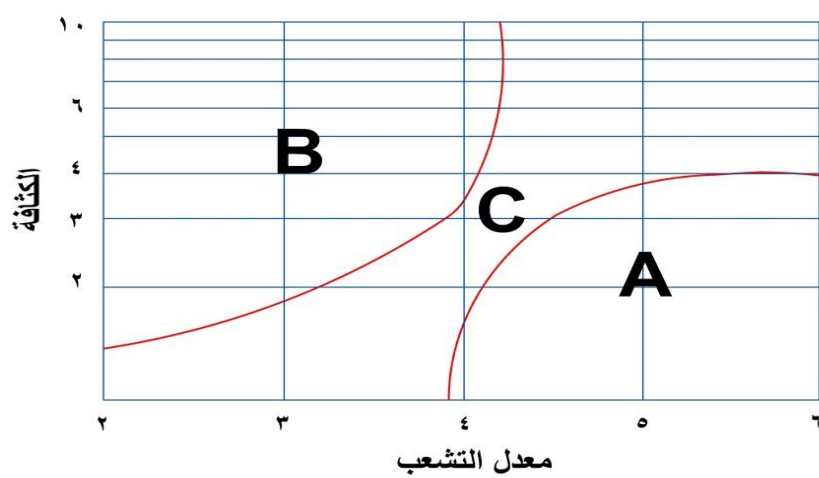
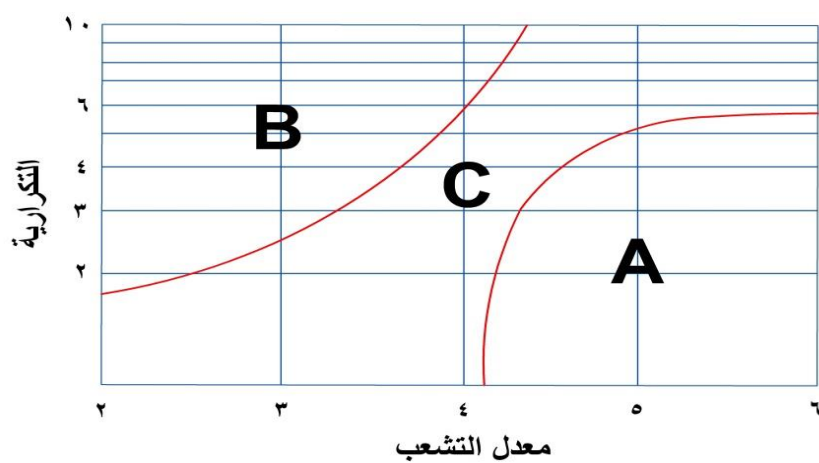
هذه الطريقة ليست إلا تنويعاً من الطرق المورفومترية، لكنها تستحق أن تفرد في تبويب مستقل بسبب رواجها يوماً ما. وقد عرض إبراهيم الشامي طريقته للمرة الأولى في مؤتمر عصر الرباعي والتنمية بجامعة المنصورة، لكنه لم ينشر عنها إلا الملخص في صفحة واحدة (El Shamy, 1992a)، وهذا الملخص هو الذي يستشهد به الباحثون من سنة ١٩٩٢ إلى اليوم. وقد طبق الشامي طريقته على أحواض الصرف الرئيسة في الصحراء الشرقية، البالغ عددها ٥٤ (El Shamy, 1992b). وفي ١٩٩٥ أعاد عرض الفكرة في ندوة المياه في الجمعية الجغرافية المصرية، ولخص طريقته في صفتين (إبراهيم زكريا الشامي، ١٩٩٥).

وتتلخص فكرة الشامي في أنه: (١) كلما زادت نسبة التشعب لحوض الصرف كلما قلت فرص الجريان السطحي وزادت فرص التسرب، ومن ثم قلت فرص تكوين السيول، (٢) كلما زادت تكرارية الروافد (عددها مقسوماً على مساحة الحوض) كلما

زادت فرص الجريان السطحي وقلت فرص التسرب، ومن ثم زادت فرص تكوين السيول، (٣) كلما زادت كثافة الصرف (مجموع أطوال الروافد مقسوماً على مساحة الحوض) كلما زادت فرص الجريان السطحي وقلت فرص التسرب، ومن ثم زادت فرص تكوين السيول. ولفت الشامي الأنظار إلى ضرورة تحديد مقياس الرسم لأن أعداد الروافد وأطوالها ستختلف باختلاف مقياس الرسم المستخدم. هذا عن الفكرة، وهي منطقية، وإن كانت تجاهلت تفاصيل مهمة، مثلاً حالة وجود صخور القاعدة غير المتشقة مع صخور رسوبية أو رواسب مفككة ذات نفاذية كبيرة في حوض الصرف الواحد.

أما عن تطبيق الفكرة فقد اقترح الشامي إنشاء شكلين على مقياس نصف لوغارتمي (الشكل ١٠)، يوضح أحدهما موقع حوض الصرف (معبراً عنه كنقطة) من المحورين السيني والصادي، ويمثل السيني نسبة التشعب ويمثل الصادي التكرارية النهرية، بينما يوضح الشكل الآخر موقع حوض الصرف من محورين يمثل السيني نسبة التشعب ويمثل الصادي كثافة الصرف. وفي كل من الشكلين قسمت المساحة إلى ثلاثة مجالات: المجال A وفيه يقل احتمال السيول نتيجة لزيادة نسبة التشعب وقلة كل من التكرارية والكثافة، وفي المجال B يزيد احتمال السيول لقلة نسبة التشعب وزيادة كل من التكرارية والكثافة، أما المجال C فهو منزلة بين المنزلتين، بمعنى أنه إذا وقعت فيه النقطة الممثلة للحوض فهذا يعني أن احتمال تكون السيول احتمال متوسط. وإذا تناقض حكم الشكلين (أ) و(ب)، كأن يكون الحوض متوسط الخطورة

حسب الشكل (أ) فيما هو شديد الخطورة حسب الشكل (ب)، يؤخذ بالأحوط ويصنف الحوض على أنه شديد الخطورة.



الشكل ١٠ ثلاث مجالات تحدد درجة خطورة السيل وفق مقترح الشامي. وللتنصيل انظر النص (عن إبراهيم زكريا الشامي، ١٩٩٥)

كيف رسم الشامي الحدود بين هذه المجالات الثلاث؟ هذا هو اللغز القائم حتى يومنا هذا. والمعلوم أن المعاملات والصيغ الرياضية في الهيدروليكا توضع دائما بناء على أسس إمبريقية (تجريبية)، وهو ما لم يقم به صاحب هذه الطريقة بالتأكيد، وإنما اكتفى بعبارة غامضة: "بعد دراسة العديد من الأحواض الهيدروجرافية في الصحراء الشرقية تم تحديد حدود لثلاثة حقول أعطيت رموز A و B و C" (إبراهيم زكريا الشامي، ١٩٩٥، ص ٦٦). ويعني هذا التصريح أن الشامي كان يعرف مسبقا تصنيف كل حوض من الأحواض التي درسها: هل هو شديد الخطر أو متوسطه أو قليله، فكيف تحققت له هذه المعرفة؟ وماذا كانت معاييرها للتصنيف؟ لم ينشر عن ذلك شيء حتى الآن، ولا يعرف أحد حتى الآن ما هو مقياس الرسم الذي يمكن معه استخدام هذه الطريقة، فالشامي يشير (ص ٦٥) إلى "شرط تحديد مقياس الرسم" دون أن يحدده!

وفي استكشاف لتأثير تغيير مقياس الرسم على تحديد درجة الخطر للحوض أوضحت دراسة محمد جميل البحيري عن وادي غوبية (El-Behiry et al., 2006) أنه باستخدام خريطة ورقية مقياس ١ / ١٠٠,٠٠٠ وقع رافد أم جرفان (كمثال) في منطقة الأقل خطرا باستخدام شكل التكرارية النهرية، وفي منطقة الخطر المتوسط باستخدام شكل كثافة الصرف، فلما استخدمت خريطة ورقية مقياس ١ / ٥٠,٠٠٠ وقع هذا الرافد في منطقة الخطر المتوسط في كلا الشكلين، ولما عززت الخريطة الأخيرة ببيانات الاستشعار انتقلت النقطة المعبرة عن الرافد إلى منطقة الأشد خطرا. وقد لاحظت الدراسة أن بعض المجاري التي كانت من الرتبة الأولى في

خرائط ١ / ١٠٠,٠٠٠ أصبحت من الرتبة الثانية أو الثالثة على خرائط ١ / ٥٠,٠٠٠، وترتب على ذلك تغير بعض المعاملات المورفومترية للحوض. والخلاصة التي لا مناص منها أن طريقة الشامي دون ربطها بمقياس رسم ينطبق عليها القول المأثور لدى أهل المنطق: "بما أنها يمكن أن تعني كل شيء فهي لا تعني أي شيء".

وفي غياب بديل لطريقة الشامي، وفي غياب التفكير الناقد للطريقة، تلقفها الباحثون وطبقوها دون أن يتساءلوا عن مقياس الرسم الواجب استخدامه. وربما سيُصدم الباحثون الذين طبقوا طريقته لو رجعوا إلى دراسته عن أودية الصحراء الشرقية، والتي يصرح فيها بأن مقياس الرسم المستخدم لحساب عدد الروافد ومقياس أطوالها كان مقياس ١ / مليون (El Shamy, 1992b: 326)، وربما سيصدمون صدمة أشد - وهم يصدرون الأحكام عن درجات خطر السيول لكل حوض في مناطق دراستهم - لو كانوا دققوا في وصف الشامي طريقته بأنها "استكشافية تقريبية" (El Shamy, 1992b: 333).

وخلافا لما يمكن توقعه ما زالت بعض الدراسات تعتمد طريقة الشامي لأنها لا تتطلب من الباحث بذل مجهود يذكر، وإن كان تواتر هذه الدراسات قد قل كثيرا. وبعد أن تحول الباحثون إلى نظم المناسيب الرقمية، بدلا من بيانات الخرائط الورقية، أصبحت المشكلة لا تتعلق بمقياس الرسم المناسب وإنما تتعلق بقوة التفريق المكانية resolution أي مدى قدرة المنتج الرقمي على تمييز التفاصيل (وينبغي عدم الخلط بينها وبين الدقة المكانية accuracy وهي مدى الاختلاف بين موقع نقطة ما

على الخريطة أو المنتج الرقمي وبين موقعها الحقيقي في الطبيعة، منسوباً إلى نظام الإحداثيات). ولم تحاول أية دراسة استكشاف هذه المشكلة حتى الآن، ربما لأن الطريقة نفسها آيلة إلى الهجران.

٥ - النمذجة الهيدرولوجية

كانت النماذج الرياضية لمحاكاة السيول متوافرة قبل أن يقترح الشامي طريقته الاستكشافية التقريبية، وكان من الممكن ألا يكون لمقترح الشامي صدى يذكر لولا أن المكلفين بالدراسات المبكرة للسيول في مصر فضلوا الخيار الأسهل فطبّقوا طريقة الشامي، ومن ذلك الدراسات التي قامت عليها الهيئة القومية للاستشعار لحساب محافظة البحر الأحمر، وقدمت على شكل تقرير غير منشور (الهيئة القومية، ١٩٩٧)، ثم نشرت لاحقاً في المجلة المصرية للاستشعار، وقد غطت هذه الدراسة أخطار السيول على مدن: رأس غارب والغردقة (Yehia et al., 2000 a) وسفاجا والقصير ومرسى علم (Yehia et al, 2000 b) كل ذلك اعتماداً على خرائط بمقياس رسم ١ / ٢٥٠,٠٠٠. وبقيت الدراسات عن شلاتين وأبو رماد وحلايب حبيسة التقرير. وهكذا أدى رواج طريقة الشامي إلى تأخر استخدام النمذجة الهيدرولوجية في الدراسات المنشورة عن مصر حتى سنة ٢٠٠٢، عدا دراسة مبكرة رائدة لماجد الركايبي (أحد أعضاء فريق أكاديمية البحث السابق الإشارة إليه) (El Rakaiby, 1989) تمثل نقطة مضيئة وسط كل ما أنتجه مشروع دراسة السيول من دراسات مشكوك في نتائجها. وقد استطاع الركايبي، باستخدام صيغ

رياضية قد لا تتفق معه عليها بمعايير المعرفة الحالية، أن يحسب ذروة التصرف وحجم التصرف السنوي في أودية وتير وقنا وفيران.

ولشرح النمذجة الهيدرولوجية يقتضي الأمر أولاً التعريف بالنموذج model فهو تمثيل مبسط للعالم الواقعي الحافل بالتعقيد، وقد يكون النموذج فيزيائياً على شكل مجسم صغير لحوض الصرف مع توليد هطول اصطناعي فوق الحوض ومن ثم ملاحظة الجريان وقياسه، وقد يكون النموذج رياضياً على شكل معادلات أو تتابع منطقي من العمليات تصف الجريان، وقد يكون النموذج مفاهيمياً يتضمن أفكاراً. وأياً كان نوع النموذج الهيدرولوجي فإن له وظيفة واحدة هي (ترجمة) مقدار الهطول الساقط على الحوض إلى جريان سطحي بعد حساب الفواقد (بالبخار والتسرب ... إلخ).

وقد تطورت مناهج وتقنيات نمذجة خطر السيول عبر أكثر من قرن من الزمان من التنقيح والاختبار، فقد وضعت النماذج المبكرة حوالي سنة ١٩١٤ وكانت صيغا إحصائية بسيطة، ثم اتضح لاحقاً أن التحليل الإحصائي لسجلات السيول المأخوذة عند نقطة قياس واحدة يعتوره خطأ معاناة كبير، وهكذا نشأ مفهوم جديد يدعو إلى جمع بيانات من مساحات واسعة لكي يمكن تحديد علاقات معممة قابلة للتطبيق عند أي مكان في حوض الصرف (Benson, 1962)، وبناء على هذا المفهوم وضعت النماذج الأولى في ثلاثينيات القرن العشرين، وكان أهمها the unit hydrograph، وتوصف هذه النماذج اليوم بأنها ممثلة لحدث واحد event-based، أي أنها تعطي مخرجات عن فترة زمنية معينة (Wheater, 2008)، وتسمى هذه النماذج

بمصطلحات اليوم نماذج الصندوق الأسود، أو النماذج الإمبريقية، وهي لا تصف العمليات الهيدرولوجية، فكل ما يعنيها هو المدخلات (أهمها الهطول) والمخرجات (Xu et al., 2019). وما زال هذا المنهج القديم مستخدماً في التنبؤ (Solomatine & Wagener, 2011).

وبقي الأمر على ذلك حتى ستينيات القرن العشرين حين أمكن لأول مرة محاكاة عملية الهطول - الجريان بشكل متصل، ولولا التقدم في إمكانيات الحاسب الآلي لما أمكن إنجاز ذلك، وهكذا ظهر الجيل الثاني من النماذج، وهو ما يسمى اليوم النماذج المفاهيمية conceptual models، أو نماذج الصندوق الرمادي (Liu et al., 2019)، وأهم أمثلتها نموذج جامعة ستانفورد لحوض الصرف Standford Watershed Model (قصة بناء هذا النموذج في: Crawford & Burges, 2004). وإذا كانت ميزة هذه النماذج أنها متصلة زمنياً continuous، إلا إنها كانت من النوع الذي يسمى اليوم مجمّعة lumped، بمعنى أنها تفترض تجانس التربة واستخدام الأرض والغطاء النباتي، وأن الهطول موزع زمانياً ومكانياً بالقيم نفسها في الحوض كله، وأن قيمة التسرب واحدة للحوض كله. وتعطي النماذج المجمعة التصرف عند المصب فقط، وحصيلة الجريان في الحوض كله، وفي كل الدراسات عن مصر أعطي الحوض كله درجة الخطر التي كان ينبغي أن تُعطى للمصب !

وإذا أمكن معاملة الحوض الفرعي كأنه حوض مستقل يوصف النموذج بأنه شبه موزع، وفيه يمكن حساب الفاقد بالتسرب والبخر، وحساب الجريان، لكل حوض فرعي، ومن ثم الحصول على هيدروجراف عند مصب الرافد في المجرى الرئيس

بالطريقة نفسها التي نحصل بها على الهيدروجراف في النماذج المجمعة، وعمليات جميع يمكن الحصول على التصرف عند مصب الوادي الرئيس.

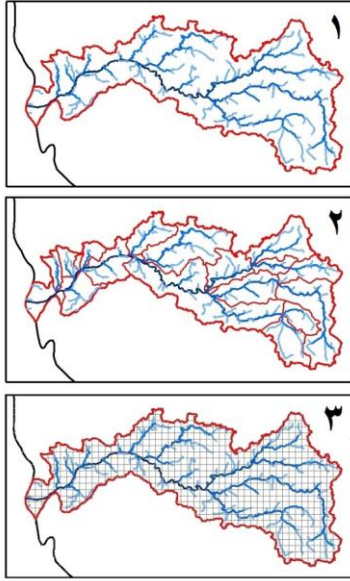
ولما ارتقت إمكانات الحاسب الآلي في سبعينيات وثمانينيات القرن العشرين صُممت نماذج الجيل الثالث، والتي وضعت فكرتها سنة ١٩٦٩ لكن أول نموذج لم ينشر إلا سنة ١٩٨٧. وتسمى هذه النماذج اليوم نماذج الصندوق الأبيض، أو النماذج الممثلة لما في الطبيعة *physically-based*، بمعنى أنه يمكن اشتقاق معلمات (بارامترات) النموذج من خصائص سطح الأرض، ومن ثم تنتقي الحاجة إلى معايرة معلمات النموذج باستخدام سلسلة زمنية من بيانات الأرصاد، وبذلك يمكن استخدام هذه النماذج في الأحواض التي لا تتوفر لها بيانات الأرصاد الهيدرولوجية (Chen, 2019). وتوصف هذه النماذج بأنها موزعة *distributed*، أي أن معلمات النموذج تختلف من مكان إلى آخر في الحوض الواحد، فلم يعد الحوض متجانسا كما كان يمثل في النماذج السابقة. لكن ميزة التوزيع انقلبت إلى عيب، لأنها عقدت الحسابات فأصبحت النماذج مرهقة للحاسب. ومن ثم ظهر اتجاه إلى العودة إلى نماذج أقل تعقيدا (Diehl *et al.*, 2021).

وتتطلب النماذج الموزعة توافر طبقات (خرائط) لخصائص سطح الأرض (نظام رقمي للسطح، أنواع التربة، غطاء الأرض) وبيانات عن الهطول. والمعتاد أن يقسم الحوض إلى شبكة مربعات أو مثلثات، ولكل من الشبكتين مزايا وعيوب، ثم تقسم الخلية الواحدة رأسيا، أشهرها تقسيمها إلى ثلاث طبقات، واحدة فوق سطح الأرض واثنان تحت السطح. ولا يُسمح بضبط بعض معلمات النموذج، مثلا اتجاه

الجريان هو unadjustable لأنه يتحدد بطريقة الاتجاهات الثمانية، ويسمح بضبط معاملات على غرار التسرب والبخر وخشونة السطح ومحتوى التربة من الرطوبة.

ومن مستوى الخلية الواحدة يقوم النموذج بتتبع الجريان من خلية إلى الخلية المجاورة، وتتبع اختلاف شدة الهطول من خلية إلى أخرى، وفي كل خلية يجري حل عدد من المعادلات الفيزيائية، ومخرجات هذه المعادلات تصبح مدخلات في الخلية المجاورة. ويتم اختيار بعدا الخلية بحيث يكون صغيرا يأخذ في اعتباره التفاصيل الدقيقة، ولكنه لا يصغر إلى الحد الذي يرهق البرنامج في مهمة حل المعادلات. ويبين الشكل ١١ حوض وادي فيران (كمثال) كما سيبدو في نموذج مجمع، وآخر شبه موزع، وثالث موزع.

وبينما كان مصممو النماذج في أوروبا والولايات المتحدة يحققون كل هذا التقدم لم يضعوا ظروف الأراضي القاحلة في اعتبارهم، حتى تداركت الأمر الشبكة العالمية لمعلومات المياه والتنمية الاقتصادية في الأراضي القاحلة، التابعة لليونسكو، فعقدت ورشة عمل، وجمعت أهم بحوث الورشة في المرجع المهم "النمذجة الهيدرولوجية للأراضي القاحلة وشبه القاحلة" (Wheater et al., 2008)، وبعدها استفاض استخدام النمذجة الهيدرولوجية في دراسات خطر السيول في الصحارى.



الشكل ١١ الوحدة التي ستجرى عليها الحسابات في كل من: (١) نموذج مجمع (الحوض كله وحدة)، (٢) نموذج شبه موزع (الحوض الفرعي هو الوحدة)، (٣) نموذج موزع (الخلية هي الوحدة)

لقد كتب الكثير في مزايا النمذجة الهيدرولوجية وعيوبها، ولا يسمح حجم هذه الدراسة بالخوض في كل ذلك، وبكفي هنا الرأي الذي تتبناه "الهيئة الأسترالية للهطول والجريان"، وهي التي تفوقت الآن على الهيئات الأمريكية في شأن بحوث السيول. ترى الهيئة أن النمذجة الهيدرولوجية للحوض دون أرصاد هيدرولوجية يعني التعامل مع مقدار كبير من عدم التأكد، منها خصائص الهطول، الظروف السابقة على الهطول (هل كان سطح الأرض جافاً أم مبللاً، لأن ذلك سيحدد مقدار التسرب)، دور العوامل البشرية مثل منشآت الإعاقة أو الحماية. ونظراً لأن هذه العوامل متداخلة فهذا يتطلب حساب الاحتمال المشترك joint probability (Nathan & Ball, 2019).

وقد قسم (Ball et al., 2019) عدم التأكد في النماذج الهيدرولوجية إلى نوعين: (١) كامن (aleatory (inherent ناتج عن عشوائية الظاهرة (الهطول) في الطبيعة، وهذا لا يمكن التغلب عليه، (٢) معرفي epistemic مرتبط بمقدار معلوماتنا عن الظاهرة، وهذا يمكن تجنب جزء كبير منه بتحسين القياسات أو تجويد البيانات. وقد جمع مصادر عدم التأكد فيما يلي: (١) عدم تأكد البيانات والقياسات، خاصة لو كانت مشتقة من بيانات، (٢) عدم التأكد البارامتري، وهذا خاص بالنموذج الرياضي، لأن بارامترات (معلماته) مأخوذة من بيانات سلاسل زمنية لا تخلو بدورها من عدم تأكد، (٣) عدم التأكد البنيوي، وهذا كامن في صلب النموذج الهيدرولوجي، لأن النموذج تبسيط لواقع معقد جداً، ولذلك يتوافر في النموذج الواحد أكثر من خيار للمستخدم، (٤) عدم التأكد الناتج عن الأقلمة، أي نقل معلومات من أقرب محطة أرصاد إلى الوادي محل الدراسة، فيما بيانات محطة الأرصاد تعاني أصلاً من عدم

التأكد، (٥) عدم التأكد العميق، ويتعلق بأحداث لا يمكن حساب احتمالاتها مثل تغير المناخ ومستقبل استخدام الأرض في منطقة الدراسة، ويتعلق ذلك عند التوصية للمستقبل، لا لدراسة حالة حاضرة.

وتخلو كل الدراسات الهيدرولوجية - بلا استثناء - الواردة في الملحق ١ من تحليل عدم التأكد. وفي مقال شهير (Pappenberger & Beven, 2006) رد على سبع ذرائع يتذرع بها المتذرعون للتهرب من إنجاز هذا التحليل. وطالما أن جوانب عدم التأكد متعددة، وأن بعضها جسيم في مقداره، فلا غرابة أن تؤدي النماذج الهيدرولوجية إلى التضليل، وهو على نوعين: ظاهر وخفي، ومن أمثلة الأول أن دراسة البسطويسى (El Bastawesy et al., 2009) عن وادي حوضين انتهت إلى أن الجريان في الأحواض الكبيرة يمكن أن يفقد كله بالتسرب قبل الوصول إلى المصب، وهو استنتاج كذبه تكوين بحيرة طويلة وراء السدين القرييين من المصب على إثر سيول نوفمبر ٢٠٢٠.

ومن أمثلة التضليل الخفي للنماذج الهيدرولوجية ما أوضحت دراسة نوعم جرينباوم الشائقة (Greenbaum, 1998)، ففي أكتوبر ١٩٩١ فاض أحد أودية صحراء النقب بسيل قدروا فترة رجوعه بأربعين سنة، مع أن محطات قياس الهطول لم ترصد إلا "هطولا ضئيلا جدا" لا يمكن أن يسبب سيلا بهذا الحجم، وبعد استقصاء مصادر متعددة، أمكن رسم الهيدروجراف فاتضح أنه كان ذا ثلاث قمم، قمتان ولدتهما عاصفة تكونت من امتداد منخفض البحر الأحمر نحو الشمال، يعلوه تيار نفاث دون مداري محمل هو الآخر بالرطوبة، لكن كان لهاتين القمتين زمني وصول مختلفين

إلى المجرى الرئيس، أما القمة الثالثة فكانت ناتجة عن عاصفة محلية حدثت في اليوم التالي ولم تغط إلا حوض رافد واحد، وأدى ترتيب هذه العواصف مكانيا إلى نشر الطمي في قاع المجرى الرئيس منذ البداية، وهذا يعني أنه لم تكن ثمة فواقد جريان في المراحل اللاحقة.

وبافتراض أن النماذج الهيدرولوجية بريئة من العيوب فهي في كل الأحوال لا تمثل إلا مرحلة أولى من نمذجة الخطر، الذي يتطلب الحصول على مخرجات لا يستطيع النموذج الهيدرولوجي وحده توفيرها. ومن هنا لا يمكن اعتبار الدراسات التي سلكت هذا السبيل دراسات جادة عن الأخطار، لأن مخرجاتها في معظمها لا تعدو تقدير ذروة التصرف وحجم الجريان والسرعة وقيم أخرى مما لا يكفي وحده لقياس الخطر، وهذا ما يطرح الحاجة إلى النمذجة الهيدروليكية.

٦ - النمذجة الهيدروليكية

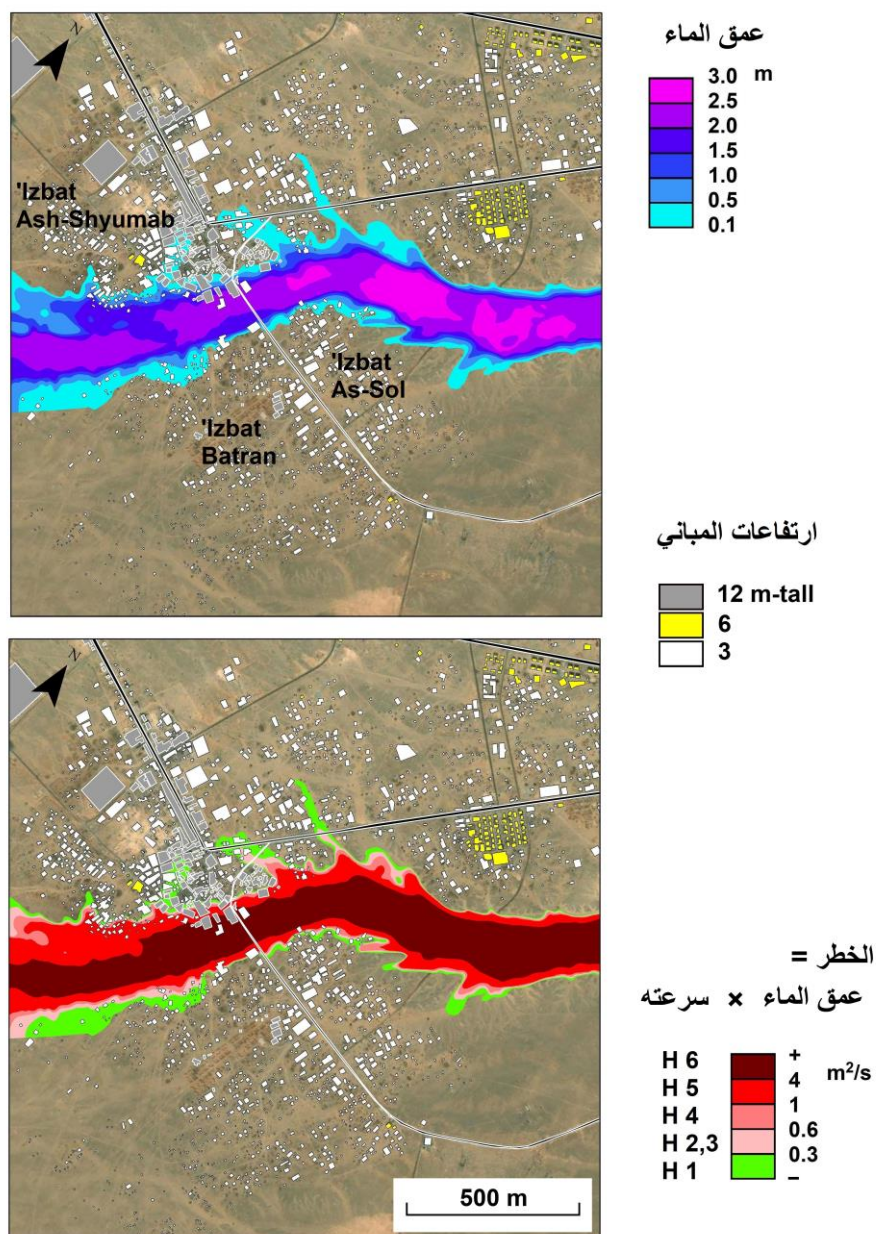
إذا كان النموذج الهيدرولوجي (يترجم) كمية المطر الساقطة على الحوض إلى جريان سطحي فإن النموذج الهيدروليكي يصف عملية نقل الماء عبر شبكات الصرف الطبيعية (الأودية) أو شبكات البنية الأساسية (شبكة الصرف الصحي، شوارع المدن). والمألوف أن مخرجات النموذج الأول (التصرف (م^٣/ث) عند نقطة معينة) تصبح مدخلات للثاني. أما مخرجات النموذج الهيدروليكي فهي عديدة، منها: (أ) خرائط المساحات التي سيغمرها الماء وخطوط أعماق هذا الماء، أي خرائط

ارتفاع ماء السيل، (ب) خرائط سرعة تدفق الماء، (ج) خرائط درجة الخطر، وهذه الأخيرة هي حاصل الضرب الجبري للأولين، أي هي طبقة شبكية raster يمكن الحصول عليها، باستخدام أداة جبر الخرائط، بضرب طبقتين شبكيتين تمثلان العمق والسرعة.

وإذا كانت النماذج الهيدرولوجية تأخذ حوض الصرف كمنطقة للدراسة فإن أكثر استخدامات النماذج الهيدروليكية تأخذ منطقة الخطر (مدينة عادة) كمنطقة للدراسة، وهذا هو الأنسب لدراسة الأخطار. ولمحاكاة حادث سيل في الحضر يمكن الجمع بين النموذجين أو الاكتفاء بالهيدروليكي، وفي ضوء ما اتضح في الفقرات السابقة من مثالب للنمذجة الهيدرولوجية فإنه يمكن إلغاء هذه الخطوة عند دراسة الخطر وتزويد النموذج الهيدروليكي بهيدروجرافات افتراضية، بذروات تصرف تتراوح - مثلا - بين ١٠٠ و ٥٠٠ م^٣/ث عند نقطة قبيل مصب الحوض متوسط المساحة (لدراسة الخطر في أبو زنيمة أو أبو رديس مثلا)، وبين ٥٠٠ و ١,٥٠٠ م^٣/ث قبيل مصب حوض كبير المساحة (لدراسة الخطر في العريش أو شلاتين مثلا)، وإنتاج ثلاثة خرائط للخطر (عند أقصى تصرف افتراضي، وأدنى تصرف، وتصرف وسط بينهما) يمكن الخروج بأحكام حول مدى ما يمكن أن تسببه السيول.

وكما هو متوقع جاءت المبادرة إلى استخدام النماذج الهيدروليكية على يد المهندسين، لكن أكثرها كانت دراسات غير منشورة، حتى نشرت أول ثلاث دراسات سنة ٢٠١٧: دراسة أحمد صالح عن وادي أبو صبيرة (Saleh et al., 2017b)، ودراسة محمود فرحات عن وادي العريش (Farahat et al., 2017)، ودراسة نهى

يوسف عن مروحة وادي وتير (Youssef et al., 2017)، وفي الأخيرة أخذ النموذج في اعتباره الحواجز الركامية القائمة في المروحة، وأثبت أن خطر السيول على مدينة نوبيع لا يزال قائماً، وفي محاكاة لاقتراح الباحثة تعلية الحواجز إلى ارتفاع مترين اتضح أن الخطر سيزول. ولم تأت هذه الدراسات بخرائط أخطار بمستوى كبير من التفصيل، وفي دراستين تاليتين: عن القصير (Mashaly & Ghoneim, 2018) ورأس غارب (Sadek et al., 2021) تطور البحث لينتج خرائط أخطار تظهر فيها شبكة الشوارع بالكاد. وفي دراسة منى سيد (Hussein, 2021) نشرت أول خرائط أخطار لأية مدينة مصرية على مستوى المبنى الواحد، وهذا أقصى تفصيل ممكن استخلاصه من النمذجة الهيدروليكية، وإن كانت السياسة التحريرية للناشر قد اقتضت تصغير الخرائط فإن في الدراسة الحالية فرصة لنشر جزء من الخريطة الأصلية (الشكل ١٢)، بهدف إظهار قدرة النموذج الهيدروليكي على التعبير الكمي عن الخطر، بتفصيل يصل إلى المبنى المنفرد.



الشكل ١٢ مثال على مخرجات النمذجة الهيدروليكية: وادي حوضين وجزء من مدينة

شلاتين في دراسة سابقة للباحثة (Hussein, 2021)

وحتى وقت كتابة هذه السطور احتكر المهندسون كل الدراسات التي اتبعت طريقة النمذجة الهيدروليكية، ولم يُبد الجغرافيون - عدا الدراسة المشار إليها عن شلاتين - التفاتاً إليها رغم أنهم هم الأقدر على دراسة الخطر، ورغم صدور أول كتاب عربي عن النمذجة الهيدروليكية للسيول (أشرف أحمد، ٢٠١٩) فيه شروح وافية لإمكانات البرمجيات المتاحة.

وليست النماذج الهيدروليكية بلا عيوب، وأهمها عيوب التشغيل على الحاسب الآلي، خاصة عدم استقرار النموذج وتوقف البرنامج عن الحساب go unstable، فمثلاً عندما وضع الفريق البلجيكي (Cools et al., 2012) النموذج الهيدروليكي لوادي وتير، في المسافة بين الخانق ومصب الوادي، حيث يمكن أن يكون الجريان هنا من النوع فوق الحرج، توقف البرنامج عن الحساب، فاضطروا إلى استخدام نموذج هيدرولوجي يعطي مخرجات غير التصرفات، ثم باستخدام العلاقة بين التصرف ومنسوب الماء، وبين التصرف وسرعة الجريان، أخذوا من الهيدرولوجي عمق الماء وسرعته، وإن كان ذلك بدقة أقل مما يحقق الهيدروليكي.

٧- طرق التعلم الآلي

بدأ استخدام هذه الطرق في الدراسات المنشورة عن سيول مصر منذ ٢٠٢١، ولم ينشر إلا عشر دراسات حتى وقت كتابة هذه السطور، منها ثلاث لشريف أبو المجد (عن وادي اللقيطة، ووادي دب، ووادي غويبه وبدع (Abu El-Magd et al., 2021, Abu El-Magd, 2022, Abu El-Magd et al., 2022) ودراسة لبوسي الحداد عن وادي قنا (El- Haddad et al., 2021)، ودراسة

لأحمد يوسف عن الأودية بين سفاجا ورأس غارب (Youssef et al, 2022)، ودراسة لمحمد صابر (Saber et al., 2022) عن الغردقة، ودراسة لإسماعيل الخراشي (Elkhrachy et al., 2022) انفردت بأول محاولة لحساب عمق الماء باستخدام التعلم الآلي، مستخدماً مثال سيول القاهرة الجديدة سنة ٢٠١٨، وإن كان لهذه الدراسة فضل الريادة فإن نتائجها تبقى محل شك كبير، لأن نمذجته لعمق الماء بنموذج هيدروليكي أعطت أعماقا تتراوح بين الصفر و ٢٩ متراً، اتخذها وسيلة للتعلم الآلي دون التساؤل عن مصدر الخطأ الذي أنتج أعماقا كبيرة، كما أن الدراسة اعتمدت على خريطة أنتجت آليا لاستخدام الأرض في القاهرة الجديدة فجاءت بعيدة جدا عن الواقع.

والمعروف أن دراسة السيول بطرق التعلم الآلي (كأحد تطبيقات الذكاء الاصطناعي) يعيبها نقص البيانات التاريخية اللازمة للتدريب، وأيضاً تحتاج إلى خرائط أخطار جاهزة بهدف تدريبها، ولكنها يمكن أن تستفيد من ميزة سرعة انتشار صور آثار السيول على مواقع التواصل، ومن الصور يمكن حساب بعض القيم مثل منسوب المياه.

والقاسم المشترك بين هذه الدراسات العشر يوضح إلى أي حد تحفل طرق التعلم الآلي بالعيوب: (١) فكل الدراسات لا تعرّف المقصود بالسيول، وهي تأخذ نقاط التدريب باعتبارها أي نقطة غمرها الماء في سيول سابقة، فالتدريب هنا تدريب على وجود الماء من عدمه، لا على وجود خطر من عدمه، ولذلك يسمون الخرائط الناتجة "خرائط الحساسية للسيول" فهي ليست خرائط أخطار ولا مخاطر، (٢) من مجرد

النظر إلى دليل خرائط الحساسية هذه يتبين أنها تمثل نكوصا إلى الوراء، لأن الدليل ليس إلا فئات من نمط (عالي، متوسط، منخفض) وهي طريقة في التصنيف سبق الحديث عن عيوبها، بل إن بعض الخرائط ليست إلا فئتين: أرض سيغمرها الماء، أرض لن يغمرها الماء، (٣) كل هذه الدراسات ليست إلا طرق مورفومترية في جوهرها ولا علاقة لها بالذكاء الاصطناعي إلا علاقة مصطنعة، لأن طبقات ما يسمونه "العوامل الضابطة" ليست إلا عوامل مورفومترية أضيف إليها عوامل على غرار البعد عن مجرى الوادي، (٤) بنيت هذه الدراسات على افتراض أن النمط الذي ساد في أحداث سيول ماضية هو الذي سيتكرر في المستقبل، وهو افتراض يصعب إثباته، فالسيول الماضية مرتبطة بالروافد التي تصادف أن مرت العاصفة فوقها.

٨- الجمع بين أكثر من طريقة

اتبعت بعض الدراسات أسلوبا مقارنا بين أكثر من طريقة، وهو ما سماه البعض المنهج المتكامل، وما هو بمتكامل، وإن كان فيها فرصة للكشف عن تناقض نتائج الطرق المختلفة، بل تناقض نتائج تطبيق الطريقة الواحدة. فمثلا في دراسة عن وادي العريش (Khalifa et al., 2023) مقارنة لثلاث طرق مورفومترية بالتطبيق على ١٦ حوضا فرعيا، ولم تتفق هذه الطرق إلا على تصنيف أربعة منها، وفي ثلاث حالات صنف الخطر للحوض الواحد ثلاثة تصنيفات مختلفة (منخفض - متوسط - مرتفع). وفي دراسة عن وادي قنا (Elsadek et al., 2019) اتضح أن تطبيق طريقة الشامي تصنف ٣٢ حوضا فرعيا في فئة شديد الخطورة، و ٣٨ في فئة متوسط الخطورة، ولم يصنف أي حوض قليل الخطورة، وبطريقة مورفومترية أخرى

اتضح أن ٢٣ حوضاً (تمثل أكثر من ٤٠ % من مساحة حوض وادي قنا) وقعت في فئة القليل الخطورة التي لم تظهر وفق طريقة الشامي.

وبعد هذا العرض للطرق السبع في دراسة السيول يمكن الوصول إلى خلاصتين: (١) إن ثلاثاً منها (المورفومترية، الشامي، التعلم الآلي) غير قادرة على إنتاج خرائط أخطار، إلا خرائط تنسب خطورة الأحواض الفرعية في الحوض الواحد (أو خطورة عدة أحواض متجاورة) بعضها إلى بعض، وقد سبق بيان أنه لا فائدة من ذلك، فضلاً عن تناقض نتائج هذه الطرق، ولذلك لن تكون هذه الطرق محلاً للمناقشة في الجزء المتبقي من هذه الدراسة، (٢) رغم أن الطرق الأخرى لا تخلو من العيوب إلا أنها من حيث المبدأ مبنية على أساس نظري سليم، وأن العيوب في معظمها إما أنها ناتجة عن التطبيق، أو أنها عيوب مدخلات (بيانات)، وهو موضوع المناقشة في المبحث التالي.

٤ - جودة البيانات المستخدمة في دراسة أخطار السيول

انتهى المبحث السابق إلى استبعاد أن تكون ثلاث طرق (المورفومترية، الشامي، التعلم الآلي) صالحة لإنتاج خرائط الأخطار، وبهذا لا يتبقى إلا أربع طرق يمكن أن يسلكها البحث الجاد في خطر السيول، منها طريقة واحدة (القياس والتجريب) لا تعتبر هدفا في ذاتها، وإنما هي وسيلة لمساعدة الباحثين في السيول، وهذا يعني أنه أصبح عليهم أن يتخيروا من بين الطرق الثلاث المتبقية (دراسة الحالة، النمذجة الهيدرولوجية، النمذجة الهيدروليكية).

وفي دراسات الحالة التي تناولت سيول مصر حتى الآن تتوع أسلوب التناول: (١) فمنها ما لم يتجاوز الوصف كثيرا، كأن تستخدم الدراسة منتجات الاستشعار لمقارنة ما كان عليه حال المنطقة قبل السيل مباشرة وبعده مباشرة، (٢) ومنها دراسات تحليلية جمعت بين تحليل خصائص الطقس الذي سبب السيل، وبين نمذجة الجريان، لكن افترع معظمها إلى جزء ثالث مفترض، هو الأضرار التي سببها السيل، إذ اكتفت هذه الدراسات بالاعتماد على صور وتقارير مأخوذة من الصحف عن الأضرار، مع غياب تام لخريطة توزيع السكان في المناطق التي ضربها السيل. ومصدر هذا العيب في هذه الدراسات أن أصحابها كانوا ينتمون إلى تخصص الجيولوجيا أو الجغرافيا الطبيعية أو الهيدروليكا فلم تكن الدراسات البشرية مجالا لاهتمامهم، (٣) دراسات حالة لحل مشكلات، مثلا دراسة فرنسكا توجل (Tügel et al., 2020b) عن بدائل ممكنة للتخفيف من خطر سيول وادي بيلي على منتجع الجونة، حيث أعادت تشغيل نموذج هيدروليكي عدة مرات لاختبار جدوى إقامة

أحواض لاحتجاز مياه السيل، وقنوات تحويل لمسار المياه، (٤) دراسات حالة لإنتاج خرائط قابلية التضرر vulnerability وهذه لم ينجزها إلا المهندسون من تخصص التخطيط العمراني أو الهندسة المدنية، ولم يكن للجغرافيين أي نصيب منها، وتعتمد هذه الدراسات أساساً على خرائط التوزيعات لعدة خصائص سكانية، وعلى أسلوب الاستبيان.

وإذا كان إنتاج خرائط قابلية التضرر لا يتطلب إلا خرائط السكان وخرائط عامة أخرى أو مرئيات متاحة مجاناً فإن الطريقتين الأخريين (النمذجة الهيدرولوجية والنمذجة الهيدروليكية) تتطلبان توفير خرائط (طبقات) لكل من: (١) الهطول، (٢) المناسيب، (٣) كل ما يلزم لحساب التسرب (جيولوجيا، تربة) ولكل ما يدخل في معادلة مائع (خشونة السطح والنبات الطبيعي) + الصيغ المستخدمة في حساب الفواقد وزمن التأخير، (٤) بيانات لمعايرة النماذج، (٥) استخدام الأرض في المساحات المعرضة للخطر، (٦) توزيع السكان في المساحات المعرضة للخطر، (٧) مصادر الخطر أو التلوث التي يمكن أن يؤدي السيل إلى تفعيلها. وفي الفقرات التالية محاولة للإجابة على التساؤل الثاني من تساؤلات هذه الدراسة: هل كان من الممكن تحقيق أهداف دراسات خطر السيول في مصر باستخدام البيانات التي استخدمت ؟

يلفت النظر أن القاسم المشترك في كل الدراسات هو عدم وجود مقياس لجودة البيانات، وخاصة مقدار عدم التأكد uncertainties فيها، مع أن مصادر عدم التأكد

عديدة (سبق ذكرها) ومقدار عدم التأكد كبير. وفي المبحث التالي مناقشة لجودة البيانات، بالترتيب المتعارف عليه في دراسات السيول.

١ - بيانات الهطول من محطات الرصد الجوي

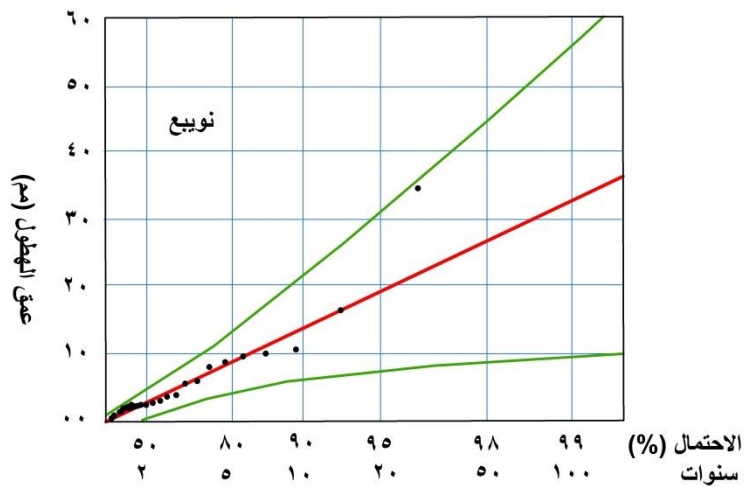
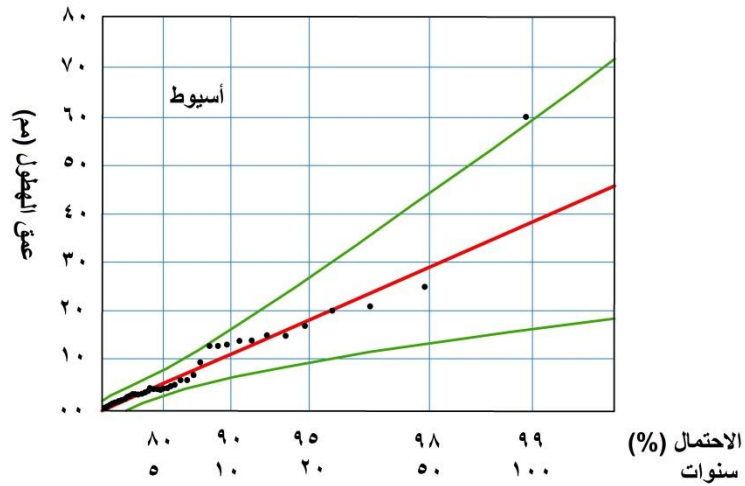
إذا كان المطلوب دراسة حالة سيل واحد سيتطلب الأمر بيانات العاصفة التي سببته، أما إذا كان المطلوب **نمذجة** الخطر في أي وقت فالمطلوب بيانات سلسلة زمنية عن الهطول لأطول فترة ممكنة.

ومعلوم أن **عمق الهطول** rainfall depth (يقاس بالمليمتر لفترة زمنية، كالיום مثلا) ليس له علاقة إحصائية مباشرة بخطورة السيل، إنما الخطورة تحددها كل من شدة المطر rain intensity (تقاس كمعدل، أي مم / ساعة عند نقطة في الزمن) وطول فترة الهطول (لمدة نصف ساعة مثلا). ومن المثير للاستغراب أنه لم يكتب مقال واحد حتى الآن حول شدة المطر في مصر، لأنه لا تتوافر البيانات عن ذلك إلا عند نقاط رصد قليلة وفترات زمنية قصيرة.

وأقرب بيانات يمكن الاستعانة بها لتحويل عمق الهطول إلى شدة مطر هي بيانات سجلها مكتب استشاري لدراسة شحن خزانات المياه الجوفية في السعودية، واتضح منها أنه - في المتوسط - يسقط ٥٠ % من المطر بشدة تزيد على ٢٠ مم / ساعة، و ٢٠ - ٣٠ % منه بشدة تزيد على ٤٠ مم / ساعة (Critchley et al., 1991) وأنه ليس لهذه النسب علاقة إحصائية بمتوسطات الهطول. ولم تستقد أية دراسة من هذه البيانات وفضل الجميع تبني صيغ أمريكية لمجرد أنها هي الرائجة.

ولما كانت الدراسات التي اتبعت طريقة النمذجة الهيدرولوجية (الملحق ١) قد بدأت كلها تقريبا بسيل تصميمي فهذا يعني أنها مشوبة بمقدار كبير من عدم التأكد، حيث يؤخذ التوزيع التكراري لبيانات مداها الزمني قصير (٣٠ سنة في معظم الدراسات)، ثم يعمل استكمال خارجي extrapolation لتقدير احتمال عدم التجاوز فنتج عن ذلك فترة ثقة واسعة جدا (Ball et al., 2019). ويبين الشكل ١٣ نموذجين لاتساع فترة الثقة، وقد استخدم هذان النموذجان لإعداد أطالس السيول لمعهد بحوث الموارد المائية. وبسبب ضخامة فترة الثقة لجأت الغالبية العظمى من الدراسات إلى عدم إظهار حدي الثقة في الشكل الذي يبين احتمال عدم التجاوز وفترات العودة، وفي ذلك تدليس واضح على القراء.

ومن الممكن التقليل من اتساع فترة الثقة بالرجوع إلى بيانات محطات الأرصاد التي لها سجل طويل (يتجاوز المائة عام)، ولكن القاعدة العامة أن بيانات الهطول في مصر فيها فجوات زمنية كثيرة، وأسباب ذلك عديدة منها: (١) ظروف احتلال سيناء، وفي ذلك تذكر مقدمة الأطلس المناخي لمصر: "نظرا للظروف التي مرت بشبه جزيرة سيناء فإن البيانات المناخية من جميع محطات الرصد بها غير متصلة الفترة حيث لا تتوافر بيانات الفترة من ١٩٦٧ حتى ١٩٧٨ وقد تم معالجة هذا الانقطاع في البيانات بالاسترشاد بالطرق الإحصائية المتعارف عليها في مثل هذه الأحوال" (الهيئة العامة للأرصاد الجوية، ١٩٩٦)، (٢) عيوب في التسجيل، مثلا محطات رصد المطر في الكنتلا ونخل القسيمة والحسنة وأبو عجيلة والنقب التي كان يشرف عليها تفتيش ضبط النيل "تقرر أن أرسادها اعتبارا من سنة ١٩٤٨ غير



الشكل ١٣ احتمال عدم التجاوز (%) وفترات العودة (سنة) المقابلان لعمق الهطول (مم) لمحطتي أسيوط ونوبيا، حسبما حسبت في أطالس السيول. لاحظ مدى اتساع فترة الثقة (محسوبة هنا عند ٩٥ %) (بتصرف عن رضوى بكر وآخرين Bakr et al., 2022)

موثوق بها" (قسم المناخ بمصلحة الأرصاد الجوية)، (٣) كثرة تبديل مواقع المحطات تؤثر على اتصال البيانات، فمثلا لا تعتبر بيانات السلوم (التي بدأ الرصد الجوي فيها منذ ١٩٢١) بيانات متصلة، لأن موقع المحطة تم تغييره بين الساحل والهضبة، (٤) إهمال تسجيل الهطول في كثير من المحطات، فمثلا في دراسة حازم غيث (Gheith & Sultan, 2002) عن سيول الصحراء الشرقية اتضح أن ٤ محطات فقط (من أصل ١٣ محطة أرصاد في منطقة الدراسة) هي التي كانت مجهزة وعاملة. وليست الفجوات الزمانية أهم عيوب بيانات الهطول في مصر، فالـفجوات المكانية عيب أشد تأثيرا. والموقف الرسمي الذي تتخذه الهيئة العامة للأرصاد الجوية أن بيانات محطة الأرصاد تصدق فقط لدائرة نصف قطرها ٥٠ كم حول المحطة، وهذا التحذير ينشر أحيانا أسفل جداول المناخ المنشورة في الكتاب الإحصائي السنوي الذي يصدره الجهاز المركزي للإحصاء. ولكن التأكد من رصد الخلايا المطيرة التي يبلغ نصف قطرها نحو ٥ كم يقتضي - نظريا - نشر نحو ٧٦٠ محطة أرصاد في سيناء ونحو ٢٩٠٠ محطة في الصحراء الشرقية، وبذلك فقط يمكن استخدام بيانات الرصد الجوي في حسابات السيول التصميمية، فيما لا توجد حاليا في المساحات الشاسعة بين وادي النيل والبحر الأحمر إلا محطتا مطار بير عريضة ومطار وادي قنا، وهذا النقص الكبير في البيانات دعا مصممي خرائط الأطلس المناخي لمصر إلى القول "ويعتبر الوضع أكثر صعوبة بالنسبة للصحراء الشرقية نظرا لعدم وجود محطات على سلاسل جبال البحر الأحمر، ومع هذا فقد تم أخذ تأثير هذه الجبال في الاعتبار عند تحليل الخرائط في هذه المنطقة" (الهيئة العامة للأرصاد الجوية، ١٩٩٦)، بل إنه

على الساحل، ولمسافة أكثر من ٥٠٠ كم بين القصير وحلايب، لا تتوافر سلاسل زمنية إلا لمحطات القصير (منذ ١٩٢٧) وبرنيس (منذ ١٩٦٤) وشلاتين (منذ ٢٠٠١).

ولبيانات الهطول مصادر أخرى غير بيانات هيئة الأرصاد الجوية، أهمها بيانات المحطات التابعة لمعهد بحوث الموارد المائية، وفي وادي سدر بدأ تسجيل بيانات الهطول منذ ١٩٧٩ (Cools et al., 2012) ولكن حتى سنة ٢٠٠٨ كان للمعهد في سيناء ١٠ محطات فقط، منها محطة واحدة في وادي وتير (الشيخ عطية) عند مدخل الخانق. وفي ٢٠٠٨ - ٢٠٠٩ نشر المشروع البليجيكي ٩ مقاييس رقمية للمطر في حوض وادي وتير وحوله (توزيعها ص ٤٤٥ في Cools et al., 2012) أمكنها تسجيل تفاصيل الهطول في عاصفتي ٢٣ أكتوبر ٢٠٠٨ و ١٧ - ١٨ يناير ٢٠١٠. ومن هذه المحطات توافرت بيانات مهمة عن تباين الهطول مكانيا في مساحة صغيرة.

وقبل تسجيل هذه التباينات لم نكن نعرف عن التباين المكاني للهطول إلا في منطقة القاهرة، لكثرة ما فيها من محطات الأرصاد، ومن ذلك أنه في أحداث السيول المدمرة سنة ١٩٩٤ سجلت محطة أرصاد مطار القاهرة يوم ٢ نوفمبر ١٩٩٤ هطولا مقداره ٥ مم، بينما سجلت محطة مطار ألماظة ٣٢ مم (طاهر الدسوقي، ١٩٩٥) مع أن المسافة بين المحطتين أقل من ستة كيلومترات. وفي عاصفة ٢٧ أكتوبر ١٩٣٧ سقط في ساعة ونصف الساعة ٥٠ مم في محطة أرصاد الجيزة، و ٢٩ مم في مقر مصلحة الطبيعيات في شارع الإنشاء، و ١٤ مم في مرصد الأزكية على

بعد ٢ كم من الإنشاء، وفي مطار ألماتة ٢٤ مم، وفي مطار هليوبوليس ٦ مم على بعد ٢ كم من ألماتة (Sutton, 1949).

هذه الحقائق عن تباين الهطول مكانيا في مساحة صغيرة تجاهلها كل دارسي السيول، كما تجاهلوا حقيقة أن معظم خلايا الحمل المسببة للسيول لا تزيد مساحة الواحدة منها على ٨٠ كم^٢ (لأن أنصاف أقطارها في حدود ٥ كم)، تجاهلوا ذلك ليبرروا استخدامهم طريقة مضلعات تيسن لتقدير الهطول، فقد استخدمت هذه الطريقة مثلا لتقدير الهطول في أواسط الصحراء الشرقية اعتمادا على بيانات محطات على ساحل البحر الأحمر وفي وادي النيل !! (انظر مثلا: أطالس السيول، محمد إبراهيم ومها كمال، ٢٠٢١)، واعتمد بعض الباحثين على بيانات أقرب محطة أرصاد مهما كانت بعيدة. ومن الطريف أن نلاحظ أن أطلس سيول سيناء قطع مضلعات تيسن عند الحدود السياسية، وكأن بيانات الأرصاد الجوية ينتهي مفعولها عند الحدود، وبهذا لم يستفد واضعو الأطلس من سجل طويل للرصد الجوي في صحراء النقب (انظر خريطة مضلعات تيسن لسيناء في Bakr et al., 2022).

وقد أظهرت دراسات الباحثين الصهاينة لطقس سيناء والنقب أن خلايا الحمل يتباعد بعضها عن بعض بمسافات تتراوح بين ٤٠ و ١٠٠ كم، وبذلك تنتج هطولا يتفق توزيعه مع هذا النمط، لكن وجود الخلية فوق مكان بعينه هو عشوائي تماما، لا علاقة له بأشكال سطح الأرض (Yair & Lavie, 1985)، وهذا يعني أن عمق

الهطول الذي بلغ ١٤٢ مم في عاصفة ١٨ نوفمبر ١٩٢٥* كما سجلته محطة أرصاد التمد (Physical Department, 1938, Ashbel, 1938) كان يمكن أن يُسجل في نوبيع أو دهب لو كان فيهما محطات أرصاد في ذلك الوقت، لأنه - في ضوء سرعة العاصفة - كان الفارق الزمني بين وجودها في نوبيع أو في التمد في حدود دقائق. ومع ذلك تأتي حسابات أطلس سيول سيناء (طبعة ٢٠١٠) بقيمة قصوى لمائة عام لتبلغ ١٠٧ مم للتمد (ص ٤٢) و ١٤ مم في دهب و ٤٧ مم في نوبيع. وكان الأخرى أن تؤخذ القيمة ١٤٥ مم لسيناء كلها، لأن العاصفة المشار إليها كان يمكن أن تسقط مطرها في أي مكان في سيناء لو كانت سرعتها أو اتجاهها قد اختلف قليلا، فكمية الهطول تعتمد على مقدار بخار الماء، وقد أثبتت عاصفة ١٩٢٥ أن البحر الأحمر يمكنه أن يوفر كمية قادرة على توليد هطول بهذا المقدار في أي مكان يطاله تأثير منخفض السودان الموسمي.

والخلاصة أنه إن كان للهطول في مصر نمط زمني فليس له نمط مكاني على الإطلاق. هذا ما أكدت عليه مرة أخرى دراسة (Donaire, 2003) التي استخدم فيها أكثر من أسلوب إحصائي لأمعلمي، ودراسة تامر جادو (Gado, 2020)، ودراسة محسن سلطاني عن الهطول في سيناء (انظر الخريطة ص ٩٤٠ في Soltani et al., 2023). ويقرر محمود عاشور (Ashour, 2002) بحق أن الطرق الثلاث لدراسة السيول [بحسب تصنيفه] (الأساليب الإحصائية لتقدير التكرارية، استخدام

* من الطريف أن كتاب المعدلات المناخية إصدار ١٩٣٨ علق على هذه القيمة بكلمة confirmed خشية أن يكذبها البعض على ما يبدو

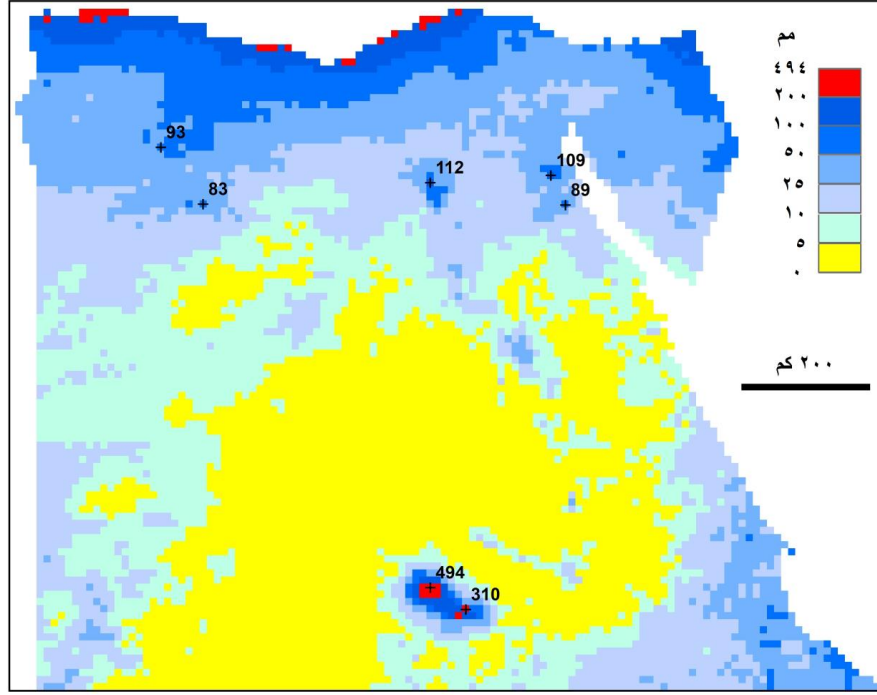
النماذج، مراقبة العاصفة) "لا تصلح، لأن المطر غير منتظم إلى أقصى حد، زمانيا ومكانيا، وعندما يسقط يمكن أن يتباين بشدة في مدة الهطول وفي الشدة - وهناك الكثير من الأماكن لا تعرف المطر لخمس سنوات قبل أن تشهد حادث هطول كبير". وللتحليل على مشكلة قلة بيانات الرصد الجوي قدم محمد صابر (Saber, 2008) تعديلات لنموذج Hydro-BEAM*، وطبق ذلك على وادي الأسيوطي فاخترت تفاصيل النمذجة إلى إجمال، وأصبح النموذج شبه الموزع نموذجاً مجمعا لتبسيط الحسابات، وهكذا تم التصحية بالدقة من أجل حل مشكلة. وسعيا وراء حل جذري لمشكلة بيانات الهطول درست إيمان السيد (El-Sayed, 2018) بيانات أرصاد ١٢٧ عاصفة وقعت فوق سيناء، وأنشأت منحنيات توزيعية للهطول دون وضع أية فروض، وسمت توزيعها المبتكر توزيع WRII (اختصار معهد بحوث الموارد المائية)، ووجدت اختلافا كبيرا بينها وبين منحنيات هيئة صون التربة SCS (التي تكاد تكون المرجعية لكل الدراسات عن مصر)، وأوصت باستخدام WRII لتصميم العواصف لجميع أنحاء سيناء. وثمة دراسة أخرى أنشأت التوزيع الزمني للهطول hyetograph لمنطقة خليج السويس (Saleh et al., 2017a) لكنها تضمنت عواصف افتراضية. وقد اتفقت الدراستان عموما على أن منحنيات SCS مشكوك في صلاحيتها للمنطقة العربية.

* نموذج ياباني مكون من ٤ طبقات، الأولى سطحية تحوي معلومات الجريان وخشونة السطح اعتمادا على معادلة الجريان وعلى قيم ماننج لكل خلية، والثلاث الأخرى تحت سطحية تصف الماء المخزون

٢ - بيانات الهطول من منتجات الاستشعار

إذا كانت بيانات الهطول من محطات الأرصاد مبتلاة بكل العيوب السابق ذكرها، فهل تغني عنها بيانات الاستشعار؟ الجواب أن لا، (١) لأن بيانات الاستشعار لا توفر سلسلة زمنية طويلة تسمح بدراسة الخطر لأمد بعيد، (٢) ولأن هذه البيانات يعثرها الشك، فالشكل ١٤ مثلاً يبين أن مساحات في جنوب الصحراء الغربية تلقت هطولاً سنوياً بلغ مقداره ٤٩٤ مم فوق إحدى بحيرات توشكى حيث يبلغ المتوسط السنوي للهطول أقل من ملليمتر واحد!! وأن مساحات في منخفض القطارة تلقت ٩٣ مم فوق إحدى البرك حيث لا يزيد المتوسط السنوي للهطول على ١٠ مم، وأنه سقط فوق برك وادي الريان ١١٢ مم حيث لا يزيد المتوسط السنوي للهطول على ٢٠ مم، وأن حافة جرفية في وادي عربة سقط فوقها ١٠٩ مم خلافاً لما حولها، وأن جروفاً في هضبة الجلالة تلقت ٨٩ مم خلافاً لما حولها.

وكان الفريق الأمريكي الذي عمل في الصحراء الشرقية وسيناء (Milewiski et al., 2009) أول من لفت الأنظار إلى عدم دقة بيانات الهطول المأخوذة بالاستشعار، فقد اتضح لهم أن بيانات المنتج SSM/I (سبق TRMM وهو يغطي فترة ١٩٨٣ - ٢٠٢٠ وكان يسجل الهطول كل ٤ ساعات) لم تطابق سجلات الأرصاد الجوية، إذ تبين أنه في الأراضي القاحلة يمكن أن تلتبس عليه بعض مظاهر سطح الأرض فيسجلها كأنها سحب ممطرة مطراً خفيفاً، وهذه المشكلة قائمة أيضاً في منتج TRMM وإن كانت أقل حدة، ووجد هذا الفريق أيضاً أن TRMM سجلت أحداث هطول في الصحراء الشرقية لم تحدث أصلاً، وأن تضليل المستشعر



الشكل ١٤ عمق الهطول السنوي في مصر لسنة ٢٠٢٣ مأخوذاً من بيانات Final Run لمنتج GPM (من عمل الباحثة والبيانات عن موقع جوفاني)

مصدره مظاهر السطح، (٢) نظراً لأن TRMM يسجل الأحداث بفواصل ٣ ساعات فلو وقع التساقط من بدايته إلى منتهاه قبل لقطتين متتاليتين – وهذا هو الشائع في الأراضي القاحلة – إذن لأفلت من التسجيل، وهكذا استنتجوا أن TRMM تقلل من الحقيقة، وقدروا هذا الانخفاض بنحو ١٥% بعد أن رجعوا إلى بيانات الأرصاد، ولذلك استخدموا جبر الخرائط لضرب طبقة $TRMM \times 1.18$ لجعلها تطابق ما سجلته محطات الأرصاد.

ولكي يحوّل الفريق منتجات الاستشعار من أداة مشكوك فيها إلى أداة مفيدة اتبعوا الخطوات التالية: (١) استبعدوا أحداث الهطول الأقل من ٥ مم لأنها لن تنتج جرياناً، (٢) تأكدوا من وقوع أحداث الهطول فعلاً بمقارنتها ببيانات السحب التي سجلها مستشعر AHVRR قبل حدوث التساقط بيومين على الأقل، (٣) تتبعوا رطوبة التربة بالاستشعار قبل الحدث وبعده بعدة أيام لإنتاج خرائط فرق الرطوبة (انظر نموذجاً لها من الصحراء الشرقية في المقال المشار إليه)، (٤) إذا لم يتحقق شرطاً وجود السحب ووجود الرطوبة حذفوا هذا الحدث من قاعدة البيانات.

ومرة أخرى زادت الشكوك في منتجات الاستشعار عندما اتضح للفريق البلجيكي (الذي اشترك مع معهد بحوث الموارد المائية في دراسة إنشاء نظام الإنذار المبكر للسيول في وادي وتير) أن بيانات TRMM التاريخية تصلح فقط للتعرف على الأوقات التي شهدت الهطول المسبب للسيول، لكنها لا يمكن الاعتماد عليها في بناء نظام التنبؤ بالسيول في مصر (Cools et al., 2012) ففي سيل ١٧ - ١٨ يناير ٢٠١٠ مثلاً سجلت أجهزة قياس الهطول التسعة (في أنحاء الحوض) هطولا تراوح عمقه بين ١١ و ٣٠ مم فيما سجلت TRMM هطولا عمقه ٣٠ مم للحوض كله.

وعندما كان أحمد حديدي يعد لدراسته عن سيول وادي بيلي من فرع جامعة برلين التقنية في الجونة قارن بين بيانات عاصفة ٨ - ٩ مارس ٢٠١٤ كما سجلها منتج TRMM وبين بيانات الأرصاد التي سجلتها محطة الجامعة وبيانات محطات مؤقتة لقياس الهطول وضعها خلصة في حوض وادي بيلي، فلما أنشأ خريطة خطوط تساوي عمق الهطول بأسلوب الاستكمال (بطريقة الكريج) وقعت محطة أرصاد جامعة برلين

التقنية في الجودة على خط الهطول المتساوي ٤٥ مم حسب معطيات TRMM بينما سجل جهاز قياس الهطول ٣٤ مم فقط (Hadidi, 2016)

وفي دراسة معوض بدوي عن سيل وادي قنا (Moawad et al., 2016) وجد فرقا كبيرا في بيانات عواصف ٢٣ إلى ٣١ يناير ٢٠١٣، فقد سجلت محطة الأقصر ١٥ مم وسجل الاستشعار ٤,٦ مم، وسجلت محطة قنا ١٥ مم مقابل ٥,٩ مم بالاستشعار، واعتبر معوض أن تجاوز هذه المشكلة يكمن في إيجاد علاقة انحدار بين البيانات المستشعرة وبيانات الرصد الجوي، لكنه لم يناقش إن كان الاعتماد على بيانات ست محطات رصد جوي فقط (قنا، الأقصر، القصير، الإسكندرية، الضبعة، العريش) تكفي لتأسيس علاقة الانحدار هذه، كما لم يناقش الحقيقة المعروفة من أن انحراف بيانات الهطول المستشعرة عن الواقع قد يكون سببه راجعا إلى أسباب خاصة بأشكال السطح في أماكن دون غيرها، وعلى ذلك لن يصح تعميم علاقة الانحدار على أي مكان في مصر.

وفي ٢٠١٩ قاد أحمد القناوي أول دراسة شاملة لتقييم أداء ثلاثة من منتجات الاستشعار (TRMM, CMORPH, PERSIANN) فوق الشرق الأوسط، باستخدام بيانات هطول يومية من ٢١٧ محطة أرصاد في فترة ١٩٩٨ - ٢٠١٣ في مصر والعراق والأردن وليبيا والسعودية وسوريا (El Kenawy et al., 2019)، واتضح من الدراسة أن بعض هذه المنتجات له مزايا في بعض الجوانب، ولكنها كلها فشلت في التعبير عن أحداث الهطول الشاذة المستخدمة في نمذجة السيول، وأنه "لا بد من التدقيق فيها قبل استخدامها".

وفي دراسة تالية لمحمد نشوان (Nashwan et al., 2019) تم تقييم أداء ثلاثة من منتجات الاستشعار (GsMap, IMERG, CHIRPS) باستخدام سبعة مقاييس إحصائية، لتقييم قدرتها على تقدير عمق الهطول اليومي في ظروف شدة intensity متفاوتة في فترة مارس ٢٠١٤ إلى مايو ٢٠١٨، وانتهت الدراسة إلى أنه "ما زال تقدير الهطول في مناخ الصحارى الحارة باستخدام الاستشعار يمثل تحدياً"، وفي التفاصيل أن المنتجات الثلاثة لم ينجح أي منها في كل الاختبارات، ما يدل على عدم الاتساق، وأنها كلها تقدر حجم الهطول بأكثر من الحقيقة، وأن قطرات المطر يمكن أن تتبخر في الجو لشدة الحر قبل أن تصل إلى محطة الأرصاد فيرصدها المستشعر ولا ترصدها المحطة، وأن المستشعر يفشل في التمييز بين المطر وسطح الصحراء. ومن النتائج المهمة لهذه الدراسة أنه يصعب القول إن هذا المنتج أو ذاك هو الأحسن أو الأسوأ لمصر، فمنها الأحسن للهطول الأقل من ١٠ مم، ومنها الأحسن لأكثر من ذلك.

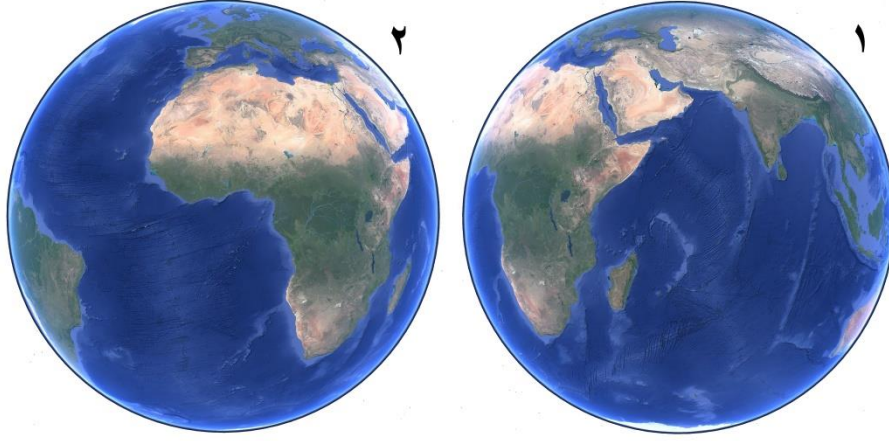
ثم وسع محمد نشوان من مجال دراسته واستخدم سبعة مقاييس إحصائية لتقييم عمق الهطول اليومي في خمسة من منتجات الاستشعار (ARC2, GsMap V6, TAMSAT V3, CHIRPS V2.0, PERSIANN-CCS) في فترة ٢٠٠٣ - ٢٠١٨ (Nashwan et al., 2020) وانتهى إلى أن أداء الخمسة رديء، وأن ARC و GsMAP تعطي حالات كثيرة من هطول زائف، وأن CHIRRS هو الأفضل لتقدير الهطول الأقل من ١ مم في اليوم، وأن TAMSAT هو الأسوأ، وأنه - كحكم عام - يعتبر GsMAP هو الأفضل لمصر ولكن ينبغي مقارنته بغيره.

وبقيت العديد من منتجات إعادة التحليل reanalysis تنتظر الدراسة حتى كانت دراسة محمد حامد (Hamed et al., 2021) التي قيمت دقة تمثيل بيانات عمق الهطول في مصر في خمسة من هذه المنتجات، هي إعادة التحليل الأوروبية ERA5 و GLDAS و Terra climate ونموذج نوح CHELSA و v.2 و I4 وبمقارنتها ببيانات الأرصاد اتضح أن CHELSA هي الأنسب لمصر. وحتى الدراسات التي تحمست لمنتجات الاستشعار، مثلاً دراسة السيد أبو العلا (Abu el Ella et al., 2024) التي تحمست لاستخدام منتجات PERSIANN-CDR، تعترف بأن هذا المنتج بعد مقارنة بياناته ببيانات محطة أرصاد السويس يقلل من قيمة القيم المتطرفة للهطول، وهذا هو فقط ما يهتم دارسي السيول. ومن المستغرب أنه بعد هذا الإيضاح تستمر دراسات السيول – عدا ما يعد على الأصابع – في الاعتماد على منتجات الاستشعار، والمنتجات المعاد تحليلها، وكأنها بيانات مبرأة من العيوب. وتكاد كل الدراسات تخلو من معايير لهذه البيانات بأرصاد أرضية بسبب التكلفة الباهظة جداً للحصول على هذه البيانات من الهيئة العامة للأرصاد الجوية.

ما الحل إذن؟ الحل قدمه أحمد عبد الحي أحمد سلام (Salaam, 2006) في رسالته الشائقة "تقدير كميات الأمطار باستخدام صور الأقمار الصناعية ونظم المعلومات الجغرافية على الأراضي المرتفعة فوق جمهورية مصر العربية"، وفيها درس سيول أكتوبر – نوفمبر ١٩٩٤ وأعد نموذجاً رياضياً لاستنباط كميات الأمطار بدلالة شدة الاستضاءة للسحب، وكان عيب الدراسة وقتها أن الفاصل الزمني بين كل

صورتين متتاليتين لأقمار المتيوسات ٣٠ دقيقة، وهذه فترة كبيرة بالقياس إلى الزمن الذي تستغرقه السحابة الرعدية للوصول إلى فترة النضج في المرحلة الثانية من عمر السحابة. وقال إنه للتوصل إلى نتائج أكثر دقة يجب استخدام صور ذات فاصل زمني أقل، وهو ما تحقق مع أجيال المتيوسات التالية.

والمعروف أن الجيل الأول للمتيوسات يعطي بيانات تاريخية عن الطقس في فترة ١٩٧٧ إلى ٢٠١٧ كل نصف ساعة، أما الجيل الثاني فهو أربعة أقمار أطلقت في فترة ٢٠٠٢ - ٢٠١٥، ومن المقرر بقاء أحدثها في الخدمة حتى ٢٠٣٣، ويبلغ التفريق المكاني لمنتجات هذا الجيل ٣ كم (١١ قناة) وكيلومتر واحد لقناة واحدة. وفي ديسمبر ٢٠٢٢ أطلق أول أقمار الجيل الثالث (متيوسات ١٢)، وهو يسمح أفريقيا كل ١٠ دقائق، وأوروبا كل ٢,٥ الدقيقة، بتفريق مكاني ١ كم لثماني قنوات و ٨ كم للثماني الأخرى. ويمكن للباحث في سيول مصر أن يستفيد من بيانات أي من الأقمار المتمركزة فوق شرق المحيط الأطلنطي (متيوسات ٩ و ١٠ و ١١، ثم أقمار الجيل الثالث فيما بعد بدءا من متيوسات ١٢) أو المتمركزة فوق المحيط الهندي (متيوسات ٧ و ٨) من الجيل الثاني بتفصيل زمني كل ١٥ دقيقة (انظر الشكل ١٥). مع العلم أن المطلوب بيانات الثلاث إلى الست ساعات التي تسبق بدء الجريان السيلي في حال الأودية التي تقل مساحة أحواضها عن ألف كم^٢، فإذا زادت المساحة على ذلك يكون المطلوب بيانات ١٢ إلى ٢٤ ساعة قبل السيل (Kahana et al., 2002). لكن استخلاص عمق الهطول من بيانات السحب ليس تمرينا سهلا، فهو يتطلب خبرة في تتبع سندان العاصفة لا يملكها إلا أهل الرصد الجوي.



الشكل ١٥ مجال الرؤية field of view لأقمار الميوسات الواقعة

١- فوق المحيط الهندي ٢- فوق شرق الأطلنطي

أما الحل الجذري لبيانات عمق الهطول فهو الرادار الأرضي، وهو ترف لا تملكه مصر حالياً، لكنه متاح لصحراء النقب، واستخدم بالفعل في بعض الدراسات، ومنها فيديو العاصفة المطيرة التي استخلص منها الشكل ٩ في هذه الدراسة. وثمة دراسة مهمة في تقييم بيانات الرادار (Yakir & Morin, 2011) من خلال محاكاة سيل في صحراء النقب استناداً إلى تسجيل الهطول بواسطة رادار مطار اللد (بتفريق مكاني $1 \times 1,4$ كم، وتفرق زمني خمس دقائق) أظهرت أن قوة التفريق المكاني تؤثر كثيراً على نتائج النموذج، ولعمل عاصفة تصميمية يمكن استخدام بيانات واقعية لخلية حمل كما سجلها الرادار مع تغيير معدل الهطول، سرعة الخلية، حجم الخلية، اتجاه حركة الخلية، تغيير كل ذلك عدة مرات، وقد أظهرت دراسة حساسية النموذج

أن تغييرات طفيفة في موقع الخلية (ببياناتها الواقعية التي سجلها الرادار) أو سرعتها أو اتجاهها قد تغير ذروة التصرف تغييرا يصل إلى ثلاثة أضعاف ما حدث في الواقع، وتظهر هذه الحقيقة أن تغييرات طفيفة حتى في أشد بيانات الهطول تفصيلا (١ × ١,٤ كم) يمكن أن تغير كثيرا من مخرجات النموذج الهيدرولوجي مما يقلل من قيمة النماذج الهيدرولوجية، طالما أن كل قيم المخرجات أصبحت ممكنة الحدوث. وإذا كان هذا حال بيانات الرادار فما بالنماذج بيانات الاستشعار التي تبلغ قوة تفريقها في أفضل الأحوال ١٠ × ١٠ كم.

٣ - بيانات المناسيب

لا تشير معظم الدراسات عن السيول إن كان نموذج المناسيب الرقمي DEM الذي استخدمته نمودجا أرضيا رقميا DTM يتجاهل ما على الأرض من مبان وأشجار أم أنه نموذج سطح رقمي DSM يسجل أعالي المباني وتيجان الأشجار. وهذه التفرقة مهمة في النمذجة الهيدروليكية بشكل خاص، كما أنها مهمة في أي نموذج يشمل منطقة تشهد توسعا عمرانيا، فإذا كان النموذج نموذج سطح (وهذا هو المألوف استخدامه) فهذا يعني أنه فقد بعض قيمته مع التوسع العمراني، فمثلا يمثل نموذج SRTM المباني والأشجار كما كانت قائمة سنة ٢٠٠٠، أما نموذج ALOS فيمثل الواقع في فترة ٢٠٠٦ - ٢٠١١. ولم تطرح أية دراسة عن السيول في مصر مشكلة تقادم النماذج، ومن ثم لم تسع إلى حلها بإضافة المستجدات.

وبدلا من تحديث نماذج المناسيب شغل بعض باحثي السيول في مصر أنفسهم بما اعتبروه تحسينا للدقة الرأسية للنموذج، أو اختبارا لهذه الدقة (انظر مثلا

(Khattab et al., 2023)، أو معايرة النموذج الرقمي باستخدام بيانات المناسيب من الخرائط الطبوغرافية (مثلا معوض بدوي، ٢٠٢١)، وفي كل ذلك لم يبدأوا البداية الصحيحة إذ لم يشاروا إلى الاختلاف بين المرجع الرأسي المصري (الإسكندرية، ١٩٠٦) وبين المراجع الرأسية لمنظم المناسيب الرقمية، ولم يلتفتوا إلى آراء المتخصصين في علم المساحة التي كشفت أن العيب الرئيس في النماذج المستخدمة هو أن مرجعها الرأسي نموذج الجاذبية العالمي EGM96 الذي وضعت وكالة ناسا سنة ١٩٩٦، ويتفق أساتذة المساحة على أن هذا المرجع هو أسوأ المراجع العالمية في التعبير عن مجال الجاذبية لمصر، ويتفقون على ضرورة تخليص نموذج المناسيب الرقمي أولا من مساهمة EGM96 فيه من خلال عملية طرح بسيطة تجرى في برنامج مثل جلوبال مابر، ثم يختلفون بعد ذلك في ترشيح نموذج الجاذبية العالمي البديل المناسب لمصر، حيث لا يوجد نموذج جيونيد لمصر معتمد حتى الآن. ويرى البعض أن EGM2008 (الذي أنتجته المساحة العسكرية الأمريكية) هو الأدق في التعبير عن مجال الجاذبية في مصر وهو الذي يجعل حيود الجيونيد فوق مصر أقل ما يمكن (انظر مثلا دراسة عصام الكراجي Al-Krargy et al., 2015)، بينما يرى آخرون أن GGM GECO هو الأفضل (انظر مثلا دراسة مصطفى رباح Rabah et al., 2017). وعموما لا بد أن تكون الخطوة الأولى في أية دراسة للدقة الرأسية لمنظم المناسيب هي خطوة التخلص من خطأ نموذج الجاذبية العالمي لسنة ١٩٩٦ (لدراسة أحدث انظر عبد العاطي زايد Zayed et al., 2023).

أما تأثير اختلاف قوة التفريق المكانية لنموذج المناسيب على جودة النموذج الهيدرولوجي فبقي غير مدروس حتى بادر إلى ذلك محمد البسطويسي (El Bastawesy et al., 2021) فاختبر نماذج مختلفة بقوة تفريق ترواحت بين ١٢,٥ و ٩٠ م، بالإضافة إلى نموذج مناسيب رقمي مأخوذ من الخرائط الطبوغرافية، بالتطبيق على وادي الأطفيحي ووادي الرشراش، وبافتراض حدث هطول عمقه ١٠ مم، واتضح من الدراسة أنه لا فرق يذكر في الاستجابة الهيدرولوجية.

وفي دراسة تالية (Khattab et al., 2023) تم اختبار جودة نماذج المناسيب الرقمية (١٢,٥ إلى ٣٠ م) بالمقارنة بنموذج مستخرج من الخرائط الطبوغرافية التي أنتجتها المساحة العسكرية الفرنسية IGN للقاهرة الكبرى من صور جوية التقطت سنة ١٩٧٧، واقتصر التطبيق على حوض لأحد روافد وادي دجلة لا تزيد مساحته على ١,٥ كم^٢، لتنتهي الدراسة إلى التوصية بالرجوع إلى نموذج مناسيب دقيق لاختبار دقة نموذج المناسيب المجاني، وهي توصية غير عملية: (١) لأن نظم المناسيب الدقيقة المنتجة بالاستشعار باهظة التكلفة، (٢) ولأن منطقة الدراسة هذه توافر لها خرائط كمنورية بفواصل رأسي متر واحد يتيح إنتاج نموذج مناسيب دقيق من الخرائط، وهو ما لا يتوافر مثله في أكثر من ٩٩ % من مساحة مصر، (٣) ولأن منطقة لا تزيد مساحتها على ١,٥ كم^٢ وتخلو من العمران ليست بالمثال الذي تؤخذ منه الأحكام العامة.

على أية حال لم تكن للدراستين السابقتين فائدة عملية كبيرة لأنهما لم تطرحا السؤال الأهم من وجهة نظر نمذجة السيول: كيف يمكن تعديل نماذج المناسيب

لإضافة أكثر من ١٦٠٠ عمل صناعي في مصر، بنيت كلها لإعاقة الجريان أو تخفيف شدته أو تغيير مساره، وقد أنشئت معظم هذه الأعمال بعد إنتاج نظم المناسيب المتوافرة حالياً، كما أن الكثير منها لا يرتفع عن سطح الأرض إلا عشرات السنتيمترات ومع ذلك له تأثير مهم في الجريان، فمثلاً سجلت دراسة عن أودية مرسى مطروح (حمدينه العوضي، ٢٠١٩) أنه أقيمت سدود حجرية ضخمة على الأودية الرئيسة ومجاري بعض الروافد بحيث لا يرتفع السد فوق مستوى قاع الوادي أكثر من ٣٠ سم، ولا شك أن هذا الارتفاع القليل له تأثير هيدرولوجي، وإلا ما كانت هذه السدود لتبنى. ومعلوم أن برامج النماذج الهيدروليكية تتيح خيار إضافة بيانات المنشآت الاصطناعية مهما كانت أبعادها صغيرة، وإذا وضعت البيانات المضافة كطبقة تعلو طبقة نموذج المناسيب الرقمي (في جدول المحتويات) فإنها تمحو تلقائياً ما تحتها من بيانات نموذج المناسيب.

وثمة متغير آخر أهملته كل الدراسات عدا دراسة هشام عز (Ezz, 2017)، فالاتجاه السائد حالياً هو رفع الطرق عن سطح الأرض، وهكذا أصبحت الطرق تمثل خط تقسيم مياه جديداً، وأصبحت فتحات تصريف السيول أسفل الطرق هي المحدد لاتجاه التصريف، الذي لم يعد متفقاً أحياناً مع الاتجاه الذي يبدو من الخرائط. وقد اختبر هشام عز تأثير إضافة ١,٥ م إلى نظام المناسيب الرقمي على مسار طريق رأس غارب - الشيخ فضل، ووجد أن الاستجابة الهيدرولوجية قد تغيرت. ولم تناقش أية دراسة حتى الآن تأثير السدود الجابيونية على الجريان باستخدام النمذجة، وإن

كان ثمة دراسات معملية (انظر مثلاً تجارب أماني حبيب (Habib, 2024) في معمل كلية الهندسة بالزقازيق).

وإذا كان للدراسات عن مصر أن تستفيد من تجارب الآخرين فإن دراسة أمريكية (Cook & Merwade, 2009) عن "برنامج تحديث خرائط الفيضانات للوكالة الفدرالية لإدارة الطوارئ" وجدت أن استخدام الليدار في إنتاج نموذج المناسيب الرقمي قد حسن دقة نماذج محاكاة الفيضانات، وهذا هو المتوقع بطبيعة الحال، لكنهم وجدوا أيضاً أن مكونات أخرى في النموذج لا تقل أهمية عن بيانات الليدار، مثلاً: عدد القطاعات العرضية المأخوذة (في النماذج أحادية البعد)، أو أبعاد خلايا الشبكة (في النماذج ثنائية البعد).

وما يمكن استخلاصه بعد هذا العرض أن التحدي الذي يواجه استخدام نماذج المناسيب الرقمية في نمذجة السيول في مصر يتمثل في نمذجة منشآت الحماية، وكذلك الطرق التي تسلك قيعان الأودية، وأن جهود الباحثين ينبغي أن تنصرف إلى دراسة الاستجابة الهيدرولوجية لإدراج هذه المنشآت في النموذج، أما موضوع اختبار الدقة الرأسية للنماذج فهو شأن يجب أن يترك للمتخصصين في المساحة دون غيرهم.

٤ - البيانات اللازمة لحساب الفواقد وخشونة السطح

ليست الفواقد شيئاً يمكن الاستهانة به، ففي جميع الدراسات عن السيول كان حجم الفواقد يزيد على ثلثي حجم الهطول، بل إن القياسات التي أخذت أثناء أحداث سيل ٢٠١٠ في وادي وتير أظهرت أن ٩٠ % من حجم الهطول ذهب كفواقد رغم أن أكثر مساحة الحوض تغطيها الصخور النارية غير المنفذة (Cools et al.,

(2012)، وفي دراسة حازم غيث (Gheith & Sultan, 2002) أنه لن يصل إلى مصبات كثير من أودية الصحراء الشرقية وسيناء سوى ٣ - ٧ % من مجموع الهطول.

وقد تكون الفواقد أولية تفقد قبل وصول المياه إلى شبكة الصرف، وقد تكون فواقد نقل تفقد أثناء حركة المياه في المجرى. وترتبط الأولى بالتسرب الذي يعتمد على أنواع الصخور والتربة واستخدام الأرض، كما ترتبط بالتبخر واعتراض الماء أو انصرافه إلى منخفض، بينما تفقد الثانية عبر قاع المجرى وجوانبه، وترتبط بطبيعة حشو الوادي، ومدى بلله، والأبعاد الهندسية للمجرى، وخصائص الجريان، وعمق الماء الجاري. وهذا يعني أن النمذجة تتطلب بيانات هندسية يقوم الباحث بإدخالها، وصيغ حسابية عن التسرب على الباحث أن يختار من بينها، وتوزيع للصخور والرواسب مأخوذ من خرائط الجيولوجيا والتربة.

وأول ما يلفت الانتباه في الخرائط الجيولوجية المنشورة في بحوث السيول أنها لا علاقة لها بالموضوع، فكل ما هو مطلوب من بيانات الجيولوجيا هو التوصيل الهيدروليكي لأنواع الصخور المختلفة (الذي يعتمد على النفاذية ودرجة التشبع وخصائص الماء وبعض المظاهر الجيولوجية كالشقوق والصدوع)، وهو ما لا نصادفه إلا في دراسات تعد على الأصابع، أما أكثر الدراسات فتشتمل على خريطة للمكونات ونص طويل يسرد خصائص هذه المكونات وأعمارها وكل ما لا علاقة له بالموضوع. وزعمت بعض الدراسات أنها أنتجت خرائط لخصائص الصخور الرسوبية

ولنسيج التربة بالاستشعار، وهي موضوعات ما زال الاستشعار عاجزا عن تحقيقها بدقة معقولة، خاصة وأنه عاجز عن اختراق قطاع التربة إلا السنتيمترات العليا. ومن جهة أخرى لا تزال مساحات واسعة من مصر تقتقد إلى خرائط جيولوجية مقياس ١ / ١٠٠,٠٠٠ أو أكبر، وهو ما يعني أن الخرائط المتوافرة (مقياس نصف مليون أو ربع مليون) لا تفي بالغرض، لاحظ مثلا أن الكتاب الشارح لخريطة كونوكو (Hermina et al., 1989) يذكر أن الخريطة معممة، وأنه تم تجميع أكثر من متكون معا تحت مسمى واحد طلبا للتبسيط. لاحظ أيضا أن مقياس رسم الخريطة (نصف مليون) لا يسمح بإظهار حشو الأودية. وكان يمكن لباحثي السيول أن يرجعوا إلى مئات من الرسائل الجامعية التي أنشأت خرائط جيولوجية تفصيلية، لكن أكثرهم آثروا الطرق السريعة السهلة فاكثفوا بما هو متاح من خرائط جيولوجية، وترجموا النصوص المرافقة للخرائط ترجمة شبه حرفية، وهي نصوص لا تقدم إلا تعريفات سريعة بالمتكونات، وليس القصد منها توفير بيانات عن نفاذية الصخور.

والحقيقة أنه في كل الدراسات الواردة في الملحق ١ لم يبذل أي عمل جاد لإنتاج خرائط جيولوجية أو قطاعات جيولوجية من الميدان إلا في دراسة محمد البسطويسى (El Bastawesy et al., 2019) التي استخدمت الطرق الجيوفيزيائية لإنشاء قطاعات تبين حشو وادي إسـل. وفيما عدا هذه الحالة الوحيدة قدم باحثون جادون مساهمات من تجارب ميدانية ومعملية، مثل قياسات جيلز فودي (Foody et al., 2004) لحساب معاملات التسرب في أنواع مختلفة من تربة وادي العلم، وتجارب محمد الصبري لحساب معاملات التسرب في أحواض حبول وبدع وغوبية

(El Sabri et al., 2016) وشجر (El Sabri et al., 2017)، وتجربة عادل بخيت لحساب التسرب في وادي الأسيوطي ومحاكاة واقعية للجريان في هذا الوادي، وإن لم يكن خطر السيول هو هدف الدراسة (Bakheet et al., 2020). وهناك أيضا دراسات قديمة لم يستفد منها أحد، لأنها ما زالت غير مكشفة، منها مثلا دراسة ماير يللوز (Yallouze, 1940) لحساب ثابت التبخر للماء المحتوى في الحجر الرملي من وادي شعيت وروافده، وشرق مدينة أسوان، وجبل الزيت ووادي عربة ورمال الجبل الأصفر، بناء على تجارب أجريت في معامل كلية العلوم بجامعة القاهرة.

ومتلما تفتقد مصر إلى الخرائط الجيولوجية التفصيلية فإنها أشد افتقارا إلى خرائط التربة، أو ما يطلق عليه مجازا بالتربة في المناطق الصحراوية، وهذا ما يفسر البيانات المبهمة التي يذكرها باحثو السيول عن التربة أو زعمهم إنتاج خريطة نسيج التربة بالاستشعار، مع أن ثمة مئات الرسائل عن التربة في أودية صحراوية، تحوي آلاف الجداول عن التركيب الميكانيكي لقطاعات التربة. ويبدو أن عدم اكتشاف هذا النوع من الدراسات كان سببا لعدم الاستفادة منها، والقول نفسه يصدق على مئات التقارير غير المنشورة في مركز بحوث الصحراء، بل لقد ضاعت فرصة الاستفادة من دراسات منشورة لكنها غير مكشفة في قواعد البيانات، فمثلا في دراسة معوض بدوي عن سيول وادي العريش (Moawad, 2013) لجأ إلى الاستشعار لإنشاء خريطة للتربة مستعينا بخريطة للتربة مقياس ١ / ٢ مليون !! ولم يستفد من خريطة لنسيج تربة وادي العريش مرفقا بها جداول للتحليل الميكانيكي للتربة في ٢٧٢ موقعا

في الوادي، على شكل آفاق حتى عمق يصل إلى ١٢٠ سم (Abdel Salam, 1961)، لم يستفد من كل ذلك لأن مجلة الجمعية الجغرافية المصرية المنشور بها هذا المقال ما زالت غير مكشوفة في قواعد البيانات.

٥ - البيانات اللازمة لمعايرة النماذج

من المعلوم أن فرص معايرة نموذج للسيول في الأراضي القاحلة فرص محدودة جداً، بل هي شبه منعدمة (Coombes & Roso, 2019)، ومن المعلوم أيضاً أن معايرة النموذج بعدد قليل من أحداث السيول يجعلها مشوبة بعدم تأكيد كبير (Ball et al., 2019)، فما بالنّا إذا لم تتوافر هذه البيانات أصلاً.

والحقيقة أنه كان لمصر تجربة سابقة في تسجيل تصرفات السيول، فعندما صمم الإنجليز مشروع ري الجزيرة في السودان عملوا سنة ١٩٢٠ أعتابا لقياس التصرف في مجرى السيول، والتقط الفكرة عثمان محرم وبدأ تنفيذها في مصر سنة ١٩٢٦، ومن مقال محمد علي الألفي (١٩٢٨) يفهم أن مخزات السيول الأولى كانت ذات سدود غاطسة وقناطر، صممت بطريقة تمكّن من قياس التصرف وتقدير حجم السيل وضمان تصرف ثابت للماء، لكن هذه الصفحة من تاريخ تسجيل بيانات السيول طواها النسيان، حتى أنشئ سد الروافعة الذي كان الهدف من إنشائه "استعماله كوسيلة لقياس السيول المتعاقبة التي تمر بوادي العريش قياسا دقيقا لإعطاء فكرة واضحة عن تصرفات هذه السيول حتى يمكن على ضوءها تقدير مدى سعة الخزان أمام أي سد قد ينشأ على وادي العريش مستقبلا" (كرم جيد، ١٩٦٠).

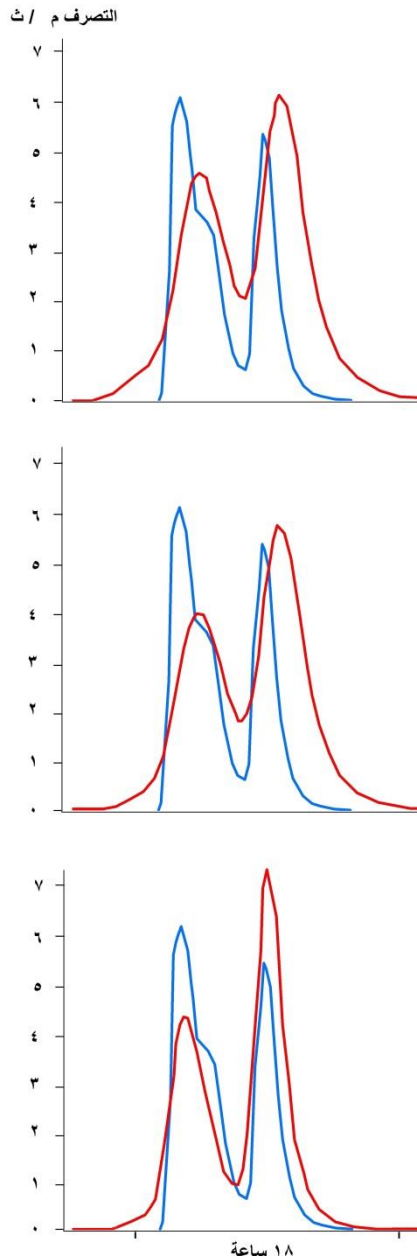
وإذا كانت هذه البيانات التاريخية لا زالت محفوظة فسيكون مكانها في دار الوثائق في ملفات تفتيش عام ري الصحارى، ومحافظة سيناء أيام كان محافظوها من الإنجليز. ثم بدأ فصل جديد من أرصاد السيول مع احتلال سيناء حيث سجلت المصلحة الهيدرولوجية الإسرائيلية بيانات أمكن منها إنشاء هيدروجراف سيل وادي العريش سنة ١٩٧٥ (عند سد الروافعة) (انظر الهيدروجراف في Klein, 2000)، وبعد زوال الاحتلال لم يحرص المصريون على استمرار التسجيل، واضطر معوض بدوي (Moawad, 2013) في دراسته عن سيل وادي العريش سنة ٢٠١٠ إلى التقدير اعتمادا على بيانات مستشعرة. ولغياب أرصاد للسيول اضطرت بعض الدراسات (أهمها Milewski et al., 2009, Masoud, 2011) إلى الاعتماد على البيانات الهيدرولوجية المأخوذة عند مصب وادي الجرافي في وادي عربة التي تنشر سنويا في الكتاب السنوي الهيدرولوجي لإسرائيل، باعتبارها تشبه ظروف مصر.

وفي ١٩٨٩ بدأ معهد بحوث الموارد المائية تسجيل الهطول والجريان في وادي سدر، وقدمت هذه التسجيلات بيانات ثمينة استفادت منها ثلاث دراسات للحكم على جودة النماذج، وعند إجراء الدراسة الأولى في وادي سدر الرئيس ووادي المالحة (رافد وادي سدر) (El-Sayed & Habib, 2008) كان في كل من الحوضين خمسة أجهزة لقياس شدة المطر، وخمسة أخرى لقياس عمق الهطول، وجهاز واحد في كل منهما لقياس منسوب الماء في المجرى. وتوصلت الدراسة إلى نتائج مهمة حول بعض القيم الهيدروليكية، لكنها اعتبرت أن عدد محطات قياس الهطول غير كاف،

وأن التباين الشديد في منطقة الدراسة يجعل من عملية الهطول والجريان مسألة معقدة، وأن أكثر ما يعوق الدراسة هو نقص عدد المحطات.

وبناء على أرصاد وادي سدر قارنت دراسة إسماعيل فتحي (Fathy, 2015)) أداء ثلاثة نماذج هيدرولوجية، فاتضح أن نسبة الخطأ في تقدير ذروة التصرف في الهيدروجراف الذي تنبأت به النماذج كانت ٢٤ % في النموذج المجمع و ١٧ % في شبه الموزع و ٦ % في الموزع، وتلا ذلك دراسة محمد مراد (Morad et al., 2018) التي اقتصررت على حوض وادي المالحه حيث تم نمذجته بنماذج مجمعة (لأن الحوض هو حوض رافد واحد فلا يصلح معه النموذج شبه الموزع)، وحددوا نفاذية التربة بأخذ عينات على عمقي ٣٠ سم و ٦٠ سم، واستطاعوا حساب شدة المطر من خلال تسجيلات عمق الهطول كل خمس دقائق، وحصلوا على الهيدروجراف المسجل آليا لسلي ١١ مارس ١٩٩٤ و ٣ أبريل ٢٠١١، ولما عاينوا النموذج باستخدام ١٤ طريقة مختلفة يتيحها البرنامج، وجدوا أنه رغم توفير كل هذه المعلومات الدقيقة اختلف ما تنبأ به النموذج عن الواقع، كما يبين الشكل ١٦

ماذا كانت استجابة باحثي السيول لمشكلة المعايرة ؟ تراوحت الاستجابة بين: (١) تجاهل الموضوع من الأصل، وهذا ما فعله الجغرافيون عادة، حيث يعرضون مخرجات النموذج غير المعايير كأنها حقائق، و(٢) استخدام صيغ غامضة، فمثلا لاختبار دقة نموذج سيول وادي قنا سنة ٢٠١٣ (Moawad et al., 2016) قال الباحثون إنهم لجؤوا إلى "المقارنة بملاحظات ميدانية من سيول ١٩٩٤ و ٢٠١٠ في أحواض مجاورة، ومن دراسات سابقة" دون أن يقدموا أية بيانات، و(٣) شجاعة



الشكل ١٦ مثال على اختلاف نتائج القياسات (المنحنيات الزرقاء) عن النتائج التي تتبأ بها النموذج الهيدرولوجي (الحمراء) رغم توافر كل المعلومات اللازمة للنموذج بدقة كبيرة نسبياً. وهذه مقارنات لثلاث طرق لإنشاء هيدروجراف سيول ١١ مارس ١٩٩٤ في وادي المالحة. بتصريف عن محمد مراد (Morad et al., 2018)

الاعتراف بعدم إمكان المعايرة، والاكتفاء بالقول إن النتائج "تبدو معقولة" (مثل دراسات فرنسكا توجل Tügel)، وهذا ما فعله أيضا الفريق البلجيكي الذي وضع النموذج الهيدروليكي لوادي وتير (Cools et al., 2012) إذ صرحوا بأنهم اكتفوا بأخذ معلومات النموذج من المراجع العلمية ومن آراء الخبراء لعدم إمكان المعايرة، و(٤) جمع بيانات من اللقاءات الشخصية مع من شهدوا السيول أو الاعتماد على الصور المنشورة على الويب، ومنها صور جوية لسيل رأس غارب المدمر، فمثلا في دراسة علاء مسعود (Masoud, 2004) قرر أن عمق ماء السيل بلغ أربعة أمتار في بعض شوارع سفاجا، وفي دراسة جيهان مشالي عن سيول القصير سنة ١٩٩٤ و١٩٩٦ أن العمق بلغ ٢ م (Mashaly & Ghoneim, 2018)، واستفادت دراستان فقط من تقرير المساحة الجيولوجية عن سيول نوفمبر ١٩٩٤ (الهيئة المصرية العامة للمساحة الجيولوجية، [١٩٩٥] أ، ب) وفيهما بيانات باللغة الأهمية لمن أراد المعايرة، (٥) انفردت دراسة إسماعيل الخراشي (Elkhrachy et al., 2021) بفكرة استخدم بيانات سنتينل الرادارية، فقد استخدمها لمعايرة نموذج هيدروليكي لسيول القاهرة الجديدة في أبريل ٢٠١٨.

وفي غياب أرصاد هيدرولوجية وبيانات تاريخية لا يبقى من أمل إلا الاستفادة من أدوات علم الهيدرولوجيا القديمة palaeohydrology والذي أصبح له مناهجه ووسائله (انظر مثلا Herget, 2024)، فمن خلال ما خلفته السيول القديمة من آثار النحت والإرساب يمكن إعادة تصور أشد السيول التي شهدها الوادي. وحتى وقت كتابة هذه السطور لا يتوافر عن مصر دراسات من هذا النوع سوى دراسة شائقة

واحدة (Kehew et al., 2010) لاستعادة السيول القديمة في وادي إسلا، اعتمادا على مجروفات من جلاميد ضخمة جلبتها سيول قديمة هادرة. ومن أحجامها وأماكنها الحالية اتضح أنه لا بد أن الذي جلبها كانت سيولا سرعتها حوالي ٧ م / ث، وهو ما يعني معدل تصرف حوالي ١,٦٠٠ م / ث، وهو ما يعني أيضا هطولا في حدود ١٢٠ مم. ويمكن أيضا الاستفادة مما أنجزه الجغرافيون الصهاينة في صحراء النقب اعتمادا على دراسة السيول القديمة، وفي هذه الدراسات أيضا فوائد غير دراسة السيول، منها مثلا استعادة أشكال السطح القديمة، ففي دراسة مثلا عن كهف وادي أم طرفة عبر ٧٦٠٠ سنة اتضح أن الوادي لم يكن له علاقة بالنظام الهيدرولوجي الحالي، سوى في فترة ١٦٧٣ م إلى اليوم (Greenbaum, 2007).

٦ - البيانات السكانية للمناطق المعرضة للخطر

لما كان ٩٤ % من الذين كتبوا عن سيول مصر ينتمون إلى ميدان الجغرافيا الطبيعية أو الجيولوجيا أو الهيدروليكا فلم يكونوا مهتمين بالبيانات السكانية، وترتب على ذلك أن ٩٨ % من الدراسات الواردة بالملحق ١ تخلو من أي بيان عن السكان المعرضين للخطر. ومن المعلوم أن التقدم في مجال الخرائط الديزيمترية قد وصل إلى حد إنتاج خرائط لتوزيع السكان وخصائصهم لأغراض دراسة خطر الفيضانات (انظر مثلا Pérez-Morales et al., 2022)، ولا زال ذلك يمثل أملا بعيد المنال في مجال دراسة سيول مصر، وبكفي حاليا الاستعانة بأي من قواعد البيانات العالمية الديزيمترية الجاهزة، وأنسبها للمدن المصرية قاعدة LandScan لأنها بيانات سكانية شبكية (راستر) يمكن الجمع بينها وبين بيانات طبقات شبكية أخرى مثل طبقة عمق

الماء أو سرعته. ولا زال استخدام الاستبيان في دراسة قابلية التضرر من السيول محدودا جدا، ومن الدراسات القليلة التي استعانت به دراسة صفاء غنيم عن نوبيع (Ghoneim et al., 2022).

٧ - بيانات النقاط الخطرة أو الملوثة للبيئة

المقصود هنا تأثير السيول على المنشآت البترولية الواقعة في مجاري الأودية أو مراوحها، كما حدث في كارثة درنكة وسيول وادي سدر، أو أية منشآت قد يؤدي تضررها من السيول إلى أضرار إضافية. وفي توجيهات إنشاء خرائط الخطر في الدول المتقدمة تفاصيل كثيرة عن معايير تحديد هذه المنشآت. ولم تهتم ٩٩ % من الدراسات عن مصر بهذه المسألة، لأنها في معظمها دراسات طبيعية لا بشرية.

نخلص من العرض السابق إلى أن ثمة نقص كبير في البيانات اللازمة لنمذجة السيول، وغياب تام للبيانات اللازمة للمعايرة، ويترتب على ذلك: (١) أن نتائج الدراسات التي لجأت إلى النمذجة الهيدرولوجية هي محل شك كبير، وهذا موضوع التساؤل الثالث لهذه الدراسة والذي سيجيب عنه المبحث التالي، (٢) إن لم يكن بد من استخدام هذه الطريقة فلا بد أن يكون اختبار حساسية النموذج جزءا أساسيا من الدراسة، وهو ما لم تقم به كل الدراسات عدا اثنتين، (٣) نظرا إلى أن العاصفة المسببة للهطول يمكن أن تأخذ كل الخصائص الممكنة، فإنه لمحاكاة كل الاحتمالات الممكنة بنموذج هيدرولوجي لا بد من تصميم عاصفة بأنصاف أقطار متفاوتة، ومراكز مختلفة فوق الحوض، ومدد بقاء مختلفة، واتجاهات مسار مختلفة، وبفرض

أن الحوض مستطيل هل ستقطعه العاصفة وتعبه إلى حوض آخر أم ستتحرك على طول المجرى، ولو تحركت على طول المجرى هل ستتحرك في اتجاه المنابع أم المصب، فلو تحركت بدءا من المنابع سيتجمع الماء عند نقطة واحدة في أوقات متقاربة، ولو تحركت بدءا من المصب نحو المنابع سينصرف ماء أدنى الحوض بسرعة مفسحا المجال لمياه الأعالي فيقل الخطر.

وطالما أن عدد النتائج الممكنة للمحاكاة سيكون عددا لانهايا فمن ثم **تفقد النمذجة الهيدرولوجية معظم قيمتها**. ومعلوم أن الدراسة التفصيلية للخطر لا بد أن تتضمن نمذجة هيدروليكية، وأن مخرجات النموذج الهيدرولوجي (الهيدروجراف) ستصبح مدخلات للنموذج الهيدروليكي، ومن هنا يمكن إلغاء خطوة النمذجة الهيدرولوجية بالكلية، والاكتفاء بالنموذج الهيدروليكي اعتمادا على هيدروجرافين: لأعلى تصرف متوقع ولتصرف متوسط ، على أن يكون الهيدروجراف معبرا عن أنسب نقطة من وجهة نظر دراسة الخطر، أي عند مدخل المدينة من جهة الوادي، وبذلك يفرغ الباحث جهده للتركيز على تفاصيل ما سيحدث داخل المساحة المعرضة للخطر، ولا ينتج خرائط أخطار لأماكن لا يعيش فيها أحد كما هو حال الدراسات التي اقتصرت على النمذجة الهيدرولوجية.

٥ - ملاحظات على دراسات أخطار السيول وتوصيات لتحسينها

انتهت المناقشة في المبحث الثالث إلى استبعاد ثلاث طرق (المورفومترية، الشامي، التعلم الآلي) لعدم قدرتها على إنتاج خرائط أخطار، واقتصرت المناقشة في المبحث الرابع على عيوب البيانات المستخدمة في الطرق الباقية، أي التي يمكن بواسطتها إنتاج خرائط الأخطار، والآن حان الوقت لطرح التساؤل الثالث لهذه الدراسة: إلى أي حد حققت دراسات الخطر الهدف منها؟ وإلى أي حد يمكن الوثوق بالنتائج؟ الإجابة على ذلك تتضمنها النقاط التالية.

من المعلوم أن تعريف الخطر يدور مع الإنسان (أمانة الأمم المتحدة، ٢٠٠٩)، وهذا يعني أن خطر السيول يناسبه اختيار **المساحات المهددة** كمنطقة للدراسة، أو اختيار **الخط المهدد** (طريق مثلا). وتنص "توجيهات الفيضانات" المطبقة في دول الاتحاد الأوروبي على أن وحدة الدراسة ينبغي أن تكون **الوحدة المساحية التي ستطبق عليها قواعد إدارة الخطر**، وقد سميت اختصارا "وحدة الإدارة" unit of management

ومن قاعدة البيانات (الملحق ١) اتضح أن ٨ % فقط من الدراسات هي التي بدأت بداية صحيحة، أي بدأت باختيار المساحة المهددة (مدينة) أو الخط المهدد (طريق) كمنطقة للدراسة، أما بقية الدراسات فكانت عن أحواض تخلو معظم مساحتها من مظاهر العمران، فلا معنى لدراسة الأخطار فيها. وعادة ما كان اختيار الحوض كوحدة للدراسة راجعا إلى واحد من سببين، أو للسببين معا: (١) أن النماذج الهيدرولوجية المجمعة وشبه الموزعة مصممة للتطبيق على أحواض، فكأن النموذج

هو الذي تحكم في اختيارات الباحث، (٢) أن بعض الدراسات لم تقصر نفسها على دراسة الخطر فحسب، بل وسعت المجال لموضوعات أخرى، يبدو ذلك من عناوين على غرار "التحليل والنمذجة الجيوهيدروكليمومورفومترية" أو "دراسة هيدروجيومورفولوجية"، وهذا يقتضي اتخاذ الحوض وحدة للدراسة. على أية حال لا يمكن اعتبار عيب تحديد منطقة الدراسة عيباً جوهرياً، أما العيوب الجوهرية في دراسات السيول فتعرض لها النقاط التالية، بذكر أمثلة أولاً، ثم بتوصيات لمعالجة العيب.

١ - الانفصال عن الواقع وغياب العمل الميداني

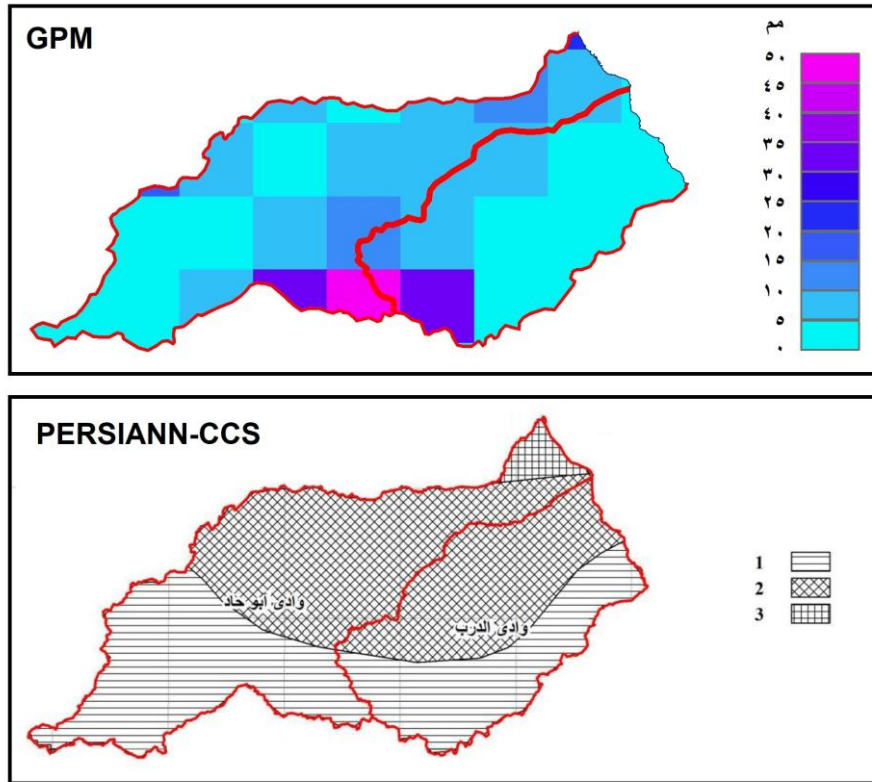
في أكثر من ٩٠ % من الدراسات المذكورة في الملحق ١ لن يشك القارئ الخبير أن أصحاب هذه الدراسات لم يذهبوا إلى الميدان أصلاً، بل إن بعض الدراسات لم يستطع أصحابها قراءة أسماء الأودية من الخرائط قراءة صحيحة، فمن يصدق أن دراسة شملت وادي العاط وجبل العاط تذكرهما باسم وادي العياط وجبل العياط، وتكرر ذلك أكثر من أربعين مرة في النص والخرائط (محمد أحمد بدوي، ٢٠١٩)، وأن دراسة عن وادي العقابية (Hegazy et al., 2023) ذكرته باسم العقابية في النص وكل الأشكال، ورد ذلك ثماني مرات.

وفي آخر بيان لوزارة الموارد المائية (أغسطس ٢٠٢٤) أن عدد منشآت الحماية من خطر السيول في مصر بلغ ١٦٣١ عملاً صناعياً، تختلف ما بين سدود وحواجز وقنوات اصطناعية وبحيرات وخزانات أرضية وأحواض وجسور ومعايير أيرلندية ومفيضات، وتبلغ السعة التخزينية للبحيرات ٣٩١ مليون م^٣، ووجود هذه المنشآت

يعني أن مجاري الكثير من الأودية أصبحت ذات طبوغرافيا دقيقة microtopography جديدة تختلف عما نعرفه من الخرائط أو نظم المناسيب الرقمية، والسبب حفر مساحات من قيعان الأودية لتصبح بحيرات، والردم لإنشاء السدود. وفي ٩٢ % من دراسات السيول لا نجد ذكرا لأي من منشآت الحماية، وهذا يعني أن ما يرد في دراسات السيول من سرعات وأزمنة وأحجام تصرفات ومعدلات تصرفات، كل ذلك لا علاقة له بالواقع لأنها تجاهلت وجود الأعمال الاصطناعية، بمعنى أنه تم نمذجة الجريان كتيار من الماء يسلك الوادي من المنابع إلى المصب دون اعتراض من أي عائق اصطناعي. إن وجود السدود يعني أن الجريان سيواجه واحدا من ثلاث حالات: (١) احتجاز المياه كلها أمام السد، (٢) الاحتجاز حتى تمتلئ بحيرة السد ثم ينصرف الزائد عن ذلك من فوق السد، (٣) انهيار السد كلياً أو جزئياً، نتيجة الضغط على جسمه، أو نتيجة النحر من أعلى، أو مرور الماء عبر شقوق في جسمه، وكل هذه الحالات تختلف عن حال الجريان كما هو موصوف في ٩٢ % من الدراسات، وإن كان بعض هذه الدراسات قديم، سابق على إنشاء السد. أما الـ ٨ % من الدراسات التي تذكر منشآت الحماية فقد تجاهلتها في الحسابات (عدا دراستين فقط)، فمثلا تحدثت دراسة سارة أبوزيد عن نوبيع (Abuzied, et al., 2016) عن عمل ميداني استغرق مساحة كبيرة من حوض وادي وتير، كما يبدو من خريطة المواقع التي أخذت منها قراءات علامات السيول، ومع ذلك لم تأت الدراسة على أي ذكر للسدود، مع أن نوبيع منذ ما قبل ٢٠١٠ كانت محمية بجسور للوقاية وخمس سدود وبحيرة اصطناعية وهرايات (Cools et al., 2012)، وفي دراسة

تالية عن وادي وتير (Fathy et al., 2021) لم يذكر أي سد، واقترح الباحث بناء ١٤ سدا. وفي دراسة تالية لسارة أبو زيد (Abuzied & Mansour, 2019)) عن وادي دهب تداركت ما فاتتها في دراسة وادي وتير، إذ أثبتت سدود وادي دهب على الخريطة وإن كانت قد تجاهلتها في الحسابات، وفي دراسة تالية (Prama et al., 2020) تكرر تجاهل وجود عشرة سدود في حوض وادي دهب.

وفي دراسة عن سيل سنة ٢٠٢٠ في رأس غارب (معوذ بدوي، ٢٠٢١) لم يُذكر شيء عن بحيرة وادي الدرب المصممة لاستيعاب ١,٧ مليون م^٣، وقدر الباحث صافي الجريان في وادي الدرب بأقل من نصف مليون م^٣، وفي وادي أبو حاد بنحو ١,٤ مليون م^٣، ولم تفسر الدراسة لماذا لم يتم احتجاز هذا الجريان في البحيرة، وكيف وصل الماء إلى الطريق وجرف السيارات وانقلبت حافلة سياحية. وأكثر من ذلك استند الباحث إلى بيان غير واقعي عن الهطول على حوض هذين الواديين (الشكل ١٧) وكان حدس الباحث يقتضي الشك في هذه القيم التي لا يمكن أن يتولد عنها جريان، ناهيك عن جريان قادر على جرف حافلة، إذ تراوح عمق الهطول يوم السيل بين ١ و ٣ مم فقط حسب بيانات PERSIANN التي اعتمد عليها الباحث. وكان التدقيق يقتضي الحصول على بيانات محطة أرصاد رأس غارب لذلك اليوم، أو على الأقل مقارنة بين بيانات أكثر من منتج من منتجات استشعار الهطول، وفي الشكل التالي تبدو نتيجة المقارنة صادمة: بلغ عمق الهطول ٤٩ مم في منابع الواديين. وقد يتساءل البعض كيف يمكن تفسير هذا الاختلاف الكبير بين بيانات PERSIANN وبيانات GPM. الإجابة يعرفها كل من له دراية بأساليب تسجيل الهطول: إن قواعد



الشكل ١٧ عمق الهطول (مم) في حوضي أبو حاد والدرب يوم أول نوفمبر ٢٠٢٠
أعلى: من منتجات GPM final run (استخلصته الباحثة، عن موقع جوفاني)،
أسفل: من منتج PERSIANN-CCS (عن معوض بدوي، ٢٠٢١)

بيانات الهطول من الرصد الجوي تخلط عادة بين بيان مفقود (يفترض أن يعبر عنه بأحرف n/a أو no data) وبين قيمة هطول مقدارها الصفر، فتجعل البيان المفقود مساويا للصفر، ومع تطبيق أساليب الاستكمال interpolation باعتبار أن محطة رأس غارب سجلت صفر هطول، أو باستخدام بيانات استشعار أخرى، يكون من

المنطقي الحصول على تلك القيم المتدنية (١ - ٣ مم) في بيانات الاستشعار المعالجة التي يعتبر منتج PERSIANN واحدا منها.

وفي دراسة عن وادي أبو شيخ (ضياء صبري، ٢٠٢٤) أوصى الباحث بإقامة سد على الوادي، مع أن هذا الوادي فيه واحد من أكبر السدود في مصر، طوله ١٦٠٠ متر وارتفاعه عشرة أمتار، ولو اطلع على دراسة محمد صابر (Saber et al., 2017) لوجد صورة لسد أبو شيخ الأصلي، وصورة للسد بعد انهياره جزئيا بفعل سيول مايو ٢٠١٤، وصورة لزيادة الضرر في جسم السد بسيول نوفمبر ٢٠١٥، ولو اطلع على مرئية بعد هذا التاريخ لوجد السد بشكله الحالي (عند الإحداثي ٢٦,٩٠٠، ٣١,٦٤٠).

وفي دراسة عن الخطر على طريق قنا الأقصر (أحمد عبد الفتاح، ٢٠٢٣) أوضح الباحث أنه "اعتمد على العمل الميداني في دراسة المنطقة، وتقييم طرق الحماية الحالية من خلال قياس عمق المخرات واتساعها، وقطر فتحات البرابح، وارتفاعات السدود"، ثم لم يظهر لذلك أثر في حساباته لسرعة الجريان وحجمه. وفي دراسة عن الخطر على قرية حجازة (أشرف أحمد، ٢٠١٩) اقترح بإنشاء سدود ومخرات، ولا ذكر لسيالة حجازة التي أنقذت القرية في سيول نوفمبر ١٩٩٤ عندما ارتفع منسوب المياه في التربة إلى نحو ثلاثة أمتار.

وفي دراسة عن الخطر على رأس غارب (Arnous et al., 2022) احتوت الخريطة على مواقع السدود ولكن تجاهلها في الحسابات. وأكثر من ذلك أنه عند التحقق من مصداقية النموذج استخدمت مرئيات لاندسات بعد سيول ٢٧ أكتوبر

٢٠١٦ ليقال إن ما في المرئيات يتطابق مع تنبؤات النموذج، ولم يُطرح السؤال الواجب طرحه أولاً: هل كانت العاصفة تغطي كل أحواض منطقة الدراسة كما افترض النموذج؟

وفي دراسة عن الخطر على مرسى علم (محمد إبراهيم وعمرو محسوب، ٢٠٢٠) تفاصيل عن بحيرة اصطناعية وحاجز ترابي في وادي العلم، وعن سد ركامي غير مكتمل ارتفاعه ٤ م في وادي خور النقع، مع تجاهل وجود كل ذلك في حسابات زمن التأخير.

وفي دراسة عن الخطر على شلاتين (وهبة حامد، ٢٠٢٢) لا إشارة إلى وجود سدين على وادي حوضين، ويقترح الباحث ٣٤ وموقعا لسدود مقترحة، منها موقع سد قائم منذ ٢٠١٩ ! وانتهت الدراسة إلى أن أخطار الجريان السيلي لوادي حوضين ليست عالية "لابتعاد عمران المدينة عن المجرى الرئيس"، وهو وصف يخالف الواقع (انظر نمذجة الجريان في شلاتين في الشكل ١٢ من هذه الدراسة).

وما سبق مجرد أمثلة يمكن أن تتحدد منها أسباب هذا القصور في واحد أو أكثر مما يلي: (١) توهم بعض الباحثين أن الاكتفاء بالدراسة المكتبية والاستعانة بمنتجات استشعار مجانية كافيان لإنجاز دراسة جادة، (٢) عدم معرفة بالدراسات السابقة (مثال دراسة وادي أبو شيخ التي لم تستفد من دراسة محمد صابر Saber et al., 2017) أو عدم معرفة بالتقارير السابقة (مثال الدراسة عن حجازة التي لم تستفد من تقرير: الهيئة المصرية العامة للمساحة الجيولوجية، [١٩٩٥] أ)، (٣) استخدام نموذج هيدرولوجي بدلا من نموذج هيدروليكي، أو الفشل في تطويع النموذج

الهيدرولوجي (بأن يعرف الباحث كيف يتحايل على البرنامج، لا أن يكون مستخدماً آلياً له)، (٤) مجافاة ما هو مستقر في أدبيات السيول، مثلاً توهم أن ١ - ٣ مم يمكن أن تسبب جرياناً، ولو صح ذلك لكان اكتشافاً جديداً وفتحاً مبيناً في مجال دراسة السيول ولوجب أن يتغير عنوان الدراسة ليكون: كيف أمكن لثلاثة ملليمترات من الهطول أن تُجري سيولاً في رأس غارب، (٥) اجتياز البحث مرحلة التحكيم دون اكتشاف قصوره في التعبير عن الواقع، لأن المحكمين يحكمون على البحوث من خلال استيفائها شروطاً معينة، ولا يفترض في المحكم أن يكون عارفاً بمنطقة الدراسة، خاصة لو كان المقال منشوراً في مجلة دولية تستعين بمحكمين غير عارفين بجغرافية مصر.

وخلاصة ما سبق أنه ليس من المبالغة القول إن أكثر بحوث السيول تبدو بعيدة عن الواقع، بل إن منها ما يبدو كأنه من صنع إنسان آلي، لا إنسان يفكر، فكثير من البحوث مجرد جداول ونص يكرر ما في الجداول، وقليل من هذه البحوث هو الذي يمثل دراسات جادة يتضح فيها الجهد المبذول، مثلما يبدو في دراسة محمد حلمي جريش (Geriesh et al., 2004) عن وادي غويبة التي أخذت السدود في اعتبارها، أو دراسة دعاء أمين (Amin et al., 2022) وهي الدراسة الوحيدة التي حسبت rating curve (يبين العلاقة بين مستوى الماء stage والتصرف، وهو بديل للهيدروجراف) عند السدود القائمة وقت دراستها.

وما يمكن التوصية به في صدد الدراسة الميدانية أنه إن كان الباحث مصمماً على التقصير في العمل الميداني فلا أقل من أن يقوم بجولة افتراضية في الأودية

التي يدرسها، فمن موقع مثل جوجل إيرث يمكنه اكتشاف السدود بدرجة وضوح تصل إلى إمكان قراءة عبارة "تحيا مصر" مكتوبة على جسم السد (الشكل ١٨). ولو بحث



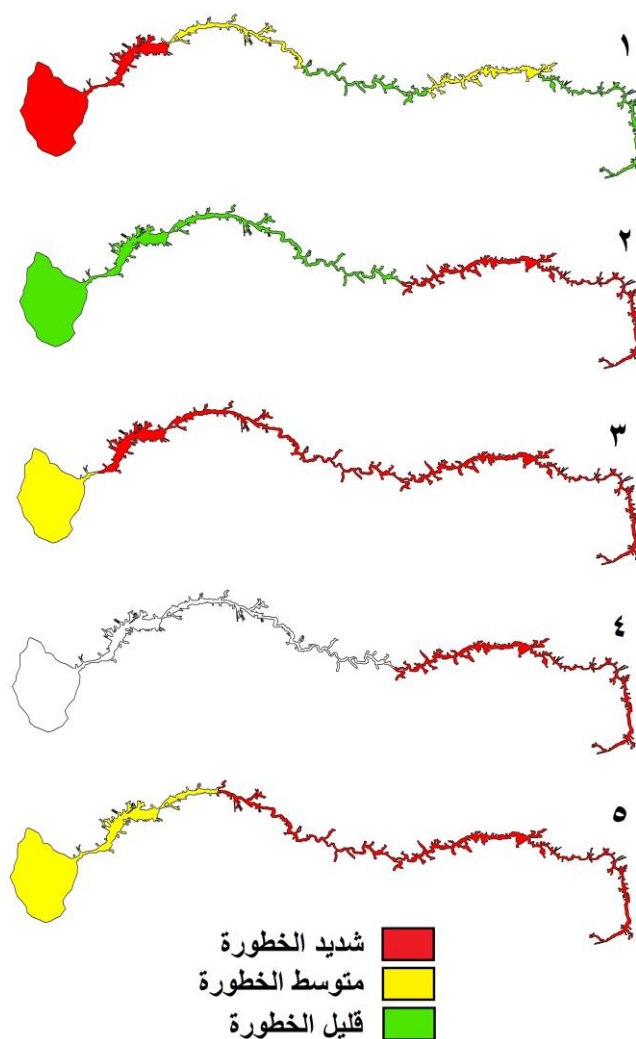
الشكل ١٨ مثال على ما تظهره المرئيات المتاحة مجاناً من تفاصيل سدود الأودية في مصر: سد أبو خشيب كما يظهر في جوجل إيرث برو

الباحث على الويب بكلمتي "حماية" + "اسم المدينة أو الوادي" لعرف من بيانات وزارة الموارد المائية المواصفات الهندسية لهذه السدود (الطول، الارتفاع، سعة الخزان، ...).

٢ - تناقض نتائج كثير من الدراسات أو لامعقولية النتائج

من نافلة القول إن بعض المقالات عن السيول أصبحت تنشر في مجلة العلم النيوتروسوفي. ومعلوم أن النيوتروسوفيا نزعة فلسفية ورياضية ظهرت سنة ١٩٩٥ وسرعان ما اعتمدها أهل العلوم الطبيعية بهدف الكشف عن تناقضات الفكر وتردده بين الصدق والكذب. وحتى الآن لم ينشر في هذه المجلة عن سيول مصر سوى مقالين لنبيل عبد العزيز المتخصص في علوم الحاسب (AbdelAziz et al., 2023 a, b) حيث استخدم الطرق الرياضية النيوتروسوفية لاستخراج أوزان العوامل المؤثرة في السيول في محافظة أسيوط وفي واد شرقي سوهاج.

في هذا الإطار يمكن أن نفهم لماذا تناقضت نتائج الدراسات المختلفة عن الوادي الواحد، بل ولماذا تتناقض النتائج داخل الدراسة الواحدة. ومن أمثلة تناقض النتائج بين عدة دراسات تقييم الخطر لوادي فيران، ففي خمس دراسات (الشكل ١٩) أعطيت مروحة الوادي كل درجات الخطورة، كما صنف أعالي الوادي باعتباره قليل الخطورة وشديد الخطورة. والتناقض هنا ناتج عن اختلاف الطرق المستخدمة.



الشكل ١٩ مثال على التناقض في الحكم على خطر السيول: وادي فيران في خمس دراسات: (١) حسن العتر وآخرون (١٩٩٢) (معاد نشره في El-Etr et al., 1995)، (٢) أحمد يوسف وآخرون (Youssef et al., 2011)، (٣) محمد عبد العزيز عزب (٢٠١٨) (٤) عبد العظيم الركابي (Alrikabi et al., 2015)، (٥) أطلس السيول لأودية شبه جزيرة سيناء (٢٠١٠). لاحظ أنه في الدراسة الرابعة لا بيانات عن الجزء الأدنى من الوادي.

وثمة تناقض في النتائج راجع إلى اختلاف الصيغ الحسابية المستخدمة، ففي

دراستين عن وادي القرن جاءت النتائج كالآتي:

الدراسة	زمن التباطؤ	زمن التركيز ساعة	معدل التصريف م ^٣ / ث	السرعة كم / س	حجم السريان مليون م ^٣
أحمد عبد الفتاح ٢٠٢٣	٢٣,٣ ساعة	٤,٣	٤٤٦٠	٣٠,٢	٣٧,٢
ناصر عبد الستار ٢٠١٨	٠,٣ دقيقة	٩,٣	٤٧٤٥	١٥,١	٥,٠

فمن ذا الذي يصدق أن زمن التباطؤ لحوض كبير يمكن أن يكون أقل من ثلث دقيقة (حسب إحدى الدراستين)، أو أكثر من ٢٣ ساعة (حسب الدراسة الأخرى). وفي دراسة ثالثة عن وادي القرن (محمد إبراهيم ومها كمال، ٢٠٢١) لم تحسب هذه القيم أصلاً، لأنها اختارت أن يكون النموذج شبه موزع، ومن ثم أنشأت خريطة أخطار للأحواض الفرعية وتركت الحوض الذي يشقه المجرى الرئيس دون حسابات ودون تحديد خطره (الشكل ٢٣ ص ٢١١).

وثمة تناقض في النتائج راجع إلى اختلاف النماذج (البرامج)، فمثلاً قدرت ذروة

التصرف عند مصب وادي العريش في سيل يناير ٢٠١٠ بنحو ١٤٠٠ م^٣ / ث في دراسة نهلة مراد (Morad, 2016) التي استخدمت برنامج سلاح المهندسين الأمريكي، بينما قدرتها دراسة الفريق الياباني (Sumi et al., 2013) بنحو ٢٩٠٠ م^٣ / ث باستخدام برنامج ياباني. واستخدم عمر المسالمة (Almasalmeh &

(Eizeldin, 2019) نموذج معهد بحوث الفيضان التايواني ليأتي بنتائج خالفت دراسة أحمد حديدي عن سيل الجونة سنة ٢٠١٤ (Hadidi, 2016) والتي خالفتها أيضا دراسة للسيسي (غير منشورة) إذ قدرت حجم الجريان بثلاثة أضعاف تقدير حديدي. ويمكن أن يكون التناقض راجعا إلى اختلاف المدخلات، خاصة بيانات الهطول، فمثلا قدر أشرف أحمد (٢٠١٩) أن كمية أقصى هطول في يوم واحد لمحطة الأقصر لفترة رجوع مائة سنة هي ٥٧ مم، بينما قدرها محمد إبراهيم (٢٠٢١) بأقل من ثلثي هذه القيمة (٣٦ مم فقط). ومن المفهوم أن اختلاف فترة الرصد الجوي التي رجع إليها الباحثان، واختلاف البرنامج المستخدم، واختلاف الخوارزم الذي فضله الباحث داخل البرنامج الواحد، كل ذلك يمكن أن يؤدي إلى اختلاف النتائج، لكن من غير المفهوم كيف يكون الاختلاف بهذا الحجم الكبير، وما مدى تأثيره في النتائج. ومن أمثلة تناقض النتائج في الدراسة الواحدة أن ذروة التصرف في وادي أم بويرات (الذي يسلكه طريق أسوان - برنيس) قدرت بنحو ٢٤٩ م^٣ / ث بطريقة سنايدر و ٤٧ فقط بطريقة هيئة صون التربة، ولوادي الحيطه ٦٢,٢ بطريقة سنايدر مقابل ٩,٥ م^٣ / ث فقط بطريقة CIA (أحمد محمد أبورية، ٢٠١٢). ومن التناقض أيضا أن سرعة الجريان بأحواض الصرف في الحافة الشرقية للجلالة البحرية قدرت بنحو ٣,٦ كم / ساعة بطريقة كيربي و ١٢,٠ كم ساعة بطريقة كيريتش في أحد الأحواض، وفي حوض ثان بلغت ٣,٥ و ١٠,٦ بالطريقتين، وأن ذروة التصرف (م^٣ / ث) في حوض ثالث بلغت ١٤,٢ بطريقة كيربي و ٢,٨ بطريقة كيريتش (أحمد إبراهيم صابر، ٢٠٢٢). هذه العيوب في النتائج عرفناها نتيجة الدراسة المقارنة التي

استخدمت صيغتين مختلفتين بالتطبيق على الحوض الواحد، فكيف يمكن أن نعرف عيوب النتائج التي اكتفت بصيغة واحدة ؟

يمكن معرفة ذلك من **اللامعقولية** التي تميز نتائج كثير من الدراسات، فمثلاً في دراسة عن روافد وادي الجرافي على الجانب المصري من الحوض (عواد حامد، ٢٠١٧) انتهى الباحث إلى القول: "وتبدو القيم القصوى للتصريف في أحواض التصريف المدروسة بعيدة جداً عن الواقع، وهي بطبيعة الحال تبقى قيماً نظرية [...] وهذه القيم في معظمها أكبر من نظائرها لنهر الفرات عند الحدود السورية التركية، ولنهر النيل عند الخرطوم". وفي دراسة عن خطر السيول على مدينة رأس غارب (فتحي أبو راضي ووليد عجوة، ٢٠١٩ أ) حسب زمن التركيز لوادي خرم الغويرب فكان ٠,٠٤٢ ساعة [أي دقيقتان ونصف الدقيقة لا أكثر]، وحسبت سرعة الماء فكانت ٥٦٤ كم / ساعة. وفي دراسة عن أخطار السيول لبعض أودية الساحل الشمالي الغربي (فتحي أبو راضي ووليد عجوة، ٢٠١٩ ب) حسب زمن التركيز لوادي البسيوس فكان ٠,٠٠١ ساعة [أي أقل من أربع ثوان]، وسرعة الماء ١١٧٦٠ كم / ساعة [أي نحو عشرة أضعاف سرعة الصوت] وزمن تصريف الحوض ٠,٠٠٠٠٣٩ ساعة [أي ٠,١٤ من الثانية، أي أن السيل سيتكون وينصرف قبل أن يرتد إلى المرء طرفه].

لماذا كل هذا التناقض وهذه اللامعقولية ؟ لأنه لم يهتم أحد بإبداع صيغ هيدرولوجية بناء على قياسات وتجارب على أرض مصر، لدرجة أن إحدى الدراسات التي ناقشت طرق حساب زمن التأخير (أحمد إبراهيم صابر، ٢٠٢٢) كان كل هدفها

الاختيار من بين الطرق القائمة، لا نقدها جميعا والإتيان ببديل. ومن الطريف أن كثيرا من هذه الطرق كانت محل نقد في بلد المنشأ (الولايات المتحدة) نفسها.

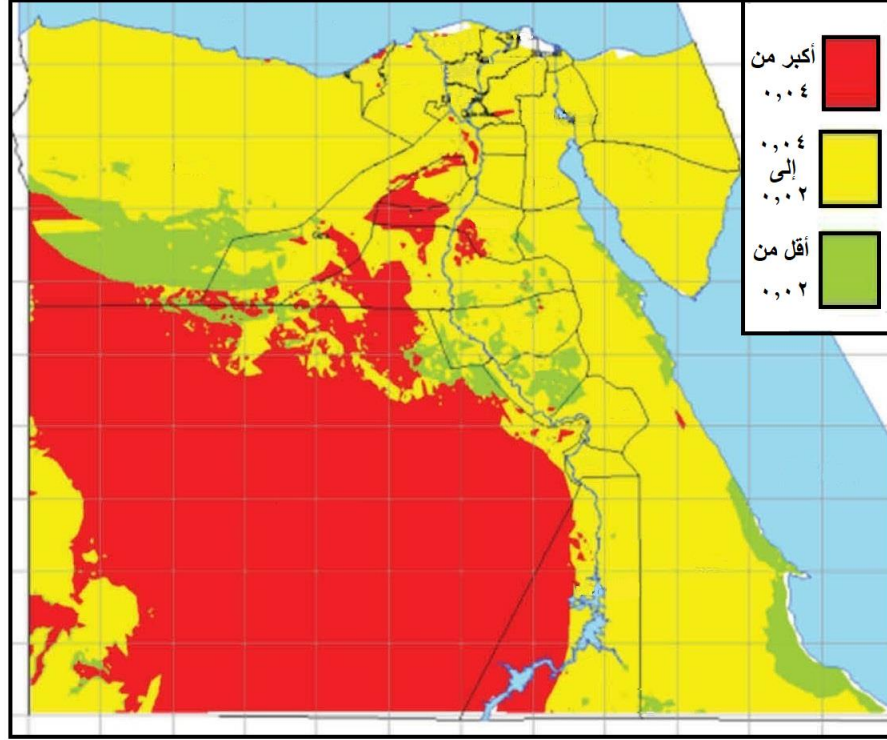
ولا يسمح الحجم المحدود لهذه الدراسة بمناقشة هذه الطرق لكثرتها، ويكفي القول إن طريقة هيئة صون التربة SCS قد وضعت أصلا لأحواض الصرف الصغيرة المساحة في الأراضي الرطبة، ثم جرى تعديلها لتقيس فواقد التسرب في الأراضي القاحلة في السعودية بناء على قياسات للجريان استمرت ٤ سنين في مناطق يسودها الهطول البقي (Walters, 1990). وأهم معلمات طريقة SCS هي رقم المنحنى CN وزمن التأخير أو زمن التركيز. وفي السنوات الأخيرة كان رقم المنحنى محل نقد، وقد خصص لذلك عدد خاص (المجلد ١٧ سنة ٢٠١٢) من مجلة الهندسة الهيدرولوجية التي تصدرها جمعية المهندسين الأمريكية، ولم يشمل هذا العدد الخاص شيئا عن تطبيق CN في الأراضي القاحلة لأنها لم توضع للأراضي القاحلة أصلا، لكن هذا العدد تضمن مقالا عن تطبيق CN في أودية الأراضي شبه القاحلة في أريزونا ونيومكسيكو (Stewart et al., 2012) حيث تم الحصول على أرقام المنحنى بعد رصد الهطول والجريان في ٣٠ حوضا، فأتضح أنه في ٢١ منها كان الرقم أعلى مما يوصي باتباعه أحدث دليل لوزارة الزراعة الأمريكية. وقد لا يعلم الكثير من مستخدمي برنامج HEC-RAS أن مبرمجه اضطرروا إلى ادخال تعديلات على رقم المنحنى لتلافي بعض عيوبه (Brunner et al., 2024). أما في أستراليا (ذات المساحات الواسعة من الأراضي القاحلة) فقد تخلت هيئة الهطول والجريان عن هذه الطريقة نهائيا ليحل محلها نموذج Regional Flood Model.

ولم يكن ممكنا اكتشاف عيوب رقم المنحنى إلا بعد الحصول على بيانات هيدرولوجية واستخدامها في معايرة النماذج، ونظرا لانعدام البيانات الهيدرولوجية عن أودية مصر فقد بقي باحثو السيول في مأمن من أن تتكشف عيوب دراساتهم، واستمر بعضهم يكيل المديح لطريقة CN باعتبارها "مناسبة" و"واسعة الانتشار"، ووصفتها دراسة عن وادي البارود بأنها "مما يدل على ارتفاع دقة نتائج نموذج SCS-CN وصلاحيته للاستخدام في دراسة السيول في مصر" (محمد إبراهيم، ٢٠١٩). والحقيقة أن باحثين اثنين فقط هما اللذان تمتعا بالقدرة على التشكيك في جدوى هذه الطريقة لمصر: فرنسكا توجل وأيمن جورج عوض الله، فقد قررت فرنسكا أن "الاتجاهات الحديثة في الهيدرولوجيا تجاوزت الصيغ التبسيطية المخلة مثل SCS-CN ومعامل الجريان، لتتجه إلى طرق ممثلة لما في الطبيعية physically-based مثل نموذج فيليب للتسرب، ونموذج Green-Ampt الذي جرى تنقيحه على مدى أكثر من مائة سنة، وهو الأكثر استخداما حاليا". وفي دراسة أولى لها (Tügel et al., 2020a) أخذت قياسات للتسرب ورطوبة التربة في وادي بيلي، وعند معايرة النموذج (بقياسات التصرف التي أخذت في الوادي) اتضح أن القيمة الأهم المطلوب تغييرها هي قيمة التوصيلية الهيدروليكية للتربة الطفالية الطينية clay loam والتي اتضح أنها ينبغي أن تكون $9,2 \times 10^{-6}$ م/ث، وهي (بالنسبة لهذا النوع من الرواسب) تعتبر قيمة خارج المدى الذي يأخذه الباحثون من "الوصفات" الأمريكية. وفي دراسة تالية (Tügel et al., 2022) انتهت القياسات ومعايرة نموذج لوادي بيلي إلى أن التربة

الرملية الجرداء ينبغي تخفيض قيمة التوصيلية الهيدروليكية لها بمقدار ٩٠ - ١٠٠% عما هو مستخدم حالياً.

أما دراسة أيمن عوض الله (Awadallah et al., 2016) فكانت من وجهة نظر مهندس تصميم منشآت الحماية. وقد سبق القول إن أهم معلمات طريقة SCS هي رقم المنحنى CN وزمن التأخير أو زمن التركيز، والمألوف أن مستخدمي هذه الطريقة يعتبرون رقم المنحنى والزمنين ثابتين، ومن ثم يصبح احتمال انهيار المنشأة هو نفسه احتمال الهطول التصميمي أو ذروة التصريف التصميمية (مثلاً احتمال ٠,٠١ لو كان الهطول ذا فترة رجوع مائة سنة)، أي أنهم يفترضون أن المصدر الوحيد للعشوائية هو تغاير الهطول، ولم يطرح التساؤل: ما احتمال الانهيار لو كان رقم المنحنى أو أحد الزمنين متغيراً عشوائياً؟ هذا ما أجابت عنه الدراسة (الشكل ٢٠)، ومنه يتضح أن منشآت الحماية من خطر السيول التي صممت في سيناء والصحراء الشرقية والساحل الشمالي بعمر افتراضي مائة عام، عمرها الافتراضي الفعلي يتراوح بين ٢٥ و ٥٠ سنة، عدا بعض الأودية التي تصب في البحر الأحمر أو وادي النيل فهذه يبلغ احتمال انهيارها أقل من ٠,٠٢ أي أنها يمكن أن تصمد أكثر من ٥٠ سنة ولكنها لن تبلغ مائة سنة.

والخلاصة أن تناقض نتائج كثير من الدراسات، أو لامعقولية النتائج، هي حقيقة لا شك فيها، فماذا يمكن أن يُوصى به لتجاوز هذا العيب؟ الحل الصحيح هو الشروع في قياسات وتجارب لوضع الصيغ الحسابية الملائمة لمصر، ومؤقتاً يمكن الاستفادة من الدراسات التي أجراها الصهاينة في صحراء النقب. والحل الصحيح



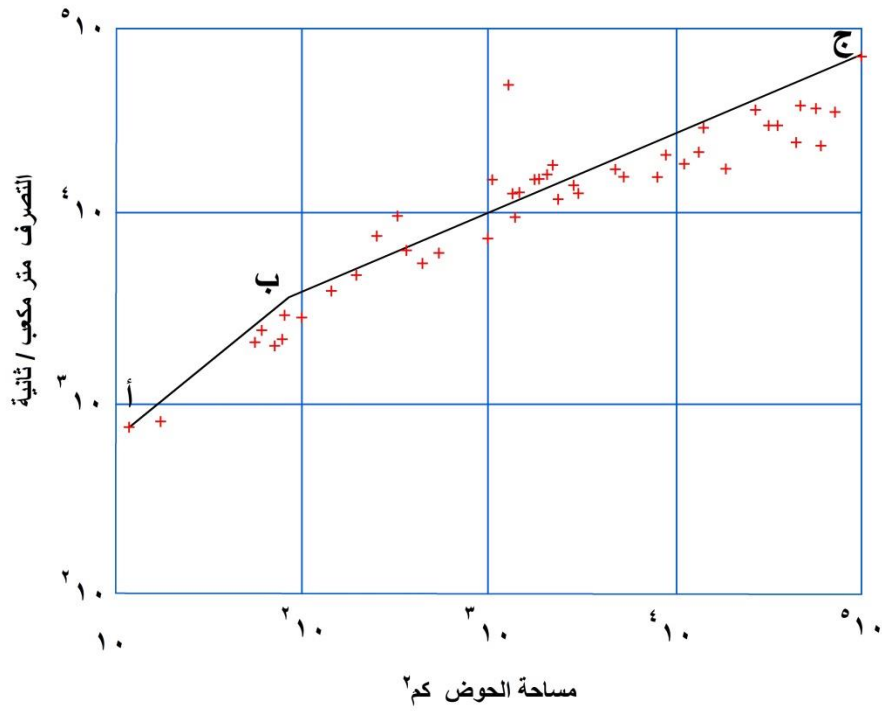
الشكل ٢٠ احتمال انهيار المنشآت المائية عندما تكون قيم رقم المنحنى عشوائية، مع تصميم يجعل احتمال الانهيار ٠,٠١ (أي فترة رجوع للهطول مقدارها مائة سنة) (بتصرف عن أيمن عوض الله 2016, Awadallah et al.)

المقترح يتطلب وقتاً وتمويلاً، وأهم من ذلك إرادة للعمل والتجويد، والإقلاع عن ثقافة الاستسهال بأن يأخذ الباحث الصيغ الأجنبية الجاهزة ومنتجات الاستشعار المجانية دون أن يحاول بذل مجهود. والتوصية السابقة ليست توصية عملية بطبيعة الحال، أما ما يمكن التوصية به مما هو قابل للتنفيذ فيتلخص في ثلاث نقاط:

(أ) يمكن تحسين نتائج دراسات السيول، والحيلولة بينها وبين الوقوع في اللامعقول، من خلال مزيد من الاطلاع، فمثلا في الدراسة التي حسبت سرعة الماء في وادي خرم الغويرب (٥٦٤ كم / س) [أي ١٥٦,٧ م / ث] كان يمكن مقارنة النتيجة بما هو معروف من أن أقصى سرعات مسجلة في محطات الرصد الهيدرومتري في جميع أنحاء العالم (Herschy, 2002) هي ٧ م / ث (يمكن أن تصل إلى ٨ م / ث بعد إجراء بعض التصحيحات)، وكان يمكن الرجوع إلى تقرير منظمة الفاو (FAO, 1970) عن دراسة الموارد المائية للساحل الشمالي، الذي درس ٢١٨ واديا، اختيرت ستة منها (في مناطق: رأس الحكمة، باجوش، القصر، أم الرخم، النجيلة، السلوم) لتمثل ظروفًا مختلفة من المساحة والانحدار والتوزيع الجغرافي، وأقيمت فيها محطات لرصد الهطول ورصد الجريان عند هدارات أنشئت خصيصا على هذه الأودية، وأضيف إلى بيانات الأرصاد هذه بيانات قديمة سبق أن سجلها معهد الصحراء، ومن كل ذلك استخرج واضعو التقرير معادلات تربط بين الهطول والجريان. وهذه المعادلات لم تستفد منها أية دراسة عن أودية الساحل الشمالي.

وفي الدراسة التي حسبت تصرفات وادي الجرافي بما يفوق تصرف نهر النيل عند الخرطوم كان يمكن الرجوع إلى الكتاب السنوي الهيدرولوجي لإسرائيل الذي يحوي سلسلة زمنية للجريان في وادي الجرافي عند مصبه في وادي عربة، وكذلك مقارنة نتائج الدراسة بالحقبة المعروفة من أن القيم القصوى للتصرف يجب ألا تتجاوز كثيرا المنحنى المغلف envelope curve (انظر الشكل ٢١) الذي وضعته الرابطة الدولية للعلوم الهيدرولوجية، بناء على بيانات محطات الرصد الهيدرومتري

لأشد ٥٠ فيضاناً وسيلاً، من أصل ١٥٠٠ فيضان وسيل تم قياسها في ١٢٠ دولة
(Herschy, 2002, 2004)



الشكل ٢١ العلاقة بين مساحة الحوض وحجم التصرف لأشد ٥٠ فيضاناً وسيلاً مسجلاً في العالم. النقاط الحمراء تمثل الأرصاد، ومنها تم توفيق المنحنى.
(بتصرف عن Herschy, 2004)

ومن الشكل تتضح حقيقة مهمة، هي ثبات العلاقة (خط مستقيم) بين التصرف الأقصى (ص) (بوحدته م^٣ / ث) ومساحة الحوض (ح) (بوحدته كم^٢)، وهذه العلاقة يحددها ميل الخط فيما بين النقطتين ب، ج، ومن هذا الميل اشتقت المعادلة ص = ٥٠٠ ح^{٠.٤٣} وهي صالحة للتطبيق على أي حوض تزيد مساحته عن مائة كم^٢،

وصولاً إلى أكبر حوض في العالم (الأمزون)، واقتصر المحور السيني في الشكل السابق على مساحة مائة ألف كم^٢ لأنه ليس في مصر أودية تزيد مساحتها على ذلك. أما الأحواض ذات المساحة الأقل من مائة كم^٢ فيمثلها الخط الواقع بين النقطتين أ، ب، وتتحدد العلاقة بين المساحة وأقصى تصرف لها من المعادلة ص = ١٠٠ ح^{٠.٨}

(ب) يمكن تحسين النموذج بتحسين مدخلاته لأنه ليست كل عيوب النتائج راجعة إلى الصيغ الحسابية وحدها، فمن العيوب الشائعة مثلاً في الدراسات التي أخذت بالنمذجة الهيدرولوجية افتراض أن الهطول سيغطي مساحة الحوض بالكامل، مع عدم تسويق هذا الافتراض، وقليل من الدراسات هي التي قدمت المسوغ، مثلاً في دراسة عن أودية قرب مطروح كان المسوغ مقبولا: "صغر مساحات تلك الأحواض من جانب، وانتظام أمطار منطقة مرسى مطروح إلى حد كبير من جانب آخر" (حمدينه العوضي، ٢٠١٩)، لكنه ليس مقبولا بالتأكيد في الأحواض المتوسطة والكبيرة المساحة. وقد حلت إيمان غنيم (Ghoneim & Foody, 2013) هذه المشكلة بدراسة تأثير تغيير موقع العاصفة المطيرة على شكل الهيدروجراف، من خلال تشغيل النموذج بخمس خلايا مساحة كل منها ٥,٥ كم^٢ في أماكن مختلفة من الحوض، وهو حل بسيط وغير مكلف لا نجده في أية دراسة أخرى.

ومما يلفت الانتباه أن معظم الدراسات التي اعتمدت على بيانات محطات الأرصاد اكتفت ببيانات ثلاثين سنة لإنشاء سلسلة زمنية طولها ١٠٠ سنة بأسلوب الاستكمال، مع أنه تتوافر لبعض النقاط في مصر أرصاد لفترات طويلة، فمثلاً على

ساحل البحر المتوسط: مرسى مطروح من ١٩٠٧ والعريش من ١٩٠٧ وسيدى براني من ١٩١٠ والضبعة من ١٩١٠ والسلوم من ١٩٢١ وفوكه من ١٩٣٤، وفي سيناء: نخل ١٩٠٧ والطور ١٩٢٠ والتند ١٩٢١ والكنة ١٩٣٢ وكترينة ١٩٣٤ وبئر الحسنة ١٩٣٨ والقصيمة ١٩٣٩ وأبوعجيلة ١٩٤٠ ورأس النقب ١٩٤١، وعلى ساحل البحر الأحمر: الغردقة ١٩٢٧ والقصور ١٩٢٧ (Sutton, 1949)، وليس في محطات سيناء فجوات تسجيل في فترة الاحتلال كما يذكر الأطلس المناخي لمصر (الهيئة العامة للأرصاد الجوية، ١٩٩٦)، فهذه البيانات موجودة في مصادر إسرائيلية لم يكلف أحد نفسه عناء البحث فيها. ومن المثير للاستغراب أنه لم تستعن أية دراسة بالتقرير المتيورولوجي وتقارير الطقس اليومية والشهرية التي نشرتها مصلحة المساحة المصرية ثم مصلحة الطبيعيات ثم هيئة الأرصاد الجوية، بانتظام من ١٨٩٩ حتى ١٩٨٠، وتحتوي هذه التقارير بيانات مهمة عن طقس ومناخ مصر وفلسطين والسودان وجزيرتي كريت وقبرص، وفي الشكل ٢٢ مثال عليها. بل لم تكلف أية دراسة نفسها الرجوع إلى الملخصات الواردة في سلسلة المعدلات المناخية منذ إصدارها الأول سنة ١٩٢٢ (Physical Department, 1922) ومرورا بإصدارات ١٩٣٨ و ١٩٥٠ و ١٩٦٨. واستعانت بعض الدراسات بإصداري ١٩٧٩ و ٢٠١١.

ومعلوم للجميع مقدار **التكلفة الباهظة** التي تصل إلى عشرات آلاف الجنيهات التي تفرضها هيئة الأرصاد الجوية على بيانات قليلة تتطلبها دراسة واحدة، وهذا سبب جوهري لكثير من عيوب المدخلات في دراسات السيول، فمثلا في دراسة نهلة مراد

Rainfall Stations in Egypt (continued)

MONTH.	EL 'ARISH.			EL-THEMED.		
	Total.	Maximum in one day.	Days with 1mm. or over.	Total.	Maximum in one day.	Days with 1mm. or over.
	mms.	mms.		mms.	mms.	
1934						
January	40.0	30.0	6	0.0	0.0	0
February	5.0	5.0	1	0.0	0.0	0
March	1.0	1.0	1	0.0	0.0	0
April	7.5	7.5	1	0.0	0.0	0
May	12.0	12.0	1	0.0	0.0	0
June	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0
July	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0
August	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0
September	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0
October	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0
November	3.5	3.5	1	0.0	0.0	0
December	8.5	4.0	3	2.0	2.0	1
TOTAL	77.5	—	14	2.0	—	1

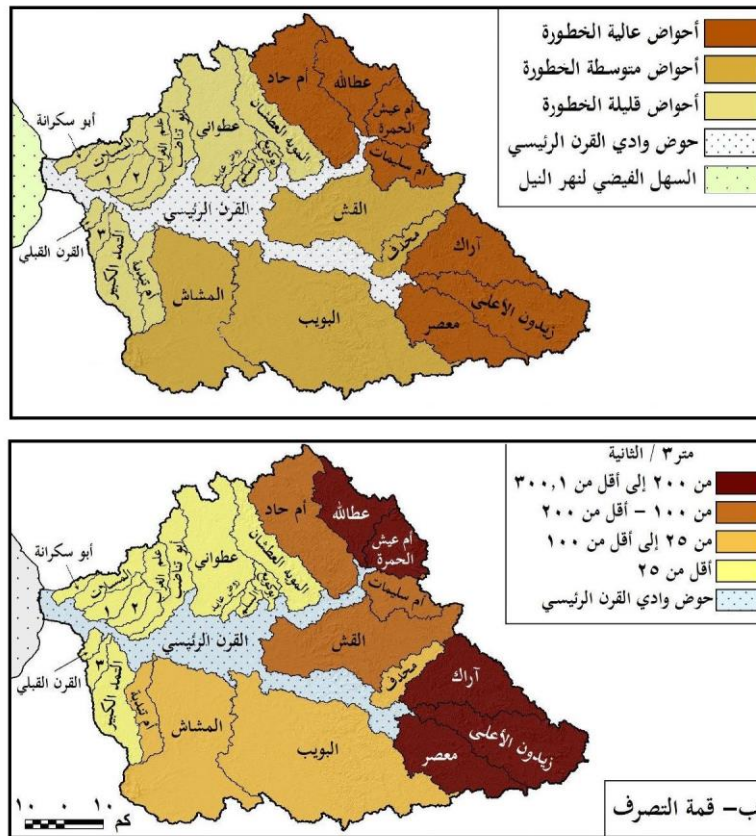
الشكل ٢٢ بيانات الهطول الشهرية لمحطتي العريش والتمد. عن التقرير
المتيورولوجي لسنة ١٩٣٤ الذي كانت تصدره مصلحة الطبيعيات

(Morad et al., 2020) عن سيول وادي دجلة والحلازوني استخدمت بيانات الهطول الشهري، لا بيانات حدث الهطول المسبب للسيول، دون تحقق مما إذا كان هذا الشهر قد شهد عاصفة مطيرة واحدة. لكن دراسات أخرى لم يكن لها عذر فيما استخدمت من بيانات، ففي دراسة عن سيول منطقة ساحلية تبعد ٧,٥ كم شمال الجونة (Abd-Elhamid et al., 2018) (منسوب صفر، ٣٨ كم شمال محطة أرصاد الغردقة) استخدم الباحثون بيانات هطول محطة كترينة (الواقعة على منسوب ١٣٣١ م) باعتبارها أقرب محطة لأنها تبعد ٨٥ كم فقط ! وتجاهلوا وجود محطة الغردقة التي تتوافر لها بيانات منذ سنة ١٩٢٧، كما تجاهلوا تأثير فرق المناسيب. وفي دراسة عن سيول مدينة أسوان (Abd-Elaty et al., 2023) اعتمد الباحثون على بيانات أرصاد محطة الأقصر، مع أن محطة أسوان لها تسجيل متواصل منذ سنة ١٩٠١. وفي دراسة عن وادي سدر (Abdel-Lattif & Sherief, 2012) لم يطلع الباحثان على سجل قياسات الهطول والجريان في وادي سدر منذ ١٩٨٩ التي أنجزها معهد بحوث الموارد المائية (El-sayed & Habib, 2008)، وبدلاً من ذلك استخدمنا طريقة الشامي !

(ج) من الهيدرولوجي إلى الهيدروليكي إذا كانت دراسة السيول ستركز فقط على الخطر فإنه يكفيها استخدام نموذج هيدروليكي، وإذا كانت دراسة أعم تشمل جوانب أخرى فإنه يلزمها الهيدروليكي إلى جانب الهيدرولوجي، فلماذا استخدمت النمذجة الهيدرولوجية في ٩٠ دراسة بينما اقتصر استخدام النمذجة الهيدروليكية على ١٢ دراسة (الملحق ١) ؟ الإجابة إنه التقليد، يدل على ذلك أن كثيراً من الدراسات

تكاد تكون صورة طبق الأصل بعضها من بعض، لا تختلف إلا في الإتيان ببيانات منطقة الدراسة مع استخدام الجداول نفسها، والأشكال نفسها، وترتيب الموضوعات نفسها، وقوائم المراجع القليلة نفسها.

في بعض الدراسات لم ينتج عن النمذجة الهيدرولوجية تصنيف لدرجة الخطر وذروة التصرف للمجرى الرئيس، ويبين الشكل ٢٣ نموذجا لذلك، ولم تقدم الدراسة



الشكل ٢٣ نموذج لمخرجات نموذج هيدرولوجي شبه موزع
(بتصرف عن محمد إبراهيم ومها كمال، ٢٠٢١)

تفسيرا لذلك، مع أن أحد الأسئلة البحثية للدراسة كان يتعلق بقدرة هذه النمذجة على التعبير عن الجريان. وفي دراسة عن وادي العريش (Khalifa et al., 2023) مثال مشابه حيث ترك المجرى الرئيس دون تصنيف. وإذا كانت النمذجة الهيدرولوجية غير قادرة على تحديد درجة الخطر في أهم جزء من الوادي حيث يتركز السكان فما فائدتها إذن لدراسة الخطر؟ يطرح هذا السؤال سؤالاً جديداً: كيف ينبغي قياس خطر السيول؟ وإلى أي حد نجحت الدراسات عن سيول مصر في قياسه؟

٣ - كيف ينبغي قياس خطر السيول

لم يكن عدم تصنيف المجرى الرئيس لوادي القرن هو العيب الوحيد لخريطة الخطر الموضحة في الشكل ٢٣، فما هو أهم من ذلك: (١) أن هذا النوع من الخرائط يعتمد طريقة تصنيف نسبية، أي ينسب أحواض الروافد بعضها إلى بعض، ما يجعل هذه الخرائط عديمة القيمة، لأنه لو وسعت منطقة الدراسة (بضم حوض متاخم لحوض وادي القرن، مثلاً) لتغيرت خريطة الخطر بالتأكيد، (٢) أن مخرجات النموذج الهيدرولوجي (من سرعة وتصرف .. إلخ) تتعلق بنقطة المصب في حين أنها ترسم كمساحة تشمل الحوض الفرعي كله. وقد تصدت دراسة أحمد صابر وأميرة البنا (٢٠١٣) لنقد العيب الأول، وتصدت دراسة أحمد عادل صالح (Saleh, 2022) الباحث بمعهد بحوث الموارد المائية لنقد العيب الثاني، وقد وصفت هذه الدراسة خرائط أطالس السيول بأنها "غير واقعية" لأنها تجعل جميع الروافد داخل الحوض الفرعي الواحد على نفس الدرجة من الخطورة. ورغم هذه العيوب تستحوذ هذه النوعية من الخرائط على نحو ٧٤ % من خرائط الخطر المنشورة، وفي ١٢ %

أخرى من الدراسات توضع نقاط عند تقاطع الأودية مع الطرق وتقدم باعتبارها توصيات الدراسة ! وتوضح هاتان النسبتان أن أكثر دراسات خطر السيول لا فائدة منها لأنها لم تنتج خرائط خطر حقيقية.

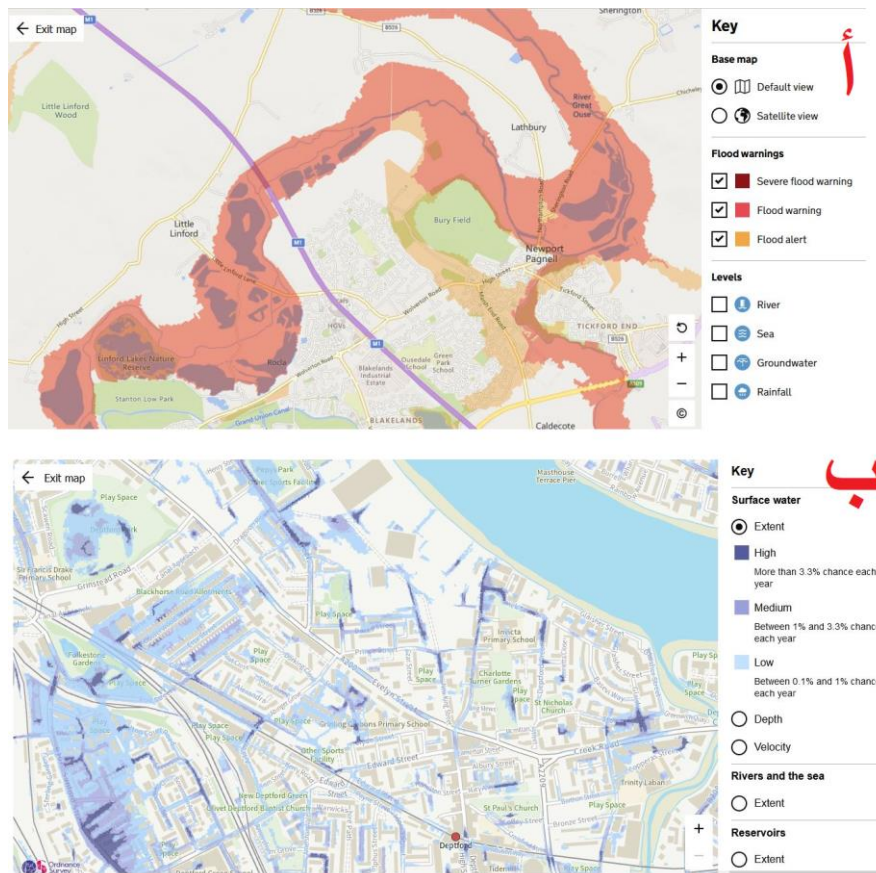
لماذا إذن سادت هذه الطرق للتعبير عن الخطر. الإجابة مرة أخرى: إنه التقليد، تقليد الطريقة التي بدأ بها رواد دراسة السيول في تمثيل الخطر على خرائط ، وهناك سبب آخر هو الخلط التام لدى كثير من باحثي السيول بين المفاهيم المتعلقة بالأخطار الطبيعية، لدرجة أن بعض الدراسات تنتج خرائط وتضع لها عنوانا على غرار خريطة خطر مخاطر السيول Flood hazard risk map (مثلا Omran et al., 2011, Arnous et al., 2022). وهنا ينبغي التوقف قليلا لتعريف ثلاثة مفاهيم تُبنى عليها خرائط خطر ومخاطر السيول (والتعريفات مأخوذة عن أمانة الأمم المتحدة، ٢٠٠٩): (١) الخطر hazard هو ظاهرة أو مادة أو نشاط بشري أو ظروف خطيرة يمكن أن تؤدي إلى خسارة في الأرواح أو إصابات أو آثار صحية أخرى أو ضرر بالملكات أو خسارة في وسائل المعيشة والخدمات أو خلل اقتصادي واجتماعي أو ضرر بيئي، (٢) المخاطرة risk (جمعها مخاطر) هي حصة احتمالية وقوع الحدث والعواقب السلبية المصاحبة له، بمعنى أنه إذا رسم الاحتمال على أحد محوري الإحداثيات، ورسم مقدار الضرر (التأثير) على المحور الآخر، فإن كل خلية في المصفوفة ستعبر عن درجة معينة من المخاطرة، (٣) قابلية التضرر vulnerability هي سمات وظروف المجتمع أو المنظومة أو الممتلكات التي تجعلها سهلة التأثر بالأخطار. وتنشأ قابلية التضرر عن عوامل فيزيائية

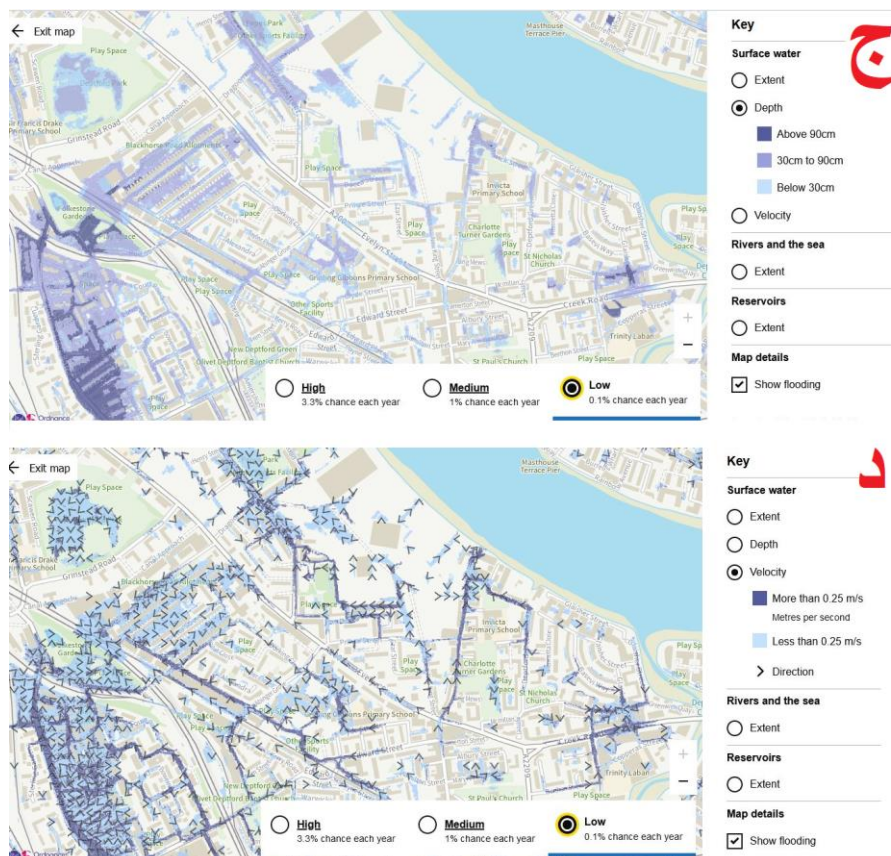
واجتماعية واقتصادية وبيئية مختلفة، فمثلا سوء تصميم المباني يجعلها أكثر قابلية للتضرر إذا وقع السيل.

وبناء على التعريفات السابقة وضعت تقاليد إنشاء الخرائط ، والتي لا تختلف كثيرا في أكثر البلدان تقدما في إنتاجها (بلدان أوروبا، الولايات المتحدة، أستراليا، اليابان). ويكفي هنا العرض للتجربة الأوروبية، فبعد الفيضانات الكارثية في أوروبا في نوفمبر ٢٠٠٢ شكلت سنة ٢٠٠٦ لجنة من خبراء الخرائط من ٢٤ دولة لإعداد "دليل التطبيق الجيد لإنشاء خرائط الفيضان في أوروبا" (EXCIMAP, 2007a)، وكملاحق لهذا الدليل صدر أطلس يضم نماذج لخرائط الخطر والمخاطر التي تنتج في ١٩ دولة (في أوروبا والولايات المتحدة واليابان) (EXCIMAP, 2007b)، وإن كانت بعض الدول التي تمتلك خرائط لمخاطر الفيضان تفضل عدم نشرها، لأنها قد تسبب اضطرابا في سوق العقارات عندما يتبين - مثلا - أن بعض العقارات معرض للخطر أكثر من غيره، وقد أظهرت دراسة عن تحفظ كندا في نشر الخرائط (Lyle et al., 2024) أن مزايا نشرها تفوق الفوائد المرجوة من عدم النشر.

وخرائط الخطر نوعان: (١) أنية، أهمها خرائط الإنذار (الشكل ٢٤ أ)، و(٢) خرائط الخطر على المدى الطويل، وهذه الأخيرة ترسم وفق ثلاثة سيناريوهات: (أ) الفيضانات ذات الاحتمال الضئيل، أي تلك الناشئة عن أحداث الطقس المتطرف، (ب) الاحتمال المتوسط ، حيث تكون فترة تكرار الفيضان مائة سنة أو أكثر، (ج) الاحتمال الكبير. ويشمل كل سيناريو ثلاث خرائط : المساحة التي سيغمرها الماء (الشكل ٢٤ ب)، عمق الماء (الشكل ٢٤ ج)، سرعة الجريان (الشكل ٢٤ د).

وتلخص الفقرات التالية ما ورد في "دليل التطبيق الجيد لإنشاء خرائط الفيضان في أوروبا"، وما ورد في مقالة بعض أعضاء اللجنة، منشورة في المجلة الدولية لإدارة مخاطر الفيضان (Van Alphen et al., 2009). ودائما ما يكون البدء بخرائط المساحات التي سيغمرها الماء، وهي المنطقة التي يمكن أن يغطيها الماء بمعلومية منسوب سطح مياه الفيضان، مع تجاهل وجود الجسور الواقية، لأنها يمكن أن تنهار. وهذه الخريطة تتميز منطقة الدراسة إلى منطقتين: منطقة يمكن أن يغمرها الماء، ومنطقة ستبقى جافة دائما. وبعد ذلك لا ترسم خرائط إلا للمساحات التي ستغمر. أما خرائط الإنذار فتبين التغير في خصائص الجريان أفقيا ورأسيا في الساعات التالية، (١) أفقيا ببيان اتجاهات انتشار الماء، ويستفاد من ذلك في تحديد الطرق التي سيغمرها الماء فلن تكون صالحة للاستخدام وقت إخلاء السكان المهددين، و(٢) رأسيا ببيان التغير في أعماق الماء، ويستفاد منها أن يقرر صاحب المنزل هل يمكنه اللجوء إلى الدور العلوي أم أن عليه أن يغادر المنزل فورا، كما تبين الزمن المتبقي للإخلاء. وفي هولندا توضع خطط الإخلاء بناء على معطيات هذه الخرائط. أما خرائط عمق الماء فهي ناتج نموذج المحاكاة، لكن الأمر يتطلب تشغيل النموذج لعدة حالات، في كل مرة يتم تغيير مكان قطع الجسر الواقية، وأبعاد القطع (العرض والارتفاع)، وحجم التصرف الداخل إلى المنطقة المهددة، وعند اختيار سيناريو القطع يتم اختيار السيناريو الذي يسبب الضرر الأكبر عدد من السكان أو أهم قطاع للنشاط الاقتصادي، ثم تجمع كل الخرائط الناتجة في خريطة واحدة تمثل أسوأ الحالات مجتمعة، أي يؤخذ عند كل نقطة أكبر عمق أنتجه نموذج المحاكاة.



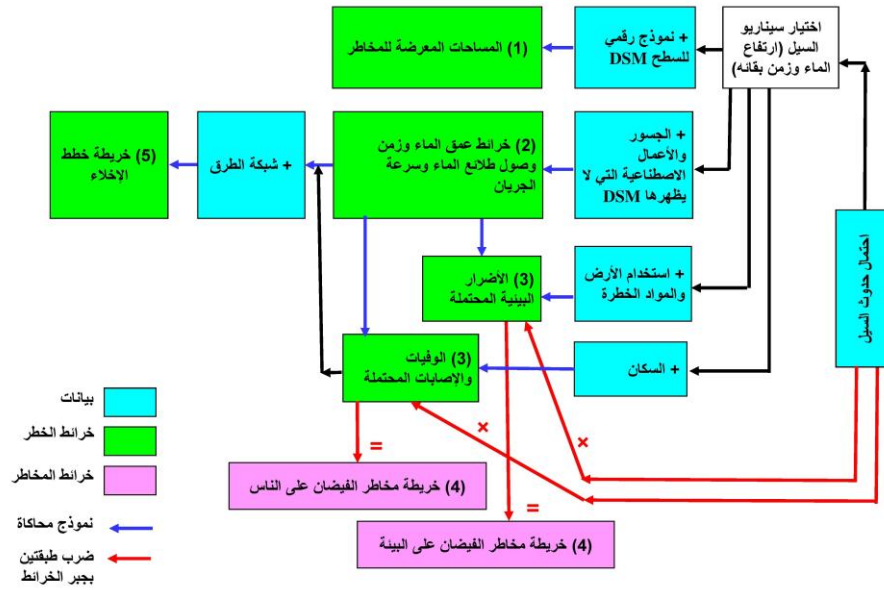


الشكل ٢٤ نموذج لخرائط خطر الفيضان التي تنتجها وكالة البيئة في بريطانيا: (أ) خريطة الإنذار، (ب) المساحة التي سيغمرها الماء، (ج) عمق الماء، (د) سرعة الجريان (عن موقع الوكالة <https://check-long-term-flood-risk.service.gov.uk/map#>)

وقد تميزت هولندا واليابان في إنتاج هذا النوع من الخرائط ، وخاصة هولندا ذات الأحواض المحاطة بجسور polders والشديدة الحساسية لأي قطع في الجسور. ومن دراسات أجريت في اليابان اتضح أن الأفراد الذين اعتادوا قراءة هذا النوع من الخرائط يسارعون من تلقاء أنفسهم بتنفيذ عملية الإخلاء.

أما **خرائط المخاطر** فتكتسب أهميتها من الاتجاه الحديث في التحول من إدارة الخطر إلى إدارة المخاطر (de Moel et al., 2009)، وهذه الخرائط توضح عواقب الفيضان لكل حالة من حالات خرائط الخطر: (١) عدد السكان الذين سيتأثرون، (٢) النشاط الاقتصادي الذي سيتأثر، (٣) المنشآت التي لو تضررت لسببت خطراً من نوع آخر (مثال درنكة)، (٤) معلومات أخرى ذات فائدة، مثل التلوث الذي قد ينتج لو تأثر مصدر هذا التلوث بالفيضان، والمحميات التي قد تتضرر، وتأثير الرواسب التي سيجرفها الماء. ويستفاد من هذه الخرائط في مرحلة لاحقة من عملية إدارة الخطر والمخاطر. ويخرج ذلك عن نطاق هذه الدراسة، وتشمل الإدارة - ضمن ما تشمل - تحديد المناطق الآمنة لسرعة اللجوء إليها، اختيار مواد البناء المناسبة والتصميم المعماري المناسب، تصميم وتحديد مواقع نظم الإنذار المبكر، إنشاء السدود على طول مجرى الوادي لحصر الماء داخل المجرى، أو إنشاء العوائق للتقليل من سرعة الجريان. وعلى مستوى صناع القرار يقررون كيفية التعامل مع المخاطر: إما بقبولها أو التخفيف من حدتها أو مواجهتها.

ويبين الشكل ٢٥ خريطة المسار لإنشاء خرائط الخطر والمخاطر.



الشكل ٢٥ خريطة المسار لإنشاء خرائط الخطر والمخاطر (عن van Alphen et al., 2009 بتصرف كبير)

والسؤال الذي يطرح نفسه الآن: ماذا قدمت دراسات سيول مصر من خرائط الخطر؟ وما مستوى تقدمها بالمقارنة بمستوى ما هو سائد في الدول التي تملك نظاما كفاءة لإدارة أخطار الفيضان؟ الإجابة أن خرائط الخطر المطابقة للمعايير تعد على أصابع اليد الواحدة، وأن الخرائط التي تبدو ظاهريا كأنها مطابقة للمعايير لا تخلو من عيوب خطيرة، ومن هذه الفئة الأخيرة خريطة علاء مسعود لمدينة سفاجا (Masoud, 2004) وكانت أول خريطة من نوعها تظهر المساحات التي سيغمرها

الماء (بأعماق مختلفة)، ومنها مساحة سيزيد عمق الماء فيها على ٤,٥ م، وقال الباحث إن لقاءاته مع أهالي سفاجا أوضحت أن عمق الماء من سيل سابق وصل إلى ٤ م. ويشكك في مصداقية هذه الخريطة أن النطاقات فيها جاءت على شكل حلقات موحدة المركز concentric وهو ما لا يمكن أن يكون ناتجا عن أي نموذج هيدرولوجي أو هيدروليكي، لأن شكل الحلقات يتنافي مع المظاهر الطبوغرافية التفصيلية ومع مخطط المدينة. ومن هذه النوعية أيضا خريطة عمق مياه سيول أبريل ٢٠١٨ في التجمع الخامس على مستوى الشوارع (Wahba et al., 2022) لكن ما يثير الشكوك في هذه النتائج أن خريطة عمق الهطول (ص ٨) المستخدمة كمدخلات في النموذج احتوت على خمس فئات، أدناها فئة صفر - ١٠٠ مم وأعلىها فئة ٧١٠ - ٩٠٠ مم، وهو ما لا يمكن قبوله فلم يحدث في تاريخ الرصد الجوي في مصر، ولا يتصور، أن يشهد أي مكان هطولا مقداره ٩٠٠ مم.

أما أطالس السيول، التي هي في جوهرها عمل كارتوجرافي، فتعرض لنوعين من الخرائط لكل حوض: (١) خريطة درجة المخاطر (وتسمى في بعض الخرائط درجة الخطورة، وفي خرائط أخرى تم الجمع بين التسميتين!) [والمقصود من ذلك الخطر]، وهذه خرائط يتكون دليلها من فئات من نوعية قليل الخطورة ومتوسط الخطورة (انظر الشكل ٢ في مقدمة هذه الدراسة)، ويدخل في إنشائها أقصى كمية مطر سقطت في يوم واحد ومساحة الحوض والانحدار العام وكثافة الشبكة ورقم المنحنى (من استخدام الأرض ونوع التربة)، ولكل منها أوزان يخرج تفصيلها عن هذه الدراسة، وهذه رواية رضوى بكر (Bakr et al., 2022)، أما رواية الأطلس نفسه

فتذكر "تم تحديد درجة المخاطر من السيول باستخدام ثلاثة معاملات هيدرولوجية، وهي درجة الميل في سطح الأرض [المقصود الانحدار العام] والتصنيف الصخري وعمق المطر لعاصفة الزمن التكراري ١٠٠ عام، (٢) خريطة شدة السيل للأفرع الرئيسية [والمقصود بالأفرع الروافد] وعرفت شدة السيل بأنها حاصل ضرب سرعة السيل في عمق المياه "عند مخارج [المقصود مصبات] الأفرع [المقصود الروافد] الرئيسية للوادي". وليس في هذه الأطالس من حسنة إلا اعتماد صيغة: السرعة × العمق مقياسا للخطر [يسمونه الشدة]، أما ما سوى ذلك فأخطاء فادحة، وقد تصدت دراسة أحمد عادل صالح (Saleh, 2022) لنقد "خرائط درجة المخاطر" التي ساوت بين كل رتب الروافد في الحوض الفرعي الواحد في درجة المخاطر، وهو ما يجعل هذه الخرائط بلا قيمة، أما خرائط شدة السيل - بحسب تعريف الأطالس - فهي مبنية على حساب الخطر عند نقطة، لكن واضعي الأطالس أعطوا الرافد كله درجة الشدة [المقصود الخطر] التي كان ينبغي أن تعطى لنقطة المصب فقط . ومن ذلك يتبين أن خرائط أطالس السيول لا ينبغي أخذها مأخذ الجد.

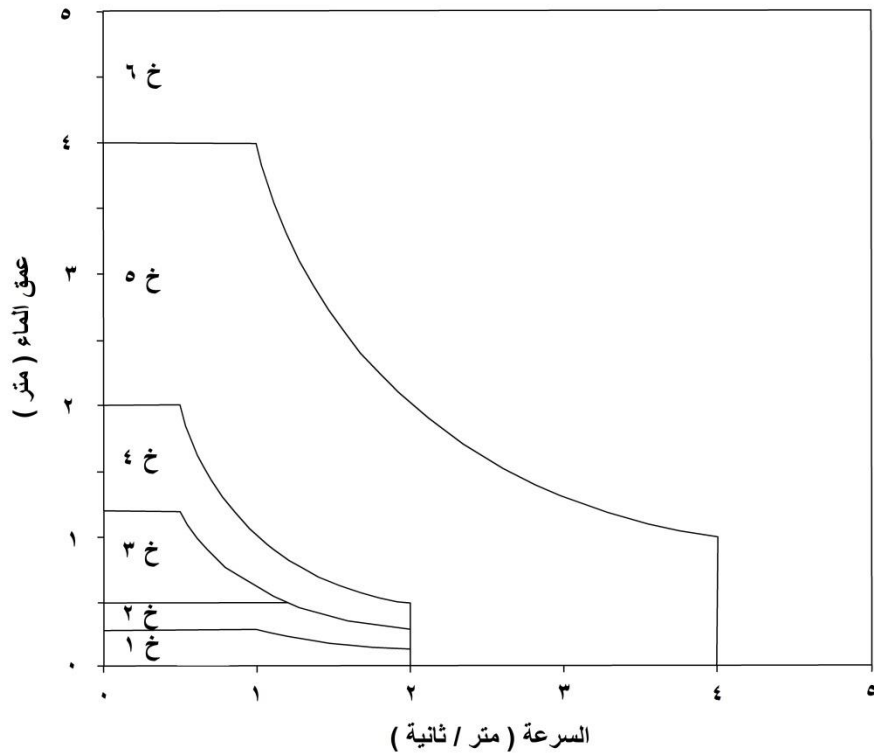
وفي غمار هذه النتائج المؤسفة تبرز أمثلة قليلة جدا من خرائط تفي بمعايير قياس الخطر والمخاطر، وإن كانت تفتقد الكثير من قواعد الكارتوجرافيا، ومن ذلك خريطة أحمد صالح (Saleh, 2017b) عن وادي أبو صبيرة، وخريطة أحمد ماهر (Maher et al., 2023) عن مدينة رأس سدر. أما خرائط المخاطر (نواتج الضرب الجبري لخريطة الخطر × خريطة قابلية التضرر) فلم يتميز فيها إلا مهندسو التخطيط العمراني، وتميز كريم عبد ربه بشمول طريقته التي جمعت بين خرائط

الخطر حالياً ومستقبلاً، وخرائط قابلية التضرر (بجوانبها الثلاثة المادية والاجتماعية والاقتصادية) حالياً ومستقبلاً، واستخدم طبقات لعدد الأدوار وحالة المباني وكثافة السكان وأسعار الأراضي (Abdrabo et al., 2020)، وفي خرائط قابلية التضرر للاسكندرية (Abdrabo et al., 2023) لم يكن الأمر يتعلق بالسيول بقدر ما يتعلق بما يسمى "فيضانات الحضر"، التي يمكن أن تشمل تسونامي أو فيض الماء نتيجة عجز شبكة الصرف الصحي عن التصريف كما حدث سنة ٢٠١٥ وبعدها. وأنتج محمود مبروك (Mabrouk et al., 2023) خرائط أخرى للاسكندرية وإن كانت بحاجة إلى تحسين كثير في الشق الخاص بخرائط الخطر.

وما يمكن استخلاصه الآن أنه ينبغي لباحثي السيول أن يأخذوا أمر خرائط الخطر مأخذ الجد، وأن يكفوا عن تقديم الخرائط من نوعية متوسط الخطورة وقليل الخطورة، وأن يتبنوا منهجاً كمياً مبنياً على التجريب لا على الظنون المبنية على المعلومات المورفومترية، ويمكن الاستفادة من مقالة أندريا مارانتسوني (Maranzoni et al., 2023) التي أحصت ٧٢ طريقة كمية لحساب خطر الفيضان، منها ١٨ اعتمدت على السرعة والعمق فقط، و ١٤ العمق فقط، و ٩ العمق والسرعة وفترة الرجوع، و ٥ العمق وفترة الرجوع، و ٤ السرعة والعمق ومدة بقاء الماء، و ٢ السرعة والعمق وخصائص جسم الانسان، و ٢ السرعة والعمق والمجروفات التي جلبها السيل، و ١٨ طريقة أخرى معظمها يشمل السرعة والعمق أحدهما أو كلاهما.

في كل الطرق التي أحصاها هذا المقال كانت السرعة والعمق هي أكثر القواسم المشتركة لقياس الخطر، وهذا هو ما استقرت عليه هيئة الهطول والجريان في

أستراليا، وهي أقرب الهيئات الأجنبية المسؤولة عن بيانات يشبه بعضها ظروف مصر،. ويتميز الدليل الأسترالي، الصادر في طبعته الأخيرة (٢٠١٩) في تسعة أجزاء بعنوان EstimationA Guide to Flood بأنه نتاج خبرة طويلة من التجريب والتفتيح، إذا صدر الدليل في طبعته الأولى سنة ١٩٥٨. ويبين الشكل ٢٦ درجات الخطر المعمول بها في أستراليا.



الشكل ٢٦ درجات خطر السيول (خ ١ إلى خ ٦) الناتجة من حاصل ضرب السرعة × العمق (معرية عن Smith et al., 2014) ولشرح خصائص كل نطاق انظر الدليل الأسترالي.

كما يمكن أن يحسب الخطر = احتمال السيل × عمق الماء × سرعة الجريان، وهذه الصيغة هي المستخدمة في سويسرا، وهي التي يسترشد بها واضعو القوانين واللوائح (van Alphen et al., 2009)

أما مبادئ إنشاء خرائط المساحات التي سيغطيها الماء فيمكن الاسترشاد برسالة محمد حمودة (Hamouda, 2024) أو مقال يلخصها (Hamouda et al., 2024)، وخرائط قابلية التعرض يمكن الاسترشاد بمقال (Panigrahi & Sharma, 2024)

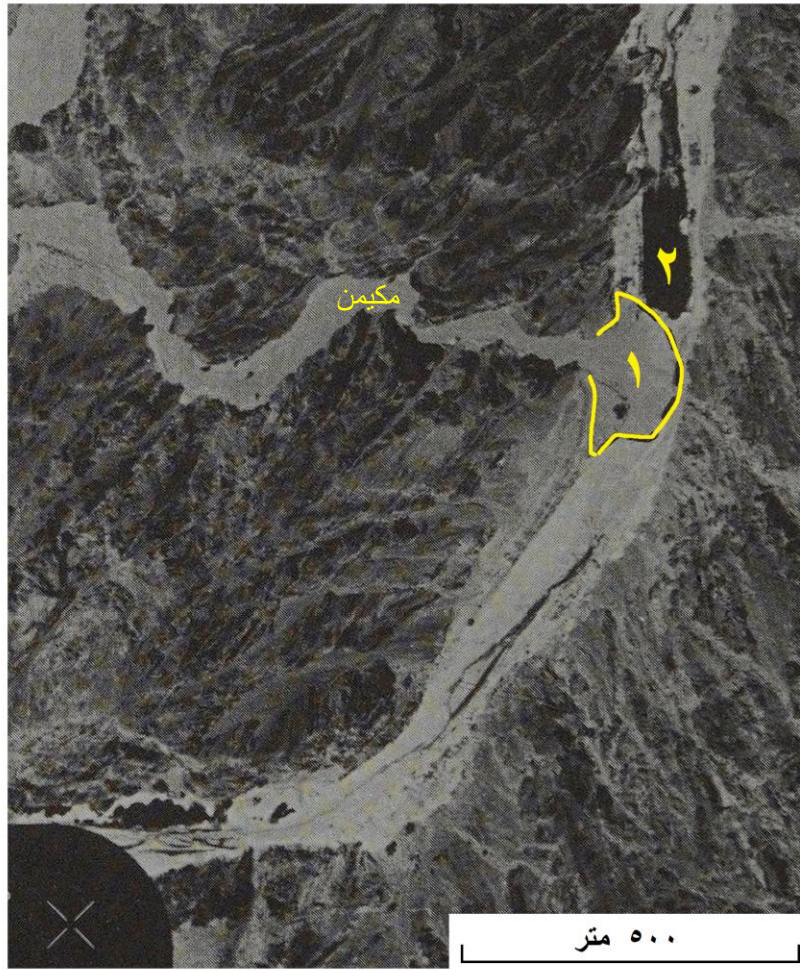
وهناك اتجاهات حديثة توصي بإضافة حمولة السيل من المجروفات والرواسب عند حساب الخطر، وتستشهد بأمثلة شائعة، لكن ذلك ما زال ترفاً بالنسبة لظروف الباحثين في سيول مصر، وإن كان هشام عبد المنصف (Abd-El Monsef, 2018) قد طبق ذلك، ففي قياسه الخطر اعتمد معلمتين فقط: ذروة التصرف (م^٣ / ث) والمنقول من الرواسب (طن / ثانية)، وجعل وزن الأخير ضعف وزن الأول، قائلاً إن الرواسب المنقولة تزيد من الأثر التدميري.

ومما لا يزال ترفاً بعيد المنال التأنيق في إخراج الخرائط، مثل استخدام الخرائط المائلة ذات البعدين ونصف البعد 2.5D لزيادة سرعة إدراك المخاطر وسرعة صنع القرار (Kuster et al., 2023).

٤ - الافتقاد إلى الخيال الواسع

يبين الشكل ٢٧ جزءاً من صورة جوية يظهر فيها مصب وادي مكيم في المجرى الرئيس لوادي وتير غداة سيل ١٩٧١، حيث جلب السيل مقدارا كبيرا من

الرواسب فتكونت مروحة (رقم ١ في الشكل) سدت المجرى الرئيس لوادي وتير، فتكونت بحيرة أمام المروحة (رقم ٢ في الشكل). وقد استطاعت الباحثة تتبع آثار مراوح مماثلة سابقة، وجدها كمصاطب أعلى منسوب مروحة ١٩٧١،



الشكل ٢٧ جزء من صورة جوية يبين مصب وادي مكيمن في المجرى الرئيس
لوادي وتير غداة سيل ١٩٧١ (بتصرف عن Schick & Lekach, 1987)

ووجدت نظائر لها في أودية أخرى في جنوب سيناء.

يظهر هذا المثال، كما يظهر سيناريو سيل درنكة المذكور في مقدمة هذه الدراسة، أن آثار السيول ليست بالبساطة التي أظهرتها كل الدراسات التي لجأت إلى النمذجة، والتي تبسط الأمور تبسيطاً مفرطاً وكأن السيل جريان لمياه صافية لا تحمل جلاميد، ولا تُراكم الرواسب لتسد البرابح، ولا تقتلع أجزاء من الطرق لتتحول إلى حواجز تؤثر في سرعة الجريان واتجاهه. ومن ميزات طريقة دراسة الحالة أنها كشفت عن عشرات السيناريوهات التي كان بعضها لا يخطر على البال، مثلاً كشفت دراسة عن سيل شرم الشيخ (ممدوح تهامي، ١٩٩٨) أن مياه السيل جرفت الألغام من حقل للألغام فانفجر اثنان منها فدمر أحدهما سيارة ودمر الثاني جرافة، وأن السيل جلب رواسب رملية وطينية سمكها ٢ - ٣ م ليرسبها أمام سد العاط الشرقي، وهذا يعني أن بحيرة السد في نموذج هيدروليكي (لا يهتم بالحمولة المنقولة) لن يملأها الماء بسعتها التصميمية. وفي جنوب سيناء انهار سد وادي النصب قرب نويبع في ١٠/١٢/٢٠١٢ رغم أن السيل لم يكن قوياً جداً، فأطلق انهياره موجة من الماء لم تكن النمذجة لتنتبأ بها، ومثل ذلك انهيار سد وادي أم طرفة في بادية الخليل إثر عاصفة ٢٢ ديسمبر ١٩٩٣ التي سببت سيولا كان معدل تصرفها ٦٠ م^٣/ث عندما دخلت حوض تخزين السد، فملأت نحو ثلثي الحوض (نصف مليون م^٣) بعمق ثمانية أمتار، فانهار السد وانطلق الماء بتصرف قدر بنحو ٦٠٠ - ٧٠٠ م^٣/ث، فدمرت منشآت استخلاص الأملاح على شاطئ البحر الميت. وكانت الحسابات أن احتمال انهيار السد يتراوح بين ٠,٢ % إلى ١ % أي لظروف أكبر من أكبر تصرف مسجل في

الوادي وهو ٤٢٠ م^٣ / ث، ناتج عن هطول عمقه ٧٠ مم وشدته أكثر من ٢١٣ مم / ساعة، وهو ما يقابل احتمال ١ - ٢ % (Greenbaum, 2007).

في معظم دراسات النمذجة لم يطلق أي باحث العنان لخياله لوضع سيناريوهات أسوأ الفروض، أو سيناريوهات على غرار الأمثلة السابق ذكرها، فكل ما هنالك أشكال وجداول أنتجت بشكل آلي، وتعليقات على الأشكال والجداول يستطيع أي برنامج حاسوبي أن يكتبها من تلقاء نفسه. وهكذا اقتصر الخيال في دراسات السيول على موضوع تقييم بدائل مواجهة الخطر، ففي دراسة نيفين حميدو (Khalil, 2021) مثلاً تقييم ثلاثة بدائل (بركة اصطناعية، مخر سيل، سد) لمواجهة خطر السيول على نجع مبارك وعريان بني واصل اللتين شهدتا سيولا مدمرة سنوات ١٩٩١ و ٢٠١٤ و ٢٠١٦، وفي دراسة فلوريان باور عن وادي بيلي (Bauer et al., 2020) اقتراح لمنشآت حماية مع إعادة تشغيل النموذج لبيان مدى تأثيرها. ومن الخيال النادر وجوده في البحوث عن مصر ما قامت به إيمان غنيم (Ghoneim & Foody, 2013) من تشغيل النموذج الهيدرولوجي عدة مرات، بخلايا مطيرة متغيرة التوزيع في أنحاء الحوض، ثم أدخلت مجموع النتائج في نموذج لتحليل الانحدار لاستخلاص معادلة يمكن بواسطتها حساب ذروة التصرف عند مصب وادي العلم بمعلومية شدة المطر والمساحة التي تغطيها الخلية المطيرة، ولم تستفد الدراسات اللاحقة عن وادي العلم من هذه المعادلة، ولم تشر إليها.

٥ - تكرار موضوعات وإهمال موضوعات

استأثرت المناطق التي تكررت فيها أحداث السيول بالعديد من الدراسات التي يكرر بعضها بعضاً، فمثلاً سيول وادي وتير كانت موضوع رسالة دكتوراه في الهندسة من جامعة بروكسل (أحمد عبد الخالق)، وماجستير في الهندسة من جامعتي الأردن وكولونيا (إسلام صبري الزايد)، وماجستير في الهندسة من جامعة المنوفية (نهى محمود يوسف)، والمشروع المشترك لمعهد البحوث والموارد المائية وجامعة بروكسل (Cools et al., 2012)، بالإضافة إلى المقالات عن وادي وتير المذكورة في الملحق ١. وفي مقابل ذلك أهملت دراسات السيول الأحواض الصغيرة. ولم يكن الشامي عندما وضع طريقته (El Shamy, 1992a) يقصد منها أن تطبق على أحواض الصرف الصغيرة، حتى كانت سيول درنكة ليتضح بعدها أن حوضاً بالغ الصغر يمكن أن يسبب أكبر كارثة للسيول في مصر، ثم كان مثال عربان بني واصل التي أصابها كل ما أصابها بفعل سيول من حوضين لا تتعدى مساحتهما ٧,٣ كم^٢ و ٣,١ كم^٢ (Hamedo et al., 2021). ولما وضعت صيغة لحساب معامل المخاطر المعدل المرجح weighted normalized risk factor وطبقت على أحواض وسط الصحراء الشرقية (El Moustafa, 2012) لم تكن الأودية الصغيرة خطيرة، فلما طبقت على أحواض سيناء (El Moustafa & Mohamed, 2013) اتضح أن الأحواض الصغيرة قد تكون أكثر خطورة من الكبيرة.

ويظهر مثلاً درنكة وعربان بني واصل أن الهامش الغربي لوادي النيل يستحق اهتماماً أكبر مما أولته الدراسات، فلا دراسة حتى الآن عن سيول قرية عمار

(مركز طهطا) التي جلب السيل إليها رواسب بسمك متر (الهيئة المصرية العامة للمساحة الجيولوجية، [١٩٩٥] أ)، ولا دراسة عن سيول ١٩٧٥/٢/٢٣ التي أغرقت ٥٠٠ فدان، وصدعت بيوت ١٢ قرية بمركز إهناسيا، كل ذلك نتيجة ارتفاع منسوب المياه في بحر يوسف بنحو ٥٠ سم لانصراف مياه السيل إليه، وعند قرية منيل هاني اقتحمت المياه نقطة ضعيفة في جسر بحر يوسف (تقرير جدولي عن السيول، ١٩٩١). ولم يكن أحد يتصور مصرع الكثير من أهل قرية عفونة حتى دهمها السيل في نوفمبر ٢٠١٥ بحجم مياه يصل إلى ١٣ مليون م^٣ وفترة رجوع مائة سنة (Abdeldayem et al., 2020).

ومثلما أهمل الهامش الغربي للوادي والدلتا أهمل موضوع التصريف الحضري الثقيل. والمعروف أن صرف مياه الأمطار في الحضر يصمم عادة على عواصف تصميمية ١٠ سنوات، فإذا كانت العاصفة أشد من ذلك يطفح نظام الصرف المغطى ويصبح الصرف كليا (أي سطحي + مغطى). وقد أصبحت السيول في شوارع المدن موضوعا مستقلا، لها برامجها (مثل MIKE URBAN)، لكنها تواجه تحديات عند التطبيق، مثل ضرورة الحصول على معلومات عن قدرات الصرف للبالوعات في الشوارع (Panigrahi & Sharma, 2024). وليست كل دراسات سيول المدن مما ينتمي إلى تخصص الهيدروليكا، ففيها أيضا جانب التخطيط الحضري، ففي دراسة عن السيل الشديد الذي اقتحم شوارع إيلات في أكتوبر ١٩٩٧ اتضح أن التخطيط الحضري كان يمكنه - من خلال تعديل بسيط في الأولويات - تفادي معظم الآثار المدمرة للسيل (Grodek et al., 2000).

وما زالت دراسات قابلية التضرر من السيول تعد على أصبع اليد الواحدة، وهذه الدراسات تعالج الظروف الاقتصادية والاجتماعية التي تجعل الناس عرضة لخطر السيول. وتجمع مؤشرات قابلية التضرر بين الخصائص الطبيعية للمنطقة المهددة وبين العوامل الاجتماعية والاقتصادية، وهذا النوع من الدراسات يعتمد على مناهج وصفية تشمل المقابلات الشخصية والمسح الميداني لدراسة العوامل المسببة لقابلية التضرر (Panigrahi & Sharma, 2024). ومن دراسات قابلية التضرر التي اعتمدت منهج الاستبيان دراسة عن مدينة رأس سدر والقرى حولها (Ahmed et al., 2014).

وما زال موضوع إمكان تشتت الملوثات بفعل السيول بعيدا عن الاهتمام، فلا نجد إلا دراستين: التلوث من رصاص منجم أم غيج (Redwan & Rammlair, 2017)، وتشتت نواتج مصنع الأسمنت بفعل سيل محتمل في وادي بدع (Redwan et al., 2021).

أما دراسات التنبؤ بالسيول في مصر فلا تزال في بداياتها (عن متطلباتها انظر مثلا Salah et al., 2024).

٦ - ضرورة ضبط الصياغة وضبط المصطلحات

رأينا أن عملا مهما مثل أطلس السيول يسمى الروافد فروعا، والانحدار ميلا، وهو أيضا مبتكر التعبير "محطات الأرصاد المؤثرة في منطقة الدراسة"، والمقصود من ذلك المحطات التي ستدخل بياناتها في حسابات مزلعات تيسن، وقد أصبح هذا التعبير الرديء شائعا في كثير من الدراسات، وهو مثال على عدم التزام الباحث

بالتدقيق فيما يكتب، وثمة أمثلة أكثر فداحة من ذلك، منها "كمية الأمطار بالمليومتر المربع"، وفي دراسة أخرى "بالمليومتر المكعب"، وقد فشل بعض الباحثين في ترجمة رقم المنحنى curve number (مضاف ومضاف إليه) فترجموها أحدهم المنحني الرقمي، وترجمها آخر المنحنى العددي (موصوف وصفة) (والعدد يختلف عن الرقم)، وكثير من الدراسات تتحدث عن "هيدروجراف الحوض" مع أن الهيدروجراف لا يكون إلا عند نقطة على المجرى، وتتنقل كثير من الدراسات العربية صيغا رياضية عن مؤلفين عرب وكأنهم هم واضعوها، بالمخالفة لأبسط مبادئ الكتابة العلمية بالرجوع إلى المرجع الأصلي. إن أمثلة كهذه تشكك القارئ في الباحث، وهو شك يضاف إلى الشك في جودة البيانات، وفي صلاحية الطريقة.

وفي نهاية هذا المبحث نصل إلى خلاصة أنه لا مناص من القول إن معظم نتائج دراسات السيول مشكوك فيها، لواحد أو أكثر من الأسباب السابق ذكرها. ومعلوم أن أهم جزء من أية دراسة هو الجزء الخاص بمناقشة النتائج، وهو الذي يُظهر تمكن الباحث ومدى سعة اطلاعه. ولا توجد مناقشة حقيقية للنتائج في أكثر من ٩٠ % من الدراسات، فلا تفسير للنتائج، ولا تفسير لتناقضها مع نتائج الدراسات السابقة، مع علم الباحث بوجود هذه الدراسات السابقة كما تدل على ذلك قائمة مراجعه. وفي ٧٣ % من الدراسات خلت الدراسة من التوصية أو جاءت بكلام مرسل من نوعية: ضرورة تطهير مخرات السيول، وضرورة توفير البيانات، وإنشاء الحواجز في قيعان الأودية إلخ.

٦ - خاتمة

بعد الإجابة على الأسئلة البحثية الثلاثة في المباحث الثلاثة السابقة اتضح أن بحوث أخطار السيول في مصر تواجه ثلاث مشكلات: إن بعض طرق الدراسة لا يمكنها إنتاج خرائط أخطار، غياب البيانات أو انخفاض جودتها، عدم ملائمة العديد من الصيغ الرياضية لظروف مصر. ومن هذه النتائج يمكن استخلاص توصيات لهذه الدراسة.

ففيما يتعلق بالطرق لا ينبغي النظر إلى البحوث التي اعتمدت الطرق المورفومترية بتنوعاتها المختلفة (بما فيها ما يسمى الطريقة المتكاملة أو التحليل متعدد المعايير) أو طرق الذكاء الاصطناعي، لا ينبغي اعتبار كل هذه البحوث بحوثاً في خطر السيول، لأن الطرق التي اتبعت فيها تعجز عن إنتاج خرائط أخطار بالمعايير السائدة حالياً. أما الطرق الثلاث الأخرى فهي واعدة من حيث المبدأ، لكن النمذجة الهيدرولوجية تعوزها البيانات الدقيقة والصيغ الرياضية المناسبة، ومن ثم جاءت نتائجها غير دقيقة أحياناً، بل صادمة في بعض الدراسات. وفي كل الأحوال لا يمكن إنتاج خريطة أخطار دون نمذجة هيدروليكية، وهنا يصبح الباحث أمام واحد من خيارين: إما الجمع بين طريقتي النمذجة شريطة أن يوفر للنموذج الهيدرولوجي كل متطلباته (بما فيها متطلبات حساب الرواسب والمجروفات الأخرى التي سيجملها السيل)، أو الاكتفاء بنموذج هيدروليكي مع افتراض هيدروجراف لأسوأ الفروض وللغرض المعتدل، على أن يكون موقع الهيدروجراف في بداية المنطقة

المهددة، ومن ثم لن يحتاج الباحث بيانات إلا عن الجزء المهدد فقط (المدينة أو الطريق)، لا بيانات عن الحوض كله.

أما مشكلة غياب البيانات أو انخفاض جودتها فالحل هو عمل قاعدة بيانات قومية لكل البيانات اللازمة لدراسة السيول، وإتاحة هذه البيانات مجاناً. وقد يظن البعض أن هذه البيانات تتوافر فعلاً لدى الجهة المختصة (معهد بحوث الموارد المائية)، لكن الحقيقة غير ذلك، فقاعدة البيانات موضوع هذه التوصية ينبغي أن تتضمن جميع كل ما كتب في الصحف والمجلات منذ بداية الصحافة في مصر، ولا يستثنى من ذلك الصحف الإقليمية التي كانت مزدهرة يوماً ما، ومن هذه الصحف يمكن الحصول على بيانات ثمينة عن تكرارية السيول وبيانات تفيد في معايرة النماذج. وثمة صحف قد لا يخطر على البال أنها مفيدة في دراسة السيول، فمثلاً وصف تقرير في "مجلة سكك حديد الحكومة المصرية" السيل الخطير الذي قطع الخط الحديدي بين مواصلة الواحات (قرب فرشوط) والواحات الخارجة، ووصف تقرير آخر سيول ٥ أكتوبر ١٩٤٢ التي اقتلعت خط السكة الضيقة قنا- سفاجا، وغطت الرواسب الخط بسمك ١,٥ م، وانهارت الجسور، وقذفت المياه بالفلنكات مسافة بلغت ٢٥ م، ولم ينج من محطات الخط كله إلا محطة وصيف. وليست مهمة تجميع البيانات من الصحف بالمهمة السهلة، كما أن الأمر يتطلب وضع قواعد للحكم على معقولية هذه البيانات، فقد لاحظ فريق أكاديمية البحث العلمي في تقريره عن سيول ١٨/١٠/١٩٨٧ في سيناء أن "عملية التدمير كانت أوسع من تلك التي وردت في الصحافة" والمقصود هنا تدمير طريق نوبيع - رأس النقب وأجزاء من طريق نوبيع -

طابا (تقرير جدولي عن السيول، ١٩٩١). وللتعامل مع الصحف يمكن اتباع استراتيجية بحثية تبدأ بقراءة تقارير الطقس اليومية والشهرية منذ ١٨٩٩ ثم البحث في الصحف في الأيام التي شهدت هطولا غزيرا. وثمة مجالات علمية مطلوبة لدراسة سيول مصر لكنها ما زالت غير مكشوفة في قواعد البيانات، ومنها مثلا المجلة التي كانت تصدرها هيئة الأرصاد الجوية البريطانية في فترة ١٨٦٦ - ١٩٩٣، والتي كتب فيها خبراء أرساد بريطانيون عملوا في ليبيا وفلسطين والسودان ومصر، ومن هؤلاء ليونارد جوزيف سثن مدير مصلحة الطبيعيات في مصر وصاحب أهم دراسة عن الهطول في مصر (Sutton, 1949) والتي لم تستفد منها أية دراسة عن السيول. وقد جمع سثن تقارير من الصحف، منها مثلا تقرير إجبشيان جازيت عن توقف السكك الحديدية في الدلتا وسقوط أعمدة التلغراف واقتلاع الأشجار واقتلاع السيول أجزاء من الطريق المرصوف بين القاهرة والسويس. وتشمل البيانات المطلوب جمعها تقارير وحدة العمليات بالمحافظات ووحدة إدارة الأزمات، ووثائق الهيئات التابعة لوزارة الأشغال والتي كانت مسئولة عن إنشاء مخرات السيول، ووثائق تفتيش ري الصحارى، ووثائق صرف التعويضات لمنكوبي الفيضان والسيول بدار الوثائق القومية (انظر عنها دراسة أشرف محمود، ٢٠٢٣)، كما ينبغي أخذ شهادات كبار السن قبل فوات الأوان.

أما مشكلة عدم ملائمة العديد من الصيغ الرياضية لظروف مصر فهي الأسهل حالا لو توافرت النية، فهي لا تتطلب إلا تجميع نتائج آلاف التجارب التي أجريت في دراسات غير منشورة في تخصصي الأراضي (بكليات الزراعة)

والجبرولوجيا، ثم تبويبها وفقا لتصنيف التريات والرواسب في مصر، ثم التوفيق فيما بينها، وملء الفجوات إن وجدت. وليس استخلاص الصيغ الرياضية مسألة صعبة، فما هي إلا علاقات بين عدة متغيرات، وكل ما هو مطلوب هو التجربة والقياس.

The studies on flash floods hazards in Egypt: Their limitations & recommendations for good practice

Mona Sayed Hussein

Geography Department, Faculty of Arts, Cairo University, Giza, Egypt

monasayed@cu.edu.eg

<https://orcid.org/0000-0001-7403-4834>

This study aims to evaluate the studies on flash floods hazards in Egypt. Since the inception of these studies in 1972, some 257 contributions were published through September 2024, excluding the unpublished studies and technical reports. Based on content analysis, the present study aims to evaluate the relevance of the used methodologies, the quality of the data used, and the credibility of the findings.

The results showed that three methodologies (the morphometric, Al Shami method, machine learning as an application of artificial intelligence) cannot be relied on to create flood risk maps that satisfy the requirements of the current standards, and that other methods (case studies, hydrological modeling, hydraulic modeling) are promising. However, in almost all studies, the required data were not available, or were of low quality, and the mathematical formulas used were not suited for the arid conditions prevailing in Egypt, which resulted in flawed and unreliable results.

The study recommends a shift from hydrological modeling to hydraulic modeling, establishing and making available of a national database for the data required for flash floods studies, and specifying mathematical formulas that suit the arid conditions of Egypt.

Keywords

Flash floods, wadis, natural hazards, hydrological models, hydraulic models.

المراجع

المراجع العربية:

١. إبراهيم زكريا الشامي (١٩٩٥) التحكم في السيول: الاستفادة من مياهها ودرء أخطارها، في: بحوث ندوة المياه في الوطن العربي، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة، ج ١، ٦١ - ٧٥
٢. أحمد إبراهيم محمد صابر (٢٠٢٢) التقييم الجيوهيدرولوجي لزمن التركيز وتأثيره على الجريان السيلي على الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية، مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد، ١٦: ٣٨٥ - ٤٤٧
٣. أحمد إبراهيم محمد صابر وأميرة محمد محمود البنا (٢٠١٣) أسلوب مقترح لتحديد معايير درجات خطورة السيول في مصر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مجلة كلية الآداب جامعة الزقازيق، ٦٣، ٤٨٣ - ٥٢٤
٤. أحمد سالم صالح (١٩٨٧) خريطة درجات الخطورة الناتجة عن الجريان السيلي في شبه جزيرة سيناء والصحراء الشرقية، مشروع تطوير خطة مجابهة وإدارة الكوارث، مركز الاستشعار عن البعد وأكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي، القاهرة.

٥. أحمد سالم صالح (١٩٨٩) الأخطار الطبيعية على القطاع الشرقي من طريق نوبيع / النفق الدولي: دراسة جيومورفولوجية، المجلة الجغرافية العربية، ٢١، ١٤٣ - ١٧٦
٦. أحمد سالم صالح (١٩٩٤) السيول والتنمية في وادي فيران بسيناء: دراسة تطبيقية من منظور جيومورفولوجي، المجلة الجغرافية العربية، ٢٦، ٨١ - ١٢٤
٧. أحمد سالم صالح (١٩٩٩) السيول في الصحارى نظريا وعمليا، دار الكتاب الحديث، القاهرة.
٨. أحمد عبدالفتاح حسين أبو حديد (٢٠٢٣) أخطار الجريان السيلي على طريق قنا الأقصر الصحراوي الشرقي، مجلة كلية الآداب بقنا، ٥٩: ٢٣٦ - ٢٨٨
٩. أحمد محمد أحمد أبو رية (٢٠١٢) تقييم نتائج النماذج الرياضية في تقدير الجريان السيلي ومخاطره (دراسة حالة لمدينة أسوان)، مجلة المجمع العلمي المصري، ٨٧، ١٨١ - ٢٥٩.
١٠. أشرف أحمد علي عبد الكريم (٢٠١٩) النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية للسيول، العبيكان، الرياض.
١١. أشرف أحمد علي عبد الكريم (٢٠١٩) أثر التغيرات المناخية والتوسعات العمرانية على زيادة مخاطر السيول: قرية حجازة - محافظة قنا - أنموذجا، سلسلة بحوث جغرافية، ١٢٥، ١١٦ - ١٧٩

١٢. أشرف محمود خلف (٢٠٢٣) وثائق صرف التعويضات لمنكوبي الفيضان والسيول: دراسة وثائقية تاريخية، مجلة كلية اللغة العربية بالمنوفية، ٣٨ (١): ٧٥٩ - ٩٣٢

١٣. آمال إسماعيل شاور (١٩٨٢) التعبير الكمي لدورة التعرية عند ديفز مع التطبيق على بعض الأودية في مصر، المجلة الجغرافية العربية، ١٤، ٣٩ - ٥٥

١٤. أمانة الأمم المتحدة للاستراتيجية الدولية للحد من الكوارث (٢٠٠٩) مصطلحات الاستراتيجية الدولية للحد من الكوارث عن الحد من مخاطر الكوارث، جنيف.

١٥. تقرير جدولي عن السيول التي حدثت في مصر خلال الفترة من ١٩٧٤ حتى ١٩٨٩، في: حسن العتر وآخرون (١٩٩١) مشروع تطوير خطة الاستعداد لمجابهة ومنع وإدارة الكوارث في مصر، تقدير تقدم (١) عن دراسة مخاطر السيول وطرق مجابهتها (أغسطس ١٩٨٩ - فبراير ١٩٩١)، مركز الاستشعار عن بعد وأكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا، القاهرة، ص ٨ - ١٢

١٦. حسن العتر وآخرون (١٩٩٢) أخطار السيول على استخدامات الأرض في وادي فيران بجنوب غرب سيناء، في: تقدير تقدم (٢) عن دراسة مخاطر السيول وطرق مجابهتها (مارس ١٩٩١ - ديسمبر ١٩٩١)، مركز الاستشعار عن بعد وأكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا، القاهرة، ص ١ - ٢٧ + ٩ خرائط

١٧. حمدينه عبد القادر العوضي (٢٠١٩) هيدروجراف نظام الجريان السطحي وتقدير حجم التصريف المائي لأحواض الأودية بمنطقة مرسى مطروح: دراسة تطبيقية باستخدام نموذج الهيئة الأمريكية لصيانة التربة، المجلة الجغرافية العربية، ٧٤، ١٠١ - ١٣٥.
١٨. ضياء صبري عبد اللطيف (٢٠٢٤) التقييم الجيوهيدرولوجي لحوضي وادي أبو شيخ وإيمو القبلي بالصحراء الشرقية، دراسة تطبيقية باستخدام التقنيات الجغرافية الحديثة، مجلة كلية الآداب جامعة الفيوم، ١٦ (١): ٣٦٩ - ٤٥١.
١٩. طاهر محمود الدسوقي (١٩٩٥) الظروف المناخية التي صاحبت سيول نوفمبر ١٩٩٤، في: بحوث ندوة المياه في الوطن العربي، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة، ج ١، ٣٥ - ٦٠.
٢٠. طه محمد جاد (١٩٨٢) حول عوامل تطور المعرفة الجيومرفولوجية الحديثة، المجلة الجغرافية العربية، ١٤، ٥٧ - ٤٨.
٢١. عواد حامد موسى (٢٠١٧) تقدير الجريان السطحي في حوض وادي الجرافي الأعلى باستخدام نموذج سنايدر: دراسة جيومورفولوجية، في: المؤتمر الجغرافي الأول: الموارد المائية في الوطن العربي بين المعوقات وآفاق التنمية، كلية الآداب، جامعة المنوفية، ٣١٧ - ٣٥٠.
٢٢. فتحي عبد العزيز أبو راضي ووليد محمد عجوة (٢٠١٩ أ) التحليل المكاني لأخطار السيول وتأثيرها على التنمية المتواصلة بمنطقة رأس غارب على الساحل الغربي لخليج السويس، المجلة الجغرافية العربية، ٧٤: ١ - ٣٨.

٢٣. فتحي عبد العزيز أبو راضي ووليد محمد عجوة (٢٠١٩ ب) تأثير الأخطار الجيومورفولوجية في التنمية المستدامة بمنطقة شمال الصحراء الغربية، مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية، ٢٧: ٥٩٥ - ٦١٤
٢٤. قسم المناخ بمصلحة الأرصاد الجوية (١٩٦٠) مناخ شبه جزيرة سيناء، في: موسوعة سيناء، رئاسة الجمهورية، المجلس الأعلى للعلوم، ص ٢١٤ - ٢٣٧
٢٥. كرم جيد (١٩٦٠) مصادر المياه بشبه جزيرة سيناء، في: موسوعة سيناء، رئاسة الجمهورية، المجلس الأعلى للعلوم، ص ٢١٤ - ٢٣٧ + ١٥ لوحة.
٢٦. محمد إبراهيم محمد خطاب (٢٠١٩) التحليل الجغرافي لسيل ٢٧ أكتوبر ٢٠١٦ في حوض وادي البارود، المجلة العلمية بكلية الآداب جامعة طنطا، العدد ٣٤، إصدار خاص.
٢٧. محمد إبراهيم محمد خطاب وعمر محمد صبري محسوب (٢٠٢٠) التحليل الهيدروجيومورفولوجي لحوض وادي علم وأثره على السيول باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، حولية كلية الآداب جامعة بني سويف، عدد خاص، ٧ - ٧٥
٢٨. محمد إبراهيم محمد خطاب ومها كمال سليم (٢٠٢١) النمذجة الهيدروجيومورفولوجية للسيول في حوض وادي القرن شرق قفط بالصحراء الشرقية باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، المجلة الجغرافية العربية، ٧٧: ١ - ٥٩

٢٩. محمد أحمد بدوي وآخران (٢٠١٩) استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة الضوابط الهيدرولوجيوميورفولوجية للجريان السيلي وأثره على التنمية بمدينة شرم الشيخ، مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية (عدد خاص عن المؤتمر الجغرافي الدولي الثاني)، ص ١٨٣٧-١٨٨٣

٣٠. محمد عبد العزيز عزب (٢٠١٨) تقييم ونمذجة السيول في وادي فيران بجنوبي سيناء في مصر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد، المجلة الدولية للتنمية، ٧(١): ٤٧ - ٦٩

٣١. محمد علي الألفي (١٩٢٨) السيل في شرق الجيزة، كتاب جمعية المهندسين الملكية، ٨، ١٩١ - ٢٠٠

٣٢. محمود محمد عاشور (١٩٨٣) التحليل المورفومتري لشبكات التصريف المائي: مصادر البيانات وطرق القياس، المجلة الجغرافية العربية، ١٥، ١٠١ - ١٢٤

٣٣. معهد بحوث الموارد المائية (٢٠١٠ و ٢٠١٢ و ٢٠١٧) أطلس السيول لأودية شبه جزيرة سيناء، ١٨٥ ص

٣٤. معهد بحوث الموارد المائية (٢٠١٢) أطلس السيول لأودية محافظة أسوان، ٢٣٥ ص

٣٥. معهد بحوث الموارد المائية (٢٠١٤ أ) أطلس السيول لأودية محافظة قنا، ٢٩٣ ص

٣٦. معهد بحوث الموارد المائية (٢٠١٤ ب، ٢٠١٧) أطلس السيول لأودية محافظة سوهاج، ٢٩٣ ص، ٣٢٤ ص
٣٧. معهد بحوث الموارد المائية (٢٠١٦) أطلس السيول لأودية محافظة الأقصر، ٣١٦ ص
٣٨. معهد بحوث الموارد المائية (٢٠١٨) أطلس السيول لأودية محافظة أسيوط، ٢٢١ ص
٣٩. معهد بحوث الموارد المائية (٢٠١٩) أطلس السيول لأودية محافظة البحر الأحمر: مرحلة أولى: السويس - الغردقة، ٣٩٥ ص
٤٠. معهد بحوث الموارد المائية (٢٠٢١) أطلس السيول لأودية محافظة البحر الأحمر: المرحلة الثانية: الغردقة - مرسى علم، ٢٢١ ص
٤١. معهد بحوث الموارد المائية (٢٠٢٣) أطلس السيول لأودية محافظة البحر الأحمر: المرحلة الثالثة: مرسى علم - شلاتين، ٣٩٥ ص
٤٢. معوض بدوي معوض (٢٠٢١) دراسة هيدرومورفومترية لسيل الأول من نوفمبر ٢٠٢٠ بمدينة رأس غارب، حويلات أداب عين شمس، ٤٩ (٢ - ١): ٣٠٦ - ٣٤٣
٤٣. مغاوري شحاتة دياب (١٩٩٨) نحو وضع أطلس للسيول بمصر: مرحلة القصير والغردقة، المؤتمر السنوي الثالث لإدارة الأزمات والكوارث، جامعة عين شمس، القاهرة، ٧٠٧ - ٧٣٦

٤٤. ممدوح تهامي عقل (١٩٩٨) أخطار السيول في منطقة شرم الشيخ: دراسة جيومورفولوجية، مجلة بحوث كلية الآداب جامعة المنوفية، ٢٠
٤٥. ناصر عبد الستار عبد الهادي نوح (٢٠١٨) الأخطار الجيومورفولوجية في نطاق الجانب الشرقي لوادي النيل بين وادي الشوكي جنوبا والسراي شمالا، مجلة كلية الآداب جامعة الفيوم، ١٨: ٦٧ - ١٢٤
٤٦. الهيئة العامة للأرصاد الجوية (١٩٩٦) الأطلس المناخي لمصر، القاهرة.
٤٧. الهيئة القومية للاستشعار من البعد وعلوم الفضاء (١٩٩٧) السيول ووسائل مجابهة مخاطرها على مدن ساحل البحر الأحمر بالأراضي المصرية: رأس غارب - سفاجا - الغردقة - القصير - مرسى العلم - شلاتين - أبو رماد - حلايب [غير منشور].
٤٨. الهيئة المصرية العامة للمساحة الجيولوجية (١٩٩٥) أ) سيول نوفمبر ١٩٩٤: ١ - محافظات الصعيد
٤٩. الهيئة المصرية العامة للمساحة الجيولوجية (١٩٩٥) ب) سيول نوفمبر ١٩٩٤: ٢ - محافظة البحر الأحمر
٥٠. وهبة حامد شلبي (٢٠٢٢) النمذجة الجيومكانية للجريان السيلي بوادي حوضين جنوب شرق الصحراء الشرقية، حولية كلية الآداب، جامعة بني سويف، عدد خاص ١، ١١ - ٧٤
- المراجع غير العربية

1. Abd-Elaty, I. et al. (2023) Mitigation of urban waterlogging from flash floods hazards in vulnerable watersheds, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 47: 101429.
2. AbdelAziz, N. et al. (2023a) An effective Decision making model through Fusion Optimization and risk associated with flash flood hazards: A case study Asyut, Egypt, *Fusion: Practice and Applications*, 12(1): 64 - 94.
3. AbdelAziz, N. et al. (2023b) An Extended Neutrosophic Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis Technique Based on GIS for Analysing Flash Floods, *International Journal of Neutrosophic Science*, 21(3): 17 – 33.
4. Abdeldayem, O. M. et al. (2020) Mitigation Plan and Water Harvesting of Flashflood in Arid Rural Communities Using Modelling Approach: A Case Study in Afouna Village, Egypt, *Water*, 12(9): 2565.
5. Abd-Elhamid, H. F. et al. (2018) Flood prediction and mitigation in coastal tourism areas, a case study: Hurghada, Egypt, *Natural Hazards*, 93(2): 559-576.
6. Abdel-Lattif, A. & Y. Sherief (2012) Morphometric analysis and flash floods of Wadi Sudr and Wadi Wardan, Gulf of Suez, Egypt, using digital elevation model, *Arab Journal of Geosciences*, 5(2): 181 – 195.
7. Abd-El Monsef, H. (2018) A mitigation strategy for reducing flood risk to highways in arid regions: a case study of the El-Quseir–Qena highway in Egypt, *Journal of Flood Risk Management*, 11(S1): S158 – S172.

8. Abdel Salam. M. A. (1961) Soil Classification and Land Utilization of the Area of Wadi El Arish, Bulletin de la Société de Géographie d'Egypte 34 : 5 – 51.
9. Abdrabo, K. I. et al. (2020) Integrated methodology for urban flood risk mapping at the microscale in ungauged regions: a case study of Hurghada, Egypt, Remote Sensing 12(21): 3548.
10. Abdrabo, K. I. et al. (2023) An integrated indicator-based approach for constructing an urban flood vulnerability index as an urban decision-making tool using the PCA and AHP techniques: A case study of Alexandria, Egypt, Urban Climate, 48: 101426.
11. Abu El Ella, E. M. et al. (2024) Applicability of Utilizing Remote Sensing Rainfall Products Data in Arid and Semi-Arid Poorly Gauged Catchments: Study of Wadi Ghoweiba Watershed, Egypt, Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 52: 219 – 234.
12. Abu El-Magd (2022) Random forest and naïve Bayes approaches as tools for flash flood hazard susceptibility prediction, South Ras El-Zait, Gulf of Suez Coast, Egypt, Arabian Journal of Geosciences, 15: 217.
13. Abu El-Magd et al. (2021) Machine learning algorithm for flash flood prediction mapping in Wadi El-Laqeita and surroundings, Central Eastern Desert, Egypt, Arabian Journal of Geosciences, 14(4): 323.
14. Abu El-Magd et al. (2022) Hybrid-based Bayesian algorithm and hydrologic indices for flash flood vulnerability assessment in coastal regions: machine

- learning, risk prediction, and environmental impact, *Environmental Science and Pollution Research*, 29: 57345 – 57356.
15. Abuzied, S. et al. (2016) Geospatial risk assessment of flash floods in Nuweiba area, Egypt, *Journal of Arid Environments*, 133: 54e72.
 16. Abuzied, S. & B. Mansour (2019) Geospatial hazard modeling for the delineation of flash flood-prone zones in Wadi Dahab basin, Egypt, *Journal of Hydroinformatics*, 21(1): 180 – 206.
 17. Aggour, T. A. O. (1999) Priorities of flood insurance, Gulf of Aqaba region, southeast Sinai, Egypt, *Desert Institute of Egypt Bulletin*, 49(2): 371-400.
 18. Ahmed, M. T. et al. (2014) Vulnerability of Ras Sudr, Egypt to climate change, livelihood index, an approach to assess risks and develop future adaptation strategy, *Journal of Water and Climate Change*, 5(3): 287 - 298.
 19. Al-Krargy, E. M. et al. (2015) Investigating the Precision of Recent Global Geoid Models and Global Digital Elevation Models for Geoid Modelling in Egypt, *Regional Conference on Surveying & Development*, Sharm El-Sheikh.
 20. Almasalmeh O. & M. Eizeldin (2019) Flash flood modelling of ungauged watershed based on geomorphology and kinematic wave: Case study of Billi Drainage Basin, Egypt, *Twenty-Second International Water Technology Conference*, 242 – 255.

21. Alrikabi, A. et al. (2015) Using GIS based Morphometry Estimation of Flood Hazard Impacts on Desert Roads in South Sinai, Egypt, International Journal of Scientific & Engineering Research, 6(7): 1593 – 1599.
22. Amin, D. et al. (2022) Assessing the Safety of Settlements from Flood Risk, Civil Engineering and Architecture, 10(5A): 352 - 379.
23. Arnous, M. O. et al. (2022) Flash flooding hazard assessment, modeling, and management in the coastal zone of Ras Ghareb City, Gulf of Suez, Egypt, Journal of Coastal Conservation, 26: 77.
24. Ashbel, D. (1938) Great floods in Sinai Peninsula, Palestine, Syria and the Syrian Desert, and the influence of the red sea on their formation, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 64(277): 635 – 639.
25. Ashmawy, M. H. (1994) Assessment of flash flood potential of the Red sea drainage basins along the Qena-Safaga highway, Eastern Desert, Egypt, ITC journal, 1994(2): 119-128.
26. Ashmawy, M. H. et al. (2000) Flash Flood Hazards of Drainage Basins of Sinai Peninsula, Egypt, Annals of the Geological Survey of Egypt, 23(1): 467-489.
27. Ashour, M. M. (2002) Flash Floods in Egypt (A Case Study of Durunka Village – Upper Egypt), Bulletin de la Société de Géographie d'Egypte, 75: 101-114.
28. Awadallah, A. G. et al. (2016) Reliability assessment of water structures subject to data scarcity using the SCS-CN model, Hydrological Sciences Journal, 61(4): 696–710.

29. Bakheet, A. et al. (2020) Rain Transmission Losses Assessment in Arid Environment, Egypt: Numerical and Experimental Study, in: The International Conference on Chemical and Environmental Engineering (Military Technical College), 10: 1-15.
30. Bakr, R. et al. (2022). Guideline for Atlas Flash Floods, Civil Engineering and Architecture, 10(5), 2108 - 2127.
31. Ball, J. (1912) The Geography and Geology of South-Eastern Egypt, Government Press, Cairo.
32. Ball, J. (1937) The Water Supply of Mersa Matruh, Survey of Egypt, Giza.
33. Ball, J. et al. (2019) Fundamental Issues, In: A Guide to Flood Estimation, Book 1: Scope and Philosophy, The Australian Rainfall and Runoff, Barton, 6 - 30.
34. Bauer F. A. et al. (2020) Flash flood investigations in El Gouna, northern Red Sea Governorate. In: Flash Floods in Egypt, Springer, Cham, 61 - 81.
35. Baxter, J. (2020) Content Analysis, in: International Encyclopedia of Human Geography, vol. 2, Elsevier, Amsterdam, 391 – 396.
36. Benson, M. A. (1962) Evolution of methods for evaluating the occurrence of floods, United States Geological Survey, Water Supply Paper 1580-A.
37. Brunner G W (2024) HEC-RAS Hydraulic Reference Manual, Version 6.5, Hydrologic Engineering Center, Davis, California, USA.

38. Chen, Y. (2019) Distributed Hydrological Models. In: Handbook of Hydrometeorological Ensemble Forecasting, Springer, Berlin, 413 – 436.
39. Cook, A. & V. Merwade (2009) Effect of topographic data, geometric configuration and modeling approach on flood inundation mapping, Journal of Hydrology, 377(1-2): 131–142.
40. Cools, J. et al. (2012) An early warning system for flash floods in hyper-arid Egypt, Natural Hazards and Earth System Sciences, 12: 443 – 457.
41. Coombes, P. & S. Roso (2019) A guide to flood estimation, Book 9: Runoff in urban areas, The Australian Rainfall and Runoff, Barton.
42. Crawford, N. H. & S. J. Burges (2004) History of the Stanford Watershed Model, Water Resources IMPACT (American Water Resources Association), 6(2): 3 – 6.
43. Critchley, W. et al. (1991) A Manual for the Design and Construction of Water Harvesting Schemes for Plant Production, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
44. de Bellefonds, L. (1868) L'Étbaye, pays habité par les Arabes Bicharieh: géographie, ethnographie, mines d'or, Arthus Bertrand, Paris.
45. de Moel, H. et al. (2009) Flood maps in Europe – methods, availability and use, Natural Hazards and Earth System Sciences, 9(2): 289-301.
46. Derbyshire, E. (1983) Geography and Geomorphology: Alternatives to G. H. Dury, Area, 15(2): 118-121.

47. Diehl R. M. et al. (2021) Improving flood hazard datasets using a low-complexity, probabilistic floodplain mapping approach, PloS ONE. 16(3): e0248683.
48. Donaire, J. J. S. (2003) Arguments in Favour of Rainfall Randomness over Egypt, Bulletin de la Société de Géographie d'Egypte, 76: 95 - 119.
49. Doswell, C. A. (2014) Flooding, in: Encyclopedia of Atmospheric Sciences, Elsevier, v. 3, 201 – 208.
50. Durward, J. (1931) Floods in Arabia and the Western Desert of Egypt, December, 1930, Meteorological Magazine, 66(783): 64 – 65.
51. Dury, G. H. (1983) Geography and Geomorphology: The Last Fifty Years, Transactions of the Institute of British Geographers, 8(1): 90 - 99.
52. El Bastawesy M. et al. (2009) Integration of remote sensing and GIS for modelling flash floods in Wadi Hudain catchment, Egypt, Hydrological Processes, 23(9): 1359 - 1368.
53. El Bastawesy M. et al. (2019) Flash floods and groundwater evaluation for the non-gauged dryland catchment using remote sensing, GIS and DC resistivity data: A case study from the Eastern Desert of Egypt, Journal of African Earth Sciences, 152: 245 – 255.
54. El Bastawesy M. et al. (2021) Examining the Impact of Different DEM Sources and Geomorphology on Flash Flood Analysis in Hyper-Arid Deserts, ISPRS International Journal of Geo-Information, 10(7): 431.

55. El-Behiry, M. G. et al. (2006) Integrated GIS and Remote Sensing for Runoff Hazard Analysis in Ain Sukhna Industrial Area, Egypt, Journal of King Abdulaziz University, Earth Sciences, 17: 19 – 42.
56. El Kenawy A. M. et al. (2019) Spatial assessment of the performance of multiple high-resolution satellite-based precipitation data sets over the Middle East, International Journal of Climatology, 39(5): 2522 - 2543.
57. El-Etr, H. & M. Ashmawy (1995) Flash flood vulnerability and mitigation of the Red Sea basins between latitudes 24° 4I' and 25° 26'N, Egypt. In: Proceedings of the Conference on 30 Years of International Cooperation on the Geology of Egypt and Related Sciences, Geological Survey of Egypt, 335-361
58. El-Etr, H. et al. (1995) Mitigation of Flash flood Hazards of Wadi Feiran Basin, Western Sinai, Egypt. In: Proceedings of the Conference on 30 Years of International Cooperation on the Geology of Egypt and Related Sciences, Geological Survey of Egypt, 309-333.
59. El-Fandy, M. G. (1948) The effect of the Sudan monsoon low on the development of thundery conditions in Egypt, Palestine and Syria, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 74(319): 31 – 38.
60. El-Fandy, M. G. (1952) Forecasting Thunder-Storms in the Red Sea, Bulletin of the American Meteorological Society, 33(8): 332 – 338.
61. El-Haddad, B. A. et al. (2021) Flood susceptibility prediction using four machine learning techniques and

- comparison of their performance at Wadi Qena Basin, Egypt, *Natural Hazards*, 105: 83 –114
62. Elkharchy, I. et al. (2021) Sentinel-1 remote sensing data and Hydrologic Engineering Centres River Analysis System two-dimensional integration for flash flood detection and modelling in New Cairo City, Egypt, *Journal of Flood Risk Management*, 14(2): e12692.
63. Elkharchy, I. (2022) Flash Flood Water Depth Estimation Using SAR Images, Digital Elevation Models and Machine Learning Algorithms, *Remote Sensing*, 14(3): 440.
64. El Moustafa, A. M. (2012) Weighted normalized risk factor for floods risk assessment, *Ain Shams Engineering Journal*, 3(4): 327 –332.
65. El Moustafa, A. M. & M. M. Mohamed (2013) Flash Flood Risk Assessment Using Morphological Parameters in Sinai Peninsula, *Open Journal of Modern Hydrology*, 3(3): 122 – 129.
66. El Osta, M. et al. (2021). Environmental sensitivity of flash flood hazard based on surface water model and GIS techniques in Wadi El Azariq, Sinai, Egypt, *Environmental Technology & Innovation*, 22: 101522.
67. El Rakaiby, M. L. (1989) Drainage basins and flash flood hazard in selected parts of Egypt, *Egyptian Journal of Geology*, 33(1-2): 307 -323.
68. El Sabri, M. A. et al. (2016) Applying a Surface Water Model for Flash Flood Estimation in Some Selected Wadis

- North Western Part of Gulf of Suez, Egypt, Annals of the Geological Survey of Egypt, XXXIII: 175 - 196.
69. El Sabri, M. A. et al. (2017) Applying GIS and Surface Water Model to Avoid Flash Flood Disasters on Shagar Area, Eastern Desert, Egypt, Annals of the Geological Survey of Egypt, XXXIV: 235 – 256.
70. Elsadek, W. M. et al. (2019) Developing an overall assessment map for flood hazard on large area watershed using multi-method approach: case study of Wadi Qena watershed, Egypt, Natural Hazards, 95: 739 – 767.
71. El-Sayed, E. (2018) Development of synthetic rainfall distribution curves for Sinai area, Ain Shams Engineering Journal 9: 1949 – 1957.
72. El-Sayed, E. & E. Habib (2008) Advanced technique for rainfall-runoff simulation in arid catchments Sinai, Egypt, the 3rd International Conference on Water Resources and Arid Environments, 72 - 90.
73. El Shamy, I. Z. (1992a) A New Approach for Hydrological Assessment of Hydrographic Basins of Recent Discharge and Flooding Possibilities, 10th Symposium Quaternary and Development in Egypt, Mansura Univ., p 15 (Abstract)
74. El Shamy, I. Z. (1992b) Recent Recharge and Flash Flooding Opportunities in the Eastern desert, Egypt, Annals of the Geological Survey of Egypt, 18: 323 – 334.
75. Elstohy, R. & E. M. Ali (2023) A flash flood detected area using classification-based image processing for sentinel-2 satellites data: A case study of Zafaraana Road

- at Red Sea, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, 26: 807–814.
76. Esmail, A. et al. (2022) Integration of flood risk assessment and spatial planning for disaster management in Egypt, Progress in Disaster Science, 15: 100245.
77. Evenari, M. et al. (1968) “Runoff Farming” in the Desert: I. Experimental Layout, Agronomy Journal, 60(1): 29-32.
78. EXCIMAP (European exchange circle on flood mapping) (2007a) Handbook on good practices for flood mapping in Europe.
79. EXCIMAP (European exchange circle on flood mapping) (2007b) Atlas of Flood Maps Examples from 19 European countries, USA and Japan.
80. Ezz, H (2017) The Utilization of GIS in Revealing the Reasons behind Flooding Ras Gharib City, Egypt, International Journal of Engineering Research in Africa, 31: 135 - 142
81. FAO (1970) Pre-investment Survey of The North Western Coastal Region, United Arab Republic: Physical Conditions and Water Resources, Rome.
82. Farahat, M. et al. (2017) Developing Flash Floods Inundation Maps Using Remote Sensing Data, a Case Study: Wadi AL-Arish, Sinai, Egypt, American Journal of Engineering Research, 6(5): 172-181.
83. Fathy, I. et al. (2015) Runoff hydrograph modeling for arid regions (case study: Wadi sudr—Sinai), International Water Technology Journal, 5(1): 58-68.

84. Fathy, I. et al. (2021) Integrated management of surface water and groundwater to mitigate flood risks and water scarcity in arid and semi-arid regions, *Journal of Flood Risk Management*, 14(3): e12720
85. Floyer, E. A. (1895) L'âge du grès nubien et note sur l'érosion par le vent et l'eau, *Bulletin de l'Institut Egyptien*, 3(6): 229-236 + 12 plates.
86. Foody G. M. et al. (2004) Predicting locations sensitive to flash flooding in an arid environment, *Journal of Hydrology*, 292: 48-58.
87. Fourtau, R. (1918) Les pluies aux environs du Caire, *Bulletin de l'Institut d'Egypte*, 1: 87-115
88. Gabr, S. & M. El Bastawesy (2015) Estimating the Flash Flood Quantitative Parameters Affecting the Oil-fields Infrastructures in Ras Sudr, Sinai, Egypt, during the January 2010 Event, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 18(2): 137 – 149.
89. Gado, T. A. (2020) Statistical Behavior of Rainfall in Egypt, In: *Flash Floods in Egypt*, 13-30. Springer, Cham.
90. Geriesh, M. H. et al. (2004) Runoff Control and Water Management in Wadi Ghweabae Hydrographic Basin, Northwest of Gulf of Suez Region, EGYPT, *Proc. 7th Conf. Geology of Sinai for Development*, Ismailia, 53-67.
91. Gheith H. & M. Sultan (2002) Construction of a hydrologic model for estimating Wadi runoff and groundwater recharge in the Eastern Desert, Egypt, *Journal of Hydrology*, 263: 36-55

92. Ghoneim, E. et al. (2002) Characterizing the Flash Flood Hazards Potential along the Red Sea Coast of Egypt, International Association of Hydrological Sciences Publications, 271: 211-216.
93. Ghoneim, E. & G. M. Foody (2013) Assessing flash flood hazard in an arid mountainous region, Arabian Journal of Geosciences, 6(4): 1191 – 1202.
94. Ghoneim, S. et al. (2022) A GIS Vulnerability Assessment Tool to Support. Strategic Planning of Cities Facing Flash Floods - Case Study of Nuweiba City- Egypt, Civil Engineering and Architecture, 10(5A): 288 – 312.
95. Greenbaum, N. (2007) Assessment of dam failure flood and a natural, high-magnitude flood in a hyperarid region using paleoflood hydrology, Nahal Ashalim catchment, Dead Sea, Water Resources Research, 43(2): W02401
96. Greenbaum, N. et al. (1998) A high magnitude storm and flood in a hyperarid catchment, Nahal Zin, Negev Desert, Hydrological Processes, 12: 1 – 23.
97. Grodek, T. et al. (2000) Urbanizing alluvial fans as flood-conveying and flood-reducing systems: lessons from the October 1997 Eilat flood, IAHS Publications, 261: 229 – 250.
98. Hadidi, A. (2016) Wadi Bili catchment in the eastern desert: flash floods, geological model and hydrogeology, Ph. D. Technische Universität Berlin
99. Hamedo, N. (2021) Flash Flood Management in Arid Region: A Case Study Urban Bani Wasil Village, Sohag

- Governorate, Engineering Research Journal [Helwan Univ.], 169: C1- C16.
100. Hamouda, M. (2024) Developing Flood Maps at Different Return Periods in Arid Regions Using the Geomorphic Flood Assessment Tool, M. Sc. Thesis, Faculty of Engineering, Fayoum University.
101. Hamouda, M. et al. (2024) Extension of the Geomorphic Flood Index classifier to predict flood inundation maps for uncalibrated rainfall depths in arid regions, Natural Hazards, 120: 4633–4655.
102. Habib, A. A. et al. (2024) Investigation of hydraulic characteristics down stream of Gabion dams, The Egyptian International Journal of Engineering Sciences and Technology, 45: 1 – 9.
103. Hamed, M. M. et al. (2021) Performance evaluation of reanalysis precipitation products in Egypt using fuzzy entropy time series similarity analysis, International Journal of Climatology, 41(11): 5431 - 5446.
104. Hegazy, M. N. et al. (2023) Estimation of expected peak discharge and flood volume of the Heliopolis basin, East Cairo, Egypt, using RS and WMS program, Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, 26: 676 – 690.
105. Herget, J. (2024) Flood Reconstruction: Palaeohydrological Approaches, Methods and Results, Springer, Cham.
106. Hermas E., A. Gaber & M. El Bastawesy (2021) Application of remote sensing and GIS for assessing and

- proposing mitigation measures in flood-affected urban areas, Egypt, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences 24: 119 - 130.
107. Hermina et al., (1989) Stratigraphic Lexicon And Explanatory Notes To The Geological Map Of Egypt 1: 500000, Conoco.
108. Herschy, R. W. (2002) The world's maximum observed floods, Flow Measurement and Instrumentation, 13(5-6): 231 – 235
109. Herschy, R. W. (2004) World Catalogue of Maximum Observed Floods, International Association of Hydrological Sciences Press, Wallingford.
110. Hume, W. F. (1925) Geology of Egypt, vol. 1, Government Press, Cairo.
111. Hussein, M. S. (2021) Flash Flood Hazard Prediction of Shalatin City, Red Sea Coast, Egypt Utilizing HEC-RAS Model, CATRINA: The International Journal of Environmental Science, 23(1): 93 – 103.
112. Kahana R. et al. (2002) Synoptic climatology of major floods in the Negev Desert, International Journal of Climatology, 22(7): 867 – 882.
113. Kehew, A. E. et al. (2010) Reconstructing an extreme flood from boulder transport and rainfall–runoff modelling: Wadi Isla, South Sinai, Egypt, Global and Planetary Change, 70(1-4): 64 – 75.
114. Khalifa, A. et al. (2022) Morphometric-hydro Characterization of the Coastal Line between El-Qussier

- and Marsa-Alam, Egypt: Preliminary Flood Risk Signatures. *Applied Sciences*, 12(12): 6264.
115. Khalifa, A. et al. (2023) Remotely Sensed Data, Morpho-Metric Analysis, and Integrated Method Approach for Flood Risk Assessment: Case Study of Wadi Al-Arish Landscape, Sinai, Egypt. *Water*, 15(9): 1797.
116. Khalil, N. (2021) Flash Flood Management in Arid Region: A Case Study Sohag Governorate, Egypt, M.S. Thesis, faculty of Engineering, Helwan university.
117. Khattab, M. I. et al. (2023) Evaluation of multiple digital elevation models for hypsometric analysis in the watersheds affected by the opening of the Red Sea, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 26(4): 1020 – 1035.
118. Kidron, G. J. (1999) Differential water distribution over dune slopes as affected by slope position and microbiotic crust, Negev Desert. *Hydrological Processes*, 13(11): 1665 – 1682.
119. Kidron, G. & K. Pick, K. (2000) The limited role of localized convective storms in runoff production in the western Negev Desert, *Journal of Hydrology*, 229(3-4): 281 – 289.
120. Kidron, G. J. & A. Yair (1997) Rainfall–runoff relationships over encrusted dune surfaces, Nizzana, western Negev, *Earth Surface Processes and Landforms*, 22(12): 1169 – 1184.

121. Klein, M. (2000) The formation and disappearance of a delta at the El-Arish river mouth, IAHS Publications, 261: 303 – 310.
122. Kuster, F. et al. (2023). How does your viewing perspective matter for decision-making with flood risk maps?, Cartography and Geographic Information Science, 50(6): 562 – 573.
123. Lekach, J. & Y. Enzel (2021) Flood-duration-integrated stream power and frequency magnitude of >50-year-long sediment discharge out of a hyperarid watershed, Earth Surface Processes and Landforms, 46(7): 1348 – 1362.
124. Little, O. (1941) The Water Supply of El Tor, Survey Department, Cairo.
125. Liu, Z. et al. (2019) Conceptual Hydrological Models. In: Handbook of Hydrometeorological Ensemble Forecasting, Springer, Berlin, 389 – 411.
126. Lyle, T. S. (2024) Implications of disclosure and non-disclosure of flood hazard maps – a synthesis for the Canadian context, Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques, 49(3): 282 – 299.
127. Mabrouk, M. et al. (2023) Spatial congruency or discrepancy? Exploring the spatiotemporal dynamics of built-up expansion patterns and flood risk, Science of the Total Environment, 915: 170019.
128. Maher, A. et al. (2023) Assessing Flood Risks in Arid Zones by Linking Remote Sensing Techniques and GIS,

- Journal of Al-Azhar University Engineering Sector, 18: 850 – 868.
129. Maranzoni, A. et al. (2023) Quantitative flood hazard assessment methods: A review, Journal of Flood Risk Management, 16(1): e12855.
130. Mashaly, J. & E. Ghoneim (2018) Flash flood hazard using optical radar and stereo-pair derived DEM: Eastern Desert, Egypt, Remote Sensing, 10: 1204.
131. Masoud, A. A. (2004) Flash flood potential, mitigation, and floodwater resource management integrating remote sensing and GIS technologies in Safaga Area, Egypt, Journal of Geosciences, Osaka City University, 47: 21 – 38.
132. Masoud, A. A. (2011) Runoff modeling of the wadi systems for estimating flash flood and groundwater recharge potential in Southern Sinai, Egypt, Arabian Journal of Geosciences, 4: 785 – 801.
133. Milewski, A. et al. (2009) A remote sensing solution for estimating runoff and recharge in arid environments, Journal of Hydrology, 373: 1 – 14.
134. Moawad, M. B. (2013) Analysis of the flash flood occurred on 18 January 2010 in wadi El Arish, Egypt (a case study), Geomatics, Natural Hazards and Risk, 4(3): 254 - 274.
135. Moawad, M. B. et al. (2016) Flash floods in the Sahara: a case study for the 28 January 2013 flood in Qena, Egypt, Geomatics, Natural Hazards and Risk, 7(1): 215 - 236.

136. Morad, M. et al. (2018) Applicability of Hydrologic Modeling in Semi-Arid and Arid Region. Case Study : Wadi El-Melaha, Sinai, Egypt, International Research Journal of Engineering and Technology, 5(9): 1363 – 1374.
137. Morad, N. et al. (2016) Assessment of the Rainfall Storm Events of January 2010 and March 2014 for The Catchment Modeling of Wadi El Arish and Wadi Wardan Basins, Sinai, Egypt, Egyptian Journal of Desert Research, 66(1): 137 - 167.
138. Morad, N. et al. (2020) Assessment of Flash Flood “April 2018” and Its Effect on Wadi Degla and Wadi El-Halazouni, East Cairo, Egypt, Egyptian Journal of Desert Research, 70(1): 25 - 57.
139. Morin, E. & H. Yakir (2014) Hydrological impact and potential flooding of convective rain cells in a semi-arid environment, Hydrological Sciences Journal, 59 (7): 1353 – 1362.
140. Murray G. W. (1945) A note on the Sadd El-Kafara: The ancient Dam in the Wadi Garawi, Bulletin de l'Institut d'Égypte, 28: 33-46.
141. Nashwan, M. S. et al. (2019) Assessment of satellite-based precipitation measurement products over the hot desert climate of Egypt, Remote Sensing, 11(5): 555.
142. Nashwan, M. S. et al. (2020) Performance of five high resolution satellite-based precipitation products in arid region of Egypt: An evaluation, Atmospheric Research, 236: 104809.

143. Nathan, R. & J. Ball (2019) Approaches to Flood Estimation, In: A Guide to Flood Estimation, Book 1: Scope and Philosophy, The Australian Rainfall and Runoff, Barton, 31- 49.
144. Omar, A. E. et al. (2016) Flash Flood Hazard Mapping of Wadi Baba Basin, Southwestern Sinai, Egypt, SINAI Journal of Applied Sciences, 5(3): 409-426.
145. Omran A. et al. (2011) Flood hazard assessment in Wadi Dahab, Egypt based on basin morphometry using GIS techniques. In: A. Car et al. (Eds), Geospatial crossroads GI_Forum '11 Proceedings of the Geoinformatics Forum Salzburg, Wichmann Verlag, VDE Verlag, Berlin.
146. Panigrahi, M. & A. Sharma (2024) Flood Vulnerability Mapping and Resilience in Urban Setting: A Review of Conceptual Frameworks and Assessment Methods. In: Flood Risk Management. Springer, Singapore, 235 – 270.
147. Pappenberger, F. & K. J. Beven (2006), Ignorance is bliss: Or seven reasons not to use uncertainty analysis, Water Resources Research, 42(5): W05302.
148. Pérez-Morales, A. et al. (2022) Dasymetry Dash Flood (DDF). A method for population mapping and flood exposure assessment in touristic cities, Applied Geography, 142: 102683.
149. Physical Department (1922) Climatological Normals for Egypt and the Sudan, Candia, Cyprus and Abyssinia, Government Press, Bulaq.

150. Physical Department (1938) Climatological Normals for Egypt and the Sudan, Cyprus and Palestine, Government Press, Bulaq.
151. Prama, M. et al. (2020) Vulnerability assessment of flash floods in Wadi Dahab Basin, Egypt, Environmental Earth Sciences, 79(5): 114
152. Ragab, R. A. et al. (2020) Hydromorphometric parameters for the assessment of flashfloods hazards of Wadi Rahaba basin, Shalatin area, Annals of the Geological Survey of Egypt, 37(2): 417 – 436.
153. Rabah, M. et al. (2017) Assessment of the most recent satellite based digital elevation models of Egypt, NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics, 6(2): 326 - 335.
154. Redwan, M. & D. Rammlmair (2017) Flood hazard assessment and heavy metal distributions around Um Gheig mine area, Eastern Desert, Egypt, Journal of Geochemical Exploration, 173: 64 - 75 .
155. Redwan, M. et al. (2021) Flood hazard assessment and characteristics of cement kiln dust in Ain Sukhna industrial area, north-western part of the Gulf of Suez, Egypt, Environmental Progress and Sustainable Energy, 40(3): e13546 .
156. Rinat, Y. et al. (2021) Hydrometeorological analysis and forecasting of a 3 D flash-flood-triggering desert rainstorm, Natural Hazards and Earth System Sciences, 21: 917 – 939.

157. Saad, K. F. et al. (1980) Quantitative Analysis of the Geomorphology and Hydrology of Sinai Peninsula, Annals of the Geological Survey of Egypt, 10, 819 - 836.
158. Saber, M. et al. (2008) Surface runoff modeling of ephemeral streams considering homogenization theory in arid regions, Wadi Assiut in Egypt, Annals of Disaster Prevention Research Institute Kyoto Univ., 51B: 769-783.
159. Saber, M. et al. (2017) Assessing flash floods prone regions at wadi basins in Aswan, Egypt, Annals of Disaster Prevention Research Institute Kyoto Univ., 60B: 853-863.
160. Saber, M. et al. (2022) Examining LightGBM and CatBoost models for wadi flash flood susceptibility prediction, Geocarto International, 37(25): 7462 – 7487.
161. Sadek, M. & X. X. Li (2019) Low-Cost Solution for Assessment of Urban Flash Flood Impacts Using Sentinel-2 Satellite Images and Fuzzy Analytic Hierarchy Process: A Case Study of Ras Ghareb City, Egypt, Advances in Civil Engineering, 2019: 2561215
162. Sadek, M. et al. (2020) Low-Cost Solutions for Assessment of Flash Flood Impacts Using Sentinel-1/2 Data Fusion and Hydrologic/Hydraulic Modeling: Wadi El-Natron Region, Egypt, Advances in Civil Engineering, 2021: 1039309
163. Sadek, M. et al. (2021) Monitoring flash flood hazard using modeling-based techniques and multi-source remotely sensed data: The case study of Ras Ghareb City, Egypt, Arabian Journal of Geosciences, 14(19): 2030.

164. Salaam, A. A. (2006) Usage of satellite images and geographic information to estimate rainfall over Egyptian highland, M. Sc., Department of Astronomy and Meteorology, Faculty of Science, Cairo University.
165. Salah, M. et al. (2024) A tolerant hydrologic technique for real-time selection of optimum QPFs from NWPMs for flood warning applications, Water Science & Technology, 89(4): 841
166. Saleh, A. A. (2022) Using the Height above Nearest Drainage Method (HAND) to Improve Flood Intensity Maps in the Egyptian Floods Atlases: Case Study (Wady El-lbrahemy), Nile Water Science and Engineering Journal, 13(1): 25 – 34.
167. Saleh, A. A. et al. (2017a) Finding the design storm hyetograph for the Suez Gulf area, Al-Azhar University Civil Engineering Research Magazine, 39(2): 323-331.
168. Saleh, A. A. et al. (2017b) Flash flood risk assessment: A Case Study in Wadi Abu Sobeira, Aswan, Al-Azhar University Civil Engineering Research Magazine, 39(2): 300 - 310.
169. Schick, A. P. (1973) Desert floods: interim results of observations in the Nahal Yael Research Watershed, Southern Israel, 1965-1970, in: Results of research on representative and experimental basins: proceedings of the Wellington Symposium, International Association of Hydrological Sciences & UNESCO, 478-493.

170. Schick, A. P. & J. Lekach (1981) High bedload transport rates in relation to stream power Wadi Mikeimin, Sinai, Catena, 8(1): 43-47.
171. Schick, A. P. & J. Lekach (1987) A High Magnitude Flood in the Sinai desert, in: Catastrophic Flooding, Allen & Unwin, Winchester, 381 - 410.
172. Sharma, K. D. & J. S. R. Murthy (1995) Hydrologic routing of flow in arid ephemeral channels, Journal of Hydraulic Engineering, 121(6): 466 – 471.
173. Shanan, L. & A. P. Schick (1980) A hydrological model for the Negev Desert Highlands effects of infiltration, runoff and ancient agriculture, Hydrological Sciences Journal, 25(3): 269 - 282.
174. Sharon, D. (1970) Topography-conditioned variations in rainfall as related to the runoff contributing areas in a small watershe, Israel Journal of Earth Sciences, 17: 885 – 889.
175. Sharon, D. (1972) The spottiness of rainfall in a desert area, Journal of Hydrology, 17(3): 161 – 175.
176. Sharon, D. (1980) The distribution of effective rainfall incident on sloping ground, Journal of Hydrology, 46(1-2): 165-188.
177. Sharon, D. et al. (2000) The study of rainfall distributions in small watersheds in Israel: From early observations to model simulations, IAHS Publications, 261: 13 – 28.
178. Smith G. P. et al. (2014) Flood hazard, WRL technical report 2014/07 30. UNSW Australia Water Research Laboratory.

179. Solomatine, D. P. & T. Wagener (2011) Hydrological Modeling, In: Treatise on Water Science, Vol. II. Elsevier, Amsterdam, 435 - 457.
180. Soltani, M. et al. (2023) A 20-year satellite-reanalysis-based climatology of extreme precipitation characteristics over the Sinai Peninsula, Earth System Dynamics, 14(5), 931 – 953.
181. Stewart, D. et al. (2012) Curve Number Determination Methods and Uncertainty in Hydrologic Soil Groups from Semiarid Watershed Data. Journal of Hydrologic Engineering, 17(11): 1180–1187.
182. Sumi, T. et al. (2013) Japan-Egypt hydro network: Science and technology collaborative research for flash flood management, Journal of Disaster Research, 8(1): 28-36 + 177-178.
183. Sutton, L. J. (1926) The Climate of Helwan, Government Press, Cairo.
184. Sutton, L. J. (1931) Exceptional Rain in the Libyan Desert, Meteorological Magazine, 66(782): 29 – 31.
185. Sutton, L. J. (1949) Rainfall in Egypt: Statistics, Storms, Run-off, Government Press, Cairo.
186. Tügel, F. et al. (2020a) Rainfall-Runoff Modeling to Investigate Flash Floods and Mitigation Measures in the Wadi Bili Catchment, Egypt. In: Advances in Hydroinformatics, Springer, Singapore, 559 - 573.
187. Tügel, F. et al. (2020b) Flash flood simulations for an Egyptian city - mitigation measures and impact of infiltration, Urban Water Journal, 17(5): 396 - 406.

188. Tügel, F. et al. (2022) Applicability of Literature Values for Green–Ampt Parameters to Account for Infiltration in Hydrodynamic Rainfall–Runoff Simulations in Ungauged Basins, *Environmental Modeling and Assessment*, 27(2): 205 – 231.
189. Twist, T. F. (1936) Exceptional Rain in the Libyan Desert, *Meteorological Magazine*, 71(851): 265 – 257 + 2 plates.
190. Van Alphen, J. et al. (2009) Flood risk mapping in Europe: Experiences and best practices, *Journal of Flood Risk Management*, 2(4): 285-292.
191. Wahba, M. et al. (2022) Alleviation approach for flash flood risk reduction in urban dwellings: A case study of Fifth District, Egypt, *Urban Climate*, 42: 101130 .
192. Walpole, G. F. (1932) An ancient subterranean aqueduct, West Matruh, *Survey of Egypt*, Giza.
193. Walters, M. O. (1990) Transmission losses in arid region, *Journal of Hydraulic Engineering*, 116(1): 129 – 138.
194. Wheeler, H. S. (2008) Modelling hydrological processes in arid and semi-arid areas: An introduction. In: H. S. Wheeler et al, *Hydrological modeling in arid and semi-arid areas*, Cambridge University Press, 1 – 20.
195. WMO & GWP (World Meteorological Organization & Global Water Partnership) (2013) Flood mapping. *Integrated Flood Management Tools Series No.20*, World Meteorological Organization, Geneva.
196. Xu, C. Y. et al. (2019) Black-Box Hydrological Models. In: *Handbook of Hydrometeorological Ensemble Forecasting*, Springer, Berlin, 341 – 387.

197. Yair, A. (1990) Runoff generation in a sandy area-the Nizzana sands, Western Negev, *Earth Surface Processes and Landforms*, 15(7): 597–609.
198. Yair, A. & M. Klein (1973) The influence of surface properties on flow and erosion processes on debris covered slopes in an arid area, *CATENA*, 1, 1–18.
199. Yair, A. & H. Lavee (1976) Runoff Generative Process and Runoff Yield from Arid Talus Mantled Slopes, *Earth Surface Processes*, 1(3): 235-247.
200. Yair, A. & H. Lavie (1985) Runoff Generation in Arid and Semi-arid Zones, in: *Hydrological Forecasting*, Wiley, Chichester, 183 – 220.
201. Yakir, H. & E. Morin (2011) Hydrologic response of a semi-arid watershed to spatial and temporal characteristics of convective rain cells, *Hydrology and Earth System Sciences*, 15: 393 – 404.
202. Yallouze, M. (1940) Détermination de la constante d'évaporation de l'eau contenue dans les roches et sables, *Bulletin de l'Institut d'Egypte*, 23(2): 231 - 245
203. Yehia M. A. et al. (2000a) flash flooding threat to the Red Sea coastal towns of Ras Gharib and Hurghada, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 2: 87-106.
204. Yehia M. A. et al. et al. (2000b) flash flooding threat to the Red Sea coastal towns of Safaga, Quseir and Marsa El Alam, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 2: 69-86.

205. Yousif, M. & H. M. Hussien (2020) Flash floods mitigation and assessment of groundwater possibilities using remote sensing and GIS applications: Sharm El Sheikh, South Sinai, Egypt, Bulletin of the National Research Centre, 44: 50.
206. Youssef, A. M. et al. (2011) Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery, Environmental Earth Sciences, 62(3): 611 – 623.
207. Youssef A. M. et al. (2021) The devastating flood in the arid region a consequence of rainfall and dam failure: Case study, Al-Lith flood on 23th November 2018, Kingdom of Saudi Arabia, Zeitschrift für Geomorphologie, 63(1): 115 - 136.
208. Youssef, A. M. et al. (2020) Assessment and management of water resources in Wadi El-Deeb using geophysical, hydrological and GIS techniques-Red Sea, Journal of African Earth Sciences, 164: 103777.
209. Youssef, A. M. et al. (2022) Advanced machine learning algorithms for flood susceptibility modeling — performance comparison: Red Sea, Egypt, Environmental Science Pollution Research, 29: 66768–66792
210. Youssef, N. M. et al. (2017) Proposed Scenarios for Management the Inundated Areas at Delta Water [i. e. Watir Delta], South Sinai, Egypt, Al-Azhar University Civil Engineering Research Magazine, 39(1): 135 - 150.
211. Zayed, A. et al. (2023) Evaluation of vertical accuracy of TanDEM-X Digital Elevation Model in Egypt, The

Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences,
26: 919 – 936.

الملحق ١

الدراسات المنشورة عن أخطار السيول في مصر ١٩٧٤ - ٩ / ٢٠٢٤

فيما يلي الأعمدة الأولى من قاعدة بيانات عن الدراسات التي تم اختيارها لتحليل مضمونها في البحث الحالي، وهي تشمل دراسات عن الأخطار أو المخاطر أو الحساسية للخطر أو قابلية التضرر، ودراسات أخرى قطعت نصف الطريق لدراسة الخطر، أكثرها عن خصائص الجريان السيلي. ولا تشمل قاعدة البيانات دراسات استبعدت لعموميتها، أو لعدم مناسبة مضمونها لموضوع هذا البحث حتى لو كان العنوان يبدو مناسباً.

يبلغ عدد هذه الدراسات في هذا الملحق ٢٥٧، منها ٦٣ بالعربية (ع) و ١٩٤ بالإنجليزية (إ)، وينتمي المؤلفون إلى التخصصات التالية وفق النسب المئوية التالية: الجيولوجيا (ل) ٣٩,٧ %، والجغرافيا (غ) ٣٠,٠ %، وعلوم الأرض (ع) ٢,٧ %، والهندسة الهيدروليكية أو التخطيط العمراني (هـ) ٢٣,٧ %، وعلوم الحاسب (س) ٣,٥ %، وباحث واحد من تخصص آخر (خ).

وقد وزعت الدراسات على الطرق السبع، وجمعت الدراسات التي يصعب تصنيفها (لغياب المنهجية الواضحة) وكذلك الدراسات الوصفية في تصنيف مستقل في نهاية الجدول. ثم رتبّت الدراسات المنتمية إلى طريقة واحدة ترتيباً زمنياً.

ويضم العمود الأول المؤلف الأول أو الوحيد للدراسة، يليه لغة الدراسة، ثم تخصص المؤلف، ثم سنة النشر، ثم عنوان الدورية (ترجمت عناوين الدوريات غير العربية)، ثم منطقة الدراسة بهذا الشكل: بين قوسين إذا كانت مكاناً مهدداً، وبغير

قوسين إذا كانت حوضاً، مثلاً (العريش) تعني مدينة العريش، العريش دون قوسين تعني وادي العريش.

ومن هذه الدراسات ال ٢٥٧ وردت ١٠٠ في قائمة المراجع، ويبين العمود الأخير الاسم الذي وردت به في القائمة.

الطريقة الأولى: الأرصاد والتجارب

Sharon	أودية قرب طابا	مجلة الهيدرولوجيا	1972	ع	إ	ديفيد شارون
Yair	بين طابا ونوبيع	عمليات سطح الأرض	1976	ع	إ	أهارون يائير
Tügel	بيلي	النمذجة البيئية والتقييم	2022	هـ	إ	فرنسكا توجل

الطريقة الثانية: دراسات الحالة

Schick	مكيمن (رافد وتير)	نشرت ملخصة كفصل في كتاب (١٩٨٧)	1974	ع	إ	يهوديت لقاح
أحمد سالم	(طريق نوبيع رأس النقب)	المجلة الجغرافية العربية	1989	غ	ع	أحمد سالم
أحمد سالم	فيران	المجلة الجغرافية العربية	1994	غ	ع	أحمد سالم
ممدوح تهامي	(شرم الشيخ)	مجلة بحوث كلية الآداب، المنوفية	1998	غ	ع	ممدوح تهامي
	كل مصر عدا الساحل الشمالي	حوليات المساحة الجيولوجية المصرية	1999	ل	إ	حسن العتر
Klein	العريش	منشورات الرابطة الدولية للعلوم الهيدرولوجية	2000	ع	إ	ميخا كلاين

Ashour	(درنكة)	مجلة الجمعية الجغرافية المصرية	2002	غ	إ	محمود عاشور
Moawad	العريش	الجيوماتكس والأخطار الطبيعية والمخاطر	2013	غ	إ	معوض بدوي
	العريش	مجلة بحوث الشرق الأوسط	2013	غ	ع	وهبة حامد
Moawad	قنا	الجيوماتكس والأخطار الطبيعية والمخاطر	2016	غ	إ	معوض بدوي
	النطرون والفارغ	مجلة الجمعية الجغرافية المصرية	2017	غ	إ	عمرو محسوب
	(طريق إدفو مرسى علم)	مجلة كلية الآداب جامعة المنصورة	2017	غ	ع	محمد عبد العزیز عزب
	الصف	مجلة علوم الأرض الأفريقية	2017	ل	إ	محمد البسطويسى
Sadek	(رأس غارب)	التقدم في الهندسة المدنية	2019	هـ	إ	محمد صادق
	سهل كوم امبو	مجلة كلية الآداب جامعة قناة السويس	2019	غ	ع	منصور عبد العاطي
محمد إبراهيم	البارود	مجلة كلية الآداب جامعة طنطا	2019	غ	ع	محمد إبراهيم
	العريش	مجلة جامعة بني سوف للعلوم الأساسية والتطبيقية	2020	ع	إ	علي عماشة
Abdeldayem	(عفونة)	الماء	2020	هـ	إ	عمر عبد

الدايم						
محمد صادق	إ	هـ	2020	التقدم في الهندسة المدنية	وادي النطرون	Sadek
هناء مجاهد	إ	ل	2020	مجلة المركز القومي للبحوث	دجلة	
كريم عبد ربه	إ	هـ	2020	الاستشعار من بعد [بازل]	(الغردقة)	Abdrabo
فرنسيسكا توجل	إ	هـ	2020	مجلة الماء الحضري	(الجونة)	Tügel
أديلي يانج	إ	هـ	2021	مجلة إدارة خطر الفيضان	(الإسكندرية)	
وائل عطية	إ	غ	2022	الاستدامة	بعبع	
دعاء أمين	إ	هـ	2022	الهندسة المدنية والعمارة	(أسوان)	Amin
كريم عبد ربه	إ	هـ	2022	فصل في كتاب	(العريش، رأس غارب، السلوم، درنكة، الغردقة)	
صفاء غنيم	إ	هـ	2022	الهندسة المدنية والعمارة	(نوبيع)	
رشا السطوحي	إ	ح	2023	المجلة المصرية للاستشعار	(طريق الزعفرانة)	
محمود مبروك	إ	هـ	2023	علم البيئة الشاملة	(الإسكندرية)	Mabrouk
كريم عبد ربه	إ	هـ	2023	مناخ الحضر	(الإسكندرية)	Abdrabo

الطريقة الثالثة: الطرق المورفومترية

	شعيت، خريطة	المؤتمر الدولي الثامن للإحصاء وعلوم الحاسب، عين شمس	1983	ل	إ	إبراهيم على القصاص
Ashmawy	البارود، سفاجا	مجلة المركز الدولي ITC	1994	ل	إ	محمود عشماوي
El-Etr	طريق إدفو مرسى علم وطريق ساحل البحر الأحمر	المنشورات الخاصة للمساحة الجيولوجية المصرية	1995	ل	إ	حسن العتر
El-Etr	فيران	المنشورات الخاصة للمساحة الجيولوجية المصرية	1995	ل	إ	حسن العتر
Aggour	أودية خليج العقبة	مجلة معهد الصحراء، مصر	1999	ل	إ	طارق عجور
Ashmawy	عدد ١٠٨ أودية في سيناء	حوليات المساحة الجيولوجية المصرية	2000	ل	إ	محمود عشماوي
	الجمال	مركز بحوث الشرق الأوسط سلسلة علوم الأرض	2001	ل	إ	محمود عشماوي
	بين أسبوط والمنيا	المجلة المصرية للجيولوجيا	2002	ل	إ	محمود عشماوي
Ghoneim	العلم	منشورات الرابطة الدولية للعلوم الهيدرولوجية	2002	غ	إ	إيمان غنيم

طارق عجور	إ	ل	2007	حوليات المساحة الجيولوجية المصرية	فيران
طارق عجور	إ	ل	2008	حوليات المساحة الجيولوجية المصرية	بعبع وسدري
سمير زيد	إ	ل	2008	مجلة كلية العلوم جامعة الزقازيق	(سفاجا)
سمير زيد	إ	ل	2009	مؤتمر البيئة كلية العلوم جامعة الزقازيق	(القصير)
محمد عبد العزيز عزب	إ	غ	2009	مؤتمر البيئة كلية العلوم جامعة الزقازيق	(مرسى علم - رأس بناس)
أسامة حسين	ع	غ	2012	مجلة كلية الآداب جامعة القاهرة	(شرق المنيا)
معوض بدوي	إ	غ	2012	مجلة الجيوماتكس [الهند]	(سفاجا - القصير)
حسام محمد	ع	غ	2012	فكر وإبداع	سهل كوم امبو
عبد العظيم الركابي	إ	هـ	2015	المجلة الدولية للبحوث العلمية والهندسية	فيران
علي عمر	إ	ل	2016	مجلة سيناء للعلوم التطبيقية	بعبع Omar
محمد جاد	إ	هـ	2016	المجلة الأوروبية للقانون	أودية الساحل الشمالي
أحمد وحيد	إ	ل	2016	مجلة بحوث علوم الأرض [كولومبيا]	سهل القاع
مروة محمد	إ	هـ	2017	مجلة البحوث الهندسية	أودية خليج

محمد عبد الكريم	إ	ل	2017	الأخطار الطبيعية	الأسبوطي	العقبة
محمد عرنوس	إ	ل	2018	مجلة الصون الساحلي	بعبع، سدري، نخول	
هاني ربيع (بعد التعديل)	ع	غ	2018	حولية كلية الآداب جامعة بني سويف	(الحمراوين)	
فتحي أبو راضي	ع	غ	2019	المجلة الجغرافية العربية	(رأس غارب)	فتحي عبد العزیز
فتحي أبو راضي	ع	غ	2019	مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية	(ساحل مريوط)	فتحي عبد العزیز
سارة أبو زيد	إ	ل	2019	مجلة الهيدرولوجيا	دهب	Abuzied
نورا جمال الدين	ع	غ	2019	سلسلة بحوث جغرافية	(الغردقة)	
وائل الصادق	إ	هـ	2019	مجلة الإسكندرية للهندسة	قنا	
صبري حسين	إ	ل	2019	تطبيقات الاستشعار من بعد	عمبجي	
محمد يوسف	إ	ل	2020	مجلة المركز القومي للبحوث	(شرم الشيخ)	Yousif
رائيا رجب	إ	ح	2020	حوليات المساحة الجيولوجية المصرية	رحبة	Ragab
أحمد يوسف	إ	ل	2020	مجلة علوم الأرض الأفريقية	دثيب	Youssef
شريف أبو	إ	ل	2020	مجلة علوم الأرض	قصب، أبو نافوخ	

المجد				الأفريقية	
محمد إبراهيم	ع	غ	2020	حولية كلية الآداب جامعة بنى سويف	العلم محمد إبراهيم
شريف أبو المجد	إ	ل	2021	العلوم البيئية للأرض	غرندل
محمد الفخراني	إ	ل	2021	المجلة العربية للعلوم الجيولوجية	(شرق القاهرة)
محمد عرنوس	إ	ل	2022	مجلة الصون الساحلي	(رأس غارب) Arnous
أسماء نصر	إ	ل	2022	المجلة الدولية للعلوم الزراعية [قنا]	قويح
مصطفى الراوي	إ	هـ	2022	الماء	كل أودية سيناء
شكري عبد العزیز	إ	هـ	2022	مجلة العلوم الهندسية أسيوط	أودية خليج السويس
محمد الخزامي	إ	غ	2023	الجيوماتكس التطبيقية	عملوج
مصطفى الراوي	إ	هـ	2023	الأخطار الطبيعية	كل أودية سيناء
أحمد الرئيس	إ	ل	2023	بحوث النظم البيئية	(العاشر من رمضان)
محمد عبد الكريم	إ	ل	2023	الأخطار الطبيعية	قنا
أحمد الرئيس	إ	ل	2023	مجلة علوم الجبال	(سفاجا)
منى عمر	إ	ل	2024	مجلة الشرق الأوسط للعلوم التطبيقية	الإبراهيمي

دراسات أخطار السيول في مصر: مثالها – مقترحات لتحسينها منى سيد حسين

أحمد عبد الجواد	إ	هـ	2024	علم الماء التطبيقي	أودية سفاجا إلى بورت غالب
صافيناز محمود	إ	ل	2024	مجلة الجمعية الهندية للاستشعار	حلوان إلى أطفح
مصطفى كامل	إ	ل	2024	مجلة الجمعية الهندية للاستشعار	الأسيوطي

الطريقة الرابعة: الشامي

إبراهيم الشامي	إ	ل	1992	حوليات المساحة الجيولوجية المصرية	أودية الصحراء الشرقية
أحمد أبو رية	ع	غ	1999	مجلة المجمع العلمي المصري	أودية منحدرات هضبة الجلالة
محمد يحيى	إ	ل	2000	المجلة المصرية للاستشعار من بعد	(رأس غارب، الغردقة)
محمد يحيى	إ	ل	2000	المجلة المصرية للاستشعار من بعد	البارود، عمبجي، العلم
محمد حلمي جريش	إ	ل	2001	مؤتمر سيناء للتنمية السادس	فيران
عربي عربي	إ	ل	2005	المؤتمر الدولي لجيولوجية أفريقيا	عدد ٣١ واديا في محافظة سوهاج
محمد يحيى	إ	ل	2005	مجلة البحوث البيئية [الزقازيق]	أودية صحراء ج ق الدلتا
أحمد يوسف	إ	ل	2005	المؤتمر الدولي لجيولوجية أفريقيا	(محافظة سوهاج)

	(رأس غارب)	المؤتمر الدولي لجيولوجية أفريقيا	2005	ل	إ	أحمد يوسف
El-Behiry	غوبية	مجلة جامعة الملك عبد العزيز : علوم الأرض	2006	ل	إ	محمد البحيري
	(الأدبية)	كترينة: المجلة الدولية للعلوم البيئية	2008	ع	إ	حمدي أبو العلا
	(سفاجا - القصير)	الأخطار الطبيعية وعلوم النظام الأرضي	2009	ل	إ	أحمد يوسف
	أودية طريق سوهاج الخارجة	مجلة الدراسات البيئية جامعة سوهاج	2010	ل	ع	أحمد يوسف
	مغرة البحري، مغرة الحديرة، أبو سيالة	مجلة الصون الساحلي	2011	ل	إ	محمد عرنوس
Youssef	فيران	العلوم البيئية للأرض	2011	ل	إ	أحمد يوسف
Abdel-Lattif	سدر، وردان	المجلة العربية للعلوم الجيولوجية	2012	ل	إ	أيمن عبد اللطيف
	(تل العمارنة)	المجلة الأسترالية للعلوم الأساسية والتطبيقية	2013	ل	إ	سمير زيد
	الجمال، أم العبس، أبو غصون، لحمي	المجلة الدولية لعلوم الأرض	2014	ل	إ	فتحي عبد الله
	أودية هضبة طيبة	المجلة الجغرافية العربية	2014	غ	ع	أحمد أبو رية
	سنب	المجلة الدولية للعلم	2016	ل	إ	حسن ثابت

		الابتكاري				
	عمجي	العلوم البيئية للأرض	2016	ل	إ	محمد يوسف
Redwan	أم غيخ	مجلة الاستكشاف الجيوكيميائي	2017	ل	إ	مصطفى رضوان
	(رأس غارب)	الأخطار الطبيعية	2017	ل	إ	أحمد الناظر
	قنا	تطبيقات الاستشعار من بعد	2017	ل	إ	مايسة طه
	قنا	البحوث البيئية التطبيقية	2018	هـ	إ	وائل الصادق
	(الحمراوين)	حولية كلية الآداب جامعة بني سويف	2018	غ	ع	هاني ربيع (قبل التعديل)
	غرندل	مجلة الجمعية الجغرافية المصرية	2018	غ	إ	محمد فؤاد عبد العزیز
	المتولة	المجلة العربية للعلوم الجيولوجية	2018	ل	إ	على حمدان
محمد أحمد بدوي	(شرم الشيخ)	مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارثوجرافية	2019	غ	ع	محمد أحمد بدوي
	بدع	مجلة علوم الأرض وحماية البيئة	2019	ل	إ	شريف أبو المجد
	دجلة	هيدرولوجي	2021	ل	إ	عبد الجليل هويدي
	غرندل، أبو قعدة، متلا، الرينة	المجلة المصرية للجيولوجيا	2021	ل	إ	عراي عربي
Redwan	بدع	التقدم البيئي والطاقة المستدامة	2021	ل	إ	مصطفى رضوان

هاني ربيع	ع	غ	2022	مجلة كلية الآداب بقنا	(شرق بني سويق)
محمد رشوان	إ	ل	2023	مجلة الجمعية الدولية للمساحة التصويرية والاستشعار	القصور - بورت غالب

الطريقة الخامسة: النمذجة الهيدرولوجية

ماجد الركابي	إ	ل	1989	المجلة المصرية للجيولوجيا	وتير، فيران، قنا	El Rakaiby
حازم غيث	إ	هـ	2002	مجلة الهيدرولوجيا	الطرفا، الأسيوطي، قنا، الحمامات	Gheith
محمد حلمي جريش	إ	ل	2004	مؤتمر سيناء للتنمية السابع	غوبية	Geriesh
علاء مسعود	إ	ل	2004	مجلة علوم الأرض جامعة مدينة أوساكا	(سفاجا)	Masoud
جيلز فودي	إ	غ	2004	مجلة الهيدرولوجيا	العلم	Foody
محمد عبد العزیز عزب	ع	غ	2007	المجلة الجغرافية العربية	قصب	
محمد صابر	إ	ل	2008	حوليات معهد بحوث منع الكوارث بجامعة كيوتو	الأسيوطي	Saber
نيرمين نتعي	ع	غ	2009	مجلة كلية التربية القسم الأدبي (عين شمس)	(بني سويق)	

El Bastawesy	حوضين	العمليات الهيدرولوجية	2009	ل	إ	محمد البسطويسى
Milewski	سبنا والصحراء الشرقية	مجلة الهيدرولوجيا	2009	ع	إ	آدم ميلفسكى
	الأودية التي تنتهي إلى النيل	حوليات معهد بحوث منع الكوارث بجامعة كيوتو	2010	ل	إ	محمد صابر
	أبو دباب	المجلة المصرية للاستشعار	2010	ل	إ	إسلام أبو المجد
Kehew	إسلا	التغير العالمي والكوكبي	2010	ل	إ	ألن كيهيو
Masoud	أودية جنوب سيناء	المجلة العربية للعلوم الجيولوجية	2011	ل	إ	علاء مسعود
	العريش	مجلة بحوث الشرق الأوسط	2011	غ	ع	محمد فؤاد عبد العزيز
	أودية مرسى علم	مجلة الجمعية الجغرافية المصرية	2011	غ	إ	معوض بدوي
	دهب	فصل في كتاب	2011	ل	إ	عادل عمران
أحمد محمد أحمد	أودية حول أسوان	مجلة المجمع العلمي المصري	2012	غ	ع	أحمد أبو رية
	رحبة	المجلة العربية للعلوم الجيولوجية	2012	ل	إ	هدى سوسة
Sumi	العريش	مجلة بحوث الكوارث	2013	هـ	إ	تنسوا سومي
	(أسيوط)	مجلة بحوث الشرق	2013	غ	ع	هويدا توفيق

		الأوسط				
Ghoneim	العلم	المجلة العربية للعلوم الجيولوجية	2013	ل	إ	إيمان غنيم
	البارود	مجلة كلية الآداب جامعة قناة السويس	2015	ع	غ	محمود السيد شطا
Gabr	سدر، وردان	المجلة المصرية للاستشعار	2015	ل	إ	صفوت جبر
	أودية تصب في النيل	المجلة العربية للعلوم الجيولوجية	2015	ل	إ	محمد صابر
	عباد	حوليات معهد بحوث منع الكوارث بجامعة كيوتو	2015	هـ	إ	محمد عبد الفتاح
Morad	العريش، وردان	المجلة المصرية لبحوث الصحراء	2016	هـ	إ	نهلة مراد
El Sabri	حجول، بدع، غوبية	حوليات المساحة الجيولوجية المصرية	2016	ل	إ	محمد الصبري
	(القصير)	مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية	2016	ع	غ	عواد حامد
Abuzied	(نوبيع)	مجلة البيئات القاحلة	2016	ل	إ	سارة أبو زيد
	(بين الأقصر وقنا)	رسائل جغرافية	2016	ع	غ	محمد الراوي
El Sabri	سنة أودية تنتهي قرب رأس شقير	حوليات المساحة الجيولوجية المصرية	2017	ل	إ	محمد الصبري
عواد حامد	الجرافي	المؤتمر الجغرافي الأول	2017	ع	غ	عواد حامد

دراسات أخطار السيول في مصر: مثالها – مقترحات لتحسينها منى سيد حسين

		كلية الآداب، جامعة المنوفية				
محمد صابر	إ	ل	2017	المجلة الدولية لموارد الماء والبيئات القاحلة	الأسبوطي	
محمد صابر	إ	ل	2017	حوليات معهد بحوث منع الكوارث بجامعة كيوتو	أبو شيخ، أبو صبيرة	
هشام عبد المنصف	إ	ل	2018	مجلة إدارة مخاطر الفيضان	عمبجي	Abd-El Monsef
محمد عبد العزيز عزب	ع	غ	2018	المجلة الدولية للتنمية	فيران	محمد عبد العزيز عزب
ناصر عبد الستار	ع	غ	2018	مجلة كلية الآداب الفيوم	القرن وأودية حوله	
منال سمير شلبي	ع	غ	2018	مجلة كلية الآداب جامعة طنطا	(طريق شرم الشيخ ذهب)	
هاني عبد الحميد	إ	هـ	2018	المجلة العربية للعلوم الجيولوجية	(شمال الجونة)	Abd-Elhamid
محمد مراد	إ	هـ	2018	المجلة البحثية الدولية للهندسة والتكنولوجيا	المليحة (رافد سدر)	Morad
هشام عز	إ	هـ	2018	المجلة المصرية للاستشعار	درنكة	
هاني ربيع	ع	غ	2019	حوليات كلية الآداب جامعة بني سويف	(رأس غارب)	
حمدينه	ع	غ	2019	المجلة الجغرافية العربية	أودية تنتهي إلى حمدينه	

العوضي				حوض رياح	العوضي
منى الكيالي	ع	غ	2019	مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية	الغدير
عمر المسالمة	إ	هـ	2019	المؤتمر الدولي لتكنولوجيا المياه	ببلي
محمد البسطويسى	إ	ل	2019	مجلة علوم الأرض الأفريقية	إسل
نهلة مراد	إ	هـ	2020	المجلة المصرية لبحوث الصحراء	دجلة، الحلازوني
فرنسيسكا توجل	إ	هـ	2020	فصل في كتاب	ببلي
وفاء شحات	إ	ل	2020	مجلة الشبكة الآسيوية للهندسة والعلوم التطبيقية	الرملية
فلوريان باور	إ	هـ	2020	فصل في كتاب	(الجونة)
نهى دنيا	إ	هـ	2020	فصل في كتاب	فيران، هاشم
منى الكيالي	ع	غ	2020	المجلة العربية للدراسات الجغرافية	الجمال
نجلاء سيد	ع	غ	2020	مجلة كلية الآداب سوهاج	(المنيا)
أمنية السعداوي	إ	ل	2020	الاستدامة	الأطفيحي
ماريا براما	إ	ح	2020	العلوم البيئية للأرض	ذهب
ماجد الأسطى	إ	ل	2021	التكنولوجيا البيئية والابتكار	الأزرق

دراسات أخطار السيول في مصر: مثالها – مقترحات لتحسينها منى سيد حسين

محمد إبراهيم	ع	غ	2021	المجلة الجغرافية العربية	القرن	محمد إبراهيم
أمجد فتحي	ع	غ	2021	مجلة بحوث كلية الآداب جامعة المنوفية	الجغرافي	
عماد عبد الفتاح	ع	غ	2021	مجلة كلية الآداب بقنا	حواشيه، أبو حاد	
معوض بدوي	ع	غ	2021	حوليات آداب عين شمس	(رأس غارب)	معوض بدوي
محمد الفخراني	إ	ل	2021	العلوم البيئية للأرض	الأعوج	
محمد عبد الفتاح	إ	هـ	2021	مجلة الهندسة الهيدرولوجية	عباد	
إسماعيل فتحي	إ	هـ	2021	مجلة إدارة خطر الفيضان	وتير	Fathy
فاطمة على	ع	غ	2021	المجلة المصرية للتغير البيئي	حوضين	
إسماعيل عبد العاطي	إ	هـ	2022	المجلة الدولية للبحوث البيئية	سهل القاع	
بسمه طاهر	إ	هـ	2022	الماء	(القاهرة الجديدة)	
محمد وهبة	إ	هـ	2022	مناخ الحضر	(التجمع الخامس)	Wahba
عماد عبد الفتاح	ع	غ	2022	مجلة كلية الآداب بقنا	سنور	
وهبة حامد	ع	غ	2022	حولية كلية الآداب بني سويف	حوضين	وهبة حامد
شريف أبو	إ	ل	2022	فصل في كتاب	دجلة	

المجد					
نورا جمال الدين	ع	غ	2022	مجلة كلية الآداب جامعة قناة السويس	(رأس غارب)
محمد الحسين	ع	غ	2022	مجلة الدراسات الإنسانية والأدبية، كفر الشيخ	(أسوان)
عبد الرزاق الكومي	ع	غ	2022	مجلة كلية الآداب جامعة الفيوم	إيمو
صبحي عبد الحميد	ع	غ	2022	مجلة كلية الآداب بورسعيد	(القاهرة الجديدة)
السيد رمضان	إ	هـ	2022	الماء	سدر
إسماعيل عبد العاطي	إ	هـ	2023	مجلة الهيدرولوجيا: دراسات إقليمية	(أسوان)
محمد نجيب حجازي	إ	ل	2023	المجلة المصرية للاستشعار	أحواض شرق القاهرة
عبد الوهاب محمد	إ	هـ	2023	المجلة المصرية للاستشعار	(القاهرة الجديدة)
أمير إبراهيم	إ	هـ	2023	مجلة الهيدرولوجيا: دراسات إقليمية	الطبية
أحمد عبد الفتاح	ع	غ	2023	مجلة كلية الآداب بقنا	(طريق قنا الأقصر)
محمود خضر	ع	غ	2023	حوليات آداب عين شمس	قصيب
محمد الراوي	ع	غ	2023	مجلة كلية الآداب	العلاقي

دراسات أخطار السيول في مصر: مثالها – مقترحات لتحسينها منى سيد حسين

		جامعة دمياط				
عبد الرزاق الكومي	ع	غ	2023	مجلة كلية الآداب الفيوم	قوتة	
شبرين الشبوي	ع	غ	2023	مجلة كلية الآداب الفيوم	أودية مدخل خليج العقبة	
وهبة حامد	ع	غ	2023	مجلة كلية الآداب بني سويف	(السويس)	
هنير إبراهيم	ع	غ	2024	مجلة كلية الآداب السويس	سدر	
رنا عكاشة	ع	غ	2024	بحوث إينات عين شمس]	(القاهرة الجديدة)	
ضياء صبري	ع	غ	2024	مجلة كلية الآداب الفيوم	أبو شيخ، إيمو	ضياء صبري
أحمد فرحات	ع	غ	2024	مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد	عربة	

الطريقة السادسة: النمذجة الهيدروليكية

محمود فرحات	إ	هـ	2017	المجلة الأمريكية للبحوث الهندسية	العريش	Farahat
نهى يوسف	إ	هـ	2017	مجلة قسم الهندسة المدنية جامعة الأزهر	وتير	Youssef
أحمد عادل	إ	هـ	2017	مجلة قسم الهندسة المدنية جامعة الأزهر	أبو صبيبة	
جيهان مشالي	إ	هـ	2018	الاستشعار من بعد	(القصور)	Mashaly

	(الجونة)	فصل في كتاب	2018	هـ	إ	فرنسكا توجل
Sadek	(رأس غارب)	المجلة العربية للعلوم الجيولوجية	2021	هـ	إ	محمد صادق
Hussein	(شلاتين)	كترينة: المجلة الدولية للعلوم البيئية	2021	غ	إ	منى سيد
Hamedo	(عربان بني واصل)	مجلة البحوث الهندسية [جامعة حلوان]	2021	هـ	إ	نيفين حميدو
Elkhrachy	(القاهرة الجديدة)	مجلة إدارة خطر الفيضان	2021	هـ	إ	إسماعيل الخراشي
	البارود الأبيض	مجلة جامعة أسوان للدراستات البيئية	2021	هـ	إ	حسن محمد
Maher	سدر	مجلة قسم الهندسة المدنية جامعة الأزهر	2023	هـ	إ	أحمد ماهر
	الرشراش، النواية	الماء	2024	غ	إ	هبة الباجوري

الطريقة السابعة: طرق التعلم الآلي

	اللقطة	المجلة العربية للعلوم الجيولوجية	2021	ل	إ	شريف أبو المجد
El-Haddad	قنا	الأخطار الطبيعية	2021	ل	إ	بوسي الحداد
	دب	المجلة العربية للعلوم الجيولوجية	2022	ل	إ	شريف أبو المجد
Youssef	من سفاجا إلى رأس غارب	البحوث البيئية وبحوث التلوث	2022	ل	إ	أحمد يوسف
	غويبة، بدع	البحوث البيئية وبحوث	2022	ل	إ	شريف أبو

المجد			التلوث			
إسماعيل الخراشي	إ	هـ	2022	الاستشعار من بعد	(القاهرة الجديدة)	Elkhrachy
محمد صابر	إ	ل	2022	جيوكارتو الدولية	(الغردقة)	Saber
محمد وهبة	إ	هـ	2023	العلوم البيئية للأرض	(القاهرة الجديدة)	
محمد شوقي	إ	ح	2023	الاستشعار من بعد	كيد	
هناء مجاهد	إ	ل	2023	العلوم التطبيقية	(القاهرة الجديدة)	

الجمع بين أكثر من طريقة

أحمد الرئيس	إ	ل	2009	المؤتمر الدولي لصون الماء في الأراضي القاحلة	حجول	
باسم أحمد	ع	غ	2013	مجلة كلية الآداب جامعة دمياط	رجبة، دجلاني، معرفاي	
محمد عبد الفتاح	إ	هـ	2017	الماء	قنا	
نصر الدين سالم	ع	غ	2018	مجلة الدراسات الإنسانية والأدبية، كفر الشيخ	(رأس غارب)	
وائل الصادق	إ	هـ	2019	الأخطار الطبيعية	قنا	
أشرف أحمد علي	إ	غ	2019	سلسلة بحوث جغرافية	(حجازة)	أشرف أحمد علي
محمد صابر	إ	ل	2020	جيوساينسز	(العريش، رأس غارب، السلوم، درنكة، الغردقة)	

مصطفى كامل	إ	ل	2020	المجلة العربية للعلوم الجيولوجية	مرسى علم إلى أبو غصون	
أمل حسن	ع	غ	2021	مجلة جامعة أسيوط للبحوث البيئية	وادي خريط إلى وادي الدير	
عبد الرحمن خليفة	إ	ل	2022	العلوم التطبيقية	(القصور - مرسى علم)	Khalifa
عبد الرحمن خليفة	إ	ل	2023	الماء	العريش	Khalifa
محمود عبد الراضي	ع	غ	2024	مجلة كلية الآداب سوهاج	(غرب النيل سوهاج)	

وصفية أو طرق أخرى أو يصعب تصنيف الطريقة

عباس منصور	إ	ل	2004	حوليات المساحة الجيولوجية المصرية	من مرسى علم إلى رأس بناس	
محمد توفيق	إ	خ	2014	مجلة الماء والتغير المناخي	(سدر)	Ahmed
عمر حمدي	إ	هـ	2016	جيوساينسز	(أبو الريش بأسوان)	
امير جوهر	إ	هـ	2017	البيئة والتحضر	(الشيخ الشاذلي)	
سها محمد	إ	ح	2019	مجلة علوم الأرض الأفريقية	(قنا)	
سها محمد	إ	ح	2020	الأخطار الطبيعية	العريش	
سها محمد	إ	ح	2021	الأخطار الطبيعية	(أسيوط)	
أوكيشوكو	إ	ل	2021	التفسير	(نوبيع)	

أوبيجو						
السيد هرماس	إ	ل	2021	المجلة المصرية للاستشعار	مدن متعددة	
مروة علي	إ	هـ	2022	الأخطار الطبيعية	(نجع مبارك)	
أحمد عادل	إ	هـ	2022	مجلة مياه النيل	الإبراهيمي	Saleh
ضياء الدين القوصي	إ	هـ	2023	فصل في كتاب	أبو صبيبة	
أحمد صابر	ع	غ	2023	مجلة كلية الآداب بورسعيد	أبو درج	
نبيل عبدالعزيز	إ	ح	2023	المجلة الدولية للعلم النيوترووسوفي	شرق سوهاج	AbdelAziz
نبيل عبدالعزيز	إ	ح	2023	فيوجن [مجلة جمعية العلم النيوترووسوفي]	(محافظة أسيوط)	AbdelAziz