SEBHA UNIVERSITY JOURNAL OF HUMAN SCIENCES VOL.22 NO. 2 2023
DOI: 10.51984/JOHS.V22I2.2664

مجلة جامعة سبها للعلوم الإنسانية
Sebha University Journal of Human Sciences

Journal homepage: https://sebhau.edu.ly/journal/index.php/johs

إدارة أخطار السيول في منطقة غات (جنوب غرب ليبيا) باستخدام التقنيات المكانية

شوقي شحدة أحمد ناصر

قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة سبها، ليبيا.

الملخص

تتعرض مدينة غات وبعض المناطق المجاورة لها لجريان السيول على فترات متباعدة، لكنها قد تكون خطيرة ومدمرة في حالات نادرة، كما حدث في شهر يونيو 2019م. ويهدف البحث إلى اقتراح حلول لتجنيب مدينة غات وجوارها أخطار السيول في المستقبل. وتم استعمال تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تحقيق هذا الهدف. ولذلك تم الاعتماد على مرئية فضائية مأخوذة من القمر الصناعي الأوربي **(Sentinel 2)** لتحديد المناطق التي تعرضت للسيول ومسارات الأودية التي اجتاحت المنطقة في بداية يونيو 2019 ، كما تم الاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية **(SRTM1)** لإجراء التحليلات المورفومترية واستخلاص شبكات التصريف للأودية المؤثرة على مدينة غات وجوارها، بالإضافة إلى تحديد أفضل الأماكن المناسبة لإقامة المنشآت المقترحة.

وقد ناقشت الدراسة البدائل الممكنة لتجنب أخطار السيول بالمنطقة وأوصت بإنشاء ثلاثة سدود على أهم ثلاثة أودية تؤثر على مدينة غات وجوارها، على أن تكون الأولوية في التنفيذ متسقة مع ترتيب ورودها في البحث.

الكلمات المفتاحية:

أخطار السيول
الاستشعار عن بعد
نظم المعلومات الجغرافية
نموذج الارتفاعات الرقمي (SRTM)
منطقة غات

Flash Flood Hazards Management in Ghat Area (SW Libya) Using Spatial Techniques

Shawqi S. A. Nasser

Department of Geography, Faculty of Arts, Sebha University, Libya

A B S T R A C T

Ghat town and some of its neighbouring areas are exposed to occasional torrential rains, but they may be dangerous and destructive in rare cases, as happened in June 2019. The study aims to propose solutions to protect Ghat and its surroundings from flood hazards in the future. Remote sensing (RS) and geographic information systems (GIS) were used to achieve this goal. Therefore, a satellite image taken from the European satellite (Sentinel 2) was relied upon to determine the areas that were subject to floods, and the paths of the wadies that swept the region at the beginning of June 2019. The digital elevation model (SRTM1) was also relied upon to conduct morphometric analyses and extract drainage networks for the wadies affecting Ghat and the surrounding areas, in addition to determining the best suitable places for the establishment of the proposed facilities.

The study discussed the possible alternatives to avoid flood hazards in the region, and recommended the construction of three dams on the three most important wadies that affect Ghat town and its surroundings, provided that the priority in implementation is consistent with the order of their inclusion in the study.

Keywords:

Flash Flood Hazards
Remote Sensing
GIS
Digital Elevation Model (SRTM)
Ghat Area

1. المقدمة:

تعرضت مدينة غات خلال الثلث الأول من شهر يونيو عام 2019م لاجتياح مياه السيول الناتجة عن عاصفة مطرية استمرت لمدة عشرة أيام تقريباً. وقد غمرت هذه المياه معظم أحياء المدينة وتسببت في أضرار جسيمة لحقت بالسكان وممتلكاتهم وبالبنية التحتية للمدينة وجوارها، فقد سجلت أربع وفيات منهم ثلاثة أطفال، وتأثر بالفيضان قرابة 20000 شخص، منهم 2500 شخص اضطروا لمغادرة منازلهم[1].

ويعرف السيل (flashy flow = torrent = flash flood) بأنه جريان سطحي مؤقت في الأراضي الجافة وشبه الجافة، أو هو الماء الغزير الذي ينساب

*Corresponding author:
E-mail addresses: sha.nasser@sebhau.edu.ly

Article History : Received 11 August 2023 - Received in revised form 26 September 2023 - Accepted 17 October 2023

بسرعة في مجرى مؤقت[2]. وقد عرفه المعجم الجغرافي بأنه تدفق شديد السرعة للماء نحو أسفل قناة الجريان[3]. ولا يسمى المجرى المائي سيلًا إلا إذا تجاوزت نسبة الجزيئات الصلبة فيه 5-10%، وتنخفض سرعة السيل وتقل كمية مياهه كلما ابتعدنا عن مصدره[4]. إذن يتميز السيل بأنه جريان مؤقت سريع ذو تدفق شديد، وهو يحدث في الأراضي الجافة وشبه الجافة، كما أنه يتميز بكثرة ما يحمله من رواسب.

وتستقبل أحواض التصريف السطحي في البيئات الجافة وشبه الجافة موجات مطرية شبه فصلية، قد لا تكون كافية لنشوء جريان سطحي ملحوظ، غير أن الموجات المطرية الأكثر غزارةً، وتلك المصنفة على أنها عواصف فجائية هي الأقدر على توليد كميات أعلى من الجريان السطحي. ولا يمكن اعتبار أن كل ما يستقبله حوض التجميع السطحي من أمطار سينصرف على شكل جريانٍ سطحيٍ، فهناك عوامل تؤدي إلى فقد بعض هذه المياه، كالتبخر، والتسرب أو الرشح، والخزن السطحي، والامتصاص من قبل النباتات. وتعمل مكونات الحوض الطبيعية والبشرية على تعزيز تلك الفواقد أو تقليلها[5].

وقد اهتم كثير من الباحثين بدراسة أخطار السيول في المنطقة العربية، حيث قامت (النفيعي، 2010) بتقدير الجريان السطحي ومخاطره السيلية في الحوض الأعلى لوادي عرنة بالقرب من مكة المكرمة، وقامت بتحديد أكثر المناطق المعرضة لخطر السيول، كما أوصت باتخاذ بعض الإجراءات لحماية المناطق العمرانية من خطر السيول كإنشاء قنوات التصريف أو بناء السدود. وأوصت الدراسة بضرورة إنشاء قنوات لتصريف مياه السيول في المخططات السكنية الواقعة بوادي عرنة جنوب شرق مكة المكرمة، وأوصت باتخاذ عدة تدابير لمنع تجمع المياه في المخططات السكنية، مثل إنشاء السدود وقنوات التصريف[6].

ودرس (سليمان، 2011) الضوابط الهيدروجيومورفولوجية لسيل 2010 لحوض وادي العريش (مصر) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، حيث قام بتقدير مدى تباين استجابة الأحواض الفرعية للجريان، واحتمالية حدوث السيول بها، وقدرتها على تغذية الخزانات الجوفية، ورتبها وفقاً لذلك، كما قام بتحديد المواقع شديدة التأثر بالسيول، وأنسب المواقع لإنشاء السدود بأنواعها المختلفة[7].

ودرس (شمشير، 2008) مسببات السيول وحجم أضرارها في حضرموت باليمن، وأوصى بإزالة كل الحواجز مهما كان نوعها من أماكن مرور السيول ومجاري الأودية الطبيعية، والعمل على توسعتها بشكل دوري[8].

وفي بحثهم عن تخريط الأخطار السيلية بوادي الليث جنوب غرب المملكة العربية السعودية أوصى الباحثون بإقامة بعض السدود والحواجز عند التقاء روافد الرتبة الرابعة بروافد الرتبة الخامسة وذلك بهدف الحماية من السيول والاستفادة من المياه[9].

وفي بحثه عن مخاطر السيول في منطقة جازان بالمملكة العربية السعودية أوصى الباحث بإنشاء مجموعة من السدود على مجاري الأودية بالمنطقة حتى يمكن حجز المياه للاستفادة منها ودرء أخطارها، كما أوصى بإنشاء مجاري ومصارف ومسارات لمياه السيول حول المراكز العمرانية فوق المراوح الفيضية لتوفير الحماية لها، لكنه لم يحدد المواقع المناسبة لهذه الإنشاءات [10].

وفي دراستها لتقدير حجم السيول بحوض القطارة جنوب شرق مدينة بنغازي بليبيا أوصت الباحثة بإنشاء سدود تعويقية تطبيقاً لمبدأ حصاد مياه الامطار وعدم التهاون في تطبيق التشريعات التي تحد من عمليات التوسع الحضري على الغطاء النباتي بحوض الوادي المذكور [11].

2. مشكلة البحث

تعرضت مدينة غات لاجتياح السيول المدمرة عدة مرات في العقود الأخيرة، كان أكثرها شدة وأثراً ذلك الفيضان الذي حدث في بداية شهر يونيو 2019م. لذلك أصبح من الضروري التفكير في حلول عملية لتجنب خطر الفيضان مستقبلاً.

يهتم البحث باقتراح الطرق والوسائل التي يمكن استخدامها لتجنيب مدينة غات وجوارها أخطار السيول في المستقبل بأقل التكاليف، كما يركز على توضيح المواقع المناسبة للإنشاءات المقترحة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد.

ويهدف البحث إلى التوصل لأفضل الوسائل لتجنيب مدينة غات أخطار السيول وحمايتها منها مستقبلاً. لذلك يحاول البحث الإجابة على التساؤلات التالية:

1- هل يمكن وضع مقترحات علمية لإدارة السيول والتقليل من أخطارها في غات؟
2- هل يمكن توظيف التقنيات المكانية الحديثة في اختيار الأماكن المناسبة لإقامة سدود لحجز مياه السيول والحد من خطرها في المنطقة؟

وينطلق البحث من الفرضيات التالية:

1- يمكن وضع مقترحات علمية لإدارة السيول والتقليل من أخطارها في غات.
2- يمكن توظيف التقنيات المكانية الحديثة في اختيار الأماكن المناسبة لإقامة سدود لحجز مياه السيول والحد من خطرها في المنطقة.
3- للتقليل من أخطار السيول في المستقبل ينبغي تجنب البناء في مجاري السيول ومفيضاتها الطبيعية، والانتقال نحو الأراضي المرتفعة نسبياً، وهي موجودة في المنطقة.
4- لحماية غات من السيول ينبغي إعاقة جريان بعض الأودية المتجهة إلى المدينة و/أو تحويل جريان بعضها الآخر بعيداً عن المدينة بأقل التكاليف الممكنة.

ويقدم البحث حلولاً عملية لتجنيب مدينة غات أخطار السيول مستقبلاً بأقل التكاليف، ويستخدم تقنيات الاستشعار عن بعد لتحديد المواقع المناسبة للإنشاءات المقترحة. وبذلك يكتسب البحث أهميةً نظريةً تتمثل في استخدام التقنيات الحديثة، بالإضافة إلى الأهمية التطبيقية المتمثلة في وضع حلول عملية لمشكلة قائمة ومحتملة التكرار.

3. منهجية البحث وأدواته إجراءاته

يعتمد البحث على المنهج التحليلي في تحليل المرئيات الفضائية ونماذج الارتفاعات الرقمية واستخراج أحواض الأودية ومساراتها وتحديد شبكات تصريفها ورتبها ومفيضاتها، بالإضافة إلى حساب كميات المياه التي انصرفت إلى المدينة وقت حدوث الكارثة ومساحة انتشارها، وكذلك في تحديد المواقع المناسبة للإنشاءات المقترحة.

وقد اعتمد البحث على برامج حاسوبية متطورة لتحليل المرئيات الفضائية

ونماذج الارتفاعات الرقمية أهمها: برنامج ((ERDAS IMAGINE 14 وبرنامج (Arc GIS 10.3)، كما اعتمد على المرئيات الفضائية الحديثة المتوفرة للمنطقة ولا سيما مرئيات القمر الصناعي الأوروبي (Sentinel 2)، بالإضافة إلى نماذج الارتفاعات الرقمية (SRTM1) ذات القدرة التمييزية المكانية العالية (≅ 30m or 1 Arc second).

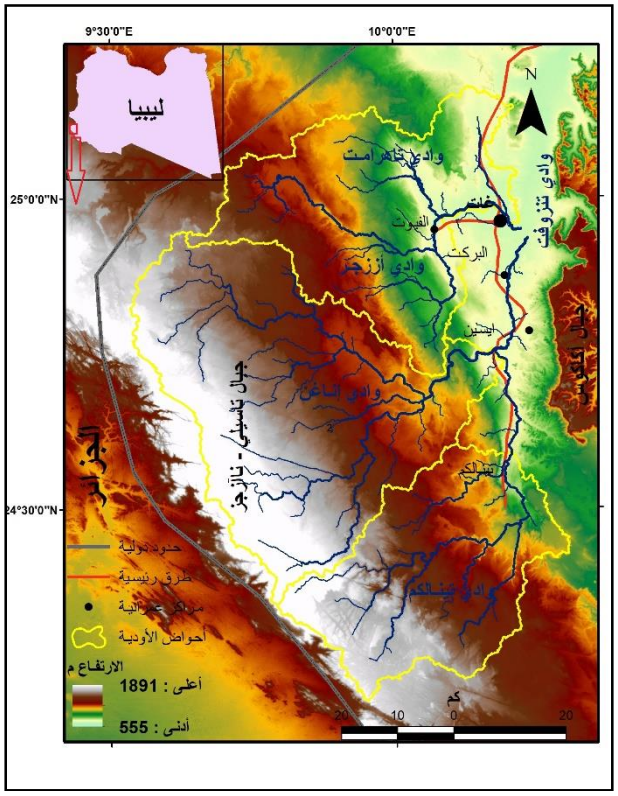
ومن أجل ذلك تم استخدام لوحتين متجاورتين من نماذج الارتفاعات الرقمية (SRTM1) ودمجهما لتكوين موازيك يغطي منطقة الدراسة بالكامل، لغرض إجراء التحليل المورفومتري لاستخلاص شبكة المجاري المائية وأحواض التصريف المؤثرة على مدينة غات، وبعد ذلك تم استقطاع المنطقة المطلوبة للتحليل، واستخراج خريطة كنتورية بفاصل كنتوري خمسة أمتار، لكي يتم تحديد أضيق مجاري الأودية التي يمكن إقامة سدود عليها. ومن ثم أجريت الحسابات عليها باستخدام برنامج (Arc GIS 10.3).

ومن أجل تحديد المناطق التي تعرضت للفيضان ومسارات الجريان أثناء كارثة السيول تم الاعتماد على مرئية فضائية من القمر الصناعي الأوروبي (Sentinel 2) بتاريخ السابع من يونيو 2019، أي في وقت ذروة الفيضان، ومن ثم أجريت عمليات دمج النطاقات الطيفية (Bands 2-4) بواسطة برنامج (ERDAS IMAGINE 14) لتكوين صورة بالألوان الطبيعية، كما تم الاعتماد على نطاقين فقط (Bands 3+11) لحساب المساحات التي غمرتها المياه وقت ذروة الفيضان، وذلك باستخدام الحاسبة الخلوية (Raster Calculator) في بيئة برنامج (Arc GIS 10.3) لحساب مؤشر اختلاف المياه المعدل (Modified Normalised Difference Water Index) (MNDWI) بتطبيق المعادلة التالية[12]:

$$MNDWI = \frac{Green - MIR}{Green + MIR}$$

4. موقع مدينة غات

تقع مدينة غات على تقاطع خط طول 11´ 10° شرقاً، ودائرة عرض 58 ´ 24° شمالاً، في الركن الجنوبي الغربي من ليبيا بالقرب من الحدود الجزائرية شكل (1). ومدينة غات كبقية المراكز العمرانية المجاورة لها توجد في الشريط المنخفض لوادي تنزوفت وروافده، حيث التربة المناسبة للزراعة والمياه الجوفية القريبة. ويمتد منخفض وادي تنزوفت من الجنوب إلى الشمال، ويبلغ ارتفاع بطن الوادي عند غات قرابة 700م فوق مستوى سطح البحر، وتشرف عليه من الشرق جبال أكاكوس تادرارت بارتفاع يتجاوز 1400م، وإلى الغرب منه تمتد جبال تاسيلي ناآزجر التي ترتفع لأكثر من 1800م فوق مستوى سطح البحر.



شكل (1) موقع منطقة الدراسة (الحدود الدولية غير ملزمة للباحث)

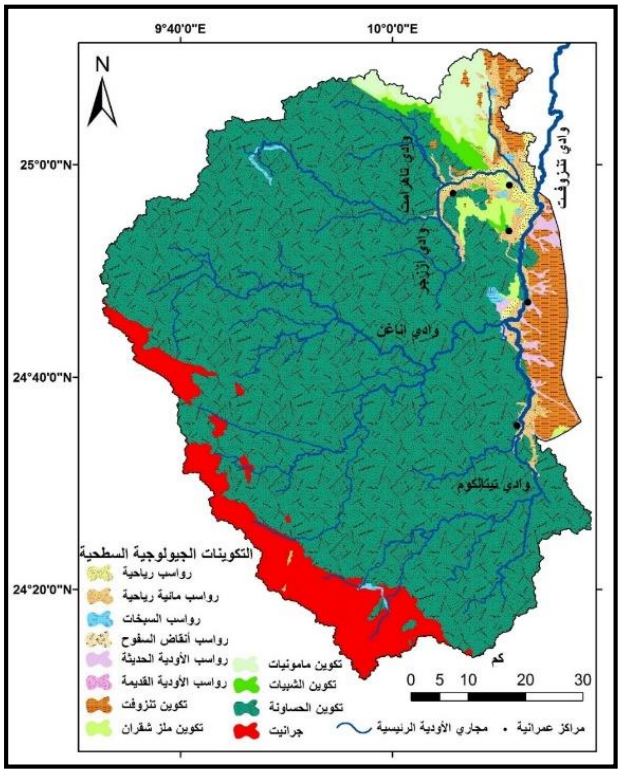
المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمي وخريطة ليبيا الصادرة عن مصلحة المساحة 2005.

وقد بنيت مدينة غات القديمة على السفح الجنوبي لتل يسمى محلياً (جبل كوكمن)، وعندما أراد بعض السكان الانتقال إلى خارج المدينة القديمة أنشأوا بعض الأحياء بالقرب من ذلك التل، وذلك على الأراضي المرتفعة نسبياً، ومن هذه الأحياء: حي تادرامت وحي تونين [13].

وعندما بدأت الدولة الليبية عمليات التخطيط العمراني في نهاية الستينيات من القرن الماضي أخذت في الاتجاه نحو الأراضي المنخفضة؛ ربما بسبب خلو هذه الأراضي من الشواغر، ولسهولة التخطيط والإنشاء فيها! ضاربةً عرض الحائط بخبرة أهل المنطقة عبر القرون، وهم الذين لم يسكنوا قط في تلك الأراضي المنخفضة. حيث ترى نسبة كبيرة من سكان غات أن السبب الرئيسي لاختيار الموضع المرتفع لبناء مدينة غات القديمة يرجع إلى إبعادها عن خطر السيول [14]. ويتضح إدراك سكان غات للخطر المحدق بالمدينة من دراسة أجريت عام 2006م حيث أوضح معظم سكان غات أن بناء المدينة الحديثة في المناطق المنخفضة يجعلها عرضةً لخطر السيول [15].

5. جيولوجية المنطقة

تغطي سطح المنطقة صخور تكوينات جيولوجية تنتمي إلى ثلاث مجموعات رئيسية (شكل 2):



شكل (2) جيولوجية المنطقة

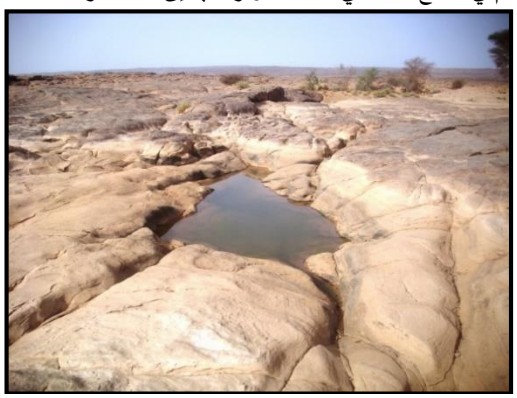
المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمي وخريطة ليبيا الجيولوجية (لوحة غات) الصادرة عن مركز البحوث الصناعية، طرابلس، 1984.

1- صخور القاعدة الأركية النارية المتمثلة في الجرانيت (Granite)، وتوجد في شريط ضيق على الطرف الجنوبي الغربي للمنطقة على قمم جبال تاسيلي ناآزجر فوق ارتفاع 1600م[16]، وهي تمثل المنابع العليا للروافد الغربية والجنوبية الغربية لروافد وادي تنزوفت الكبرى مثل وادي إناغن ووادي تينالكوم، وبالإضافة إلى الانحدار الشديد في مناطق تكشفها، فإنها تتصف بالصلابة الشديدة وقلة النفاذية، لذلك فإن فمعظم الهطول المطري فيها يتحول إلى جريان سطحي.

2- تكوينات حقب الحياة القديمة (Palaeozoic) وهي تبدأ من الكمبري حتى السيلوري الأسفل، وتتمثل في تكوينات الحساونة والشبيات ومامونيات وملزشقران وتنزوفت. وهي تغطي معظم منطقة البحث، وهي المنطقة الجبلية التي يحدث فيها الجريان الأكبر. وجميع هذه التكوينات ما عدا تكوين تنزوفت، تتكون من أحجار رملية تتدرج حبيباتها من الناعمة إلى المتوسطة فالخشنة، وتتخللها طبقات من الحجر الغريني والطيني، وبذلك فهي صخور قليلة النفاذية، وبالإضافة إلى خاصية الانحدار الشديد في مناطق تكشفها فإنها من أسباب سيادة الجريان السطحي في المنطقة. وأكثرها انتشاراً في المنطقة هو تكوين الحساونة الذي يغطي أكثر من 80% من مساحتها، وهو يرجع إلى العصر الكمبري ويتوضع مباشرة فوق صخور القاعدة الأركية، ويتكون من الكوارتزيت والحجر الرملي الناعم الحبيبات تتخلله طبقات من الحجر الطيني[17]، لذلك فهو أقل هذه التكوينات من حيث النفاذية (صورة 1). وهو يغطي الأجزاء الغربية والوسطى من المنطقة، حيث تجري روافد الأودية الكبرى السابقة الذكر بالإضافة إلى وادي تاهرامت. أما تكوينات الشبيات ومامونيات وملز شقران فتتكون صخورها من حجر رملي أخشن قليلاً لكنها أقل انتشاراً بكثير من تكوين الحساونة، حيث تنتشر في المناطق الأقل ارتفاعاً وانحداراً لذلك فهي أقل مساهمةً في حدوث الجريان.

أما تكوين تنزوفت الذي ينتمي إلى السيلوري الأسفل فهو يتكون أساساً من طبقات سميكة من الصلصال تتخللها طبقات رقيقة من الحجر الغريني والحجر الرملي الناعم[18]، لذلك فصخوره تكاد تكون كتيمة تماماً، وهو ينتشر في الأجزاء الشرقية المنخفضة من منطقة الدراسة حول مجرى وادي تنزوفت الرئيسي، وصخور هذا التكوين لا تسمح بتسرب مياه الجريان نحو المياه الجوفية لذلك تتجمع المياه في المناطق المنخفضة حتى تتبخر.

3- رواسب الحقب الرباعي (Quaternary)، وتتمثل في رواسب الأودية القديمة والحديثة وأنقاض السفوح والسبخات والرواسب المائية والرياحية. وتوجد هذه الرواسب في المنخفضات وبطون الأودية الواسعة[19]، ومعظمها ذات نفاذية مرتفعة ما عدا رواسب السبخات التي تتكون من ذرات الطين والرمال الناعمة المختلطة بالأملاح، وهي تغطي قيعان البرك والغدران التي تنتهي إليها بعض الأودية، وبسبب قلة نفاذيتها تمكث المياه فيها إلى أن تتبخر تماماً تاركة وراءها الأملاح التي تتراكم باستمرار(صورة 2). وجزء كبير من مدينة غات بني في الواقع فوق أرض سبخية تتمثل في المفيض الطبيعي لوادي تاهرامت أززجر، وهذا ما ساهم في تجمع المياه في المدينة وتراكمها إلى أن تبخرت تماماً.



صورة (1) صخور تكوين الحساونة الصلبة قليلة النفاذية في وادي إناغن

(تصوير الباحث)

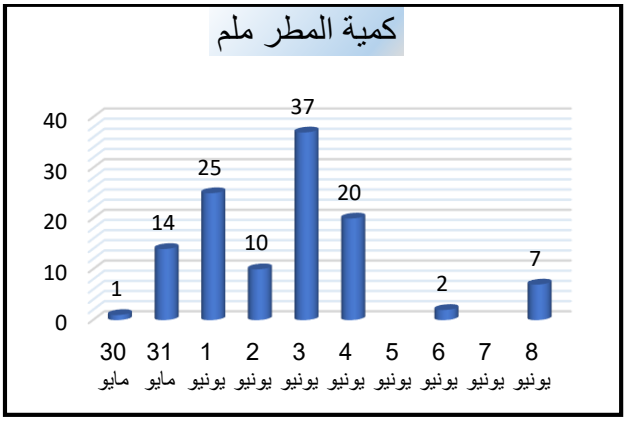
صورة (2) رواسب رباعية تغطي قاع وادي تنزوفت جنوب البركت

(تصوير الباحث)

6. النتائج والمناقشة

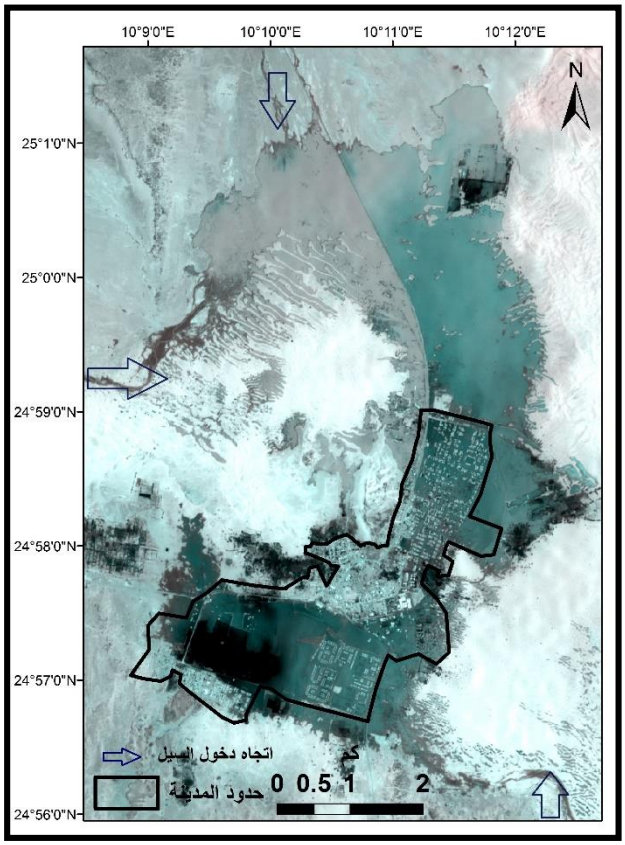
بلغت كميات الأمطار التي هطلت على مدينة غات من يوم 30 مايو إلى 8 يونيو 2019م حوالى 116ملم حسب بيانات محطة قياس المطر بمدينة غات (شكل 3)، وهذه كمية ضخمة بالنسبة لمنطقة صحراوية يبلغ متوسط أمطارها السنوي حوالي 10ملم[20]، ومن المحتمل أن تكون كميات الأمطار أكثر من هذا بكثير في المناطق الجبلية المجاورة، حيث لا توجد – للأسف - أي

محطات للقياس المطري. ويبدو من خلال تحليل المرئيات الفضائية الملتقطة للمنطقة الجبلية بالكامل خلال هذه المدة أن الأمطار شملت كافة أنحاء الإقليم بما فيها جبال تاسيلي ناآزجر وجبال أكاكوس تادرارت ومنخفض وادي تنزوفت وروافده، وهذا الشمول نادر الحدوث، ففي العادة تهطل الأمطار الصحراوية على مساحات صغيرة، وإن بكميات كبيرة نسبياً قد تؤدي إلى الجريان المحلي، لذلك كثيراً ما يتحدث سكان المنطقة عن قدوم السيول إليهم دون هطول أي أمطار فوقهم مباشرةً.



شكل (3) *كميات المطر الهاطلة على مدينة غات أيام العاصفة المطرية*

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بينات محطة قياس المطر بمدينة غات (غير منشورة)



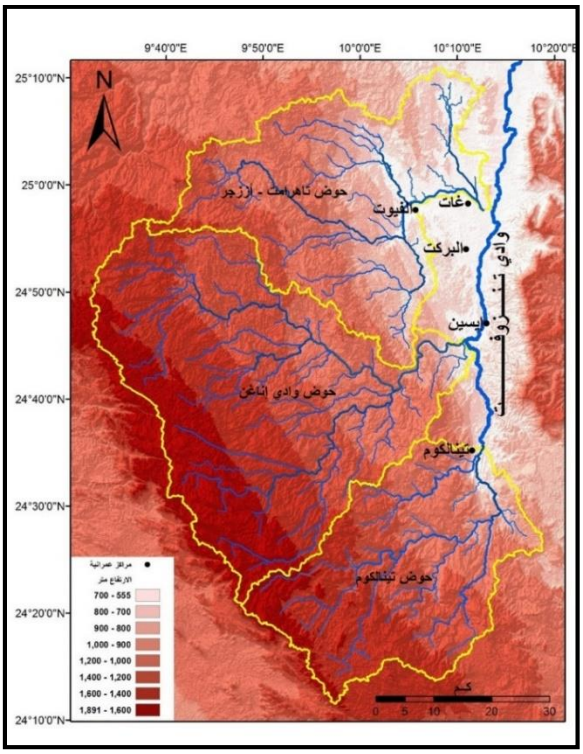
شكل (4) *اتجاهات دخول المياه إلى مدينة غات والبحيرة التي تشكلت فيها بداية يونيو 2019م*

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على مرئية (Sentinel 2)

وكما يتبين من (شكل 4) عندما اجتاحت السيول المدينة دخلتها من ثلاثة اتجاهات هي: الغرب حيث يدخل وادي تاهرامت أززجر، والجنوب حيث يدخل فرع من وادي تنزوفت، ومن الشمال حيث يدخل رافدان صغيران لوادي تاهرامت أززجر، ونتيجة لذلك غمرت مياه السيول معظم أجزاء مدينة غات وما حولها في الثالث من يونيو 2019، وتكونت بحيرة شملت معظم أجزاء المدينة والأراضي المنخفضة المحيطة بها، وقد بلغ اتساع هذه البحيرة قرابة 22كم^2 (شكل 4). وقدر الباحث كمية المياه في هذه البحيرة بقرابة 11 مليون م^3 (على اعتبار أن متوسط عمق البحيرة = نصف متر).

أحواض الأودية التي تؤثر على مدينة غات

يجري وادي تنزوفت الرئيسي من الجنوب إلى الشمال، ويمر مجراه الرئيسي إلى الشرق من مدينة غات، وتنحدر إلى هذا الوادي الرئيسي العشرات من الروافد من جهة الشرق حيث تنتصب جبال أكاكوس التي يبلغ ارتفاعها قرابة 700م عن بطن الوادي، وهذه الروافد قصيرة وذات أحواض تصريف صغيرة، ولا تؤثر على مدينة غات، أما الروافد التي تنحدر إلى وادي تنزوفت من الجهة الغربية والجنوبية الغربية، حيث تمتد سلسلة تاسيلي ناآزجر التي يبلغ ارتفاعها أكثر من 1000م عن قاع الوادي، فهذه الروافد هي التي تؤثر على مدينة غات، وتتميز هذه الروافد بطولها وكبر مساحة أحواض تصريفها، وكذلك ارتفاع منابعها العليا، ومن ثم فهي قادرة على حمل كميات ضخمة من المياه حال هطول أمطار كافية للجريان، ومن أهم هذه الروافد (شكل 5):



شكل (5) *أحواض الأودية التي تؤثر على مدينة غات*

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمي

1- وادي تاهرامت ووادي أززجر، اللذان يلتقيان قبل الوصول إلى غات بالقرب من الفيوت غرباً، ويدخل هذا الوادي المتحد إلى مدينة غات من الشمال الغربي، وتبلغ مساحة حوضه أكثر من 1452كم^2، وهذا الوادي في الوقت الحالي يفيض في المنخفض الذي بنيت فيه معظم الأحياء الجديدة من غات، ولا يستطيع الوصول إلى مجرى وادي تنزوفت الذي تفصله عنه مساحات من الرمال ردمت منفذه من هذا المفيض خلال عصور الجفاف الأخيرة، لذلك يعد منخفض غات مفيضاً طبيعياً لهذا الوادي.

2- وادي إناغن، الذي ينحدر من الجبال ويلتقي بوادي تنزوفت إلى الجنوب من قرية ايسين، وتبلغ مساحة حوض تصريفه أكثر من 2212كم^2، وهو أكبر روافد وادي تنزوفت، وأكثرها غزارة في المياه، وتكاد تجري فيه المياه سنوياً بكميات مختلفة، وبذلك فهو أكبر الأودية المؤثرة على مدينة غات وايسين والبركت وتصل مياهه حتى تهالا شمالاً أحياناً. ولا يؤثر هذا الوادي على مدينة غات إلا في حالة الجريان المتطرف، عندما لا يستطيع مجرى وادي تنزوفت الضيق المار إلى الجنوب الشرقي من المدينة، لا يستطيع تصريف كميات الجريان الضخمة فيفيض جزء منه باتجاه الشمال الغربي متجهاً نحو مفيض غات السابق الإشارة إليه. وعلى ذلك يعد مفيض غات مفيضاً لوادي تاهرامت أززجر بشكل رئيسي ومفيضاً احتياطياً لوادي تنزوفت في حالات الجريان المتطرف، وهذه هي الحالة التي حدثت في يونيو 2019م.

3- وأخيراً الوادي القادم من الجنوب الغربي بالقرب من قرية تينالكوم، وهو أبعدها عن غات وأصغرها مساحةً وتصريفاً وأهميةً، حيث تبلغ مساحة حوض تصريفه قرابة 1262كم^2، ومن النادر أن يصل الجريان منه إلى منطقة غات، إلا في حالات الجريان المتطرف كما حدث في سيول يونيو 2019م.

الطرق والبدائل المتبعة للحماية من اجتياح السيول

تقسم هذه الطرق إلى ثلاثة أقسام:

1. **التجنب (Avoidance):** ومعناه الابتعاد عن الخطر، وهو أقلها تكلفة وأكثرها فائدة، حيث يتم تجنب الأضرار وكذلك التخلص من التكلفة المرتفعة لحماية المنشآت[21]. ويوصي الباحثون بالتوقف عن إقامة أي مبانٍ أو منشآت دائمة في مجاري السيول ومفيضاتها، وفي المقابل يمكن إنشاء مساحات خضراء فيها[22]. وتتمثل هذه الطريقة في مدينة غات بمنع البناء في المناطق المنخفضة التي أصبحت واضحة تماماً بعد غمرها بمياه السيول الأخيرة، وعلى السلطات المحلية إيجاد بدائل للمواطنين، وإلا فإنهم سيستمرون في البناء بالطريقة السابقة نفسها. ويوصي الباحث بتخصيص أراضٍ لبناء أحياء جديدة إلى الجنوب وإلى الغرب من موقع المدينة الحالية، وذلك بعد تسوية الأرض وتهيئة البنية التحتية المناسبة.

2. **الحماية والوقاية (Prevention):** أي إقامة منشآت للحماية، وهذه المنشآت مكلفة في العادة، لكنها أمرٌ لا بد منه؛ إذ لا يمكن نقل مواقع المدن بالكامل لتجنب السيول، فهذا يكلف أكثر من منشآت الحماية نفسها.

ويمكن تقسيم وسائل الحماية التي تستخدم لمواجهة السيول إلى:

أ- وسائل لتسهيل حركة المياه الجارية، بحيث لا يحدث فيضان على المناطق المأهولة والمنشآت البشرية. وتتضمن الإجراءات التالية:

1) توسعة مجاري الأودية الحالية لتتمكن من صرف كميات أكبر من مياه الجريان، كما هو الحال في مجرى وادي تنزوفت إلى الجنوب من غات. وقد تم اقتراح هذا البديل في مجرى وادي تنزوفت، لكن الباحث يرى صعوبة استمرار هذا البديل في دوره لحماية المدينة؛ فالمجرى سيتعرض للردم بالرواسب، وسيحتاج إلى عمليات تنظيف باستمرار. فالمنطقة تشهد جرياناً متقطعاً جداً، بحيث أنه قد تمر عدة سنوات ولا تجري المياه في هذا الوادي. وعندما يأتي السيل المفاجئ فقد يجد المجرى الذي تم توسيعه قد انسد بالرواسب من جديد وتحدث الكارثة.

2) إزالة الرواسب المتجمعة في مجاري الأودية الضيقة لكي تكون جاهزة لمرور المياه منها بسهولة عن حدوث الجريان، بدلاً من أن تبحث المياه عن مخارج أخرى قد تكون خطيرة. وهذه العملية صعبة جداً في المنطقة بسبب طول الأودية، وندرة الجريان فيها؛ مما يسمح بتراكم الرمال والرواسب فيها بكميات ضخمة.

3) إقامة قنوات تصريف صناعية لصرف المياه المتجمعة في المراكز العمرانية إلى خارجها، وهذه عملية مكلفة للغاية علاوةً على حاجة القنوات للتنظيف المستمر، كما في حالة الأودية السابقة الذكر. والأسلم أن تقوم السلطات المحلية بإنشاء بنية تحتية للمدينة تشمل شبكات صرف مياه المجاري ومياه الأمطار داخل المدينة باتجاه الشرق، أي نحو مجرى وادي تنزوفت، لكن وجود هذه الشبكة لا يكفي لصرف مياه السيول بالطبع.

ب- وسائل لمنع المياه الجارية من الوصول إلى المراكز العمرانية والمنشآت البشرية كالمزارع. وتتضمن ما يلي:

1) إنشاء السدود على مجاري الأودية قبل وصولها إلى المراكز العمرانية والأراضي الزراعية. والسدود أنواع كثيرة، لكنها تنقسم إلى نوعين رئيسيين هما: سدود احتجازية، أي أن وظيفتها هي احتجاز المياه خلفها فقط، وسدود احتجازية تنظيمية، أي أنها تحجز المياه وتنظم مرورها إلى المناطق الواقعة خلف السد[23]، والسدود المطلوبة هنا من النوع الأول. ومن الأنواع الأخرى السدود التعويقية وسدود التغذية الجوفية والبرك والبحيرات وسدود الحماية[24]. ويرى الباحث أن إنشاء بعض السدود الاحتجازية على مجاري الأودية المهمة في الأماكن المناسبة سيساهم في حماية مدينة غات من السيول مستقبلاً.

2) إنشاء قنوات تحويل لمجاري الأودية، وهذ الخيار غير مطروح في منطقة الدراسة؛ لتكاليفه العالية وانعدام الحاجة الماسة إليه.

ويتوقف أسلوب حماية المراكز العمرانية من أخطار السيول على عدة عوامل منها: طبيعة الجريان في المنطقة الحضرية، وطبيعة الانحدار فيها، فمثلاً هل المنطقة الحضرية مقامة في مجرى الوادي؟ أو في مصب الوادي؟

ففي الحالة الأولى يمكن اتخاذ إجراءات لتسهيل حركة المياه في المنطقة الحضرية لكي تخرج منها وتكمل مسارها إلى الخارج دون أن تفيض في المنطقة الحضرية، وهذه الحالة توجد في كثير من المدن الصحراوية مثل مدينة تبوك في شمال غرب المملكة العربية السعودية، حيث اقترحت دراسة أن يتم إنشاء قنوات مكشوفة عبر أحياء المدينة لتنقل مياه الأودية إلى خارجها ضمن مسار الأودية [25].

أما الحالة في غات فهي من النوع الثاني، حيث تعد المدينة مفيضاً طبيعياً لوادي تاهرامت آززجر، بالإضافة إلى أنها مفيض جانبي لوادي تنزوفت القادم من الجنوب، إذا عجز مجراه الطبيعي الذي ينحرف عن المدينة في العادة عن تصريف الكميات الهائلة من المياه التي تحدث في حالات نادرة كما حدث في يونيو 2019. وفي هذه الحالة ينبغي البحث عن حلول أخرى.

3. **التخفيف (Mitigation):** وذلك عن طريق تخفيف الأضرار الناتجة عن السيول لتقليل الخسائر، ويحدث ذلك غالباً بعد حدوث الخطر. وهذا الأمر خارج نطاق اهتمام الدراسة الحالية.

الطرق المقترحة لمواجهة أخطار السيول

وتقسم هذه الطرق إلى نوعين: الأول مواجهة الخطر داخل حوض التصريف، وذلك من خلال إقامة مجموعة من السدود المتنوعة في أماكن محددة بمواصفات علمية، وذلك بهدف التحكم في مسارات السيول. والثاني هو طرق حماية المنشآت من السيول سواء كانت طرقاً أو منشآتٍ عمرانيةً[26]. وتملك ليبيا خبرةً كبيرةً في مجال إقامة السدود على الأودية لأغراض عدة، منها الحماية من الفيضانات، ومن أمثلتها: سد وادي المجينين الذي أنشأ عام 1972م لحماية مدينة طرابلس[27]، كما أقيمت سدود أخرى لحماية مدن بنغازي ودرنة وسرت.

يقترح الباحث إقامة مجموعة من السدود على مجاري الأودية؛ وذلك لإعاقة الجريان وحجز كميات كبيرة من المياه خلف هذه السدود مع السماح بعبور الفائض من المياه بطريقة لا تضر بجسم السد، ولا بالمناطق المأهولة خلفه.

أنواع السدود

يمكن تعريف السد بأنه الحاجز الذي يقام على المجرى المائي لحجز كمية كبيرة من المياه للاستخدامات المختلفة والضرورية [28]. وإذا أقيم السد بهدف درء الفيضان على الأراضي المنخفضة فيسمى في هذه الحالة سد حماية.

وتنقسم السدود إلى نوعين حسب الشكل ومواد الأساس، النوع الأول هو السدود الخرسانية، وتنقسم بدورها إلى ثلاثة أنواع: خرسانية تثاقلية، وخرسانية مقوسة، وخرسانية ذات دعائم. والنوع الثاني هو السدود الإملائية أو التخزينية، وهي على نوعين: إملائية ترابية، وإملائية صخرية[29]. وتتكون السدود الإملائية من خليط يحتوي على الكتل الصخرية والحجارة والمفتتات الصخرية المتفاوتة الأحجام، ويوضع هذا الخليط بشكلٍ مدكوك جيداً في مجرى الوادي بارتفاع متساوٍ لقمته، لذلك قد يختلف ارتفاعه عن قاع المجرى من مكانٍ لأخر، وقد يترك فيه فتحات مغطاة بالأسمنت المسلح لتصريف الزائد من الماء خلفه إن وجد، دون تعريض جسم السد للخطر. ويحتاج حساب سمك السد وارتفاعه لمزيد من الحسابات الهندسية، مع الاهتمام بحساب المدة الزمنية لعمره الافتراضي عندما يتم ردمه بالرواسب. وقد تطرح تساؤلات عن الأماكن المناسبة لإقامة مثل هذه السدود، هل تكون على المجاري الرئيسية للأودية الكبيرة أم على الروافد الصغيرة؟ وهل تقام في المجاري الضيقة أم الواسعة؟

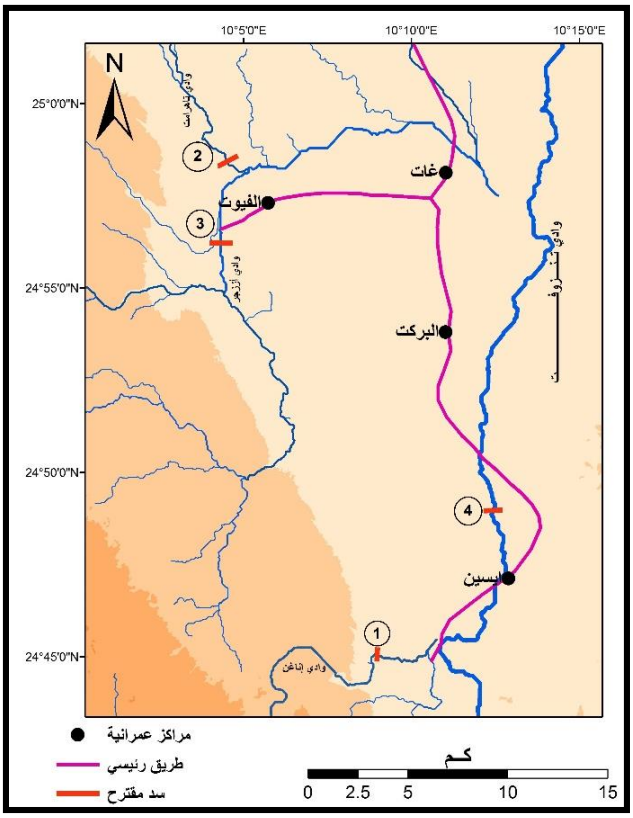
فإقامة السدود على المجاري الرئيسية أكثر تكلفة ويحتاج إلى تدعيم أكبر من إقامتها على الروافد الصغيرة، كما أن إقامتها على المجاري الضيقة يحتاج أن تكون السدود أكثر ارتفاعاً وأشد متانةً لتحمل قوة الجريان، أما إذا كان المجرى واسعاً فيكفي ارتفاع قليل للسد لكي يحجز كميات كبيرة من المياه.

المنشآت المقترحة لحماية غات من أخطار السيول

يشترط في موقع إنشاء السد أن يكون في أضيق موضع على المجرى لتقليل التكاليف، وأن تتوفر مساحة كافية لتخزين كمية كافية من المياه خلفه، كما يجب أن يكون موقع السد داخل الأراضي الواقعة تحت سيطرة السلطات الليبية الفعلية (على اعتبار وقوع المنطقة في نطاق الحدود غير المرسمة بين ليبيا والجزائر الشقيقتين).

يقترح الباحث إقامة ثلاثة سدود على الأودية الأكثر أهمية من حيث كمية الجريان وتكراره، (شكل 6)، وهذه الأودية هي:

1- وادي إناغن، وأفضل مكان لإقامة السد على هذا الوادي هو عند مخرجه من الجبال؛ حيث يوجد خانق يشبه عنق الزجاجة يخرج منه الوادي، ويقع خلف هذا العنق حوض تبلغ مساحته قرابة 2كم^2 (شكل 7)، ويبلغ طول السد المقترح 300م وبارتفاع يصل أقصاه إلى 10م في الوسط تقريباً، وفي هذه الحالة فإنه يمكنه حجز كمية من الماء خلفه تصل إلى 10 مليون م^3 إذا بلغ عمق الماء 5م فقط، وتزيد الكمية 2 مليون م^3 لكل زيادة في ارتفاع الماء بمقدار مترٍ واحدٍ (شكل 8). وفي حالة زيادة كمية الماء عن القدرة التخزينية للسد فإن الماء الزائد يصرف من مجرى خاص فوق جسم السد نحو أسفل المجرى. وهذا السد ينبغي أن تكون له الأولوية لأن وادي إناغن هو أكبر الأودية من حيث مساحة حوض التصريف وكميات الجريان وتكراره، كما أنه أكثر الأودية تأثيراً على مدينة غات وكذلك على الأراضي الزراعية في ايسين والبركت.

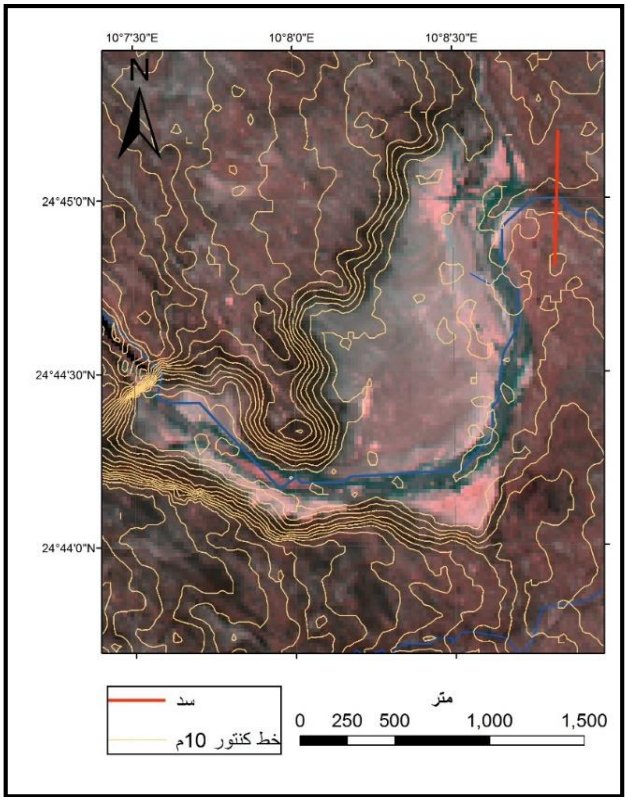


شكل (6) مواقع السدود المقترحة على وادي تنزوفت وروافده

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمي

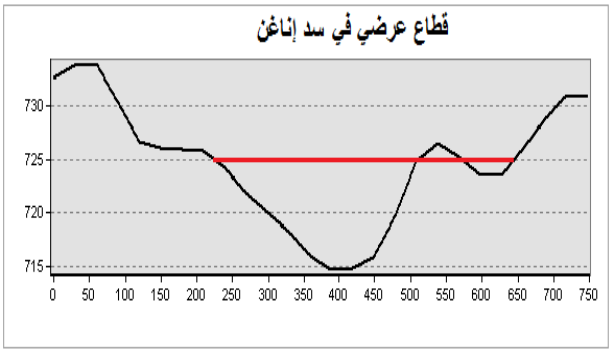
2- وادي تاهرامت، وهو الرافد الشمالي الغربي الذي يلتقي بوادي أززجر السابق الذكر غرب قرية الفيوت، ومجراه أكثر اتساعاً من وادي أززجر، وهو أكثر تعرجاً أيضاً، وتنتشر الرمال في مجراه بكثرة، لذلك فإن السد المقترح في مجراه يبلغ طوله قرابة 900م بارتفاع 6م في الوسط تقريباً (شكل 9). ويمكن لهذا السد أن يحجز كمية كبيرة من المياه خلفه تزيد عن 5 مليون م^3 إذا بلغ عمق الماء خلفه 5م. ويصرف الماء الزائد عن ذلك كما في السد السابق. ويقع السد بعد 2كم إلى الشمال الغربي من قرية الفيوت على قبل التقاء وادي تاهرامت بوادي أززجر.

3- وادي أززجر، وهو الرافد الجنوبي الغربي الذي يلتقي بوادي تاهرامت شمال غرب قرية الفيوت ويفيضان معاً في مدينة غات. ووادي أززجر أكبر من وادي تاهرامت من حيث مساحة الحوض وارتفاع المنابع وكمية الجريان. ويقترح الباحث أن ينشأ سد على هذا الوادي على بعد قرابة 2كم إلى الجنوب الغربي من قرية الفيوت، حيث يضيق الوادي نسبياً، ويبلغ طول السد المقترح قرابة 650م وارتفاعه 6م في الوسط، ويمكنه حجز قرابة 5 مليون م^3 على الأقل عندما يكون عمق الماء خلف السد 5م فقط (شكل 10). ويصرف الماء الزائد بالطريقة نفسها الموصوفة في السد السابق.



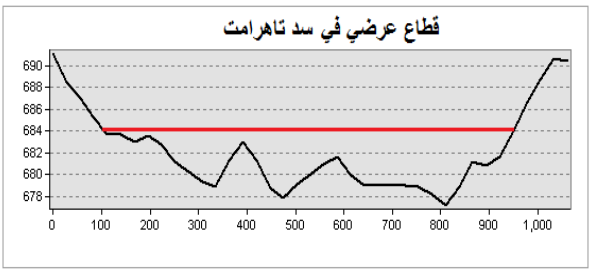
شكل (7) موقع السد المقترح على وادي إناغن

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمي ومرئية (Sentinel 2)



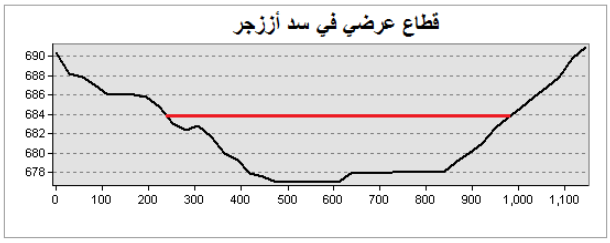
شكل (8) قطاع عرضي في السد المقترح على مجرى وادي إناغن

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمي



شكل (9) قطاع عرضي في السد المقترح على مجرى وادي تاهرامت

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمي

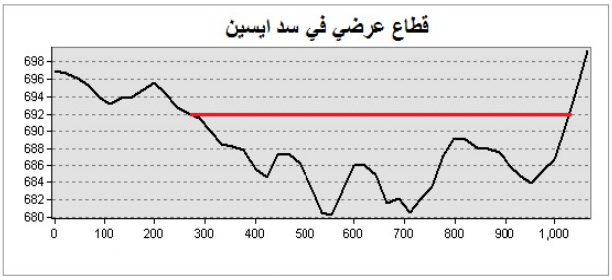


شكل (10) قطاع عرضي في السد المقترح على مجرى وادي أززجر

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمي

وهناك موقع آخر يقع على مجرى وادي تنزوفت الرئيسي بين البركت شمالاً وايسين جنوباً، ويبعد عن قرية ايسين قرابة 5كم، ويمكن إنشاء سد تعويقي فيه، لكنه سيكون سداً كبيراً (شكل 11)؛ لأن مجرى الوادي هنا متسع، ولأنه سيحجز كميات مياه أكبر لو حدثت حالة جريان مشابهة لما حدث في يونيو 2019م، فوادي تنزوفت في هذا الموقع تتجمع فيه المياه القادمة من حوضي إناغن وتينالكوم بالإضافة إلى العديد من الأودية الصغيرة الأخرى التي تنحدر من جبال أكاكوس. وعلى ذلك يحتاج السد تدعيماً أكبر، ويبلغ طول السد أكثر من 700م وارتفاعه في الوسط 12م.

ويرى الباحث ألا حاجة لهذا السد في الوقت الحاضر إذا تم إنشاء السد المقترح على وادي إناغن؛ لأن وادي إناغن هو أكبر روافد وادي تنزوفت الجنوبية، وإذا تمت السيطرة عليه سيكون الجريان من بقية الأودية قليلاً ويمكن لمجرى وادي تنزوفت تصريفه في مجراه الرئيسي بعيداً عن مدينة غات.



شكل (11) قطاع عرضي في السد غير المقترح على مجرى وادي تنزوفت قرب قرية ايسين

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمي

7. النتائج

1- من أفضل طرق الحماية من السيول وأقلها تكلفة التجنب، ويقصد به في حالة غات تجنب البناء في مجاري السيول ومفيضاتها الطبيعية التي أصبحت واضحة للعيان بعد الفيضان الأخير.

2- تبين أن البديل الأمثل للطرق التي يمكن بواسطتها حماية غات من السيول هي إقامة السدود على مجاري الأودية الرئيسية التي تؤثر على المدينة.

3- أفضل الأماكن لإقامة السدود هي حيث تخرج الأودية من الجبال وتكون مجاريها ضيقة وتستطيع حجز كميات كافية من المياه خلفها.

4- تكون الأولوية في إنشاء السدود لأكبر الأودية وأكثرها تأثيراً على مدينة غات، وهو وادي إناغن، يليه وادي تاهرامت ثم وادي أززجر، ولا داعي لإنشاء سد على مجري وادي تنزوفت.

5- ساعد استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد بالاعتماد على مرئيات القمر الصناعي الأوربي (Sentinel 2) ونماذج الارتفاعات الرقمية من نوع (SRTM1) في فهم طبيعة الفيضان الأخير واقتراح المواقع المناسبة لإقامة السدود المقترحة.

8. التوصيات

لحماية مدينة غات والمناطق المحيطة بها لا يكفي إقامة منشآت الحماية، بل ينبغي تغيير أسلوب تعامل السكان والجهات التنفيذية مع عناصر البيئة المحلية وتقدير أهمية التخطيط المسبق للمشاريع المختلفة.

ويوصي الباحث بإنشاء محطات قياس مطر في أجزاء المنطقة المختلفة ولا سيما المناطق الجبلية المجاورة، كما يوصي بإنشاء محطات قياس الجريان على مجاري الأودية الرئيسية لكي يمكن التنبؤ بالجريان في المستقبل.

ومن الأهمية بمكان الامتناع امتناعاً باتاً عن البناء في الأراضي المنخفضة التي أصبحت واضحة تماماً بعد غمرها بمياه السيول. وهناك مجالات واسعة للبناء في الأراضي المرتفعة نسبياً.

شكر وتقدير

يتقدم الباحث بالشكر الجزيل للزميل الدكتور حمدي الزرقاني (جامعة طرابلس وجامعة كليمسون) الذي كان له الفضل في توجيه الباحث لاستخدام المرئيات الفضائية المناسبة.

كما يود الباحث أن يشكر الشيخ محمود محمد علي الصديق أحد أعيان مدينة البركت على خدماته الجليلة التي قدمها خلال الدراسة الميدانية، كما أن كلية التربية غات ممثلة بعميدها الدكتور موسى خاودن والأستاذ محمد حسان والسيد أبو بكر المجدولي يستحقون الإشادة لحسن استقبالهم.

الهوامش:

[1] - United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA), (2019), FLASH UPDATE (Report) Floods in the South - West of Libya, www.unocha.org.

[2]- الحاي، مصطفى محمد محمد مصطفى (2000)، الجريان السطحي ومخاطره في الصحراء المصرية. *المؤتمر السنوي الخامس لإدارة الأزمات والكوارث*، القاهرة: دار المنظومة. ص ص 32-61.

[3] - KOMAROVA, V. K. (2007). *ELSEVIER'S DICTIONARY OF GEOGRAPHY*. Amsterdam: ELSEVIER. p. 746.

[4]- الجديدي، حسن محمد (1998)، أسس الهيدرولوجيا العامة، ط 1، طرابلس، جامعة الفاتح. ص 157.

[5]- النفيعي. (2010)، *تقدير الجريان السطحي ومخاطره السيلية في الحوض الأعلى لوادي عرنة شرق مكة المكرمة. رسالة ماجستير (غير منشورة).* مكة المكرمة: جامعة أم القرى. ص84.

[6] - المرجع السابق. ص 165.

[7]- السبيعي، سليمان يحيى (2007)، *الاعتبارات المناخية في التخطيط العمراني بمدينة غات، رسالة ماجستير غير منشورة.* مصراتة: جامعة 7 أكتوبر.

[8]- شمشير، فيصل (2008)، *دراسة مسببات السيول وحجم أضرارها في حضرموت* .عدن: جامعة عدن (منشور على شبكة الإنترنت).

[9] - Bajabaa, S., Masoud M., Al-Amri N. (2013). Flash flood hazard mapping based on quantitative hydrology, geomorphology and GIS techniques (case study of Wadi Al Lith, Saudi Arabia). *Arabian Journal of Geosciences*.

[10]- الودعاني، إدريس علي (2014)، مخاطر السيول فى منطقة جازان جنوب غربي المملكة العربية السعودية (منظور جيومورفولوجي)، مجلة جامعة جازان – فرع العلوم الإنسانية، المجلد 3 العدد 1. ص ص 15-90.

[11]- بن طاهر، لبنى سليمان (2022)، " تقدير حجم السيول بحوض وادي القطارة جنوب شرق مدينة بنغازي- ليبيا، بالتكامل بين نموذج الهيئة الامريكية لحماية الاراضي (SCS) و تقنيات نظم معلومات الجغرافية و الاستشعار عن بعد"، مجلة جامعة سبها – العلوم البحتة والتطبيقية، المجلد 21 العدد 1، ص ص 6-15 .

[12] - Gautam, Vivek Kumar, Gaurav,Piyush Kumar, Murugan, P, Annadurai, M, (2015) Assessment of Surface Water Dynamicsin Bangalor using WRI, NDWI, MNDWI, Supervised Classification and K-T Transformation, Aquatic Procedia 4. p.740.

[13]- السبيعي، سليمان يحيى (2007)، مرجع سابق ص ص 122-123.

[14]- المرجع السابق ص 135.

[15]- المرجع السابق ص 229.

[16] - Industrial Research Centre, (1984), Geological map of Libya, Sheet: GHAT NG 32-15, Explanatory Booklet.

[17] - Cepek, Peter (1980), The Sedimentology and Facies Development of the Hassawnah Formation in Libya, In: The Geology of Libya, Voll II, Salem and Buserwill, (Editors). Tripoli. p375.

[18] - Industrial Research Centre, (1984), Geological map of Libya, Sheet: GHAT NG 32-15, Explanatory Booklet, pp. 51-53

[19]- - Industrial Research Centre, (1984), Geological map of Libya, Sheet: WADI TANEZZUFT, NG 32-11, Explanatory Booklet.

[20]- ناصر، شوقي شحدة أحمد (2017)، جيومورفولوجية منخفض وادي تنزوفت (جنوب غرب ليبيا) باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، أطروحة دكتوراه، (غير منشورة)، جامعة طرابلس. ص 36.

[21]- علي، أحمد عبد السلام (2000)، بعض الأخطار الطبيعية على الطرق البرية في شمال سلطنة عمان دراسة في الجيومرفولوجيا التطبيقية، رسائل جغرافية، 247، الكويت. ص 99.

[22]- محسوب، محمد صبري وأرباب، محمد إبراهيم (1998)، الأخطار والكوارث الطبيعية الحدث والمواجهة معالجة جغرافية، ط1، القاهرة، دار الفكر العربي.ص 102.

[23]- الدليمي، خلف حسين (2000)، الجيومورفولوجيا التطبيقية، عمان، الأهلية للنشر والتوزيع. ص 243.

[24]- سليمان، محمد فؤاد عبد العزيز (2011)، الضوابط الهيدروجيومورفولوجية لسيل 2010 لحوض وادي العريش باستخدام نظم

لمنطقة وادي المجينين باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية"، مجلة العلوم والتقانات الفضائية، العدد5.

[10]- علي، أحمد عبد السلام (2000)، بعض الأخطار الطبيعية على الطرق البرية في شمال سلطنة عمان دراسة في الجيومرفولوجيا التطبيقية، رسائل جغرافية، 247، الكويت.

[11]- عودة، سمر (2015)، أهم المشاكل التي تتعرض لها السدود الترابية وكيفية مراقبتها، مجلة جامعة البعث – المجلد 73 – العدد 8 .

[12]- محسوب، محمد صبري وأرباب، محمد إبراهيم (1998)، الأخطار والكوارث الطبيعية الحدث والمواجهة معالجة جغرافية، ط1، القاهرة، دار الفكر العربي.

[13]- ناصر، شوقي شحدة أحمد (2017)، جيومورفولوجية منخفض وادي تنزوفت (جنوب غرب ليبيا) باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، أطروحة دكتوراه، (غير منشورة)، جامعة طرابلس.

[14]- النفيعي. (2010)، تقدير الجريان السطحي ومخاطره السيلية في الحوض الأعلى لوادي عرنة شرق مكة المكرمة. رسالة ماجستير (غير منشورة). مكة المكرمة: جامعة أم القرى.

[15]- الهيئة العامة للطيران المدني والأرصاد الجوية (2020) محطة قياس المطر بمدينة غات (بيانات غير منشورة).

[16]- الودعاني، إدريس علي (2014)، مخاطر السيول في منطقة جازان جنوب غربي المملكة العربية السعودية (منظور جيومورفولوجي)، مجلة جامعة جازان – فرع العلوم الإنسانية، المجلد 3 العدد 1.

[17]- Ashraf Abdelkarim, Ahmed F. D. Gaber, Ahmed M. Youssef and Biswajeet Pradhan, (2019), "Flood Hazard Assessment of the Urban Area of Tabuk City, Kingdom of Saudi Arabia by Integrating Spatial-Based Hydrologic and Hydrodynamic Modeling", Sensors, 19, 1024.

[18]- Bajabaa, S., Masoud M., Al-Amri N. (2013). Flash flood hazard mapping based on quantitative hydrology, geomorphology and GIS techniques (case study of Wadi Al Lith, Saudi Arabia). Arabian Journal of Geosciences.

[19]- Cepek, Peter (1980), The Sedimentology and Facies Development of the Hassawnah Formation in Libya, In: The Geology of Libya, Voll II, Salem and Buserwill, (Editors). Tripoli.

[20]- Gautam, Vivek Kumar, Gaurav,Piyush Kumar, Murugan, P, Annadurai, M, (2015) Assessment of Surface Water Dynamicsin Bangalor using WRI, NDWI, MNDWI, Supervised Classification and K-T Transformation, Aquatic Procedia 4.

[21]- Industrial Research Centre, (1984), Geological map of Libya, Sheet: GHAT NG 32-15, Explanatory Booklet.

[22]- Industrial Research Centre, (1984), Geological map of Libya, Sheet: GHAT NG 32-15.

[23]- Industrial Research Centre, (1984), Geological map of Libya, Sheet: WADI TANEZZUFT, NG 32-11, Explanatory Booklet.

[24]- Industrial Research Centre, (1984), Geological map of Libya, Sheet: WADI TANEZZUFT, NG 32-11.

[25]- KOMAROVA, V. K. (2007). ELSEVIER'S DICTIONARY OF GEOGRAPHY. Amsterdam: ELSEVIER.

[26]- United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA), (2019), FLASH UPDATE (Report) Floods in the South - West of Libya, www.unocha.org.

المعلومات الجغرافية. *مجلة الشرق الأوسط (مركز بحوث الشرق الأوسط بجامعة عين شمس*. ص ص 401-405.

[25] - Ashraf Abdelkarim, Ahmed F. D. Gaber, Ahmed M. Youssef and Biswajeet Pradhan, (2019), "Flood Hazard Assessment of the Urban Area of Tabuk City, Kingdom of Saudi Arabia byIntegrating Spatial-Based Hydrologic and Hydrodynamic Modeling" , Sensors, 19, 1024.

[26]- المرجع السابق. ص 400.

[27]- عبد الله، أمحمد محمد، والكاسح، أكرم عبد السلام، (2019)، "التحليل المورفومتري وتحديد أولويات مستجمعات المياه الفرعية لمنطقة وادي المجينين باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية"، مجلة العلوم والتقانات الفضائية، العدد5. ص 104.

[28]- عودة، سمر (2015)، أهم المشاكل التي تتعرض لها السدود الترابية وكيفية مراقبتها، مجلة جامعة البعث – المجلد 73 العدد 8. ص 151.

[29]- حمدان، سوسن صبيح (د. ت)، الآثار الجغرافية لبناء السدود والخزانات على الأنهار دائمة الجريان (سد حمرين نموذجاً). (منشور على شبكة الإنترنت).

قائمة المراجع

[1]- بن طاهر، لبنى سليمان (2022)، " تقدير حجم السيول بحوض وادي القطارة جنوب شرق مدينة بنغازي- ليبيا، بالتكامل بين نموذج الهيئة وتقنيات نظم معلومات الجغرافية (SCS) الامريكية لحماية الاراضي والاستشعار عن بعد"، مجلة جامعة سبها – العلوم البحتة والتطبيقية، المجلد 21 العدد 1.

[2]- الجديدي، حسن محمد (1998)، أسس الهيدرولوجيا العامة، ط 1، طرابلس، جامعة الفاتح.

[3]- الحاي، مصطفى محمد محمد مصطفى (2000)، الجريان السطحي ومخاطره في الصحراء المصرية. المؤتمر السنوي الخامس لإدارة الأزمات والكوارث، القاهرة: دار المنظومة.

[4]- حمدان، سوسن صبيح (د. ت)، الآثار الجغرافية لبناء السدود والخزانات على الأنهار دائمة الجريان (سد حمرين نموذجاً (. (منشور على شبكة الإنترنت).

[5]- الدليمي، خلف حسين (2000)، الجيومورفولوجيا التطبيقية، عمان، الأهلية للنشر والتوزيع.

[6]- السبيعي، سليمان يحيى (2007)، الاعتبارات المناخية في التخطيط العمراني بمدينة غات، رسالة ماجستير غير منشورة. مصراتة: جامعة 7 أكتوبر.

[7]- سليمان، محمد فؤاد عبد العزيز (2011)، الضوابط الهيدروجيومورفولوجية لسيل 2010 لحوض وادي العريش باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. مجلة الشرق الأوسط (مركز بحوث الشرق الأوسط بجامعة عين شمس.

[8]- شمشير، فيصل (2008)، دراسة مسببات السيول وحجم أضرارها في حضرموت. عدن: جامعة عدن (منشور على شبكة الإنترنت).

[9]- عبد الله، أمحمد محمد، والكاسح، أكرم عبد السلام، (2019)، "التحليل المورفومتري وتحديد أولويات مستجمعات المياه الفرعية