



دور الخصائص الطبيعية في زيادة قابلية تعرض المناطق العمرانية
في محافظة مسقط للفيضانات خلال الفترة (٢٠٠٧ - ٢٠١٥)
باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

سعيد بن سالم بن ساعد المشايخي

مشرف جغرافيا
المديرية العامة للتربية والتعليم
محافظة الشرقية جنوب - سلطنة عمان
said.almushaiki@moe.om

رنا نسيم جوارنه

أستاذ مساعد
قسم الجغرافيا
جامعة اليرموك - الأردن
rnjawarneh@yu.edu.jo

دور الخصائص الطبيعية في زيادة قابلية تعرض المناطق العمرانية في محافظة مسقط للفيضانات خلال الفترة (٢٠٠٧ - ٢٠١٥) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

رنا نسيم جوارنه و سعيد بن سالم بن ساعد المشايخي

الملخص:

تهدف الدراسة إلى تقييم بعض الخصائص الطبيعية للأراضي التي امتدت عليها المناطق العمرانية في محافظة مسقط للأعوام ٢٠٠٧، ٢٠١٠، ٢٠١٣، و٢٠١٥، وعلاقتها بازدياد أخطار الفيضانات في المحافظة لا سيما تلك الناجمة عن الأعاصير المدارية، ولقد تم إنتاج خريطة مؤشر لقابلية المناطق العمرانية للفيضانات في عام ٢٠١٥ بضم جميع خصائصها الطبيعية وبإعطاء كل خاصية وزناً مؤثراً في قابلية الفيضان، وأظهرت خريطة قابلية المناطق العمرانية للفيضانات عام ٢٠١٥ أن ٣١,٧ كم^٢ (٨,١٪) ذات قابلية فيضانات عالية جداً، وأن ٨٨,٣ كم^٢ (٢٢,٦٪) ذات قابلية فيضان عالية، كما أظهرت أن ١٣٠ كم^٢ (٣٣,٥٪) ذات قابلية فيضان متوسطة، و١١٣,٤ كم^٢ (٢٩,١٪)، و ٢٦,١ كم^٢ (٦,٧٪) ذات قابلية فيضان ضعيفة و ضعيفة جداً.

إن مخرجات هذا البحث ونتائجه توفر لصانعي القرار دلائل مكانية في تأثير الخصائص الطبيعية في زيادة أخطار الفيضانات، وتساعدهم في تنفيذ خطط إجلاء وإنقاذ ورسم سياسات تخطيطية أكثر دقة تراعي الخصائص الطبيعية للمناطق التنموية الجديدة وإقرارها.

الكلمات المفتاحية: فيضانات، أعاصير مدارية، محافظة مسقط، توسع عمراني، خصائص طبيعية.

Role of physical settings on increasing flood hazard in Muscat Built-up areas (2007-2015) using GIS

Rana N. Jawarneh and Said S. Almushaiki

Abstract:

This study aims at evaluating selected environmental attributes of urban development pathways in relation to their impacts on increasing cyclone-related flooding in the Governorate of Muscat for the years 2007, 2010, 2013, and 2015. A probability-weighted flood hazard map for the 2015 urban areas was produced by combining all selected environmental attributes into one probability equation, with each attribute given a weight. The 2015 urban flood hazard map showed that 31.7 km² (8.1% of total urban areas) of the built up area is located in the very high flooding hazard zone, 88.3 km² (22.6% of urban area) is located in the high flood hazard zone, 130.5 km² (33.5% of urban area) is located in the medium flooding hazard zone, and 113.4 km² (29.1% of urban area) and 26.1 km² (6.7% of urban area) located in the low and very low flooding hazard zones. The outputs from this research emphasize the potential of environmental forces to increase flood damages. The findings provide decision makers with spatially-explicit evidences on affected areas for more effective evacuation and rescue plans.

Keywords: cyclone-related flooding, flood hazard analysis, GIS, Muscat, remote sensing, urban flooding

المقدمة والأهمية:

يتعرض الإنسان باستمرار لتأثير التقلبات العنيفة وغير المألوفة، والمتمثلة في الكوارث الطبيعية الشديدة، مثل: البراكين، والزلازل، والأعاصير، وما ينتج عنها من نتائج سلبية، وأثار تدميرية، وفقدان للأرواح والممتلكات (غنيم، ٢٠٠٥). ووفقاً لإحصائية الأمم المتحدة لعام ٢٠١١، فإن عدد الوفيات نتيجة الكوارث الطبيعية بلغ حوالي ثلاثة ملايين شخص، بالإضافة إلى ٨٠٠ مليون متضرر، وقدرت الخسائر الاقتصادية جراء هذه الكوارث عام ٢٠١٠ بحوالي ١٠٩ مليار دولار (النعمان، ٢٠١٢)، ومن الأهمية الإشارة إلى أن أغلب هذه الكوارث تتعلق بالمياه، الناتجة عن الفيضانات والأعاصير (Bryant, 1991).

تنشأ الأعاصير طبيعياً نتيجة انخفاض شديد في قيم الضغط الجوي لارتفاع درجات الحرارة، يرافقه تبخر كميات هائلة من مياه البحار والمحيطات، وخاصة في النطاقات ما بين المدارية (أبوت، ٢٠٠٣)، ويشكل المحيط الهندي بيئة مثالية لتكوين الأعاصير حيث المياه الدافئة المتاخمة لمساحات برية واسعة، بمتوسط سنوي يبلغ ستة أعاصير (الشواورة، ٢٠١٢). ويحكم موقعها المطل على هذا المحيط تتعرض سلطنة عُمان لتأثير هذه الأعاصير (صبري، أرباب، ٢٠٠٢)، فقد تعرضت لإعصارين مدمرين (جونو، وفيت)، وضرب إعصار جونو (F5) أراضي السلطنة في ٤ يونيو ٢٠٠٧، ونتج عنه خسائر جسيمة، قدرت بحوالي ٤ مليارات دولار، ووفاة ٤٩ شخصاً، وفقدان ٢٧ شخصاً، تم لاحقاً عدهم من الوفيات، (المعني، والزعابي، ٢٠٠٧). وفي ٥ يونيو ٢٠١٠ ضرب إعصار فيت السلطنة (F3)، وقدرت خسائره بحوالي ٨٥٠ مليون دولار، ونجم عنه ١٧ حالة وفاة (النعمان، ٢٠١٢).

وتنبع مشكلة الدراسة وأهميتها من أن نسبة الخسائر المادية والبشرية تتفاقم إذا ضرب الإعصار مناطق مأهولة ذات كثافات سكانية عالية لا سيما إن كان موضعها في مناطق غير ملائمة طبيعياً، فعلى سبيل المثال وجودها على مناطق سهلية ذات انحدارات منخفضة، قريبة من مجاري الأودية، والمناطق الساحلية، بالإضافة إلى بنيتها الأساسية غير المؤهلة للتعامل مع مثل هذه الأخطار؛ فمثل هذه المناطق العمرانية تكون أكثر عرضة لمخاطر الفيضانات، مما يترتب عليه زيادة حجم الخسائر (الفرحان، ١٩٨٩: Ogbonna et al., 2015)، ومع تهديد هذه المناطق بالفيضانات، فإنه لا يوجد خطط إجلاء قيد التنفيذ من قبل صانعي القرار يتم اتباعها لتقليل الخسائر البشرية على وجه الخصوص، وتتعاظم المشكلة إذا تواجدت مراكز الإنقاذ والإيواء الحيوية والمعالجة الطبية في مناطق فيضانات خطيرة.

ومع تعدد دراسات أخطار الفيضانات الناجمة عن الأعاصير في سلطنة عمان، إلا أنها ركزت بالأساس على خسائرها الاقتصادية وتأثيرها على البنية التحتية واستخدامات الأراضي (النعمان، ٢٠١٢؛ الناعبي، ٢٠١٣).

فقد أعد Al Hatrushi and Al Alawi (٢٠١٢) دراسة عن وادي عدي بسلطنة عُمان، بهدف تقييم مخاطر الفيضانات على استخدامات الأرض في وادي عدي، وقد أظهرت الدراسة أن المناطق السكنية

والترفيهية هي الأكثر ضرراً بنسبة ٣١٪.

ورصد Azaz (٢٠١٠) الأضرار التي خلفها إعصار جونو ٢٠٠٧ على محافظة مسقط وقيمها، مبينا أهمية توظيف التقنيات الجغرافية الحديثة في إدارة الكوارث الطبيعية، وإمكانية استخدامها لإعادة إعمار المناطق المتضررة.

أما الكلباني (٢٠١٠)، فقد صمم في دراسته عن ولاية السيب الغمانية قواعد بيانات جغرافية بهدف مراقبة المخاطر وتقييمها وإدارتها، معتمداً على المنهج الوصفي التحليلي، وتقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية.

وتتميز دراستنا عن سابقتها بأنها تدرس تموضع المناطق العمرانية بالنسبة لبعض الخصائص الطبيعية (خصائصها الطبوغرافية، وقربها من مجاري الأودية، ومن السدود وخط الساحل، وبعدها عنها) التي تزيد من أخطار الفيضانات لا سيما الناتجة عن الأعاصير المدارية خلال الفترة ٢٠٠٧-٢٠١٥، وتطبق هذه الدراسة في أكبر المحافظات كثافة سكانية في السلطنة، وأكثرها تعرضاً لمثل هذه الأعاصير؛ لتسليط الضوء على أهمية اختيار أماكن الامتداد العمراني بعناية، والأخذ بعين الاعتبار خصائصها الطبيعية للحد من خطورة الفيضانات والتقليل من الخسائر؛ لذلك توظف هذه الدراسة نظم المعلومات الجغرافية وتقنية الاستشعار عن بعد لتحليل طبيعة المناطق العمرانية وإظهار كيف أنه عبر سنوات الدراسة ما زال التوسع العمراني يمتد على مناطق مهددة بالفيضانات بدرجة مرتفعة، كما تقدم هذه الدراسة خرائط بصرية للمناطق العمرانية مصنفة حسب احتمال تعرضها لأخطار الفيضانات ومواقع المنشآت الحيوية بالنسبة لهذه الأخطار، مما يساعد في تكوين رؤية أفضل لرسم سياسات تنموية أكثر دقة وفعالية.

وتهدف هذه الدراسة إلى:

- ١- دراسة الخصائص الطبيعية للأراضي التي امتدت عليها المناطق العمرانية في محافظة مسقط خلال فترة الدراسة.
 - ٢- تقييم المناطق العمرانية وتصنيفها على نطاقات مهددة بالفيضانات بدرجات خطورة متفاوتة تبعاً لتقييم كل خاصية طبيعية.
 - ٣- إنتاج خريطة خطورة فيضانات للمناطق العمرانية لسنة ٢٠١٥، بالاعتماد على الخصائص الطبيعية المدروسة هنا مجمعة لتوفير دليل مكاني لتنفيذ خطط الإجلاء والإنقاذ.
 - ٤- الوقوف على أهمية دراسة المناطق التنموية دراسة طبيعية شاملة قبل إنشائها لضمان عدم وجودها في نطاقات غير ملائمة طبيعياً، وبالتالي عرضة للفيضانات.
- ولقد تم اختيار محافظة مسقط منطقة للدراسة، لعدة اعتبارات تتمثل في:

- ١- أنها تضم أكبر وأكثر تجمعات سكانية في السلطنة.
- ٢- تقع في مسار الأعاصير المدارية.
- ٣- عدم وجود دراسات سابقة تربط بين الخصائص الطبيعية للمناطق العمرانية، ودورها في زيادة الآثار التدميرية والخسائر

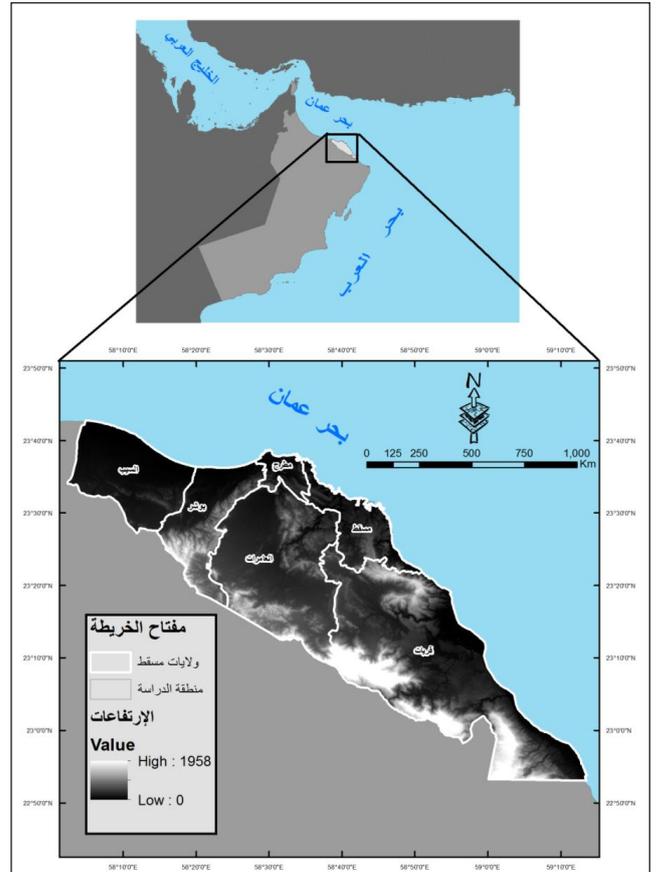
البشرية والاقتصادية في محافظة مسقط.

منطقة الدراسة:

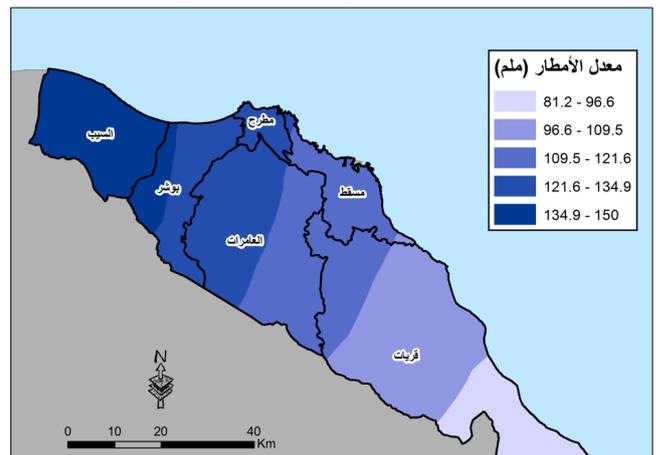
- الخصائص الطبيعية لمحافظة مسقط

تقع محافظة مسقط على بحر عُمان بساحل طوله ٢٠٠ كم الشكل (١)، في الجزء الجنوبي من سهل الباطنة، وتبلغ مساحتها ٣٩٠٠ كم^٢، أي ما نسبته ١,٢٪ من مساحة السلطنة، وتتصل من الشرق بجبال الحجر الشرقي ومحافظة الشرقية، ومن الغرب محافظة الباطنة، ومن الجنوب محافظة الداخلية، وتمتد المحافظة فوق منطقة متموجة الارتفاع كما تكثر فيها مجاري الأودية الجافة، وتظهر

الشكل (١) منطقة الدراسة



الشكل (٢) معدلات الأمطار في محافظة مسقط في إعصار فيت



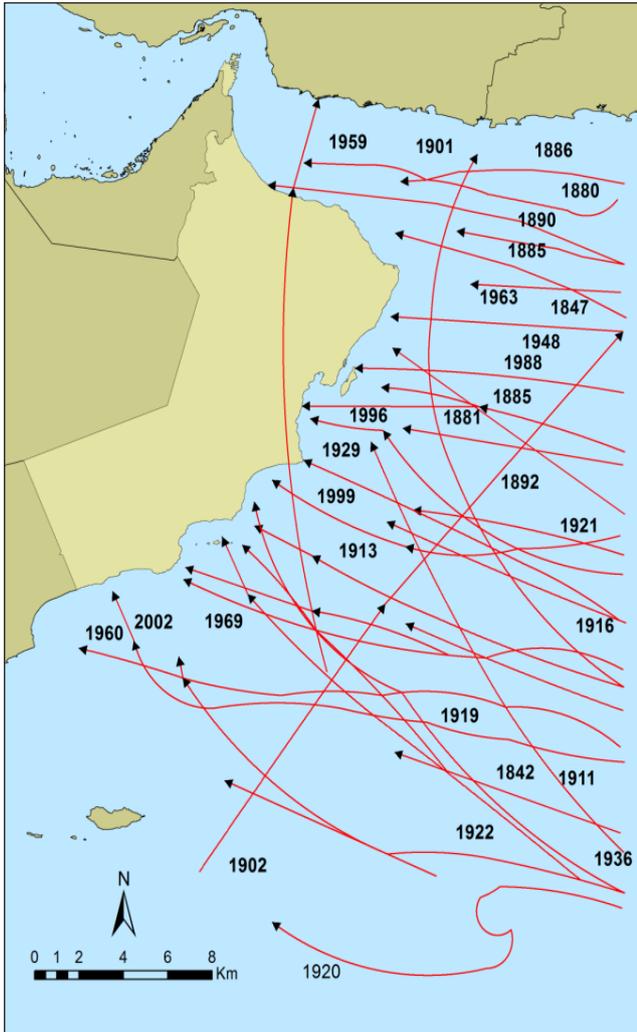
الجبال العالية والهضاب الوعرة العالية الشديدة التضرس في الطرف الجنوبي والشرقي (نمر، ١٩٨٧).

يمتاز مناخ المحافظة بأنه شبه صحراوي جاف مع درجات حرارة مرتفعة صيفاً، ومعتدلة شتاءً، ويبلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة (٢٨°) بينما يبلغ المعدل السنوي للهطول المطري حوالي (٧٠ ملم)، وفي السنوات التي تحدث فيها أعاصير مدارية، قد تزيد عن ١٠٠ ملم، ففي عام ٢٠٠٧ عندما ضرب إعصار جونو المحافظة بلغ ٣٠٨ ملم، وفي عام ٢٠١٠ بلغ ١٢٤ ملم عندما تعرضت المنطقة لإعصار فيت (الهيئة العامة للطيران المدني، ٢٠١٠) (الشكل ٢).

- الأعاصير المدارية في سلطنة عُمان

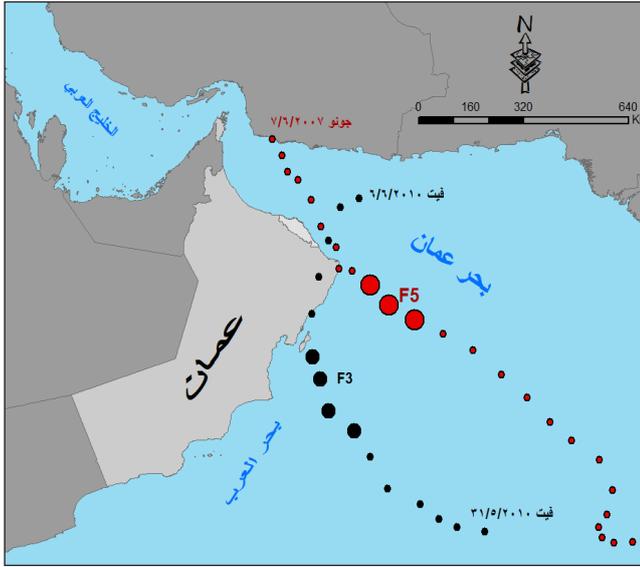
تشير الإحصاءات المناخية إلى أن سلطنة عُمان يمكن أن تتعرض أو يقترب من شواطئها إعصار أو عاصفة أو منخفض مداري عميق مرة كل ثلاث سنوات، ولقد عصفت العديد من هذه الأعاصير بسواحل السلطنة منذ عقود طويلة (الشكل ٣)، وأكثر الفترات التي تحدث فيها الأعاصير في بحر العرب شهري (مايو ويونيو)، وشهري

الشكل (٣) الأعاصير والعواصف المدارية التي تعرضت لها سلطنة عُمان (١٨٨٠-٢٠٠٢)



المصدر: منشورات الهيئة العامة للطيران المدني ٢٠١٠، والنعماني ٢٠١٢. ولقد أعاد الباحثان رسمها وإخراجها.

الشكل (٤) مسارا إحصاري جونو وفيت



المصدر: منشورات الهيئة العامة للطيران المدني ٢٠١٠ ولقد أعاد الباحثان رسمها وإخراجها.

(Minimum Mapping Unit)، وهي ٣٠م، ثم تم تحويل المناطق العمرانية من مساحي إلى مصفوفة مكونة من خلايا وحجم كل خلية ٣٠×٣٠م.

- الخصائص الطبيعية للمناطق العمرانية ودرجة خطورة الفيضانات

- الارتفاع عن مستوى سطح البحر (Elevation)

من أهم الخصائص الطبيعية التي تؤدي دوراً رئيسياً في الفيضانات هي ارتفاع سطح الأرض المقام عليها المناطق العمرانية عن مستوى سطح البحر، وللحصول على قيم ارتفاع كل خلية عمرانية في سنوات الدراسة، فقد تم استخدام نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) من القمر ASTER وبوضوح مكاني ٣٠متر، ولقد استخدمنا أداة (Extract value to point) في برمجية ArcGIS (ESRI, 2015) وبعد ذلك تصنيف المناطق العمرانية إلى خمسة نطاقات خطورة فيضانات حسب ارتفاعها عن مستوى سطح البحر (الجدول ١)، ولقد اعتمدنا في تصنيفنا هذا على مبدأ Low Elevation Coastal Zone الذي يبين أن المناطق العمرانية التي تقع على ارتفاع أقل من ١٠م درجة تعرضها لأخطار الفيضانات مرتفعة جداً (McGranhan et al., 2007; Small & Nicholls, 2003)

الجدول (١) تصنيف المناطق العمرانية وفقاً لارتفاعها عن مستوى سطح البحر وخطورة تعرضها لأخطار الفيضانات.

الارتفاع عن سطح البحر (م)	خطورة الفيضان
١٠ - ٠	مرتفعة جداً
١٥ - ١٠	مرتفعة
٢٠ - ١٥	متوسطة
٢٥ - ٢٠	منخفضة
٢٥	منخفضة جداً

(أكتوبر ونوفمبر)؛ وذلك لأن هذه الفترة الانتقالية تأتي قبل وبعد فترة الرياح الموسمية المؤثرة على شبه القارة الهندية وبحر العرب (الهيئة العامة للطيران المدني، ٢٠١٠)، ومن أكثر الأعاصير تأثيراً في العقد الماضي إحصاري جونو، وفيت.

ففي ٤ يونيو ٢٠٠٧، ضرب إعصار (جونو) من الفئة الخامسة (الشكل ٤) أراضي السلطنة، ونتج عنه خسائر جسيمة، قدرت بحوالي ٤ مليارات دولار، ووفاة ٤٩ شخص، وفقدان ٢٧ شخص (المعني، والزعابي، ٢٠٠٧)، كما قطعت الطرق (طريق العامرات- قريات، وطريق الجفنين- الموالج، وطريق القرم - دارسيت)، وفاض سد وادي الخوض (السعة التخزينية ٣١١,٦)؛ الأمر الذي أدى إلى غمر الأحياء السكنية القريبة منه، وألحق أضراراً جسيمة بالمباني السكنية والطريق البحري (الوطن الغمانية ٢٠٠٧/٦/١١) (الشكل ٥)، كما نتج عنه تضرر حوالي ٥٠٢٥٠ مسكناً و٤٥٥٧ منشأة تجارية، وبلغت خسائر النفط ٢٠٠ مليون دولار بسبب توقف الصادرات، وتكبدت شركات التأمين خسائر تقدر بملايين الريالات (الهيبي، ٢٠٠٧).

وضرب إعصار (فيت) من الفئة الثالثة السلطنة في ٥ يونيو ٢٠١٠، وقدرت خسائره بحوالي ٨٥٠ مليون دولار، و١٧ حالة وفاة (النعماني، ٢٠١٢)، وانقطعت الكهرباء والمياه والاتصالات عن ولاية العامرات وقريات، وعزلت الولايتان عن العالم، بسبب جريان وادي عدي، وغمرت المياه ست قرى في ولاية صور، وخمس قرى في ولاية الطائيين، وقريتي السرين ووادي مبيح في ولاية العامرات (الوطن الغمانية ٢٠١٠/٦/٧)، وبلغ عدد النازحين ١٢٨٧٠، ووصل عدد مراكز الإيواء إلى حوالي ٩١ مركزاً (الوطن الغمانية ٢٠١٠/٦/٦)، وانهار جزء من جسر القرم (Azaz, 2010).

المنهجية:

- خرائط التوسع العمراني في محافظة مسقط

لقد تم إنتاج خرائط التوسع العمراني في المحافظة للسنوات ٢٠٠٥، ٢٠٠٧، ٢٠١٣، و٢٠١٥ استناداً إلى المرئيات الفضائية من القمر الصناعي لاندسات، ولقد تمت الاستعانة بمرئيتين (مسار ١٥٨/ صف ٤٤ ومسار ١٥٧/ صف ٤٤) في كل سنة لتغطية مساحة المحافظة. ولقد تم الحصول على هذه المرئيات من موقع المسح الجيولوجي الأمريكي <http://earthexplorer.usgs.gov>، ثم جمعنا الحزم الطيفية باستثناء الحرارية، وقسمنا المرئيات على حدود منطقة الدراسة، ولتميز المناطق العمرانية وإبرازها فقد تم عرض المرئيات باستعمال الحزم الطيفية (Bands) (٧،٤،٢)، ونتيجة لتعذر استعمال طرق التصنيف الآلية سواء أكان التصنيف الموجه أو غير الموجه في عملية استخلاص المناطق العمرانية؛ وذلك لتشابه توقعها الطيفي مع المناطق الصحراوية المحيطة، تم اعتماد آلية الترفيم اليدوي، التي تعتمد على التحليل البصري المباشر لتصنيف الغطاءات الأرضية، وتم ترقيم المناطق العمرانية (التي شملت جميع المناطق السكنية سواء كانت عالية الكثافة أو متوسطة أو متدنية، والبنية الأساسية، وشبكة الطرق، والمنشآت التجارية والصناعية) بمقياس الرسم ١:٥٠٠٠٠ وبأصغر وحدة تحليلية

- بعد المناطق العمرانية عن خط الساحل (Distance to Coastal Line)

تعد المدن الساحلية من أكثر المناطق العمرانية تأثراً بالفيضانات؛ لأن الأمواج العاتية الناجمة عن الأعاصير ترتطم بمنطقة الساحل، وتدمر المنشآت المتواجدة عليها وأحياناً تصل الطاقة التدميرية لهذه الأمواج إلى مناطق داخلية عن طريق ارتفاع منسوب المياه في الخلجان (Hallegatte et al., 2013)، وعليه فإن تقييم المناطق العمرانية لنطاقات خطورة فيضانات وتصنيفها حسب بعدها عن خط الساحل هو أمر ضروري، ولتحقيق ذلك، تم رسم خمسة نطاقات Multiple Ring Buffer على أبعاد متساوية من خط الساحل، ولكل نطاق درجة خطورة، ثم اشتقاق المناطق العمرانية في فترة الدراسة ضمن هذه النطاقات، وتصنيفها كما هو موضح في الجدول (٣).

- بعد المناطق العمرانية عن مجاري الأودية الرئيسية
ولأن الأودية تفيض وتغمر المناطق المجاورة نتيجة الأمطار الغزيرة المصاحبة للأعاصير، فمن الضروري تحديد المناطق العمرانية الواقعة ضمن السهل الفيضي على جانبي الأودية؛ لأنها الأكثر خطورة من حيث تعرضها للفيضان؛ لذلك تم الحصول على شبكة المجاري المائية في محافظة مسقط ورسم نطاق على الحدود الخارجية لضفتي المجرى بمسافة ٣٠ متراً، ثم حصرنا المناطق العمرانية الواقعة ضمن هذا النطاق في سنوات الدراسة، وتصنيف درجة تعرضها لأخطار الفيضانات بالمرتفعة جداً.

- بعد المناطق العمرانية عن السدود الرئيسية
تؤدي الأمطار الغزيرة المرافقة للأعاصير وفيضان المجاري المائية المؤدية إلى السدود إلى ارتفاع منسوب المياه في بحيرة السد وغمر المناطق المجاورة، ولتقييم درجة تعرض المناطق العمرانية لأخطار الفيضانات حسب قربها من السدود، فقد تم الحصول على خريطة

الشكل (٥) مناطق سكنية غمرتها مياه الفيضانات بمحافظة مسقط أثناء إعصار جونو (٢٠٠٧)



المصدر: صحيفة الوطن العمانية العدد (٨٧٢٢) تاريخ ١١ يونيو ٢٠٠٧

- درجة الانحدار (Slope)

مع أن معظم السكان يفضلون العيش في المناطق السهلية قليلة الانحدار إلا أن هذه المناطق تعد أكثر عرضة لأخطار الفيضانات، ولتحديد قيم انحدار الخلايا العمرانية في سنوات الدراسة، فقد تم بداية اشتقاق خريطة الانحدار من نموذج الارتفاعات الرقمية ASTER، ثم استخدام أداة (Extract value to point) ليتم بعد ذلك تصنيف المناطق العمرانية إلى خمسة نطاقات، حسب خطورة الفيضانات، ودرجة انحدار أراضيها (الجدول ٢)، ولقد اتبعنا في تقسيم النطاقات تصنيف (ITC) للانحدارات، وهو تقسيم يشير إلى أن الأراضي ذات الانحدارات التي تقل عن ٢ درجة هي عرضة لأخطار الفيضانات بدرجة مرتفعة جداً. انظر الجدول (٣).

الجدول (٢) قابلية تعرض المناطق العمرانية لأخطار الفيضانات وفقاً لدرجة انحدارها

خطورة الفيضان	درجة انحدار السطح
مرتفعة جداً	أقل من ٢°
مرتفعة	٢° - ٥°
متوسطة	٥° - ٨°
منخفضة	٨° - ١٥°
منخفضة جداً	أكثر من ١٥°

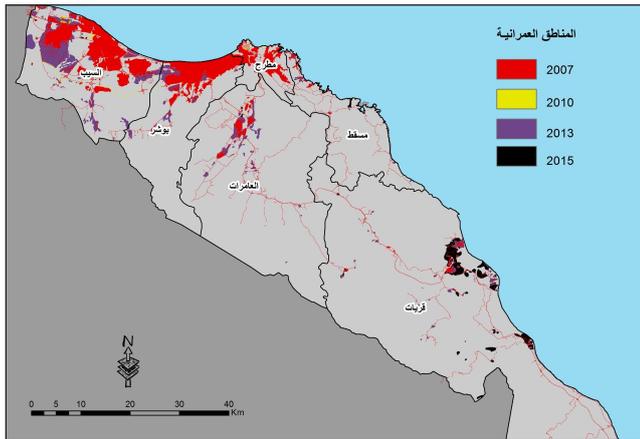
الجدول (٣) قابلية تعرض المناطق العمرانية لأخطار الفيضانات وفقاً لبعدها عن خط الساحل

البعده عن خط الساحل (م)	درجة الخطورة
أقل من ٣٠٠	مرتفعة جداً
٣٠٠ - ٥٠٠	مرتفعة
٥٠٠ - ٧٠٠	متوسطة
٧٠٠ - ١٠٠٠	منخفضة
أكثر من ١٠٠٠	منخفضة جداً

الجدول (٤) قابلية تعرض المناطق العمرانية لأخطار الفيضانات وفقاً لبعدها عن السدود الرئيسية

البعـد (م)	درجة الخطورة
٥٠٠	مرتفعة جداً
١٠٠٠-٥٠١	مرتفعة
١٥٠٠-١٠٠١	متوسطة
٢٠٠٠-١٥٠١	منخفضة
أكبر من ٢٠٠٠	منخفضة جداً

الشكل (٦) التوسع العمراني في محافظة مسقط



استحوذت ولاية السيب على المساحة العمرانية الأكبر. ففي عام ٢٠١٥ بلغت المساحة العمرانية ١٧٧ كم^٢، وهنا تكثر الأراضي والسهول المنبسطة، والارتفاعات القليلة، والتربة الخصبة، ثم جاءت ولاية بوشر في المرتبة الثانية بمساحة عمرانية مقدارها ٨١,٢ كم^٢، وأقل الولايات مساحة عمرانية هي ولاية مسقط بمساحة ٩,٧ كم^٢؛ وذلك لطبيعتها الوعرة، حيث الجبال الشاهقة، والشواطئ الضيقة. ونلاحظ أن التوسع العمراني كان ظاهراً بصورة جلية في ولايات السيب، وبوشر، والعامرات، وقريات، فقد حصل توسع عمراني في غرب ولاية السيب (المعبيلة)، وكذلك في اتجاه الجنوب الغربي بمحاذاة الطريق العام المتجه إلى الداخلية من برج الصحوه إلى بدبد المتمثل في الموالح والرسيل، كما نلاحظ توسع عمراني في جنوب ولاية بوشر مثل فلج الشام، وزيادة في رقعة العمران بولاية العامرات باتجاه الجنوب من المخططات الجديدة والحاجر، كما يتضح التمدد العمراني في ولاية قريات عام ٢٠١٥.

ويأتي هذا التوسع كنتيجة طبيعية لزيادة الحاجة والطلب على المساكن بسبب الزيادة السكانية الناجمة عن الهجرة بالدرجة الأولى، لا سيما أن محافظة مسقط تشكل مركزاً جذاباً سواء للهجرة الداخلية أو الخارجية كونها عاصمة البلاد، إذ تتوفر الخدمات المختلفة، وفرص العمل، كما تتوفر في المحافظة خدمات تعليمية متنوعة، ممثلة في المدارس الحكومية والخاصة، والمعاهد، والكليات المتخصصة، والجامعات، وتوجد في المحافظة مراكز خدمية وتجارية ومالية، مما يجعلها مصدر جذب للسكان، وبالتالي زيادة الطلب على المساكن مما يؤدي في النهاية إلى التوسع العمراني.

السدود الرئيسية في محافظة مسقط، ورسم خمسة نطاقات Multiple Ring Buffer بمسافات متدرجة حول كل سد رئيسي، وتم بعدها حصر المناطق العمرانية ضمن النطاقات الخمسة في فترة الدراسة وإعطائها درجة خطورة فيضان كما هو موضح في الجدول رقم (٤).

خريطة خطورة الفيضانات للمناطق العمرانية Flood Hazard map of Built-up areas

بعد تقييم تموضع المناطق العمرانية لسنوات متتابعة بالنسبة لعدد من الخصائص الطبيعية (الارتفاع عن مستوى سطح البحر والانحدار) والبعـد عن مصادر أخطار الفيضانات (السدود، والأودية، وخط الساحل)، كان لا بد من تجميع كل هذه الخصائص وإعطاء كل خاصية وزناً مؤثراً في الفيضانات للخروج بخريطة نهائية للمناطق العمرانية لعام ٢٠١٥، مصنفة حسب احتمالية تعرضها لأخطار الفيضانات، ومن المعلوم أن خرائط خطورة الفيضانات Flood Hazard Maps هي خرائط احتمالية تظهر المناطق المحتمل تعرضها لأخطار الفيضانات، وفقاً للعديد من العوامل التي يراها الباحث بأن لها الأثر الأكبر في حدوث الفيضانات في المنطقة المدروسة، وكل عامل له وزن مؤثر على أن تكون مجموع الأوزان لكل العوامل ١، ومؤشر مقياس هذه الخرائط يتراوح من احتمالية منخفضة ومنخفضة جداً، إلى احتمالية مرتفعة ومرتفعة جداً (Sanyal and Lu, 2006).

وفي هذه الدراسة، كل خاصية طبيعية للمناطق العمرانية في عام ٢٠١٥ متوفرة على شكل طبقة GIS، وتم إعطاؤها وزنها في التأثير بناء على Pairwise Comparison، فقد كانت أوزان الخصائص الساحل، والانحدار، والبعـد عن مجاري الأودية، والبعـد عن السدود على التوالي، ولقد تم أيضاً حساب معامل الثبات Consistency Ration، و كانت قيمته ٠,٠٦، إذ تشير إلى مستوى عالٍ من الثبات (Elsheikh et al., 2015). وباستخدام Raster calculator في ArcGIS تم تطبيق المعادلة التالية على جميع طبقات الخصائص الطبيعية للمناطق العمرانية لعام ٢٠١٥، على النحو الآتي:

خريطة خطورة فيضانات المناطق العمرانية = (ارتفاع المناطق العمرانية*٠,٢٧) + (البعـد عن الساحل*٠,٢) + (انحدار المناطق العمرانية*٠,٢٧) + (البعـد عن الأودية الجافة*٠,١٤) + (البعـد عن السدود*٠,١٢) (معادلة ١).

النتائج والتحليل

- التوسع العمراني في محافظة مسقط (٢٠٠٧ - ٢٠١٥)

بلغت مساحة المناطق العمرانية في محافظة مسقط عام ٢٠٠٧ حوالي ٢٦٧ كم^٢، أي ما يعادل ٦,٨٪ من مساحة منطقة الدراسة، ولقد ارتفعت هذه المساحة ارتفاعاً بسيطاً في عام ٢٠١٠ لتصل إلى ٢٧٠ كم^٢. غير أنه في عام ٢٠١٣ شهدت محافظة مسقط ارتفاعاً واضحاً لتصل مساحة المناطق العمرانية إلى ٣٦١ كم^٢، أما في عام ٢٠١٥، فقد بلغت هذه المساحة ٣٩٠ كم^٢ الشكل (٦)، وعلى مستوى الولايات،

وفي عام ٢٠٠٩ بلغ عدد هذه الرخص ٥٣٥٤ رخصة بناء، وارتفعت ارتفاعاً في عام ٢٠١٠ إلى ٥٦٦٩ رخصة. أما في عامي ٢٠١١ و ٢٠١٢ فقد حصلت قفزة كبيرة في أعداد هذه الرخص ليصل إلى ٧٣٤٠ و ٩٢٠٦ لكلا السنتين على التوالي، وحدثت قفزة أخرى عام ٢٠١٤، فوصل العدد إلى ١١٠٢٥ رخصة بناء.

أما قطع الأراضي التي دخلت التنظيم فبلغت عام ٢٠٠٩ حوالي ١٤٠٣٤ قطعة أرض، وانخفضت عام ٢٠١٠، لتصل إلى ٨٠٠٢ قطعة أرض، لترتفع عام ٢٠١١ إلى ٩٧٣١ قطعة أرض، أما في عام ٢٠١٢ فانخفضت إلى ٧٤٩٩ قطعة أرض، وانخفضت بنسبة كبيرة عام ٢٠١٣، فقد وصلت إلى ٤٢٦٤ قطعة أرض، وعام ٢٠١٤ بلغت ٣٤٧٥ قطعة أرض مسجلة لأول مرة في وزارة الاسكان.

وتمنح الدولة المواطنين الذكور والإناث قطعاً من الأراضي؛ لأجل تعميرها داخل المحافظة، فبلغت عام ٢٠٠٩ حوالي ٢٥٨٢ قطعة أرض، وقفزت إلى ٥٧٧٨ قطعة أرض ممنوحة عام ٢٠١٠، أما عام ٢٠١١ فارتفعت إلى ٦٦٩٨ قطعة ممنوحة، وانخفضت عامي ٢٠١٢ و ٢٠١٣ إلى ١٢٩٧ و ٣٤١٤ قطعة أرض على التوالي، ولتعاود ارتفاعها ولو بشكل بسيط عام ٢٠١٤، لتبلغ ١٦٧٧ قطعة.

- الخصائص الطبيعية للمناطق العمرانية و خطورة الفيضانات

- الارتفاع عن مستوى سطح البحر

تشير نتائج تقييم الخصائص الطبيعية لمناطق التوسع العمراني في فترة الدراسة (الجدول ٥) إلى أن مساحة المناطق العمرانية الممتدة على ارتفاعات أقل من ١٠ م في المحافظة كلها، والمهددة بالفيضانات بدرجة مرتفعة جداً بلغت ٢كم٤٣ في عام ٢٠٠٧، وذلك قبل أن يضرب إعصار جونو المنطقة بأشهر، وفي عام ٢٠١٠ تناقصت المناطق العمرانية بشكل كبير ضمن هذا النطاق لتصل إلى ٢٥ كم٢، ويأتي هذا التناقص؛ نتيجة لغمر وتدمير مناطق عمرانية بعد إعصار فيت الذي ضرب المحافظة في نفس العام، ونتيجة التأثير الذي خلفه إعصار جونو الذي ضرب المحافظة عام ٢٠٠٧، ومع الدمار الذي خلفه الإعصاران والخسائر المادية والبشرية والاقتصادية في المناطق العمرانية على هذه المستويات المنخفضة، إلا أنه في عام ٢٠١٣ عاودت المساحات العمرانية إلى التزايد على هذه الارتفاعات المنخفضة لتصل إلى ٢كم٣٤، وازدادت أيضاً في عام ٢٠١٥ فوصلت إلى ٢كم٣٧، ونلاحظ هنا أنه على الرغم من الخطورة المرتفعة لهذه المناطق للبناء عليها، وهذا يظهر جلياً من التناقص الهائل في المساحات العمرانية نتيجة تأثرها بالإعصارين بين عامي ٢٠٠٧ و ٢٠١٠، إلا أن الإعمار في هذه الأماكن ما زال مستمرأ.

أما بالنسبة لمساحة المناطق العمرانية الواقعة على ارتفاعات بين ١٠ و ١٥ م، فهي في العموم أكبر من سابقها، إذ بلغت ٢كم٤٥ في عام ٢٠٠٧، وبقيت المساحة ثابتة تقريباً عام ٢٠١٠، إلا أنها ازدادت لتصل إلى ٢كم٥٢ في ٢٠١٣، وفي العام ٢٠١٥ ارتفعت إلى ٢كم٦٤، ونلاحظ من هذه النتائج أن المناطق العمرانية، في هذا النطاق المرتفع الخطورة للفيضان، قد حافظت على مساحتها، ولكنها لم تتزايد بين عامي ٢٠٠٧ و ٢٠١٠، وهي فترة الأعاصير؛ وربما يعود ذلك إلى

ويأتي التوسع العمراني في فترة الدراسة نتيجة أيضاً للزيادة الطبيعية للسكان، فقد بلغ عدد سكان المحافظة في عام ٢٠١١ حوالي ١٠٠٣٧٤٢ نسمة، بكثافة سكانية بلغت ٢٥٧ نسمة/كم٢، وارتفع هذا العدد في عام ٢٠١٢ إلى ١٠٩٣٣٦٠ نسمة، بكثافة سكانية بلغت ٢٨٠,٣ نسمة/ كم٢. وفي عام ٢٠١٣ قفز عدد السكان إلى ١١٥٥٨٦١ نسمة، وبكثافة سكانية بلغت ٢٩٦,٤ نسمة/ كم٢، وزاد عدد السكان عام ٢٠١٤ حتى بلغ ١٢١٠٤٨٠ نسمة، وبكثافة سكانية مقدارها ٣١٠,٤ نسمة/ كم٢.

كما تظهر إحصائيات رخص البناء والمعروفة محلياً بباحة البناء حدوث طفرة في عدد هذه الرخص، لا سيما في السنوات الأخيرة،

الجدول (٥) مساحات المناطق العمرانية في محافظة مسقط مصنفة حسب خصائصها الطبيعية ودرجة خطورة تعرضها للفيضانات (٢٠٠٧-٢٠١٥)

الارتفاع (متر فوق سطح البحر)	السنة				درجة خطورة الفيضان	مساحة المناطق العمرانية(كم٢)
	٢٠١٥م	٢٠١٣م	٢٠١٠م	٢٠٠٧م		
١٠ - ٠	٣٧,٤	٢٤,٠	٢٥,٥	٤٢,٠	مرتفعة جداً	١٠ - ٠
١٠,١ - ١٥	٦٤,٢	٥٢,٣	٤٥,٠	٤٤,٧	مرتفعة	١٥ - ١٠,١
١٥,١ - ٢٠	٤٠,٦	٣٦,٣	٣١,٠	٣١,١	متوسطة	٢٠ - ١٥,١
٢٠ - ٢٥	٣٠,٥	٢٩,٠	٢٥,١	٢٥,١	منخفضة	٢٥ - ٢٠
٢٥,١ +	٢١٧,٤	٢٠٩,٤	١٤٢,٤	١٢٣,١	منخفضة جداً	٢٥,١ +
الانحدار (درجة)						
٢ <	٤٧,٤	٤٢,١	٣٢,١	٣٣,٠	مرتفعة جداً	٢ <
٢ - ٥	١٣٢,٩	١٢٢,٩	٩١,٦	٩٠,٠	مرتفعة	٥ - ٢
٥ - ٨	٩٤,٧	٨٨,٠	٦٥,٥	٦٥,٠	متوسطة	٨ - ٥
٨ - ١٥	٧٩,٠	٧٥,١	٥٥,٤	٥٤,٩	منخفضة	١٥ - ٨
١٥ +	٣٥,٣	٣١,١	٢٥,١	٢٤,١	منخفضة جداً	١٥ +
البعد عن الساحل (متر)						
٣٠٠٠	١٥,٢	١٣,٩	١٢,٣	١٢,٥	مرتفعة جداً	٣٠٠٠
٣٠١ - ٥٠٠	١٠,٩	٩,٧	٨,٢	٨,٠	مرتفعة	٥٠٠ - ٣٠١
٥٠١ - ٧٠٠	١٠,٤	٩,٢	٨,٠	٧,٩	متوسطة	٧٠٠ - ٥٠١
٧٠١ - ١٠٠٠	١٥,٧	١٣,٩	٨,٠	١٢,٠	منخفضة	١٠٠٠ - ٧٠١
أبعد من ١٠٠٠	٣٣٧,٨	٣١٤,٣	٢٣٣,٥	٢٢٦,٦	منخفضة جداً	أبعد من ١٠٠٠
البعد عن السدود (متر)						
٥٠٠٠	١,٩	١,٩	١,٣	١,٣	مرتفعة جداً	٥٠٠٠
٥٠١ - ١٠٠٠	٤,٥	٤,٦	٣,٥	٣,٥	مرتفعة	١٠٠٠ - ٥٠١
١٠٠١ - ١٥٠٠	٦,٨	٦,٧	٥,٦	٥,٦	متوسطة	١٥٠٠ - ١٠٠١
١٥٠١ - ٢٠٠٠	٨,٤	٨,٣	٧,٣	٧,٢	منخفضة	٢٠٠٠ - ١٥٠١
أبعد من ٢٠٠١	٣١٨,٤	٣٣٩,٥	٢٥٢,٣	٢٤٩,٤	منخفضة جداً	أبعد من ٢٠٠١
البعد عن الوديدة (متر)						
٣٠	٨,٧	٨,٣	٦,٠	٦,٠	مرتفعة جداً	٣٠
أبعد من ٣٠	٣٨١,٣	٣٥٢,٧	٢٦٤,٠	٢٦١,٠	خفيفة	أبعد من ٣٠

المناطق العمرانية بالحسبان)، واستمر التوسع العمراني ضمن هذا النطاق ليصل إلى ٨,٧ كم^٢ في عام ٢٠١٥. وتقع في منطقة الدراسة الكثير من الأودية التي تجري من الجنوب إلى الشمال، والشمال الشرقي، والشمال الغربي، ومن المعروف أن مسالك الأودية هي مناطق يصعب الاستيطان عليها؛ وذلك لخطورتها أثناء هطول الأمطار، وجريان الأودية وفيضاتها، ولقد عانت منطقة الدراسة في فترة حدوث الأعاصير من دخول مياه الأودية وفيضاتها إلى المناطق السكنية، فعلى سبيل المثال، غمر وادي ضيقة قرى (المزارع وحيل الغاف ودغمر)، وفاض وادي عدي على منطقة القرم التجارية، أما وادي الجفنين فقد فاض على منطقة الموالح.

- البعد عن السدود

أظهرت النتائج أن مساحة المناطق العمرانية التي توجد على بعد ٥٠٠ م من السدود الرئيسية ضئيلة، ولا تتجاوز ١٪ في فترة الدراسة، أما على بعد ١٠٠٠ م، فقد انخفضت المناطق العمرانية في فترة الدراسة من ١,٣١٪ عام ٢٠٠٧ إلى ١,١٦٪ عام ٢٠١٥، وكانت أعلى نسبة انخفاض بين عامي ٢٠٠٧ و٢٠١٣، وهي الفترة التي تلت إعصار جونو، وهذا يفسر الدمار الذي خلفه إعصار جونو لقاطني المناطق الواقعة بالقرب من السدود.

وتوجد في منطقة الدراسة العديد من السدود المائية التي تغذي المياه الجوفية، وتحمي المنطقة من أخطار الفيضانات، وأشهر هذه السدود سد وادي ضيقة في ولاية قريات، الذي تبلغ سعته التخزينية ١٠٠ مليون م^٣، وتبلغ مساحة مستجمع المياه حتى مصبه في البحر حوالي ٢٠٠٠ كم^٢، (المستجمع عبارة عن مساحة من الأرض التي تتساقط عليها الأمطار مكونة عدة رواهد مكونة المجرى الرئيسي للوادي)، وكذلك سد وادي الخوض في ولاية السيب، الذي تبلغ سعته التخزينية حوالي ١١,٦ مليون م^٣.

- خريطة خطورة فيضان المناطق العمرانية حسب الولايات لعام ٢٠١٥ م

تشير خريطة المناطق العمرانية المعرضة للفيضان لعام ٢٠١٥ التي تتضمن تأثير جميع الخصائص الطبيعية المدروسة حسب وزن مؤثر- إلى أن مساحة المناطق العمرانية المعرضة للفيضانات بدرجة مرتفعة جداً ٣١,٧ كم^٢، أي ما نسبته (٨,١٪) من مساحة المناطق العمرانية في المحافظة، أما مساحة المناطق المعرضة للفيضانات بدرجة متوسطة فقد وصلت إلى ١٣٠,٥ كم^٢، وبنسبة (٣٣,٥٪)، فيما بلغت مساحة الأراضي المعرضة للفيضانات بدرجة منخفضة ١١٣,٤ كم^٢، وبنسبة (٢٩,١٪)، ولقد تباينت مساحة المناطق العمرانية المهدة بالفيضانات من ولاية إلى أخرى (الجدول ٦).

ويليه تفصيل لكل ولاية على حدة، مرتبة حسب نسبة المناطق العمرانية الواقعة ضمن نطاق الخطورة المرتفعة جداً والمرتفعة:- ولاية قريات:

تبلغ مساحة الولاية ١١٥٥ كم^٢ منها ٥٦,٤ كم^٢ مناطق عمرانية،

التهديدات والآثار التدميرية التي رافقت الإعصارين في تلك الفترة، إلا أنه ومع تلاشي هذه الآثار وربما اختفاء الصورة السلبية عنها عادت المناطق العمرانية إلى التزايد.

وعلى الارتفاعات ذات خطورة فيضانات متوسطة ومنخفضة (الارتفاع من ١٥ إلى ٢٥ م فوق سطح البحر)، فإن المساحات العمرانية ازدادت بشكل مستمر و لكن بمعدلات متدنية، أما على الارتفاعات ذات التأثير المنخفض جداً بالفيضانات نجد أن المساحات العمرانية قد امتدت باتجاهها، إذ إن ما يزيد عن ٥٠٪ من المساحة العمرانية الكلية توجد ضمن هذه الفئة، وهذا مؤشر جيد على وجود نوع من الوعي في ضرورة التوسع باتجاه المناطق ذات الارتفاعات الأعلى.

- الانحدار

وفيما يتعلق بموضعية المناطق العمرانية بالنسبة لدرجات الانحدار، تظهر النتائج أن مساحتها قد تناقصت بين عامي ٢٠٠٧ و٢٠١٠ على المناطق المستوية (الجدول ٦)، التي تمتاز بخطورة فيضانات مرتفعة جداً، إلا أن هذه المساحة عاودت إلى الارتفاع في الفترتين الأخيرتين، ومع أن المناطق العمرانية قد ازدادت على جميع المنحدرات إلا أن الزيادة العظمى كانت على المنحدرات ذات الخطورة المرتفعة، فقد ارتفعت من ٩٠ كم^٢ عام ٢٠٠٧ إلى ١٣٤ كم^٢ عام ٢٠١٥.

إن وجود حوالي ١٢٪ من المناطق العمرانية ضمن نطاق فيضانات خطر جداً، وخاصة في ولاية السيب وحوالي ٣٦٪ أيضاً ضمن نطاق فيضانات مرتفعة الخطورة، لهو مؤشر ليس بالجيد على تهديد أرواح القاطنين في هذه المناطق وعلى البنية التحتية والمراكز الحيوية فيها، إذ أنه في حالة حدوث أعاصير وسقوط أمطار غزيرة ستتجمع المياه في هذه النطاقات وتغمر المنطقة.

- البعد عن الساحل

تشير النتائج إلى أن المناطق العمرانية الواقعة ضمن ٥٠٠ م من خط الساحل قد ارتفعت من ٢٠,٥ كم^٢ عام ٢٠٠٧ إلى ٢٦ كم^٢ عام ٢٠١٥، فمع الخطورة المرتفعة جداً والمرتفعة للفيضان في هذا النطاق، إلا أنه يعد منطقة جذب سياحية لإنشاء المنتجعات والمشاريع السياحية الترفيهية الضخمة التي ازدادت في المحافظة.

أما المناطق العمرانية الواقعة ضمن ٥٠١ و٧٠٠ م، وتتسم بخطورة فيضانات المتوسطة، فقد ارتفعت ارتفاعاً طفيفاً عام ٢٠١٠، ثم قفزت عام ٢٠١٣ لتصل إلى ٩,٢ كم^٢، واستمرت بالارتفاع عام ٢٠١٥ لتصل إلى ١٠ كم^٢.

- البعد عن الأودية

أظهرت النتائج زيادة عمرانية على ضفاف الأودية الجافة، التي تتحول إلى أنهار مضطربة وغزيرة في فترة الأعاصير، وبالقرب منها، ففي عام ٢٠١٣، بلغت مساحة المناطق العمرانية الواقعة ضمن نطاق الفيضان الخطر جداً حوالي ٨,٣ كم^٢، بنسبة ٢٨,٢٪ من مجموع الأراضي العمرانية لنفس العام، مع أن هذه الفترة جاءت بعد إعصاري جونو، وفيت (إذ لم تأخذ الدولة مخاطر الأودية على

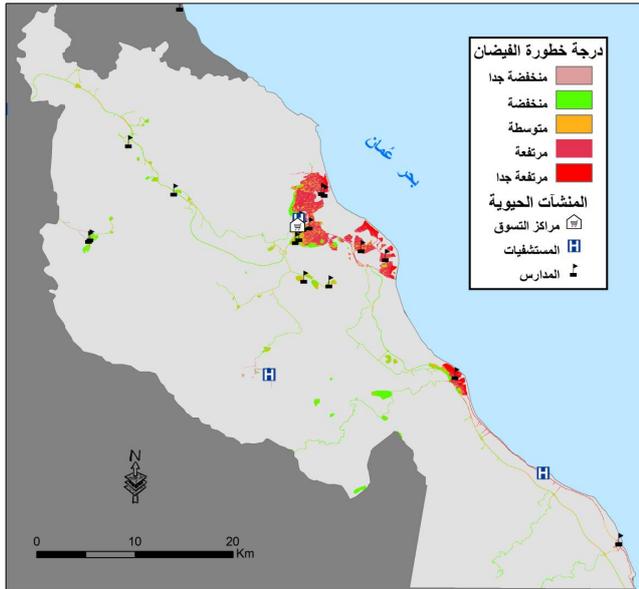
اليقظة الخاصة جميعها توجد في هذا النطاق.

- ولاية السيب:

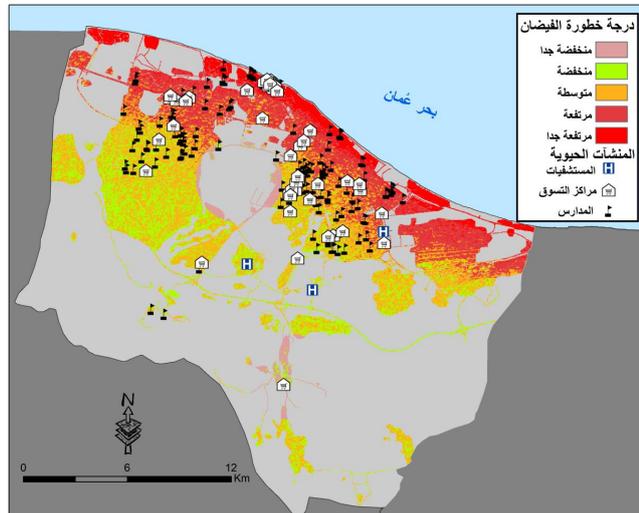
تبلغ مساحة ولاية السيب حوالي ٦٤٥ كم^٢، أما المساحة العمرانية فتبلغ حوالي ١٧٧ كم^٢، وهي ثاني أعلى ولاية من حيث الكثافة السكانية، وتتركز فيها التجمعات العمرانية على الأراضي المنبسطة القليلة الانحدار والقريبة من سد وادي الخوض، تشير خارطة قابلية الفيضانات إلى أن ١٥,٦ كم^٢ من المناطق العمرانية واقعة في نطاق الخطورة المرتفعة جداً (الشكل ٨).

ويوجد هنا مركز شرطة السيب، وسوق السيب، ومركز الشراي الصحي، ومشروع الموج، كما توجد المدارس الحكومية، مثل: مدرسة مشاعل مسقط، ومدرسة نسيبة بنت كعب، ومدرسة الموج الخاصة، ومدرسة أبو تمام للبنين، ومدرسة السيب للتعليم الأساسي، ومدرسة السلام الخاصة، ومدرسة الكوثر للتعليم

المنشآت الحيوية (٧) خطورة فيضان المناطق العمرانية في ولاية قريات وتوزيع



المنشآت الحيوية (٨) خطورة فيضان المناطق العمرانية في ولاية السيب وتوزيع

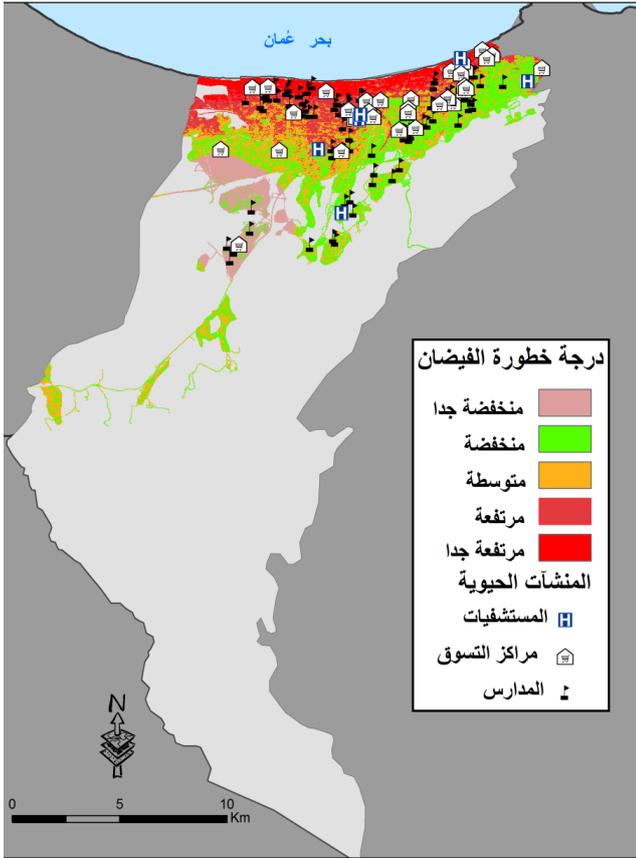


وتشير خريطة قابلية المناطق العمرانية للفيضانات لعام ٢٠١٥، إلى أن ٤٤,٧٪ من هذه المناطق عرضة للفيضانات بدرجة مرتفعة جداً ومرتفعة (الشكل ٧)، ويوجد في هذين النطاقين العديد من التجمعات السكانية الكثيفة مثل (السواقم، وحيل الغاف، ودغمر، والشهاري، وبمة، وفنس، والجزين، والمزارع)، وتجمع طبيعتها الجبال الشاهقة، والسهول المنبسطة، والوديان، والشواطئ الجميلة. ويوجد عدد كبير من المنشآت الحيوية في نطاق الخطورة العالية جداً (الشكل ٧)، ومن هذه المنشآت مركز بمة الصحي، ومستشفى بيما، وحديقة بحيرة قريات، وسوق الأسماك، ومدرسة قريات للتعليم الأساسي، فيما يضم نطاق الخطورة المرتفعة منشآت حيوية أخرى، ومثال عليها المدارس، التي تعد ملجأً آمناً للسكان في أوقات الفيضانات؛ فمدرسة الشيخ محمد بن شامس البطاشي، ومدرسة دغمر للتعليم الأساسي، ومدرسة ضباب للتعليم الأساسي، ومدرسة فنس للتعليم الأساسي، ومدرسة أبي بن ثابت، ومدرسة

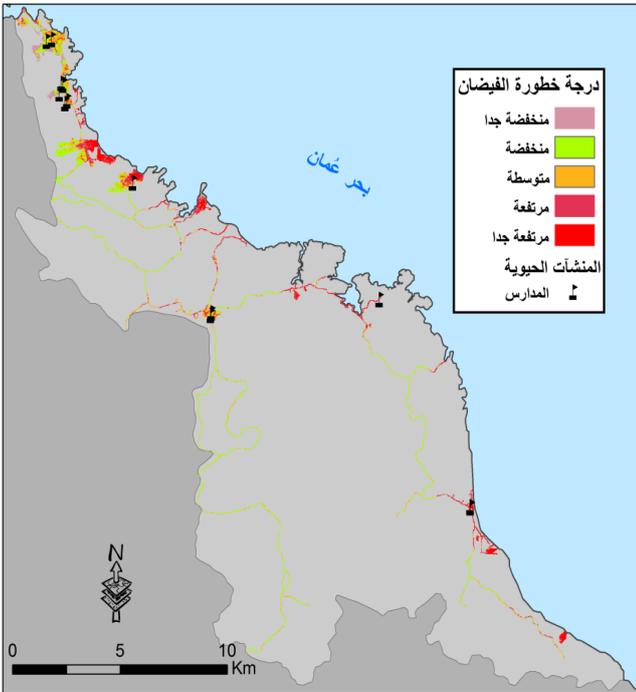
الجدول (٦) درجة خطورة تعرض المناطق العمرانية لأخطار الفيضانات حسب الولاية لعام ٢٠١٥

الولاية	المساحة العمرانية الكلية لعام ٢٠١٥ (كم ^٢)	درجة خطورة الفيضان	المساحة العمرانية ضمن كل نطاق (كم ^٢)
مسقط	٩,٨	مرتفعة جداً	١,٤
		مرتفعة	١,٧
		متوسطة	٢,٣
		منخفضة	٤
		منخفضة جداً	٠,٥
مطرح	٢٠	مرتفعة جداً	١,٦
		مرتفعة	٢,٦
		متوسطة	٦,٦
		منخفضة	١٠
بوشر	٨١,٢	منخفضة جداً	٨,٢
		مرتفعة جداً	٧,٨
		مرتفعة	١٥
		متوسطة	٢٤,٦
		منخفضة	٢٥,٢
السيب	١٧٧	منخفضة جداً	٨,٦
		مرتفعة جداً	١٥,٦
		مرتفعة	٤٧,٩
		متوسطة	٦٨,٧
		منخفضة	٣٩,١
العامرات	٢٥,٦	منخفضة جداً	٥,٧
		مرتفعة جداً	لا يوجد
		مرتفعة	٠,٢
		متوسطة	١٤,٥
		منخفضة	١٨,٤
قريات	٥٦,٤	منخفضة جداً	٢,٥
		مرتفعة جداً	٥,٣
		مرتفعة	١٩,٩
		متوسطة	١٣,٨
		منخفضة	١٦,٧
		منخفضة جداً	٠,٧

الشكل (٩) خطورة فيضان المناطق العمرانية في ولاية بوشر وتوزيع المنشآت الحيوية



الشكل (١٠) خطورة فيضان المناطق العمرانية في ولاية مسقط وتوزيع المنشآت الحيوية



السيفة للتعليم العام، والسيفة للبنين، وفندق الواحة (الشكل ١٠). أما مساحة المناطق العمرانية الواقعة ضمن فئة الخطورة المرتفعة فقد بلغت ٢٠١,٧ كم^٢، وتضم مركز السيفة الصحي، ومدرسة قنتب للتعليم الأساسي، ومدرسة الخيرات للتعليم الأساسي، وزبيدة أم

الأساسي، ومدرسة زهرة ريش للبنات، كما يوجد بها مراكز للتسوق، مثل: (مجمع العولي، والسيب مول، والرش للتسوق، والعامري للتسوق)، ويوجد بها كذلك فنادق، مثل: (فندق البهجة، واستراحة السيب، ومنتجع، وسكن رونييز).

أما فئة المناطق المرتفعة الخطورة فبلغت مساحتها ٤٧,٩ كم^٢، وتوجد عليها خدمات أساسية، مثل: المدارس (الشويقات الدولية، وتبارك الخاصة، ورحاب المعرفة، والمعيلة الشمالية، والازدهار، وعاتكة بنت زيد، والمدرسة الهندية، وحي الحكمة الخاصة، ومدرسة نجية بنت عامر الحجرية)، وكذلك المراكز الصحية مثل (مركز السيب الصحي، ومركز الموالج الشمالية الصحي)، والمراكز التجارية (مركز رامز، والسلسبيل، وزمزم هايبرماركت)، أما المساحة العمرانية الواقعة ضمن الخطورة المتوسطة، فقد بلغت ٦٨,٧ كم^٢، وبلغت مساحة المناطق ذات الخطورة المنخفضة ٢٩ كم^٢.

- ولاية بوشر:

تعد بوشر أعلى ولاية من حيث الكثافة السكانية، ويوجد فيها المؤسسات الحكومية المركزية، والسفارات الأجنبية، وتصل مساحة ولاية بوشر حوالي ٤٢٦ كم^٢، أما مساحتها العمرانية فبلغت حوالي ٨١,٢ كم^٢، ويقع ٧,٨ كم^٢ من المساحات العمرانية ضمن المناطق ذات خطورة فيضانات مرتفعة جداً (الشكل ٩)، ويوجد في هذه المساحة العديد من المباني والتجمعات الحيوية، مثل: السفارات الأجنبية والعربية، مثل: (سفارة فرنسا، وقطر، والكويت، والعراق، واليابان، والجزائر، وبريطانيا، والسودان، والهند، وإيطاليا، والمغرب، وكينيا، وبولندا)، كما يوجد فيها المعلم السياحي الشهير دار الأوبرا السلطانية، والمراكز الصحية، مثل: (كوز سرج، والغبرة، والريم، والعذبية)، والمدارس الحكومية والخاصة (الزهور الوردية، والقرم الخاصة)، ومراكز للتسوق، مثل: (رذاذ للتسوق، ومارس هايبرماركت، ومركز سلطان)، وكذلك الفنادق مثل (فندق داماس).

وبلغت مساحة المناطق العمرانية الواقعة ضمن نطاق خطورة فيضان مرتفعة ١٥ كم^٢، وهنا يوجد المستشفى السلطاني المتخصص بأمراض القلب على مستوى السلطنة، والجامع الأكبر، ومعهد العلوم الإسلامية، وحديقة العذبية، وسفارتا تايلند ونيبال، ومدرستا درة الخليج وآفاق المستقبل، أما المناطق العمرانية ذات الخطورة المتوسطة والمنخفضة فبلغت مساحتهما ٢٤,٦ كم^٢ و ٢٥,٢ كم^٢، على التوالي.

- ولاية مسقط:

تمتاز ولاية مسقط بالوعورة الشديدة؛ لذلك فإن المناطق العمرانية فيها محدودة وصغيرة مقارنة بباقي الولايات في المحافظة، وبلغت مساحة المناطق العمرانية في هذه الولاية عام ٢٠١٥ م ٩,٨ كم^٢، و ١,٤ كم^٢ منها واقع ضمن الخطورة المرتفعة جداً، ومن المنشآت الحيوية الواقعة في هذا النطاق المعرض المائي للأحياء البحرية، ومركز عُمان للغوص، ومنتجع بر الجصة، وحديقة الريام، والشعالي مارين، ومركز الدفاع المدني البستان، وفندق سيفاوي، ومدرستا

الأمين للبنات، وبلغت مساحة المناطق العمرانية الواقعة ضمن فئة الخطورة المتوسطة ٢,٣ كم^٢.

- ولاية مطرح:

بلغت مساحة المناطق العمرانية في الولاية ٢,٣ كم^٢، وبلغت مساحة المناطق العمرانية الواقعة ضمن نطاق خطورة فيضان مرتفعة جداً حوالي ١,٦ كم^٢ (الشكل ١١)، ويقع ضمن هذا النطاق سوق مطرح الشعبي، وسوق الأسماك، وحديقة القرم الطبيعية، وتوجد كذلك قنصلية سويسرا والسويد، ومركز شرطة الميناء، وأيضاً المدارس الحكومية والخاصة، مثل (مدرسة القرم الخاصة، والقرم للتعليم ساسي للبنات، ومدرسة الفارابي)، ويوجد الفنادق، وأهمها (فندق الكورنيش، وسيتي بلازا، وفندق شاطي القرم، وفندق زمي جست لأين).

أما المناطق العمرانية الواقعة في نطاق خطورة فيضان مرتفعة فقد بلغت مساحتها ٣,٦ كم^٢، ويوجد بها مجموعة سهيل بهوان للسيارات، ومارس هايبرماركت، ورحاب للتأهيل الطبي، وبلغت مساحة المناطق العمرانية ضمن الخطورة المتوسطة حوالي ٦,٦ كم^٢، وأما المناطق ذات الخطورة المنخفضة فبلغت مساحتها ١٠ كم^٢.

- ولاية العامرات:

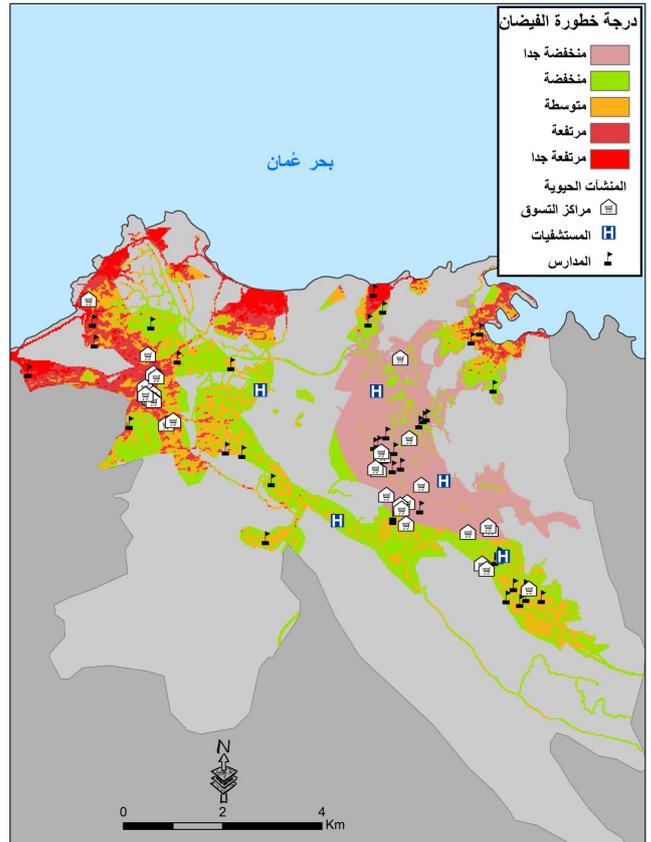
تعد ولاية العامرات الولاية الوحيدة من ولايات المحافظة التي لا تشرف على المسطحات المائية، وتحيط بها جبال الحجر من أغلب الجهات، فقد بلغت مساحتها حوالي ١٣٦٤ كم^٢، أما المساحة العمرانية فقد بلغت ٢٥,٦ كم^٢، وتشير نتائج تحليل خطورة تعرض المناطق العمرانية لأخطار الفيضان إلا أن المناطق العمرانية في هذه الولاية هي الأكثر أماناً، إذ ليس هنالك أية مناطق عمرانية مهددة بدرجة مرتفعة جداً، و المناطق المهددة بالفيضان بدرجة مرتفعة لا تتعدى ١٪ من المساحة العمرانية الكلية في الولاية (الشكل ١٢).

وتتماز هذه الولاية ببعدها عن الساحل وإحاطتها بجبال الحجر من أغلب الجهات، ووقوع المساحات العمرانية على أراض مرتفعة ومتوسطة الانحدار، أما المساحة العمرانية ذات الخطورة المتوسطة والمنخفضة فبلغت ١٤,٥ كم^٢ و ١٨,٤ كم^٢، على التوالي.

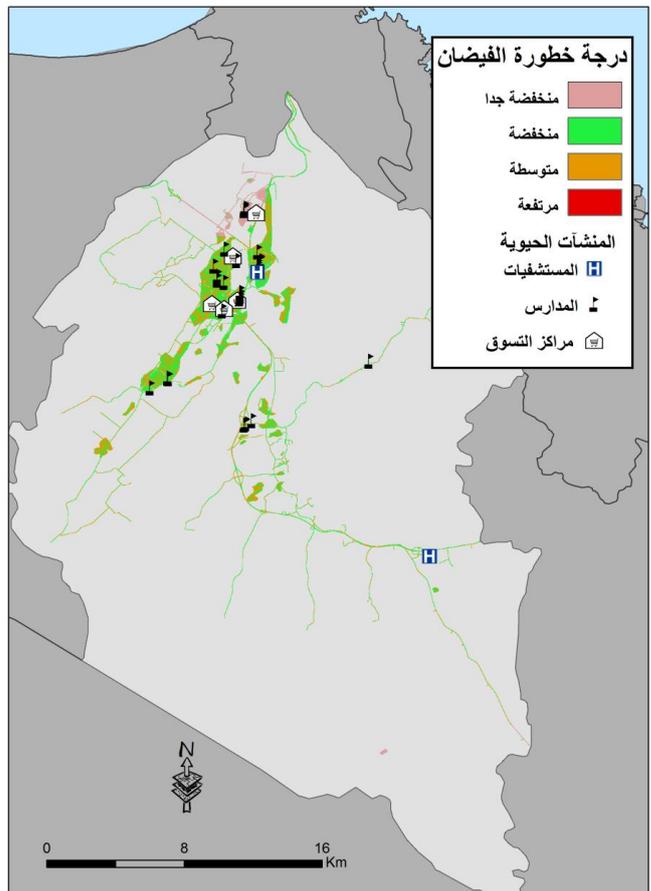
- الخاتمة والتوصيات:

أظهرت دراستنا للخصائص الطبيعية للأراضي المقامة عليها المناطق العمرانية في محافظة مسقط من ٢٠٠٧ إلى ٢٠١٥، أن التخطيط التنموي لا يولي اهتماماً فعلياً لدراسة الخصائص الطبيعية وتحليلها للمناطق التنموية الجديدة، مما يعظم حجم الخسائر الناجمة عن الفيضانات، لاسيما أن محافظة مسقط واقعة على امتداد المسار الدائم للأعاصير المدارية في المنطقة، ومع الخسائر البشرية والاقتصادية الكبيرة التي خلفها إعصارا جونو، وفيت في العامين ٢٠٠٧ و ٢٠١٠، إلا أن المساحات العمرانية في عامي ٢٠١٣ و ٢٠١٥ ما زالت تمتد على مناطق غير موائمة طبيعياً، وعرضة لتهديدات الفيضانات بدرجات مرتفعة، لا سيما المناطق القريبة من خط الساحل وذات الانحدارات المنخفضة جداً.

الشكل (١١) خطورة فيضان المناطق العمرانية في ولاية مطرح وتوزيع المنشآت الحيوية



الشكل (١٢) خطورة فيضان المناطق العمرانية في ولاية العامرات وتوزيع المنشآت الحيوية



- وأثرها على الإنسان، والحيوان.(د. ن)، عمان، الأردن.
- الفرحان، يحيى، بحيري، صلاح، وأبو سفت، محمد. (١٩٨٩). دراسات في جيمورفولوجية جنوب الأردن. مطبعة الجامعة الأردنية، عمان، الأردن، ط١.
- الكلباني، خالد، ٢٠١٠. مراقبة مخاطر الفيضانات وتقييمها وإدارة إجراءات الحد منها باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد- دراسة تطبيقية في ولاية السيب. رسالة ماجستير، جامعة السلطان قابوس، مسقط، سلطنة عُمان.
- محسوب، محمد صبري؛ أرباب، محمد إبراهيم، ٢٠٠٢. الأخطار والكوارث الطبيعية. دار الفكر العربي، القاهرة، مصر. ط١.
- المركز الوطني للإحصاء والمعلومات. الكتاب الإحصائي السنوي ٢٠١٥م.
- العني، سيف؛ الزعابي، محمد، ٢٠٠٧. موعد مع الإعصار المداري جونو. مؤسسة عُمان للصحافة والنشر، مسقط، سلطنة عُمان.
- الناعبي، أحمد خلفان، ٢٠١٣. تقييم مخاطر الفيضانات على التخطيط العمراني في ولاية السيب في ضوء إعصار جونو عام ٢٠٠٧م باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. رسالة ماجستير، جامعة الخليج العربي، المنامة، البحرين.
- النجماني، ناصر، ٢٠١٢. تحديد، ومقاومة آثار الإعصارين المداريين جونو، وفيت على استخدامات الأراضي في مدينة صور في سلطنة عُمان باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة السلطان قابوس، مسقط، سلطنة عُمان.
- نمر، عبد الحميد محمود حسين، ١٩٨٧. مسقط عاصمة عمان: دراسة في جغرافية الحضر. الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.
- الهيئة العامة للطيران المدني ٢٠١٥.
- الهيئة العامة للطيران المدني ٢٠١٠.
- الهييتي، نوزاد عبد الرحمن، الآثار الاقتصادية للكوارث الطبيعية، نظرة كونية مع إشارة إلى إعصار جونو ٢٠٠٧. مجلة آراء، مركز الخليج للإحصاء والأبحاث، (٣٥).
- وزارة التراث والثقافة، الموسوعة العمانية، مسقط - سلطنة عُمان، ٢٠١٣-٥١٤٣٤م، ط١.

- ومع أن المناطق المنبسطة هي الأكثر جذباً لعمليات الإعمار، وأن المناطق القريبة من الساحل تتمتع بخصائص جمالية تروق للقاطن، إلا أن مسألة الحياة أو الموت وتقليل الخسائر البشرية والاقتصادية التي قد تنجم من جراء هذه الأعاصير هي الأهم؛ لذا يجب أن تؤخذ بعين الأهمية، والعناية بها بالدرجة الأولى، والحقيقة أن الخصائص الطبوغرافية في محافظة مسقط تقدم تحدياً لصانعي السياسات التنموية، إذ إنها محاطة بسلاسل جبلية تكون شديدة الانحدار في معظمها، مما يوفر مساحات منبسطة محدودة صالحة للتوسع العمراني.
- وإننا نؤمن، وإن كان لا بد من البناء على مناطق ذات خطورة فيضان، أنه يجب تأمين سبل الأمان وخطط الإخلاء الفعالة؛ لتقليل الخسائر بشكل عام، ولذلك توصي الدراسة بما يأتي:-
- ١- تكثيف الاعتماد على تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في إعداد الدراسات لمواجهة المشكلات الناتجة عن الأعاصير المدارية؛ وذلك لكونها توفر معلومات دقيقة وشاملة، بتكلفة أقل وقت مناسب.
 - ٢- إنشاء قاعدة بيانات شاملة في السلطنة عن المناطق المعرضة للكوارث الطبيعية وتحديثها باستمرار.
 - ٣- إنشاء قاعدة بيانات عن مستوى المد والجزر، وارتفاع الأمواج في السلطنة.
 - ٤- ضرورة تكييف التنمية في المناطق المعرضة للفيضانات لأخطار الفيضانات؛ وذلك بإنشاء نظام صرف الطوارئ بعمل مجار احتياطية للأودية، تمر خارج المناطق المعمورة، لاستثمارها أوقات الفيضانات، لنقل المياه الزائدة خارج المناطق الحضرية.
 - ٥- تنفيذ مجار أو أنابيب لتصريف مياه الفيضانات في الأحياء المكتظة بالسكان، وتحذير السكان من مخاطر الفيضانات، وأماكن الخطر.
 - ٦- التركيز على كميات التدفق في المجاري المائية ومساراتها، ومستويات ارتفاع المياه عند تنفيذ مشاريع الطرق والجسور.
 - ٧- التوعية والإرشاد المجتمعي، بوسائل الإعلام، والمناهج الدراسية.

المراجع:

- أبوت، باتريك، ٢٠٠٣. الكوارث الطبيعية. ترجمة: توفيق علي منصور، المجلس الأعلى للثقافة، القاهرة، مصر.
- الشواورة، علي سالم، ٢٠١١. جغرافية علم المناخ والطقس. دار المسيرة، عمان، الأردن. ط١.
- صحيفة الوطن العمانية، العدد (٨٧٢٢)، تاريخ ١١ يونيو ٢٠٠٧.
- صحيفة الوطن العمانية، العدد (٩٨٠٥)، تاريخ ٦ يونيو ٢٠١٠.
- صحيفة الوطن العمانية، العدد (٩٨٠٦)، تاريخ ٧ يونيو ٢٠١٠.
- غنيم، خالد إسماعيل، ٢٠٠٥. مشكلات الكوارث الطبيعية والبيئية،

المراجع الأجنبية:

- Small, Ch., & Nicholls, R. 2003. A Global Analysis of Human settlement in Coastal Zones. *Journal of Coastal Research*. Vol 19. No 3. Pp584599-.
- Storm Prediction Center. 2014, Norman, Oklahoma: www.spc.noaa.gov.
- Al-Hatrushi, Salim and Al-Alawi, Haitha. 2012. «Evaluating the Impact of Flood Hazard Caused by Tropical Cyclones on Land Use Using Remote Sensing and GIS in Wadi Uday: Sultanate of Oman» Sultan Qaboos University. Muscat, Sultanate of Oman.
- Azaz, Lotfy Kamal. 2010. «Using remote sensing and GIS for damage assessment after flooding, the case of Muscat, Oman after Gonu tropical cyclone 2007: Urban planning perspective» , Real Corp, Vienna, 1820- May 2010.
- Bryant, Edward. 1991. *Natural Hazards*. New York: Cambridge Press.
- Elsheikh, R., Ouerghi, S., & Elhaq, A. 2015. Flood Risk Based on GIS, and Multi Criteria Techniques (Case Study Terengganu Malaysia). *Journal of Geographic Information System*, 7, pp: 348357-.
- Hallegatte, S., Green, C., Nicholls, R., and Corfee-Morlot, J. (2013). "Future flood losses in major coastal cities." *Nature Climate Change*, 3, pp: 802806-.
- Kazakis, Kougias, and Patsialis. 2015. "Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and analytical hierarchy process: Application in Rhodope-Evros region, Greece." *Science of the Total Environment*, 538, pp: 555563-.
- McGranahan, G., Balk, D., & Anderson, B. 2007. The rising tide: Assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environment & Urbanization*, 19 (1): pp 1737-.
- Ogbonna, C., Ike, F., Okwu-Delunzu, v. 2015. Spatial Assessment of Flood Vulnerability in Aba Urban Using Geographic Information System Technology and Rainfall Information. *International Journal of Geosciences*, 6, 191-200.
- Sanyal, J., & Lu, X. 2006. GIS-based hazard mapping at different administrative scales: A case study in Gangetic West Bengal, India. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 27 (2), pp: 207220-.