التحليل المكاني لمحددات النمو العمراني الطبيعية في محافظة مسقط – سلطنة عمان

د. يوسف شوقي شريف*
د. منتصر ابراهيم عبدالغني**
د. طلال بن يوسف العوضي***
محمد بن سالم البرواني***

الملخص :

تُعد المحددات الطبيعية بأنواعها المختلفة من أولويات قيام أي خطة استراتيجية لتطوير المناطق الحضرية، إذ أنها قد تعمل على الحد من التوسع العمراني في المنطقة أو تعيد توجيه. وقد كان للعوامل الطبيعية وخاصة العامل الطبوغرافي أثره المباشر في توجيه وتحجيم خطط النمو العمراني لبعض المدن منها: مكة المكرمة، ومدينة مسقط منطقة الدراسة الحالية. ونظرا لان مسقط تتمتع بثقل سكاني واقتصادي وسياسي كبير، وان نموها العمراني ضرورة حتمية؛ لذلك فإن الهدف الرئيسي للدراسة هو التحليل المكاني للمحددات الطبيعية، وتحديد دورها في اتجاهات النمو العمراني لمحافظة مسقط.

اعتمدت الدراسة على تقنيتي نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد لتتبع النمو العمراني ومعرفة كيف دفعت العوامل الطبيعية على توجيهه، خلال الفترات ١٩٧٠، ١٩٨٠، ١٩٩٠، ٢٠٠٠، ٢٠١٠، و٢٠١٧، وقد تم تتبع النمو العمراني باستخدام عدة مصادر من البيانات منها لوحات الاندسات من TM وETM، بينما تحليل التكوينات الجيولوجية والبنية فقد تمت على الخريطة الجيولوجية الرقمية مقياس ١: ١٠٠٠٠٠، أ، أما درجات الانحداروالكنتور ومظاهر السطح وشبكات التصريف والاحواض والكنتورات اشتقت بتحليل نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بدقة مكانية ٣٠ مترا.

وتوصلت الدراسة إلى عدد منالنتائج،أهمها: أن خط الساحل يعد محددا رئيسيا لاتجاهات النمو العمراني، يليه عاملي الانحدار ومظاهر السطح ثم التكوينات الجيولوجية والبنية وأخيرا الأودية الرئيسية ومصباتها.

وتوصي الدراسة بضرورة اخذ العامل الطبوغرافي وخاصة درجات الانحدار ومجاري الأودية في الخطط التوسعية المستقبلية لنمو المدينة وتخطيط الأحياء الجديدة، وكذلك مراعاة نوعية البنية والتكوينات الجيولوجية مثل تكوينات الكارست، وخاصة عند مد شبكات البنية التحتية.

الكلمات المفتاحية: النمو العمراني، درجات الانحدار، الاخوار، شبكات الاودية، مسقط، سلطنة عمان.

---

* قسم الجغرافيا، جامعة السلطان قابوس (سلطنة عمان)، وجامعة الزقازيق (مصر).
** قسم الجغرافيا، جامعة السلطان قابوس (سلطنة عمان)، وجامعة المنيا (مصر).
*** قسم الجغرافيا، جامعة السلطان قابوس (سلطنة عمان).

المقدمة :

تعتبر محافظة مسقط من العواصم الخليجية التي تتسم بالخصائص الطبيعية المعقدة والتي ساهمت بشكل كبير في رسم الخريطة العمرانية لها، حيث يطغى على المنطقة الجانب الجبلي المعقد، بالإضافة إلى مخاطر الفيضانات التي قد تحدث جراء سقوط الأمطار بغزارة وجريان الأودية وما يترتب عليها من آثار على المناطق المأهولة بالسكان ومناطق الامتداد العمراني. كما يعد النمو العمراني وارتفاع معدلات التحضر بشقيها المادي والاجتماعي قضية عالمية تُناقش على مستوى المؤسسات الدولية، وقامت العديد من دول العالم بسن القوانين والتشريعات للحد من هذه الظاهرة التي أصبحت تشغل أذهان أصحاب القرار. وتشير الأرقام الخاصة بالأمم المتحدة (٢٠١٨) الى تركز التحضر بمفهوم نسبة سكان الحضر الى جملة السكان في دول العالم المتقدم حيث تصل في أمريكا الشمالية الى ٨٢%، وامريكا الجنوبية الى ٧٨% بينما تصل في أوروبا الى حوالي ٧٤%، في حين تقل هذه النسبة بشكل كبير في كل من آسيا وافريقيا إلى ٤٩% و٤٣% على الترتيب.يُلاحظ ايضا أن نسب معدلات النمو السنوي للتحضر ترتفع بشكل كبير في دول العالم الثالث وخاصة في قارتي أسيا وافريقيا. لذا فقد أصبح من الضروري البحث عن وسائل وأدوات تساعد أصحاب القرار في دراسة معدلات النمو العمراني وتحديد اتجاهاته.

يتضمن البحث في محتوياته المقدمة، والدراسات السابقة العربية والانجليزية، وفكرة مبسطة عن منطقة الدراسة، كما تناول البحث المناهج والاساليب المتبعة فضلا عن العمل الميداني لتاكيد النتائج التي تم الحصول عليها من خلال التحليل المكاني والخرائط الرقمية. كما يشمل البحث جزءا هاما متمثلا في المناقشة والنتائج لكل من: النمو العمراني لمحافظة مسقط، والمحددات الطبيعية المؤثرة والموجهة لهذا النمو العمراني. وانتهت الدراسة لعدد من النتائج والتوصيات كما سيوضح لاحقا.

مرت المدن العمانية بمراحل نمو عمراني متعدد الأنماط، وانعكست التنمية الاقتصادية والصناعية والنمو السكاني السريع على التمدد العمراني سواء في الشكل أو المضمون. وتتطلب استراتيجية التطوير لأي منطقة عمرانية وحضرية حصر وتحديد المحددات الطبيعية والبشرية ومعرفة مدى تأثيرها على النمو العمراني حاضرا ومستقبلا. حيث تلعب المحددات الطبيعية دورا مؤثرا على مناطق الامتداد العمراني بمحافظة مسقط مثل: طبوغرافية سطح الأرض، ومن المتعارف عليه كلما زاد انحدار السطح شكل ذلك عائقًا أمام النمو العمراني مما يترتب عليه ارتفاع تكاليف عمليات البناء والتشييد.

وتُعد مدينة مسقط أهم المدن العمانية التي تشهد توسعا عمرانيا مضطردا خلال العقود الاخيرة، وتتصف بوضع طبوغرافي وجيولوجي ساهم بشكل مباشر في توجيه شبكات تصريف بعض الأودية نحو الساحل، ومن ثم ساهمت بدورها في تحجيم وتوجيه النمو العمراني لمدينة مسقط. وقد كانللمحددات الطبيعية دروا رئيسيا في توجيه العمران، وخاصة في السنوات الأولى من تنمية المدينة. ففي المنطقة

من القرم وحتى قنتب جنوبا تركز العمران حيث وجدت مساحات من الأراضي حول الأخوار ومصبات الأودية، كما هو الحال في سداب، والبستان. وإلى الشمال من رأس الحمراء بدأ سهل الباطنة في التوسع لتزداد المساحات المستوية المحصورة بين البحر في الشمال والجبال في الجنوب، ومن ثميزداد السهل الساحلي اتساعا كلما اتجهنانحو ولاية السيب ومنطقة المعبيلة في الغرب، مما أتاح إمكانية التوسع العمراني نحو الغرب، في مقابل صعوبته في الجزء الشرقي من المدينة فريد شولتس (١٩٩٠). وحتى المنطقة السهلية من القرم إلى السيب غربا كان للمحددات الطبيعية دورا في توجيه العمران فيها، حيث كان من الضروري تجنب البناء والعمران في المناطق الخطرة كما هو الحال في وادي الخوض الذي يمر وسط المعبيلة. وعلى الرغم من ذلك حدثت بعض الاخطاء التخطيطية، حيث سمح بالبناء والعمران في مجاري بعض الأودية، او في مصبات الأودية غير المحمية جيدا. كما حدث في سهل وادي عدي، الذي تعرض العمران فيه للغرق أثناء إعصار جونو عام ٢٠٠٧.

لم تؤثر المعطيات الطبيعية والمورفولوجية على إمكانية البناء فقط، بل ايضا على إنشاء البنية الأساسية مثل شبكات الطرق، وشبكات المياه والصرف الصحي. ولذلك كانت سرعة التمدد العمراني في بعض الاتجاهات أعلى بكثير من اتجاهات أخرى، حيث انه وبمرور الوقت تزيد الحاجة للتوسع العمراني للعاصمة، وإنشاء الطرق، والبنية الأساسية. وقد اتجهت الجهات المعنية مثل وزارة النقل والمواصلات إلى شق بعض الطرق في مناطق لم يتوقع أن تمتد اليها كما هو الحال في الطريق الصاعد الرابط بين بوشر والعامرات، بديلا عن طريق وادي عدي، الذي تضرر بدرجة كبيرة في إعصار جونو، وايضا طريق مسقط السريع، الذي يمر فوق المرتفعات الجبلية إلى الجنوب من الكتلة العمرانية.

الدراسات السابقة :

حظيت مسقط بالعديد من الدراسات الجغرافية منها: دراسة طلال العوضي وأخرون (٢٠١٧) بعنوان "التنمية الحضرية وتغير أنماط استخدام الأرض في مدينة مسقط – عُمان، وتناولت الدراسة ديناميكية استخدام الأرض في مدينة مسقط في العقود الخمسة الأخيرة. وحلل الباحثين انماط استخدام الأرض من خلال تحليل المرئيات الفضائية للأقمار الصناعية، وخلصت الدراسة إلى أن المنازل السكنية والمناطق التجارية والشوارع والمجالات والانشطة الصناعية والمباني العامة والبنية التحتية للنقل التي شكلت أكثر من ٩٥,٧٪ من الأراضي بأكملها، كما اوصت بضرورة إجراء البحوث المتعلقة بديناميكيات استخدامات الأراضي وتغيراتها، حيث انها ضرورية للتخطيط. بينما الدراسة التي قدمها إياد فضة وأخرون (٢٠١٦) بعنوان "التحليل المكاني للنمو السكاني والتوسع العمراني في محافظة مسقط باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية" فقد ركزت على تحليل التغير في أنماط استخدامات الأرض داخل المنطقة الحضرية في مدينة مسقط، نتيجة لكثافة

النشاط البشري في الفترة من ١٩٩٥ إلى ٢٠٠٥، واعتبرت الدراسة أن النمو السريع من أهم المشكلات التي تواجه المدن الكبرى بسبب ما يصاحب ذلك من زيادة الضغط على الخدمات والمرافق العامة. وفي دراسة قدمها مصطفى البغدادي ٢٠٠١ حول (مسقط الكبرى) تناول فيها النمو العمراني لمحافظة مسقط وبنيته التركيبية المعقدة.

وناقشت أطروحة الدكتوراه لحمد الغريبي (٢٠١٤) بعنوان "النمو الحضري من العشوائية إلى الاستدامة: دراسة حالة – مسقط" فتناولت النمو الحضري في سلطنة عمان والعوامل المؤثرة فيه؛ مثل الظروف الاقتصادية قبل وأثناء مرحلة الاقتصاد النفطي، الظروف الاجتماعية مثل النمو السكاني السريع، والهجرة، والتغير في نمط الأسرة، السياسات والمؤسسات الحكومية المؤثرة في ظاهرة النمو الحضري. وقد ركزت الدراسة على الجوانب البيئية والهندسية للنمو الحضري، مع الربط مع العوامل الجغرافية الطبيعية والبشرية الأخرى المؤثرة. أما دراسة العوضي (٢٠٠٨) بعنوان تحليل وتقييم ونمذجة النمو الحضري في مسقط الكبرى باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد، فهدفت إلى قياس ونمذجة التمدد العمراني للمدينة في الفترة من ١٩٦٠ إلى ٢٠٠٣، واستطاع الباحث إنشاء ستة خرائط تحدد المساحة العمرانية للمدينة في سنوات ١٩٦٠، ١٩٧٠، ١٩٨٠، ١٩٩٠، ٢٠٠٠، و ٢٠٠٣. وأشار إلى أن معدل النمو العمراني بلغ ٦٥٠% في الفترة من ١٩٦٠ وحتى ٢٠٠٣، بمعدل نمو سنوي قدره ٢٠%، وقد رصد العوضي (٢٠٠٨) في دراسته مجموعة من العوامل الطبيعية والبشرية أدت إلى ذلك النمو المتسارع، والمشكلات الناتجة عنه، واتجاهات النمو الحضري المستقبلية. وقدم فريد شولتس (١٩٩٠) دراسة قيمة في كتابهعن مدينة مسقط شملت جوانب متعددة، حيث تتبع التطور التاريخي للمدينة منذ القرن السادس عشر وحتى عام ١٩٨٠، وقام بتصميم مجموعة جيدة من الخرائط تشرح تطور المدينة، فضلا خرائط استخدام ارض تفصيلية لبعض المناطق مثل سوق مطرح وروي ومدينة السلطان قابوس.

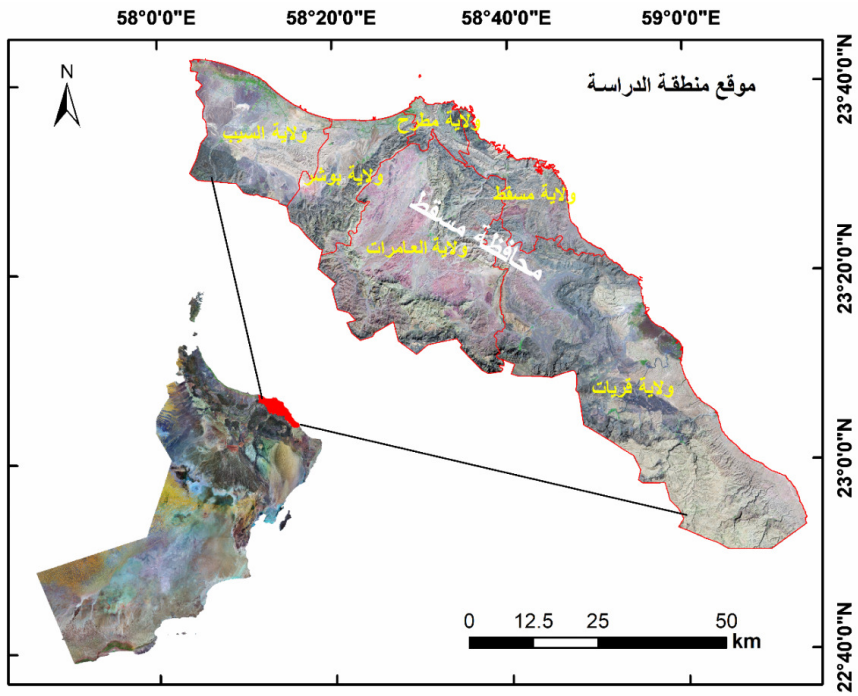
لا توجد دراسات قد تناولت المحددات الطبيعية للنمو العمراني لمحافظة مسقط تفصيليا، إلا ان المكتبة العربية تضم بعض الدراسات في هذا الاتجاه ومنها، دراسة مرزا (١٩٨٤) التي تناولت تأثير الظروف الطبيعية على النمو العمراني في مكة المكرمة، حيث أشر إلى أن التضاريس تعتبر عائقا في الامتداد العمراني في بعض المناطق بمكة، ولكن التقنيات الحديثة استطاعت التغلب على العقبات التي فرضت نمطا معينا من الامتداد العمراني يتناسب وطبيعة الموقع الجغرافي، بالإضافة إلى العلاقة بين الظواهر المناخية المختلفة على الامتداد العمراني للمدينة. كما تعد دراسة مرزا (٢٠٠٩) من الدراسات الهامة في مجال العمران؛ إذ هدفت إلى إبراز أثر التنمية على التغيرات المكانية بمدينة مكة المكرمة، عن طريق دراسة أثر العناصر الطبوغرافية للأرض التي تقع فوقها المدينة المقدسة، وأهم المراحل التي مر بها نمو مكة المكرمة.

وتطرقت الشهري (٢٠١٢) في دراستها إلى أثر البعد الطبوغرافي على التوسع العمراني لمدينة مكة المكرمة حيث اعتمدت في دراستها على نماذج الارتفاعات الرقمية وتوصلت إلى أن البعد الطبوغرافي له أثرا كبير في توجيه العمران بمكة. وتناول غرايبة (٢٠١٦) محددات النمو العمراني لمدينة عجلون الاردنية، واعتمد فيها على تحليل الخريطة الطبوغرافية وأثرها على موضع المدينة، وقد توصلت الدراسة إلى نتيجة مفادها ضرورة اتباع التوسع العمراني الرأسي.

أما هذه الدراسة تهدف إلى تحديد وتحليل المحددات الطبيعية للنمو العمراني لمحافظة مسقط بولاياتها الست مع التركيز على تحليل الانحدرات باعتبارها العامل الرئيسي المؤثر في منطقة الدراسة. كما تهدف أيضا إلى تقديم رؤية مستقبلية لإمكانية التوسع العمراني واتجاهته لمحافظة مسقط في ضوء المحددات الطبيعية.

منطقة الدراسة :

تتميز محافظة مسقط بموقعها الاستراتيجي حيث تقع على بحر عُمان بساحل طوله ٢٠٠ كم تقريبا (شكل ١)، في الجزء الجنوبي من سهل الباطنة، وتبلغ مساحتها ٣٧٩٧ كم^{٢}، تمثل ١,٢% من مساحة السلطنة.



شكل (١) : موقع محافظة مسقط الفلكي والجغرافي.

تقع محافظة مسقط فوق منطقة متباينة الارتفاع يحدها من الشرق جبال الحجر الشرقي ومحافظة الشرقية، ومن الغرب محافظة جنوب الباطنة، ومن الجنوب محافظة الداخلية، كما يقطعها العديد من مجاري الأودية الجافة. وتظهر الجبال الوعرة في الطرف الجنوبي والشرقي ويتدرج الانحدار باتجاه الشمال والشمال الغربي حيث سهل الباطنة. تمتد منطقة الدراسة فلكيا بين دائرتي عرض (٢٧ً ٥٠َ ٢٢°) و (٥١ً ٤٢َ ٢٣°) شمالا، وخطي طول (٤٥ً ٠٣َ ٥٨°) و (١٥ً ٥٠َ ٥٩°) شرقا.

منهجية الدراسة :

اعتمد في الدراسة على عدد من المناهج والاساليب يمكن إيجازها في الآتي:

١. **المنهج التاريخي:** تمثل في الدراسات السابقة المتعلقة بموضوع البحث، وكذلك في تتبع التطور العمراني لمحافظة مسقط بداية من ١٩٧٠ وحتى ٢٠١٧.
٢. **المنهج الاقليمي:** طبق المنهج في اقليمين اولهما كان بحدود بشرية متمثلا بحدود محافظة مسقط وولاياتها المختلفة، بينما الاقليم الاخر تمثل في الحدود الطبيعية للأحواض المؤثرة على الكتلة العمرانية وقد كان لخطوط تقسيم المياه الدور الرئيسي في تحديد تلك الحدود.
٣. **المنهج العلمي التحليلي:** متمثلا في كل انحاء الدراسة بداية من العنوان وحتى النتائج ومن خلاله امكن الربط بين عناصر البحث، كما امكن الوصول إلى بعض التوصيات بالدراسة.
٤. **الاسلوب الميداني:** لقد طبق العمل الميداني في البحث في عدة محاور منها: زيارات استطلاعية لكل احياء مسقط وامتداداتها بناء على قراءة الصور الجوية والفضائية، كما تم زيارة بعض المناطق بولايات محافظة مسقط لتاكيد النتائج التي تم الوصول إليها من التحليل المكاني للصور الفضائية. اما بخصوص التكوينات الجيولوجية والانحدارات وكذلك مجاري الأودية الرئيسية فقد تم التأكيد على مصداقية نتائجها من خلال الزيارات الميدانية للنقاط التي كان بها قصورا في البيانات بعد تحليل طور الاقمار الصناعية، واخيرا التقاط بعض الصور الفوتوغرافية التي تدعم النتائج بالبحث.
٥. **تقنيات نضم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد:** تعتبر تقنيتي نظم المعلومات الجغرافية (Geographical Information Systems) والاستشعار عن بعد (Remote Sensing) وما توفرهما من عمليات تحليل مكانية متكاملة، قادرة على مراقبة معدلات النمو العمراني وتقدير التغيرات في المستقبل. وتعتمد التقنيتين على مدخلات متنوعة وذات مصادر عالية الدقة.

أ- **البيانات المستخدمة :** اعتمدت هذه الدراسة على مصادر متنوعة من البيانات منها: البيانات المكانية (خرائط رقمية ولوحات الأقمار الاصطناعية) أو البيانات الوصفية، ويلخص جدول رقم (١) نوعية ومصادر وجودة وتاريخ البيانات التي استخدمت بالدراسية.

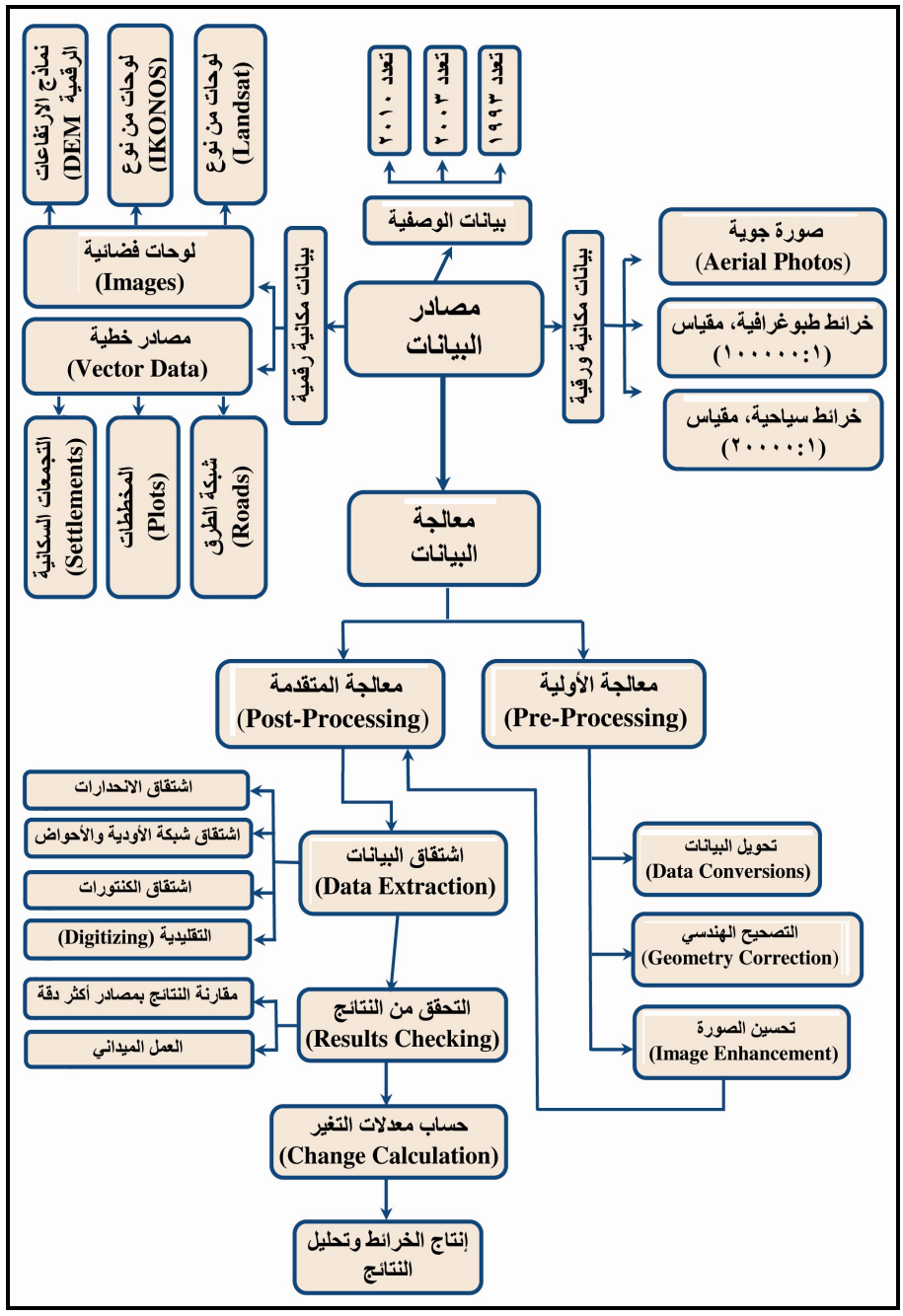
جدول (١) : وصف مصادر البيانات المستخدمة في تعقب التغييرات في منطقه الدراسة.

نوعية البيانات	التاريخ	عدد القنوات Band	الدقة المكانية	الصيغة
Color Aerial Photos	٢٠١٧	RGP	٠,٢٠ متر	GeoTiff
IKONOS	٢٠٠٣ و ٢٠٠٨	٣	١ متر	GeoTiff
IRS	٢٠٠٠	٣	٥,٨ متر	GeoTiff
(TM) Landsat-4	١٩٨٢	٧	٣٠ متر	GeoTiff
Landsat-5 (TM)	١٩٩٠	٧	٣٠ متر	GeoTiff
Landsat-7 (ETM)	٢٠٠٠	٨	٣٠ متر	GeoTiff
Landsat 7 (ETM+)	٢٠١٠	٨	٣٠ متر	GeoTiff
Landsat 8 (OLI/TIRS)	٢٠١٧	١١		
Digital Elevation Models	٢٠١٥	١	٣٠ متر	GeoTif
صور جوية	١٩٧٠ و ١٩٨٠	–	مقاييس مختلفة	ورقية
الخرائط الطبوغرافية	١٩٨٤	–	١:٥٠٠٠٠	ورقية

يضم الجدول نوعية ودقة البيانات التي اعتمد عليها ومنها: لوحات فضائية لسلاسل زمنيه للوحات القمر الصناعي لاندسات (Landsat Images) من نوع TM و ETM و OLI/TIRS للأعوام ١٩٨٢، ١٩٩٠، ٢٠٠٠، ٢٠١٠، ٢٠١٧. صور عالية الدقة مثل لوحات الـ (IRS) البانكروماتية (Panchromatic) التي تعود لعام ٢٠٠٠. صور متعددة الأطياف من نوع (IKONOS) بدقة مكانية تصل الى ١ متر لأعوام ٢٠٠٣ و٢٠٠٨، وصور فضائية رقمية ملونة بدقة ٠,٢٠ سم لسنة٢٠١٧.

كما تم الاستعانة بمصادر اخرى للبيانات والخرائط والصور الفضائية الورقية لتتبع النمو العمراني في منطقة الدراسة لفترة بين ١٩٧٠ و ١٩٨٠، وتضم الخرائط الورقية مثل الخريطة الطبوغرافية بمقياس (١:٥٠٠٠٠)، والصور الجوية الورقية، حيث تم الاستعانة بها لتتبع التغير في استخدام المناطق المبنية في هذه الفترة.

ب- **معالجة البيانات:** يلخص الشكل رقم (٢) جميع مراحل المنهجية ونوعية البيانات المستخدمة في تتبع النمو العمراني لمحافظة مسقط خلال الفترة من ١٩٧٠-٢٠١٧، كما يوضح أيضا المقاربة العامة المعتمدة في هذا العمل. وقد تم تحديد التغيرات في النمو العمراني لمنطقة الدراسة لفترة زمنيه مدتها ١٠ سنوات لتحليل طبيعة ومعدلات النمو للسنوات الدراسة الماضية.



شكل (٢) : الإطار العام للمنهجية المتبعة في الدراسة.

تغطي محافظة مسقط منطقة واسعة تصل الى حوالي ٣٨٠٠ كم٢، جزء كبير من هذه المنطقة فضاء وغير مستغل، ونظرا لطبيعة منطقة الدراسة التي تغطيمحافظة مسقط بأكملها، استخدمت مجموعه متنوعة من مصادر البيانات المختلفة لإعداد خرائط استخدامات الأراضي (Al-Awadhi, 2007, 2008 & 2017). وتنقسم عملية معالجة البيانات الى مرحلتين هما:

* **المعالجة الأولية** (Pre-Processing)

تشمل هذه المرحلة:

- **تحويل جميع البيانات الى النظام الرقمي** (Data Conversions): تختلف البيانات المستخدمة في تتبع مقدار النمو العمراني بمنطقة الدراسة لتشمل بيانات رقمية تضم لوحات استشعار عن بعد متنوعة مثل (Landsat & IKONOS) وكذلك بيانات خطية رقمية (Digital Vector Data) تشمل شبكات الطرق ومواقع التجمعات العمرانية ومخططات قطع الأراضي، كما تم الاستعانة بمصادر بيانات ورقية مثل الخرائط الطبوغرافية بمقياس ١:٥٠٠٠٠، حيث تم تحويل هذه الخرائط الورقية الى خرائط مساحية (Raster Maps).
- **التصحيح الهندسي للبيانات** (Geometry Correction): حيث تم توحيد مساقط الخرائط المستخدمة (Map Projections) ونظام الاحداثيات (Coordinate Systems) لجميع مصادر البيانات إلى نظام UTM WGS 1984 Zone 40 وهو النظام المستخدم في سلطنة عمان، وقد استخدمت بيانات الطرق وهي بيانات ذات دقةكبيرة تصل إلى ٢٠ سم واعتبارها خريطة أساسية لجميع البيانات وخاصة لوحات الأقمار الصناعية.
- **تحسين جودة الصور الفضائية** (Image Enhancement): وخاصة لوحات الأقمار الصناعية من نوع لاندسات (Landsat)، بهدف تحسين جودة الصورة وحذف التشوهات وتناسق ألوان فيها.

* **المعالجة المتقدمة** (Post-Processing):

- **اشتقاق البيانات:** قسمت عملية اشتقاق البيانات الى قسمين، القسم الأول منهايضم فترة ٢٠١٧، ٢٠١٠، ٢٠٠٠، ١٩٩٠، بينما يضم القسم الثاني يشمل فترة ١٩٨٠ و١٩٧٠. واعتمد في القسم الاول بشكل رئيسي على لوحات لاندسات (Landsat) بدقة مكانية ٢٨ مترا في تتبع النمو العمراني،

وقد تم استخلاص نوعين من البيانات من هذه اللوحات: المناطق المبنية والمناطق الزراعية.

- **استخدمت أفضل الطرق في استخلاص المنطقة المبنية** (As-Syakur et al., 2012, Rajendran et al., 2016, Widayani et al., 2018) وهي طريقة مؤشر المباني المحسن (Enhanced Built-Up Bareness Index) والمعروف اختصار اباسم (EBBI) وهو مؤشر يعتمد على الأطوال الموجية ٠,٨٣ مايكرومتر لأشعة (NIR) و١,٦٥ مايكرومتر لأشعة (SWIR) و١١,٤٥ مايكرومتر لأشعة (TIR). وتم استخدام المعادلة الآتية:

$$EBBI = \frac{5Band - 4Band}{10\sqrt{5Band + 6Band}}$$

يشمل القسم الثاني الفترة ما بين ١٩٧٠و ١٩٨٠، وفيها تم الاستعانة بمصادر بالخرائط الورقية والصور الجوية، وبصور فضائية لمحافظة مسقط بدقة ٢٠ سم لعام ٢٠١٢ كأساس لتتبع التغيرات في المناطق المبنية عن طريق الرسم بالتتبع العكسي (Backwarddigitizing)، حيث رسمت صورة للنمو العمراني لمحافظة مسقط عام ٢٠١٢ ومن ثم تم حذف جميع المناطق المبنية أو الزراعية التي لم تكن موجود عام ١٩٨٠، وبنفس الطريقة عام ١٩٧٠.

- **استخدمت طريقتين للتحقق من دقة البيانات**، أما عن طريق استخدام مصدر للبيانات بمقياس كبير، حيث استخدم في الفترة الممتدة (٢٠١٧-١٩٩٠) لوحات فضائية بدقة مكانية عالية مثل: لوحات القمر الصناعي الأمريكي (IKNONS) بدقة مكانية تصل الى ١ متر لبيانات ٢٠١٠، اما بيانات ٢٠١٧ فقد استخدم صور فضائية بدقة ٢٠ سم، بينما أستخدمت صورالقمر الصناعي الهندي (IRS) بدقة مكانية ٥ متر للتأكد من بيانات ٢٠٠٠ و ١٩٩٠، فضلا عن الدراسات الميدانية لتاكيد بعض النتائج. أما الفترة الثانية وتشمل بيانات ١٩٨٠ و ١٩٧٠ فقد تم الاستعانة بالصور الجوية الورقية لمقارنة النتائج.
- **إجراء الحسابات الخاصة بالمساحات المبنية عن طريق خاصية التطابق** (Map overlay) في برنامج ArcGIS في مستوى Arc Info نسخة رقم (10.3) في تحديد وحساب التغيرات حيث تم تحويل النتائج من نموذج

البيانات المساحية (Raster Data Model) الى نموذج البيانات الخطية (Vector Data Model) ومن ثم تم حساب المساحات لكل من المناطق المبنية لكل فترة ومقدار ونسب التغير خلال كل مرحلة.

- أما بخصوص نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بدقة مكانية ٣٠ متر، فقد تم استخدامها لاشتقاق شبكات الاودية وأحواضها عن طريق نظام هيدرولوجي بادواته المختلفة، ومن ثم أمكن حساب مساحات الاحواض ورتب مجاري الأودية، لتوضيح لما لها من تأثير على موضوع البحث. اشتقت درجات الانحدار وخطوط الكنتور بفاصل كنتوري ٢٥ مترا لمنطقة الدراسة باستخدام نظام التحليل المكاني Spatial analysis عن طريق أداة تحليل السطح Surface، حيث أن عامل الانحدارات والارتفاعات من العناصر الهامة والتي تأخذ في الاعتبار لدراسة امكانية التوسع العمراني.

المناقشة والنتائج :

١) النمو العمراني لمحافظة مسقط :

مر النمو العمراني لمحافظة مسقط بعدة مراحل تم رصدها وفق ما توفر من بيانات وصور فضائية، وحسب المنهجية المتبعة بالدراسة فقد تم النمو العمراني وفق ما يوضحه الجدول رقم (٢) والشكل رقم (٣) ويمكن ايجاز النمو العمراني لمسقط فيما يلي:

أ- بلغت المساحة المبنية نحو ٦,٥ كم^{٢} عام ١٩٧٠، ارتفعت إلى ٢٦,٨ كم^{٢} عام ١٩٨٠، بنسبة زيادة كلية قيمتها ٣١٣%، وبمتوسط زيادة سنوي قدره ٢ كم^{٢}. وترتبط تلك الزيادة التوسع الكبير في الاقتصاد العماني بسبب ارتفاع دخل الدولة من عوائد النفط مما انعكس إيجابيا على ارتفاع معدلات النمو العمراني بسلطنة عمان بصفة عامة ومسقط على وجه الخصوص. وعملت الحكومة على أنشاء مشاريع تنموية كبيرة كان لها الدور الكبير في زيادة رقعة المنطقة المبنية مثل مطار السيب الدولي، ميناء السلطان قابوس في مطرح.

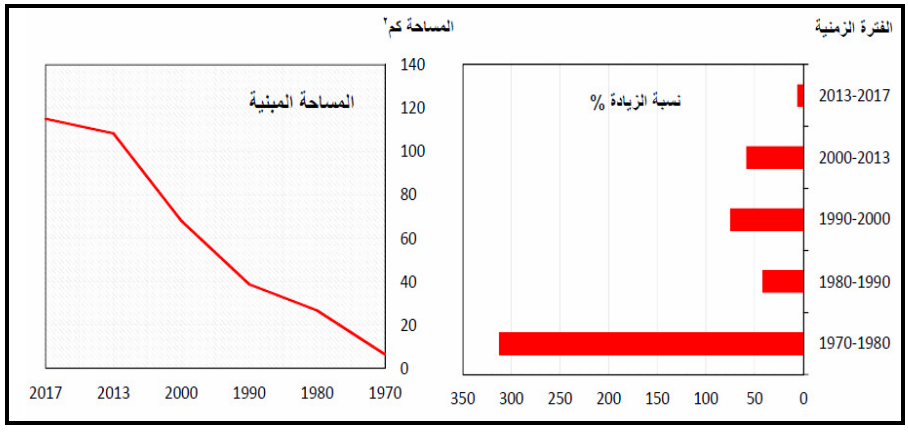
ب- خلال الفترة من ١٩٨٠ إلى ١٩٩٠ زادت المساحة المبنية بنحو ١٢,١ كم^{٢} بنسبة زيادة ٤٥% خلال تلك الفترة وهي نسبة أقل من نظيرتها في بداية انطلاقة النهضة، بينما في الفترة من ١٩٩٠ إلى ٢٠٠٠ سجل النمو العمراني لمحافظة مسقط نحو ٢٩,٣ كم^{٢} بنسبة زيادة بلغت ٧٥%، بمعدل زيادة سنوية بلغت ٢,٩ كم^{٢}، وكانذلك نتيجة تخصيص مساحات من الأراضي لإنشاء أحياء ومجاورات سكنية مثل: العذيبة، وبوشر، وغلا، والخوير، والقرم، فضلا عن تخصيص مساحات من الأراضي لأنشاء مباني الهيئات الحكومية والدبلوماسية.

ج- وفي الفترة من ٢٠٠٠ إلى ٢٠١٣ سجل النمو العمراني زيادة بحوالي ٤٠,٣ كم^{٢} بنسبة زيادة بلغت ٥٩% وسجلت تلك الفترة اعلى معدل نمو بلغ نحو ٤ كم^{٢} سنويا، مما يعكس انتعاش الاقتصاد العماني خلال تلك الفترة، ووجود فوائض من عوائد النفط والغاز مما ترتب عليه زيادة استثمارات الدولة في مجال الطرق والبنية الأساسية والتحتية، وتوفر الفوائض المالية لدى السكان، مما انعكس على حركة البناء والعمران.

د- بينما بلغت أقل زيادة في النمو العمراني في آخر مرحلة وهي الفترة من ٢٠١٣ إلى ٢٠١٧ حيث بلغت الزيادة في المساحة المبنية نحو ٦,٩ كم^{٢} بنسبة زيادة تصل إلى ٦% فقط، وبمعدل زيادة سنوية ١,٥ كم^{٢}. ويرجع ذلك إلى الانخفاض في أسعر النفط خلال تلك الفترة حيث وصل سعر البرميل إلى مادون ٣٠ دولارا للبرميل، مما ترتب عليه انخفاض واردت الدولة وتحقيق عجز في الموازنة العامة وبالتالي انعكس على التنمية العمرانية والانفاق على البنية الاساسية اللازمة لها.

جدول (٢) : المساحة المبنية ونسبة الزيادة في النمو العمراني خلال مراحل الدراسة.

السنة	١٩٧٠	١٩٨٠	١٩٩٠	٢٠٠٠	٢٠١٧
المساحة المبنية كم^{٢}	٦,٥٤	٢٦,٧٥	٣٨,٨٢	٦٨,١١	١١٥,٢٥
الفترة الزمنية	–	١٩٨٠-١٩٧٠	١٩٩٠-١٩٨٠	٢٠٠٠-١٩٩٠	٢٠١٧-٢٠١٣
نسبة الزيادة الكلية %	–	٣١٣	٤٥	٧٥	٦



شكل (٣) : المساحة المبنية ونسبة الزيادة في النمو العمراني من ١٩٧٠ وحتى ٢٠١٧.

٢) المحددات الطبيعية المؤثرة على النمو العمراني :

أ- الموقع الجغرافي كمحدد طبيعي :

من واقع الخرائط وتحليل المرئيات الفضائية خلال فترات الدراسة تبين ان للموقع الجغرافي لمحافظة مسقط وشكل خط الساحل دورا رئيسيا في توجيه العمران بالمحافظة كما يلي:

- ساهمت طبيعة الموقع الجغرافي والموضع في التأثير على الكتلة العمرانية لمدينة مسقط، حيث كان لتعرجات خط الساحل وانحناءاته التأثير المباشر في توجيه العمران باتجاه الغرب والشمال الغربي (شكل ١)، بينما كان للكتلة الجبلية في الغرب وما يخترقها من أودية دورا على امتداد العمران نسبيا على طول خط الساحل في المناطق السهلية (يوسف شريف، وعلي البلوشي، ٢٠١٤).
- كما أن للموقع الفلكي أثره في مناخ محافظة مسقط ودرجات الحرارة ونسبة الرطوبة بها، حيث يوصف مناخ المحافظة بأنه شبه صحراوي جاف مع درجات حرارة مرتفعة صيفاً، ومعتدلة شتاءً. ويبلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة ٢٨°م، وارتفاع رطوبتها صيفا مما زاد من كلفة البناء بها وخاصة نوعية مواد البناء وارتفاعات المباني وكذلك اتجاهات المباني واتساع الشوارع داخل الكتلة العمرانية حسب اتجاهات الرياح السائدة عليها (أحمد علام، ١٩٩٨، ص ١٤١).

ب- التكوينات الجيولوجية والبنية :

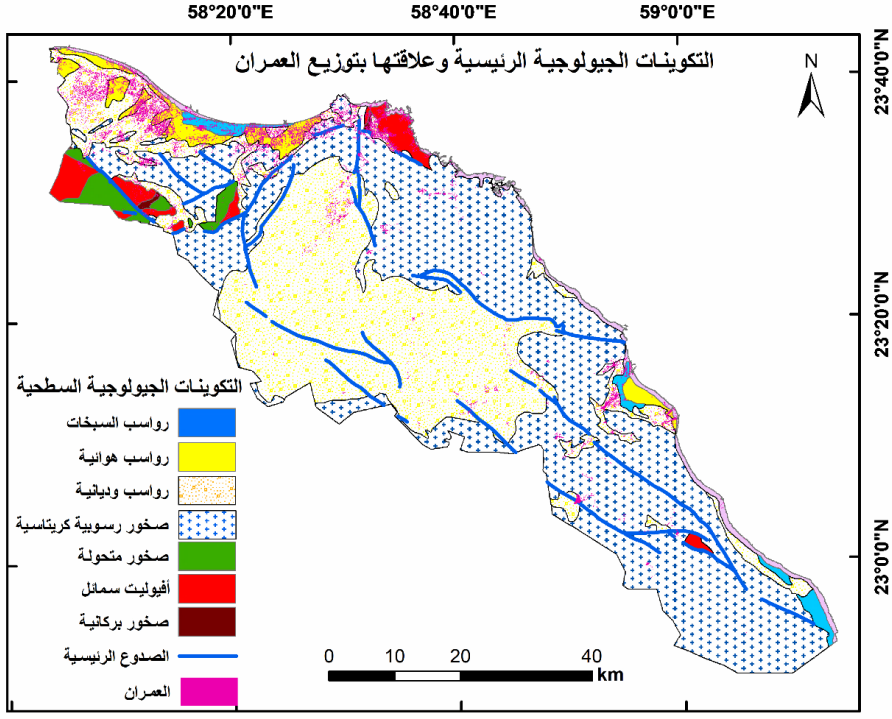
عقدت منظمة اليونسكو UNESCO عام ١٩٩٨ مؤتمرها الأول حول الجيولوجيا للتنمية المستدامة، وكان الهدف الرئيسي حول تحليل دور التكوينات الجيولوجية والمشكلات الناجمة عنها في التنمية الحضرية مثل: تخطيط استخدام الأراضي، وإدارة النفايات، والتخفيف من آثار الكوارث الطبيعية، وإدارة المخاطر الساحلية، والاستخدام الفعال للموارد المعدنية. علاوة على ذلك تشجيع العلماء على البحث عن حلول للمشاكل الحضرية مثل: الكشف عن الموارد للنمو السكاني المتزايد (الماء، الطاقة، مواد البناء والتربة الصالحة للبناء والزراعة)، وتحديد أفضل المناطق لمزيد من التنمية الحضرية، وإدارة مكبات النفايات والتلوث، والتنبؤ بالمخاطر، وتحديد مناطق الخطر المحتملة، علاوة على علاج المواقع المتدهورة، وزيادة المساهمة الاجتماعية والاقتصادية والبيئية في التنمية الحضرية (UNESCO, 1998).

تتسم التكوينات الجيولوجية والبنية لمحافظة مسقط بالتعقيد حيث تضم منطقة الدراسة ٧ تكوينات جيولوجية متباينة في الصلابة والتكوين ونوعية الرواسب، وكذلك عددا من الصدوع وجميعها يساهم في توجيه العمران بمدينة مسقط وأهم التكوينات الجيولوجية السطحية هي:

- رواسب الزمن الرابع والحديثة نقلت بفعل الاودية المنحدرة من جبال الحجر باتجاه بحر عمان مكونة مجموعة من المراوح الفيضية والدلتاوات المتراصة التي تمثل المكون الرئيسي للمساحات التي بُنيت عليهاأغلب المنطقة العمرانية بمحافظة مسقط في ولايات السيب وبوشر وبعض الاجزاء الساحلية من ولاية قريات فضلا عن تعمقها داخل الأودية مشكلة المدرجات الوديانية (شكل ٤).
- تظهر رواسب الخُبرات الأكثر نعومة في صورة منخفضات مليئة بطبقات من السيلت والصلصال جلبتها مجاري الأودية وهي تمثل أخصب الأراضي الزراعية بولايتي السيب وبوشر، وتمثل هذه التكوينات مناطق مثالية للتمدد العمراني وتمديد شبكات البنية التحتية، كما تشكل تلك الاراضي أغلب المناطق العمرانية بمحافظة مسقط لسهولة عمل جسات التربة ومد شبكات البنية التحتية (أحمد علام، ١٩٩٨). وإذا انخفضت بعض أجزاء السهل الساحلي واصبحت عرضة لمياه المد العالي اختلطت بكربونات الجبس والأملاح، وبدت هذه الرواسب في صورة سبخات ساحلية كما في منطقة القرم والموج وقريات (محمود أبوالعينين، ٢٠٠٦)، وتمثل تلك المناطق المرحلة التالية للتمدد العمراني بعد الدالات والرواسب الوديانية، ويمكن البناء عليها إلا انها تكون أكثر كلفة في عمليات البناء.
- الصخور الرسوبية الكريتاسية، بخلاف الصخور النارية أو المتحولة هي أكثر أنواع الصخور استجابة وقابلية للتحلل والذوبان بفعل التجوية الكيميائية بالإضافة إلى قابليتها للذوبان بفعل ما تحدثه أيونات الأملاح المختلفة في مياه البحار، وتنتشر تلك التكوينات في شكل متقطع بفعل الأودية وروافدها وخاصة في مقدمات سلسلة جبال الحجر الشرقي. ونظرا لضعف تلك التكوينات الجيولوجية التيانتشرت عليها بعض التجمعات العمرانية كما في العامرات وبر الجصة، وقرى الصيادين وأشهرها يتي؛ فإن عمر المباني في تلك المناطق يكون قصير نسبيا وتظهر بها بعض العيوب والتشققات نتيجة للخلل الموجود في التربة. بالتالي عند البناء على مثل تلك التكوينات لابد من عمل عزل للتربة لمنع تسرب مياه الصرف وري الحدائق إلى طبقات الطفلة بها، مما قد يسرع من انهيارها، وهذا بدوره يؤدي إلى ارتفاع الكلفة الاقتصادية لعميات البناء والتشييد.
- مجموعة الصخور النارية المعروفة بأفيوليت سمائل وهي صخور القشرة المحيطية التي قذف بها على الرصيف القاري بعد انغلاق بحر تشيس. وتوجد تلك التكوينات مع التكوينات النارية والمتحولة في الشمال الغربي لمحافظة مسقط ضمن ولاية السيب ويغلب عليها التضاريس الوعرة والانحدارات الشديدة ويندر وجود العمران بها لارتفاع كلفته وتأثره بالسقوط الصخري

الناتج عن الانحدارات. وتغطي تلك التكوينات مساحات محدودة من منطقة الدراسة متمثلة في ولاية مسقط، وجنوب غرب ولاية السيب.

- يتضح من الشكل رقم (٤) بان مجموعة الصدوع الرئيسية والتي تتخذ اتجاها جنوبيا شرقيا شماليا غربيا والموجودة في التكوينات الكريتاسية؛ بعيدة نسبيا عن الكتلة العمرانية الرئيسية لمدينة مسقط حاليا وبالتالي تأثيرها محدودا للغاية في الوقت الحالي. يستثنى من ذلك تلك الصدوع التي اتخذها وادي عدي ووادي مطرح مسارا لهما وأصبحا ضمن مجاري تلك الاودية حاليا ولهما تأثيرهما المباشر في توزيع العمران بتلك المناطق. فضلا عن أن تلك المناطق ربما لا تكون مستقرة جيولوجيا خاصة وأن تلك الصدوع قابلة للأتساع والتمدد ولها تأثيرها على شبكات البنية التحتية.



المصدر: بتصرف من الخريطة الجيولوجية الرقمية مقياس ١:١٠٠٠٠٠ والتي أشرف على انتاجها شركة تنمية نفط عمان.

شكل (٤) : التكوينات الجيولوجية والبنية وعلاقتها بتوزيع العمران بمحافظة مسقط.

ج- طبوغرافية السطح :

* **درجات الانحدار والتوسع العمراني :**

تلعب طبوغرافية السطح وانحداراته دورامهما في التأثير على النمو الحضري للمدن كما أشار(David, et al., 2008) و (Jun, et al., 2014)؛ فكلما كان الانحدار شديدا كلما قلت إمكانية تحويل الأراضي إلى مناطق صالحة للبناء عليها.يرجع ذلك إلىارتفاع تكلفة تحويل تلك الأراضي غير المبنية إلى مناطق مبنية لارتفاع كلفة مد شبكات البنية التحتية مثل: شبكات المياه والصرف والطرق الرئيسية.إضافة إلى تزايد الاخطار الطبيعية الناتجة عن زيادة الانحدارات ومنها السقوط الصخري والانزلاقات الارضية والانسيابات الطينية في المناطق التي تغطيها طبقات من الصخور الرسوبية والرواسب الفيضية.

وقد قام العديد من المشتغلين بالهندسة الجيولوجية ومنهم (Lehigh, 1974) و (David, et al., 2008) و (Jun, et al., 2014) بتقسيم المنحدرات إلى مجموعة من الفئات ودراسة ومدى ملاءمتها للتوسع العمراني، وأصبحت دليلا يسترشد به العاملين في مجالات التخطيط الحضري والعمراني، وقد قسمت الانحدارات إلى عدد من الفئات تتناسب مع ما عليها من كتل عمرانية وبنية تحتية كما يوضحها الجدول رقم (٣).

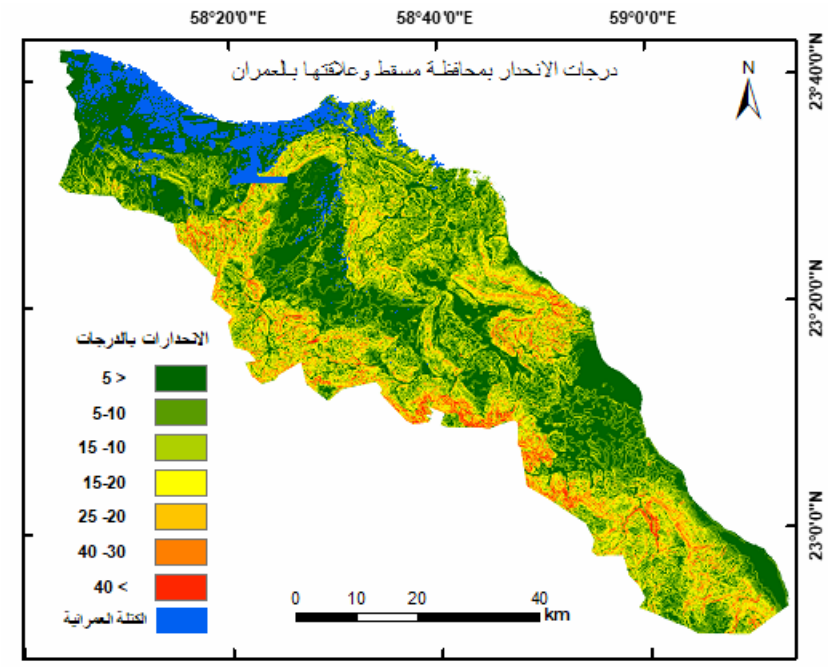
جدول (٣) : فئات الانحدار وامكانية استخدامها في التوسع العمراني.

م	فئات الانحدار %	فئات الانحدار بالدرجات	الاستخدامات المناسبة
١	٠ إلى ٣%	أقل من ١,٨°	مناسب لكل الاستخدامات
٢	٣ إلى ٨%	١,٨°– ٤,٨°	مناسبة للتنمية العمرانية المتوسطة الكثافة، والزراعة والاستخدامات الصناعية والمؤسسية
٣	٨ إلى ١٥%	٤,٨°– ٩°	مناسبة للتنمية العمرانية متوسطة إلى منخفضة الكثافة، ولكن يجب توخي الحذر الشديد في موقع أي استخدامات تجارية أو صناعية أو مؤسسية
٤	١٥ إلى ٢٥%	٩°– ١٥°	مناسبة فقط للاستخدامات السكنية ذات الكثافة السكانية المنخفضة والمحدودة والترويحية
٥	أكبر من ٢٥%	أكبر من ١٥°	غير مناسب للتنمية العمرانية، يترك فضاء مفتوحا للترويح

Source: Soil Surveys of Lehigh/ Northampton Counties, Pennsylvania, Soil Conservation Service. 1963, 1974, modified by researchers.

نستخلص من الجدول رقم (٣) والشكل رقم (٥) ما يلي:

- فئة الانحدار من ٠- ٣% (< ١,٨°) وتناسب تلك الانحدارات كافة فئات الاستخدام. وتنطبق على منطقة الدراسة من ولاية السيب وبعض المساحات من ولاية بوشر، وولايات العذيبة وقريات، ومساحات قلية من ولاية مسقط ومطرح (شكل ٥).
- الفئة من ٣-٨% (١,٨-٤,٨°) وهي مناسبة للتنمية العمرانية المتوسطة الكثافة والزراعة والاستخدامات الصناعية والمؤسسية، وتقع بمحاذاة الفئة الاول وتشكل ما نسبته ٣٠% من اجمالي مساحة محافظة مسقط، وتتوزع بولايات السيب، وبوشر، والمناطق الساحلية بولايات قريات، ومسقط، ومطرح.
- الفئة من ٨-١٥% (٤,٨-٩°) وتناسب تلك الفئة التنمية العمرانية متوسطة إلى منخفضة الكثافة، ولكن يجب توخي الحذر الشديد في إنشاء أي استخدامات تجارية أو صناعية أو مؤسسية، وتتوزع تلك الفئة من المنحدرات في جنوب وجنوب غرب محافظة مسقط وخاصة في ولايات قريات والعامرات ومطرح، والأطراف الجنوبية لولايات السيب، وبوشر (شكل ٥).
- الفئة من ١٥-٢٥% (٩-١٥°) وتغطي تلك الفئة ما نسبته ١٦% من إجمالي محافظة مسقط، وتصلح المساحات التي تتسم بتلك الانحدارات بأنها مناسبة فقط للاستخدامات السكنية ذات الكثافة السكانية المنخفضة والمحدودة والترويحية. وتتوزع في المناطق التي تتميز بمحدودية أراضيها الصالحة للإمتداد العمراني مثل: ولاية مطرح وبعض المناطق بولاية مسقط في الوطية وروي، وبعض اجزاء من ولاية العامرت، وحي العرفان بولاية بوشر، وبعض القرى المنشأة حديثا مثل قرية يتي بولاية مسقط، بينما المناطق المستغلة من تلك الفئة في الترويح تتمثل في منتجع برالجصة والمنشآت الخاصة به.
- الفئة أكبر من ٢٥% (> ١٥°) وتغطي هذه الفئة ما يزيد عن ٥٠% من إجمالي مساحة المحافظة، مما يوثر فعليا على تمددها العمراني رغم زيادة عدد سكانها بنسب تفوق بقية المحافظات كونها العاصمة السياسية والمالية والادارية والاقتصادية لسلطنة عمان. ولا تصلح الأراضي التي تتسم بتلك الانحدارات لأي نوع من الاستخدام العمراني، وفي حالة الاضطرار لعمل أي منشأة او شق طريق فإن التكلفة تصبح كبيرة خاصة عند مد شبكات المياه والصرف الصحي التي تحتاج إلى مجهودات فنية ومالية ضخمة، فضلا عن الخطورة الناجمة من البناء عليها.



المصدر: تم اشتقاق درجات الانحدار اعتمادا على (DEM) بدقة مكانية ٣٠ مترا باستخدام برنامج Arc Map وأداة Surface tool.

شكل (٥) : درجات الانحدار بمحافظة مسقط ومدى ملائمتها للتوسع العمراني.

شكل (٦) : التوسع العمراني داخل الاودية في روي حيث تزيد الانحدارات عن ١٠ درجات.

يتضح من العرض السابق وحسب التقرير الصادر عن مكتب الامم المتحدة لتقليل الكوارث والمخاطر (UNRSDI, the United Nations office for disaster risk reduction, 2012)، ودون وليوبولد في دراستهم لمدينة سان فرانسيسكو (Dunne and Leopold, 1978) و (Jun et al., 2014) وجود علاقة عكسية بين درجات الانحدار ومدى ملاءمتها للتنمية العمرانية، كما توجد علاقة طردية بين درجات الانحدار وتكلفة البناء ومد شبكات البنية التحتية، بالاضافة إلى وجود علاقة طردية بين درجات الانحدار ودرجات الخطورة الناجمة عنها مثل: السقوط الصخري والانزلاقات الارضية وجريان الاودية وهو ما تعاني منه بعض أحياء محافظة مسقط.

وقد يلعب الانحدار دورا كبيرا في زيادة خطورة الجريان بالاودية التي تمر عبر محافظة مسقط باتجاه بحر عمان، وهو ما ينطبق بالفعل على وادي عدي رغم صغر مساحته عن وادي الخوض إلا ان الانحدار زاد من تلك الخطورة.

جدول (٤) : مساحة فئات الانحدار والمساحات المبنية التي تشغلها كل فئة في محافظة مسقط لعامي ٢٠٠٠ و ٢٠١٧.

درجة الانحدار	مساحة الفئات كم^2	%	عام ٢٠٠٠		عام ٢٠١٧		التغير في المساحة المبنية كم^2	معدلات التغير %
			صافي المساحة المبنية كم^2	%	صافي المساحة المبنية كم^2	%		
٠ – ٥>	١١٧٥,٥٤	٣٠,٩٧	٤٩,٩٨	٧٠,٥٤	٨٨,٥٨	٧٦,٣٦	٣٨,٦	٧٧,٢٣
٥– ١٠>	٤١٣,٤٩	١٠,٨٩	٨,٧٨	١٢,٤١	١٣,٨١	١١,٩١	٥,٠٣	٥٧,٩٢
١٠ – ٢٠ >	٦٨٢,٨٩	١٧,٩٩	٦,٠٣	٨,٥٢	٦,٩٨	٦,٠٢	٠,٩٥	١٥,٧٥
٢٠ – ٣٠ >	٦٦٣,٩٧	١٧,٤٩	٢,٩٩	٤,٢٣	٣,٠٢	٢,٦	٠,٠٣	١,٠٠
٣٠ – ٤٠ >	٥٤٤,٢٢	١٤,٣٩	١,٦٦	٢,٣٥	١,٨٩	١,٦٢	٠,٢٨	١٦,٨٧
٤٠+	٣١٥,٠٥	٨,٣٢	١,٣١	١,٨٥	١,٧٢	١,٤٨	٠,٤١	٣١,٣٠
المجموع	**٣٧٩٦,١٧**	**١٠٠,٠٠**	**٧٠,٧٥**	**١٠٠,٠٠**	**١١٦**	**١٠٠,٠٠**	٤٥,٢٥	٦٣,٩٦

المصدر: تم اشتقاق الانحدارات من نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة مكانية ٥ متر، وتم إجراء الحسابات الخاصة بالمساحات المبنية عن طريق خاصية التطابق (Map overlay) في برنامج ArcGIS في مستوى Arc Info، نسخة رقم ١٠,٣.

يتضح من الجدول رقم (٤) والشكل رقم (٥) فئات الانحدار، ونسبة المساحة التي تشغلها كل فئة من إجمالي مساحة محافظة مسقط، والمساحة المبنية لكل فئة ونسبتها، حيث يمكن استخلاص الحقائق التالية:

- فئة الانحدار أقل من ٥ درجات تشغل نحو ٣٠,٩٧% من إجمالي مساحة محافظة مسقط وتقدر بحوالي ١٥٩٨ كم^{٢}، وتلك المساحة قابلة لكل أغراض البناء كما ذكر أعلاه، إلا إذا كانت متأثرةبعامل آخر من المحددات الطبيعية، او تخضع للنواحي البيئية أو استخدامات أمنية، في حين أن مانسبته ١٠,٨٩% من المساحة الكلية لمحافظة مسقط ينحصر بين درجات الانحدار ٥-١٠، وهي تصلح لأغراض البناء في حالة النمو السكاني وزيادة الكثافة السكانيةأو تستخدم في التنمية الزراعية. ويعني ذلك أنأكثر من خُمسي (٤٠,٨١%) مساحة المحافظة تصلح للتوسع العمراني الكثيف والمتوسط.
- اما فئة الانحدار من ١٠-٢٠° تشغل ما نسبته ١٧,٩٩% من إجمالي المحافظة وتبلغ حوالي ٦٨٠ كم^{٢}. لا تصلح تلك الفئة للتوسع العمراني إلا في حدود طفيفة فضلا عن ان البناء فيها مكلفا نسبيا بالمقارنة بالفئة السابقة وخاصة عند مد شبكات المياه والصرف الصحي كما اشار (Robin, et al., 2010).
- إذا أخذ بعين الاعتبار عامل الانحدار فقط فيمكن القول بأن المناطق التي من الممكن التوسع العمراني فيها بمنطقة الدراسة تبلغ نحو ٥٩,٨٥% من إجمالي مساحة المحافظة، ينقسم بين كثافة العمران المرتفعة، والمتوسطة، والمنخفضة بواقع ٢٢٧١,٩ كم^{٢}، في حين ان بقية مساحة المحافظة ٤٠,١٥% بواقع ١٥٢٤,٨٥ كم^{٢} لا تصلح للتوسع العمراني نظرا لارتفاع درجات انحدارها لأكثر من ٢٠° كما أشار (Fookes, et al., 2005)، وتنحصر في المناطق البينية لجبال الحجر الشرقي والغربي في جنوب وغرب، وشمال غرب المحافظة.

التحليل التالي يوضح توزيع المساحات المبنية بالفعل عامي ٢٠٠٠ و ٢٠١٧ على فئات الانحدار سابقة الذكر، حيث أن التحليل السابق تناول توزيع المساحة الكلية (مبنية وغير مبنية) على فئات الانحدار، ويمكن استخلاص ما يلي:

- احتلت فئة الانحدار ٠ – < ٥ أعلى مساحة مبنية حيث ضمت نحو ٤٩,٩٨ كم^{٢} بنسبة ٧٠,٥٤% من جملة المساحة المبنية عام ٢٠٠٠، ارتفعت عام ٢٠١٧ إلى ٨٨,٥٨ كم^{٢} بنسبة ٧٦,٣٦%، بمعدل زيادة نحو ٧٧,٢٣%.
- ضمت فئة الانحدار ٥– < ١٠ نحو ٨,٧٨ كم^{٢}، بنسبة ١٢,٤١% من جملة المساحة المبنية عام ٢٠٠٠. وفي عام ٢٠١٧ زادت هذه المساحة لتصل إلى ١٣,٨١ كم^{٢}، بنسبة ١١,٩١%، أي بمعدل زيادة كلي ٥٧,٩٢%. يعني ذلك ان الفئتين السابقتين احتوتا على ما يقرب من ٨٨% من المساحة المبنية عام ٢٠١٧، تاركة لباقي فئات الانحدار أقل من ١٢%، يعكس ذلك تركز النمو العمراني في فئات الانحدارات القليلة لسهولة الحركة به ومد شبكات البنية التحتية بأسعار تنافسية (Jun, et al., 2014).

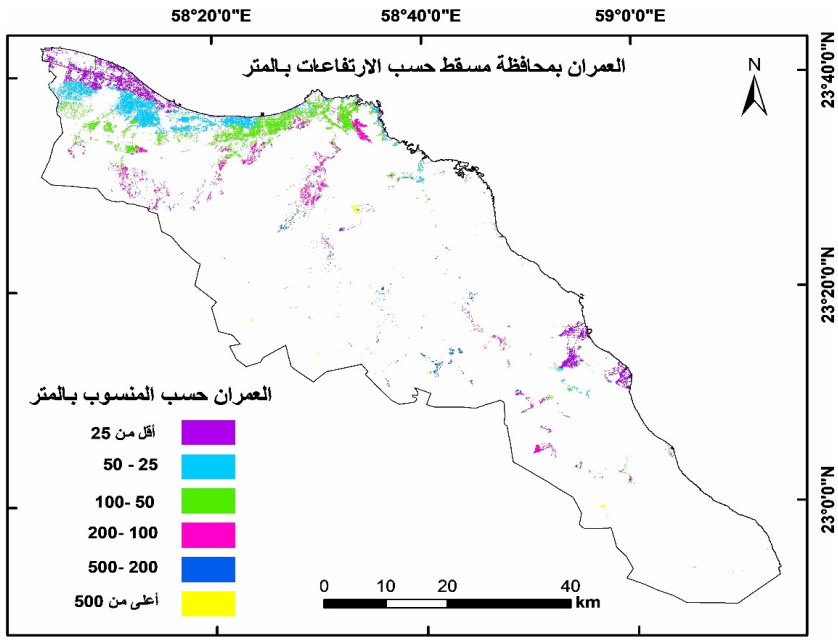
- أما فئة الانحدار ١٠ – < ٢٠ الثالثة – التي تصلح للنمو العمراني المتوسط الكثافة – فقد بلغت المساحة المبنية فيها عام ٢٠٠٠ حوالي ٦,٠٣ كم^{٢} بنسبة ٨,٥٢%، زادت في عام ٢٠١٧ إلى ٦,٩٨ كم^{٢} بنسبة ٦,٠٢% بمعدل زيادة كلي ١٥,٧٥% فيما بين العامين.
- وبالنسبة لفئات الانحدار أكثر من ٢٠ درجة – التي تعتبر غير ملائمة للبناء إلا في حالات محدودة – فقد بلغت المساحة المبنية بها عام ٢٠٠٠ حوالي ٥,٩٦ كم^{٢}، بنسبة ٨,٤٣%، زادت عام ٢٠١٧ لتصبح ٦,٦٣ كم^{٢} بنسبة ٥,٧% من جملة المساحة المبنية في المدينة. توضح تلك النتيجة أنه على الرغم من صعوبات البناء في هذه الفئة، إلا انه وجدت بالفعل مباني مشيدة فيها، مما يعكس الحاجة الملحة للبناء في مثل هذه المواقع.
- ورغم ارتفاع تكلفة توصيل البنية التحتية والمرافق، إلا ان فئة الانحدار ٢٠ درجة فأكثر يمكن ان تكون متنفسا للتوسع العمراني مستقبلا في حالة وجود ضغط سكاني وتنموي متزايد. تتوزع فئات الانحدار المرتفعة في مناطق مطرح وروي، وبعض القرى المنشأة حديثا مثل قرية يتي بولاية مسقط، وبعض المناطق في العامرات، وحي العرفان بولاية بوشر، وفي الوادي الكبير بروي، ومن ثم انعكس ذلك على محدودية الأراضي الصالحة للامتداد العمراني فيها.

* **مناسيب الارتفاع والتوسع العمراني :**

جدول (٥) : فئات مناسيب الارتفاعات والمساحات المبنية التي تشغلها كل فئة في محافظة مسقط لعامي ٢٠٠٠ و ٢٠١٧.

منسوب الارتفاع بالمتر	المساحة الكلية في المنسوب كم^{٢}	%	عام ٢٠٠٠		عام ٢٠١٧		التغير في المساحة المبنية كم^{٢}	معدل التغير %
			المساحة المبنية في المنسوب كم^{٢}	%	المساحة المبنية في المنسوب كم^{٢}	%		
٠ – <٢٥	٢٠٥	٥,٤٠	١٧,٠٤	٢٣,٩٦	١٩,١٧	١٥,٣	٢,١٣	١٢,٥
٢٥ – <٥٠	١٨٤	٤,٨٥	١٣,٣٨	١٨,٨٢	٤٨,٥٩	٣٨,٧	٣٥,٢١	٢٦٣,٢
٥٠ – <١٠٠	٣٠٦	٨,٠٦	٢٦,٧٧	٣٧,٦٥	٣٤,٣٥	٢٧,٣	٧,٥٨	٢٨,٣
١٠٠ – <٢٠٠	٧٠٧	١٨,٦٢	١٠,٦٧	١٥,٠١	١٧,٩٢	٢٤,٣	٧,٢٥	٦٧,٩
٢٠٠ – <٥٠٠	١٣٧٠	٣٦,٠٩	٢,٤٣	٣,٤٢	٤,٠٠	٣,٢	١,٠٣	٤٢,٤
٥٠٠+	١٠٢٤	٢٦,٩٨	٠,٨٢	١,١٤	١,٥٦	١,٢	٠,٧٤	٩٠,٢
المجموع	**٣٧٩٦**	**١٠٠**	**٧١,١١**	**١٠٠**	**١٢٥,٦**	**١٠٠**	**٥٤,٤٩**	**٧٦,٦**

المصدر: تم الاشتقاق من نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة مكانية ٥ متر، تم جراء الحسابات الخاصة بالمساحات المبنية عن طريق خاصية التطابق (Map overlay) في برنامج ArcGIS في مستوى Arc Info، نسخة رقم ١٠,٣.



شكل (٧) : المساحة المبنية بمحافظة مسقط (٢٠١٧) حسب منسوب ارتفاعها عن سطح البحر.

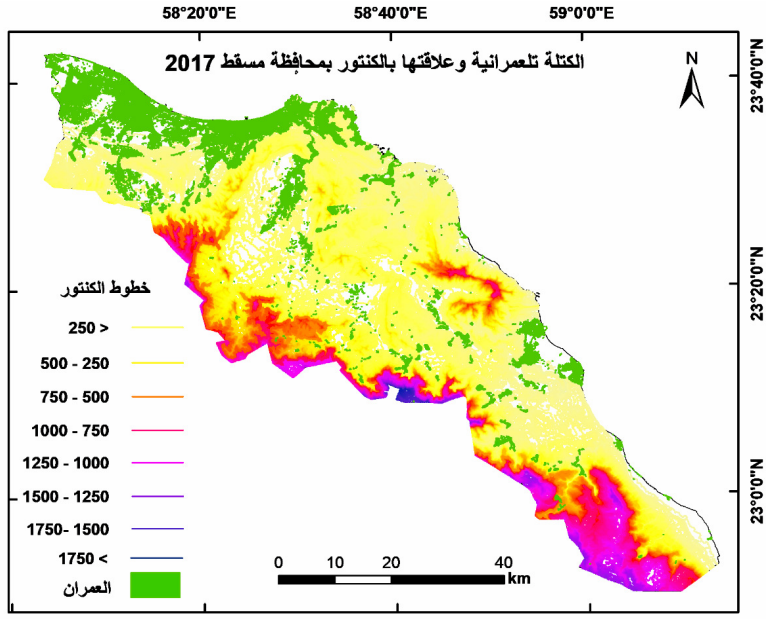
يتضح من الجدول رقم (٥) والشكل رقم (٧) توزيع العمران في محافظة مسقط حسب فئات الارتفاع عن سطح البحر وهي على النحو التالي:

- نحو ٢٠٥ كم^{٢} من المساحة الإجمالية لمحافظة مسقط تقع في منسوب أقل من ٢٥ متر، بنسبة ٥,٤%، في حين أن المبني منها ١٧,٠٤ كم^{٢} فقط بنسبة ٨,٣% من مساحة الأراضي الكلية الواقعة ضمن هذا المنسوب عام ٢٠٠٠، ارتفعت إلى ١٩,١٧ كم^{٢} عام ٢٠١٧ بنسبة زيادة ١٢,٥%. وإذا أخذ بعين الاعتبار عامل المنسوب فقط،فتوجد إمكانية للتوسع العمراني في تلك الفئة وخاصة في ولايات العامرات وقريات والسيب، إلا إذا اثرت عوامل طبيعية أو بشرية أخرى ومنعت النمو العمراني فيها، مثل مجاري الأودية، ونوعية التربة، وعامل الانحدار.
- ١٨٤ كم^{٢}من المساحة الكلية تقع بين خطي كنتور ٢٥ إلى ٥٠ مترا، بنسبة ٤,٨٥% من اجمالي مساحة محافظة مسقط، كانت المساحة المبنية منها حوالي ١٣,٣٨ كم^{٢} عام ٢٠٠٠ تمثل ٧,٢٧% من مساحة تلك الفئة. زادت هذه المساحة المبنية إلى ٤٨,٥٩ كم^{٢}عام ٢٠١٧ بنسبة ٢٦,٤% من المساحة الكلية للأراضي الواقعة ضمن هذا المنسوب، وهذا يعني أن التوسع العمراني تركز بدرجة ملحوظة في تلك الفئة حيث بلغ معدل الزيادة الكلية ٢٦٣,٢% خلال تلك الفترة.

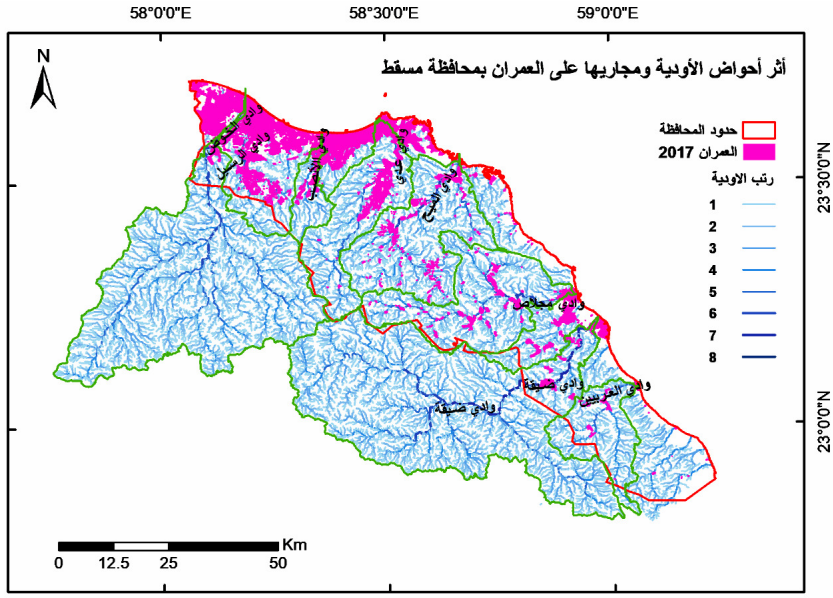
- اما منسوب الارتفاع ٥٠-١٠٠ مترا بلغت مساحته ٣٠٦ كم^{٢} بنسبة ٨,٠٦% من المساحة الكلية لمحافظة مسقط،وبلغت المساحة المبنية فيه عام ٢٠٠٠ نحو ٢٦,٧٧ كم^{٢} بنسبة ٨,٧٤% من مساحة الأراضي الواقعة في هذا المنسوب، زادت في عام ٢٠١٧ لتصل إلى ٣٤,٣٥ كم^{٢} بنسبة ١١,٢٣%. وكانت الزيادة فقط بتلك الفئة نحو ٢٨,٣%، وهذا يظهر أن التوسع العمراني يقل كلما زاد ارتفاع المنسوب وذلك لارتفاع كلفة مد شبكات البنية التحتية.
- كانت نسبة الزيادة في فئة الارتفاعات ١٠٠-٢٠٠ مترا بين ٢٠٠٠ و٢٠١٧ نحو ٦٧,٩%.
- تقع نحو ثلثي المساحة الكلية لمحافظة مسقط (٦٣%) في فئات المنسوب الاعلى من ٢٠٠ مترا، بينما تضم فقط ما نسبته ٤,٨% من اجمالي المساحة المبنية بالمحافظة سنة ٢٠١٧.
- يتوزع العمران على جميع فئات الارتفاعات إلا أنه أكثر تركزا في منسوب الارتفاع الأقل من ٢٠٠ متر بنسبة ٩٥,٤٤% عام ٢٠٠٠، و٩٧,٦٩% عام ٢٠١٧. في حين ضمت الارتفاعات الأكثر من ٢٠٠ متر حوالي٤,٨% من اجمالي المساحة المبنية، مما يعكس الاتجاه لسكنى المناطق الأقل منسوبا لسهولة مد خدمات البنية التحتية بها.
- يتضح مما سبق ومن الشكلين (٧، ٨) أن فئات الارتفاعات الاقل من ٢٠٠ مترا الاكثر جذبا للنمو العمراني وكذلك امكانية التوسع العمراني المستقبلي حيث تبلغ المساحة المبنية لتلك الفئات ٦٧,٨٦ كم^{٢} عام ٢٠٠٠ بنسبة ٤,٨% من اجمالي مساحة تلك الفئات، ارتفعت إلى ١٢٠,٣ كم^{٢} عام ٢٠١٧ تمثل ٨,٥٦% من مساحة تلك الفئات. وبالتالي يوجد حوالي ٨١,٤٤% من مساحة الأراضي الواقعة ضمن هذه المناسيب لإمكانية التوسع العمراني فيها، يستثنى منها المناطق ذات الانحدارات الشديدة، والمناطق التي تقع في بطون الأودية ومصباتها، والمناطق التي تقع اسفل الحافات الجبلية، والمحميات الطبيعية، أو التي تقع في نطاق المساحات الممنوع البناء عليها لأسباب أمنية. وتتركز تلك المساحات القابلة للتوسع في كل من العامرات وقريات والسيب وشرق ولاية بوشر، اي جميع الولايات باستثناء ولايتي مسقط ومطرح.

د- مجاري الاودية :

يمر عبر محافظة مسقط العديد من الأودية الكبيرة والمهمة كما يوضحها شكل رقم (٩) ومنها: وادي الخوض ووادي الرسيل ووادي الأنصب ووادي عدي ووادي الميح ووادي مجلاص ووادي ضيقة ووادي العربيين. تُعد احواض وادي ضيقة ووادي الخوض ووادي عدي أكبرها وأخطرها على الكتلة العمرانية على الترتيب. كما ان المجاري الرئيسية لتلك الأحواض تمر عبر مسقط باتجاه المصب نحو بحر عمان، وبالتالي لها تأثيرا مباشرا على اتجاهات النمو العمراني وتوزيعه.



شكل (٨) : المساحة المبنية (٢٠١٧) وعلاقتها بالكنتور بمحافظة مسقط.



المصدر: تم اشتقاق شبكة التصريف والاحواض من نماذج الارتفاعات الرقمية بدقة مكانية ٣٠ مترا.

شكل (٩) : أحواض الاودية الرئيسية التي تمر عبر الكتلة العمرانية لمحافظة مسقط.

وعادة ما تجري تلك الاودية عندما تزيد كمية الأمطار التي تسقط في يوم واحد عن ١٠مم (السيد الحسيني، ١٩٨٧)، مما يكون له تأثيرا مباشرا على المناطق العمرانية الواقعة في وحول المجاري الرئيسية للأودية وخاصة ولايات روي ومطرح والسيب. وقد أشار كل من (Kent, et al., 2015) و (Dunne and Leopold, 1987) ان المناطق الحضريةتُسرعمن حركة وانتقال المياه في القنوات والأودية بسبب وجودالأسطح المغلقة التي تحول دون تسرب المياه في التربة بل تعمل على تجميعها مثل الطرق المرصوفة، وأسطح المنازل. يؤدي ذلك إلىزيادة كميات المياه وقلة الفواقد وبالتالي تزيد الآثار السلبية على المناطق العمرانية.

جدول (٧) : الاحواض الرئيسية ومساحتها بمنطقة الدراسة.

الحوض	الخوض	الرسيل	الأنصب	عدي	الميح	مجلاص	ضيقة	العربيين
المساحة كم^2	١٦٦١	٢٧٠	١٢١	٤٧٩	٦٥٠	٦٣٠	١٨٨٤	٣٢٠

المصدر: تم اشتقاقها وحسابها من نماذج الارتفاعات الرقمية DEM.

كان لإعصار جونو في يونيو ٢٠٠٧ أثاره التدميرية المباشرة على العمران والبنية التحتية لسلطنة عمان (شكل ١٠)، حيث كلفت خسائره خزينة السلطنة نحو ٤ مليار دولار لإعادة تهيئة البنية التحتية وتمثلت في شبكة الطرق، وشبكات الكهرباء، ومعظم خطوط المياه، وشبكات الهاتف، وبلغ إجمالي عدد النازحين خلال فترة الإعصار ٦٧١٢٠ نازحا أقاموا في مراكز الإيواء التي تم تخصيصها لمن تضررت مساكنهم.

شكل (١٠) : آثار اعصار جونو على الكتلة العمرانية بمحافظة مسقط ٢٠٠٧.

وبلغ عدد الوفيات ٤٩ حالة وفاة، و٢٧ مفقودا،وكانت اغلب خسائر البنية التحتية بمحافظة مسقط. لقد تكررت أضرار السيول لكن بدرجة أقل اثناء اعصار فيت ٢٠١٠، الذي ضرب المنطقة الشرقية للسلطنة، وبلغت حالات الوفاة الناتجة عن الإعصار ١٦ حالة، وفُقد شخصان (اللجنة الوطنية للدفاع المدني).

يتضح من الجدول رقم (٧) والشكل رقم (٩) ما يلي:

١. يعد حوض وادي الخوض ثاني أكبر احواض منطقة الدراسة بمساحة (١٦٦١ كم^{٢})، ويشكل خطورة على المناطق المبنية على دلتاه. يوضح الشكل رقم (١١) المجرى الرئيسي لوادي الخوض وسد الخوض وهو من سدود الحماية. يلاحظ انتشار العمران على جانبي المجرى الرئيسي في: أحياء الخوض السادسة والسابعة والخوض شرقا، والمعبيلة الجنوبية والشمالية غربا. ويوجد حي الكوثر ومدينة السيب شمالا باتجاه المصب، حيث يصب وادي الخوض في عدة مصبات في صورة أخوار على بحر عمان. وبالرغم من وجود سد الخوض على المجرى الرئيسي على دلتا الوادي ووجود المفيض خلف السد؛ إلا انه في حالة زيادة كمية الجريان بوادي الخوض عن ١١ مليون متر مكعب، فسوف يشكل خطورة مباشرة على المناطق العمرانية خلف السد، وعلى شبكة الطرق ومنها شارع السلطان قابوس وجسر الخوض. يجب اخذ الحيطة في توزيع العمران بالقرب من مصب الوادي وعلى جانبيه خاصة مع وجود التأثيرات المدارية.

شكل (١١) : المجرى الرئيسي لودي الخوض وكذلك سد الخوض وسط الكتلة العمرانية.

٢. أما بخصوص وادي الانصب (١٢١ كم٢) والذي يمر بمدينة مسقط في احياء غلا والعذيبة فتأثيره وخطورته أقل نسبيا من وادي الخوض لصغر مساحته وقلة كمية جريانه. إلا ان تاثيره خلال إعصار جونو كان قويا وتأثرت به الأحياء السكنية في غلا والعذيبة، وبنيتها التحتية، ودمر شارع السلطان قابوس قبالة المجرى الرئيس للوادي، واصيب مسجد السلطان قابوس الاكبر ببعض الاضرار الطفيفة. مؤخرا تم تلافي بعض الاخطاء التي تسببت في تلك الخسائر المادية مثل عدم تطهير المجرى الرئيس للوادي، وعمل حدود واضحة للمجرى لحماية المناطق السكنية المجاورة بغلا والعذيبة.

٣. يعتبر وادي عدي صغير المساحة (٤٧٩ كم٢) مقارنة بوادي ضيقة أو وادي الخوض، ورغم ذلك يعتبر تأثيره كبيرا نسبيا نظرا لشدة انحداره وضيق مجراه عن وادي الخوض وانتشار العمران بالقرب من المجرى الرئيسي، واحيانا داخل المجرى الرئيسي له مما يؤثر تاثيرا مباشرا على الكتلة العمرانية ومنها مستشفى النهضة بالوطية (شكل ١٢). كما يمتد التاثير ايضا إلى المناطق السكنية بالقرب من مصبه في بحر عمان، وبذلك يعد اكثر احواض منطقة الدراسة خطورة على العمران والبنية التحتية حيث يمر باحياء مدينة مسقط القديمة والتي لم يراع فيها التخطيط لتفادي الاخطار الناجمة عن السيول أثناء عمليات البناء والتوسع العمراني.

٤. وادي ضيقة يعد واحدا من أكبر احواض الاودية مساحة (١٨٨٤ كم٢) بسلطنة عمان ويصب في بحر عمان مرورا بولاية قريات بمحافظة مسقط، كما يعتبر من اخطر الاودية واكبرها في كمية الجريان؛ لذلك أقيم على مجراه الرئيسي احد اهم السدود في سلطنة عمان وهو سد وادي ضيقة التي تبلغ سعتة التخزينية نحو ١٠٠ مليون متر مكعب (شكل ١٣). لقد ادى بناء السد إلى تخزين كميات من المياه امامه يستفاد منها في ري المزروعات خلف السد، فضلا عن دوره في حماية القرى والاحياء السكنة خلفه، ويعد من السدود النموذجية بسلطنة عمان.

مما سبق يتضح ان مجاري الاودية الرئيسية واحواضها تلعب دورا كبيرا في توجيه وتوزيع العمران في محافظة مسقط، ومصباتها تشكل اهم الاخوار على ساحل المحافظة، كما ان مائية تلك الأحواض وجريانها يمثل خطورة مباشرة على مسقط والتي تحتاج لمزيد من الدراسات الهيدرولوجية لتفادي اخطارها، وحصاد كميات الامطار التي تهدر في حالة الجريان، واقتراح الوسائل العلمية المناسبة للتقليل من الخسائر المحتملة.

شكل (١٢) : جريان وادي عدي وأثره على الكتلة العمرانية بالوطية (مستشفى النهضة).

شكل (١٣) : زيادة المياه امام سد وادي ضيقة وفيضانه على الكتلة العمرانية بمحافظة مسقط.

النتائج :

أهم النتائج التي توصلت اليها الدراسة ما يلي:

- كان للموقع الجغرافي والفلكي لمحافظة مسقط وامتدادها بمحاذاة بحر عمان دورا كبيرا في توجيه العمران بكل ولاياتها، حيث لعبت تعرجات خط الساحل الدور الرئيسي في اتخاذ الكتلة العمرانية بمسقط الاتجاه شرقي– غربي بدءاً من مسقط القديمة بولاية مسقط. ثم أخذت بالتوسع غربا، ساعد على ذلك الضغط السكاني على العاصمة والوفرة الاقتصادية وارتفاع مستوى الدخل والحاجة الماسة للتوسع العمراني خلال فترات الدراسة ١٩٧٠، ١٩٨٠، ١٩٩٠، ٢٠٠٠، و٢٠١٧م. اقتصر دور الموقع الفلكي في التأثير على المناخ من حيث ارتفاع درجات الحرارة والرطوبة؛ مما ساهم في ارتفاع كلفة البناء الخاصةبعمليات العزل الحراري وكذلك اتساع الشوارع وارتفاعات المباني بها.
- كان للتكوينات الجيولوجية دورها في انتشار العمران بمحافظة مسقط حيث تتوزع اغلب الكتلة العمرانية على الرواسب الفيضية، والتي تمثل دلتاوات الاودية الرئيسية والمدرجات الوديانية على جانبي تلك الاودية، مما سهل من مد شبكات البنية التحتية. كما ان اغلب التكوينات الصخرية من الصخور الرسوبية الجيرية والرملية ويسهل التعامل معها وتسويتها اذا تطلب الامر والبناء عليها كما يحدث حاليا بحي العرفان بولاية بوشر. في حين ان صخور الافيوليت والتكوينات النارية محدودة المساحة تتركز في شرق وجنوب غرب المحافظة وتتسم بشدة انحدارها وصعوبة استغلالها في التوسع العمراني للمحافظة.
- أما تحليل الانحدارات وكنتورات منطقة الدراسة والتي لها التاثير الاكبر على توزيع العمران، اتضح من الدراسة ان فئة الانحدارات ٠–<٥ درجة هي الفئة الرئيسية التي تصلح للبناء عليها تمثل ٣١% من مساحة محافظة مسقط بمساحة اجمالية تبلغ ١١٧٥ كم^{٢} والمساحة المبنية منها تبلغ نحو ٤٩ كم^{٢} بنسبة ٤,٥% فقط. تتوزع اغلب تلك الفئة في ولايات السيب وقريات والعامرات وبوشر، وبالتالي فان امكانية التوسع العمراني في النسبة المتبقية ٩٥,٥% بتلك الولايات كبيرة بعد مراعاة المناطق الخضراء وشبكات الطرق ومجاري الاودية والمناطق المستغلة في النواحي الأمنية والعسكرية. كما ان فئة الانحدارات ٥–<١٠ درجات والصالحة للبناء منها فقط ٢,١% مساحة مبنية، وتشكل مساحة الفئة ٨,٨% من إجمالي مساحة مسقط.
- ٩٨% من الكتلة العمرانية بمحافظة مسقط عام ٢٠٠٠ كانت مبنية في المناطق الاقل من منسوب ٢٠٠ مترا، في حين بلغت النسبة نحو ٩٥% عام ٢٠١٧، وبالتالي فأنلخطوط الكنتور تلعب دورا رئيسيا في توزيع الخريطة العمرانية بمحافظة مسقط.

- اقتصر تأثير احواض التصريف والاودية على العمران بمحافظة مسقط على طول المجاري الرئيسية، وكان لحوض وادي عدي – رغم صغر مساحته نسبيا بالنسبة لبقية الاحواض – الاثر المباشر على ولايات مسقط ومطرح، حيث لعب الانحدار دوره في زيادة خطورة الجريان فضلا عن نوعية الابنية وضيق الشوارع في تلك المناطق التي يمر من خلالها الوادي ساعدت على خطورة الجريان.
- يُعد حوض وادي ضيقة ١٨٨٤ كم^{٢} أقل الأحواض خطورة في منطقة الدراسة نظرا لإنشاء سد ضيقة على مجراه الرئيسي مما سهم في حماية وتنمية المنطقة الموجودة خلفه.
- بينما وادي الخوض ثاني اكبر الاحواض مساحة ١٦٦١ كم^{٢} يقتصر تأثيره على ولاية السيب من خلال مجراه الرئيسي ومصباته في بحر عمان والتي تشكل عدد من الاخوار. أُقيم سد الخوض بمفيضه بغرض الحماية، إلا ان خطورة الوادي تكون في حالة زيادة السعة التخزينية عن ١١ مليون متر مكعب وهي السعة القصوى لسد الخوض، بعدها سوف تتدفق المياه أعلى السد لتؤثر على احياء الخوض، والكوثر والمعبيلة الجنوبية والشمالية، وشارع السلطان قابوس وجسر الخوض والسيب.

التوصيات :

- توصي الدراسة بضرورة اخذ البعد البيئي والطبوغرافي في خطط التوسع العمراني بولايات محافظة مسقط.
- اعادة تقييم المجاري الرئيسية للأودية داخل الكتلة السكنية بمحافظة مسقط لخطورتها المباشرة خاصة بعد تكرار تأثر السلطنة بالمؤثرات المدارية في المحيط الهندي.
- ضرورة اجراء دراسات هيدرولوجية تفصيلية لأحواض الاودية التي تمر بمحافظة مسقط للوقاية من اخطار السيول، وللاستفادة من كميات المياه المهدرة نتيجة لجريان الاودية.

المراجع

أولاً : المراجع باللغة العربية.

١. البغدادي، مصطفى (٢٠٠١): تحليل البنية التركيبية للعاصمة العمانية – مسقط الكبرى – مجلة بحوث كلية الآداب جامعة المنوفية، مجلة علمية محكمة العدد ١٤.

٢. الحسيني، السيد السيد (١٩٨٧): موارد المياه في سيناء، رسائل جغرافية، دورية علمية محكمة، قسم الجغرافيا – جامعة الكويت.

٣. أبوالعينين، محمود (٢٠٠٦): جيومورفولوجية اقليم سهل الباطنة بسلطنة عمان، سلسلة رسائل جغرافية، الجمعية الجغرافية الكويتية، رقم ٣١٤، الكويت.

٤. الشهري، نورة (٢٠١٢): أثر العامل الطبوغرافي في النمو العمراني لمدينة مكة المكرمة باستخدام تقنيتي االستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. القاهرة: المجلة المصرية للتغير البيئي العدد الخامس ص ص ٥١–٧٧.

٥. فضة، إياد والعبري، فاطمة والبحري، داوود والبدوي، محمد (٢٠١٦): التحليل المكاني للنمو السكاني والتوسع العمراني في محافظة مسقط باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، المجلة الدولية للتخطيط، والعمرام والتنمية والمستدامة، العدد ٣، الجزء الاول، ص ص ١٦٢–١٧٦.

٦. خليف مصطفى غرايبة (٢٠١٦): محددات التوسع العمراني لمدينة عجلون، مجلة العلوم الانسانية والاجتماعية، العدد ٢٣.

٧. شريف، يوسف والبلوشي، علي (٢٠١٤): مؤثرات التغير المناخي على مورفولوجية الساحل العماني، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد ٦٤ الجزء الثاني، ص ص ٤٢٣–٤٤٨.

٨. عبدالغني، منتصر، العوضي، طلال، شريف، يوسف، والبرواني، محمد (٢٠١٩): المحددات البشرية المؤثرة في النمو العمراني واتجاهاته في محافظة مسقط – سلطنة عمان (بحث تحت النشر).

٩. علام، احمد (١٩٩٨): تخطيط المدن، مكتبة الانجلو المصرية، القاهرة

١٠. مرزا، معراج (١٩٨٤): أثر العوامل الطبيعية على النمو العمراني في مكة المكرمة. بحث قدم إلى ندوة مشاكل المدن السعودية المنعقدة في جامعة الملك سعود بالرياض قسم الجغرافيا ١٩٨٤، ونشر في مجلة العواصم والمدن الإسلامية، عدد ٤.

١١. مرزا، معراج (٢٠٠٩): جيولوجية وتضاريس منطقة مكة المكرمة، الفصل الثاني والثالث في موسوعة المملكة العربية السعودية: المجلد الأول والثاني، مكتبة الملك عبد العزيز العامة، الرياض.

١٢. نمر، عبد الحميد محمود حسين (١٩٨٧): مسقط عاصمة عمان : دراسة في جغرافية الحضر. الجامعة الاردنية، عمان، الأردن.

ثانياً : المراجع باللغة غير العربية.

1. Al-Awadhi T., Ramadan E., & Charabi Y. (2017): Urban Development and Land Use Change Patterns in Muscat City, Oman. International Journal of Geoinformatics 13(4), 45-55.
2. Al-Awadhi, T. (2008): Analysis, assessment and modeling of the urban growth in greater Muscat, Sultanate of Oman, using Geographical Information Systems & Remote Sensing. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, (2008), 11: 93-108.
3. Al-Awadhi, T. (2007). Monitoring and modeling urban expansion using GIS & RS, URS 2007, 11-13 April 2007, Paris, France. http://www.researchgate.net/publication /4254321 Monitoring and Modeling Urban Expansion Using GIS RS Case Study from Muscat Oman (Last visit1st Dec 2018).
4. Al Gharbi, Hamad (2014): urban Growth from patchwork to Sustainability, Case study: Muscat, PhD, non-Published, University, Berlin, Germany.
5. As-Syakur, A., W. Adnyana, W. Arthana, and W. Nuarsa. (2012): "Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI) for Mapping Built-Up and Bare Land in an Urban Area." Remote Sensing. 4: 2957-2970; doi: 10.3390/rs4102957
6. Bhatta. B. (2010): Causes and Consequences of Urban Growth and Sprawl. Analysis of Urban Growth and Sprawl from Remote Sensing Data. Berlin. Germany.
7. David P., Alice J., Lynette E., and Susan L. (2008): Guide 1 Model Regulations, steep slope, Lehigh Valley Planning Commission, Conservation and Natural Resources, Bureau of Recreation andConservation, Growing Greener Environmental Stewardship Fund, administered by the D&L NHC, Inc. P. 5
8. Di, L., and D.A. Hasting. (1995): "Temporal stability of some global NDVI products derived from NOAA/AVHRR GVI." Int. J. Remote Sens., 16(18): 3569-3583.
9. Dunne, T. and Leopold, L.B. (1978): Water in Environmental Planning. Freeman, New York, 818 p.
10. Fookes, P., G. Lee, E., M and Milligan, G, (2005): Geomorphology for Engineers, Whittles Publishing, Dunbeath Mains Cottages, Dunbeath, Caithness KW6 6EY, Scotland, UK.
11. Hanqiu Xu (2007): "Extraction of Urban Built-up Land Features from Landsat Imagery Using a Thematicoriented Index Combination Technique". Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 73, No. 12, December 2007, pp. 1381-1391. http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.472.554&rep=rep1&type=pdf (Last visit1st Dec 2018)

12. Jun L., Danlin Y., and Miao X., (2018): Modeling Urban Growth Using GIS and Remote Sensing, GIS Science & Remote Sensing, pp. 426-442.
13. Kent B. Barnes, John M. Morgan III, and Martin C., (2015): Impervious Surfaces and The Quality of Natural and Built Environments, Department of Geography and Environmental Planning Towson University, 8000 York Road Baltimore, Maryland 21252-0001, pp. 12-13.
14. Krishnaswamy, J., M.C. Kiran, and K.N. Ganeshaiah. (2004): "Tree model based eco-climatic vegetation classification and fuzzy mapping in diverse tropical deciduous ecosystems using multi-season NDVI." Remote Sens. Environ 25: 1185-1205.
15. Rajendran, S., A. R. Al-Sayigh, and T. Al-Awadhi. (2016): "Vegetation analysis study in and around Sultan Qaboos University, Oman, using Geoeye-1 satellite data." Egypt. J. Remote Sens. Space Sci., 19: 297-311.
16. Robin Ch., Phil F., and Gautam B., (2010): Geotechnical Slope Analysis, Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742, pp. 30-40.
17. Scholz, Fered (1990): Muscat- Sultanate Oman, Geographische Skizze, einen einmaligen arabischen Stadt, Das Arabische Boch, Beriln.
18. United nations, U. (2012): How to make cities more resilient a handbook for local Government leaders. Geneva: united Nations.
19. UNESCO (1998). Geology for Sustainable Development, Bulletin 11, Urban Geology, Published on behalf of UNESCO by the Royal Museum for Central Africa.
20. United Nations (2018): World Urbanization Prospects, population division HYPERLINK http://www.un.org/en/development/desa/population/.
21. Widayani, P., R. Yanuar, A. Yogi. (2018): "Relationship analysis of environmental factor change on the evidence of dengue fever diseases using image transformation (Case Study: Surakarta City)". IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 169 012061.

Spatial Analysis for Natural Determinants of Urban Growth in Muscat Governorate-Sultanate of Oman

ABSTRACT

Natural determinants are considered priorities for any strategic plan for urban development, as they reduce or redirect urban expansion in the region. The topographic factors played major roles to limit and direct urban growth plans for most urban area, such as: Makkah and Muscat. Demographic, economic and political weight of Muscat to accelerate the urban growth in the city. Therefore, the main objective of the study is to analysis the natural determinants in the Muscat Governorate urban growth trend.

The research method is based on using different techniques of GIS and remote sensing to track urban growth and to understand how natural factors drove. The results are presented in very ten year periods (1970, 1980, 1990, 2000, 2010 and 2017). Several data sources were used mainly Landsat images (TM and ETM), while geological analysis and its structure were developed using Oman geological map (scale, 1: 100000). Slope, contour line, relief and drainage networks were extracted from Digital Elevation Models (DEM) with 30 meters (Spatial Resolution).

The results show that the coastline is considered one of main determinant of trends in urban growth, followed by slope, surface analysis, geological formations, and finally the main Wadies and basins, while the impact of human determinants of the urban pattern and their growth rate is: population growth and economic factors as well as policies and government plans.

This study recommends to attend and take topographic factors such as slopes, geological sitting and wadies characteristics into the consideration for any future infrastructure and urbanplanning.

Key Words: Urban Growth, Slopes, Wadi Networks, Tidal Inlets, Muscat, Sultanate of Oman.