

مركز دراسات الخليج والجزيرة العربية

تأسس عام ١٩٩٤م . جامعة الكويت



جامعة الكويت
KUWAIT UNIVERSITY

تحسين اختيار مواقع المدن الجديدة في الصحراء باستخدام الجيومورفولوجيا البيئية ونظم المعلومات الجغرافية: دراسة حالة دولة الكويت

د. أحمد محمد حسن القصبي

سلسلة دراسات مترجمة

(١٥)

الكويت - ٢٠٢٤م



مركز دراسات الخليج والجزيرة العربية

تأسس عام ١٩٩٤م. جامعة الكويت



جامعة الكويت
KUWAIT UNIVERSITY

تحسين اختيار مواقع المدن الجديدة في الصحراء باستخدام الجيومورفولوجيا البيئية ونظم المعلومات الجغرافية: دراسة حالة دولة الكويت

د. أحمد محمد حسن القصبي

مدرس الجغرافيا الطبيعية بكلية التربية - جامعة مطروح - جمهورية مصر العربية

سلسلة دراسات مترجمة

(١٥)

الكويت - ٢٠٢٤م



جامعة الكويت
KUWAIT UNIVERSITY

Center for the Gulf and Arabian Peninsula Studies

Established in 1994 - Kuwait University

Journal of Applied Geomatics

Optimizing Site Selection of New Cities in the Desert Using
Environmental Geomorphology and GIS: A Case Study of Kuwait

October 13, 2021

Volume 13, pages 953-968

Ahmed Hassan, Maha Alfaraj, Mahmoud Fayad & Casey D. Allen

Translated by:

Dr. Ahmed Hassan El-kasaby

Kuwait - 2024

أعضاء مجلس إدارة مركز دراسات الخليج والجزيرة العربية

أ.د. عثمان حمود الخضر

القائم بأعمال نائب مدير جامعة الكويت للأبحاث (رئيس مجلس الإدارة)

أ.د. يعقوب يوسف الكندري

القائم بأعمال مدير المركز. نائب رئيس مجلس الإدارة

داخل جامعة الكويت

أ.د. غانم حمد النجار

قسم العلوم السياسية
كلية العلوم الاجتماعية - جامعة الكويت

أ.د. فايز منشر الظفيري

قسم المناهج وطرق التدريس
كلية التربية - جامعة الكويت

أ.د. عبدالله عقله الهاشم

قسم المناهج وطرق التدريس
كلية التربية - جامعة الكويت

أ.د. عبيد سرور العتيبي

القائم بأعمال رئيس قسم الجغرافيا
كلية العلوم الاجتماعية - جامعة الكويت

خارج جامعة الكويت

سعادة السفير / عبد العزيز الشارخ

المدير العام السابق لمعهد سعود الناصر
الدبلوماسي الكويتي - دولة الكويت

د. ناصر جاسم الصانع

الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب
دولة الكويت

د. بدر عثمان مال الله

المدير العام للمعهد العربي للتخطيط السابق
دولة الكويت

سعادة السفير / سميح عيسى جوهر حيات

مساعد وزير الخارجية لشؤون آسيا
وزارة الخارجية - دولة الكويت

أسس مركز دراسات الخليج والجزيرة العربية بجامعة الكويت في عام ١٩٩٤، بوصفه مركزاً بحثياً يهتم بالبحوث والدراسات العلمية ذات الصلة بالقضايا التي تهم دولة الكويت ومنطقة الخليج والجزيرة العربية على وجه التحديد، ومنطقة الشرق الأوسط والقضايا الدولية عموماً.

ومن هذا المنطلق يقوم المركز بإصدار «سلسلة دراسات مترجمة»، وهي لا تقتصر على الترجمة من لغة معينة، بل تمتد إلى مختلف اللغات الأجنبية، ويهدف المركز من ذلك إلى تعميم الفائدة العلمية والبحثية، وتوسيع نطاق المعرفة لدى كل من الباحثين والمتخصصين والقارئ العربي عامة، وتختار السلسلة ما يُنشر في الدراسات الأجنبية من قضايا وتحليلات موضوعية تهم دولة الكويت والمنطقة، ومما له صلة بتخصص المركز واهتماماته.



الناشر

مركز دراسات الخليج والجزيرة العربية
جامعة الكويت

ص.ب: ٦٤٩٨٦ الشويخ (ب)
الرمز البريدي: ٧٠٤٦٠، الكويت

هاتف : ٢٤٩٨٤٦٣٩ - ٢٤٩٨٤٦٥٨ (+٩٦٥)

البريد الإلكتروني cgaps@ku.edu.kw

الموقع الإلكتروني www.cgaps.ku.edu.kw

الآراء الواردة في هذه الدراسة لا تعبر بالضرورة عن اتجاهات
يتبناها مركز دراسات الخليج والجزيرة العربية بجامعة الكويت

حقوق الطبع والنشر محفوظة للمركز
الطبعة الأولى . الكويت - ٢٠٢٤م



Hassan, A., Alfaraj, M., Fayad, M. et al. Optimizing site selection of new cities in the desert using environmental geomorphology and GIS: a case study of Kuwait. *Appl Geomat* 13. 953–968 (2021). <https://doi.org/10.1007/s12518-021-00403-1>

Applied Geomatics
<https://doi.org/10.1007/s12518-021-00403-1>

ORIGINAL PAPER

Check for updates

Optimizing site selection of new cities in the desert using environmental geomorphology and GIS: a case study of Kuwait

Ahmed Hassan¹ · Maha Alfaraj² · Mahmoud Fayad³ · Casey D. Allen^{4,5}

Received: 19 April 2021 / Accepted: 4 October 2021
© Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia (SIFET) 2021

Abstract
Choosing the optimal location for a city based on sound environmental geomorphology planning is of the utmost importance for achieving environmental sustainability, as it can spare the state and other decision-making entities a great deal of stress in the long run. GIS offers great potential for environmental planners to choose the most appropriate places for the cities of the future, especially when coupled with environmental geomorphological analyses. The State of Kuwait seeks sustainable development through the implementation of clear and specific urban plans, some of which suffer from a severe lack of geomorphological and spatially based environmental planning. This study aims to (1) conduct suitability modeling for establishing new cities in Kuwait, (2) assess the current 2005–2030 urban plan, and (3) propose possible recommendations and solutions for potential urban problems. The study relies on integrating several methods to devise a framework that will aid researchers and decision-makers in selecting optimal locations for built structures based on analysis and modeling (e.g., digital elevation model, geologic mapping, geomorphology, natural hazards, heritage/archeological sites, military areas, oil fields, soils). Using this methodology in choosing city sites contributes to achieving sustainable development, reducing problems during construction processes, saving countries' budgets, and saving lives. Results from this study enhance understanding of how environmental geomorphology, when combined with GIS, can be harnessed to achieve sustainable urban development in the Arabian Gulf countries and other desert countries.

Keywords Environmental geomorphology · Urban geomorphology · GIS-Suitability modeling · RS

Introduction
Global urban population exceeded the rural population for the first time in human history in 2007 (UNDESA, 2014). Since then, the proportion of people living in urban areas has continued growing and projections show that by 2050 almost two-third of the global population will be urban (UNDESA, 2014). Consequently, planning requires scrutiny when selecting optimal sites for (new) construction of cities. Environmental geomorphology, especially in urban areas, provides a variety of methodologies to assist decision-makers and researchers to address such issues related to the future of urbanization in the State of Kuwait. Specifically, geomorphology represents a key factor when seeking to achieve goals such as reduction in disasters and improvement quality of life (Adeli and Khorshidoost, 2011). Indeed, environmental geomorphology represents a complex science that requires multiple levels of understanding across a wide array of features and processes operating at a range of spatial and temporal scales to enhance understanding of environmental

✉ Ahmed Hassan
ameh812000@gmail.com; Ahmed.Hassan.edu@mau.edu.eg

Maha Alfaraj
drnhalfaraj@yahoo.com

Mahmoud Fayad
fayad_mahmoud@hotmail.com

Casey D. Allen
caseallen@gnail.com; stoneheritageresearch@gmail.com

¹ Faculty of Education, Matrouh University, Marsa Matrouh, Egypt
² Department of Geography, College of Social Sciences, Kuwait University, Kuwait City, Kuwait
³ Ministry of Education, Kuwait City, Kuwait
⁴ Faculty of Science and Technology, The University of the West Indies, Cave Hill, Barbados
⁵ Stone Heritage Research Alliance, Tremonton, UT, USA

Published online: 13 October 2021

Springer



تمهيد:

تُولي دول العالم اهتماماً متزايداً بتخطيط المدن الجديدة، ووضع معايير صارمة لانتقاء مواقع إنشائها، وطرز تصميمها، ونماذج بنائها، بما يضمن لها المرونة في التوسع مستقبلاً من ناحية، ومن ناحية أخرى، يجعلها متوافقة مع المتغيرات البيئية المحتملة، لاسيما في ضوء التداعيات المتسارعة لظاهرة التغير المناخي في السنوات الأخيرة.

ولم تكن دولة الكويت ببعيدة عن هذا الاتجاه العالمي في تصميم وتخطيط المدن الجديدة، حيث عمدت إلى الاعتماد في هذا الصدد على التكنولوجيا المتطورة والدراسات الميدانية المتقدمة، بما يضمن إنشاء مدن سكنية تتسم بأعلى درجات الكفاءة التشغيلية والخدمية.

ويعالج هذا العدد الجديد من سلسلة (دراسات مترجمة) هذه القضية المحورية، بتسليط الضوء على الكيفية التي يمكن من خلالها تحسين اختيار مواقع المدن الجديدة في الصحراء باستخدام الجيومورفولوجيا البيئية وصور الأقمار الاصطناعية ونظم المعلومات الجغرافية في دولة الكويت.

إدارة المركز



- ١٧ الملخص باللغة العربية.
- ١٩ المقدمة.
- ٢٤ نطاق الدراسة:
- ٣٦ المنهجية والبيانات.
- ٤٩ المناقشات والنتائج.
- ٥٩ الخلاصة والتوصيات.
- ٦٣ قائمة المراجع العربية والأجنبية.
- ٧٥ الملخص باللغة الإنجليزية.

المخلص:

إن اختيار الموقع الأمثل للمدينة بناء على التخطيط الجيومورفولوجي البيئي السليم له أهمية قصوى لتحقيق الاستدامة البيئية، حيث يمكن أن يجنب الدولة وغيرها من جهات صنع القرار قدراً كبيراً من الضغوط البيئية على المدى البعيد، وتوفر نظم المعلومات الجغرافية إمكانات كبيرة للمخططين البيئيين لاختيار الأماكن الأكثر ملاءمة لبناء مدن المستقبل، خاصة عندما تقترن بالتحليلات الجيومورفولوجية البيئية، وتسعى دولة الكويت إلى تحقيق التنمية المستدامة من خلال تنفيذ مخططات عمرانية واضحة ومحددة، يعاني بعضها من نقص حاد في التخطيط البيئي الجيومورفولوجي والمكاني.

تهدف هذه الدراسة إلى: (١) إجراء نموج ملاءمة لإنشاء مدن جديدة في الكويت، (٢) تقييم الخطة الحضرية الحالية ٢٠٠٥-٢٠٣٠، (٣) اقتراح التوصيات والحلول الممكنة للمشكلات الحضرية المحتملة، وتعتمد الدراسة على تكامل عدة طرق لوضع إطار يساعد الباحثين وصنّاع القرار في اختيار المواقع الأمثل لمدن المستقبل على أساس التحليل والنمذجة (على سبيل المثال: نموذج الارتفاع الرقمي، الخرائط الجيولوجية، والجيومورفولوجيا،

والمخاطر الطبيعية، والمواقع التراثية/ الأثرية، والمناطق العسكرية، وحقول النفط، والتربة)، ويساهم استخدام هذه المنهجية في اختيار مواقع المدن في تحقيق التنمية المستدامة، وتقليل المشكلات أثناء عمليات البناء، وتوفير ميزانيات الدول، وإنقاذ الأرواح، وتعزيز نتائج هذه الدراسة فهم كيفية تسخير الجيومورفولوجيا البيئية، عند دمجها مع نظم المعلومات الجغرافية، لتحقيق التنمية الحضرية المستدامة في دول الخليج العربي والدول الصحراوية الأخرى.

- الكلمات المفتاحية: الجيومورفولوجيا البيئية، الجيومورفولوجيا الحضرية، نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن بُعد، نمذجة الملائة المكانية.

المقدمة:

تجاوز عدد سكان الحضر عدد سكان الريف لأول مرة في التاريخ في عام ٢٠٠٧ (UNDESA, 2014)، ومنذ ذلك الحين استمرت نسبة السكان الذين يعيشون في المناطق الحضرية في الارتفاع، وتشير التوقعات إلى أنه بحلول عام ٢٠٥٠ سيكون ما يقرب من ثلثي سكان العالم يعيشون في المدن (UNDESA, 2014)، وعلى إثر ذلك تحتاج بعض الدول إلى إعادة التخطيط العمراني لاستيعاب هذه الزيادة السكانية، وفي نفس السياق يتطلب ذلك التخطيط العمراني الجيد لاختيار المواقع المثلى للمدن تجنباً للأخطار الجيومورفولوجية والبيئية، مثل: السيول وزحف الرمال وتغيرات مستوى سطح البحر... إلخ.

تقدم الجيومورفولوجيا البيئية وأدواتها مثل: نظم المعلومات الجغرافية GIS والاستشعار عن بُعد Remote Sensing أدوات فعّالة للتخطيط البيئي، ويمكن توظيف علم الجيومورفولوجيا عند السعي لتحقيق أهداف مثل: الحد من الكوارث الطبيعية، وتحسين جودة الحياة (Adeli and Khorshiddoust, 2011)، ومن ناحية أخرى تمثل الجيومورفولوجيا البيئية علماً متعدد التخصصات يتطلب مستويات متعددة من الفهم عبر مجموعة واسعة من الميزات والعمليات التي تعمل على مجموعة من

المقاييس المكانية والزمانية؛ لتعزيز فهم المكونات البيئية كأشكال سطح الأرض الطبيعية والبشرية Anthropogeomorphology والمنحدرات واستخدامات الأرض وجودة الهواء والأخطار الطبيعية وعوامل أخرى تأتي في سياق التخطيط العمراني البيئي (Meadows and Li, 2016)، حيث تجعل هذه الخصائص علم الجيومورفولوجيا أداة مهمة وفعّالة لمساعدة المخططين وصانعي القرار في التخطيط البيئي الاقتصادي من أجل تحقيق الاستدامة البيئية القائمة على تحليل التكلفة والفائدة Cost-benefit، على سبيل المثال: تشكل السبخات في جزيرة فيلكا في الكويت حوالي ٥٠٪ من مساحة الجزيرة (Hassan et al., 2020; Al-Matar et al., 2020)، لذلك سيكلف بناء مدينة أو مد طريق على هذه المناطق تكاليف باهظة لمعالجة التربة، ناهيك عن أعمال الصيانة المحتملة لمثل هذه الطرق الواقعة على السبخات، في هذا السياق تصبح الجيومورفولوجيا البيئية ونظم المعلومات الجغرافية أدوات فعّالة لاختيار أنسب مسار للطريق وأفضل مكان ملائم لبناء مدينة، فيما يُعرف في علم الجغرافيا باسم نمذجة الملاءمة المكانية Suitability modeling، وبالتالي يتم تضمين الجيومورفولوجيا البيئية في عمليات التخطيط الحضري في الدول التي تسعى لتحقيق التنمية المستدامة والتخطيط العمراني المستدام لحفظ حق الأجيال القادمة في وطن مستدام (Garcia et al., 2020; József et al., 2010; Thornbush and Allen., 2018).

وقد نشأت العديد من المشكلات بسبب سوء اختيار مواقع المدن في الكويت، والتي يفتقر بعضها إلى الاختيار الصحيح بناء على الموقع الأنسب من وجهة نظر المختصين في مجال الجيومورفولوجيا العمرانية

Urban geomorphology، على سبيل المثال: أعلنت مدينة صباح الأحمد منطقة منكوبة بسبب السيول التي نتجت عن هطول كميات كبيرة من الأمطار في نوفمبر ٢٠١٨ (حوالي ٢٥٠ ملم)، والانهييار الأرضي Land subsidence الذي حدث في مدينة المطلاع في فبراير ٢٠٢٠ (كونا، ٢٠١٨، ٢٠٢٠)، وإعلان الجهراء منطقة كوراث بيئية في سيول ١٩٩٧، كل هذه الكوارث وغيرها تشير إلى بعض جوانب الخلل في التخطيط الحضري، ومن ناحية أخرى كان من الممكن تجنب هذه المشكلات، أو على الأقل تقليلها إلى حد كبير من خلال دمج البيانات الجيومورفولوجية والبيئية في سيناريو التخطيط العمراني لحماية المدن من خلال نمذجة الملاءمة المعتمدة على دمج صور الأقمار الاصطناعية ونظم المعلومات الجغرافية والجيومورفولوجيا البيئية، ومن المرجح أن يؤدي استخدام مثل هذه الأدوات والطرق في عملية التخطيط إلى تحديد المواقع الأكثر ملاءمة للمدن بناءً على المعايير الجيومورفولوجية البيئية حتى يمكن تجنب الأخطار الجيومورفولوجية أو التخفيف من حدتها، وفي نفس السياق تطرح الدراسة الحالية عدة تساؤلات: هل تم اختيار مواقع مدن الكويت المستقبلية في أماكن مناسبة؟ ما المشكلات البيئية لمدينة الكويت؟ وكيف يمكن حلها؟ ما أفضل مناطق البناء لتجنب الأخطار الجيومورفولوجية مثل السيول وزحف الرمال وغيرها؟

ومن ناحية أخرى، تسعى الكويت من خلال رؤية جادة وطموحة للقيادة السياسية إلى تحقيق أفضل معدلات التنمية والتقدم استناداً إلى إطار رؤيتها ٢٠٣٥، ومن شأن تنفيذ نهج بحثي متعدد التخصصات لاختيار



أنسب مواقع بناء المدن ومستقبل العمران الكويتي قطع شوط كبير للمساعدة في تحقيق أهداف رؤية ٢٠٣٥، وبشكل أكثر تحديداً، فإن الجمع بين التحليلات الجيومورفولوجية البيئية وأنماط استخدام الأراضي في بيئة نظم المعلومات الجغرافية يمكن أن يعزز تحقيق هذه الأهداف.

وتشير عدة دراسات طبقت نماذج الملاءمة suitability modeling مدعومة بالجيومورفولوجيا البيئية والتحليل المكاني تحت عدة موضوعات منها: تحليل ملاءمة استخدام الأراضي لتقييم التوسع في الأراضي الزراعية (Feizizadeh and Blaschke, 2013)، بينما استخدم (Store and Kangas, 2001) نموذج ملاءمة مكاني لتحديد موائل الأرض أو النظم البيئية المناسبة للأنواع الحيوانية والنباتية، ولتقييم وتخطيط المناظر الطبيعية Landscape أعد (Girvetz et al., 2008) نموذج ملاءمة لتطورات وتغيرات اللاندسكيب، وللمساعدة في التخطيط الإقليمي وتقييم الأثر البيئي للمشاريع (Marull et al., 2007)، وكذلك استخدم Carr and Zwick (٢٠٠٥) نمذجة الملاءمة لتحديد الصراعات المحتملة على استخدامات الأراضي في المستقبل في شمال وسط فلوريدا، وقد استخدمت العديد من الدراسات الحديثة أيضاً نمذجة الملاءمة حول العالم (Ayhan et al., 2020; Maarseveen et al., 2019). واستخدمه (Hassan et al., 2020) لعمل مخطط عمراني لجزيرة فيلكا لتحديد أنسب الأماكن للتنمية العمرانية والزراعية.

ومن ناحية مفاهيمية يُعرف تحليل ملاءمة الموقع بأنه: عملية تحديد مدى ملاءمة قطعة أرض معينة لاستخدام محدد، أو مناسبة مكان ما لخدمة معينة بناء على

حسابات رياضية وجغرافية (Steiner et al., 2000)، وفي سياق التخطيط الحضري يمكن استخدام نماذج الملاءمة لتقييم مدى مناسبة مواقع محددة لأغراض معينة مثل: السكن، والصناعة، والمرافق العامة، ويتم ذلك من خلال دراسة العوامل المختلفة مثل: التضاريس، والتربة، والمياه، والبنية التحتية، وحاجة المجتمع، والتكلفة المادية، لتوجيه عمليات اتخاذ القرارات بشكل أفضل، ومن تطبيقاته أيضاً تحديد المسار الأمثل لطريق أو الموقع الأفضل لبناء مدرسة، ويلزم إجراء تحليلات متطورة تأخذ في الاعتبار مكوّنات متعددة مثل: العوامل البيئية والفيزيائية والاجتماعية والاقتصادية (Hassan et al., 2020)، وتتطلب أدوات تحديد ومقارنة وتحليل القرارات متعددة المعايير لتطوير المواقع الحضرية والتخطيط العمراني الصحيح والإدارة المناسبة، وغالباً ما تتضمن أدوات جغرافية مكانية مثل: الاستشعار عن بُعد، ونظم المعلومات الجغرافية، ونظام تحديد المواقع العالمي (GPS)، والعملية التحليلية الهرمية (AHP) (Shukla et al., 2017; Sandipan et al., 2013).

تقترح الدراسة الحالية بناء عملية هرمية تحليلية بيئية - Environmen- tal Analytical Hierarchical Process EAHP من خلال استخدام الأوزان النسبية ووظائف Model Builder في برنامج ArcGIS 10.8، والتي تتمحور حول تقنية متكاملة لدمج AHP ونظم المعلومات الجغرافية، لدعم التقييم واختيار المناطق المناسبة للمدن في دولة الكويت باستخدام العمل الميداني والنمذجة الحاسوبية المتقدمة لإعادة التخطيط العمراني لدولة الكويت، طوّرت هذه الورقة تحليلاً للملاءمة متعدد المعايير يحدد المواقع المثالية للمدن الجديدة في دولة الكويت باستخدام

نموذج قائم على نظم المعلومات الجغرافية لتحديد المواقع الأكثر ملاءمة، مع الأخذ بعين الاعتبار الخطة العمرانية للكويت ٢٠٠٥ - ٢٠٣٠. تُظهر خطة الدولة هذه بطلاً في تنفيذها، حيث تأخر تنفيذ العديد من المدن، وتدرس بلدية الكويت هذه النواقص لتعديلها، ومن المقرر إصدار مخطط عمراني جديد لعام ٢٠٤٠.

تمثل النتائج التي توصلنا إليها مؤشرات رئيسة لمساعدة متخذي القرار لتوجيه خطة ٢٠٤٠ ناحية الصواب، لدعم المخططين البيئيين وصنّاع القرار حتى يمكن تجنّب الأخطاء السابقة في الخطة الحضرية ٢٠٠٥ - ٢٠٣٠، وستوفر الدراسة الحالية أيضاً المساعدة في عمليات صنع القرار في قطاع التنمية المستدامة، بالإضافة إلى المساعدة في حماية دولة الكويت من المزيد من الأخطار الطبيعية، ويساهم تطبيق هذه المنهجية في تحسين التخطيط العمراني على مستوى دولة الكويت ودول الخليج العربية.

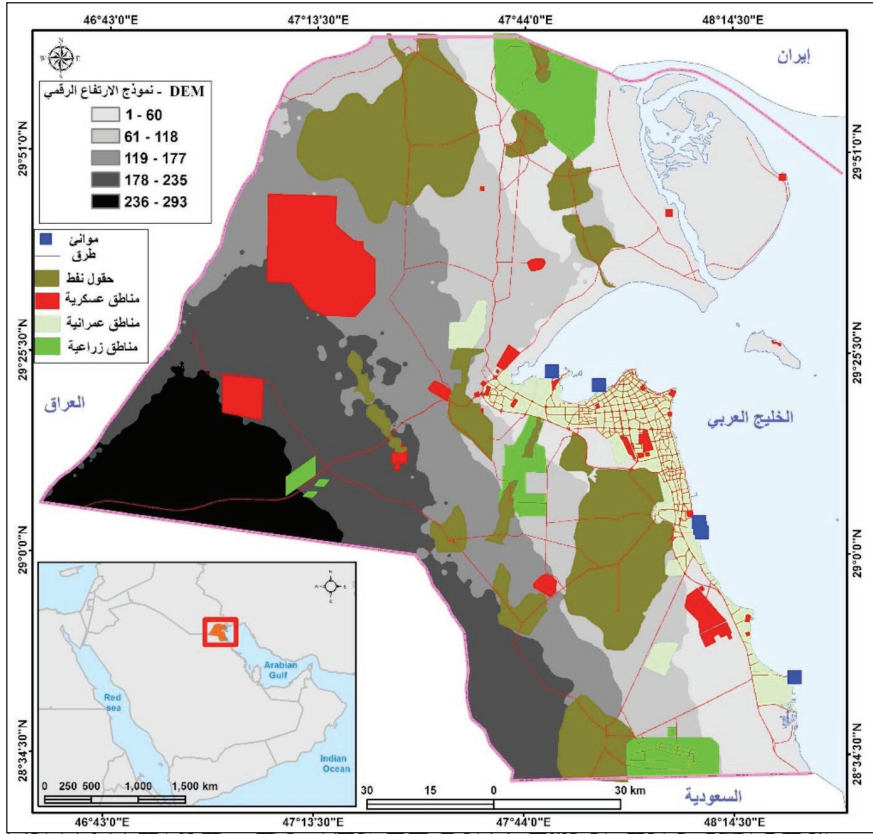
نطاق الدراسة:

٢٠١. المناخ والجيولوجيا والجيومورفولوجيا:

تبلغ مساحة الكويت ١٧,٨١٨ كم^٢، وتقع دولة الكويت في الركن الشمالي الغربي للخليج العربي، بين خطي طول ٣٠°٤٦' و ٣٠°٤٨' شرقاً، وخطي عرض ٢٨°٣٠' و ٣٠°٠٨' شمالاً (Al-Sarawi, 1995; El-Baz and Al-Sarawi, 2000)، يحدّها الخليج العربي من الشرق، والعراق من الشمال والغرب، والمملكة العربية السعودية من الجنوب، وتمتد الكويت ضمن الإقليم الصحراوي ويتميّز مناخها بشكل رئيس بصيف جاف وطويل وحر للغاية يمتد من نهاية مارس إلى نهاية أكتوبر، وتتراوح درجة الحرارة في الصيف بين ٣٠ درجة مئوية إلى ٥٠ درجة مئوية، وتصل إلى ٥٤ درجة مئوية خلال النهار في شهر أغسطس، ويمتد شتاء الكويت من أوائل ديسمبر إلى منتصف فبراير، ويتميّز فصل الشتاء بأنه قصير وبارد ورطب إلى حد ما، وتتراوح درجة الحرارة في الشتاء بين ٧ إلى ١٧ درجة مئوية، ويبلغ متوسط إجمالي هطول الأمطار حوالي ١٢٥ ملم في السنة، ويكون محدوداً من نوفمبر إلى أبريل (Al-Sarawi, 1995; El-Baz and Al-Sarawi, 2000; Kleo et al., 2003).

بشكل عام يمكن اعتبار الجيومورفولوجيا السطحية للكويت عبارة عن سهل صحراوي مسطح إلى حد ما، ينحدر بلطف جهة الخليج العربي، تتخلله تلال منخفضة عرضية، ومنحدرات، ووديان من مجاري أودية جافة، ومنخفضات داخلية ضحلة، ولكنها واسعة، تنحدر الأرض عموماً من حوالي ٢٩٣ م فوق مستوى سطح البحر في أقصى الزاوية الجنوبية الغربية للبلاد باتجاه

الأراضي المنخفضة في العراق وخور الصبية في الشمال الشرقي (شكل ١).



الباطن، وسلسلة تلال الأحمدية، ويمكن أن نستنتج أن صحراء الكويت مغطاة في الغالب بالرمال المنقولة عبر الهواء من خلال العواصف الرملية، مما يعكس تأثير الرياح على الرواسب الفتاتية الصحراوية الفضفاضة وسيادة الجفاف

تحسين اختيار مواقع المدن الجديدة في الصحراء باستخدام الجيومورفولوجيا البيئية ونظم المعلومات الجغرافية: الكويت دراسة حالة

المنطقة (Al-Sulamimi and Mukhopadhyay, 2000; EMISK, 2011).

لا تزال مواقع المدن الجديدة وغيرها من البنى التحتية تتأثر بشدة بالأخطار الجيومورفولوجية، لا سيما الناجم منها عن سوء التخطيط الجيومورفولوجي والبيئي، ومن الناحية الجيولوجية تنتشر في الكويت رواسب العصر الرباعي مثل: رمال الشاطئ الملتحمة مع كربونات الكالسيوم والسهول الطينية، ورواسب الدلتا الناجمة عن المروحة الفيضية لوادي الباطن، ورواسب مسطحات المد والجزر في أماكن مثل: جزيرة بوبيان وفي الشمال الشرقي، بالإضافة إلى الرمال التي تحملها الرياح، وينتشر أيضاً تكوين الدبدا الممتد إلى العصر الميوسيني إلى البليستوسيني وتكوين فارس السفلي الذي يحوي أحافير وبه طبقات من الطين الرملي والجبس والحصى الناري الخشن والمتحول (كليو، ٢٠٠٣)، ويمكن تقسيم الرواسب السطحية إلى تسعة تكوينات (الرمال الإيولية، والرواسب الساحلية، وتكوين الدمام، ورواسب الأسطح الصحراوية، وتكوين الدبدة السفلى، والرمال البحرية، ورواسب السبخة، وتكوينات فارس والغار، وتكوين الدبدة العلوي، انظر الشكل ٢ أ)، حيث يشكل كل منها نسبة مئوية (٩، ٢٢٪، ١٪، ٠٢، ٠٪، ٠٦٪، ٢٢٪، ٠٨، ٠٪، ١٠٪، ١٩٪، و ٢٠٪ على التوالي)، وبالمثل تظل المناظر الطبيعية الجيومورفولوجية في الكويت واضحة ويمكن تقسيمها إلى ١٢ وحدة، بما في ذلك مناطق مثل: الفرشات الرملية، والأسطح الصحراوية، والسهول الساحلية، والمنطقة الحضرية، والسبخات، والتلال (الشكل ٢ ب)

(El-Baz and Al-Sarawi, 2000; Al-Sulamimi and Mukhopadhyay, 2000).

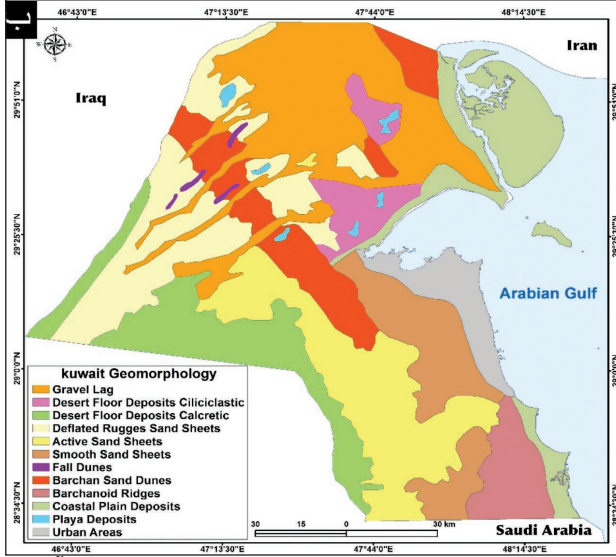
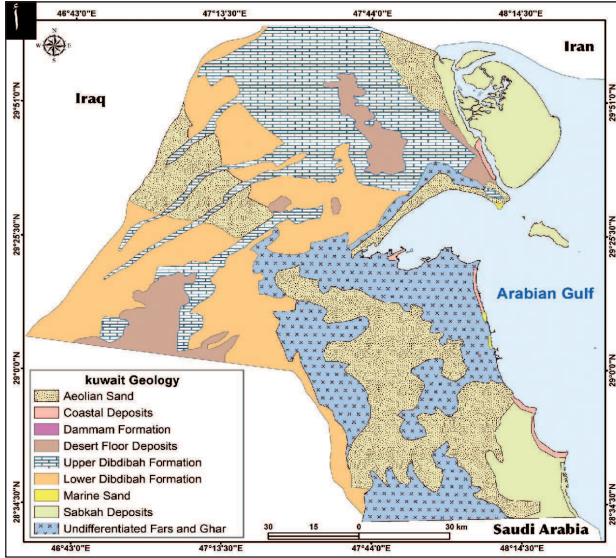
بشكل عام، فإن الفهم الأفضل للخرائط الجيولوجية والجيومورفولوجية يمكن أن يساعد في حل العديد من المشكلات المتعلقة بالتخطيط الحضري في دولة الكويت، حيث يمكن اعتبار الجيومورفولوجيا والجيولوجيا أدوات مهمة وفعّالة لمساعدة المخططين وصانعي القرار والمتخصصين في التخطيط البيئي والاستدامة البيئية، ومع ذلك تظل الفجوة بين المسؤولين والباحثين عائقاً دائماً أمام التخطيط العمراني الجيد، ولكن العمل من أجل التفاهم المتبادل وأخذ هذه المكونات الطبيعية في الاعتبار عند إنشاء مبادرات جديدة للتخطيط الحضري لاختيار مواقع المدن الجديدة من شأنه أن يساعد بشكل كبير في الحد من الأخطار البيئية التي حدثت وستحدث، حتى يتحقق أهم أهداف رؤية الكويت ٢٠٣٥، والذي يرمي إلى تحويل الكويت إلى مركز مالي وتجاري وثقافي وإقليمي.

شكل (٢): خريطة التكوينات الجيولوجية (١) والوحدات الجيومورفولوجية (ب) لدولة الكويت.

(المصدر: , 2011 EMISK)

٢. السكان والعمران:

تحسين اختيار مواقع المدن الجديدة في الصحراء باستخدام الجيومورفولوجيا البيئية ونظم المعلومات الجغرافية: الكويت دراسة حالة



شهدت الكويت في النصف الثاني من القرن العشرين تطوراً سريعاً في النمو

السكاني، ومنذ ذلك الحين تتفاقم الزيادة السكانية بشكل مستمر، حيث ارتفع عدد السكان من ٤٦٧،٣٣٩ نسمة عام ١٩٦٥ (وزارة التخطيط، ١٩٩٠) إلى ٤،٤٦٤،٥٢١ نسمة عام ٢٠١٩ (الهيئة العامة للمعلومات المدنية، ٢٠٢٠)، وإذا لم يتم دراسة الزيادة السكانية بعناية فإن الكويت ستواجه العديد من المشكلات والآثار السلبية المرتبطة بالزيادة السكانية المستمرة ولاسيما أن الاقتصاد الكويتي قائم على النفط فقط ويحتاج إلى التنوع في مصادر الدخل، ومن ناحية أخرى تواجه معدلات التنمية الحضرية مشكلات عدة، حيث إنها غير قادرة على تلبية احتياجات السكان المتزايدة، لتقدير الزيادة السكانية بالكويت حتى عام ٢٠٢٥، اختيرت المعادلة الرياضية الأسية Exponential Method التي استخدمت في العديد من الدراسات السكانية (مصطفى، ١٩٩٤؛ رشود، ٢٠٠٣)، لإعداد جدول (١) مع ثلاث فرضيات تستخدم لتقدير معدلات النمو السكاني السنوي: (١) معدل النمو السنوي ثابت. (٢) زيادة سنوية بنسبة ١،٠٪ و (٣) انخفاض المعدل السنوي بنسبة ١،٠٪، وتستخدم هذه المعدلات للوصول إلى تنبؤ أقرب ما يكون إلى الواقع المستقبلي لسكان الكويت في ضوء إحدى الفرضيات المقترحة للنمو السكاني، والمعادلة تأخذ الشكل التالي:

$$P_2 = P_1 \times \{ (R / 100) + 1 \} ^t$$

حيث:

P_2 = عدد السكان في السنة المتوقعة.

P_1 = عدد السكان في التعداد الأخير.

R = معدل النمو السنوي.

t = عدد السنوات بين آخر تعداد والسنة المستهدفة للتنبؤ.

٨ = القوة الأسية (٢٤٤٠٧٢٩٢, ٠).

تختلف سيناريوهات التنبؤ بعدد سكان دولة الكويت كما يوضح الجدول (١)، ومن المتوقع أن يرتفع عدد السكان إلى ٩٤٢, ٢٣٨, ٥ نسمة عام ٢٠٣٥، وإلى ٥٣٩, ٠٨٦, ٦ نسمة بحلول عام ٢٠٥٠، وتعتمد هذه الزيادة المتوقعة على استقرار معدل النمو السكاني (وزارة التخطيط، ١٩٩٠؛ الهيئة العامة للمعلومات المدنية، ٢٠٢٠)، ويتوزع السكان المذكورين في (الجدول ١)، في ست محافظات يتباين عدد سكانها، ويتوزع السكان في ١١٥ منطقة سكنية كما في الجدول ٢ (بلدية الكويت، ٢٠٠٥؛ الهيئة العامة للمعلومات المدنية، ٢٠١٧).

جدول (١):
التنبؤ بعدد سكان الكويت

عدد السكان المتوقع	معدل منخفض (0.1)	عدد السكان المتوقع	معدل متزايد (0.1)	عدد السكان المتوقع	معدل زيادة ثابت	السنة
4420110		4420110		4420110	1.0	2018
4464521	1.0	4464521	1.0	4464521		2019
4504914	0.9	4513843	1.1	4509378		2020
4642765	0.4	4839893	1.6	4740516		2025
4667109	-0.1	5318704	2.1	4983501		2030
4575578	-0.6	5989688	2.6	5238942		2035
4374376	-1.1	6911610	3.1	5507475		2040
4077585	-1.6	8171083	3.6	5789772		2045
3705535	-2.1	9895884	4.1	6086539		2050

تحسين اختيار مواقع المدن الجديدة في الصحراء باستخدام الجيومورفولوجيا البيئية ونظم المعلومات الجغرافية: الكويت دراسة حالة

جدول (٢):

بعض خصائص السكان والعمران في دولة الكويت

المحافظة	المساحة كم ²	عدد المناطق السكنية	عدد السكان 2017	الكثافة السكانية كم ²
العاصمة	175	34	572638	3272
حولي	85	14	946452	11135
الأحمدي	4500	19	985117	219
الجهراء	12750	20	555626	44
الفروانية	204	17	1174088	5755
مبارك الكبير	104	11	261542	2515
الإجمالي	17818	115	4495463	-

(Source: Ministry of Planning. 1990;
The Public Authority for Civil Information. 2020)

ومن خلال الجدولين ١ و ٢ يمكننا استنتاج أن محافظتي الجهراء والأحمدي هما المرشحتان الرئيستان لإنشاء مدن جديدة، وذلك بسبب نسبة عدد سكانهما إلى المساحة، وبشكل عام يتركز حوالي ٩٩٪ من سكان الكويت (٥, ٤ مليون نسمة في عام ٢٠١٩) على طول المنطقة الساحلية، وهو ما يمثل حوالي ١٠٪ فقط (١٧٨٢ كيلومتر مربع) من إجمالي مساحة الكويت، ومن ناحية أخرى تُقدّر الكثافة السكانية لدولة الكويت إجمالاً بـ ٢٥ نسمة/كم^٢، وهي تعتبر بشكل عام كثافة منخفضة، إلا أن الكثافة السكانية في المناطق



تحسين اختيار مواقع المدن الجديدة في الصحراء باستخدام الجيومورفولوجيا البيئية ونظم المعلومات الجغرافية: الكويت دراسة حالة

الحضرية في الكويت تبلغ ٢٥٠٥ أفراد/كم^٢، وهي تمثل بالنسبة للمنطقة العمرانية المحدودة كثافة عالية تتطلب تنمية عمرانية أكبر، وفي سياق متصل، تتميز التركيبة السكانية للكويت بخلل ملفت، حيث يشكّل السكان الكويتيون ٥, ٣٠٪ من إجمالي السكان، في حين يشكّل السكان الوافدون ٥, ٦٩٪، وتتكوّن هذه التجمعات من أكثر من ١٤٠ جنسية مختلفة، وقد تجاوز عددهم ٣ ملايين في عام ٢٠١٩ (وزارة التخطيط، ٢٠٢٠).

٣. تقييم المخطط العمراني للكويت ٢٠٠٥-٢٠٣٠:

واستناداً إلى الزيادات السكانية المتوقعة (بلدية الكويت، ٢٠٠٥)، وضعت دولة الكويت خطة لإنشاء حوالي ١٢ مدينة ومنطقة حضرية جديدة بحلول عام ٢٠٣٠ لمواجهة النمو العمراني (حمدي بدوي، ٢٠٠٩)، وتهدف الخطة إلى احتواء الزيادة السكانية التي ستصل إلى حوالي ٥ مليون بحلول عام ٢٠٢٥، و٤, ٥ مليون في عام ٢٠٣٠ (بلدية الكويت، ٢٠٠٥)، و٥, ٧ مليون بحلول عام ٢٠٥٠، وبما أن المنطقة الحضرية الحالية Metropolitan area بالكويت وصلت إلى طاقتها السكانية والعمرانية القصوى، وبالتالي بدأت الكويت في تخطيط المدن في ثلاث مناطق جديدة تستضيف ٥, ٢ مليون نسمة بحلول عام ٢٠٣٠ (حمدي بدوي، ٢٠٠٩)، ووفقاً لسياسة استيعاب النمو الحضري القصير والمتوسط والطويل الأجل في النظام الحضري، فقد تم تحديد معدلات النمو والقدرة الاستيعابية لكل تجمع حضري كما في الشكل ٣ (حمدي بدوي، ٢٠٠٩؛ وزارة الإسكان؛ الأشغال العامة، ٢٠١٩)، وتوزّع

مناطق التطوير العمراني في الخطة العمرانية على مستوى الدولة في ست مدن في المنطقة الشمالية، ومدينتين في المنطقة الغربية، وأربع مدن في المنطقة الجنوبية، وجزيرتي فيلكا وبويان، وتقرح الخطة الحالية أيضاً إنشاء شبكة من الطرق الجديدة وشبكة من السكك الحديدية على طول الطرق لربط المدن الجديدة بالعمران الكويتي القديم (الشكل ٣)، ويلاحظ أن المخطط الثالث لدولة الكويت يأخذ في الاعتبار عدة معايير لتحديد مواقع المدن الجديدة (حمدي بدوي، ٢٠٠٩)، وهي:

• الابتعاد عن مصادر التلوث التي قد تؤثر على مواقع الإسكان الجديدة المقترحة.

• القرب من المناطق الحضرية الأخرى.

• التوزيع المتوازن للخصائص الاجتماعية والاقتصادية للسكان.

• الابتعاد عن مناطق الموارد الطبيعية مثل حقول النفط.

• توزيع المدن في جميع أنحاء البلاد.

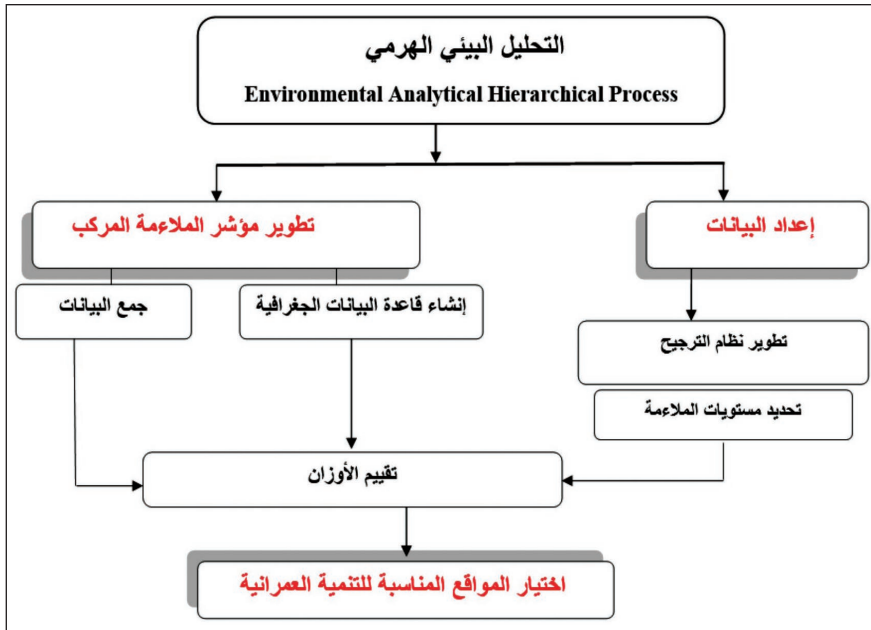
• التركيز في الجزء الشرقي من البلاد بمحاذاة المنطقة العمرانية القديمة في محور طولي يبدأ من العبدلي شمالاً وحتى صباح الأحمد والوفرة جنوباً.

٣- المنهجية والبيانات.

أصبحت النمذجة الحاسوبية Model builder في بيئة نظم المعلومات الجغرافية واحدة من أهم الأدوات في مجال نمذجة استخدام الأراضي والتنمية العمرانية، وفي هذا السياق تعد نمذجة خرائط الملاءمة Suitability Maps وخرائط الأخطار Risk Maps نوعين من الخرائط الموضوعية المهمة المستخدمة لتحليل وتتبع التغيرات في البيانات المكانية، الغرض الأساسي من هذه الخرائط هو تمكين صانع القرار من الوصول إلى نتائج أقرب ما تكون إلى الصواب بناء على مفاهيم رياضية وجغرافية.

استُخدمت نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد في العقود الأخيرة بوتيرة متزايدة لدراسة تغيرات المناظر الطبيعية landscapes خاصة في مجال التوسع الحضري (Herold., 2005; Hassan et al., 2020)، ومع ذلك غالباً ما يستخدم المخططون وصنّاع القرار المعايير الاجتماعية والاقتصادية فقط في التخطيط الحضري، وغالباً ما يهملون الجوانب الجيومورفولوجية والبيئية المهمة (Hassan et al., 2020) ولا سيما وقد أوضحت آثار التغيرات المناخية كارثية ومدمرة كما حدث في درنة الليبية في شتاء ٢٠٢٣ وأمطار الكويت ٢٠١٨، وغيرها من الأحداث المدمرة للبنية التحتية ومهددة لأمن المجتمعات العمرانية. الخطوة الأولى لنمذجة الملاءمة هي: إعداد البيانات مثل الخرائط والمرئيات الفضائية، وهي خطوة مهمة في تحليل الجيومورفولوجيا البيئية واستخدام الأراضي/

الغطاء الأرضي (الجدول ٣)، وبشكل عام، تطبق تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في تحليل الملاءمة متعدد المعايير عدة نماذج للتحليل على سبيل المثال: تحليل التراكب المنطقي Boolean overlay analysis، وتحليل التراكب المرتب ranked overlay analysis، وتحليل التراكب الموزون weighted overlay analysis، وتحليل التراكب الغامض fuzzy overlay analysis، والمؤشرات المركبة للملاءمة (suitability composite indices Mahmoud et al., 2020)، لإجراء تحليل الملاءمة متعدد المعايير للتنمية الحضرية في الكويت وتم اختيار طريقة تستخدم ثلاث خطوات رئيسية: إعداد البيانات، وتطوير مؤشر الملاءمة المركب، واختيار أفضل مواقع التنمية الحضرية (الشكل ٤).



شكل (٤): منهجية الدراسة

٣.١ . إعداد البيانات:

تؤثر عدة عوامل مثل: العناصر المادية والاجتماعية والاقتصادية على مدى ملاءمة استخدام الأراضي ومدى تجنب مواقع المدن في الكويت للأخطار الطبيعية، ويمثل إعداد البيانات خطوة مهمة في تحليل مدى ملاءمة الأراضي، حيث كلما زادت البيانات المتاحة (Layers) كانت النتائج أكثر دقة (Bathrellos et al., 2012; Mierzwiak and Cal-ka, 2017; Marull et al., 2007)، وعند تحديد معايير التحليل يتم جمع مجموعات بيانات من المؤشرات المختلفة، حددت الدراسة ١٢ عاملاً يرى الباحثون أنها ذات أهمية وملاءمة لطبيعة منطقة الدراسة، كما هو واضح في الجدولين ٣ و ٤، وتجدر الإشارة إلى أنه على الرغم من أن تأثيرات مناسيب المياه الجوفية ومواقعها أمر مهم عند اختيار مواقع المدن، ولا تزال تلعب دوراً مهماً للغاية في التخطيط الحضري للعديد من دول العالم خاصة في ظل ظروف الجفاف الحالية، إلا أنه لم يؤخذ في الاعتبار نظراً لأن الكويت تعتمد على محطات تحلية مياه البحر؛ لتغطية أكثر من ٩٠٪ من احتياجاتها من المياه، ولدى دول الخليج العربية طرق مماثلة في تجنب استخدام المياه الجوفية والتوجه لتحلية مياه البحر، بالإضافة إلى ذلك يوجد ثماني محطات لتحلية المياه في المنطقة الساحلية بالكويت، وبالتالي فإن استخدام المياه الجوفية لا يزال منخفضاً للغاية في الكويت، ولذلك وبالتشاور مع العديد من المتخصصين والاستشاريين المحليين والإقليميين (Fadlelmawla et al., 2011; AlAli, 2008)؛

تقرر الدراسة أن المياه الجوفية لا تلعب دوراً مهماً بما يكفي لتبرير إدراجها في النمذجة العمرانية للكويت، نظراً لأن أدنى منسوب للمياه الجوفية في الكويت حوالي ٥ أمتار، باستثناء مناطق السبخات الساحلية، لذا لم تؤخذ في الاعتبار في النمذجة، ومن ناحية أخرى، تم تضمين السيول في الاختيار النهائي للمعايير (انظر الشكلين ٥ و ٦)، يوضح الجدول (٣) البيانات المستخدمة بعد الرجوع لعدد من المراجع والدراسات، وبعد استشارة الخبراء المحليين في الكويت، ودول الخليج حول العوامل البيئية والجيومورفولوجية الرئيسة والتي يمكن اختيارها للوصول لأفضل نتائج.

الجدول (٣):

قائمة البيانات المستخدمة في هذه الدراسة

المعيار	مصدر البيانات والإعداد
١. نموذج الارتفاع الرقمي DEM	ALOS PALSAR RTC، دقة ١٢,٥ مترًا (٢٠٢٠). لفهم وتحليل سطح الأرض في الكويت، تم إجراء بعض التحليلات مثل خريطة الانحدار والخريطة الكنتورية، وتم تقسيم الكويت إلى ٣ مناطق حسب نموذج الارتفاع الرقمي وأشكال الأرض والتضاريس انظر الشكل (٥-أ) والشكل (٥-ب).
٢. الانحدار	
٣. إنتاجية التربة (فئات التربة)	أعطيت الأولوية للمناطق غير الصالحة للزراعة كأماكن مناسبة لبناء المدن، بينما المناطق الصالحة للزراعة اعتبرت غير مناسبة لبناء المدن تمهيداً لاعتبارها مناطق زراعية في المستقبل، وتم تقسيم الكويت إلى 4 مناطق حسب أنواع التربة (انظر الشكل 5-ج)، وتم تقسيم البلاد إلى قطاعات مناسبة أو غير مناسبة لبناء المدن بناءً على مسح التربة الذي أعده معهد الكويت للأبحاث العلمية (Samira and Shabbir, 2013; KISR, 1999).
٤. الجيولوجيا	قسمت التكوينات الجيولوجية إلى ٤ أنواع حسب درجة ملاءمتها لبناء مدن المستقبل، انظر الشكل ٥-د (El-Baz and Al-) قبل المؤلفين على أساس نوع التكوين الجيولوجي المتعلق بالبناء، على سبيل المثال: تمثل السبخات ومناطق زحف الرمال مناطق غير مناسبة للعمران، في حين أن الأسطح الصخرية الثابتة هي الأكثر ملاءمة، وهكذا.

<p>قسمت الوحدات الجيومورفولوجية إلى ٤ أنواع حسب ملاءمتها لبناء المدن (انظر الشكل ٦-هـ) (El-Baz and Al-Sarawi, 2000; Emisk, 2011). تم تحديد التقسيم بالتشاور مع المؤلفين وعدد من الخبراء في مجال الجيومورفولوجيا.</p>	<p>٥. الجيومورفولوجيا</p>
<p>قسمت البلاد إلى أربع مناطق حسب درجة التلوث، وذلك بناءً على خريطة جودة الهواء الصادرة عن الهيئة العامة للبيئة (Emisk, 2011).</p>	<p>٦. جودة الهواء (التلوث)</p>
<p>تمت إضافة مناطق عازلة حول حقول النفط لحمايتها من التوسع العمراني ولحماية المدن من مناطق إنتاج النفط والتلوث المرتبط بها (انظر الشكل ٦-و) (Emisk, 2011).</p>	<p>٧. حقول النفط</p>
<p>تم تحليل أحواض وشبكات الأودية في ArcGIS 10.8، وصنفت الأحواض حسب درجة خطورتها إلى ٣ مناطق بناءً على قربها من: ترتيب المجاري المائية، والطرق، والمناطق الحضرية (انظر الشكل ٦-ز) (Emisk, 2011; ALOS PALSAR RTC, 2020)</p>	<p>٨. السيول</p>
<p>تمت إضافة مناطق عازلة حول المناطق العسكرية لحمايتها من العمران، لإبعاد المدن عن المناطق العسكرية (Emisk, 2011).</p>	<p>٩. المناطق العسكرية</p>
<p>أضيفت مناطق عازلة حول المناطق الأثرية (المطيري، ٢٠١٧). لحمايتها من العمران وإبعاد المواقع الأثرية عن المناطق الحضرية.</p>	<p>١٠. المناطق الأثرية</p>

<p>أعطيت مناطق حركة الرمال تصنيفاً منخفضاً للملاءمة لبناء المدن بينما يتم تصنيف المناطق الآمنة من حركة الرمال على أنها مناسبة، وتمثل خريطة الهيئة العامة للبيئة لنطاقات حركة الرمال في الكويت دليلاً مهماً للغاية لفهم طبيعة حركة الرمال (انظر الشكل ٦-ح) (Emisk, 2011).</p>	<p>١١. مناطق زحف الرمال</p>
<p>توفّر شبكة الكويت الوطنية لرصد الزلازل (KNSN) بيانات الزلازل من عام ١٩٩٧ إلى عام ٢٠٢١، وتقسّم الكويت إلى ٣ قطاعات وفقاً لقوة الزلزال (KISR, 2020).</p>	<p>١٢. الزلازل</p>

٢. تطوير مؤشر الملاءمة المركب:

تُستخدم المؤشرات المركبة بشكل متكرر في دعم عمليات اتخاذ القرار من خلال تلخيص الحقائق متعددة الأبعاد، وتقليل الحجم المرئي لمجموعة من البيانات والمؤشرات من خلال القيم الرياضية والبيانات المكانية (Mahmoud et al., 2020).

طوّرت هذه الدراسة نموذج ملاءمة مركب يأخذ في الاعتبار ١٢ عاملاً أو معياراً تم اختيارها بناءً على معايير تعتبر مهمة للبيئة الكويتية (ودول الخليج الأخرى)، وشارك في إنتاجه المؤلفون وعدد من الزملاء المختصين في الجيومورفولوجيا والتخطيط الحضري البيئي، يوضح الجدول (٤) العوامل والأوزان النسبية لكل عامل وتصنيفاتها طبقاً لدرجات الملاءمة (High – Moderate – Low - Unsuitable)، لإنشاء مصفوفة الترجيح Pairwise Matrix، وتم تضمين جميع المعايير الـ ١٢،

مع إعطاء قيم أعلى للمعايير البيئية مثل: الجيومورفولوجيا، وإنتاجية التربة، وجودة الهواء، والجيولوجيا، وتم تحديد الأوزان النسبية من قبل المؤلفين والخبراء، ثم أخذت قيمة متوسطة باستخدام معادلة المتوسط الحسابي، والتي تمثل مجموع القيم مقسومة على عددها (انظر الجدول ٣ و ٤ للحصول على الوصف الكامل).

الجدول (٤):
قائمة المعايير والمؤشرات وتصنيفها كطبقات مخرجات لنظام المعلومات الجغرافية

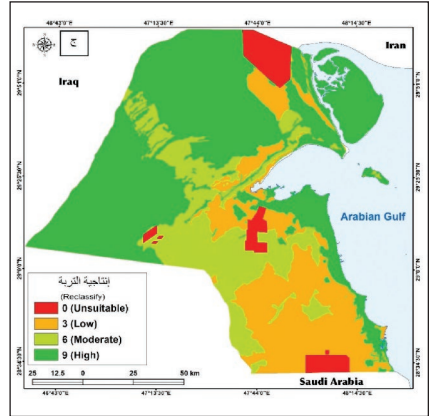
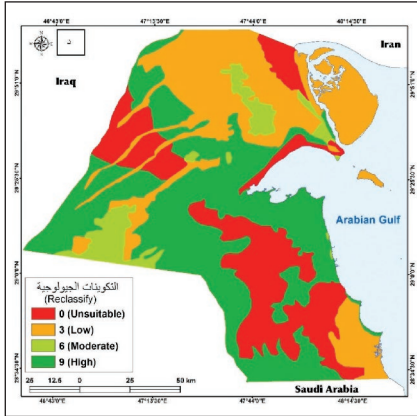
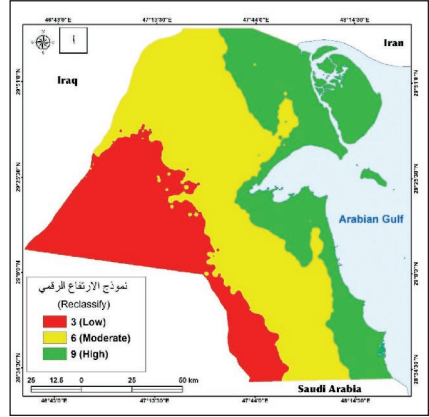
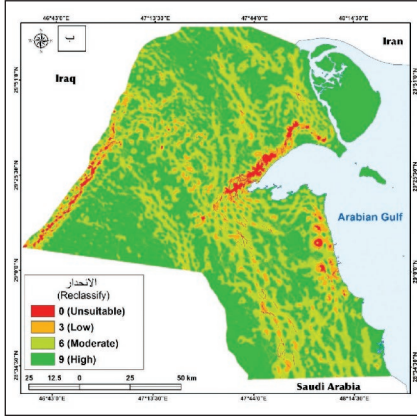
Range				Weight (%)	Criteria	No
Unsuitable	Low	Moderate	High			
0	3	6	9	7	Dem	S. 1
-	176.7 - 293	60.3-176.6	0-60	5	Slope	S. 2
3-6.4	1.2-2.9	0.45-1.1	0-0.44	15	Soil productivity	S. 3
Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	15	Geology	S. 4
1	2	3	4	15	Geomorphology	S. 5
Deflated rugges, active sand sheets, barchan sand, Playa	Fall dunes	Smooth sand	Gravel lag, Desert floor, Barchanoid, coastal plain	8	Air Quality (pollution)	S. 6

Oil fields	Oil fields Buffer Zone 3km	Oil fields Buffer Zone 6km	The rest of the country	5	Oil fields	S. 7
-	Basins 1,6,7, and 8	Basins 2,5, and 9	Basins 3,4 and 10	8	Flash Flood	S. 8
Military areas	Military Areas Buffer Zone 5 km	Military Areas Buffer Zone 10km	The rest of the country	5	Military areas	S. 9
Archeological areas	Archeological Buffer Zone areas 2km -	Archeological Buffer Zone areas 4km	The rest of the country	5	Archeological areas	S. 10
-	Sand movement area	Relatively stable	Stable	10	Sand movements	S. 11
-	3.01-4.49	1.51-3	0-1.4	2	Earthquakes	S. 12

تحسين اختيار مواقع المدن الجديدة في الصحراء باستخدام الجيومورفولوجيا البيئية ونظم المعلومات الجغرافية: الكويت دراسة حالة

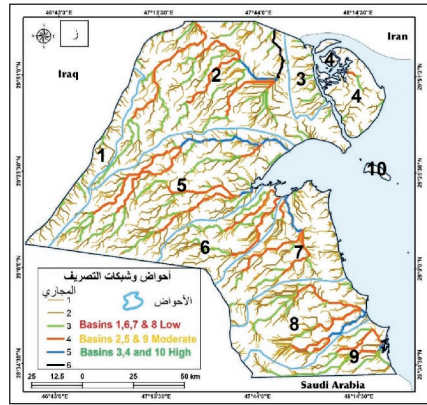
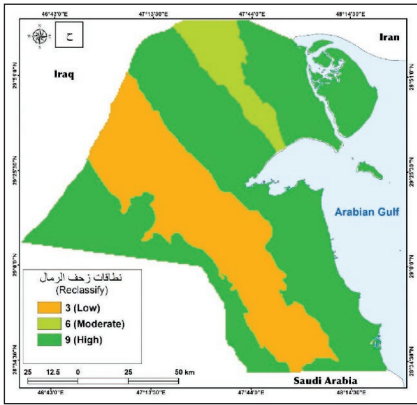
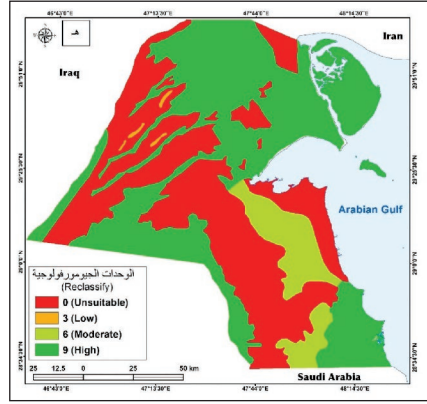
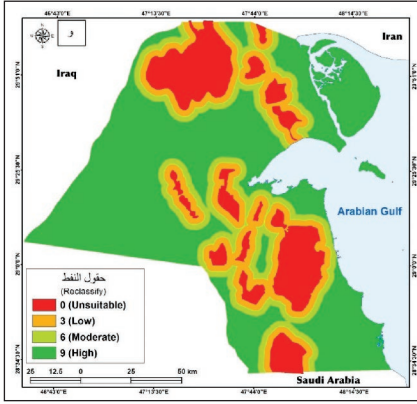
٣. اختيار المواقع المناسبة للتنمية العمرانية:

تضمّنت هذه الخطوة حساب مؤشر الملاءمة المركّب من خلال تجميع المؤشرات المفضّلة المختلفة وفقاً لأوزانها، وبناءً على هذه النتائج، ومع القليل من التعديل كما في الشكلين ٥ و ٦، تم تقسيم معايير الملاءمة الـ ١٢ للخطة الحضرية المقترحة إلى أربع فئات كما ذكرنا سابقاً (غير مناسبة، ومنخفضة، ومعتدلة، وعالية)، وبين الشكلان ٥ و ٦ أمثلة على عمليات إعادة التصنيف التي تمت للمعايير الـ ١٢، والمعايير المتبقية، وتلك المدرجة في الجدولين ٣ و ٤.



شكل (٥): بعض المعايير التي بُني عليها النموذج: (أ) نموذج الارتفاع الرقمي، (ب) المنحدرات، (ج) إنتاجية التربة، (د) الجيولوجيا.

تحسين اختيار مواقع المدن الجديدة في الصحراء باستخدام الجيومورفولوجيا البيئية ونظم المعلومات الجغرافية: الكويت دراسة حالة



شكل (٦): بعض المعايير التي بُني عليها النموذج: (هـ) الجيومورفولوجيا، (و) حقول النفط، (ز) السيول، (ح) حركة الرمال

- المناقشات والنتائج:

يناقش هذا القسم المخطط العمراني المقترح لدولة الكويت بناءً على البيانات الواردة في الجدول ٣ و٤، كما يناقش المشكلات المحتملة للخطة العمرانية الجديدة، وذلك لمحاولة التكيّف مع الوضع الحالي والمشكلات الحضرية حتى يمكن وضع الحلول المناسبة والعملية للمخططات العمرانية المستقبلية، وحتى تتمكّن الدولة من مراعاة نفس المعايير وغيرها لتحقيق التنمية المستدامة للتوسعات العمرانية.

١. مشكلات الجيومورفولوجيا الحضرية في الكويت:

بالنظر إلى المعايير السابقة التي أخذتها دولة الكويت بعين الاعتبار في اختيار مواقع المدن الجديدة، نجد أنها لا تشمل المعايير الجيولوجية والجيومورفولوجية والبيئية، مما قد يؤدي إلى ظهور العديد من المشكلات العمرانية، وقد حدّدت الدراسة الميدانية والصور الفضائية والصحف الوطنية العديد من المشكلات الحضرية كما في الشكل (٧) بما في ذلك:

- تعرّضت مدينة علي صباح السالم (أم الهيمن) جنوب شرق الكويت لقدر كبير من التلوث البيئي، وبخاصة تلوث الهواء نتيجة هبوب الرياح الشمالية الغربية السائدة على الكويت والتي تنقل الملوثات من المناطق

الصناعية الواقعة شمال المدينة على بعد ٣ كم، ومصافي وحقول النفط الواقعة على بُعد ٨ كم (كونا، ٢٠١٨) مما تسبب في أضرار جمة لصحة سكان المدينة جراء استنشاق هواء ملوث.

- تعرضت منطقة الظهر وهي منطقة مرتفعة تقع شمال مدينة الأحمدى إلى انخيارات أرضية أو هبوط أرضي land subsidence، بسبب عدم الاهتمام بالمعايير الجيولوجية والطبيعية في اختيار الموقع الأمثل للبناء، أو معالجة التربة أثناء مراحل تأسيس المدن الجديدة من خلال حقن ودك التربة Soil injection and compaction (كونا، ٢٠١٦).

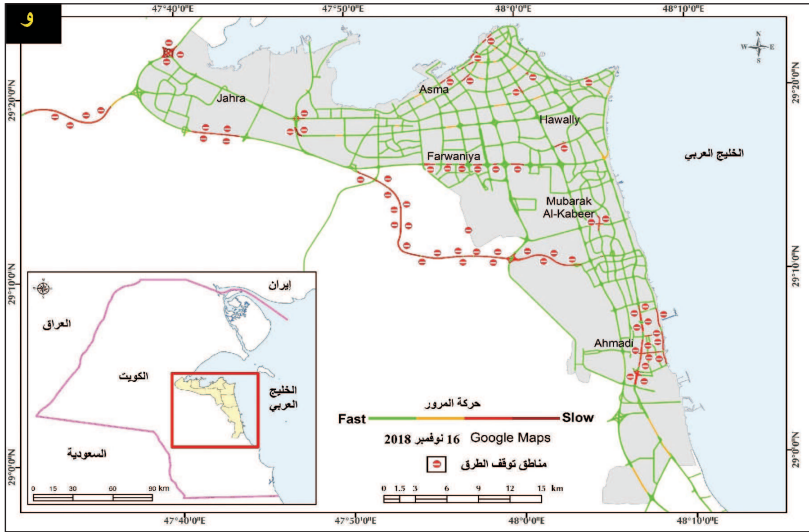
- تقع مدينة صباح الأحمد جنوب البلاد في منطقة سبخة منخفضة المنسوب ويقطعها عدد من مجاري الأودية من الغرب إلى الشرق، مما يؤدي إلى تعرّضها وغمرها بمياه السيول في حالة حدوث أمطار، كما حدث في سيول عام ٢٠١٨، حيث هطل على المدينة ضعف متوسط المعدل الطبيعي للأمطار (~ ٣٠٠ ملم)، مما نجم عنه جريان الوديان من المناطق المرتفعة غرباً باتجاه الشرق، حيث موقع المدينة مما أثر على العمران والبنية التحتية وأعلنت المدينة منطقة كوارث بيئية.

- تتعرّض طرق الكويت والمناطق العمرانية إلى زحف الرمال والسيول والهبوط الأرضي وغيرها من أحداث الكوارث الطبيعية العامة التي تتسبب في خسائر بشرية واقتصادية كبيرة (انظر الشكل ٧)، ومن نافلة القول إدراك أهمية احتياج الدول الصحراوية مثل الكويت إلى

التعامل مع الكوارث الطبيعية من خلال تحسين فهم تواتر أحداثها والتكيف معها وتوزيعها (Adolfo et al., 2020).

- كشفت الأمطار التي بلغت أكثر من ضعف المعدل الطبيعي عن هشاشة البنية التحتية في بعض مناطق الكويت (الشكل ٦)، حيث حدث توقف كامل لتدفق حركة المرور في مواقع متعددة بعد أمطار ٢٠١٨ (الشكل ٦هـ)، مما يتطلب خطة لحماية مدن المستقبل من الأخطار الطبيعية.

- تعاني بعض المدن من عواصف رملية يصعب التنبؤ بها، تؤثر على البنية التحتية. كما حدث في يونيو ٢٠٢١ عندما اجتاحت الكويت عواصف رملية شديدة للغاية غطت معظم الطرق وأثرت على المناطق الحضرية، ولذلك لا بد من وجود خطة ورؤية واضحة لحماية المدن من التدهور والدمار المحتمل في المستقبل من خلال أحزمة تشجير لحماية المناطق العمرانية.



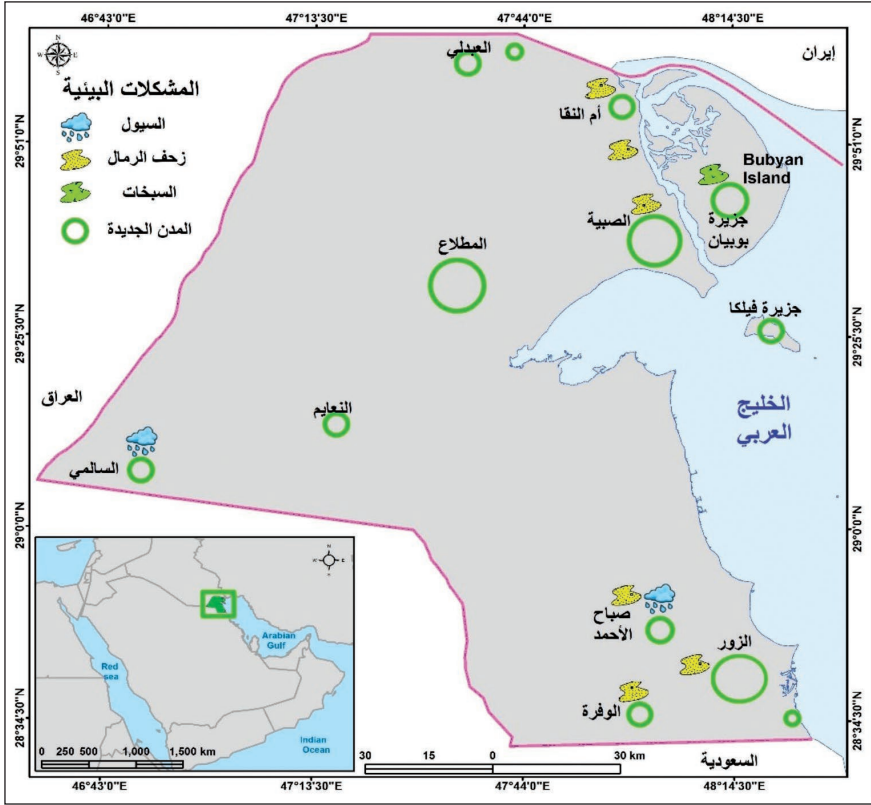
الشكل (٧): بعض الأخطار الطبيعية التي تؤثر في العمران والبنية التحتية في الكويت. (أ) هبوط أو انهيار أرضي على الطريق الدائري السادس. (ب) تأثير السيول على طريق ٤٠ بتاريخ ١٧ نوفمبر ٢٠١٨. (ج) زحف الرمال على طريق الصبية في مارس ٢٠١٨. (د) هبوط أرضي بمنطقة المطلاع شمال الكويت. (هـ) تأثير الفيضانات المفاجئة على الطرق والبنية التحتية في ١٥ نوفمبر ٢٠١٨. (و) أماكن توقف الطرق بعد عاصفة ممطرة عام ٢٠١٨ المصدر: خرائط جوجل، ١٥ نوفمبر ٢٠١٨.

٢ . المواقع المقترحة للمدن (نمذجة الملاءمة):

وتشير النتائج الأولية للدراسات التي تناولت نمذجة ومحاكاة التطور العمراني إلى تأخر تنفيذ المخطط العمراني الثالث ٢٠٠٥-٢٠٣٠، وحدوث مشكلات عمرانية متعددة بالكويت (حمدي بدوي، ٢٠٠٩)، وأظهرت عمليات المحاكاة أن التأخير سيكون له بالفعل آثار ضارة على الازدحام المروري وتوافر المساكن (Alghais and Pullar, 2017a; Alghais and Pullar, 2017b)، وتصدر الإشارة إلى أنه وفقاً للمخطط الرئيس؛ فإن هذه التوقعات تتطلب إنشاء نظام نقل قطاري حديث، مع ربط جيد بجميع أنحاء دولة الكويت لتسهيل الحركة وتسريع عمليات التنمية المستدامة، حتى مع تأخر أعمال البنية التحتية، فإن قضايا الازدحام المروري ونقص المساكن ستكون أفضل مقارنة بسيناريو العمل المعتاد المتمثل في ملء المناطق الحضرية الحالية وتوسيعها (Al-ghais and Pullar, 2017a; Alghais and Pullar, 2017b)، ومن ناحية أخرى حدّد المخطط الحضري ١٢ مدينة للتوسع العمراني في الفترة من ٢٠٠٥ إلى ٢٠٣٠ (الشكلان ٣ و٨)، وفي سياق متصل تبدو بعض معايير اختيار المواقع غير واضحة، وعلى سبيل المثال، تشير المشكلات الجيومورفولوجية والبيئية والاقتصادية التي حدثت في مدينتي المطلاع وصباح الأحمدي إلى وجود أوجه قصور كبيرة في استراتيجيات التخطيط الحضري الحالية.

وثمة نقطة في غاية الأهمية وتتمثل في اعتماد المخطط الحضري المقترح على ١٢ معياراً، وضمن كل معيار تقسم الدولة إلى أربعة قطاعات (غير

مناسب - مناسب منخفض - مناسب متوسط - مناسب مرتفع)، مع إعطاء بعض المعايير قيماً عالية بسبب تأثيرها المؤكّد في عملية التخطيط مثل (الجيومورفولوجيا، والجيولوجيا، وإنتاجية التربة، ونوعية الهواء، والجريان السيلي)، وهو ما يشير إلى أهمية تدخل المختصين بعد إجراء النمذجة الحاسوبية، ويرجع ذلك إلى أهمية هذه العوامل في عمليات التخطيط العمراني لدولة الكويت لعام ٢٠٥٠، لتتمكن الدولة من تجنب العديد من المشكلات المستقبلية المحتملة الناجمة عن سوء التخطيط الحضري، والتي من شأنها التأثير سلباً على مستقبل الدولة وأرواح الناس والبنية التحتية، ومن ناحية أخرى وبافتراض الانتهاء من بناء المدن الجديدة دون تأخير، ووفقاً للمخطط العمراني ٢٠٠٥-٢٠٣٠، فإن النتائج تشير إلى احتمالات انخفاض الازدحام المروري بنسبة ٦٠٪ مقارنة بمستويات عام ٢٠١٥ وعدم وجود نقص في المساكن قبل عام ٢٠٥٠ (Alghais and Pullar, 2017b).



الشكل (٨): بعض الأخطار البيئية التي تواجه مدن المخطط العمراني ٢٠٠٥ . ٢٠٣٠

يعطي صنّاع القرار الخصائص الاجتماعية والاقتصادية الأولوية في التخطيط العمراني، وتشير المشكلات البيئية التي حدثت إلى ضرورة إدخال العوامل الاقتصادية والبيئية والجغرافية في عمليات التخطيط لما لها من دور بارز في اختيار الموقع الأمثل، كما أن التغيرات المناخية والبيئية لا يمكن تجاهلها في عمليات اختيار الموقع (Hassan et al., 2020).

تحسين اختيار مواقع المدن الجديدة في الصحراء باستخدام الجيومورفولوجيا البيئية ونظم المعلومات الجغرافية: الكويت دراسة حالة

إن التخطيط الحضري القائم على الهندسة دون النظر إلى المعايير البيئية والتنوع البيولوجي والجيومورفولوجيا لم يعد مناسباً كما كان في الماضي، ومن خلال النمذجة المكانية متعددة المعايير Suitability modelling يظل إنتاج خطط حضرية تحقق أهداف التنمية المستدامة أمراً ممكناً، بالإضافة إلى ذلك حدثت العديد من التغيرات البيئية في مدن الكويت على مدى العقدين المنصرمين، ويجب أخذها في الاعتبار عند المضي قدماً في أي نوع من الخطط، ويوضح الجدولان ٣ و ٤ مصدر البيانات والإعدادات التي تؤدي إلى النمذجة الجيومورفولوجية البيئية، بينما يعرض الشكل ٩ النتائج، حيث تشكّل المناطق المناسبة لبناء مدن المستقبل ذات الإمكانيات العالية والمتوسطة ٩٨٣٧ كيلومتراً مربعاً (٦, ٥٧٪) من إجمالي مساحة أراضي الكويت، كما تشير نتائج تطبيق النموذج على مواقع المدن في الكويت إلى ما يلي:

- تتمتع بعض المدن بمواقع جيدة، ولكنها تحتاج إلى بعض التعديلات (انظر الشكلين ٨ و ٩)، على سبيل المثال، تواجه مدينة صباح الأحمد مشكلات بيئية عديدة نتيجة سوء التخطيط واختيار الموقع الخاطئ للمدينة، حيث بُنيت على مساحة من السبخة وفي مواجهة مجاري وادي عريفجان وفي مسار نطاق الرواسب الرملية الناعمة التي تجعل المدينة معرضة في فصل الشتاء لأحداث السيول المفاجئة وصيفاً معرضة لرحف الرمال.

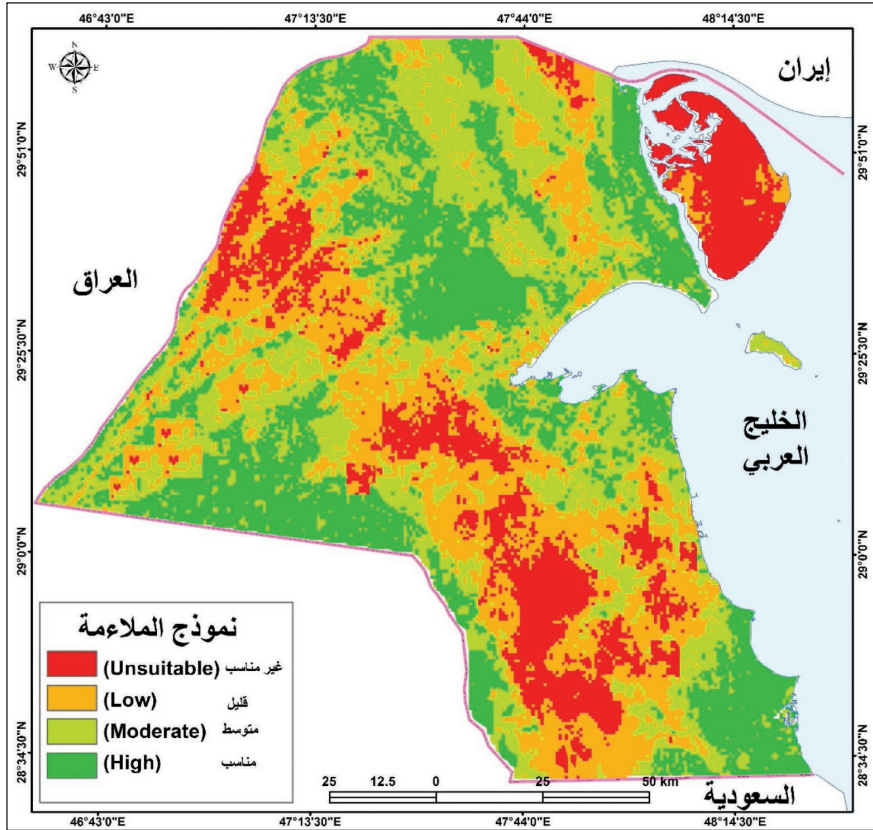
- تمثل المدن الواقعة في الشمال مناطق مستقرة إلى حد ما، لأنها الأقل تعرضاً للمشكلات الجيومورفولوجية والبيئية، بالإضافة إلى العديد



من العوامل البيئية مثل: جودة الهواء، والرواسب السطحية، والارتفاع، والبُعد عن أخطار زحف الرمال والسيول إلى حد ما، وفي سياق متصل ستواجه مدينة جنوب صباح الأحمد مشكلات عديدة ومعقدة خلال العقود المقبلة بسبب السيول، حيث يقطعها من المنتصف وادي عريفجان وتحديداً مجرى من الرتبة السادسة، كما أنها في منطقة سبخة شديدة الانخفاض وسيئة الصرف Playa.

- تمثل جزيرة فيلكا موقع بناء أكثر ملاءمة مقارنة بجزيرة بوبيان، حيث إن بوبيان بها مجموعة كبيرة من السبخات وستتطلب معالجات متعددة للتربة والمزيد من التحسينات البيئية قبل أن يتم بناء مدن بها.

- تواجه مدينة المطلاع العديد من المشكلات بسبب عدم استقرار تربتها؛ لأن جزءاً كبيراً منها كان ضمن منطقة دراكيل وحفر لاستخراج الصلْبوخ، وتم تسوية بعض مناطقها ودك بعضها، مما يشير لاحتمالات حدوث هبوط أرضي بالمدينة، علاوة على خطر السيول من الجهة الغربية للمدينة، حيث يحدها من الغرب وادي من الرتبة "الخامسة" مما يشكل خطراً عليها في فترات هطول الأمطار الغزيرة.



الشكل (٩): المناطق الأكثر ملاءمة لبناء المدن.

ـ الخلاصة والتوصيات:

ونظراً لأن العديد من دول الخليج العربي تشترك في خصائص جيومورفولوجية وبيئية مماثلة، فإن هذه الدراسة، رغم أنها تركز على دولة الكويت، فإن لها أيضاً آثاراً على الدول المحيطة بالكويت، خاصة عندما يتعلّق الأمر بجهود التخطيط الحضري، وطورت الدراسة ١٢ معياراً للتخطيط الحضري لدولة الكويت، والتي تشمل الجيومورفولوجيا البيئية لدولة الكويت مثل: (نموذج الارتفاع الرقمي، وحركة الرمال، والتربة، والانحدار، وجودة الهواء... إلخ) باستخدام Model-Builder ArcGIS 10.8 مع ترقيم جميع الخرائط والطبقات المعلوماتية، وهو أسلوب يمزج بين الجيومورفولوجيا البيئية ونظم المعلومات الجغرافية مما يعكس رؤية المؤلفين والخبراء لتخطيط الدولة، وبطبيعة الحال يمكن تحسين الطريقة المستخدمة هنا وتكييفها لاستخدام أساليب وأدوات أخرى في تطوير التحليلات والمقترحات المرتبطة بمساعي التخطيط الحضري.

وبناءً على الإطار المطروح في هذه الدراسة، فإن مستقبل التوسع الحضري في دولة الكويت وربما دول الخليج العربي الأخرى يجب أن يتضمّن منظوراً جيومورفولوجياً بيئياً، لأن جودة البيئة الحضرية هي أحد العوامل الرئيسة التي تحدد نوعية حياة سكان الحضر ومستوى الرفاهية

(Matsuoka and Kaplan, 2008)، وبالتالي، فإن تطوير أدوات لمساعدة صنّاع القرار والباحثين على تحديد أولويات تحسين البيئة أمر بالغ الأهمية لتعزيز مدن أكثر استدامة وفاعلية (Ignacio and Jianguo, 2018)، وبدأت العديد من دول العالم في تخطيط مدنها وفقاً لمعايير بيئية وجغرافية محدّدة لتجنّب الأخطار الجيومورفولوجية والبيئية عند العمل على نماذج التنمية المستدامة (Qian et al., 2019)، ويوفر دمج العملية الهرمية التحليلية البيئية (EAHP) ونمذجة ملاءمة نظم المعلومات الجغرافية رؤية جديدة للتخطيط الحضري التي يمكن أن تعزز هذه المساعي، على سبيل المثال، من إجمالي مساحة أراضي الكويت البالغة ٨١٨, ١٧ كيلومتراً مربعاً، ٥٧٪ فقط منها يصلح كمساحة "مناسبة" للتنمية العمرانية باحتمالات ("عالية" و "متوسطة"). وبناءً على بيانات EAHP و GIS، تقدّم هذه الدراسة عدة توصيات:

- موقع مدينتي صباح الأحمد والمطلاع غير ملائم للمعايير البيئية ويواجه العديد من المشكلات، على وجه التحديد نوصي بنظامين منفصلين على الأقل لتصريف مياه الأمطار أحدهما سطحي والآخر تحت الأرض، حتى لا تتأثر البنية التحتية بأمطار العواصف.

- تشير خريطة التربة في الكويت إلى أن ٢٨٪ من مساحة أراضيها صالحة للزراعة إذا توفرت المياه، ونتيجة لذلك فإن استراتيجيات تجميع وإدارة وتخزين مياه الأمطار ومياه العواصف المطيرة سوف تساهم في توفير المياه للزراعة، وينبغي أن تكون أحد الاعتبارات في التنمية المستقبلية لتلك المناطق الزراعية المحتملة؛ لتحقيق الأمن الغذائي.

- تعاني بعض المناطق العمرانية بالكويت وبعض المدن الجديدة من خطر ارتفاع مستوى سطح البحر، حيث إن ٥٨٪ منها مهددة بحدوث ارتفاع مستوى سطح البحر خلال القرن الحالي (Hassan et al., 2020)، وهذا الوضع يتطلب وضع رؤية واضحة وحلول عملية لمواجهة المشكلة.

- مشكلات زحف الرمال الناتجة عن مشاريع البناء التي تتم في مسار الرمال المتحركة مهددة بأخطار عديدة، لذا فإن التخطيط للمشاريع المستقبلية يجب أن يأخذ في الاعتبار طبيعة حركة الرواسب الريحية واتجاه حركتها، وتجنب مناطق الرمال الزاحفة قدر الإمكان، واستخدام تدابير التحكم السلبية، إذا كانت هناك حاجة إلى تدابير تحكم نشطة، فيجب أن يسبقها تقييم شامل للأثر البيئي (Misak et al., 2013).

- في دولة صحراوية مثل الكويت، لا بد من حماية مدن المستقبل من العواصف الرملية وزحف الرمال، من خلال أحزمة التشجير المحيطة بالمدن الجديدة والمنطقة الحضرية، علاوة على ذلك، وبما أن نصف أراضي الكويت عبارة عن رواسب رملية، فإن فهم ديناميكيات حركة الرمال يمثل جانباً مهماً لحماية العمران والبنية التحتية.

- بما أن مدينة الجهراء أعلنت منطقة كوارث طبيعية في عام ١٩٩٧ وكذلك مدينة صباح الأحمد في عام ٢٠١٨، فيجب إنشاء نظام إنذار مبكر للتعامل مع الكوارث الطبيعية المستقبلية.

ومجمل القول، وبالنظر إلى أن أحداث التغيرات المناخية، وبالتالي التغيرات في النظم البيئية المحلية والإقليمية والعالمية لا تزال حتمية ولا

يمكن توقعها وبعضها عواقبه وخيمة، فإن الأخطار مثل تلك التي شهدت بعض الدول سوف تستمر في الحدوث، وسوف تزيد حدتها ووتيرتها، مما يكشف عن أوجه القصور (الحالية) في البنية التحتية في دولة الكويت (وغيرها من دول الخليج والعالم)، وعلى إثر ذلك تتفاقم مثل هذه الأحداث الطبيعية المدمرة بسبب تزايد عدد السكان وزيادة التحضر، ومع ذلك يمكن تخفيف هذه الأنواع من الأحداث المؤلمة والمكلفة من خلال إجراء تقييمات أكثر شمولاً للبيئة والتخطيط العمراني القائم على استراتيجيات التكيف وتقليل حدة الخطر Adaptation and Mitigation.

يمكن أن يساعد استخدام التحليلات المكانية المتكاملة والمتعددة الجوانب والتي تأخذ في الاعتبار الخصائص الجيومورفولوجية والبيئية وتدمجها في النمذجة متعددة المعايير مع التحليل الهرمي EAHF في التخطيط العمراني (Saha and Roy, 2021)، كما هو موضح في هذه الورقة البحثية من شأن هذا النوع من التخطيط العمراني تعزيز أهداف رؤية الكويت ٢٠٣٥، مع المساعدة أيضاً في التخفيف من التهديدات التي تواجه السكان والعمران، علاوة على ذلك، فإن إضافة المزيد من المعايير الاجتماعية والاقتصادية والبيئية إلى النمذجة قد يؤدي إلى دقة أعلى وتخطيط أفضل لتعزيز جهود التخطيط العمراني المستقبلي.

قائمة المراجع العربية والأجنبية

أولاً. المراجع العربية:

- ١ - بدوي، حمدي (٢٠٠٩): الخلل السكاني في دولة الكويت: دراسة في الجغرافيا السكانية، مركز البحوث والدراسات الكويتية، ٢٠٠٩، الكويت.
- ٢ - رشود، الخريف (٢٠٠٣): السكان مفاهيم وأساليب وتطبيقات، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.
- ٣ - الشلقاني، مصطفى (١٩٩٤) الإحصاءات السكانية والديموغرافية: طرق التحليل الديموغرافي، الطبعة الثانية، جامعة الكويت، الكويت.
- ٤ - كليو، عبد الحميد، أبو العينين، حسن، الحسيني، سيد، العصفور، ت، الشيخ، م. (٢٠٠٣): دراسات مختارة في جيومورفولوجية الأراضي الكويتية، مركز البحوث والدراسات الكويتية، الكويت.
- ٥ - المطيري، حامد (٢٠١٧): الآثار الإسلامية في الساحل الشمالي الغربي لجزيرة فيلكا-دراسة أثرية تحليلية مقارنة؛ المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، مدينة الكويت، الكويت.
- ٦ - الهيئة العامة للمعلومات المدنية (٢٠١٧) إدارة الإحصاءات السكانية، الكويت.

٧ - الهيئة العامة للمعلومات المدنية (٢٠٢٠) إدارة الإحصاءات السكانية، الكويت.

٨ - وزارة التخطيط (١٩٩٠) التجميع الإحصائي في ٢٥ عاماً، إدارة الإحصاء المركزي، عدد خاص، الكويت.

ثانياً. المراجع الأجنبية:

- 1 - Al-Sarawi. M. Surface Geomorphology of Kuwait. Geo-Journal. 1995. 35.4. 493-503.
- 2 - Adeli. Zahra and Khorshiddoust. Alimohammad. Application of geomorphology in urban planning: Case study in landfill site selection. Procedia Social and Behavioral Sciences. 2011. Volume 19. Pages 662-667.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.05.183>.
- 3 - Adolfo. Quesada-Román. Ernesto Villalobos-Portilla & Daniela Campos Durán. Hydrometeorological disasters in urban areas of Costa Rica. Central America. Environmental Hazards. 2020. DOI: 10.1080/17477891.2020.1791034.
- 4 - AlAli EH. Groundwater history and trends in Kuwait. WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2008. 112. 153-64.
- 5 - Alghais. N and Pullar. D. Modelling future impacts of urban development in Kuwait with the use of ABM and GIS. Trans. GIS 20. 20e42. 2017a.
<https://doi.org/10.1111/tgis.12293>
- 6 - Alghais. N and Pullar. D. Projection for new city futures-A case study for Kuwait. In: 15th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management. Adelaide. Australia. 2017b.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00590>.

- 7 - Al-Matar. M., Hassan. A., Hassan. A. Investigating Land-Use and Land-Cover Changes of Failaka Island: A Study in Geography and Geoarchaeology. Journal of the social sciences. Kuwait university. 2020. Volume 48. Issue 2. pp 33-57.. Doi: 10.34120/0080-048-002-014.
- 8 - Al-Sulamimi. J., Mukhopadhyay. A. An overview of the surface and near surface geology. geomorphology. and natural resources of Kuwait. Earth-Science Reviews. 2000. Vol.50. Issues 3-4 pp.227-267.
- 9 - Ayhan. Çiğdem., Tülay. Taşlı., Ferah. Özkök., Hasan. Tatlı. Land use suitability analysis of rural tourism activities: Yenice. Turkey. Tourism Management. Volume. 2020. 76. [tps://doi.org/10.1016/j.tourman.2019.07.003](https://doi.org/10.1016/j.tourman.2019.07.003).
- 10 - Bathrellos. G., Kalliopi. P., Hariklia. S., Dimitrios. P., Konstantinos. C. Potential suitability for urban planning and industry development using natural hazard maps and geological-geomorphological parameters. Environ. Earth Sci. 2012. 66. 537–548. DOI 10.1007/s12665-011-1263-x.
- 11 - Carr. M. Zwick. P. Using GIS suitability analysis to identify potential future land use conflicts in North Central Florida. Journal of Conservation Planning. 2005. 58-73.
- 12 - Digital elevation model. ALOS PALSAR RTC. 12.5-m. 2020 <https://asf.alaska.edu/data-sets/derived-data-sets/alos-palsar-rtc/alos-palsar-radiometric-terrain-correction/>
- 13 - Dong. J., Zhuang. D., Xu. X., Ying. L. Integrated Evaluation of Urban Development Suitability Based on Remote Sensing and GIS Techniques – A Case Study in Jingjinji Area. China. Sensors. 2008. 8. 5975-5986.

- 14 - El-Baz. F., Al-Sarawi. M. Atlas of the State of Kuwait from Satellite Images; Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences: Kuwait. 2000. Kuwait.
- 15 - Fadlelmawla. A., Fayad. M., El-Gamily. H., Rashid T. Mukhopadhyay A. Kotwicki V. A land surface zoning approach based on three-component risk criteria for groundwater quality protection. Water resources management. 2011. Vol. 25. Issue 6. pp. 1677-97.
- 16 - Feizizadeh. B. and Blaschke. T. Land suitability analysis for Tabriz County. Iran: a multi-criteria evaluation approach using GIS. J. Environ. Plan. Manag. 2013. 56 (1). 1-23.
- 17 - Garcia. P., Augustin. C., and Casagrande. P. Geomorphological index as support to urban planning. Mercator. 2020. Vol. 19. DOI: <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19003>
- 18 - Girvetz. E., Thorne. J., Berry. A., Jaeger. J. Integration of landscape fragmentation analysis into regional planning: a statewide multi-scale case study from California. USA. Landscape and Urban Planning. 2008. 86 (3). 205-218.
- 19 - Hassaan. Mahmoud., Ahmed. Hassan., Hassan Al-Dashti. GIS-based suitability analysis for siting solar power plants in Kuwait. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science. 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.11.004>.
- 20 - Hassan. A., G Almatar. M., Torab. M., Allen. C.D. Environmental Urban Plan for Failaka Island. Kuwait: A Study in Urban Geomorphology. Sustainability 2020. 12 (17). 7125.
<https://doi.org/10.3390/su12177125>.

- 21 - Hassan. A., Hassaan. M.A. Potential impact of sea level rise on the geomorphology of Kuwait state coastline. Arab J Geosci 13. 1139. 2020.
<https://doi.org/10.1007/s12517-020-06084-1>.
- 22 - Herold. M., Couclelis. H., Clarke. K.C. The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change. Comput. Environ. Urban Syst. 2005. 29. 369–399.
- 23 - Ignacio C. Fernández. & Jianguo Wu. A GIS-based framework to identify priority areas for urban environmental inequity mitigation and its application in Santiago de Chile. Applied Geography. Volume 94. 2018. Pages 213-222.
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.03.019>.
- 24 - József. Szabó., Lóránt Dávid., and Dénes Lóczy. Anthropogenic Geomorphology A Guide to Man-Made Landforms. Springer Netherlands. 2010.
DOI: 10.1007/978-90-481-3058-0
- 25 - KISR. Kuwait national seismic network. 2020.
<http://www.kisr.edu.kw/en/projects/64/details/>.
- 26 - KISR. Soil survey for the State of Kuwait - vol II Reconnaissance survey. ACM International. Adelaide. 1999. Kuwait.
- 27 - Kuwait Municipality. Third Kuwait Master Plan Review. Executive Summary. 2005. Kuwait. <https://www.baladia.gov.k>.
- 28 - Kuwait News agency (KUNA). (2016. 2018. 2020).
<https://www.kuna.net.kw/ArticleDetails.aspx?id=2832486&language=en>.

- 29 - Maarseveen. Martin., Javier. Martinez and Johannes Flacke. GIS in Sustainable Urban Planning and Management A Global Perspective. 2019 by Taylor & Francis Group. LLC. <https://taylorandfrancis.com/>.
- 30 - Marull. J., Pino. J., Mallarach. J., Cordobilla. M. A land suitability index for strategic environmental assessment in metropolitan areas. *Landsc. Urban Plan.* 2007. 81. 200–212. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.11.005>.
- 31 - Matsuoka. R., & Kaplan. R. People needs in the urban landscape: Analysis of landscape and urban planning contributions. *Landscape and Urban Planning.* 2008. 84. 7–19.
- 32 - Meadows. M and J. C. Lin. *Geomorphology and Society. Advances in Geographical and Environmental Sciences.* Springer Japan 2016. <https://doi.org/10.1007/978-4-431-56000-5>.
- 33 - Mierzwiak. M and Calka. B. Multi-Criteria Analysis for Solar Farm Location Suitability. *Rep. Geod. GeoInform.* 2017. 104. 20–32.
- 34 - Ministry of Planning. Central Statistical Administration. 2020. <https://www.csb.gov.kw/Pages/Statistics>
- 35 - Ministry of Public Works accessed on 17 April 2019.
- 36 - Misak R.F., Khalaf F.I., Omar S.A.S. Managing the Hazards of Drought and Shifting Sands in Dry Lands: The Case Study of Kuwait. In: Shahid S., Taha F., Abdelfattah M. (eds) *Developments in Soil Classification. Land Use Planning and Policy Implications.* Springer. Dordrecht. 2013. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5332-7_41

- 37 - Qian. Li., Yang. Yu., Xiaoqian. Jiang., Yuntao. Guan., Multifactor-based environmental risk assessment for sustainable land-use planning in Shenzhen. China. *Science of The Total Environment*. Volume 657. 2019. Pages 1051-1063.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.118>.
- 38 - Saha. A., Roy. R. An integrated approach to identify suitable areas for built-up development using GIS-based multi-criteria analysis and AHP in Siliguri planning area. India. *SN Appl. Sci.* 3. 395 (2021).
<https://doi.org/10.1007/s42452-021-04354-5>.
- 39 - Samira. O and Shabbir. A. Reconnaissance Soil Survey for the State of Kuwait., chapter 3 in Book “Developments in Soil Classification. Land Use Planning and Policy Implications: Innovative Thinking of Soil Inventory for Land Use Planning and Management of Land Resources”. 2013. DOI 10.1007/978-94-007-5332-73. © Springer Science+Business Media Dordrecht.
- 40 - Sandipan. D., Anirban. B., Sagar. M. Study on urban land suitability assessment using remote sensing and GIS: A case study of Khairagarh. in Chhattisgarh. *Int. J. Comput. Appl.* 2013. 74. 20–26.
- 41 - Shukla. A., Kumar. V., Jain. K. Site suitability evaluation for urban development using remote sensing, GIS, and analytic hierarchy process (AHP). In *Proceedings of the International Conference on Computer Vision and Image Processing*; Springer Science+Business Media: Singapore City. Singapore. 2017. doi:10.1007/978-981-10-2107-7_34.
- 42 - Steiner. F., McSherry. L., Cohen. J. Land suitability analysis for the upper Gila River watershed. *Landsc. Urban Plan.* 2000. 50. 199–214.

- 43 - Store. R and Kangas. J. Integrating spatial multi-criteria evaluation and expert knowledge for GIS-based habitat suitability modelling. *Landscape and Urban Planning*. 2001. 55. 79-93.
- 44 - System of environmental monitoring information (EMISK). Various maps: surface sediments, geology. Geomorphology unites. Air Quality. and Land use. 2011. <https://epa.org.kw/en-us/eMISK>.
- 45 - Thornbush. M.J. and C.D. Allen. Eds. *Urban Geomorphology: Landforms and Processes in Cities*. Elsevier. 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811951-8.00017-5>
- 46 - UNDESA. *World urbanization Prospects: The 2014 revision*. New York. New York: United Nations. 2014. Department of Economic and Social Affairs.



saving lives. Results from this study enhance understanding of how environmental geomorphology, when combined with GIS, can be harnessed to achieve sustainable urban development in the Arabian Gulf countries and other desert countries.

- **Keywords:** Environmental Geomorphology, Urban Geomorphology, Geographical Information Systems, Remote Sensing, Spatial Modeling

Abstract:

Choosing the optimal location for a city based on sound environmental geomorphology planning is of the utmost importance for achieving environmental sustainability. as it can spare the State and other decision-making entities a great deal of stress in the long run. GIS offers great potential for environmental planners to choose the most appropriate places for the cities of the future. especially when coupled with environmental geomorphological analyses. The State of Kuwait seeks sustainable development through the implementation of clear and specific urban plans. some of which suffer from a severe lack of geomorphological and spatially based environmental planning. This study aims to: 1) Conduct suitability modelling for establishing new cities in Kuwait. 2) Assess the current 2005-2030 urban plan. and 3) Propose possible recommendations and solutions for potential urban problems. The study relies on integrating several methods to devise a framework that will aid researchers and decision-makers in selecting optimal locations for built structures based on analysis and modelling (e.g.. digital elevation model. geologic mapping. geomorphology. natural hazards. heritage/archaeological sites. military areas. oil fields. soils). Using this methodology in choosing city sites contributes to achieving sustainable development. reducing problems during construction processes. saving countries' budgets. and



قواعد النشر في

سلسلتي (دراسات مترجمة) و (مراجعات الكتب)

- ١ - أن تكون الدراسة المترجمة صادرة خلال السنوات الثلاث الأخيرة، وألا يكون سبق ترجمتها للغة العربية من قبل، سواء داخل دولة الكويت أو خارجها.
- ٢ - أن تكون الدراسة مرتبطة باهتمامات المركز العلمية وأولوياته البحثية.
- ٣ - يتحمل المترجم كامل المسؤولية تجاه المؤلف الأصلي فيما يخص حقوقه الأدبية والمادية والقانونية، دون تحمل المركز أية مسؤولية من أي نوع في هذا الشأن.
- ٤ - يُقدم المترجم إلى المركز، ملخصاً للدراسة الأجنبية التي يريد ترجمتها (بما لا يتجاوز ٥٠٠ كلمة)، على أن يتضمن هذا الملخص البيانات الأساسية للدراسة، بما في ذلك: العنوان الأصلي، اسم المؤلف أو المؤلفين، مكان وجهة وسنة النشر، ومضمون الدراسة، على أن يرفق بالملخص الغلاف الأصلي للدراسة وفهرس المحتويات الخاص بها.
- ٥ - يزود المترجم المركز، بملخص تعريفي عن مؤلف الدراسة الأصلية (في حدود ٢٥٠ كلمة) يتضمن نبذة عن مؤهلاته العلمية وخبرته العملية وتخصصه البحثي ومؤلفاته.
- ٦ - يتم إبلاغ المترجم بقبول ملخصه أو رفضه في غضون (٣) أسابيع من إرساله إلى المركز، ولا يعني قبول الملخص القبول النهائي للدراسة المترجمة، حيث سيتم إخضاعها للمراجعة والتدقيق من قبل مختصين.
- ٧ - يجب أن تتسم الترجمة بدقة وقوة الصياغة والوضوح والموضوعية، على أن يتم وضع ملاحظات المترجم بشكل ظاهر في الهوامش كلما دعت الضرورة لذلك.
- ٨ - ألا يقل عدد كلمات نص الترجمة عن (١٠,٠٠٠ كلمة).



جامعة الكويت
KUWAIT UNIVERSITY

Center for the Gulf and Arabian Peninsula Studies
Established in 1994 - Kuwait University

Optimizing Site Selection of New Cities in the Desert Using Environmental Geomorphology and GIS: A Case Study of Kuwait

Dr. Ahmed Hassan El-kasaby

**A Series of Translated Studies
(15)**

Kuwait - 2024

ISBN: 978-9921-749-60-1
