مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية - *50* - (195) 2024
https://doi.org/10.34120/jgaps.v50i195.3175

# أهمية التخطيط المكاني للبنية التحتية الخضراء لتعزيز وظيفة جودة الأراضي الحضرية في المدينة المنورة

أروى عبدالعزيز الصاعدي[1]*
محمد بن سعد المقري[2]*

## ملخص

**الأهداف:** هدفت هذه الدراسة إلى كشف التغير في جودة الأراضي الحضرية في المدينة المنورة خلال الفترة 2000-2022، وتحليل التباين المكاني لها على مستوى الأحياء، والتخطيط المكاني للبنية التحتية الخضراء من خلال تحديد أولويات تخطيط مواقعها وفق 5 مستويات وذلك بناءً على جودة الأراضي الحضرية. **المنهج:** استخدم المنهج التاريخي بتتبع التغيرات الزمانية والمكانية للظاهرة. والمنهج الوصفي الاستدلالي بكشف خصائصها وتصنيفها وتبايناتها. **النتائج:** أظهرت النتائج أن أكثر من 39% من أحياء المدينة المنورة تعاني تدنياً في جودة الأراضي الحضرية؛ إذ تشكل الأراضي المتدهورة أكثر من 27% من إجمالي المساحة. كما تبين أن مساحة الغطاء النباتي انخفضت بأكثر من -44%؛ في حين تقلصت الأراضي الفضاء بنسبة تزيد على -39%، وعلى النقيض من ذلك شهدت مساحة العمران ارتفاعاً كبيراً بلغ أكثر من 262% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. بالإضافة إلى ذلك ارتفع معدل استهلاك الأراضي الحضرية بأكثر من 4%؛ في حين تقلصت الضواحي بشكل ملحوظ؛ فقد كان أكبر تقلص من نصيب المساحات المفتوحة بنسبة تصل إلى -89%. كما تبين أن أكثر من 59% من مساحة المدينة المنورة تُعد ذات أولوية قصوى ومرتفعة لتخطيط البنية التحتية الخضراء الحضرية بناءً على جودة الأراضي الحضرية. **الخاتمة:** أوضحت الدراسة التغير في جودة الأراضي الحضرية في المدينة المنورة على مدى 22 سنة استناداً إلى عدة

(1) Arwaabdulaziz31@gmail.com

(2) أستاذ مشارك. mmogarry@yahoo.com

* قسم الجغرافيا، كلية العلوم الإنسانية والإجتماعية، جامعة الملك سعود، السعودية.

- تُسلّم البحث في: 2024/4/23، عُدّل في: 2024/5/13، أجيز للنشر في: 2024/6/20.

تصدر عن مجلس النشر العلمي بجامعة الكويت. جميع الحقوق محفوظة للمجلة.



للاستشهاد بهذه المقالة انظر ص. 305

مؤشرات ومعايير؛ فقد كان التغير سلبياً في جميع هذه المؤشرات. كما تبين عدم وجود تجانس مكاني في جودة الأراضي الحضرية على مستوى أحياء منطقة الدراسة. وتم تحديد أولويات مواقع تخطيط البنية التحتية الخضراء الحضرية بناءً على المؤشرات المحددة لقياس جودة الأراضي الحضرية، واتضح ارتفاع نسبة مساحة المناطق ذات الأولوية المرتفعة في البنية التحتية الخضراء الحضرية من إجمالي مساحة المنطقة. هذه المساحات بحاجة إلى اعتمادها بصفتها تخطيطية للبنية التحتية الخضراء لتعزيز جودة الأراضي الحضرية في المدينة المنورة.

***الكلمات المفتاحية***: المدينة المنورة، البنية التحتية الخضراء الحضرية، جودة الأراضي الحضرية، نموذج التخطيط المكاني للبنية التحتية الخضراء، تحليل القرار متعدد المعايير

# The importance of spatial planning for green infrastructure to enhance the function of urban land quality in Al Madinah Al Munawwarah

**Arwa A. AL Saedi**[(1)*]✉
**Muhammad S. Al-Muqri**[(2)*]

## Abstract

**Objectives:** The study aimed to detect changes in the quality of urban land in Al Madinah Al Munawwarah during the period 2000–2022, analyze their spatial variation at the neighborhoods level, and spatially plan the green infrastructure by prioritizing its site planning according to 5 levels based on the quality of urban land. **Method:** The historical method was utilized to track the temporal and spatial changes of the phenomenon. Additionally, the descriptive-inductive method was employed to reveal its characteristics, classify them, and identify variations. **Results:** The results showed that more than 39% of the neighborhoods in Al Madinah Al Munawwarah suffer from poor urban land quality, with degraded lands accounting for more than 27% of the total area. Additionally, it was found that the vegetative cover area has decreased by more than -44%, while vacant lands have shrunk by more than -39%. In contrast, the built-up area has significantly increased by more than 262% of the total study area. Furthermore, the rate of urban land consumption has risen by more than 4%, while the suburbs have noticeably shrunk, with the largest decrease in open spaces, reaching up to -89%. It was also found that more than 59% of Al Madinah Al Munawwarah area is considered of high and very high priority for urban green infrastructure planning based on urban land quality. **Conclusion:** The study highlighted the changes in the quality of urban land in Al Madinah Al Munawwarah over 22 years based on several indicators and criteria, showing negative changes in all these indicators. It also revealed a lack of spatial ho-

(1) PhD in Human Geography. Arwaabdulaziz31@gmail.com

(2) Associate Professor. mmogarry@yahoo.com

* Department of Geography, College of Humanities and Social Sciences, King Saud University, Saudi Arabia

- Submitted: 23/4/202, Revised: 13/5/2024, Accepted: 20/6/2024.



*Published by the Academic Publication Council of Kuwait University. All rights reserved.*

To cite p. 305

mogeneity in urban land quality across the neighborhoods of the study area. Priorities for urban green infrastructure planning sites were identified based on the indicators set to measure urban land quality, showing a high percentage of areas with high priority for urban green infrastructure within the total area. These areas need to be adopted as planning sites for urban green infrastructure to enhance urban land quality in Al Madinah Al Munawwarah.

***Keywords:*** Al Madinah Al Munawwarah, urban green infrastructure, urban land quality, green infrastructure spatial planning model, multi-criteria decision analysis

## المقدمة

وضعت البنية التحتية الخضراء نفسها كنهج مباشر في تخطيط المناظر الطبيعية المعاصرة؛ لأنها تعالج بشكل كلي تغير المناخ، والتنمية الاجتماعية، والتقييم الاقتصادي في وقت واحد (Mell, 2016, p.5). فقد ظهر مفهوم البنية التحتية الخضراء الحضرية Urban Green Infrastructure (UGI) كنتيجة للبصمة البيئية الكبيرة التي أحدثها التحضر والتوسع العمراني والنمو السكاني وذلك للتخفيف من آثار هذا التحضر والتكيف مع المُناخ. وهي تختلف عن التخطيط التقليدي للمساحات المفتوحة من حيث إنها تتناول قضايا مثل الشبكات البيئية والاستدامة؛ والتكيف مع تغير المناخ والتخفيف من آثاره؛ وكذلك تخطيط المناظر الطبيعية والمساحات المفتوحة؛ بطريقة إستراتيجية وتكاملية. فهي تركز أساساً على الحفاظ على الطبيعة وتطوير الإسكان وسياسة النمو الحضري والبنية التحتية الرمادية بمنظومة متكاملة (Hansen et al., 2017, p.13). ومن ثم تتعدد وظائفها ومكوناتها بناءً على الدور الذي ينبغي أن تقوم به؛ فقد أوضحت إستراتيجية البنية التحتية الخضراء الصادرة عن وكالة حماية البيئة الأمريكية Environmental Protection Agency (EPA) في مايو 2021؛ وكذلك الإستراتيجية الخاصة بالبنية التحتية الخضراء الصادرة عن وكالة البيئة الأوروبية European Environment Agency (EEA) بأن الحل لمواجهة التحديات الحضرية المتمثلة في التغير بالنظام البيئي الحضري يكمُن في اتباع منهج تكاملي؛ يتمثل هذا المنهج في إستراتيجية البنية التحتية الخضراء، والتي يتجاوز مفهومها ومكوناتها ووظائفها المساحات الخضراء التي تتمثل في جميع الممارسات والتي تُسهم في جودة الحياة في المناطق الحضرية، وتحقق أهداف التنمية المستدامة اقتصادياً واجتماعياً وبيئياً ويُطلق على هذه الممارسات وظائف البنية التحتية الخضراء.

ومن ثم هدفت هذه الدراسة إلى كشف التغير في جودة الأراضي الحضرية في المدينة المنورة خلال الفترة 2000–2022، وتحليل التباين المكاني لجودة الأراضي الحضرية على مستوى أحياء المدينة المنورة، ومن ثم وضع منهجية مناسبة لاحتياجات المخططين إلى تحديد المواقع ذات الأولوية بالبنية التحتية الخضراء الحضرية بحسب

جودة الأراضي الحضرية وترتيب درجات هذه الأولوية على مستوى منطقة الدراسة. وذلك بناءً على ترجيح رأي أصحاب اتخاذ القرار وفق نموذج التخطيط المكاني للبنية التحتية الخضراء Green Infrastructure Spatial Planning (GISP) والذي يوفر أداة مرنة لتسهيل العملية من خلال تفعيل نهج البنية التحتية الخضراء الذي يسعى إلى توجيه التخطيط المكاني نحو الإدارة المتكاملة لاستخدام الأراضي؛ إذ يتم تحقيق إمكانات خدمات النظام البيئي المتعددة الوظائف من خلال تعزيز التكامل بين النظام الايكولوجي والنظم الاجتماعية (Lennon & Scott, 2014, p.574) ؛ وذلك باستخدام تحليل القرار المتعدد المعايير Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA). فنموذج GISP يعتمد على تحليل القرار المتعدد المعايير اعتماداً على نظم المعلومات الجغرافية بوساطة أربعة معايير تحقق جودة الأراضي الحضرية، وهي: مؤشر نسبة الأراضي المتدهورة على المساحة الإجمالية للأراضي؛ وجودة الغطاء الأرضي؛ والأسطح غير المنفذة؛ واستهلاك الأراضي. ومن ثم تحديد أولويات مواقع البنية الخضراء كنتيجة لدمج هذه الوظائف.

## مشكلة الدراسة

عدم تركيز أصحاب اتخاذ القرار على الوظائف البيئية بصفتها معياراً تخطيطياً للبنية التحتية الخضراء الحضرية في المدينة المنورة؛ ما يشكل قضية مهمة وتحمل تحديات جوهرية. يركز التخطيط عادة على الجوانب التجميلية للمساحات الخضراء من دون مراعاة وظائفها البيئية الحاسمة؛ مما يمكن أن يؤدي إلى فقدان الفرص لتعزيز التنوع البيولوجي وتخفيف آثار تغير المناخ وتحسين الصحة البيئية. وغالباً ما تتجاهل العمليات التخطيطية أصحاب المصلحة المتنوعين؛ مما يؤدي إلى تجاهل الاحتياجات البيئية المحددة للمجتمع وتعطيل فعالية التخطيط. ويجب سد الفجوة بين الدراسات العربية والدراسات العالمية من خلال إجراء دراسات هادفة تأخذ في الاعتبار خصوصيات السياق المحلي؛ مما يسهم في تطوير إستراتيجيات البنية التحتية الخضراء الفعالة في المدن السعودية، بما في ذلك المدينة المنورة، وهذا ما سعت إليه الدراسة من خلال تحليل النماذج المكانية العالمية ومحاولة تطبيقها على المدن السعودية.

## أهداف الدراسة

1 - كشف التغير في جودة الأراضي الحضرية في المدينة المنورة خلال الفترة 2000-2022.

2 - تحليل التباين المكاني لجودة الأراضي الحضرية على مستوى الأحياء في المدينة المنورة.

3 - التخطيط المكاني للبنية التحتية الخضراء الحضرية (UGI) بحسب جودة الأراضي الحضرية في المدينة المنورة.

4 - تحديد أولويات تخطيط مواقع البنية التحتية الخضراء الحضرية بحسب جودة الأراضي الحضرية.

## أهمية الدراسة

استخدام جودة الأراضي الحضرية لتخطيط البنية التحتية الخضراء في المدن، وهذا يعني استخدام مؤشرات مثل جودة الغطاء الأرضي وتدهور الأراضي واستهلاك الأراضي الحضرية والأسطح غير المنفذة. وهذا يعزز التخطيط الفعال ويسهل تنفيذ مبادرات البنية التحتية الخضراء؛ مما يؤدي إلى الاستدامة البيئية وتقييمها وتحديد المناطق المعرضة للتدهور والتي يمكن أن تسهم في مشكلات مثل الجزر الحرارية الحضرية والفيضانات وفقدان التنوع البيولوجي. ويسهم أيضاً في إدارة الموارد بشكل أكثر كفاءة، كما يسهم في تصميم مشاريع البنية التحتية الخضراء التي تتكيف مع التغيرات المناخية وتحسين جودة الحياة للسكان في المدن.

## الدراسات السابقة

هناك فجوة علمية بين الدراسات العربية والعالمية في تخطيط المساحات الخضراء وفقاً لمفهوم البنية التحتية الخضراء الحضرية. ففي حين أن الدراسات العالمية تركز على دور وظائف البنية التحتية الخضراء بصفتها عاملاً حاسماً في تخطيط المساحات الخضراء، تظل الدراسات العربية محصورة في التركيز على سهولة الوصول وعلى نصيب الفرد من المساحات الخضراء. ويشير هذا إلى ضرورة تعميق

مناقشة وتخطيط UGI لتحقيق حلول فعالة في مواجهة التحديات البيئية والتغيرات المستقبلية. وتتضح هذه الفجوة بالاستعراض الآتي:

***الدراسات العربية***

دراسة الشيخ (2010) التي هدفت إلى تعرّف النمط الجغرافي لتوزيع الحدائق العامة النموذجية في جدة باستخدام التحليل الكارتوجرافي في نظم المعلومات الجغرافية؛ وتوصلت إلى أن نمط توزيع الحدائق نمط عشوائي يميل إلى التكتل في بعض البلديات. كذلك دراسة صبابحة (2013) التي هدفت إلى تعرّف نمط التوزيع الجغرافي للحدائق في مدينة حائل وعلاقة ذلك بالتوزيع الجغرافي للكثافات السكانية في أحياء المنطقة؛ وتوصلت الدراسة إلى أنه على الرغم من تمتع الحدائق بمستوى خدمات جيد، إلا أنه يغلب عليها ظاهرة التركز على مستوى المدينة. هذا إلى جانب دراسة البلاع (2020) التي ناقشت تحليل سهولة الوصول إلى الحدائق والمساحات الخضراء في المدينة المنورة، وتوصلت إلى أنه لا تتوافر سهولة الوصول إلى جميع الأحياء، ومن ثم لا تتوافر فرص متساوية لجميع السكان في الوصول والاستمتاع بالمساحات الخضراء.

***الدراسات العالمية***

هناك دراسة عن نمذجة ورسم خرائط خدمات النظام البيئي للتخطيط والإدارة المستدامة في المدن وما حولها وذلك في أطروحة الدكتوراه لـــ "بارو" (Baró, 2016) التي طُبقت ببرشلونة في أسبانيا؛ وتوصلت الدراسة إلى أن إسهام خدمات النظام البيئي التي توفرها البنية التحتية الخضراء الحضرية للتعامل مع المشكلات الحضرية غالباً ما تكون محدودة. كذلك دراسة "ميرو ونيويل" (Meerow & Newell, 2017) عن التخطيط المكاني للبنية التحتية الخضراء المتعددة الوظائف والتي تحقق النمو والمرونة في ديترويت بالولايات المتحدة. وتوصلت الدراسة إلى أن البنية التحتية الخضراء الحضرية الحالية لا يتم وضعها في المناطق ذات الأولوية العالية التي يطمح النموذج إلى تحقيق الفوائد بوساطتها. كذلك دراسة "ميرو" (Meerow, 2019) التي قدمت نموذج تخطيط مكاني للبنية التحتية الخضراء لتقييم التبادل والتكامل في خدمات النظام البيئي عبر ثلاث مدن ساحلية كبرى هي: نيويورك ولوس أنجلوس في الولايات المتحدة؛ ومانيلا في الفلبين؛ ووضح النموذج أن هناك

تعقيدات تواجه التخطيط الحضري للبنية التحتية الخضراء في سياقات حضرية مختلفة. كما اقترحت دراسة "جودسبيد وآخرين" (Goodspeed et al., 2022) نموذج تخطيط مكاني إقليمي للبنية التحتية الخضراء المتعددة الوظائف؛ واقترحت تحليلاً مكانياً متعدد المعايير للبنية التحتية الخضراء لجنوب شرق متشيغان بالولايات المتحدة. وتوصلت الدراسة إلى أن نهج التخطيط المكاني يحقق توازناً مناسباً بين الدقة الفنية والشفافية المطلوبة لممارسة التخطيط التعاوني. هذا إلى جانب دراسة "موسيسا وآخرين" (Mosissa et al., 2023) والتي هدفت إلى تقييم مبادئ UGI وتحديد أولوياتها في مدينة أديس أبابا في إثيوبيا، بالاعتماد على تقنيات تحليل القرار المتعدد المعايير وعملية التحليل الهرمي AHP. وتوصلت النتائج إلى أن تعدد الوظائف صار مبدأ التخطيط الأكثر أهمية لتطوير البنية التحتية الخضراء.

وتشترك هذه الدراسة مع الدراسات العالمية في أهدافها وأساليبها التحليلية؛ إذ ركزت على بعض خدمات النظام البيئي؛ ونمذجة خرائط هذه الخدمات ورسمها؛ والأخذ برأي أصحاب اتخاذ القرار في ترجيح المعايير ووزنها؛ وتحديد المجالات ذات الأولوية بالاعتماد على نموذج التخطيط المكاني للبنية التحتية الخضراء GISP؛ ولكنها تتفاوت عن سائر الدراسات بالمعايير والمؤشرات التي تم الاعتماد عليها كوظائف لـ UGI تعزز جودة الأراضي الحضرية.

## حدود الدراسة

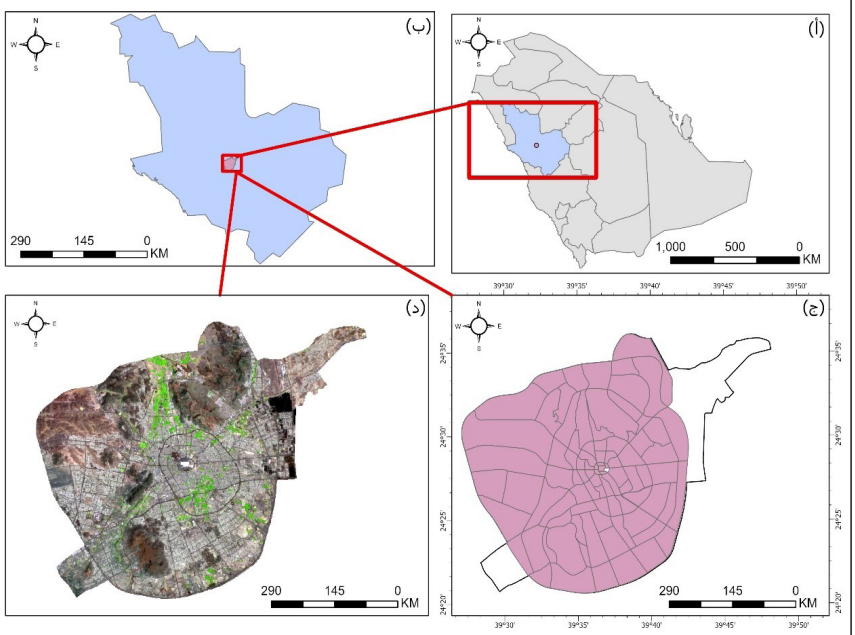
تتمثل حدود الدراسة المكانية في المدينة المنورة التي تقع بين دائرتي عرض (20′ 24° و40′ 24°) شمالاً وخطي طول (25′ 39° و50′ 39° ) شرقاً، في منطقة تتوسط الإقليم الغربي من المملكة العربية السعودية، ويبلغ ارتفاعها عن سطح البحر 620م (أمانة المدينة المنورة، 2017، ص.1). وشكل 1 يوضح موقع المدينة المنورة بالنسبة إلى المملكة العربية السعودية. وبإجمالي مساحة معمورة تبلغ 44.530 كم$^2$ (أمانة المدينة المنورة، 2022) من إجمالي مساحة المدينة المنورة التي تبلغ 606كم$^2$. كما يبلغ عدد أحياء المدينة المنورة 88 حياً ويبينها ملحق 1.

لقد أخذ النمو العمراني للمدينة المنورة الشكل الحلقي حول المركز الذي يتوسطه المسجد النبوي الشريف (أمانة المدينة المنورة، 2017، ص.2). فمن خلال شكل 2

يتضح التوسع العمراني الكبير في المدينة خلال فترة الدراسة (2000-2022). فبعد أن كان العمران يتركز في المنطقة المحيطة بالمسجد النبوي الشريف عام 2000؛ امتد في عام 2005 باتجاه الغرب والجنوب الغربي. واستمر التوسع العمراني عام 2010 باتجاه الشرق والشمال الغربي؛ حتى وصل في عام 2015 إلى جميع أطراف منطقة الدراسة؛ واستمر هذا النمو حتى وصل العمران الحضري إلى أقصى الأطراف عام 2022.

**شكل 1**

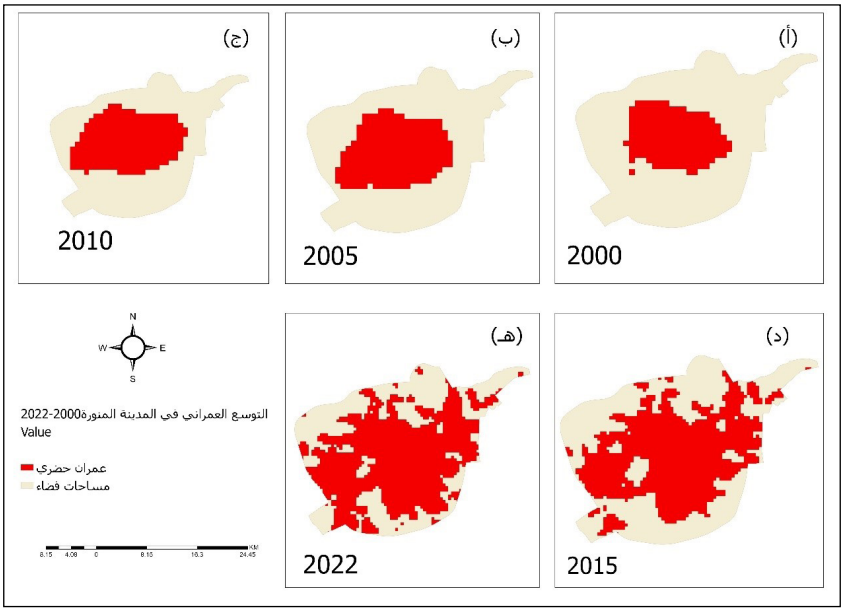
*موقع المدينة المنورة*




( أ ) المناطق الإدارية للسعودية
(ب) منطقة المدينة المنورة
(ج) المدينة المنورة
(د) أحياء المدينة المنورة

**شكل 2**

*التوسع العمراني في المدينة المنورة (2000-2022)*




كما يتجذر التنظيم المكاني للمدينة المنورة من تاريخها كإحدى المدن المقدسة في الإسلام، وتعتبر الأماكن المركزية في المدينة مخصصة للحجاج؛ إذ تنتشر الفنادق والمناطق التجارية. وبالاستناد إلى نظام استخدام الأراضي الحالي فإن المدينة تُظهر عدة مناطق أحادية الاستخدام ومفصولة عن بعضها. كما تعد سائر مناطق المدينة في الغالب أحادية الاستخدام تتكون من مشروعات سكنية وتُشكل نسيجاً حضرياً مختلفاً تماماً عن النمط الشعبي التقليدي. إلى جانب أن المحور الزراعي الأخضر يواجه علامات تدهور ويحتاج إلى إعادة إحياء؛ لأن المدينة تعاني نقصاً في وجود الأماكن الترفيهية كالمنتزهات والحدائق العامة. وقد تم تحديد هدف زيادة نسبة هذه المناطق كإحدى الأولويات للرؤية المستقبلية للمدينة، وذلك وفق وكالة تخطيط المدن بوزارة الشؤون البلدية والقروية في المملكة العربية السعودية (وزارة الشؤون البلدية والقروية، 2019، ص.70).

## المنهج

اعتمدت الدراسة على المناهج العلمية التي تحقق أهدافها؛ فقد تمثلت هذه المناهج في المنهج التاريخي؛ من خلال تتبع التغير الزماني والمكاني في جودة الأراضي الحضرية بمنطقة الدراسة، وكذلك المنهج الوصفي وذلك بكشف خصائص الظاهرة قيد الدراسة وتصنيفها وتبايناتها. هذا إلى جانب المنهج الاستدلالي من خلال ملاحظة ورصد الواقع لجودة الأراضي الحضرية وتمحيصها بهدف توضيح الصورة النمطية لها وتوزيعها وتقديم وصف علمي للمعطيات والمتغيرات والحقائق الجغرافية المرتبطة بها.

### مصادر البيانات

إن البيانات الضخمة (Big Data) في الاستشعار عن بعد التي توفرها منصة بيانات جوجل إيرث (Earth Engine Data Catalog) كانت هي المصدر الأساسي لبيانات هذه الدراسة كما يبينه جدول 1؛ إلى جانب المقابلات الشخصية مع المسؤولين في هيئة تطوير المدينة المنورة؛ فقد تم عمل نموذج للمقابلة الشخصية كما يبين ملحق 2 ، ويتضمن هذا النموذج تقييماً لدرجة أهمية المعايير التي اعتمدت عليها الدراسة. وكانت الفئةُ المستهدفة الفريقَ المتخصص في هندسة وإنشاء البنية التحتية الخضراء في المدينة المنورة وعددهم 17 خبيراً على اختلاف تخصصاتهم. هذا إلى جانب الإحصاءات الصادرة عن الهيئات الحكومية الرسمية كنتائج التعداد العام للسكان والمساكن والبيانات الخاصة بأحياء المدينة المنورة. بالإضافة إلى الدوريات والمجلات المتخصصة والكتب العلمية.

### أساليب التحليل والمعالجة

تنوعت أساليب التحليل والمعالجة من أجل تحقيق أهداف الدراسة وذلك اعتماداً على بعض برامج نظم المعلومات الجغرافية GIS المتنوعة كالبرنامج QGIS المفتوح المصدر بالإصدارات (3.18.0–3.28.0)، وكذلك البرنامج ArcGIS Pro الإصدار (3.0.1). بالإضافة إلى البرنامج ArcMap الإصدار (10.8). في حين كان الاعتماد بشكل أساسي في معظم العمليات التحليلية للبيانات على التقنيات الحديثة المستخدمة في تشخيص مؤشرات النظام البيئي وتقييمها من خلال الحوسبة السحابية لخوارزميات Google Earth Engine (GEE) وذلك اعتماداً على البرمجة بلغة الجافا سكربت (JavaScript)، على النحو الآتي:

### *مؤشر تدهور الأراضي الحضرية*

يستخدم مؤشر تدهور الأراضي الحضرية كجزء من هدف التنمية المستدامة 15.3.1 لقياس نسبة الأراضي المتدهورة إلى إجمالي مساحة الأرض. ويُحسب هذا المؤشر باستخدام ثلاثة مؤشرات فرعية: الاتجاهات في الغطاء الأرضي، والاتجاهات في إنتاجية الأراضي، واتجاهات مخزونات الكربون العضوي في التربة. تُدْمج هذه المؤشرات الفرعية باستخدام طريقة one-out-all-out لتحديد مدى تدهور الأراضي. ويتم الإبلاغ عن المؤشر كقياس كمي ثنائي لمدى الأراضي المتدهورة؛ إذ يُقدّم كنسبة من الأراضي المتدهورة إلى إجمالي مساحة الأرض (Sims et al., 2021, p.3). وحُسب كل مؤشر فرعي من هذه المؤشرات بوساطة البرنامج الإضافي Trends. Earth Plugin من خلال برنامج QGIS 3.18.0 والذي يتيح للمستخدم حساب جميع هذه المؤشرات الفرعية بطريقة مكانية واضحة لإنشاء خرائط نقطية يتم دمجها بعد ذلك في خريطة مؤشرات الهدف 15.3.1 النهائية، ويُنتج جداول للإبلاغ عن المناطق التي يحتمل أن يتم تحسينها أو تدهورها في مجال التحليل (Trends. Earth, 2022).

**جدول 1**

*مصادر البيانات*

| البيانات | المُستشعر/ الباند | درجة الدقة/ م |
|---|---|---|
| USGS Landsat 7 Collection 2 Tier 1 and Real-Time data Raw Scenes. | QA_PIXEL | 30 |
| | B1 | |
| | B2 | |
| | B3 | |
| | B4 | |
| | B5 | |
| | B6_VCID_1 | |
| | B7 | |

**تابع/ جدول 1**

*مصادر البيانات*

| البيانات | المُستشعر/ الباند | درجة الدقة/ م |
|---|---|---|
| USGS Landsat 8 Collection 2 Tier 1 and Real-Time data Raw Scenes. | pixel_qa | 30 |
| | B2 | |
| | B3 | |
| | B4 | |
| | B5 | |
| | B6 | |
| | B7 | |
| | B10 | |
| USGS Landsat 9 Collection 2 Collection 2 Tier 1 and Real-Time data Raw Scenes. | QA_PIXEL | 30 |
| | B2 | |
| | B3 | |
| | B4 | |
| | B5 | |
| | B6 | |
| | B7 | |
| | B10 | |
| MOD13Q1.006 Terra Vegetation Indices 16-Day Global 250m. | NDVI | 250 |
| MCD12Q1.006 MODIS Land Cover Type Yearly Global 500m. | LC_Type1 | 500 |
| NOAA/DMSPOLS/CALIBRATED_ LIGHTS_V4. | Avg.vis | 67.927 |
| NOAA/VIIRS/DNB/MONTHLY_V1/ VCMCFG. | Avg_rad | 83.463 |

***التصنيف الموجه***

إن الغطاء الأرضي وجودته كانا من ضمن المؤشرات التي اعتُمد عليها لقياس جودة الأراضي الحضرية؛ وهو الغطاء البيوفيزيائي المرصود على سطح الأرض (FAO, 2022). يتوافق الغطاء الأرضي مع الوصف المادي (الحيوي) لسطح الأرض، وهو ما يتراكب أو يغطي الأرض حالياً. ويتيح هذا الوصف التمييز بين مختلف الفئات الفيزيائية الحيوية بشكل أساسي: مناطق الغطاء النباتي (الأشجار والشجيرات والحقول والمروج) والتربة العارية والأسطح الصلبة (الصخور والمباني) والمناطق الرطبة والمسطحات المائية (المجاري المائية والأراضي الرطبة) (European Environment Agency, 2022). وتتمثل أهمية دراسة الغطاء الأرضي في أنه يوفر المكونات السطحية للأرض الموجودة والمرئية فعلياً ويُوفر وسيلة لدراسة أنماط المناظر الطبيعية وخصائصها، والتي تعتبر مهمة في فهم حجم الأراضي وتوافرها وحالتها؛ ومدى النظام البيئي وبنيته وحالته؛ واحتمالية تشتت وتأثيرات المواد الكيميائية والملوثات الأخرى في البيئة وعليها. كما يُمثل الغطاء الأرضي نقطة انطلاق يمكن من خلالها تنفيذ مجموعة متنوعة من أنشطة المراقبة. إذ تستخدم وكالات حماية البيئة معلومات الغطاء الأرضي للعديد من الأغراض الرئيسية مثل تقييم مصادر التلوث غير المحددة؛ وفهم متغيرات المناظر الطبيعية للتحليلات البيئية؛ وتقييم سلوك المواد الكيميائية؛ وتحليل آثار تلوث الهواء (US Environmental Protection Agency, 2023).

وفي هذه الدراسة تم الاعتماد على التصنيف الخاضع للإشراف (التصنيف المُوجه) Supervised Classification من أجل تصنيف الغطاء الأرضي في منطقة الدراسة بالاعتماد على بيانات الأقمار Landsat 7 للأعوام (2000-2005-2010) وLandsat 8 للعام (2015) وLandsat 9 للعام (2022)؛ فقد جاءت الخطوات بعد المعالجة المُسبقة للبيانات كالآتي:

- جمع نقاط التدريب.
- دمج نقاط التدريب.
- إنشاء مجموعة بيانات تدريبية حسب مناطق أخذ العينات.
- إنشاء المُصنف وتصنيف الصورة.

- إنشاء الصورة المُصنفة.
- كشف التغير 2000-2022.
- عرض النتائج.
- حساب دقة مجموعة البيانات.
- تصدير النتائج إلى Drive.
- حساب المساحة المُحددة لكل فئة وذلك بوساطة برنامج ArcGIS Pro 3.1.0.

### *مؤشر المناطق المبنية والجرداء المُحسن*

من ضمن المؤشرات التي اعتمد عليها لقياس جودة الأراضي الحضرية هي الأسطح المنيعة غير المُنفذة؛ فالتقدير الدقيق للأسطح غير المُنفذة له أهمية كبيرة تجاه فهم التأثيرات البشرية على البيئة. فالهياكل الصناعية مغطاة بمادة غير قابلة للاختراق؛ تتمثل بشكل أساسي ببناء أسطح وأرصفة وطرق ومواقف سيارات. فسطح الأرض الذي لا يمكن للماء أن يتسلل إليه يتكون من مواد مثل الأسفلت والخرسانة. ومن ثم لا تستفيد الأرض من الماء ولا يتم التبريد مما يُسهم في زيادة تأثير الجزر الحرارية. وهذا المؤشر يقيس درجة العمران الحضري وجودة البيئة وكذلك يُسهم في فهم التحضر في النظام البيئي الحضري (Ma & Peng, 2021, p.3)، وحُسبت الأسطح غير المُنفذة أو المنطقة المبنية بوساطة مؤشر المناطق المبنية والجرداء المُحسن (EBBI) Enhanced Built-Up and Bareness Index، وهو مؤشر يُستخدم لرسم خرائط لمناطق الأراضي المبنية والجرداء بالاعتماد على القمر (Landsat 7) للأعوام (2000، 2005، 2010)؛ والقمر (Landsat 8) للعام (2015). والقمر (Landsat 9) للعام (2022)، وذلك من خلال المعادلة رقم (1) (As-syakur et al., 2012, p. 2960).

$$EBBI = \frac{SWIR1 - NIR}{10\sqrt{SWIR + TIR}} \qquad (1)$$

إذ إن:

SWIR1 = B5 في لاندسات 7 و B6 في لاندسات 8 و 9.

NIR = B4 في لاندسات 7 و B5 في لاندسات 8 و9.

TIR = B6 في لاندسات 7 و B10 في لاندسات 8 و9.

### مؤشر استهلاك الأراضي

إن مؤشر استهلاك الأراضي الحضرية من ضمن المؤشرات التي اعتُمد عليها لقياس جودة الأراضي الحضرية؛ فقد هدفت الغاية 11.3 من أهداف التنمية المستدامة إلى تعزيز التحضر الشامل والمستدام والقدرة على التخطيط والإدارة التشاركية والمتكاملة والمستدامة للمستوطنات البشرية في جميع البلدان بحلول عام 2030. ولرصد التقدم نحو تحقيق هذا الهدف حددت الأمم المتحدة المؤشر 11.3.1 والذي يقيس مدى كفاءة المدن في استخدام الأراضي؛ إذ يتم قياسه كنسبة من المعدل الذي تستهلك به المدن الأرض مكانياً مقابل معدل نمو سكانها. فالمؤشر 11.3.1 يقيس نسبة معدل استهلاك الأراضي إلى معدل النمو السكاني (UN, 2018, p.2)؛ ولحساب هذا المؤشر ينبغي توافر معلومات عن النطاق الحضري والسكان خلال فترتين على الأقل من الوقت؛ وحتى أكثر من ذلك إذا كان الاهتمام بتقييم التغير في المؤشر مع مرور الزمن. وصيغة تقدير نسبة معدل استهلاك الأراضي إلى معدل النمو السكاني Land Consumption Rate to Population Growth Rate (LCRPGR) يتم حسابها بقسمة معدل استهلاك الأراضي السنوي على معدل النمو السكاني السنوي، وينبغي أن تكون فترات التوسع الحضري ومعدلات النمو السكاني على نطاق مماثل. وذلك كما في المعادلة رقم (2) (UN, 2018, p.3):

$$(Urb_{(t+n)} / Urb_t) / (y) / (LN (Pop_{(t+n)} / Pop_t) / (y) \qquad (2)$$

إذ إن:

$Urb_{(t+n)}$ = المساحة التي تشغلها المناطق الحضرية في السنة النهائية (t+n).

$Urb_t$ = المساحة التي تشغلها المناطق الحضرية في السنة الأولى (t).

$Pop_{(t+n)}$ = إجمالي عدد السكان داخل النطاق الحضري في العام الحالي/الأخير.

$Pop_t$ = إجمالي عدد السكان داخل النطاق الحضري في العام السابق/الأولي.

Y = عدد السنوات بين فترتي القياس.

إذ يتم تقدير معدل استهلاك الأراضي ومعدل النمو السكاني السنويين على النحو الآتي:

**تقدير معدل استهلاك الأراضي (LCR) Land Consumption Rate.** يمنح معدل استهلاك الأراضي مقياساً للاكتظاظ؛ مما يشير إلى التوسع المكاني التدريجي للمدينة؛ إذ يُقاس هذا المُعدل من خلال المعادلة رقم (3) (UN, 2018, p.3):

$$LCR = (LN\ (Urb_{(t+n)} / Urb_t)\ (y) \qquad (3)$$

إذ إن:

$Urb_{(t+n)}$ = إجمالي مساحة النطاق الحضري بالكيلومتر المربع للسنة السابقة/الأولية.

$Urb_t$ = إجمالي مساحة النطاق الحضري بالكيلومتر المربع للعام الحالي/الأخير.

Y = عدد السنوات بين فترتي القياس.

**تقدير معدل النمو السكاني (PGR) Population Growth Rate .** يتم تقدير معدل النمو السكاني من خلال المعادلة رقم (4) (UN, 2018, p.3):

$$PGR = (Pop_{(t+n)} / Pop_t)\ (y) \qquad (4)$$

إذ إن:

$Pop_{(t+n)}$ = إجمالي عدد السكان داخل النطاق الحضري في العام الحالي/الأخير.

$Pop_t$ = إجمالي عدد السكان داخل النطاق الحضري في العام السابق/الأولي.

Y = عدد السنوات بين فترتي القياس.

وتتمثل الصعوبة في تقييم التغيرات في هذا الهدف في أنه يتطلب مع مرور الوقت قدراً كبيراً من المعلومات، أهمها معرفة النطاق الحضري وعدد السكان لعدة سنوات. ولكن بيانات مراقبة الأرض تُتيح إمكانية تقدير نطاق المساحة المبنية داخل المدينة لتحديد مدى توافر العناصر المختلفة داخل البيئة الحضرية مثل المباني والمساحات

المفتوحة والمسطحات المائية وغيرها. ومن ثم اعتُمد على البرنامج الإضافي (.Trends Earth Plugin) ببرنامج (QGIS 3.28.0)؛ والذي يستخدم خوارزميات التحليل المكاني بالاعتماد على GEE وأرشيف بيانات (Landsat) الكامل بين عامي 1997-2019 إضافة إلى مجموعة من البيانات المختلفة؛ ويحسب هذا البرنامج سلسلة من المؤشرات العالمية والمتاحة على مستوى العالم بدقة 30م للإبلاغ عن النطاق الحضري للأعوام 2000-2005-2010-2015؛ جنباً إلى جنب مع مدخلات المستخدمين وبيانات السكان. ويحسب هذا البرنامج كذلك المؤشر 11.3.1 ويُصدر النتائج على هيئة خرائط وجداول لسهولة التفسير وإتاحة إعداد التقارير(Trends.Earth, 2023).

## نموذج التخطيط المكاني للبنية التحتية الخضراء

يعتمد نموذج التخطيط المكاني للبنية التحتية الخضراء GISP على نظم المعلومات الجغرافية GIS؛ ويستخدم إطار تقييم مكاني متعدد المعايير يتضمن أولويات أصحاب المصلحة بحيث تكون النتائج بمثابة أدوات تعاونية لدعم القرار (Jankowski & Nyerges, 2001, p.30). فتحليل القرار المتعدد المعايير (MCDA) هو منهج منظم يستخدم في عمليات صنع القرار لتقييم البدائل ومقارنتها بناءً على معايير أو أهداف متعددة. وفي سياق نماذج التخطيط المكاني للبنية التحتية الخضراء يساعد النموذج MCDA في تقييم واختيار المواقع أو التصاميم الأكثر ملاءمة لمشاريع البنية التحتية الخضراء، مع مراعاة المعايير البيئية والاجتماعية والاقتصادية المختلفة (Huang et al., 2011, p.3596). كما يساعد تحليل القرار المتعدد المعايير صناع القرار في تحليل الإجراءات أو البدائل المحتملة بناءً على معايير متعددة غير قابلة للقياس، وذلك باستخدام قواعد القرار لتجميع تلك المعايير لتقييم البدائل أو تصنيفها (Eastman, 2009, p.249).

ويعتبر تحليل القرار المتعدد المعايير (MCDA) طريقة راسخة لاتخاذ القرار ضمن بحوث العمليات لاتخاذ القرارات من خلال التقييم الواضح لمعايير متعددة. واستخدمت طرق MCDA لحل المشكلات المكانية عن طريق اقترانها بنظم المعلومات الجغرافية GIS، وذلك من خلال عدة خطوات اختيرت من خلالها مجموعة من المعايير والتي قد تكون نوعية أو كمية؛ ثم طبقت الأوزان على كل معيار لتحديد أهميته النسبية.

وأخيراً يُسجّل كل خيار يتم النظر فيه مقابل المعايير والأوزان المُطبقة لتؤدي إلى توصية نهائية. والتي يمكن أن تأخذ شكل قائمة من الخيارات التي تلبي الحدود الدنيا للمعايير، أو تستخدم الدرجات لتصنيف جميع الخيارات. يطبق MCDA المكاني هذا المنطق داخل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لرسم خريطة لكل معيار، وتطبيق الأوزان، وتطبيق جبر الخريطة لإنتاج خريطة توضح الأولويات المكانية وفقاً لتلك المعايير(Malczewski, 2006, p.707). وباستخدام تحليل القرار المتعدد المعايير باستعمال طريقة التحليل الهرمي Analytic Hierarchy Process (AHP) طُبّق النمـوذج MCDA، وتمثلت خطوات تطبيق النموذج على جميع المعايير وفقاً للآتي:

### *مرحلة تحديد المعايير*

وهي المؤشرات الأربعة التي تم الاعتماد عليها لقياس جودة الأراضي الحضرية.

### *مرحلة إعادة تصنيف المعايير*

وهي الطبقات الخلوية (Raster Layers) التي تُمثل المؤشرات والتي استخرجت وأعيد تصنيفها بالاعتماد على الأداة التحليلية (Rescale By Function) ببرنامج (ArcGis Pro 3.1.0). وذلك من أجل إعادة ترتيب قيم البكسل الخلوية ترتيباً يتسق مع الهدف المنشود؛ إذ تُعطى المناطق الأقل جودة قيماً مرتفعة؛ وبالعكس أعطيت المناطق الأعلى جودة قيماً منخفضة حتى يتسنى أن تظهر المناطق ذات الجودة المنخفضة كمناطق ذات أولوية مرتفعة بالبنية التحتية الخضراء عند تطبيق النموذج (MCDA).

### *مرحلة جمع البيانات وزنها*

وقد تمت هذه المرحلة وفقاً للآتي:

**عملية التحليل الهرمي.** هي أحد أساليب تقييم القرار المتعدد المعايير؛ ففي منهجية التحليل الهرمي تُحدّد أهمية كل معيار بطريقة AHP الذي يتضمن العلاقة بين مجموعة من المعايير مع مجموعة من البدائل على شكل هرمي. إذ إن كل معيار (طبقة خلوية) له مجموعة بدائل قابلة للمقارنة الزوجية بينه وبين المعيار الآخر، وتُقاس هذه البدائل بمقياس خاص يراوح بين 1 و9، إذ تأخذ الأهمية القليلة درجة (1)؛ والأهمية

المتوسطة درجة (3)؛ والأهمية الكبيرة درجة (5)؛ والأهمية الكبيرة جداً درجة (7)؛ والأهمية المطلقة درجة (9) (Saaty, 1987, p.163).

**تقييم الأهمية النسبية لكل معيار.** حُددت الأهمية لكل معيار بتحديد البدائل وبناءً على نسبة مساهمة كل متغير في تفسير التباين المكاني للمؤشر العام الذي يُمثله وفقاً للنموذج MGWR. وللمعايير الأربعة التي اعتمدت عليها الدراسة بناءً على الترتيب المُعتمد في منهجية عملية التحليل الهرمي AHP وهي: أهمية قليلة؛ وأهمية متوسطة؛ وأهمية كبيرة؛ وأهمية كبيرة جداً؛ وأهمية مُطلقة؛ وقُدّم نموذج للمسؤولين وطُلب منهم ترتيب الأولوية للمؤشرات وللمعايير الأربعة. وبعد الحصول على الاستجابات منهم، وهي 17 استجابة وتفريغها استخرج المتوسط الموزون لاستجابات الخبراء لكل معيار من خلال قسمة مجموع عدد الاستجابات لكل بديل ضرب قيمة البديل مقسوماً على عدد الخبراء.

بعد ذلك عُدل المتوسط الموزون لاستجابات الخبراء بدلالة قيمة الأهمية النسبية لكل معيار؛ أي تحويل قيم المتوسط الموزون للاستجابات التي استخرجت من عدد عشري (Float)؛ إلى عدد صحيح (Integer) حتى يتم التصحيح إلى المقياس AHP.

**حساب وزن كل معيار (بناء مصفوفة المقارنة الزوجية).** تستخدم مصفوفة المقارنة الزوجية لاستقراء الأوزان التي يمكن استخدامها في ترتيب الأولويات؛ إذ تضمن التوافق ومنطقية تحديد أهمية المعايير. فهناك نسبة تناسق قيمتها 10% كمحك للحكم على مستوى ثبات الأحكام. فإذا كانت قيمة التناسق أقل دل ذلك على اقتراب الأحكام في المصفوفة من الثبات وعدم التناقض؛ أما عندما تكون القيمة أعلى من 10% فترفض الأحكام وينبغي إعادة التقييم (Saaty, 1987, p.165).

***مرحلة إعداد النموذج***

وهي عملية تراكب الطبقات الخلوية المُصنفة لكل معيار مضروب في الوزن المرجح له باستخدام الأداة (Raster Calculator) ببرنامج (ArcGIS Pro 3.0.1) وذلك وفقاً لما يلي:

(5) (المعيار1*الوزن1) + (المعيار2*الوزن2) + (المعيار3*الوزن3) + (المعيار4*الوزن4)

# النتائج

## التغير في جودة الأراضي الحضرية

وذلك كما يأتي:

### *التغير في تدهور الأراضي الحضرية*

لتحديد تدهور الأراضي الحضرية اعتُمد على مؤشر نسبة الأراضي المتدهورة على المساحة الإجمالية للأراضي. وهذا المؤشر الهدف رقم 15.3.1 من أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة؛ كما ذُكر سابقاً، وهو يهتم بنسبة الأراضي المتدهورة على مساحة الأرض الإجمالية. وهو يركز على قياس ثلاثة مؤشرات فرعية؛ هي: تقييم وتقدير الغطاء الأرضي والتغيرات في اتجاهات الغطاء الأرضي؛ وتحليل حالة إنتاجية الأراضي واتجاهاتها بناءً على صافي الإنتاج الأولي؛ وكذلك الاتجاهات في مخزونات الكربون فوق الأرض وتحتها؛ والتي تتمثل حالياً في مخزون الكربون العضوي في التربة (Stock of (organic carbon [SOC]؛ واستخرج بالاعتماد على أداة (Trend Earth) في (QGIS3.18.3) بالاعتماد على مرئيات Modis بالتكامل مع GEE.

وبتحليل المؤشر الفرعي... نسبة تدهور الغطاء الأرضي خلال فترة الدراسة؛ وكما يتبين من جدول 2 وشكل 3 يتضح أن مساحة الأراضي التي حدث لها تقدم كانت 2.31 كم$^2$؛ وذلك بنسبة 0.38% من المساحة الإجمالية للأراضي. في حين بلغت نسبة الأراضي التي تدهورت 18.15% من المساحة الإجمالية بواقع 109.97 كم$^2$. وفي المقابل تمثل الأراضي المستقرة نسبة 81.47% من الإجمالي وبمساحة 493.72 كم$^2$. كما يُلاحظ أن التدهور حدث في معظم أنحاء المدينة المنورة باستثناء المناطق العمرانية التي أُنشئت قبل عام 2000 والتي تتركز في وسط المدينة؛ إلى جانب المناطق الجبلية.

**جدول 2**

*نسبة التدهور في الغطاء الأرضي خلال الفترة 2000-2022*

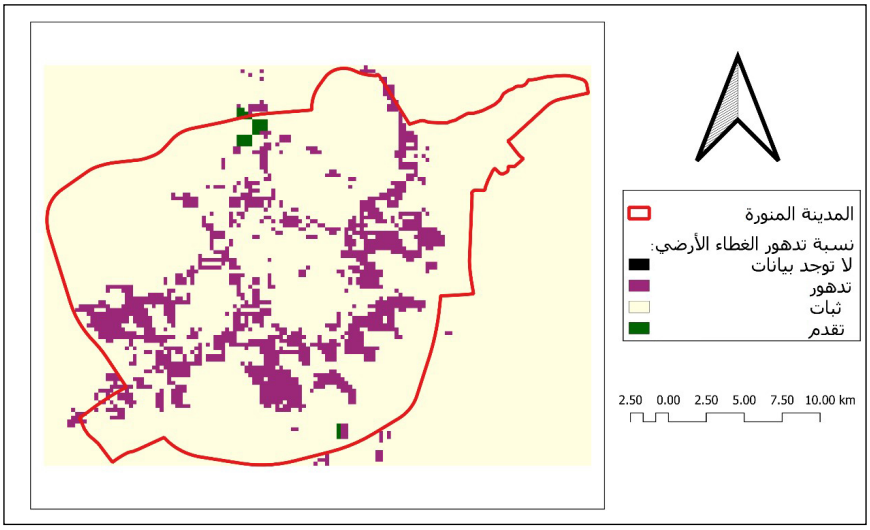
| الفئات | المساحة / كم$^2$ | النسبة المئوية من إجمالي مساحة منطقة الدراسة |
|---|---|---|
| مساحة الأراضي المتقدمة. | 2.31 | 0.38 |
| مساحة الأراضي المستقرة. | 493.72 | 81.47 |
| مساحة الأراضي المتدهورة. | 109.97 | 18.15 |
| أراضٍ لا توجد لها بيانات. | 0.00 | 0.00 |
| الإجمالي | 606 | 100 |

ويتضح من خلال جدول 3 وشكل 4 ... التغير في المؤشر الفرعي الثاني... (نسبة إنتاجية الأرض) أن مساحة الأراضي المتقدمة من خلاله بلغت 71.93 كم$^2$ وبنسبة 11.87% من إجمالي المساحة. في حين أن 70.43 كم$^2$ من الأراضي تدهورت بناءً على هذا المؤشر بنسبة 11.62% من المساحة الإجمالية لمنطقة الدراسة. في حين اتسمت الغالبية من الأراضي بالاستقرار بنسبة 76.51% وبمساحة 463.64كم$^2$؛ فقد تركزت معظم المناطق المتدهورة وكذلك المُعرضة للتدهور في الجزء الأوسط وبامتداد الشمال والجزء الشرقي والشمال الشرقي؛ في حين جاء التقدم في الأجزاء الشمالية والشمالية الغربية وبعض الأنحاء الشرقية والجنوبية من المدينة المنورة.

وفيما يتعلق بتدهور الكربون العضوي في التربة وبملاحظة جدول 4 وشكل 5 جاءت نسبة التقدم في الأراضي 0.32% وبمساحة 1.96 كم$^2$ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. في المقابل تدهورت 2.04% من الأراضي بمساحة بلغت 12.33 كم$^2$ من المساحة الإجمالية. وتركز التدهور في الوسط وباتجاه الشمال؛ وكذلك في أنحاء متفرقة من الوسط نحو جميع أطراف المنطقة. في حين تركز التقدم في أقصى الشمال فقط. في حين اتسم نحو 97.64% من أراضي المنطقة بالاستقرار بناءً على هذا المؤشر الفرعي.

**شكل 3**

*نسبة تدهور الغطاء الأرضي خلال الفترة 2000-2022 في المدينة المنورة*




**جدول 3**

*نسبة التدهور في إنتاجية الأراضي خلال الفترة 2000-2022*

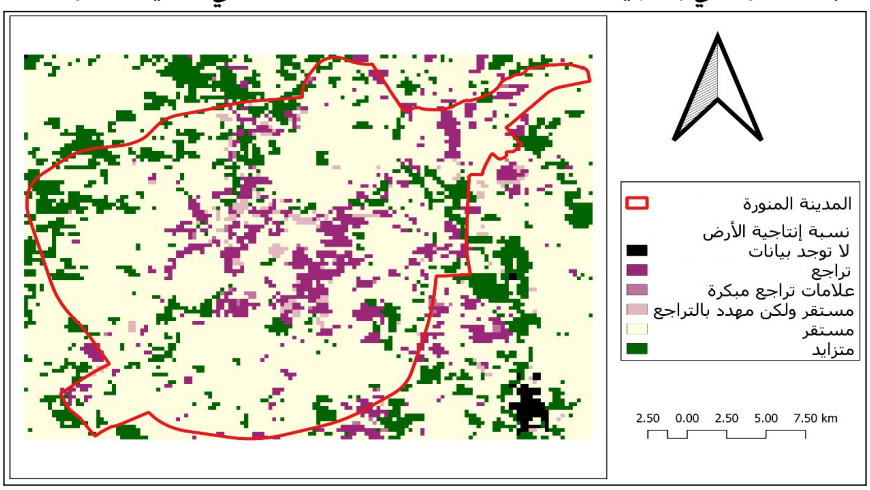
| الفئات | المساحة / كم$^2$ | النسبة المئوية من إجمالي مساحة منطقة الدراسة |
|---|---|---|
| مساحة الأراضي المتقدمة. | 71.93 | 11.87 |
| مساحة الأراضي المستقرة. | 463.64 | 76.51 |
| مساحة الأراضي المتدهورة. | 70.43 | 11.62 |
| أراضٍ لا توجد لها بيانات. | 0.00 | 0.00 |
| الإجمالي | 606 | 100 |

وبعد تحديد التغير في المؤشرات الفرعية السابقة؛ يمكن تحديد التغير في مؤشر نسبة الأراضي المتدهورة على المساحة الإجمالية للأراضي (مؤشر SDG 15.3.1)، فبملاحظة جدول 5 وشكل 6 يتضح أن مساحة الأراضي المتقدمة بناءً على المؤشر 61.89 كم$^2$ كانت بنسبة 10.21% من إجمالي المساحة؛ في حين مثلت

الأراضي المتدهورة ما نسبته 27.05% وبمساحة 163.91 كم$^2$ من منطقة الدراسة؛ في حين كانت مساحة الأراضي التي استقرت ولم يطلْها التغير سواءً تغير سلبي أو إيجابي 379.71 كم$^2$، وبنسبة 62.66% من إجمالي مساحة المدينة المنورة.

**شكل 4**

*نسبة التدهور في إنتاجية الأرض خلال الفترة 2000-2022 في المدينة المنورة*




**جدول4**

*نسبة تدهور الكربون في التربة خلال الفترة 2000-2022*

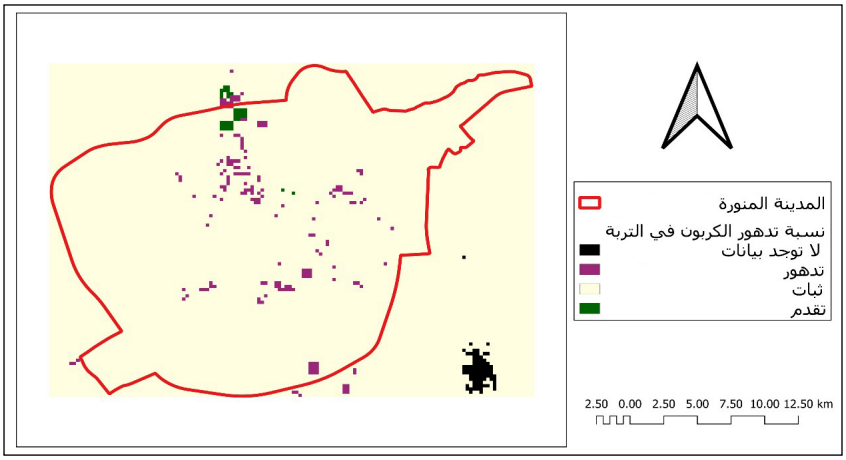
| الفئات | المساحة / كم$^2$ | النسبة المئوية من إجمالي مساحة منطقة الدراسة |
|---|---|---|
| مساحة الأراضي المتقدمة. | 1.96 | 0.32 |
| مساحة الأراضي المستقرة. | 591.71 | 97.64 |
| مساحة الأراضي المتدهورة. | 12.33 | 2.04 |
| أراضٍ لا توجد لها بيانات. | 0.00 | 0.00 |
| الإجمالي | 606 | 100 |

فهناك تغيرات سلبية بناءً على هذا المؤشر تتمثل في ارتفاع نسبة الأراضي المتدهورة مقارنةً بالأراضي المتقدمة خلال فترة الدراسة. وتمثل هذا التدهور في معظم أنحاء المدينة المنورة خصوصاً من المركز امتداداً إلى شرق المدينة المنورة وجنوبها؛ في

حين كانت الأجزاء الشمالية والغربية أقل تدهوراً. أما التقدم فقد تركز في الأنحاء الشمالية والشمالية الغربية وأجزاء متفرقة من وسط المدينة وشرقها وجنوبها الشرقي. وتركز الاستقرار في المناطق الجبلية والحرات المنتشرة في أطراف المدينة.

**شكل5**

*تدهور الكربون العضوي في التربة خلال الفترة 2000-2022 في المدينة المنورة*




**جدول 5**

*نسبة الأراضي المتدهورة على المساحة الإجمالية للأراضي خلال الفترة 2000- 2022*

| نسبة التغير في مؤشر SDG15.3.1% | | |
|---|---|---|
| الفئات | المساحة / كم² | النسبة المئوية من إجمالي مساحة منطقة الدراسة |
| مساحة الأراضي المتقدمة. | 61.89 | 10.21 |
| مساحة الأراضي المستقرة. | 379.71 | 62.66 |
| مساحة الأراضي المتدهورة. | 163.91 | 27.05 |
| أراضٍ لا توجد لها بيانات. | 0.49 | 0.08 |
| الإجمالي | 606 | 100 |

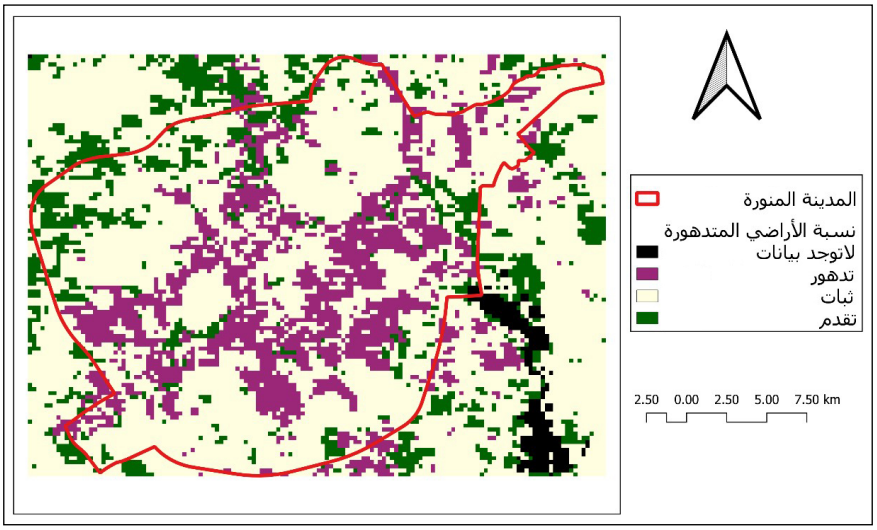
### *التغير في جودة الغطاء الأرضي*

على الصعيد العالمي حُدّد تغير الغطاء الأرضي كواحد من العوامل الحاسمة

لفقدان النظام البيئي (Costanza et al., 2014, p. 154). لذا فإن فهم كيفية تأثير التغيرات في الغطاء الأرضي على قيم خدمات النظام البيئي يكتسب أهمية باعتباره إطاراً لإيصال قيم الإدارة المناسبة للأراضي وفوائدها إلى صانعي القرار ومخططي الأراضي والمدن (Iverson et al., 2014, p. 184). فالتغيرات السريعة في الغطاء الأرضي وتغير استخدام الأراضي نتيجةً للأنشطة البشرية في أجزاء كثيرة من العالم أحدثت آثاراً ضارة على التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية (Sharma et al., 2019, p. 2).

**شكل 6**

*التغير في نسبة الأراضي المتدهورة على المساحة الإجمالية للأراضي خلال الفترة 2000-2022 في المدينة المنورة*



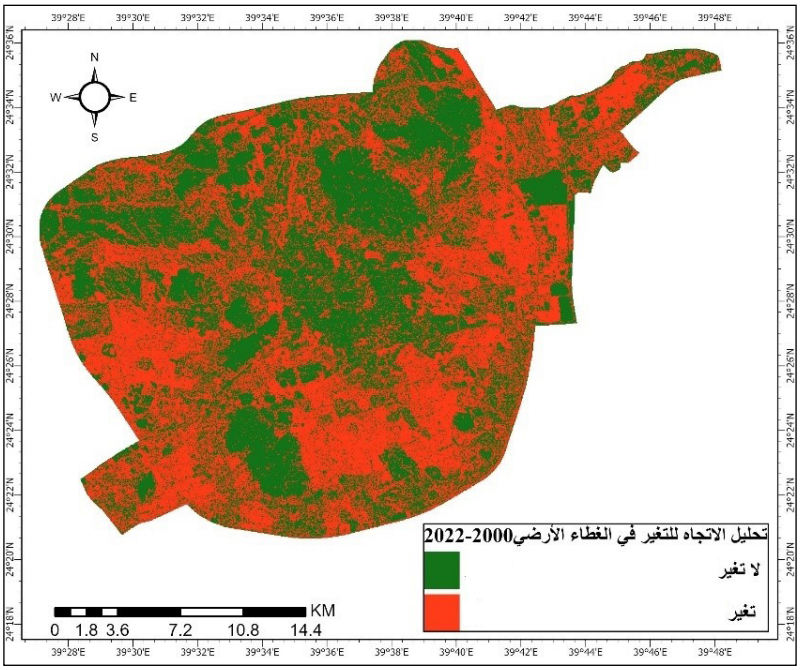

فمن المنطقي أن يرتبط الغطاء الأرضي بالقضايا البيئية المحلية والعالمية، مما يجعل معرفة الاتجاهات الحالية والماضية ذات أهمية قصوى (Alves et al., 2022,

p. 1). فنحو 75% من بيئة الغطاء الأرضي على كوكب الأرض خضعت بالفعل للتدخل البشري، ولذا يجب أن تسهم إستراتيجيات التخطيط في إحداث تغييرات مستدامة، وأن تستند التوجيهات المتعلقة بالسياسات إلى تشخيص للديناميات التي يجري رصدها على مر الزمن (Lambin & Meyfroidt, 2011, p.3468).

إن إجراء تحليل متعمق وشامل للديناميات المكانية والزمانية للغطاء الأرضي يزيد من فرص تعديل إستراتيجيات إدارة الأراضي وفقاً لكلٍّ من أنماط الغطاء الأرضي السابقة والحالية وكذلك المتوقعة مستقبلاً. فبالاعتماد على مرئيات (Landsat7) للأعوام (2000، 2005، 2010) و(Landsat8) للعام (2015) و(Landsat9) للعام (2022) بوساطة GEE، وبدقة تصنيف بلغت 86% لعام 2000 و94% لعام 2022؛ والتي تعتبر دقة عالية في تقنيات التصنيف، ومن خلال تحليل اتجاه الانحدار الخطي للتغير في الغطاء الأرضي بالمدينة المنورة والتي يمثلها الشكل 7، يتضح أن اتجاه التغير امتد في جميع أنحاء منطقة الدراسة؛ إذ يمكن ملاحظة انتشار اللون الأحمر الذي يدل على وجود تغير في الغطاء الأرضي بجميع الاتجاهات خلال فترة الدراسة بغض النظر عن نوع هذا التغير، وعلى العكس من ذلك يُلاحظ أن اللون الأخضر – والذي يدل على عدم وجود تغير – يتركز في بعض المناطق والتي تُمثل المناطق العمرانية التي أُنشئت قبل عام 2000 وفي بعض المناطق الجبلية والصخرية.

**شكل 7**

*اتجاه الانحدار الخطي للتغير في الغطاء الأرضي خلال الفترة 2000-2022 في المدينة المنورة*




فبالاطلاع على الجدولين 6 و7 وشكل 8 يُلاحظ أن الجبال والصخور والحرات في عام 2000 كانت تمثل نسبة 42.9% من مساحة منطقة الدراسة بإجمالي مساحة بلغت 260 كم$^2$، ثم حدث انخفاض في هذه النسبة حتى وصلت إلى 27.4% في عام 2022 بإجمالي مساحة بلغت 166كم$^2$. والتغير السلبي حصل أيضاً بالغطاء النباتي فبعد أن كانت مساحته تبلغ في عام 2000 29 كم$^2$ وبنسبة 4.8% من إجمالي منطقة الدراسة تناقصت هذه المساحة حتى وصلت إلى 16 كم$^2$ بنسبة بلغت 2.6% في عام 2022. وذلك نتيجة للتوسع العمراني؛ فقد بلغت مساحته 279 كم$^2$ عام 2022 بنسبة 46.1% من مساحة المنطقة، بعد أن كانت لا تُمثل سوى 12.7% ومساحة

77 كم$^2$ في عام 2000. وكنتيجة طبيعية للتمدد العمراني ستقل مساحة الأراضي الفضاء؛ فبعد أن كانت تُمثل نسبة كبيرة من إجمالي مساحة المدينة المنورة بلغت 39.6 % ومساحة 240كم$^2$، صارت لا تُمثل سوى 145كم$^2$ بنسبة لا تتجاوز 23.9% من إجمالي مساحة المنطقة.

**جدول 6**

*مساحات الغطاء الأرضي / كم$^2$ خلال الفترة (2000-2022)*

| الفئات | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2022 |
|---|---|---|---|---|---|
| الجبال والصخور والحرات | 260 | 248 | 220 | 175 | 166 |
| النبات | 29 | 22 | 20 | 19 | 16 |
| العمران | 77 | 99 | 141 | 191 | 279 |
| الأراضي الفضاء | 240 | 237 | 225 | 221 | 145 |
| الإجمالي | 606 | 606 | 606 | 606 | 606 |

**جدول 7**

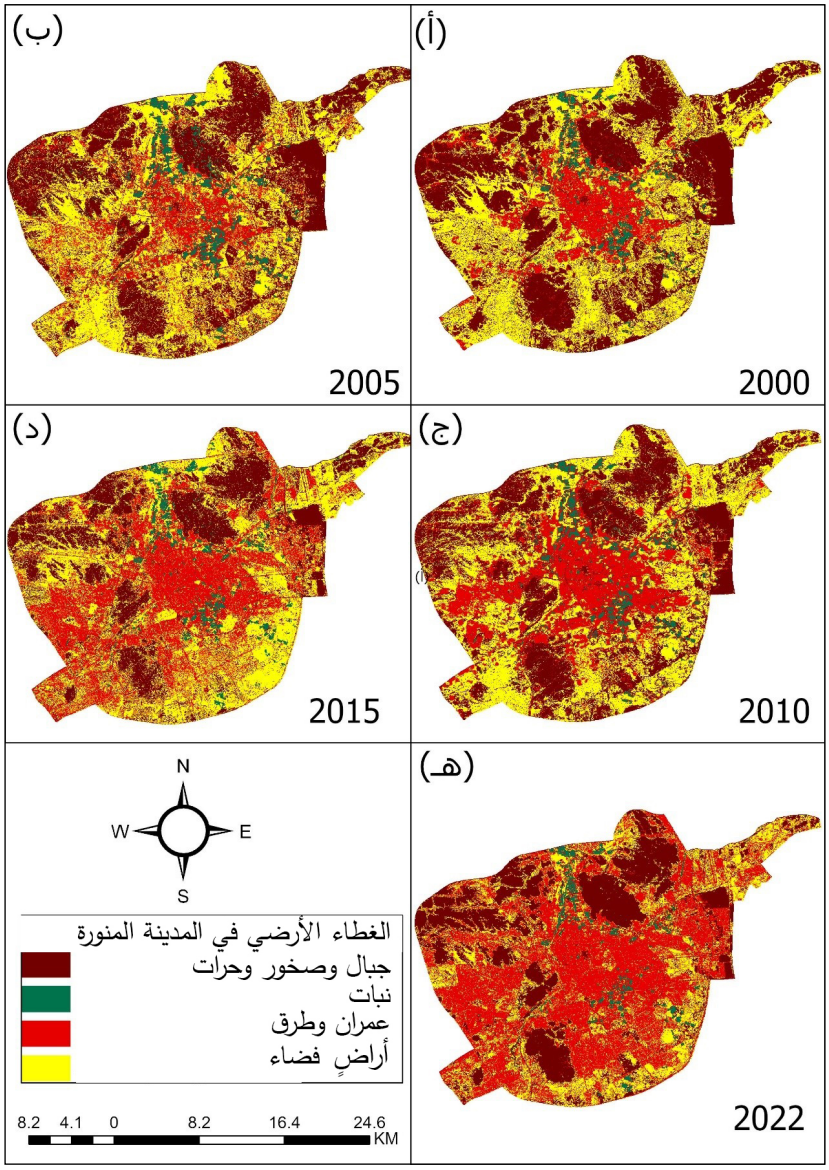
*نسبة فئات الغطاء الأرضي من إجمالي المساحة خلال الفترة 2000-2022*

| الفئات | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2022 |
|---|---|---|---|---|---|
| الجبال والصخور والحرات | 42.9 | 40.9 | 36.3 | 28.9 | 27.4 |
| الغطاء النباتي | 4.8 | 3.6 | 3.3 | 3.1 | 2.6 |
| العمران | 12.7 | 16.3 | 23.3 | 31.5 | 46.1 |
| الأراضي الفضاء | 39.6 | 39.2 | 37.1 | 36.5 | 23.9 |
| % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

وتشير أرقام جدول 8 إلى التغير السلبي بين الفترات السنوية في جميع فئات الغطاء الأرضي طوال فترة الدراسة 2000-2022 باستثناء العمران الذي جاءت تغيراته موجبة. فأعلى تغير في الجبال والصخور والحرات كان في الفترة من عام 2010-2015 بنسبة -20.5%؛ وفي المقابل أقل تغير كان خلال الفترة 2000-2005 بنسبة -4.6%. أما أعلى تغير في الغطاء النباتي فجاء خلال الفترة 2000-2005 بنسبة -24.1%؛ وأقل تغير كان خلال 2010-2015 بنسبة -5%. أما الارتفاع الموجب والملحوظ في تغير العمران فكان خلال 2015-2022 بنسبة 1.46%، وكانت الفترة 2000-2005 أقل تغيراً بنسبة 28.6%. وتُلاحظ القيمة المتطرفة للتغير في الأراضي الفضاء بنسبة -34.4%، وذلك خلال الفترة 2015-2022؛ أما أقل نسبة للتغير في هذه الفئة فكانت خلال 2000-2005 إذ بلغت -1.3%. وبشكل عام يتضح مدى التغير في فئات الغطاء الأرضي خلال فترة الدراسة 2000-2022. فالجبال والحرات والصخور تناقصت بشكل كبير بنسبة -36.2%؛ وكذلك الغطاء النباتي بنسبة -44.8%. وفي مقابل هذا الانخفاض شهد العمران ارتفاعاً كبيراً وملحوظاً بنسبة بلغت 262.3%؛ في حين بلغت نسبة انخفاض الأراضي الفضاء -39.6%.

**شكل 8**

*الغطاء الأرضي في المدينة المنورة للأعوام (2000، 2005، 2010، 2015، 2022)*



**جدول 8**

*التغير بين الفترات في مساحة الغطاء الأرضي (2000-2022)*

| الفترات | الجبال والصخور والحرات | الغطاء النباتي | العمران | الأراضي الفضاء |
|---|---|---|---|---|
| 2005-2000 | 4.6- | 24.1- | 28.6 | 1.3- |
| 2010-2005 | 11.3- | 9- | 42.4 | 5.1- |
| 2015-2010 | 20.5- | 5- | 35.5 | 1.7- |
| 2022-2015 | 5.1- | 15.8- | 46.1 | 34.4- |
| 2022-2000 | 36.2- | 44.8- | 262.3 | 39.6- |

### *التغير في الأسطح غير المُنفذة (المنيعة)*

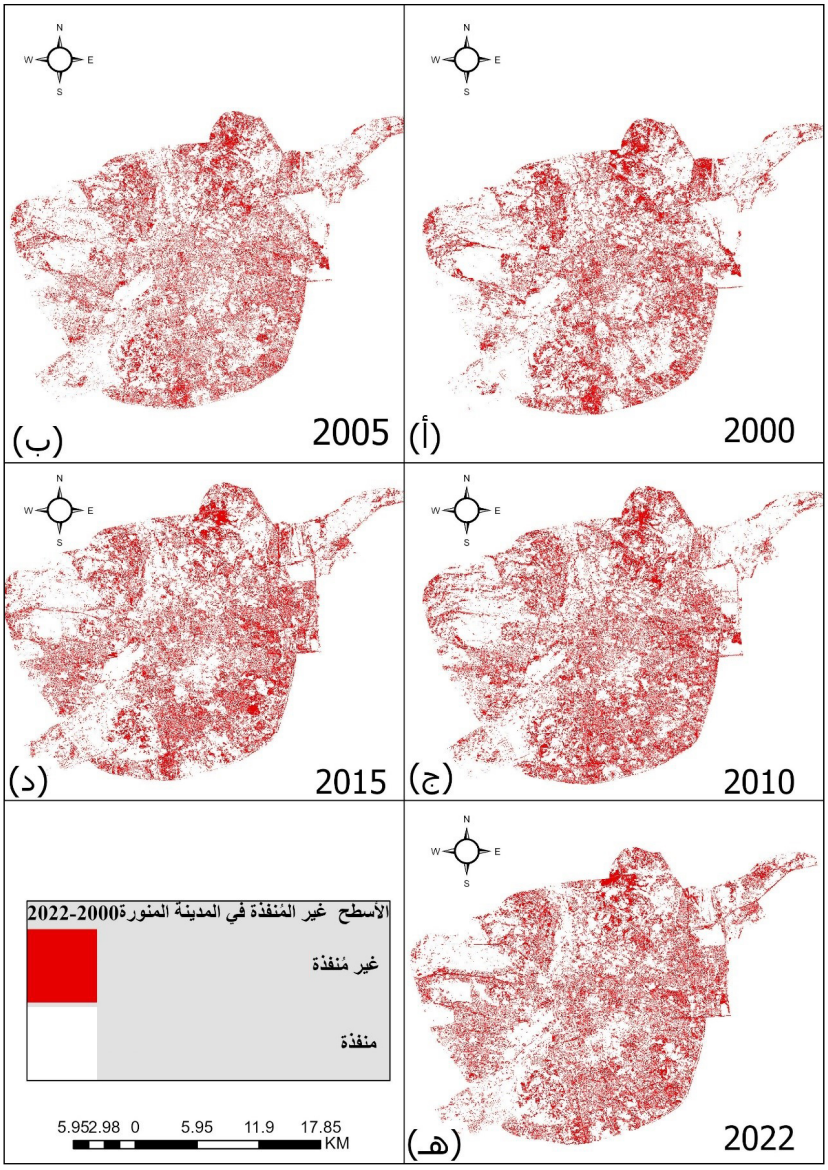
تهيمن على المدن الأنشطة البشرية المنشأ (Su et al., 2010, p.2430)؛ إلى جانب أنها نظام إيكولوجي اجتماعي واقتصادي وطبيعي معقد (Ma & Wang, 1984, p.3). والسطح المنيع هو أحد التغييرات الرئيسية التي فرضها البشر (Nowak & Greenfield, 2012, p.25). وبسبب تزايد عدد السكان والتحضر، تحولت الأراضي الطبيعية إلى أسطح منيعة من صنع الإنسان بما في ذلك الطرق والساحات المجتمعية والمباني ومواقف السيارات (Razzaghmanesh et al., 2014, p. 290). ونتيجة لذلك فإن الأراضي غير المغطاة بغطاء منيع نادرة في المناطق الحضرية، فبالطبع تُوفر الأسطح المنيعة للبشر طرقاً ممهدة ويمكنها إغلاق التربة لمنع انتشار الغبار في الهواء؛ ولكنها تنتج آثاراً خطيرة على النظام البيئي الحضري (Schueler, 1994, p.103). فالتأثير المباشر للأسطح المنيعة هو جزيرة الحرارة الحضرية (Schueler, 1994, p.105; Zhao et al., 2011, p.1183) ؛ ونظراً للخصائص الحرارية للأسطح المنيعة فإن درجات الحرارة في المناطق الحضرية أعلى من مناطق الضواحي (Takebayashi & Moriyama, 2009, p.1215). والأثر المهم الآخر هو عمليات دورة المياه الحضرية، فغالباً ما تحتوي معظم المواد السطحية المنيعة على الأسفلت والأسمنت والحجر والطوب وكذلك البلاستيك، وهي

مقاومة للماء؛ ولديها قابلية قليلة للتسرب، ومن ثم يمكن أن يؤدي ذلك إلى زيادة الجريان السطحي (Haase & Nuissl, 2007, p.3). كما تؤثر الأسطح غير المُنفذة على نمو النباتات الحضرية (Viswanathan et al., 2011, p.140).

ولذلك يمكن الاعتماد على التغير بالأسطح غير المُنفذة في الحكم على جودة الأراضي الحضرية في المدينة المنورة؛ ويُمثل شكل 9 هذا التوسع؛ والذي استخرج بوساطة المؤشر EBBI من خلال مرئيات Landsat7 للأعوام (2000، 2005، 2010) وLandsat8 للعام 2015 وLandsat9 للعام 2022 بوساطة GEE؛ إذ يُلاحظ الانتشار والكثافة في هذه الأسطح عام 2022 التي تُمثل نهاية فترة الدراسة؛ وذلك عند مقارنتها بمستوى الأسطح غير المُنفذة عام 2000. كما يبين شكل 10 التغير في الأسطح غير المُنفذة خلال الفترة 2000-2022؛ ويبدو بوضوح التمدد والانتشار الكبيرين من خلال اللون الأحمر الذي يُمثل عام 2022؛ وذلك عند مقارنته باللون الأخضر الذي يُمثل الأسطح المنيعة في المدينة المنورة عام 2000.

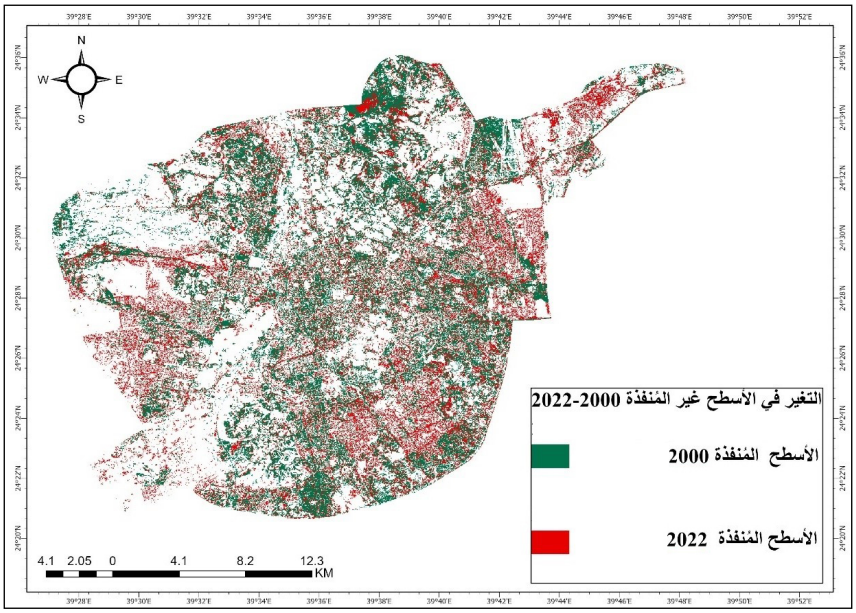
**شكل 9**

*التغير في الأسطح غير المنفذة في المدينة المنورة خلال الأعوام 2000، 2005، 2010، 2015، 2022*



**شكل 10**

*التغير في الأسطح غير المنفذة خلال الفترة 2000-2022 في المدينة المنورة*




### *التغير في استهلاك الأراضي الحضرية*

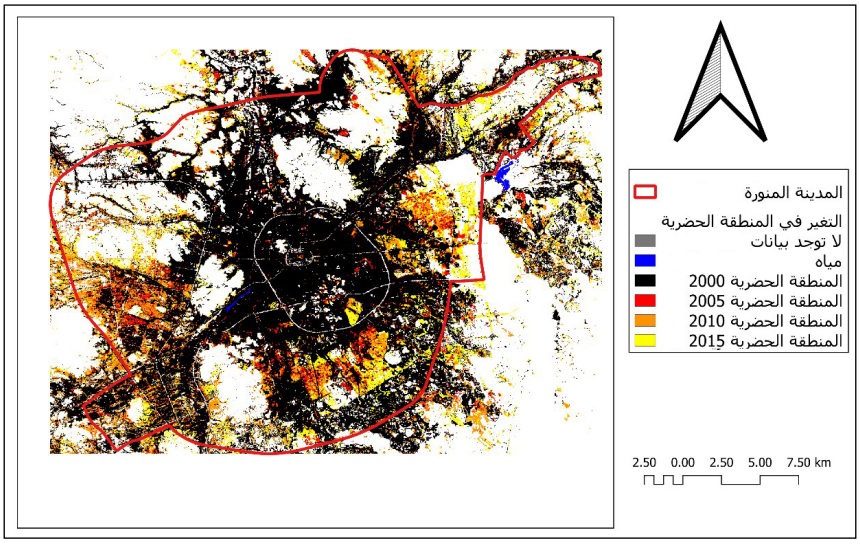
كما ذُكر سابقاً يقيس هذا المؤشر الهدف 11.3.1 من أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة. والذي يهدف إلى تعزيز التحضر الشامل والمستدام والقدرة على التخطيط والإدارة التشاركية والمتكاملة والمستدامة للمستوطنات البشرية في جميع البلدان، ولرصد التقدم المحرز نحو تحقيق هذا الهدف حددت الأمم المتحدة المؤشر 11.3.1 والذي يقيس مدى كفاءة المدن في استخدام الأراضي، والذي يتم قياسه كنسبة من المعدل الذي تستهلك به المدن الأرض مكانياً مقابل معدل نمو سكانها (UNISDR, 2018, p. 2). فنسبة معدل استهلاك الأراضي إلى معدل النمو السكاني مؤشر جيد إلى قياس كفاءة استخدام الأراضي، ويقصد به الإجابة عن السؤال عما إذا كان يجري تطوير سائر الأراضي الحضرية غير المطورة بمعدل أقل من المعدل السائد أو أكبر منه للنمو

السكاني. واستخرج بالاعتماد على أداة "Trend Earth" في (QGIS 3.28.3) بالاعتماد على مرئيات Modis وبالتكامل مع GEE.

ويشير شكل 11 إلى التغير بالمنطقة الحضرية في منطقة الدراسة خلال الفترة 2000-2015؛ إذ يُلاحظ التمدد بها خلال فترات الدراسة من الوسط نحو جميع أطراف المدينة. فبالاطلاع على جدول 9 يمكن ملاحظة الزيادة في مؤشر استهلاك الأراضي بالمدينة المنورة خلال فترات الدراسة. فبعد أن كان يُمثل 0.298 في الفترة 2000-2005 زاد بنسبة 27.5%؛ فقد بلغ 380.0 خلال الفترة 2005-2010؛ ثم تناقص خلال الفترة 2010-2015 بنسبة -18.15% فبلغ 311.0. وبشكل عام ارتفع معدل استهلاك الأراضي الحضرية في المدينة المنورة خلال الفترة 2000-2015 بنسبة 4.4%.

**شكل 11**

*التغير في المنطقة الحضرية خلال الفترة 2000-2015 في المدينة المنورة*



**جدول 9**

*التغير في مؤشر استهلاك الأراضي خلال الفترة 2000-2015*

| الفترة | معدل نمو سكان المدينة | معدل استهلاك الأرض | مؤشر (SDG 11.3.1) |
|---|---|---|---|
| 2005-2000 | 0.036 | 0.0107 | 0.298 |
| 2010-2005 | 0.042 | 0.0160 | 0.380 |
| 2015-2010 | 0.049 | 0.0121 | 0.311 |

يشير جدول 10 وشكل 12 إلى التغير في فئات التصنيف للمنطقة الحضرية الخاصة بهذا المؤشر؛ ففئات التصنيف هذه موحدة لأن المؤشر عالمي؛ وتظهر بالتصنيف حتى وإن كانت غير متوافرة في منطقة الدراسة. ويُلاحظ أن العمران الحضري هو السائد في منطقة الدراسة منذ عام 2000، وبمرور السنوات حدث تناقص في المساحات المفتوحة بأنواعها لصالح العمران؛ فقد كان التغير بازدياد مضطرد لصالح العمران الحضري بنسبة تغير بلغت 10.4% في الفترة 2000-2005 ومن ثم 22.1% في الفترة 2005-2010 إلى أن بلغت نسبة الزيادة 13.7% في الفترة 2010-2015. وبشكل عام بلغت الزيادة في فئة تصنيف العمران الحضري حسب مؤشر (SDG 11.3.1) 53.3% في دلالة واضحة على ارتفاع استهلاك الأراضي. وبمقابل الزيادة في العمران الحضري تقلصت الضواحي بنسبة -31.8% في الفترة 2000-2015. والتقلص الأكبر كان من نصيب المساحات المفتوحة بجميع أنواعها؛ إذ بلغت نسبته أكثر من -89% خلال الفترة 2000-2015.

كما يُلاحظ من أرقام جدول 10 أن معظم التغيرات السلبية كارتفاع نسبة العمران الحضري وانخفاض نسبة المساحات المفتوحة حدثت خلال الفترة (2000-2015)؛ الذي انعكس بدوره على المؤشر ككل؛ مما يعني التأثير بصورة مباشرة على خدمات النظام البيئي الحضري. وعلى الرغم من أن البيانات الخاصة

بعام 2022 التي تمثل نهاية فترة هذه الدراسة ولم تتوافر في الأداة الخاصة بقياس هذا المؤشر؛ إلا أن البيانات المتاحة حتى عام 2015 قد تعطي صورة واضحة عن نوع التغير وحجمه في هذا المؤشر خصوصاً عند ربطه بسائر المؤشرات الأخرى.

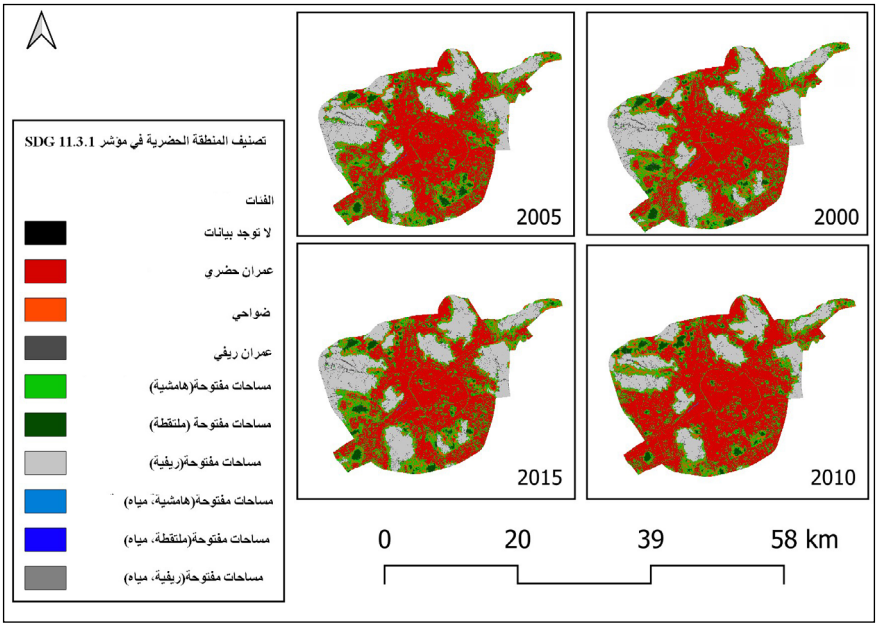
**جدول 10**

*نسبة التغير بين الفترات في فئات تصنيف المنطقة الحضرية حسب مؤشر (SDG 11.3.1) خلال الفترة 2000-2015*

| فئات التصنيف | 2005-2000 | 2010-2005 | 2015-2010 | 2015-2000 |
|---|---|---|---|---|
| عمران حضري | 10.4 | 22.1 | 13.7 | 53.3 |
| ضواحي | 2.2- | 17.3- | 15.7- | 31.85- |
| مبانٍ ريفية | 13.8- | 35.3- | 22.3- | 56.4- |
| مساحات مفتوحة (هامشية) | 0.3- | 10.3- | 8.4- | 18.1- |
| مساحات مفتوحة (ملتقطة) | 3.0- | 9.2- | 1.6 | 10.6- |
| مساحات مفتوحة (ريفية) | 13.8- | 24.8- | 28.3- | 53.5- |
| مساحات مفتوحة (هامشية، مياه) | 0 | 0 | 0.3 | 0.3 |
| مساحات مفتوحة (ملتقطة، مياه) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| مساحات مفتوحة (ريفية، مياه) | 0 | 0 | 7.5- | 7.5- |

**شكل 12**

*تصنيف فئات المنطقة الحضرية بالمدينة المنورة خلال الفترة 2000-2015 اعتماداً على مؤشر (SDG 11.3.1)*




## التباين المكاني لجودة الأراضي الحضرية

لتوضيح التباين المكاني لجودة الأراضي الحضرية على مستوى أحياء المدينة المنورة؛ اعتُمد على قيم المتغيرات الأربعة التي ذُكِرت سابقاً. ومن ثم تصنيف الأحياء بناءً على متوسط قيم هذه المتغيرات الفرعية؛ وجمع هذه القيم لاستخراج القيمة العامة لمتغير جودة الأراضي الحضرية بكل حي من أحياء منطقة الدراسة، وشكل 13 يوضح مستويات أحياء منطقة الدراسة بناءً على جودة الأراضي الحضرية.

يتضح أن الأحياء المرتفعة جداً بجودة الأراضي الحضرية تتركز في الأطراف باستثناء حي بني حارثة، فنحو 15.9% من أحياء المدينة المنورة والمُتمثلة في 14 حيّاً ذات جودة مرتفعة جداً فيما يتعلق بالأراضي الحضرية؛ وذلك في كلٍّ من حيي

الغابة والصادقية بالطرف الشمالي؛ وبالشمال الغربي في حيي النخيل والحفيا. وبغرب المدينة في حيي السلام وطيبة؛ وبشرقها كلٌّ من الهدراء وعين الخيف؛ وفي جنوبها الشرقي بحيي الغراء والرمانة؛ وبجنوبها الأحياء رهط والجصة والسكب.

كما تتركز الأحياء المرتفعة بجودة الأراضي الحضرية في الأطراف باستثناء حيي الشريبات والخاتم؛ إذ تمثل هذه الفئة 22.7% من إجمالي أحياء المدينة وبعدد 20 حيّاً. وذلك في شمال المدينة بجبل أحد والعيون؛ وبالشمال الشرقي الدار ووعيرة والنقمي والمطار؛ وفي الشمال الغربي أحياء البركة والزهرة وكتانة. وبغرب المدينة حي جماء أم خالد؛ وبشرقها الدويخلة وجشم ووادي مذينب. كما تعتبر الأحياء أبو كبير والشهباء ممثلة لهذه الفئة بجنوب غرب المدينة؛ وكذلك أحياء الحديقة ونبلاء وجبل عير في جنوبها.

وتُمثل الأحياء المتوسطة بجودة الأراضي الحضرية نسبة 21.6% من إجمالي أحياء المدينة وبعدد 19 حيّاً، وذلك في الحرم الشريف وبضاعة والمناخة والنقا والسيح والسقيا والظاهرة. وسائر الأحياء تتوزع كالآتي: في شمال المدينة حي الشهداء؛ وبئر عثمان بشمالها الغربي؛ وحيّا التلعة والشافية في شمالها الشرقي. وفي غربها حيّا الجماوات وسكة الحديد؛ وبشرق المدينة حيّا الملك فهد والمبعوث. وبالجنوب الغربي الأحياء ذو الحليفة وورقان والحساء؛ وفي الجنوب الشرقي حي الروابي.

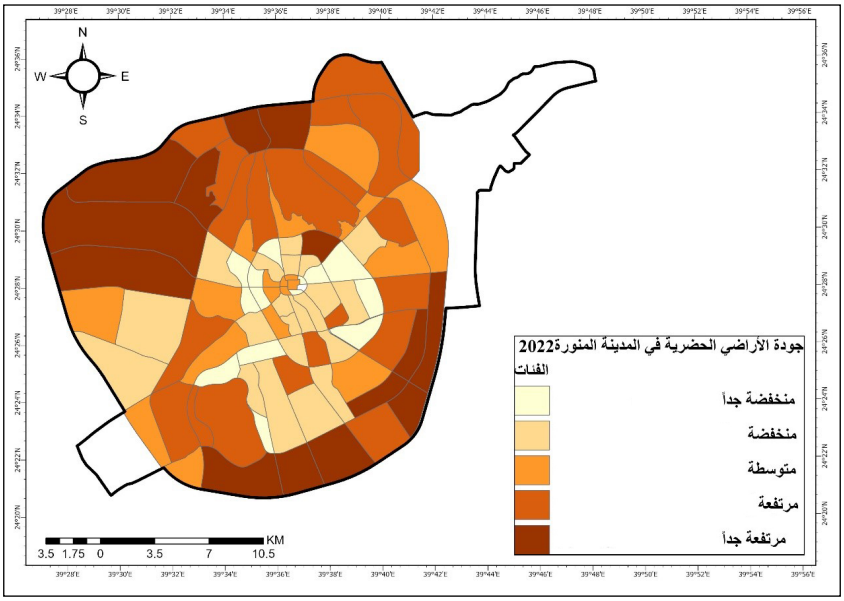
وبعدد 21 حيّاً وبنسبة 23.9% تتمثل أعلى فئة وهي الأحياء المنخفضة بجودة الأراضي الحضرية؛ 12 من أحياء هذه الفئة توجد في المصانع ومسجد الدرع والفتح وبني عبد الأشهل وبني ظفر والإسكان بالإضافة إلى المغيسلة والجمعة وقربان والدويمة والعصبة والعهن. وتتوزع سائر الأحياء في غرب المدينة بحي الجامعة والدفاع والعزيزية؛ وبالشرق حي شظاة. وفي الجنوب الغربي حي عروة؛ وبالجنوب الأحياء الجابرة والسد والرانوناء وشوران.

وهناك 14 حيّاً من أحياء المدينة المنورة تعدُّ منخفضة جداً بجودة الأراضي الحضرية وذلك بنسبة 15.9%؛ إذ يتضح أن معظم هذه الأحياء تتركز في المنتصف بعيداً عن أطراف المدينة؛ يُمثل هذه الفئة أحياء بني النجار وبني خدرة والراية والعنابس والأصيفرين وبني معاوية والعريض والخالدية ووادي مهزور.

وفي الأطراف تتمثل هذه الفئة في حيي القبلتين والوبرة بغرب المدينة؛ والقصواء وأبوبريقاء في جنوبها الغربي، وحي بني بياضة في الطرف الجنوبي لمنطقة الدراسة. ويتضح التدني بجودة الأراضي الحضرية في المدينة المنورة؛ إذ إن أكثر من 39% من الأحياء ذات جودة منخفضة.

**شكل 13**

*التباين المكاني لجودة الأراضي الحضرية في المدينة المنورة 2022*




## أولويات مواقع البنية التحتية الخضراء الحضرية حسب جودة الأراضي الحضرية

طُبق النموذج MCDA لتحديد مستويات الأولوية المكانية للبنية التحتية الخضراء بحسب جودة الأراضي الحضرية في المدينة المنورة، وأُعيد تصنيف الطبقات الخلوية التي تُمثل هذه المعايير بناءً على مستوى جودة كل معيار؛ بحيث تُعطى المناطق الأقل جودة قيماً أعلى؛ والمناطق الأعلى جودة قيماً أقل؛ حتى تظهر المناطق الأقل جودة بأولوية عالية بـUGL عند تطبيق النموذج MCDA. ففي معيار تدهور

الأراضي الحضرية أعيد التصنيف بحيث تكون الأراضي الأكثر تدهوراً ذات قيمة أعلى؛ والأراضي الأقل تدهوراً ذات قيمة أقل، كما يتضح من شكل 14.

وكذلك الحال بالنسبة إلى معيار الغطاء الأرضي فقد أعطيت الأراضي ذات الكثافة العمرانية والفقيرة بالغطاء النباتي والمساحات الفضاء قيماً أعلى؛ والأراضي ذات الكثافة بالغطاء النباتي والمساحات الفضاء والمنخفضة بالعمران قيماً أقل، كما يتضح من شكل 15؛ حتى تظهر المناطق الأولى ذات مستوى أولوية أعلى من الثانية عند تطبيق النموذج.

وفيما يتعلق بمعيار الأسطح غير المُنفذة (المنيعة) فقد أعطيت المناطق الكثيفة بهذه الأسطح قيماً أعلى؛ والمناطق القليلة بهذه الأسطح قيماً أقل، كما في شكل 16؛ وذلك باعتبار أن المواقع الكثيفة بالأسطح المنيعة ذات أولوية قصوى بالبنية التحتية الخضراء لتعزيز النظام البيئي الحضري.

وكذلك الحال بالنسبة إلى معيار استهلاك الأراضي الحضرية؛ فقد أعطيت المناطق المرتفعة باستهلاك الأراضي قيماً أعلى؛ والمنخفضة بالاستهلاك قيماً أقل، كما يبين شكل 17؛ باعتبار أن المناطق ذات الاستهلاك الأعلى ذات مستوى أولوية قصوى بالبنية الخضراء.

ومن ثم رتبت الأهمية لهذه المعايير بالاعتماد على رأي الخبراء وأصحاب اتخاذ القرار؛ وذلك كما يتضح من جدول 11. وبعد ذلك بنيت مصفوفة المقارنة الزوجية بدلالة مقياس الأهمية لكل معيار من المعايير السابقة في جدول 12؛ للوصول إلى الأوزان وتحديد درجة ثبات الحكم على ترتيب أهمية هذه المعايير.

**جدول 11**

*ترتيب الأهمية لمعايير جودة الأراضي الحضرية*

| المعايير | ترتيب الأهمية |
|---|---|
| تدهور الأراضي الحضرية | 9 |
| جودة الغطاء الأرضي | 9 |
| استهلاك الأراضي الحضرية | 3 |
| الأسطح غير المُنفذة | 1 |

**جدول 12**

*مصفوفة المقارنة الزوجية لمعايير جودة الأراضي الحضرية*

| | تدهور الأراضي الحضرية | جودة الغطاء الأرضي | استهلاك الأراضي الحضرية | الأسطح غير المُنفذة |
|---|---|---|---|---|
| تدهور الأراضي الحضرية | 1 | 1 | 6 | 8 |
| جودة الغطاء الأرضي | 1 | 1 | 6 | 8 |
| استهلاك الأراضي الحضرية | 6/1 | 6/1 | 1 | 2 |
| الأسطح غير المُنفذة | 8/1 | 8/1 | 2/1 | 1 |

لقد أُعطيت كل طبقة من الطبقات الخلوية وزناً؛ وذلك تبعاً لأهمية هذه الطبقة في تحديد المواقع الأكثر أولوية بالبنية التحتية الخضراء من خلال عملية AHP، كما في جدول 13؛ وقد بلغت نسبة الاتساق لمنع التحيز للمعايير الموزونة Consistency Ratio (CR) 0.8%؛ لذا فإن المعايير المُستخدمة تتصف بالثبات والاتساق الجيد فيما بينها، كما أن توزيع الوزن بين هذه المعايير مقبول.

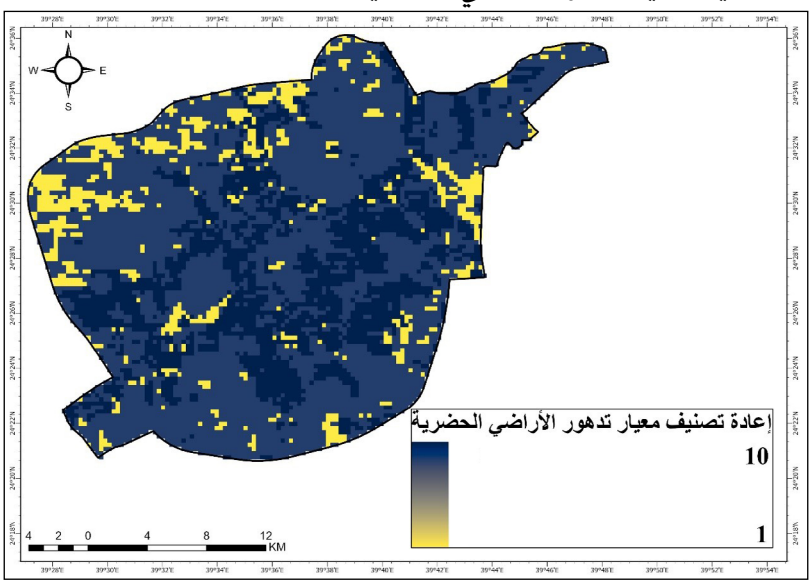
**جدول 13**

*نتائج عملية AHP لمعايير جودة الأراضي الحضرية*

| المعايير | الرتبة | الأفضلية% | الوزن |
|---|---|---|---|
| تدهور الأراضي الحضرية | 1 | 43.5 | 0.435 |
| جودة الغطاء الأرضي | 1 | 43.5 | 0.435 |
| الأسطح غير المُنفذة | 3 | 8.1 | 0.081 |
| استهلاك الأراضي الحضرية | 4 | 4.9 | 0.049 |

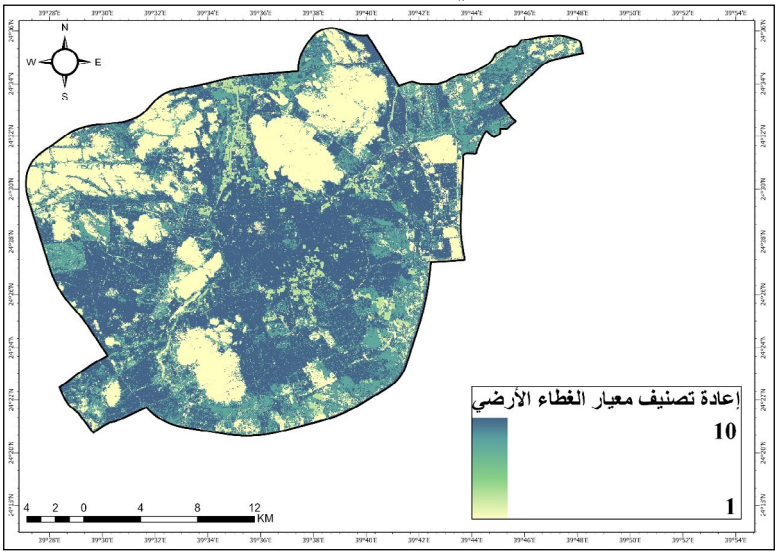
**شكل 14**

*إعادة تصنيف معيار تدهور الأراضي الحضرية*



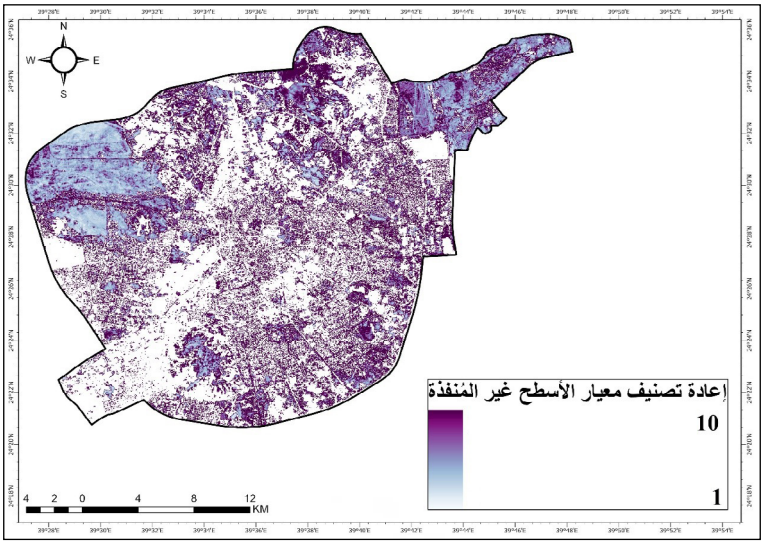

**شكل 15**

*إعادة تصنيف معيار الغطاء الأرضي*



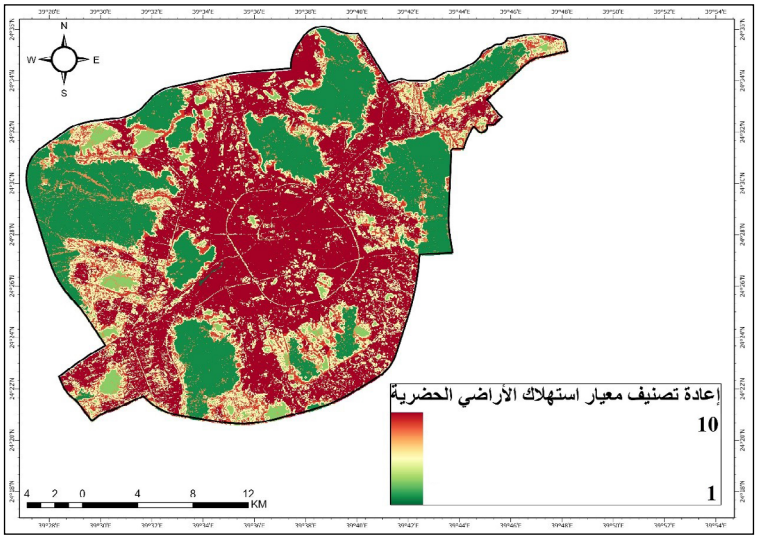
**شكل 16**

*إعادة تصنيف معيار الأسطح غير المُنفذة*




**شكل 17**

*إعادة تصنيف معيار استهلاك الأراضي الحضرية*



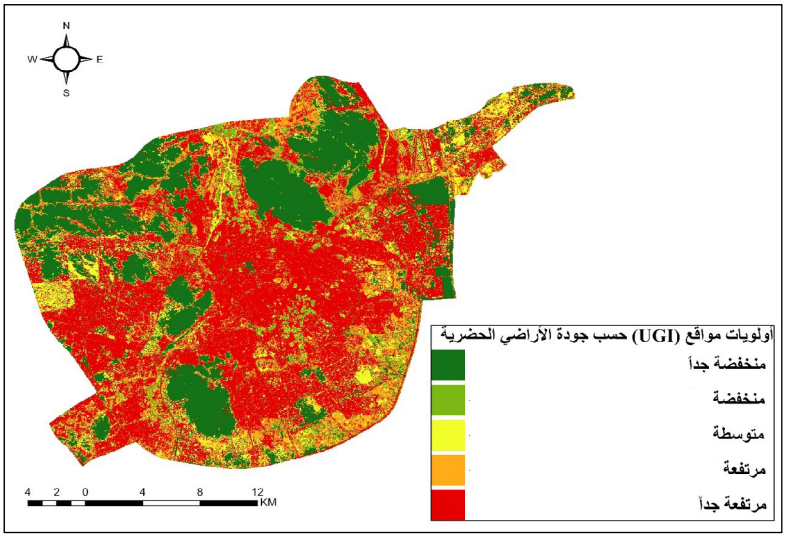
ومن ثم القيام بعملية جبر الخرائط من خلال المعادلة رقم (5) بالاعتماد على الأداة (Raster Calculator) وذلك بتعويض القيم كما يأتي:

(تدهور الأراضي الحضرية*435.0) + (جودة الغطاء الأرضي*435.0) +(الأسطح غير المُنفذة*081.0) + (استهلاك الأراضي الحضرية*049.0)

واستخراج النتيجة النهائية التي يوضحها شكل 18؛ والذي يُظهر أولويات UGI حسب جودة الأراضي الحضرية والناتجة من المجموعة الموزونة للمعايير الأربعة التي تُمثل هذه الجودة. وتتضح من خلاله المواقع ذات أعلى مستوى من الأولوية والتي تظهر باللون الأحمر والتي تتمثل في المنطقتين المركزية والانتقالية بالامتداد نحو جميع أطراف المدينة وهي المناطق الأقل جودةً في الأراضي الحضرية؛ والأكثر أولوية أو احتياجاً من غيرها إلى البنية التحتية الخضراء. وتُمثل المناطق باللون البرتقالي مستوى الأولوية المرتفع؛ واللون الأصفر يدل على المناطق المتوسطة الأولوية. في حين يدل الأخضر الفاتح على المواقع ذات الأولوية المنخفضة؛ والأخضر الغامق يشير إلى المناطق ذات الأولوية المنخفضة جداً بالبنية الخضراء بناءً على جودة الأراضي الحضرية.

**شكل 18**

*أولويات مواقع البنية التحتية الخضراء الحضرية حسب جودة الأراضي الحضرية في المدينة المنورة (2022)*



إن مساحة المناطق ذات الأولوية القصوى بالبنية التحتية الخضراء الحضرية بناءً على جودة الأراضي الحضرية تبلغ 285.4كم$^2$ أي ما يُشكل 47% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. أما المناطق ذات الأولوية المرتفعة فتبلغ 77.6كم$^2$ بنسبة 12.8% من إجمالي المساحة. أي أن أكثر من 59% من مساحة المدينة المنورة ذات أولوية قصوى ومرتفعة بالبنية التحتية الخضراء الحضرية بناءً على جودة الأراضي الحضرية؛ في حين أن المناطق المتوسطة الأولوية شكلت 69.7كم$^2$ بنسبة 11.5%؛ مقابل 4% بإجمالي مساحة 23.6كم$^2$ منخفضة الأولوية بـUGL و149.7كم$^2$ بنسبة 24.7% ذات أولوية منخفضة جداً بالبنية الخضراء الحضرية حسب جودة الأراضي الحضرية؛ كما يشير جدول 14.

**جدول 14**

*أولويات مواقع البنية التحتية الخضراء الحضرية حسب جودة الأراضي الحضرية*

| الأولوية | المساحة/ كم$^2$ | % |
|---|---|---|
| منخفضة جداً | 149.7 | 24.7 |
| منخفضة | 23.6 | 4 |
| متوسطة | 69.7 | 11.5 |
| مرتفعة | 77.6 | 12.8 |
| مرتفعة جداً | 285.4 | 47 |
| الإجمالي | 606 | 100 |

## خلاصة النتائج

1 - أكثر من 39% من أحياء المدينة متدنية بجودة الأراضي الحضرية مقابل 15.9% من الأحياء المرتفعة جداً بجودتها.

2 - بناءً على معيار تدهور الأراضي الحضرية فإن مساحة الأراضي المتقدمة شكلت نسبة 10.21% من إجمالي مساحة المدينة المنورة. في حين مثلت الأراضي المتدهورة ما نسبته 27.05%؛ في حين شكلت مساحة الأراضي المستقرة 62.66% من إجمالي مساحة المدينة المنورة.

3 - فيما يتعلق بمعيار جودة الغطاء الأرضي فإن الجبال والحرات والصخور تناقصت بشكل كبير بنسبة -36.2%؛ وكذلك الغطاء النباتي بنسبة -44.8%. وفي مقابل هذا الانخفاض شهد العمران ارتفاعاً كبيراً وملحوظاً بنسبة بلغت 262.3%؛ في حين بلغت نسبة انخفاض الأراضي الفضاء -39.6%.

4 - ارتفع معدل استهلاك الأراضي الحضرية بنسبة 4.4%. كما تقلصت الضواحي بنسبة -31.8%، والتقلص الأكبر كان من نصيب المساحات المفتوحة بجميع أنواعها؛ إذ بلغت نسبته أكثر من -89%.

5 - لا يوجد تجانس في جودة الأراضي الحضرية على مستوى الأحياء.

6 - تبين أن أكثر من 59% من مساحة المدينة المنورة ذات أولوية قصوى ومرتفعة بالبنية التحتية الخضراء الحضرية بناءً على جودة الأراضي الحضرية؛ وأن المناطق ذات الأولوية المنخفضة جداً تُشكل نسبة 24.7%، وذلك وفق اختيار أصحاب اتخاذ القرار.

## التوصيات

- التركيز على تعزيز البنية التحتية الخضراء في الأحياء المركزية للمدينة أولاً، ثم توسيع هذه التحسينات لتشمل الأطراف الجنوبية والغربية والشرقية. ويهدف هذا النهج الإستراتيجي إلى الارتقاء تدريجياً بجودة الأراضي الحضرية، بدءاً من المناطق الأكثر أهمية.

- تنفيذ التخطيط المكاني القائم على نظم المعلومات الجغرافية (GISP) وتحليل القرار المتعدد المعايير (MCDA) لتحديد تدخلات البنية التحتية الخضراء وتحديد أولوياتها. وستسمح هذه النماذج بإجراء تقييم منهجي لمختلف العوامل، مما يضمن توجيه الاستثمارات نحو المجالات الأكثر تأثيراً.

- استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد المتقدمة جنباً إلى جنب مع المنصات الوطنية المتخصصة لتعزيز دقة مراقبة تدخلات البنية التحتية الخضراء وكفاءتها. سيوفر هذا النهج بيانات مستمرة وموثوقة لتوجيه عملية صنع القرار والتأكد من أن التدخلات تحقق التأثير المطلوب.

- إنشاء خطة تفصيلية تحدد المجالات ذات الأولوية لتدخلات البنية التحتية الخضراء، استناداً إلى نتائج النمذجة المكانية وتقييمات خدمات النظام البيئي. ويجب أن تتضمن هذه الخطة إجراءات محددة لتحسين المساحات الخضراء، وضمان توزيعها بشكل عادل على جميع الأحياء.
- إنشاء قاعدة بيانات مكانية شاملة تتضمن طبقات بيانات مختلفة، مثل الغطاء الأرضي، ومؤشرات الغطاء النباتي، والأسطح غير المنفذة، والبيانات الاجتماعية والاقتصادية، والاهتمام بتحديث قاعدة البيانات هذه وصيانتها بانتظام لدعم التخطيط والإدارة الفعالين للبنية التحتية الخضراء.
- تطوير نهج تخطيط متعدد التخصصات يضم خبراء في العلوم البيئية والتخطيط الحضري والعلوم الاجتماعية وعلوم البيانات. وسيضمن هذا الجهد التعاوني وضع إستراتيجية شاملة ومتكاملة لتخطيط البنية التحتية الخضراء الحضرية وإدارتها.

## المراجع


أمانة المدينة المنورة. (2017). *التقرير الأول: تقييم المخطط الإرشادي للمدينة المنورة المُعد 1413*، المدينة المنورة.

البلاع، هيفاء يحيى عبيد. (2020). تحليل سهولة الوصول إلى الحدائق والفسح الخضراء في المدينة المنورة باستخدام الأساليب الجيومعلوماتية. *المجلة العربية للدراسات الجغرافية، 3*(7)، 217-237. https://doi.org/10.21608/jasg.2020.119006

الشيخ، آمال بنت يحيى. (2010). تحليل نمط توزيع الحدائق العامة النموذجية في مدينة جدة باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية. *مجلة اتحاد الجامعات العربية للسياحة والضيافة، 1*(7)، 63-72. http://search.mandumah.com/Record/849977

صبابحة، صفاء صبح محمد. (2013). التوزيع الجغرافي للحدائق في مدينة حائل، *مجلة جامعة القدس المفتوحة للأبحاث والدراسات، 1*(30)، 393-420. https://journals.qou.edu/index.php/jrresstudy/article/view/931

وزارة الشؤون البلدية والقروية. (2019). *الرؤية العمرانية الشاملة للمدينة المنورة*. برنامج مستقبل المدن السعودية. المملكة العربية السعودية. https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/04/madinah_0.pdf

AHP Online System. (n.d.). https://bpmsg.com/ahp/

Alves, A., Marcelino, F., Gomes, E., Rocha, J., & Caetano, M. (2022). Spatiotemporal land-use dynamics in Continental Portugal 1995–2018. *Journal of Sustainability, 14*(23), 1-29. https://doi.org/10.3390/su142315540

As-syakur, A., Adnyana, W., Arthana, W., & Nuarsa, W. (2012). Enhanced built-up and bareness index (EBBI) for mapping built-up and bare land in an urban area. *Remote Sensing, 4*(10), 2957-2970. https://doi.org/10.3390/rs4102957

Baró, F. (2016). *Urban green infrastructure: Modeling and mapping ecosystem services for sustainable planning and management in and around cities* [Unpublished doctoral dissertation]. Universitat Autònoma de Barcelona (UAB).

Clark, D., Brown, S., David, W., Kicklighter, J., Chambers, Q., John, R., & Thomlinson, J. (2001). Measuring net primary production in forests: Concepts and field methods. *Ecological Applications*, *11*(2), 356-370. https://doi.org/10.1890/10510761(2001)011[0356:MNPPIF]2.0.CO;2

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., Van der Ploeg, S., Anderson, S., Kubiszewski, I., Farber, S., & Turner, R. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, *26*(1), 152–158. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002

Eastman, J. (2009). IDRISI Taiga: Guide to GIS and image processing. Clark Labs.

European Environment Agency, Land Cover, accessed on date 2\6\2022. https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/land-cover

Food and Agriculture Organization [FAO], Land Cover Classification System Classification, accessed on date 25\4\2022. https://www.fao.org/land-water/land/land-governance/land-resources-planning toolbox/category/details/en/c/1036361/#:~:text=The%20first%20phase%20is%20an,Aquatic%20or%20Regularly%20Flooded%20Vegetation

Goodspeed, R., Liu, R., Gounaridis, D., Lizundia, C., & Newell, J. (2022). A regional spatial planning model for multifunctional green infrastructure. *Urban Analytics and City Science*, *29*(3), 815–833. https://doi.org/10.1177/23998083211033610

Haase, D., & Nuissl, H. (2007). Does urban sprawl drive changes in the water balance and policy? The case of Leipzig (Germany) 1870–2003. *Landscape and Urban Planning*, *80*(1), 1-13. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.03.011

Hansen, R., Rolf, W., & Pauleit, S. Born, D., (2017). Urban green infrastructure: A foundation of attractive and sustainable cities. Pointers for municipal practice. *Bundesamt für Naturschutz*. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22593.45925

Huang, I., Keisler, J., & Linkov, I. (2011). Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. *Science of the Total Environment*, *409*(19), 3578-3594. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.06.022

Iverson, L., Echeverria, C., Nahuelhual, L., & Luque, S. (2014). Ecosystem services in changing landscapes: An introduction. *Landscape Ecology*, *29*(2), 181-186. https://doi.org/10.1007/s10980-014-9993-2

Jankowski, P., & Nyerges, T. (2001). *GIS for group decision making*. Taylor & Francis.

Lambin, E., & Meyfroidt, P. (2011). Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proceedings of the National Academy*, *108*(9), 3465-3472. https://doi.org/10.1073/pnas.1100480108

Ma, S., & Wang, R. (1984). The social-economic-natural complex ecosystem. *Acta Ecologica Sinica*, *4*(1), 1-9.

Ma, X., & Peng, S. (2021). Assessing the quantitative relationships between the impervious surface area and surface heat island effect during urban expansion. *PeerJ*, *9*, 1-51. https://doi.org/10.7717/peerj.11854

Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, *20*(7), 703–726. https://doi.org/10.1080/13658810600661508

Meel, I. (2009). Can green infrastructure promote urban sustainability? *Engineering Sustainability*, *126*(1), 23-34. https://doi.org/10.1680/ensu.2009.162.1.23

Meerow, S. (2019). A green infrastructure spatial planning model for evaluating ecosystem service tradeoffs and synergies across three coastal megacities. *Environmental Research Letters*, *14*(12), 1-15. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab502c

Meerow, S., & Newell, J. P. (2017). Spatial planning for multifunctional green infrastructure: Growing resilience in Detroit. *Landscape and Urban Planning*, *159*, 62–75. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.10.005

Mosissa, S., Zhongwei, S., Tsegaye, W., & Teklemariam, E. (2023). Prioritization of green infrastructure planning principles using analytic hierarchy process: The case of Addis Ababa. *Urban Forestry & Urban Greening*, *85*(3), 20-42, https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127965

Nowak, D., & Greenfield, E. (2012). Tree and impervious cover change in U.S. cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, *11*(1), 21-31. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2011.11.005

Razzaghmanesh, M., Beecham, S., & Kazemi, F. (2014). The growth and survival of plants in urban green roofs in a dry climate. *Science of the Total Environment*, *477*, 288-297. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.01.014

Saaty, R. (1987). The analytic hierarchy process-What it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, *9*(3), 161-176. https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8

Schueler, T. (1994). The importance of imperviousness. *Watershed Protection Techniques*, *1*(3), 100-111.

Sharma, R., Rimal, B., Baral, H., Nehren, U., Paudyal, K., Sharma, S., Rijal, S., Ranpal, S., Acharya, R., Alenazy, A., & Kandel, P. (2019). Impact of land cover change on ecosystem services in a tropical forested landscape. *Sustainability*, *8*(1), 1-13. https://doi.org/10.3390/resources8010018

Sims, N., Newnham, G., England, J., Guerschman, J., Cox, S., Roxburgh, S., Viscarra Rossel, R., Fritz, S., & Wheeler, I. (2021). *Good practice guidance. SDG Indicator 15.3.1, Proportion of Land That Is Degraded Over Total Land Area. Version 2.0.* United Nations Convention to Combat Desertification. Bonn, Germany.

Su, M., Fath, B., & Yang, Z. (2010). Urban ecosystem health assessment: A review. *Science of the Total Environment*, *408*(12), 2425-2434. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.03.009

Takebayashi, H., & Moriyama, M. (2009). Study on the urban heat island mitigation effect achieved by converting to grass-covered parking. *Solar Energy*, *83*(8), 1211-1223. https://doi.org/10.1016/j.solener.2009.01.019

Trends.Earth, accessed on date 22\4\2022. https://docs.trends.earth/ar/latest/for_users/features/landconsumption.html

Trends.Earth, accessed on date 29\4\2022. http://docs.trends.earth/

United Nations [UN]. (2018). *Metadata on SDGs Indicator 11.3.1 Indicator category: Tier II.*

UNCCD. (2016). *Report of the Conference of the Parties on Its Twelfth Session.* Held in Ankara from 12 to 23 October 2015. Part Two: Actions Taken. United Nations Convention to Combat Desertification.

UNISDR. (2018). *Concepts and definitions. Office for Disaster Reduction.* United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

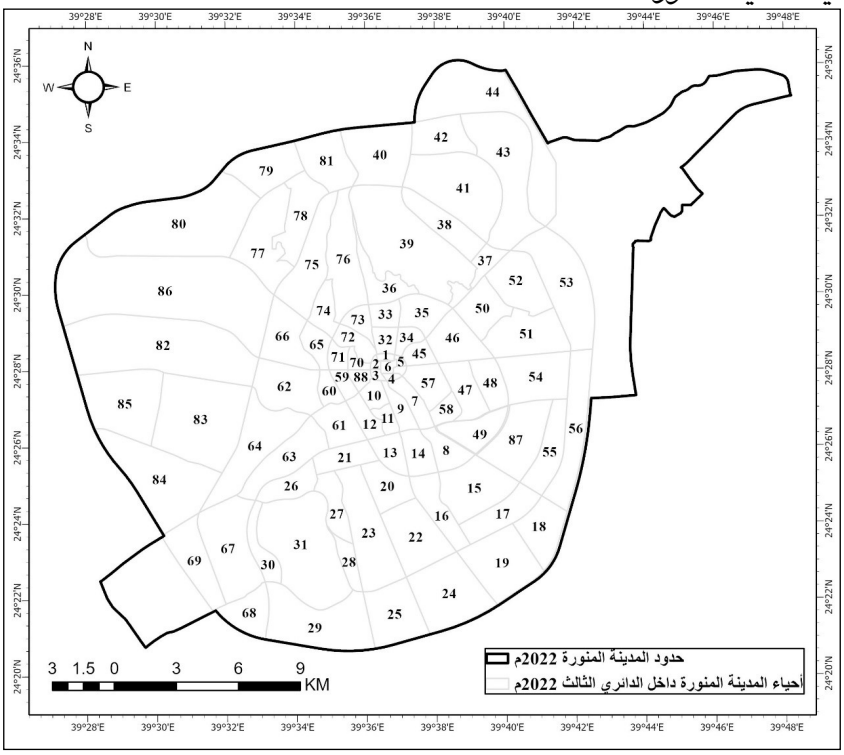
US Environmental Protection Agency, Land Cover, accessed on date 5\6\2022. https://www.epa.gov/report-environment/land-cover

Viswanathan, B., Volder, A., Wason, T., & Peterson, J. (2011). Impervious and pervious pavements increase soil $CO_2$ concentrations and reduce root production of American sweetgum (*Liquidambar styraciflua*). *Urban Forestry & Urban Greening*, *10*(2), 133-139. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2011.01.001

Zhao, C., Fu, G., Liu, X., & Fu, F. (2011). Urban planning indicators, morphology, and climate indicators: A case study for a north-south transect of Beijing, China. *Building and Environment*, *46*(5), 1174-1183. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.12.009

## ملحق 1

*أحياء المدينة المنورة*




| الرقم | الحي |
|---|---|
| 1 | بضاعة |
| 2 | المناخة |
| 3 | النقا |
| 4 | بني خدرة |
| 5 | بني النجار |
| 6 | الحرم الشريف |
| 7 | قربان |
| 8 | العهن |
| 9 | الجمعة |
| 10 | المغيسلة |
| 11 | الدويمة |
| 12 | الظاهرة |
| 13 | العصبة |
| 14 | الخاتم |
| 15 | الروابى |
| 16 | السد |
| 17 | الغراء |
| 18 | الرمالة |

| الرقم | الحي |
|---|---|
| 19 | نبلاء |
| 20 | الحديقة |
| 21 | القصواء |
| 22 | شوران |
| 23 | الرانوناء |
| 24 | رهط |
| 25 | الجصة |
| 26 | أبوبريقاء |
| 27 | الجابرة |
| 28 | بنى بياضة |
| 29 | السكب |
| 30 | الشهباء |
| 31 | جبل عير |
| 32 | المصانع |
| 33 | مسجد الدرع |
| 34 | بنى عبد الأشهل |
| 35 | بنى حارثة |
| 36 | الشهداء |

| الرقم | الحي |
|---|---|
| 37 | التلعة |
| 38 | الدار |
| 39 | جبل أحد |
| 40 | الغابة |
| 41 | الشافية |
| 42 | النقمى |
| 43 | وعيرة |
| 44 | المطار |
| 45 | بنى معاوية |
| 46 | العريض |
| 47 | الاسكان |
| 48 | الخالدية |
| 49 | وادي مهزور |
| 50 | شظاة |
| 51 | المعيوث |
| 52 | الدويخلة |
| 53 | الملك فهد |
| 54 | جشم |

| الرقم | الحي |
|---|---|
| 55 | عين الخيف |
| 56 | الهدراء |
| 57 | بنى ظفر |
| 58 | الشربيات |
| 59 | الاصيفرين |
| 60 | الوبرة |
| 61 | عروة |
| 62 | الجماوات |
| 63 | ذو الحليفة |
| 64 | جماء ام خالد |
| 65 | القبلتين |
| 66 | الجامعة |
| 67 | أبوكبير |
| 68 | الحساء |
| 69 | ورقان |
| 70 | السيح |
| 71 | العنابس |
| 72 | الفتح |

| الرقم | الحي |
|---|---|
| 73 | الرابة |
| 74 | بئر عثمان |
| 75 | البركة |
| 76 | العيون |
| 77 | النخيل |
| 78 | الزهرة |
| 79 | كتانة |
| 80 | الحفيا |
| 81 | الصادقية |
| 82 | السلام |
| 83 | الدفاع |
| 84 | العزيزية |
| 85 | سكة الحديد |
| 86 | طيبة |
| 87 | وادي مذينب |
| 88 | السقيا |

## ملحق 2

*نموذج المقابلة الشخصية للمسؤولين في هيئة تطوير المدينة المنورة (2023/2/6)*

| المعايير | مقياس الأهمية | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | قليلة | متوسطة | كبيرة | كبيرة جداً | مُطلقة |
| - عند التخطيط للبنية الخضراء الحضرية فإن مستوى تدهور الأراضي الحضرية في الأحياء ذو أولوية. | | | | | |
| - عند التخطيط للبنية الخضراء الحضرية في فإن جودة الغطاء الأرضي ذات أولوية. | | | | | |
| - عند التخطيط للبنية الخضراء الحضرية في فإن مستوى الأسطح غير المُنفذة (المنيعة) ذو أولوية. | | | | | |
| - عند التخطيط للبنية الخضراء الحضرية فإن مستوى مؤشر استهلاك الأراضي الحضرية ذو أولوية. | | | | | |

**د. أروى عبدالعزيز سالم الصاعدي**، دكتوراه في الجغرافيا البشرية، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، قسم الجغرافيا، جامعة الملك سعود، 2024. الاهتمامات البحثية: استخدام البيانات الضخمة في الاستشعار عن بعد والتقنيات الجيومكانية لتعزيز النظام البيئي الخضري والبنية التحتية الخضراء. خاصة في البيئات الصحراوية الجافة.

Arwaabdulaziz31@gmail.com

**د. محمد بن سعد المقرّي**، أستاذ جغرافية النقل المشارك، في قسم الجغرافيا، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة الملك سعود. دكتوراه في جغرافية النقل من جامعة إنديانا في الولايات المتحدة الأمريكية، 1986. الاهتمامات البحثية: جغرافية النقل، أساليب كمية.

mmogarry@yahoo.com

**للاستشهاد:**

الصاعدي، أروى عبدالعزيز ، والمقري، محمد بن سعد. (2024). أهمية التخطيط المكاني للبنية التحتية الخضراء لتعزيز وظيفة جودة الأراضي الحضرية في المدينة المنورة. *مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية*، *50*(195)، 249-305.
https://doi.org/10.34120/jgaps.v50i195.3175

**To cite:**

AL Saedi, A. A., & Al-Muqri, M. S. (2024). The importance of spatial planning for green infrastructure to enhance the function of urban land quality in Al Madinah Al Munawwarah. *Journal of the Gulf and Arabian Peninsula Studies*, *50*(195), 249-305.
https://doi.org/10.34120/jgaps.v50i195.3175