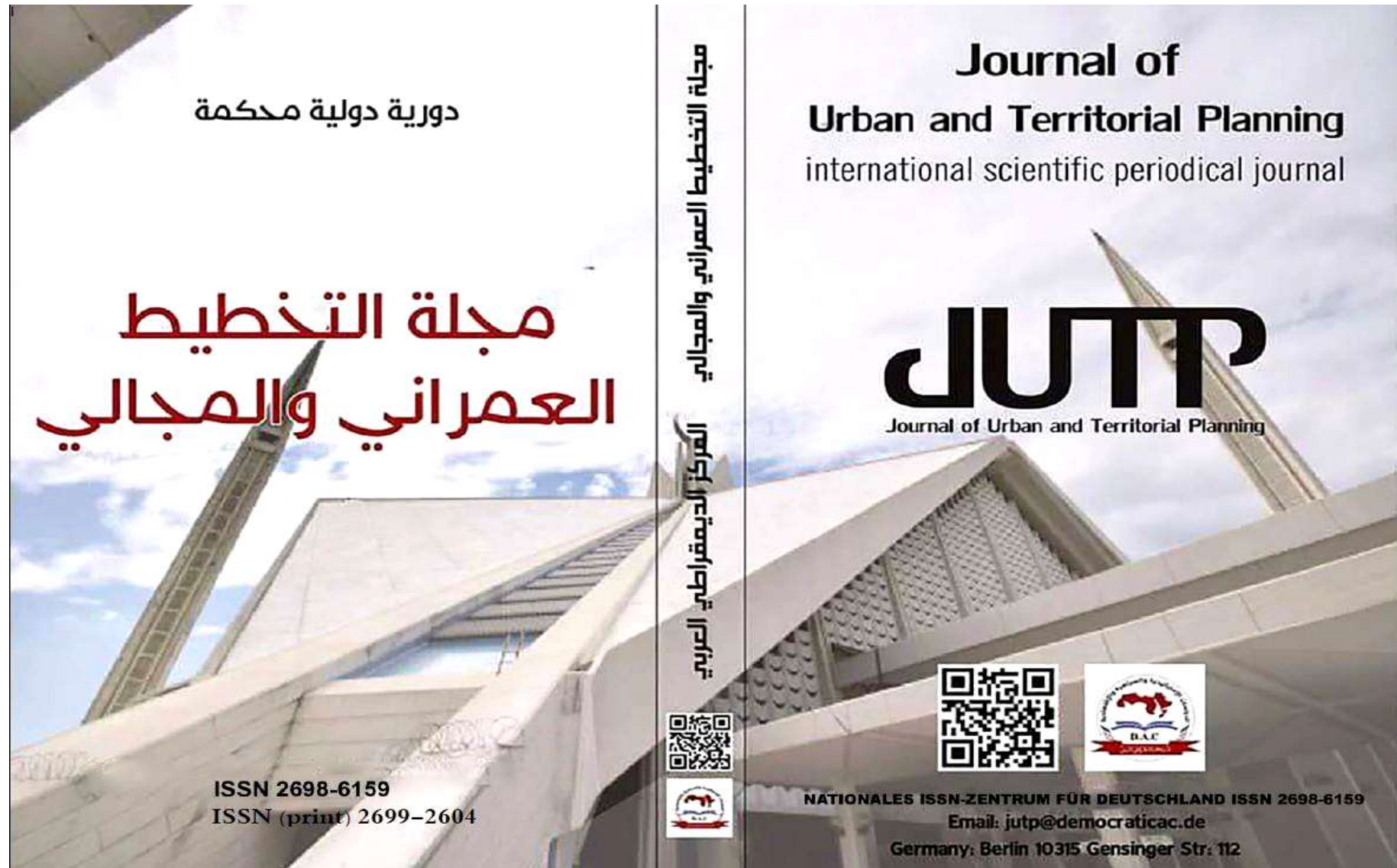




مجلة التخطيط العمراني والمجالي

Journal of Urban and Territorial Planning

International Peer-Reviewed Quarterly Journal

Dedicated to publishing research and studies in
the field of Urban and Spatial Planning

Published by: Arab Democratic Center – Berlin

مجلة فصلية دولية محكمة

تعنى بنشر البحوث والدراسات في مجال
التخطيط العمراني والمجالي

تصدر عن: المركز الديمقراطي العربي – برلين



رئيس المركز الديمقراطي العربي

أ.عمار شرعان

President of the Democratic Arab Center
Ammar Sharaan

رئيس التحرير / Editor-in-chief

أ. د. فواز أحمد الموصى / Prof. Fawaz Ahmad Al Moussa

العدد / Issue

27

السنة / Year

2026

ISSN: 2698 - 6159

Germany: Berlin 10315

<http://democraticac.de> <http://indexpolls.de>

Tel: 0049-code

030-89005468/030-89899419/030-57348845

Managing Director		المدير المسؤول	
Ammar Sharaan		أ.عمار شرعان	
President of the Democratic Arab Center		رئيس المركز الديمقراطي العربي	
Editorial Board		هيئة التحرير	
Editor-in-Chief		رئيس التحرير	
Prof. Fawaz Ahmad Al-Moussa		أ.د. فواز أحمد الموصي	
University of Aleppo - Syrian Arab Republic		جامعة حلب - الجمهورية العربية السورية	
Deputy Editor-in-Chief		نائب رئيس التحرير	
Mohamed Amr Abdelaziz M.Sc.		محمد عمرو عبد العزيز	
Architektur B-TU Cottbus, Deutschland		جامعة براندنبورغ التقنية - كوتبوس، ألمانيا	
Managing Editor		مدير التحرير	
Maha Ammar Charran M.Sc. Architektur		مها عمار شرعان	
B-TU Cottbus, Deutschland		جامعة براندنبورغ التقنية - كوتبوس، ألمانيا	
Publication Ethics Officer		مسؤول أخلاقيات النشر	
Maha Asaad Merza		مها أسعد مرزة	
University of Aleppo - Syrian Arab Republic		جامعة حلب - الجمهورية العربية السورية	

Editorial Board Members		أعضاء هيئة التحرير	
المعهد العالي للتخطيط الإقليمي - جامعة دمشق - سوريا		د. بهجت محمد	
جامعة سوهاج - جمهورية مصر العربية		د. عادل معتمد عبد الحميد	
جامعة الأمام عبد الرحمن بن فيصل - الدمام، المملكة العربية السعودية		د. أحمد جارالله الجارالله	
قسم الجغرافيا - ونظم المعلومات الجغرافية - جامعة حلب - سوريا		د. سمر محمد سمير الصبر في	
كلية الهندسة المعمارية - جامعة بنغازي - ليبيا		د. فاتحة غوما	
كلية الهندسة المعمارية - الجامعة الإسلامية - لبنان		د. مكرم شبيب	
كلية الهندسة المعمارية بجامعة المنيا - مصر		د. سارة عصام محمد علي	
كلية الهندسة المعمارية بجامعة عنيزة - السعودية		د. محمد صلاح عز	
أستاذ نظم المعلومات الجغرافية - الجامعة المصرية الصينية - مصر		د. صبيح عبد الحميد	
قسم الجغرافيا - جامعة دمشق - سوريا		د. أسماء الفوال	
جامعة ذمار - اليمن		د. محمد حزام العمري	
جامعة الحسن الثاني المحمدية - المغرب		د. محمد ازهار	
جامعة القيروان - تونس		د. وسام بن شيخة	
جامعة الحلة - العراق		د. ميثم منفي كاظم العميدي	
جامعة حضرموت - اليمن		د. أمين عبد القادر هشله	

أخلاقيات النشر في مجلة «التخطيط العمراني والمجالي»

- تنشر المجلة الأبحاث الأصلية، الدراسات التطبيقية، المراجعات العلمية، ودراسات الحالة، مع التركيز على جودة البحث وأصالة النتائج.
- تلتزم المجلة بأعلى معايير النزاهة الأكاديمية وأخلاقيات النشر وفق توجيهات اللجنة الدولية لأخلاقيات النشر (COPE).
- جميع الأبحاث تخضع لتحكيم مزدوج المجهول (Double-Blind Peer Review) لضمان العدالة والحيادية.
- يُمنع تماماً الانتحال، تزوير البيانات، أو الممارسات البحثية غير الأخلاقية، ويُفتح تحقيق في أي انتهاك.
- تلتزم المجلة بسرية البيانات أثناء التحكيم، وتحافظ على حقوق الطبع والنشر للمجلة والمؤلفين.
- يُسمح بالاقتراس والاستشهاد وفق القواعد الأكاديمية المعتمدة.
- يُشجع المؤلفون على الإفصاح عن أي تضارب مصالح محتمل وتوفير البيانات الأساسية للبحث عند الإمكان.

Publication Ethics in the Journal of Urban and Regional Planning

- The journal publishes original research, applied studies, scientific reviews, and case studies, with a focus on the quality of research and the originality of results.
- The journal adheres to the highest standards of academic integrity and publication ethics in accordance with the guidelines of the Committee on Publication Ethics (COPE).
- All submissions undergo double-blind peer review to ensure fairness and impartiality.
- Plagiarism, data falsification, and any unethical research practices are strictly prohibited, and any violation will be investigated.
- The journal ensures confidentiality of data during the review process and maintains copyright for both the journal and the authors.
- Citation and referencing must comply with accepted academic standards.
- Authors are encouraged to disclose any potential conflicts of interest and provide underlying research data whenever possible.

التعريف بالمجلة:

مجلة التخطيط العمراني و المجالي، مجلة فصلية دولية محكمة متخصصة في علوم التخطيط العمراني والحضري والإقليمي و تخطيط المدن، وكل ما له علاقة بالبعد التخطيطي بالاعتماد على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية، كما تهتم المجلة بتطبيق الهندسة المدنية على جوانب التخطيط الحضري مثل النقل والمنشآت القاعدية، تخطيط المرافق وحماية الأنسجة العمرانية ومواقع التراث، تخطيط المناطق السياحية والمدن الجديدة، تحسين المناطق الحضرية وإعادة تنميتها وتأهيلها، الهندسة المعمارية والتنمية المحلية، الاعتبارات الجمالية، تخطيط استخدام الأراضي، المرافق، إدارة البنية التحتية، تشريعات البناء والتعمير، تخطيط النقل، البيئة والتخطيط المجالي.

وتهدف هذه المجلة إلى توفير منصة للباحثين العرب والدوليين، وخاصة أولئك الذين يعملون في العالم العربي، لنشر البحوث المتعلقة بالمسائل المرتبطة بالتغيرات السريعة التي تؤثر على البيئة المبنية والقضايا المتعلقة ببرامج التخطيط واستدامة هذه التطورات وأثارها الاجتماعية والاقتصادية والمادية، كما تهدف أيضا بشكل خاص إلى فهم الدوافع وتوضيح التحديات والعوائق التي تواجهها المجالات الحضرية، مما يشكل تحديات كبيرة بالنسبة للدراسة والبحث وجمع البيانات ووضع خطط للتنمية واستدامة هذه المجتمعات وفق مخططات عمرانية ومعمارية تراعي خصوصيات المجال وهوية المجتمع.

محددات النشر

معايير التحكيم الأولي لقبول النشر :

- يجب أن تتوفر في البحوث المقترحة الأصالة العلمية الجادة وتتسم بالعمق.
- يجب ألا يكون المقال قد سبق نشره أو قدم الى مجلة أخرى.
- ألا تكون البحوث المرسله مستلة من كتب مطبوعة، او جزء من أطروحة.
- تمتلك المجلة حقوق نشر المقالات المقبولة ولا يجوز نشرها لدى جهات أخرى الا بعد الحصول على ترخيص رسمي منها.
- لا تنشر المقالات التي لا تتوفر على مقاييس البحث العلمي أو مقاييس المجلة المذكورة.
- المجلة غير ملزمة بإعادة البحوث المرفوضة الى أصحابها.
- تحتفظ المجلة بحق نشر المقالات المقبولة وفق أولوياتها وبرنامجه الخاص.
- البحوث التي تتطلب تصحيح أو تعديل مقترح من قبل لجنة القراءة تعاد الى أصحابها لإجراء التعديلات المطلوبة قبل نشرها.
- على البحوث المقترحة أن تراعي القواعد المنهجية والعلمية المتعارف عليها.
- تخضع كل البحوث المقترحة للتحكيم العلمي من طرف لجنة القراءة وبسرية تامة، بحيث:
- يحق للمجلة اجراء بعض التعديلات الشكلية الضرورية على البحوث المقدمة للنشر دون المساس بمضمونها.
- ترسل الأبحاث على اميل المجلة التالي: jutp@democraticac.de

شروط النشر :

- لغات مقالات هذه المجلة: العربية، الإنجليزية، الفرنسية، الألمانية.
- إعداد الصفحة: الورق مقاس A4 ، مع ترك مسافة 2 سم لكافة أبعاد الورقة، والتباعد بين الأسطر single وعند بداية كل فقرة، يترك فراغ بمقدار (1سم).
- خطوط الكتابة: استخدام Time new Roman لكافة اللغات المعتمدة في المجلة، وبحجم الخط (12) للمتن، وكذلك للعناوين الفرعية ولكن بخط غامق . وبحجم الخط (10) للملخص ولعنوانه (10) غامق، كما يستخدم حجم (10) للهوامش، وللكتلمات المفاتيح، ولنهاية البحث من المصادر والمراجع.
- لا يستخدم في البحث نظام الفصول: الفصل الأول، والفصل الثاني، بل يستخدم الترتيم ابتداء من المقدمة، أي أن المقدمة سيسند لها الرقم واحد وهكذا لباقي الفقرات التي سيسند لها الأرقام بحسب تسلسلها، وإذا كانت هناك فقرات فرعية ضمن الفقرة الرئيسية فيتم ترقيمها اعتماداً على رقم الفقرة ورقم تسلسلها (مثلاً ضمن المقدمة التي رقمها واحد توجد فقرات فرعية فالأولى سيكون رقمها كمايلي 1.1 والثانية 1.2 وهكذا). أي سترقم العناوين الأساسية بأرقام أساسية والعناوين الفرعية بأرقام فرعية مثال (1-، 1-1، 2-، 2-2-). ويفضل أن يكون الترتيم يدوياً وليس آلياً.

بيوب البحث على النحو التالي:

1. عنوان البحث يظهر في منتصف أعلى الصفحة الأولى من البحث، واسم الباحث (أو الباحثين)، وجهة الدراسة أو العمل، والبلد الذي ينتمي إليه، والعنوان (العناوين)، والبريد الإلكتروني.
2. ثم الملخص Abstract ، الملخص باللغة المعتمدة في البحث وكذلك باللغة الإنكليزية، وإن أمكن باللغة العربية أيضاً. يتألف الملخص من مئة وخمسين كلمة تقريباً، ويحتوي على هدف البحث وأهميته، وأسباب اختيار البحث، والجديد الذي سيضيفه عن الأبحاث السابقة، ومنهج البحث وطريقته (في الجمع والفرز، وفي استخدام البيانات والمعلومات، أو من التقنيات أو وسائل البحث والإحصاء وغيرها)، ولمحة عن النتائج، ثم عرض ترتيب الفقرات التي ستبني المقدمة.
3. ثم الكلمات المفتاحية الدالة (key words) ، تمثل المواضيع الأساسية بالبحث، ويفضل ألا تكون من العنوان.
4. ثم المقدمة : Introduction تتضمن أهمية البحث وأهدافه وفائدته، جديده وتميزه عن الأعمال السابقة (لبيان الإضافة في البحث)، وبيان الأسباب الداعية للبحث، وتأثيره.
5. المتن: عرض المعلومات والبيانات والمناقشة والتحليل. ويجب أن يكون تسلسل الأعمال منسقاً بشكل جيد بما يساعد على المتابعة، وعرض الأشكال والصور التفصيلية الواضحة.
6. النتائج والمقترحات. بعرض مساهمات هذا البحث، ومقارنتها بالبحوث المشابهة السابقة، وبيان ما يميزه عنها، ومناقشة النتائج التي تم التوصل إليها، سلباً أو إيجاباً، وإذا كان هناك انحرافات بالنتائج فينبغي توضيح أسباب هذه الانحرافات. تُعرض هذه النتائج بشكل مختصر ومركّز.
- إرفاق نبذة عن سيرة ذاتية للباحث أو الباحثين المشاركين في نهاية البحث.
- حجم البحث لا يقل عن 10 صفحات ولا يزيد عن 20 صفحة بما فيها الرسوم والأشكال والجداول.

- أن يتبع المؤلف الأصول العلمية المتعارف عليها في إعداد وكتابة البحوث وخاصة فيما يتعلق بإثبات مصادر المعلومات وتوثيق الاقتباس واحترام الأمانة العلمية في تهميش المراجع والمصادر.
- ترتب المراجع والهوامش في نهاية المقال بحسب الطرق المنهجية المتعارف عليها ووفقا للتسلسل العلمي المنهجي وبطريقة يدوية.
- المراجع والهوامش تكتب بطريقة APA على الشكل الآتي:
في المتن يكتب بين قوسين: لقب الكاتب والسنة والصفحة (اللقب: السنة... ص..)، وتكتب المعلومات الكاملة في آخر المقال على هذا النحو: اسم ولقب الكاتب، عنوان الكتاب، الجزء، دار النشر، الطبعة، بلد النشر، سنة النشر، الصفحة.
- أسلوب عرض المراجع:
 - الكتب: اسم المؤلف أو المؤلفين، (سنة النشر)، عنوان الكتاب، اسم المترجم أو المحرر، الطبعة، الناشر، مكان النشر، رقم الصفحة.
 - الدوريات والمجلات والتقارير: اسم المؤلف أو المؤلفين، (سنة النشر)، عنوان الدراسة أو المقالة، اسم المجلة، العدد، رقم الصفحة.
 - مقالات الجرائد الإخبارية: اسم المؤلف، عنوان المقالة، اسم الجريدة، تاريخ النشر.
 - المنشورات الإلكترونية اسم الكاتب، عنوان المقال أو التقرير، اسم السلسلة إن وجدت، اسم الموقع الإلكتروني، تاريخ النشر إن وجد.
 - في حين يستشهد بالمرجع في قائمة المصادر والمراجع بالنسبة لمقالات الجرائد والمنشورات الإلكترونية بإزالة تاريخ المشاهدة والنشر.
 - في حالة عدم معرفة اسم الكاتب أو المجلة نكتب بين قوسين (د.ن) وهي تعني دون ناشر.
 - في حال عدم معرفة تاريخ النشر نكتب بين قوسين (د.ت) في القوسين الخاصين بالتاريخ وهي تعني دون تاريخ.
 - كتابة المراجع باللغة الأجنبية يكون بنفس الطريقة التي تكتب بها المراجع باللغة العربية.
 - لا تقسم قائمة المراجع إلى كتب ومجلات وموسوعات بل ترتب ترتيبا أبجديا حسب أسماء المؤلفين.
 - توضع المراجع باللغة العربية أولا وبعدها المراجع الأجنبية.
- الصور والأشكال والجداول:
 - يتم ترقيم الجداول والرسوم التوضيحية وغيرها بحسب ورودها في البحث، مع ذكر العنوان في الأعلى للجدول والأسفل للشكل.
 - ترقيم الجداول ترقيماً متسلسلاً مستقلاً عن ترقيم الأشكال خلال المتن، ويكون لكل منها عنوانه أعلى الجدول ومصدره أسفله.
 - جميع الصور والجداول المستخدمة في البحث لا يجوز أن تكون أعرض من (11سم). حجم الخط داخل الجداول لا تتجاوز (10).
- كل ما يرد في المجلة يعبر عن آراء كاتبه ولا يعكس بالضرورة آراء هيئة التحرير.

Preliminary evaluation criteria for publication acceptance:

- Proposed research must have serious scientific originality and depth
 - The article must not have been previously published or submitted to another journal
 - The submitted research should not be taken from a publication or part of a dissertation
 - The journal owns the rights to publish the accepted articles, and it is not permissible to publish them with other parties except after obtaining an official license from them
 - Do not publish articles that are not available on the standards of scientific research or the standards of the aforementioned journal
 - The journal is not obligated to return the rejected researches to their owners
 - The journal reserves the right to publish accepted articles according to its own priorities and program
 - Researches that require correction or modification proposed by the reading committee are returned to their authors to make the required modifications before publishing them
 - The proposed articles are sent to the Editorial Board for arrangement and classification, and the articles are presented to the Scientific Committee for evaluation
 - All proposed research is subject to double scientific evaluation by the reading committee and in complete confidentiality, so that
 - The journal has the right to make some necessary formal modifications to the research submitted for publication without prejudice to its content
 - The researcher corrects the errors presented by the evaluations, if any, and sends them back to the journal
- **Research should be sent to the journal's email address: jutp@democraticac.de**

Publication terms

- Languages of articles of this journal are: Arabic, French, English, German
- The author of the research should write his/her name, e-mail address, university and country to which he/she belongs below the research title, with a summary of his/her CV attached, and it should be on a special page within the research
- Attach the research with a summary in both Arabic and English
- Articles are attached to a summary of approximately 150 words, and the summary is translated into English or vice versa, with reference to key words
- Research volume is not less than 10 pages and not more than 20 pages
- Page preparation: A4 size paper, leaving a space of 2 cm for all dimensions of the paper, and the spacing between the lines is single. At the beginning of each paragraph, a distance of (1 cm) is left
- Writing fonts: using Time New Roman for all languages approved in the journal, with a font size of (12) for the text, as well as for subheadings, but in bold. Font size (10) for the abstract and its title (10) in bold, and size (10) is used for margins, keywords, and the end of the research from sources and references
- The submitted research should include a list of references to be included in the latter
- References and footnotes are arranged at the end of the article according to the recognized methodological methods and in accordance with the systematic scientific sequence and in a manual manner

- References and footnotes are written in the APA manner as follows
- In the text, write in brackets: the title of the author, the year and the page (title: the year, p:)
- The complete information is written at the end of the article in this way: the name and surname of the author, the book title, the chapter, the publishing place, the edition, the country of publication, the year of publication, and the page

References writing style

- Name of the author or authors, (year of publication), title of the book, name of the translator or editor, edition, publisher, place of publication, page number
- Periodicals, journals and reports: name of the author or authors, (year of publication), title of the study or article, name of the journal, issue, page number
- Newspaper articles: the name of the author, the title of the article, the name of the newspaper, and the date of publication
- Electronic Publications: Name of the author, title of the article or report, name of the series, if any, name of the website, date of publication
- The reference is cited in the list of sources and references for newspaper articles and electronic publications by removing the date of viewing and publication
- In the event that the name of the writer or journal is not known, we write (N.R) in brackets, which means without a publisher
- In the event that the date of publication is not known, we write (N.D) in parentheses for the date, which means without a date
- Writing references in a foreign language is in the same way as writing references in Arabic
- The list of references is not divided into books, journals, and encyclopedias, but is arranged alphabetically according to the authors' names
- References should be placed in Arabic first, followed by foreign references

Pictures and tables

- Tables, illustrations, etc. are numbered according to their inclusion in the research, with the title mentioned at the top of the table and the bottom of the figure
- The tables are numbered sequentially, independent of the numbering of the figures throughout the text, each of them has its title at the top of the table and its source below it
- All images and tables used in the research may not be wider than (11). The font size within the tables does not exceed (10)

المركز الديمقراطي العربي للدراسات الاستراتيجية والسياسية والاقتصادية – ألمانيا – برلين
Democratic Arabic Center in Berlin – Germany



تفاصيل ومعلومات | Details and information

jutp@democraticac.de	البريد الإلكتروني E-mail
00967777479801	الهاتف Phone
Germany: Berlin 10315	العنوان Address
الصفحة الرسمية على المركز الديمقراطي العربي	الموقع الإلكتروني Website
https://democraticac.de/?page_id=61723	الموقع الخاص بالمجلة
Facebook Accounts https://www.facebook.com/groups/2860991800706590	مواقع التواصل الاجتماعي
The following is a list of the Indexing databases	المجلة مفهرسة ضمن

قاعدة بيانات المكتبة الألمانية الوطنية



قائمة المحتويات | Contents

الصفحات	عنوان المقال	مؤلف/مؤلفوالمقال	
Pages	Title	Author(s)	
13	الافتتاحية	أ.د. فواز أحمد الموسى	01
37-15	من التخطيط العمراني المادي للمدينة إلى التخطيط المكاني الاستراتيجي المتروبوليتي: تحول في الفكر التخطيطي وتطبيقاته على إقليم الجبيل	أ.د. أحمد جارالله الجارالله	02
65-38	From Badw to Industrial Corridors: Ontological Layers in the Formation of the Saudi Urban System	Ahmed Jarallah Al-Jarallah	03
89-66	استخدام البيانات الاستشعارية المفتوحة في دراسة التوسع العمراني وتأثيراته (مدينة جرمانا أنموذجاً)	أ.د. أسماء محمد مروان الفوال	04
108-90	دور نظم المعلومات الجغرافية في تحسين إدارة المياه الرقمية	د. سمر محمد سمير الصيرفي	05
138-109	الجامعة الخضراء والتعليم من أجل التنمية إطار استراتيجي لتحول جامعة حلب نحو الاستدامة	أ.د. فواز أحمد الموسى	06



أعزائي القراء والباحثين

يسعدنا أن نقدم لكم العدد السابع والعشرين من مجلة «التخطيط العمراني والمجالي»، الذي يمثل امتداداً لمسيرة علمية حافلة بالبحث الرصين في مجالات التخطيط العمراني والمجالي والتنمية المستدامة. ويعكس هذا الإصدار التزام هيئة التحرير والباحثين بتقديم دراسات متميزة تتناول قضايا محورية في العالم المعاصر، بما في ذلك إدارة الموارد المائية، والتغيرات المناخية، والأمن البيئي، والتخطيط الحضري، والاستدامة البيئية والصحية، مع استثمار التقنيات الحديثة مثل نظم المعلومات الجغرافية والبيانات الاستشعارية المفتوحة لتحليل التوسع العمراني وتأثيراته،

ويقدم العدد دراسات تطبيقية تعكس تطور الفكر التخطيطي من التخطيط العمراني المادي للمدينة إلى التخطيط المكاني الاستراتيجي المتروبوليتي، مع تحليل الطبقات الأنطولوجية في تكوين النظام الحضري السعودي، إضافة إلى تقديم أطر استراتيجية نحو الجامعات المستدامة، كما هو الحال في دراسة الجامعة الخضراء والتعليم من أجل التنمية وإطار تحول جامعة حلب نحو الاستدامة.

من خلال هذه الأبحاث المتنوعة، تسعى المجلة إلى تعزيز الحوار العلمي وتبادل الخبرات بين الباحثين والمهنيين وصناع القرار، لتظل مصدراً موثقاً للمعلومات العلمية ومنبراً للحوار البناء، يسهم في دعم التنمية المستدامة وتحسين جودة الحياة في المجتمعات المحلية والإقليمية.

نتمنى لكم قراءة ممتعة ومفيدة، ونرحب بمساهماتكم العلمية ومشاركاتكم البحثية في الأعداد القادمة.

والله وليّ التوفيق.

رئيس التحرير

أ.د. فواز أحمد الموسى

الافتتاحية

التحول المعرفي في فهم المكان: من الخرائط إلى الذكاء الجغرافي

لم يعد المكان صامتاً كما كان في خرائط الأمس، ولم تعد الجغرافيا ذلك العلم الذي يكتفي بوصف السطوح وتحديد المواقع. نحن اليوم أمام لحظة معرفية فارقة، يتحول فيها المكان من صورة مرسومة إلى كيان حيّ ينبض بالبيانات، ويتكلم بلغة التحليل، بل ويتنبأ بمساراته المستقبلية. إنها لحظة انتقال من "رؤية المكان" إلى "فهمه"، ومن "فهمه" إلى "استشرافه".

لقد شكّلت الخرائط، عبر قرون طويلة، الأداة الأولى التي صاغ بها الإنسان علاقته بالمكان. كانت إجابة واضحة عن سؤال "أين؟"، ومفتاحاً لفهم التوزيع المكاني للظواهر. لكنها، في جوهرها، ظلت تمثيلاً مختزلاً، تختار من الواقع ما يمكن رسمه، وتُسقط ما يتعذر تمثيله. فهي تجمّد الزمن، وتبسط التعقيد، وتمنحنا صورة توهي بالثبات، بينما الواقع يتشكل باستمرار في شبكة من التفاعلات المتغيرة. ومن هنا، لم تعد الخرائط التقليدية كافية لفهم مدن تتسارع فيها التحولات، ولا لأنظمة حضرية تتشابك فيها العوامل البيئية والاجتماعية والاقتصادية في نسيج بالغ التعقيد.

مع بزوغ نظم المعلومات الجغرافية، بدأت الجغرافيا تستعيد عمقها التحليلي، وتتححر من حدود الوصف. لم يعد المكان مجرد سطح يُعرض، بل أصبح منظومة علاقات تُفكك وتُحلل وتُعاد صياغتها. انتقل السؤال من "أين؟" إلى "لماذا؟"، وبدأت المدن تُقرأ بوصفها أنظمة ديناميكية، لا مجرد كيانات مكانية ثابتة. ومع ذلك، ظل هذا التحليل - رغم قوته - أسير الحاضر، عاجزاً في كثير من الأحيان عن اختراق حجب المستقبل.

اليوم، ومع دخول الذكاء الاصطناعي إلى قلب الجغرافيا، نشهد تحولاً أعمق، يتجاوز التحليل إلى التنبؤ، ويتخطى الفهم إلى الاستباق. لقد أصبح بالإمكان أن نتساءل: ماذا سيحدث؟ كيف ستنمو المدن؟ أين ستركز المخاطر؟ وكيف يمكن إعادة تشكيل الفضاء الحضري قبل أن تفرض الأزمات نفسها؟ إن الذكاء الجغرافي لا يقدّم مجرد أدوات جديدة، بل يعيد تعريف العلاقة بين الإنسان والمكان، ويحوّل التخطيط من فعلٍ تفاعلي إلى ممارسة استباقية واعية.

غير أن هذا الأفق الجديد، على اتساعه، ليس خالياً من التحديات. فالمكان الذي أصبح يتكلم بلغة البيانات، قد ينحاز إذا كانت بياناته منحازة، وقد يضل إذا أُسيء تفسيره. وهنا تبرز مسؤولية العلم، ليس فقط في تطوير الأدوات، بل في ترسيخ أخلاقيات استخدامها، لضمان أن تبقى الجغرافيا علماً في خدمة الإنسان، لا أداة لإعادة إنتاج التفاوتات.

إننا في مجلة التخطيط العمراني والمجالي نرى في هذا التحول أكثر من مجرد تطور تقني؛ نراه دعوة لإعادة التفكير في جوهر التخطيط ذاته. فالتخطيط لم يعد هندسةً للمكان فحسب، بل أصبح قراءةً للمستقبل، وصياغةً لاحتماالاته، وبناءً لمدن أكثر عدالة ومرونة واستدامة.

وهنا، يفرض السؤال نفسه بإلحاح:

إذا كانت الخرائط قد أرشدتنا إلى “أين نحن”، فهل يستطيع الذكاء الجغرافي أن يقودنا إلى “أين يجب أن نكون”؟

ذلك هو التحدي... وتلك هي أفق المرحلة القادمة.

أ.د. فواز أحمد موسى

رئيس التحرير

من التخطيط العمراني المادي للمدينة إلى التخطيط المكاني الاستراتيجي المتروبوليتي: تحول في الفكر التخطيطي وتطبيقاته على إقليم الجبيل

الأستاذ الدكتور

أحمد جارالله الجارالله¹

E. Pro_ajj@hotmail.com

الملخص

شهد التخطيط العمراني والمكاني خلال العقود الأخيرة تحولات جوهرية أعادت تشكيل أسسه النظرية وممارساته التطبيقية، نتيجة لتغير طبيعة المدينة ذاتها واتساع نطاق تأثيرها الوظيفي والمكاني. فلم تعد المدينة المعاصرة كياناً عمرانياً مغلقاً يمكن فهمه أو تنظيمه من خلال حدوده الإدارية أو شكله المادي فقط، بل أصبحت جزءاً من منظومات متروبوليتية وإقليمية أوسع، تحكمها شبكات معقدة من العلاقات الوظيفية وتدفقات الحركة وأنظمة البنية التحتية، ولا سيما شبكات النقل والطاقة واللوجستيات.

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل التحول من التخطيط العمراني المتمركز حول المدينة إلى التخطيط المكاني الاستراتيجي المتروبوليتي، من خلال تتبع تطور الفكر التخطيطي، واستعراض التحولات المفاهيمية والإجرائية التي رافقت هذا الانتقال، مع إبراز الدور البنوي للبنية التحتية الاستراتيجية في تشكيل النظم المتروبوليتية.

وتعتمد الدراسة على تطوير إطار تحليلي متعدد المقاييس يدمج بين تكامل المستويات المكانية، والعلاقات الوظيفية، ودور البنية التحتية، والقدرات المؤسسية، ويُطبَّق هذا الإطار على حالة إقليم الجبيل المتروبوليتي بوصفه نموذجاً تخطيطياً قائماً على الصناعة والطاقة والمحاور الاستراتيجية. وتخلص الدراسة إلى أن التخطيط المكاني المعاصر لم يعد يُمارس من خلال تنظيم المدينة منفردة، بل عبر إدارة منظومات مكانية متروبوليتية معقدة تتطلب أدوات تخطيطية وحوكمة جديدة.

الكلمات المفتاحية

التخطيط المكاني؛ الإقليم المتروبوليتي؛ التخطيط الاستراتيجي؛ البنية التحتية الاستراتيجية؛ محاور النقل والطاقة؛ التخطيط متعدد المقاييس.

المقدمة

شهد التخطيط العمراني والمكاني خلال العقود الأخيرة تحولات جوهرية أعادت تشكيل أسسه النظرية وممارساته التطبيقية، نتيجة لتغير طبيعة المدينة ذاتها واتساع نطاق تأثيرها الوظيفي والمكاني. فلم تعد المدينة المعاصرة كياناً عمرانياً مغلقاً يمكن فهمه أو تنظيمه من خلال حدوده الإدارية أو شكله المادي فقط، بل أصبحت جزءاً من منظومات متروبوليتانية وإقليمية أوسع، تحكمها شبكات معقدة من العلاقات الوظيفية، وتدفقات الحركة، وأنظمة البنية التحتية، وعلى رأسها النقل والطاقة واللوجستيات.

وقد ارتبط التخطيط التقليدي، ولا سيما في مراحله الأولى، بمفهوم التخطيط المادي (الفيزيقي) المتمركز حول المدينة، حيث انصب الاهتمام على تنظيم استعمالات الأراضي، وضبط الكثافات، وتشكيل النسيج العمراني داخل حدود حضرية واضحة. ونجح هذا النموذج نسبياً في التعامل مع المدينة الصناعية الكلاسيكية، التي كانت أنشطتها الاقتصادية وسوق عملها وبنيتها التحتية تتركز داخل نطاق حضري محدود. غير أن هذا النموذج بدأ يفقد قدرته التفسيرية والتنظيمية مع تسارع التوسع الحضري، وتنامي الضواحي، وظهور أنماط جديدة من الإنتاج الصناعي والخدمات اللوجستية، واتساع شبكات النقل والطاقة إلى ما وراء الحدود البلدية.

وعلى مدى العقود الأخيرة، شهد التخطيط المكاني تحولا عميقا، حيث تحول من النهج المتمركز حول المدينة والشكل نحو الأنظمة الحضرية والإقليمية التي تشكلها العلاقات الوظيفية، وشبكات البنية التحتية، والتفاعلات متعددة المقاييس (هيلي، 2007؛ منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، 2015).

في هذا السياق، برزت الحاجة إلى إعادة النظر في مفهوم التخطيط ذاته، والانتقال من التخطيط العمراني القائم على الشكل المادي للمدينة إلى التخطيط المكاني الاستراتيجي الذي يتعامل مع الفضاء بوصفه منظومة علاقات ووظائف مترابطة عبر مقاييس مكانية متعددة. ولم يعد السؤال التخطيطي الرئيس يتمحور حول كيفية تنظيم المدينة داخليا فحسب، بل حول كيفية تموضعها ضمن منظومة متروبوليتانية أوسع، وكيفية إدارة علاقاتها بالمراكز الحضرية والصناعية المجاورة، وبمحاور النقل والطاقة، وبالأنظمة الإقليمية والوطنية.

ويُعد التخطيط المكاني الاستراتيجي المتروبوليتاني أحد أبرز تجليات هذا التحول، إذ يركز على توجيه التنمية المكانية على المدى الطويل من خلال الرؤى الاستراتيجية، والتكامل بين القطاعات، وإدارة العلاقات المكانية، بدلاً من الاكتفاء بالأدوات التنظيمية الجامدة. ويقوم هذا النوع من التخطيط على فهم المدينة بوصفها عقدة داخل شبكة متروبوليتانية، تتحدد أهميتها ووظيفتها من

خلال درجة اتصالها، ودورها في منظومة الإنتاج والخدمات، وموقعها على محاور الحركة وتدفقات الطاقة والسلع.

وفي هذا الإطار، اكتسبت البنية التحتية الاستراتيجية - ولا سيما محاور النقل، وشبكات الطاقة، والأنظمة اللوجستية - دوراً مركزياً في إعادة تشكيل التنظيم المكاني. فلم تعد هذه العناصر مجرد مكونات خدمية تابعة للنمو العمراني، بل أصبحت قوى بنيوية فاعلة تسبق التنمية وتوجهها، وتسهم في إنتاج أنماط متروبوليتانية متعددة المراكز، قائمة على التخصص الوظيفي والتكامل الإقليمي. وقد أدى ذلك إلى تزايد الاهتمام بالتخطيط القائم على المحاور والممرات، وبمفهوم الإقليم المتروبوليتاني بوصفه وحدة تخطيطية تتجاوز المدينة المنفردة.

وعلى الرغم من هذا التطور في الفكر التخطيطي، ما تزال الممارسات التخطيطية في كثير من السياقات تعاني من فجوة بين التحول النظري والتحول الإجرائي والمؤسسي. إذ غالباً ما تستمر الأدوات التخطيطية التقليدية، والهياكل الإدارية المجزأة، في التعامل مع المدينة كوحدة مستقلة، في حين تعمل العمليات المكانية الفعلية على مستوى متروبوليتاني وإقليمي. وتبرز هذه الفجوة بوضوح في المناطق الصناعية والطاقة الكثيفة، حيث تتداخل الاعتبارات الحضرية مع قرارات استراتيجية تتعلق بالبنية التحتية، والإنتاج، والتصدير، وسلاسل الإمداد.

هدف الدراسة ومنهجها

انطلاقاً من ذلك، تهدف هذه الدراسة إلى تحليل التحول من التخطيط العمراني للمدينة إلى التخطيط المكاني الاستراتيجي المتروبوليتاني، من خلال تتبع تطور الفكر التخطيطي، واستعراض التحولات المفاهيمية والإجرائية التي رافقت هذا الانتقال، وإبراز الدور البنيوي للبنية التحتية الاستراتيجية في تشكيل النظم المتروبوليتانية. كما تسعى الدراسة إلى تطوير إطار تحليلي متعدد المقاييس يتيح ترجمة هذا التحول النظري إلى أداة تحليلية قابلة للتطبيق.

ولتحقيق ذلك، تعتمد الدراسة على منهج تحليلي-نظري مدعوم بتطبيق تطبيقي على حالة إقليم الجبيل المتروبوليتاني، بوصفه نموذجاً معاصراً للتخطيط القائم على الصناعة والطاقة والمحاور الاستراتيجية. ويهدف هذا التطبيق إلى اختبار قدرة الإطار التحليلي المقترح على تفسير التنظيم المكاني المتروبوليتاني، وإبراز فرص التخطيط المكاني الاستراتيجي وتحدياته في السياقات الإقليمية المعاصرة.

وتتوزع الدراسة على عدد من الأقسام؛ حيث يعالج القسم التالي تطور الفكر التخطيطي من التخطيط العمراني المتمركز حول المدينة إلى التخطيط المتروبوليتاني والإقليمي، ثم يناقش التحولات المفاهيمية في فهم الفضاء والعلاقات المكانية، قبل الانتقال إلى تحليل التحول الإجرائي

والمؤسسي، ودور البنية التحتية الاستراتيجية. كما تُقدّم في القسم اللاحق أداة تحليلية متعددة المقاييس، يليها تطبيقها على حالة إقليم الجبيل المتروبوليتي، وصولاً إلى مناقشة النتائج واستخلاص الاستنتاجات الرئيسية.

أولاً: تطوّر الفكر التخطيطي

1- التخطيط العمراني المتمركز حول المدينة

ارتبطت بدايات التخطيط الحديث بتشكّل المدينة الصناعية، حيث كان التخطيط العمراني يُمارس بوصفه أداة لتنظيم الفضاء الحضري داخل حدود إدارية واضحة. وقد انصبّ الاهتمام في هذه المرحلة على ضبط استعمالات الأراضي، وتنظيم الكثافات، وتحسين الصحة العامة، ومعالجة مشكلات الازدحام والتلوث، من خلال أدوات تنظيمية ذات طابع مادي وشكلي. وكانت المدينة تُفهم باعتبارها وحدة مكانية شبه مكتفية ذاتياً، يمكن التحكم في نموها وتوجيه وظائفها من خلال مخططات تنظيمية ثابتة.

على مدار معظم القرن العشرين، كان التخطيط المكاني قائماً على نماذج مركزة على المدينة تركز على الشكل الحضري، والتقسيم، وتنظيم استخدام الأراضي ضمن أراضي بلدية محدودة (Hall & Payne, 2006).

وقد عكس هذا التوجه طبيعة المدينة في تلك المرحلة، حيث تركزت الأنشطة الاقتصادية وسوق العمل والخدمات داخل النطاق الحضري، وكانت علاقات المدينة بمحيطها محدودة نسبياً. وعليه، فإن التخطيط العمراني التقليدي تعامل مع الفضاء الحضري بوصفه "حاوية مادية" للأنشطة، تُدار من خلال تقسيمات وظيفية واضحة تفصل بين السكن والعمل والصناعة والخدمات.

غير أن هذا النموذج، على الرغم من نجاحه النسبي في سياقه التاريخي، بدأ يُظهر قصوره مع اتساع المدن وتغيّر أنماط الإنتاج والتنقل. فقد أصبحت المدينة أقل قابلية للاحتواء ضمن حدودها الإدارية، وبدأت علاقاتها الوظيفية تمتد إلى ما وراء نطاقها العمراني المباشر، الأمر الذي أضعف قدرة التخطيط العمراني التقليدي على تفسير الواقع المكاني الجديد أو تنظيمه بكفاءة.

لقد أثبتت أطر التخطيط التقليدية القائمة على استخدام الأراضي أنها غير كافية بشكل متزايد في معالجة الديناميكيات المكانية التي تدفعها أنظمة التنقل واللوجستيات والطاقة التي تتجاوز الحدود الإدارية (Graham & Marvin, 2001; Hall & Bean, 2006).

2- بروز التخطيط المتروبوليتي

مع تسارع التوسع الحضري ونمو الضواحي بعد منتصف القرن العشرين، برزت الحاجة إلى توسيع نطاق التخطيط ليشمل ما عُرف بالمناطق المتروبوليتية. فقد أضحت المدينة المركزية مرتبطة

بشبكة واسعة من الضواحي والمراكز الثانوية، من خلال علاقات يومية كثيفة تتعلق بالسكن والعمل والتنقل والخدمات. وأصبح من الواضح أن التخطيط داخل حدود بلدية واحدة لم يعد كافياً لمعالجة قضايا الإسكان، والنقل، والبنية التحتية، وسوق العمل.

عكس ظهور التخطيط الحضري تزايد الترابطات الوظيفية بين المدن المركزية والمناطق المحيطة بها، خاصة فيما يتعلق بأسواق العمل وشبكات النقل والتوسع العمراني (Scott, 2001; OECD, 2015).

في هذا السياق، نشأ التخطيط المتروبوليتي بوصفه محاولة للتعامل مع المدينة ومحيطها كوحدة وظيفية واحدة، تتجاوز الحدود الإدارية التقليدية. وركز هذا النوع من التخطيط على قضايا التنسيق بين البلديات، وتطوير شبكات النقل الإقليمية، وتوزيع الأنشطة الاقتصادية على نطاق أوسع. ومع ذلك، ظل التخطيط المتروبوليتي في كثير من الحالات أسير هياكل مؤسسية مجزأة، وأطر تنظيمية لم تتطور بالقدر الكافي لمواكبة الامتداد الوظيفي للمدينة.

وعلى الرغم من هذه التحديات، شكّل التخطيط المتروبوليتي خطوة مفصلية في تطور الفكر التخطيطي، إذ مثّل انتقالاً أولياً من التركيز على الشكل العمراني للمدينة إلى الاهتمام بالعلاقات الوظيفية التي تربط أجزاء المنظومة الحضرية.

3- النظم الحضرية الكبرى والتعددية المركزية

مع تعاظم حجم المدن وتداخل المناطق المتروبوليتية، تطور الفكر التخطيطي باتجاه التعامل مع نظم حضرية كبرى تتسم بتعدد المراكز، واتساع النطاق المكاني، وتشابك العلاقات الاقتصادية والبنوية. ولم تعد المدينة المركزية هي المحور الوحيد للنشاط، بل برزت مراكز حضرية وصناعية ولوجستية متعددة، لكل منها دور وظيفي متخصص ضمن المنظومة الكلية.

وقد رافق هذا التحول بروز مفهوم التعددية المركزية، الذي يقوم على توزيع الأنشطة والوظائف على عدة مراكز مترابطة، بدلاً من تركيزها في نواة واحدة. وارتبط هذا المفهوم بإعادة تعريف الكفاءة المكانية، حيث لم تعد القرب المكاني وحده هو العامل الحاسم، بل أصبحت إمكانية الوصول، وسرعة الحركة، وجودة الاتصال، عناصر أساسية في تنظيم الفضاء.

وفي هذه المرحلة، بدأ التخطيط ينظر إلى البنية التحتية - ولا سيما شبكات النقل والطاقة - بوصفها عناصر تنظيمية مركزية، تسهم في تشكيل العلاقات بين المراكز المختلفة، وتدعم تكاملها الوظيفي. وأصبح التخطيط أقل ارتباطاً بإنتاج شكل حضري متصل، وأكثر اهتماماً بإدارة شبكة من المواقع المترابطة عبر محاور وممرات استراتيجية.

4- من المدينة إلى النظام المكاني الإقليمي

في السياق المعاصر، تجاوز الفكر التخطيطي حدود التخطيط المتربولتي ليتعامل مع الفضاء بوصفه نظاماً مكانياً إقليمياً متكاملًا. وتُفهم المدن في هذا الإطار على أنها عقد داخل شبكة أوسع من العلاقات تمتد على المستويين الإقليمي والوطني، بل والعالمية أحياناً. ويُعاد تعريف المكان هنا من خلال دوره الوظيفي داخل الشبكة، وليس من خلال حجمه العمراني أو مكانته الإدارية. ويعكس هذا التحول تأثير العولمة، وتكامل سلاسل الإمداد، وتنامي دور اللوجستيات والطاقة، حيث أصبحت القرارات المكانية مرتبطة بأنظمة إنتاج ونقل وتوزيع عابرة للمدن. ونتيجة لذلك، اتجه التخطيط المكاني إلى تبني أطر متعددة المقاييس، تدمج بين المستويات المحلية والمتربولتية والإقليمية ضمن رؤية استراتيجية واحدة.

وفي هذا الإطار، لم تعد البنية التحتية تُخطط استجابة للنمو العمراني، بل أصبحت في كثير من الحالات هي المحرك الرئيس له. وأدى ذلك إلى إعادة ترتيب أولويات التخطيط، بحيث يحتل التخطيط للمحاور والممرات، وللعلاقات بين المراكز، موقعاً متقدماً على التخطيط التفصيلي للشكل العمراني.

5- دلالات التحول في الفكر التخطيطي

يُظهر هذا الاستعراض أن تطور الفكر التخطيطي لم يكن مجرد توسع تدريجي في النطاق المكاني، بل مثّل تحولاً نوعياً في طريقة فهم الفضاء وتنظيمه. فقد انتقل التخطيط من التعامل مع المدينة كوحدة مادية مغلقة إلى فهمها بوصفها جزءاً من منظومة علاقات مكانية معقدة، تتطلب أدوات تحليل وتخطيط تتجاوز التنظيم العمراني التقليدي.

ويمهّد هذا التحول الفكري للانتقال إلى مناقشة التحولات المفاهيمية التي أعادت تعريف مفاهيم مثل الفضاء، والحدود، والمركز، والدور الوظيفي، وهي التحولات التي يتناولها القسم التالي.

ثانياً: التحولات المفاهيمية في التخطيط المكاني المعاصر

1 - من الشكل العمراني إلى الفضاء العلاقي

يمثل الانتقال من التركيز على الشكل العمراني إلى تبني مفهوم الفضاء العلاقي أحد أهم التحولات المفاهيمية في التخطيط المكاني المعاصر. فقد تعاملت المقاربات التخطيطية التقليدية مع الفضاء بوصفه إطاراً مادياً ثابتاً تُنظّم داخله الأنشطة من خلال تقسيمات استعمالات الأراضي والكثافات والشبكات الخدمية. وكان يُفترض أن تحقيق الانسجام الشكلي والتنظيم الوظيفي داخل هذا الإطار كفيل بإنتاج نظام حضري فعال.

غير أن هذا الفهم للفضاء تراجع لصالح تصور جديد يرى أن الفضاء يُنتج من خلال العلاقات والتفاعلات والتدفقات التي تربط المواقع ببعضها عبر الزمن. ووفق هذا التصور، لا تُقاس أهمية المكان بموقعه الجغرافي أو شكله العمراني فقط، بل بدوره داخل شبكة أوسع من العلاقات الوظيفية، وبقدرته على الاتصال والوصول والمشاركة في منظومات الحركة والإنتاج والخدمات. ويزداد على هذا التحول المفاهيمي أن التخطيط المكاني لم يعد معنياً حصراً بإنتاج أشكال عمرانية متجانسة، بل بإدارة العلاقات بين المواقع، وتعزيز الترابط الوظيفي، وتوجيه التدفقات بما يحقق الكفاءة والتكامل على نطاقات مكانية متعددة.

كما أظهرت دراسات أخرى أن تبني التخطيط المكاني الاستراتيجي في المملكة، في إطار رؤية السعودية 2030، يمثل توجهاً انتقالياً مهماً، إلا أن ترجمته المكانية التطبيقية تظل متفاوتة بين الوثائق التخطيطية، الأمر الذي يعزز الحاجة إلى نماذج تخطيطية متروبوليتانية قادرة على الربط بين الرؤية الوطنية والتنفيذ الإقليمي (Alribah & Al-Jarallah, 2018).

2- تفكيك الحدود الإدارية وصعود المناطق الوظيفية

من التحولات المفاهيمية المركزية في التخطيط المعاصر الانتقال من الاعتماد على الحدود الإدارية كوحدات تخطيطية أساسية إلى تبني مفهوم المناطق الوظيفية. إذ أظهرت التجربة أن الحدود الإدارية نادراً ما تعكس الامتداد الحقيقي للعلاقات الحضرية والاقتصادية، خصوصاً في السياقات المتروبوليتانية والإقليمية.

وتُعرّف المناطق الوظيفية على أساس أنماط التفاعل الفعلي بين المواقع، مثل حركة التنقل اليومي، وسوق العمل، ومجالات الخدمة، وشبكات الإنتاج. ويتيح هذا المفهوم فهماً أدق للنطاق المكاني الذي تعمل ضمنه المدينة أو المنظومة الحضرية، بعيداً عن التقسيمات السياسية أو البلدية الجامدة يمثل مفهوم المناطق الحضرية الوظيفية انفصالاً حاسماً عن وحدات التخطيط الإدارية المحددة، مع التركيز على التفاعلات الاجتماعية والاقتصادية مثل التنقل ومناطق الخدمات كأساس للتحليل المكاني (OECD, 2015).

وتتصور نظرية التخطيط المكاني المعاصرة بشكل متزايد الفضاء كبناء علاقي ينتج من خلال التدفقات والتفاعلات والشبكات، بدلاً من أن يكون حاوية فيزيائية ثابتة (Lefebvre, 1991; Castiles, 1996).

وقد أسهم اعتماد هذا المفهوم في إعادة توجيه التحليل والتخطيط نحو فهم كيفية عمل الفضاء فعلياً، بدلاً من كيفية تقسيمه إدارياً، الأمر الذي عزز منطق التخطيط متعدد المستويات، وفتح المجال أمام مقاربات أكثر مرونة في إدارة النمو الحضري والتنمية الإقليمية.

3- التعددية المركزية وإعادة تعريف المركز

أعاد التخطيط المكاني المعاصر النظر في مفهوم "المركز" الحضري، متجاوزاً النموذج الأحادي الذي يفترض وجود نواة مركزية مهيمنة تحيط بها أطراف تابعة. فقد أظهرت التحولات الاقتصادية والبنوية أن الأنشطة الحضرية لم تعد تتمركز في قلب المدينة فقط، بل تتوزع على عدد من المراكز المتخصصة، مثل مراكز الصناعة، والموانئ، والمناطق اللوجستية، ومراكز الأعمال الثانوية.

أصبح تطور متعدد المراكز مبدأ تنظيمي مركزياً في التخطيط الحضري والإقليمي، حيث يعزز توزيع الأنشطة عبر مراكز متعددة مترابطة لتعزيز التماسك الإقليمي والتنافسية (Hall & Bain, 2010; Faludi, 2006).

وفي هذا السياق، برز مفهوم التعددية المركزية الذي يقوم على وجود عدة مراكز مترابطة، لكل منها دور وظيفي محدد داخل المنظومة المتروبوليتانية أو الإقليمية. وتُقاس قوة هذه المراكز ليس بحجمها العمراني، بل بدرجة اتصالها، وبموقعها ضمن شبكات النقل والطاقة، وبقدرتها على أداء وظائف متخصصة تكمل بقية عناصر النظام.

ويعكس هذا التحول انتقال التخطيط من منطق الهيمنة المكانية إلى منطق التكامل الوظيفي، حيث تصبح العلاقات بين المراكز، لا تفوق أحدها على الآخر، هي الأساس في تحقيق الكفاءة والتوازن المكاني.

4- من استعمالات الأراضي إلى تدفقات المكان

من التحولات المفاهيمية الجوهرية أيضاً انتقال التخطيط من التركيز على استعمالات الأراضي بوصفها وحدات ثابتة إلى التعامل مع التدفقات بوصفها عناصر منظمة للفضاء. وتشمل هذه التدفقات حركة السكان، ونقل البضائع، وتوزيع الطاقة، وتبادل المعلومات، ورأس المال.

لقد حول التركيز المتزايد على التدفقات المكانية للأشخاص والسلع والطاقة والمعلومات انتباه التخطيط من استخدامات الأراضي الثابتة نحو الممرات والعقد وأداء الشبكات (Castiles, 1996; Rodriguez et al., 2020).

يفرض هذا المنظور إعادة تعريف عناصر التخطيط الأساسية؛ إذ تبرز المحاور، والعقد، والممرات، ونقاط التقاطع، بوصفها مكونات مكانية رئيسية، في حين تتراجع أهمية الحدود والخطوط الفاصلة بين الاستعمالات. كما يصبح الزمن، وسرعة الحركة، والطاقة الاستيعابية، عوامل مركزية في تقييم الأداء المكان.

ني والتخطيط للنقل والطاقة واللوجستيات، بحيث لا يعود أي منها قطاعاً مستقلاً، بل جزءاً من منظومة مكانية واحدة.

5- إعادة تعريف البنية التحتية كمفهوم تخطيطي

في ضوء هذه التحولات، لم تعد البنية التحتية تُفهم كمجرد منظومة تقنية داعمة، بل أعيد تعريفها بوصفها مفهوماً تخطيطياً مركزياً. فشبكات النقل، وخطوط الطاقة، والمرافق اللوجستية، لا تخدم التنمية فحسب، بل تسهم في إنتاج الفضاء ذاته، وتحديد أنماط التمركز والتوسع والتخصص الوظيفي.

ويمثل هذا التحول نقلة نوعية في التفكير التخطيطي، حيث تصبح قرارات البنية التحتية قرارات مكانية من الدرجة الأولى، لها آثار طويلة الأمد على التنظيم المتروبوليتي والإقليمي. ويترتب على ذلك ضرورة إدماج التخطيط للبنية التحتية في صميم التخطيط المكاني الاستراتيجي، لا التعامل معه كمدخل لاحق أو تقني.

6- خلاصة التحولات المفاهيمية

تُظهر التحولات المفاهيمية السابقة أن التخطيط المكاني المعاصر يقوم على إعادة تعريف جذرية لمفاهيم الفضاء، والحدود، والمركز، والدور الوظيفي، والبنية التحتية. وقد مهد هذا التحول المفاهيمي للانتقال من التخطيط العمراني التقليدي إلى التخطيط المكاني الاستراتيجي المتروبوليتي، القادر على التعامل مع منظومات مكانية معقدة ومتداخلة.

ويمهد هذا القسم للانتقال إلى مناقشة التحول الإجرائي والمؤسسي في التخطيط المكاني، بوصفه الترجمة العملية لهذه التحولات المفاهيمية، وهو ما يتناوله القسم التالي.

ثالثاً: التحول الإجرائي والمؤسسي في التخطيط المكاني

1- من التخطيط التنظيمي إلى التخطيط المكاني الاستراتيجي

ارتبط التخطيط العمراني التقليدي بإجراءات تنظيمية ثابتة، تتمحور حول إعداد مخططات استعمالات أراضٍ ملزمة، وضبط الأنظمة والاشتراطات، والالتزام بتدرج هرمي واضح في اتخاذ القرار. وقد عكس هذا النمط الإجرائي تصوراً مستقراً نسبياً للنمو الحضري، وافترضاً بإمكانية التحكم في التطور المكاني من خلال أدوات تنظيمية طويلة الأمد.

غير أن تعقد النظم المكانية المعاصرة، واتساع نطاق العلاقات المتروبوليتية والإقليمية، كشف محدودية هذا النموذج الإجرائي. ونتيجة لذلك، برز التخطيط المكاني الاستراتيجي بوصفه مقاربة إجرائية بديلة، لا تسعى إلى ضبط كل تفصيله مكانية، بل إلى توجيه مسارات التنمية من خلال رؤى استراتيجية، وأطر عامة، وأولويات

استثمارية قابلة للتكيف. وظهر التخطيط المكاني الاستراتيجي كرد فعل على محدودية تخطيط استخدام الأراضي التنظيمي في إدارة الأنظمة المكانية المعقدة متعددة المقاييس التي تتميز بعدم اليقين والتغيرات السريعة. (Albrechts, 2004; Healey, 2007) ويؤدي التركيز على التدفقات إلى تعزيز الترابط بين التخطيط المكاني. ويتميز التخطيط المكاني الاستراتيجي بالانتقال من منطق "التحكم" إلى منطق "التوجيه"، ومن إنتاج مخططات جامدة إلى بناء أطر مرنة تستوعب التغير وعدم اليقين، وتتكيف مع التحولات الاقتصادية والتقنية والبيئية. وأدى توسع التخطيط إلى مستويات حضرية وإقليمية إلى تفاقم تحديات الحوكمة، خاصة في سياقات تتميز بالتجزئة المؤسسية وتداخل السلطات القضائية (Brenner, 2004; Healey, 1998).

2- تكامل المقاييس المكانية في العملية التخطيطية

من أبرز ملامح التحول الإجرائي في التخطيط المكاني المعاصر السعي إلى تحقيق التكامل بين المقاييس المكانية المختلفة. فلم يعد التخطيط المحلي، أو المتروبوليتي، أو الإقليمي، يُمارس بمعزل عن الآخر، بل أصبح جزءاً من منظومة تخطيطية مترابطة تتطلب تنسيقاً رأسياً وأفقياً بين المستويات المختلفة.

ويفرض هذا التكامل إعادة النظر في تسلسل إعداد الخطط، بحيث لا تُعد الخطط المحلية بمعزل عن الرؤى المتروبوليتية أو الاستراتيجيات الإقليمية، ولا تُقرض الأطر العليا دون مراعاة الخصوصيات المحلية. وبدلاً من ذلك، يتجه التخطيط المكاني إلى عمليات تفاعلية وتكرارية، تسمح بتغذية راجعة مستمرة بين المستويات المختلفة.

ويمثل هذا التحول خروجاً عن النموذج الخطي التقليدي لإعداد الخطط، نحو نموذج ديناميكي قائم على التفاوض والتنسيق والتحديث المستمر.

3- تعقد الحوكمة وصعود منطق التنسيق

رافق التوسع في نطاق التخطيط المكاني تعقد ملحوظ في البيئة المؤسسية، حيث باتت المنظومات المتروبوليتية تضم عدداً كبيراً من الجهات، تشمل بلديات متعددة، وهيئات قطاعية، ومؤسسات بنية تحتية، وجهات استثمارية عامة وخاصة. وقد أضعف هذا التعقد فعالية نماذج الحوكمة التقليدية القائمة على سلطة جهة واحدة أو تسلسل إداري صارم.

وفي هذا السياق، برز منطق الحوكمة التخطيطية القائم على التنسيق، بدلاً من السيطرة التنظيمية المباشرة. وأصبحت العملية التخطيطية تُمارس بوصفها ساحة للتفاوض وبناء التوافق بين الفاعلين، وليس مجرد إجراء فني لإنتاج وثيقة تخطيطية.

ويعكس هذا التحول انتقال التخطيط من إطار "الحكومة" إلى إطار "الحكومة"، حيث تتوزع المسؤوليات، وتتداخل الأدوار، ويصبح النجاح التخطيطي مرهوناً بقدرة المؤسسات على التنسيق، لا بسلطتها التنظيمية فقط.

4- إعادة توجيه الإجراءات نحو العلاقات الوظيفية

أحد أوجه التحول الإجرائي المهمة يتمثل في الانتقال من الاعتماد على مؤشرات مكانية ثابتة - مثل المساحة والكثافة والتقسيم الإداري - إلى إدماج مؤشرات وظيفية في التحليل واتخاذ القرار. وتشمل هذه المؤشرات أنماط التنقل، وسوق العمل، وتدفقات البضائع والطاقة، ومدى تكامل الخدمات.

ويؤدي هذا التوجه إلى إعادة ترتيب خطوات العملية التخطيطية؛ إذ يسبق تحليل العلاقات الوظيفية تحديد الاستعمالات أو الاشتراطات التنظيمية، ويصبح فهم كيفية عمل الفضاء شرطاً أساسياً لتوجيه التنمية المكانية. كما يعزز هذا النهج الطابع التحليلي للتخطيط المكاني، ويحد من الاعتماد على النماذج الشكلية الجاهزة.

5- التحول في دور المخطط

انعكس التحول الإجرائي والمؤسسي في التخطيط المكاني على الدور المهني للمخطط. فلم يعد المخطط مجرد مصمم للشكل العمراني أو منفذ للأنظمة التنظيمية، بل أصبح فاعلاً استراتيجياً يقوم بدور المنسق، والمحلل، والوسيط بين المصالح المختلفة.

ويتطلب هذا الدور الجديد مهارات تتجاوز المعرفة الفنية التقليدية، لتشمل التفكير المنظومي، وفهم البنى الاقتصادية والبنوية، والقدرة على إدارة الحوار والتفاوض، وصياغة الرؤى طويلة الأمد. ويعكس هذا التحول تطور التخطيط المكاني من ممارسة تقنية إلى ممارسة استراتيجية ذات أبعاد سياسية واقتصادية ومؤسسية.

6- خلاصة التحول الإجرائي والمؤسسي

يبين هذا الاستعراض أن التحول في الفكر والمفاهيم التخطيطية قد صاحبه تحول مواز في الإجراءات والمؤسسات. فقد انتقل التخطيط من ممارسة تنظيمية ثابتة إلى عملية استراتيجية مرنة، ومن العمل داخل حدود إدارية ضيقة إلى إدارة منظومات مكانية متعددة المستويات، ومن الاعتماد على السلطة التنظيمية إلى بناء آليات للتنسيق والحوكمة.

ويمهّد هذا التحول الإجرائي والمؤسسي للانتقال إلى مناقشة الدور البنوي للبنية التحتية والمحاور الاستراتيجية في تشكيل النظم المتروبوليتية، وهو ما يتناوله القسم التالي.

رابعاً: دور البنية التحتية والمحاور والطاقة في تشكيل النظم المتروبوليتية

1- من البنية التحتية الداعمة إلى البنية التحتية البنيوية

تعامل التخطيط العمراني التقليدي مع البنية التحتية بوصفها منظومة خدمية تُنشأ استجابةً للنمو العمراني، وتهدف أساساً إلى توفير الحركة والطاقة والمرافق للسكان والأنشطة القائمة. وقد عكس هذا التصور علاقة تبعية بين العمران والبنية التحتية، حيث يأتي التخطيط العمراني أولاً، ثم تُلحق به شبكات الطرق والمرافق وفقاً للاحتياجات المتوقعة.

غير أن التحولات المتروبوليتانية والإقليمية المعاصرة أفضت إلى قلب هذه العلاقة. فقد أصبحت البنية التحتية - ولا سيما محاور النقل، وشبكات الطاقة، والأنظمة اللوجستية - عنصراً بنيوياً يسبق التنمية ويوجهها، ويؤدي دوراً مركزياً في إعادة تشكيل التنظيم المكاني. ولم تعد هذه العناصر مجرد وسائل خدمة، بل قوى مكانية فاعلة تسهم في تحديد مواقع الأنشطة، وأنماط التمرکز، ومسارات التوسع.

وتم إعادة تصور البنية التحتية بشكل متزايد كعنصر هيكلي للتطوير المكاني بدلاً من كونها خدمة تقنية ثانوية، حيث تشكل بنشاط التنظيم المكاني الإقليمي وأنماط الوصول (Graham & Marvin, 2001). ويترتب على هذا التحول إعادة تعريف موقع البنية التحتية في الفكر التخطيطي، بوصفها أداة استراتيجية من أدوات التخطيط المكاني، لا قطاعاً تقنياً منفصلاً عنه.

2- محاور النقل وإعادة تنظيم إمكانية الوصول

تُعد محاور النقل من أبرز العناصر التي أسهمت في إعادة تشكيل النظم المتروبوليتانية. فشبكات الطرق السريعة، والسكك الحديدية، والممرات متعددة الوسائط، لا تختصر المسافات المكانية فحسب، بل تعيد تعريف مفهوم القرب ذاته من خلال تقليص الزمن وتكثيف الاتصال (Graham & Marvin, 2001).

وقد أدى ذلك إلى انتقال التنظيم المكاني من الاعتماد على التلاصق العمراني إلى الاعتماد على إمكانية الوصول، حيث تتحدد قيمة المواقع بمدى ارتباطها بمحاور الحركة، لا بموقعها النسبي داخل النسيج العمراني. ونتيجة لذلك، نشأت مراكز جديدة على أطراف المدن أو على امتداد المحاور، تؤدي أدواراً صناعية أو لوجستية أو خدمية متخصصة، وتسهم في إنتاج نمط متروبوليتاني متعدد المراكز.

ويعكس هذا التحول انتقال التخطيط من إدارة "المكان الثابت" إلى إدارة "المكان المتحرك"، حيث تصبح الحركة ذاتها عاملاً منظماً للفضاء.

3- شبكات الطاقة والمنطق المكاني للإنتاج الصناعي

تلعب شبكات الطاقة دوراً حاسماً في تشكيل النظم المتروبوليتانية، ولا سيما في المناطق ذات الكثافة الصناعية أو المعتمدة على الإنتاج والطاقة. فمواقع محطات التوليد، وخطوط النقل، والبنى التحتية المرتبطة بالطاقة، تفرض قيوداً وفرصاً مكانية تؤثر مباشرة في توزيع الأنشطة الصناعية والعمرانية. تمارس أنظمة الطاقة وشبكات النقل تأثيراً كبيراً على الهياكل المكانية الإقليمية، لا خاصة في المناطق الصناعية والمناطق القائمة على الموارد حيث يؤثر توفر الطاقة والقدرة على اتخاذ قرارات الموقع (Dodder, 2014).

وفي هذا السياق، لا تُفهم الطاقة بوصفها مورداً خديماً فحسب، بل بوصفها عنصراً محدداً للمنطق المكاني للإنتاج. إذ ترتبط الصناعات الثقيلة والأنشطة الكثيفة الاستهلاك للطاقة بمواقع محددة تتوافر فيها القدرة الإنتاجية والبنية التحتية المناسبة، ما يؤدي إلى نشوء أقاليم متخصصة وظيفياً داخل المنظومة المتروبوليتانية.

ويفرض هذا الواقع على التخطيط المكاني دمج اعتبارات الطاقة في صميم الرؤية الاستراتيجية، وعدم التعامل معها كمدخل تقني لاحق أو مستقل عن القرارات المكانية.

4- اللوجستيات وسلاسل الإمداد كمنظم مكاني

مع تعاظم دور التجارة العالمية وتكامل سلاسل الإمداد، اكتسبت اللوجستيات أهمية متزايدة في تشكيل التنظيم المكاني. فقد أصبحت الموانئ، والمناطق اللوجستية، ومراكز التوزيع، والعقد متعددة الوسائط، عناصر رئيسية في النظم المتروبوليتانية، تحدد مسارات التنمية ومواقع التمرکز الاقتصادي. ويقوم المنطق المكاني للوجستيات على الكفاءة الزمنية، والموثوقية، وسهولة الاتصال، ما يعزز دور المحاور والممرات في توجيه الاستثمار والنمو. كما يسهم هذا المنطق في فصل بعض الأنشطة عن النسيج الحضري التقليدي، وإعادة توطينها في مواقع استراتيجية على أطراف المدن أو بين المراكز الحضرية.

ويؤكد هذا التحول أن التخطيط المكاني المعاصر لا يمكن فصله عن فهم ديناميكيات الإنتاج والتوزيع، وأن إدارة الفضاء المتروبوليتاني باتت مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بإدارة التدفقات المادية.

5- الممرات المتكاملة كوحدات تخطيطية

في ضوء تداخل النقل والطاقة واللوجستيات، برز مفهوم الممرات المتكاملة بوصفه وحدة تخطيطية جديدة في التخطيط المكاني الاستراتيجي. ولا تُفهم هذه الممرات كمجرد خطوط بنية تحتية، بل كأطر مكانية متعددة الوظائف، تتركز على امتدادها أنشطة إنتاجية وخدمية وعمرانية مترابطة.

ويتيح التخطيط القائم على الممرات تنسيق الاستثمارات، وتكامل السياسات القطاعية، وتحقيق كفاءة مكانية أعلى، من خلال التعامل مع البنية التحتية والأنشطة المرتبطة بها ضمن رؤية واحدة. كما يسهم هذا النهج في دعم التعددية المركزية، وتعزيز الترابط بين مكونات المنظومة المتروبوليتية.

6- خلاصة الدور البنيوي للبنية التحتية

يتضح مما سبق أن البنية التحتية والمحاور والطاقة لم تعد عناصر مساندة للتنمية العمرانية، بل أصبحت أدوات مركزية لإنتاج الفضاء المتروبوليتي وتنظيمه. ويعكس هذا التحول نقاء الفكر التخطيطي والممارسة الإجرائية في إطار التخطيط المكاني الاستراتيجي، حيث تتقدم قرارات البنية التحتية لتقود مسارات التنمية، وتعيد تعريف العلاقات بين المدينة، والمراكز المحيطة بها، والإقليم الأوسع.

ويمهّد هذا القسم للانتقال إلى بناء الإطار التحليلي متعدد المقاييس، الذي يترجم هذه التحولات النظرية والمفاهيمية والإجرائية إلى أداة تحليلية قابلة للتطبيق، وهو ما يتناوله القسم التالي.

خامساً: الإطار التحليلي متعدد المقاييس والمصفوفة التحليلية

1- مبررات بناء الإطار التحليلي

يفرض التحول من التخطيط العمراني للمدينة إلى التخطيط المكاني الاستراتيجي المتروبوليتي الحاجة إلى أدوات تحليلية قادرة على استيعاب تعقيد النظم المكانية المعاصرة. فالأدوات التقليدية، التي تركز على مطابقة استعمالات الأراضي أو الالتزام بالأنظمة التنظيمية، لم تعد كافية لتفسير أو تقييم منظومات متروبوليتية تقوم على العلاقات الوظيفية، وشبكات البنية التحتية، والتفاعل بين مقاييس مكانية متعددة.

تؤكد الدراسات الحديثة في مجال التخطيط على الحاجة إلى أطر تحليلية قادرة على التقاط الأبعاد العلائقية والبنية التحتية والحوكمة للأنظمة المكانية المعاصرة (Healey, 2007; Albrechts, 2004).

وانطلاقاً من ذلك، تقترح هذه الدراسة إطاراً تحليلياً متعدد المقاييس يهدف إلى ترجمة التحول النظري والمفاهيمي والإجرائي في التخطيط المكاني إلى أداة تحليلية قابلة للتطبيق. ولا يسعى هذا الإطار إلى إنتاج مؤشرات كمية جامدة، بل إلى توفير بنية تفسيرية منهجية تسمح بقراءة الممارسات التخطيطية في ضوء التحولات المعاصرة.

2-مكونات الإطار التحليلي

يتكوّن الإطار التحليلي المقترح من أربعة أبعاد مترابطة، تمثل في مجموعها العناصر الرئيسة التي يقوم عليها التخطيط المكاني الاستراتيجي المتروبوليتي، وهي:

1. تكامل المقاييس المكانية

2. العلاقات الوظيفية

3. البنية التحتية والمحاور الاستراتيجية

4. القدرات المؤسسية والإجرائية

ويُنظر إلى هذه الأبعاد بوصفها منظومة متكاملة، لا يمكن تقييم أي منها بمعزل عن الآخر، إذ إن فعالية التخطيط المتروبوليتي تتحدد بمدى التفاعل بينها.

3-البعد الأول: تكامل المقاييس المكانية

يركز هذا البعد على مدى قدرة المنظومة التخطيطية على الربط بين المستويات المحلية والمتروبوليتية والإقليمية ضمن إطار واحد متماسك. ويشمل ذلك انسجام الأهداف بين الخطط المختلفة، وتكامل الأطر الزمنية، ووجود آليات تنسيق رأسية وأفقية تضمن عدم تعارض السياسات المكانية.

ويعكس هذا البعد الانتقال من التخطيط المجزأ القائم على وحدات إدارية مستقلة إلى التخطيط متعدد المستويات، الذي يعترف بتداخل الأدوار والمسؤوليات عبر المقاييس المكانية المختلفة.

4-البعد الثاني: العلاقات الوظيفية

يعنى هذا البعد بتقييم مدى اعتماد التخطيط المكاني على فهم العلاقات الوظيفية الفعلية التي تربط مكونات المنظومة المتروبوليتية، مثل أنماط التنقل، وسوق العمل، وتدفقات البضائع والطاقة، ومجالات الخدمة. وقيس هذا البعد قدرة التخطيط على تجاوز الحدود الإدارية، والتعامل مع الفضاء بوصفه منظومة تفاعلات حية.

ويُعد هذا البعد محورياً في التخطيط المكاني الاستراتيجي، إذ يشكل الأساس الذي تُبنى عليه قرارات توزيع الأنشطة، وتوجيه الاستثمار، وتطوير البنية التحتية.

5- البعد الثالث: البنية التحتية والمحاور الاستراتيجية

يركز هذا البعد على موقع البنية التحتية في المنظومة التخطيطية، ومدى إدماجها بوصفها عنصراً بنوياً منظماً للفضاء، لا مجرد مدخل تقني. ويشمل ذلك تقييم دور محاور النقل، وشبكات الطاقة، والأنظمة اللوجستية، والممرات المتكاملة، في توجيه التنظيم المكاني ودعم التعددية المركزية.

ويعكس هذا البعد التحول من التخطيط القائم على الشكل العمراني إلى التخطيط القائم على التدفقات والمحاور، بوصفه جوهر التخطيط المتروبوليتي المعاصر.

6-البعد الرابع: القدرات المؤسسية والإجرائية

يتناول هذا البعد مدى قدرة المؤسسات والإجراءات التخطيطية على إدارة التعقيد المتروبوليتي، من خلال آليات التنسيق، والحوكمة، وبناء التوافق بين الفاعلين. ويشمل ذلك وجود أطر مؤسسية للتخطيط المتروبوليتي، ومرونة الإجراءات، وقدرة التخطيط على التكيف مع التغيرات الاقتصادية والتقنية.

ويُعد هذا البعد عاملاً حاسماً في تحويل الرؤى التخطيطية إلى نتائج مكانية ملموسة، إذ لا يكفي وجود تصور استراتيجي دون قدرة مؤسسية على تنفيذه.

7-المصفوفة التحليلية

لتفعيل الإطار التحليلي، تقترح الدراسة مصفوفة تحليلية تربط بين الأبعاد الأربعة ومجموعة من الأسئلة الإرشادية والسمات التخطيطية الدالة، بما يسمح بتطبيق الإطار على حالات دراسية مختلفة.

المصفوفة التحليلية للتخطيط المكاني الاستراتيجي المتروبوليتي:

السمات التخطيطية الدالة	الأسئلة الإرشادية	مجال التركيز	البعد التحليلي
انسجام الأهداف، تكامل الأطر الزمنية، آليات تنسيق	هل توجد مواءمة بين الخطط المحلية والمتروبوليتية والإقليمية؟	الربط بين المستويات	تكاملي المقاييس
تحليل التنقل، سوق العمل، مجالات الخدمة	هل يعتمد التخطيط على فهم التدفقات والروابط الوظيفية؟	التفاعلات المكانية	العلاقات الوظيفية
محاور استراتيجية، ممرات متكاملة، تكامل قطاعات	هل تُعد البنية التحتية عنصراً منظماً للفضاء؟	التنظيم البنوي	البنية التحتية والمحاور
تنسيق مؤسسي، مرونة إجرائية، تخطيط تشاركي	هل تمتلك المؤسسات القدرة على إدارة النطاق المتروبوليتي؟	الحوكمة والإجراءات	القدرات المؤسسية

8- كيفية استخدام المصفوفة التحليلية

تُستخدم المصفوفة التحليلية بوصفها أداة تشخيصية تفسيرية، لا أداة قياس كمي. إذ تتيح قراءة متدرجة لمستوى التحول التخطيطي في الحالة المدروسة، وتحديد نقاط القوة والقصور في كل بعد من الأبعاد الأربعة، مع إبراز طبيعة التفاعل بينها.

ويمكن هذا النهج من تجاوز الوصف السردى للحالات الدراسية، نحو تحليل منهجي يستند إلى إطار نظري واضح، ويعزز قابلية المقارنة بين الحالات المختلفة.

9- خلاصة الإطار التحليلي

يمثل الإطار التحليلي والمصفوفة المقترحة جسراً منهجياً بين النظرية والتطبيق، إذ يترجمان التحولات في الفكر والمفاهيم والإجراءات التخطيطية إلى أداة تحليلية قابلة للتطبيق على النظم المتروبوليتانية. ويمهّد هذا الإطار للانتقال إلى تطبيقه على حالة إقليم الجبيل المتروبوليتاني، بوصفها نموذجاً عملياً لاختبار فعاليته، وهو ما يتناوله القسم التالي.

سادساً: منهجية دراسة الحالة وتطبيق الإطار التحليلي على إقليم الجبيل المتروبوليتاني

1- مبررات اختيار دراسة الحالة

تُوظف دراسة الحالة في هذه الدراسة بوصفها أداة تحليلية لاختبار صلاحية الإطار التحليلي المقترح وقدرته على تفسير التنظيم المكاني المتروبوليتاني في سياق واقعي. ولا تهدف دراسة الحالة إلى تقديم وصف تفصيلي شامل لكل مكونات الإقليم، بل إلى تحليل منطق التخطيط المكاني الاستراتيجي الكامن خلف تشكله، ومدى توافقه مع التحولات النظرية والمفاهيمية والإجرائية التي ناقشتها الدراسة.

وقد جرى اختيار إقليم الجبيل المتروبوليتاني لما يتميز به من خصائص تجعله نموذجاً دالاً للتخطيط القائم على الصناعة والطاقة والبنية التحتية الاستراتيجية. فالإقليم لا يتشكل حول مدينة تقليدية واحدة، بل حول منظومة متكاملة تضم مراكز صناعية، ومناطق عمرانية، وموانئ، ومنشآت طاقة، وشبكات لوجستية، ترتبط جميعها بمحاور نقل وطاقة ذات طابع إقليمي ووطني. مكنت التنمية التي يقودها البنية التحتية من ظهور أنظمة حضرية متكاملة وظيفياً منظمة حول إنتاج الطاقة، والأنشطة الصناعية، واللوجستيات الموجهة نحو التصدير، حتى في غياب الشكل الحضري المستمر (OECD, 2015; Graham & Marvin, 2001).

وفي هذا السياق، يمكن النظر إلى حالة إقليم الجبيل المتروبوليتاني بوصفها تجسيدا تطبيقياً متقدماً نسبياً للتخطيط المكاني الاستراتيجي، حيث لعبت البنية التحتية والطاقة والمحاور اللوجستية دوراً تنظيمياً سابقاً للتوسع العمراني، وهو ما يتقاطع مع نتائج الدراسات الوطنية التي دعت إلى جعل البعد المكاني مرتكزاً أساسياً في الخطط الاستراتيجية المستقبلية للمملكة (الجار الله والربيع، 2014).

2- نطاق دراسة الحالة وحدودها التحليلية

يُعرّف نطاق دراسة الحالة تعريفاً وظيفياً لا إدارياً، بحيث يشمل المجال المكاني الذي تتكشف فيه العلاقات بين المراكز الحضرية والصناعية والبنوية المرتبطة بالجبيل. ويشمل هذا النطاق التجمعات العمرانية، والمناطق الصناعية، والموانئ، ومحاور النقل والطاقة التي تسهم في تشكيل المنظومة المتروبوليتانية.

أما الحدود التحليلية للدراسة، فقد رُسمت استناداً إلى:

- امتداد العلاقات الوظيفية بين مكونات الإقليم،
- نطاق تأثير محاور النقل والطاقة،
- الترابط بين الأنشطة الصناعية واللوجستية والعمرانية.

ويتيح هذا التحديد تجنب حصر التحليل في نطاق بلدي ضيق، والاقتراب من الواقع المكاني الفعلي الذي تعمل ضمنه المنظومة المتروبوليتانية.

3- منهجية تطبيق الإطار التحليلي

جرى تطبيق الإطار التحليلي متعدد المقاييس على إقليم الجبيل المتروبوليتاني من خلال تحليل نوعي تفسيري، يستند إلى مراجعة الوثائق التخطيطية والاستراتيجية ذات الصلة، وتحليل التنظيم المكاني للإقليم في ضوء الأبعاد الأربعة للإطار التحليلي.

وقد تم تناول كل بعد على حدة، وفق الخطوات الآتية:

1. تحديد المظاهر المكانية والمؤسسية ذات الصلة بالبعد التحليلي.
 2. تحليل مدى توافق هذه المظاهر مع منطق التخطيط المكاني الاستراتيجي المتروبوليتاني.
 3. استخلاص دلالات التحليل وربطها بالإطار النظري العام للدراسة.
- ولا يعتمد التحليل على مؤشرات كمية أو تقييمات رقمية، بل على قراءة تفسيرية معمقة تركز على الأنماط والاتجاهات والعلاقات المكانية.

4- البعد الأول: تكامل المقاييس المكانية في إقليم الجبيل المتروبوليتاني

يُظهر تحليل إقليم الجبيل المتروبوليتاني حضوراً واضحاً لتداخل المقاييس المكانية في توجيه التنمية. فقرارات التخطيط المتعلقة بالصناعة والطاقة والبنية التحتية تُصاغ في الغالب على مستويات إقليمية ووطنية، في حين تتكيف الخطط المحلية والعمرانية مع هذه التوجهات الاستراتيجية.

ويعكس هذا النمط نوعاً من التكامل الرأسي، حيث تؤدي الأطر العليا دوراً موجهاً للتنظيم المكاني المحلي. غير أن هذا التكامل لا يخلو من تحديات، أبرزها محدودية التنسيق الأفقي بين الوحدات الإدارية المختلفة داخل الإقليم، ما يبرز الحاجة إلى آليات أكثر وضوحاً للتخطيط المتروبوليتاني المشترك.

5- البعد الثاني: العلاقات الوظيفية

تشكل العلاقات الوظيفية العمود الفقري لإقليم الجبيل المتروبوليتاني. فحركة العمالة، وتدفقات المواد الخام، ونقل المنتجات الصناعية، وتوزيع الطاقة، تربط بين المراكز المختلفة ضمن شبكة

واحدة متكاملة. ولا يمكن فهم التنظيم المكاني للإقليم دون النظر إلى هذه التدفقات التي تتجاوز الحدود البلدية وتعيد تعريف المجال الوظيفي للإقليم.

وقد انعكس هذا المنطق الوظيفي في توجيه مواقع الأنشطة الصناعية، والمناطق اللوجستية، ومناطق الخدمات المساندة، حيث جرى تموضعها بما يحقق أقصى كفاءة اتصال بمحاور النقل والطاقة، بدلاً من الارتباط بالنسيج العمراني التقليدي.

6- البعد الثالث: البنية التحتية والمحاور الاستراتيجية

تؤدي البنية التحتية دوراً بنوياً مركزياً في تشكيل إقليم الجبيل المتروبوليتي. فمحاور النقل البرية، والموانئ، وشبكات الطاقة، ليست عناصر خدمية لاحقة، بل تمثل الإطار الذي انتظمت حوله الأنشطة الصناعية والعمرانية واللوجستية.

ويبرز في هذا السياق التخطيط القائم على المحاور والممرات، حيث تتوزع المراكز الوظيفية على امتداد شبكات النقل والطاقة، بما يعزز التعددية المركزية ويحد من الاعتماد على نواة حضرية واحدة. ويعكس هذا النمط انتقالاً واضحاً نحو التخطيط المكاني الاستراتيجي الذي تقوده البنية التحتية.

7- البعد الرابع: القدرات المؤسسية والإجرائية

تتسم البيئة المؤسسية لإقليم الجبيل المتروبوليتي بقوة الجهات القطاعية المعنية بالصناعة والطاقة والبنية التحتية، وقدرتها على تنفيذ مشاريع كبرى ذات طابع استراتيجي. وأسهم هذا الأمر في تحقيق درجة عالية من الاتساق في تطوير المكونات الصناعية والبنوية للإقليم. في المقابل، يبرز تحدٍ مؤسسي يتمثل في محدودية الأطر التخطيطية المتروبوليتية الشاملة التي تجمع بين مختلف الجهات والمستويات الإدارية ضمن رؤية مكانية واحدة. ويؤكد هذا التحدي الحاجة إلى تطوير نماذج حوكمة تخطيطية قادرة على إدارة الإقليم بوصفه منظومة متكاملة، لا مجموعة مشاريع قطاعية متجاورة.

8- خلاصة تطبيق الإطار التحليلي

يُظهر تطبيق الإطار التحليلي على إقليم الجبيل المتروبوليتي أن الإقليم يجسد بدرجة كبيرة منطق التخطيط المكاني الاستراتيجي المتروبوليتي، ولا سيما في اعتماده على البنية التحتية والمحاور والعلاقات الوظيفية بوصفها عناصر منظمة للفضاء. وفي الوقت ذاته، يكشف التحليل عن فجوة قائمة بين التكامل الوظيفي العالي والتكامل المؤسسي المحدود، ما يمثل أحد أبرز تحديات التخطيط المتروبوليتي في السياقات المعاصرة.

ويمهّد هذا التحليل للانتقال إلى مناقشة النتائج وربطها بالإطار النظري العام، وهو ما يتناوله القسم التالي.

سابعاً: المناقشة

1- إعادة قراءة التخطيط المكاني من منظور متروبوليتي-إقليمي

تؤكد نتائج الدراسة، من خلال الإطار النظري والتطبيقي، أن التخطيط المكاني المعاصر لم يعد قابلاً للفهم أو الممارسة من خلال منطق المدينة المنفردة. فإقليم الجبيل المتروبوليتي يُظهر بوضوح أن التنظيم المكاني بات نتاجاً لتفاعلات معقدة بين البنية التحتية، والطاقة، والصناعة، واللوجستيات، وهي تفاعلات تتجاوز الحدود الإدارية وتعمل على نطاقات متداخلة.

ويعزز ذلك الطرح القائل إن التحول من التخطيط العمراني للمدينة إلى التخطيط المكاني الاستراتيجي المتروبوليتي ليس توسعاً كمياً في نطاق التخطيط، بل تحول نوعي في منطق التخطيط ذاته، حيث تنتقل الأولوية من الشكل العمراني إلى العلاقات الوظيفية، ومن الموقع إلى الشبكة، ومن التنظيم إلى الاستراتيجية. تتماشى النتائج مع الانتقادات النظرية الأوسع للتخطيط الحضري المركز، مما يعزز التحول نحو نماذج التخطيط المكاني العلاقي، والنظامي، والمعتمد على البنية التحتية. (Healey, 2007; Scott, 2001).

2- البنية التحتية بوصفها التجسيد المكاني للتحول التخطيطي

أحد أهم إسهامات هذه الدراسة يتمثل في إبراز الدور البنوي للبنية التحتية بوصفها التعبير المكاني الأوضح عن التحول في الفكر والممارسة التخطيطية. ففي حالة الجبيل، لم تكن محاور النقل وشبكات الطاقة استجابة لاحقة للنمو، بل كانت العامل الحاسم في تحديد مواقع الأنشطة وأنماط التركز والتوسع.

ويطرح هذا الواقع تحدياً للنماذج التخطيطية التي ما تزال تفصل بين التخطيط المكاني والتخطيط للبنية التحتية، أو تتعامل مع الأخيرة كقطاع تقني مستقل. وتؤكد نتائج الدراسة أن التخطيط المتروبوليتي الفعّال يتطلب دمج قرارات البنية التحتية في صميم الرؤية المكانية، بوصفها أدوات تنظيمية من الدرجة الأولى.

3 - التكامل الوظيفي في مقابل التجزئة المؤسسية

تكشف دراسة الحالة عن مفارقة مركزية في التخطيط المتروبوليتي، تتمثل في التباين بين مستوى التكامل الوظيفي المرتفع داخل الإقليم، ومستوى التكامل المؤسسي المحدود. فعلى الرغم من ترابط المراكز الصناعية والعمرانية والبنوية وظيفياً، ما تزال الأطر المؤسسية والإجرائية غير مكتملة بما يكفي لإدارة الإقليم كوحدة تخطيطية واحدة.

وتتفق هذه النتيجة مع الأدبيات التخطيطية التي تشير إلى أن التحدي الأكبر في التخطيط المتروبوليتي لا يكمن في تشخيص الواقع المكاني، بل في تطوير نماذج حوكمة قادرة على مواكبة هذا الواقع. ويؤكد ذلك أن نجاح التخطيط المكاني الاستراتيجي مرهون ليس فقط بجودة الرؤية، بل بقدرة المؤسسات على التنسيق والتكامل عبر المستويات والقطاعات.

4- القيمة المنهجية للإطار التحليلي

تُظهر نتائج تطبيق الإطار التحليلي المقترح فعاليته بوصفه أداة تفسيرية تربط بين النظرية والتطبيق. فقد أتاح الإطار قراءة متوازنة لمستوى التحول التخطيطي في إقليم الجبيل المتروبوليتي، من خلال تفكيك هذا التحول إلى أبعاده الأساسية، دون الوقوع في التبسيط أو التوصيف السردى. وتبرز القيمة المنهجية للإطار في قابليته للتطبيق على سياقات متروبوليتية أخرى، مع إمكانية تكيفه وفق الخصوصيات المؤسسية والاقتصادية لكل حالة. كما يفتح هذا الإطار المجال أمام دراسات مقارنة تُسهم في تعميق فهم التحولات التخطيطية على المستويين الإقليمي والدولي.

5- دلالات نظرية وتطبيقية

على المستوى النظري، تعزز نتائج الدراسة الدعوات إلى إعادة تموضع مفاهيم التخطيط المكاني، بحيث تُمنح مفاهيم مثل الفضاء العلاقي، والمحاور، والطاقة، وسلاسل الإمداد، مكانة مركزية في التحليل التخطيطي. أما على المستوى التطبيقي، فتشير النتائج إلى ضرورة تطوير أدوات وإجراءات تخطيطية مرنة، قادرة على التعامل مع النظم المتروبوليتية بوصفها منظومات ديناميكية لا وحدات إدارية ثابتة.

وتدعم هذه النتائج ما توصلت إليه دراسات تطبيقية سابقة في السياق السعودي، والتي بينت - من خلال تحليل محتوى الخطط والاستراتيجيات الوطنية - أن البعد المكاني لا يزال يُوظف بصورة غير متوازنة بين القطاعات، مع غياب واضح لمفاهيم مركزية مثل الحيز المكاني ونشر التنمية والعدالة المركزية، رغم حضورها في الأدبيات النظرية (Alribah & Al-Jarallah, 2018، الجارالله والرابح، 2014).

ثامناً: الخاتمة

تناولت هذه الدراسة التحول من التخطيط العمراني للمدينة إلى التخطيط المكاني الاستراتيجي المتروبوليتي، بوصفه أحد أبرز التحولات في الفكر والممارسة التخطيطية المعاصرة. وقد بينت الدراسة أن هذا التحول يعكس تغيراً جذرياً في فهم الفضاء، ودور المدينة، وآليات تنظيم التنمية المكانية.

وأظهرت الدراسة أن التخطيط المكاني المعاصر لم يعد يُمارس من خلال ضبط الشكل العمراني أو تنظيم استعمالات الأراضي داخل حدود المدينة، بل من خلال إدارة العلاقات المكانية داخل منظومات متروبوليتانية وإقليمية معقدة، تقودها البنية التحتية الاستراتيجية، ومحاور النقل والطاقة، والتكامل الوظيفي بين المراكز.

ومن خلال تطوير إطار تحليلي متعدد المقاييس وتطبيقه على حالة إقليم الجبيل المتروبوليتاني، أكدت الدراسة أن هذا الإقليم يجسد نموذجاً متقدماً للتخطيط القائم على الصناعة والطاقة والمحاور الاستراتيجية، مع ما يرافق ذلك من تحديات مؤسسية تتطلب تطوير نماذج حوكمة متروبوليتانية أكثر تكاملاً.

وتخلص الدراسة إلى أن نجاح التخطيط المكاني الاستراتيجي المتروبوليتاني يتطلب إعادة تعريف دور التخطيط ذاته، ليصبح ممارسة استراتيجية تنسيقية، لا أداة تنظيمية جامدة. كما تفتح الدراسة آفاقاً لبحوث مستقبلية تتناول تطبيق الإطار التحليلي على حالات متروبوليتانية أخرى، أو تعميق التحليل المؤسسي لنماذج الحوكمة القادرة على إدارة النظم المكانية المعاصرة.

وبذلك، تسهم هذه الدراسة في إثراء الخطاب التخطيطي العربي، وتقديم إطار نظري ومنهجي يساعد الباحثين والممارسين على فهم التحولات العميقة التي يشهدها التخطيط المكاني في عصر النظم المتروبوليتانية والإقليمية.

المراجع

1. الجار الله أحمد والربيع، حسين (2016)، "استنباط نموذج للتخطيط الاستراتيجي المكاني في المملكة العربية السعودية بتوظيف أسلوب دلفي"، مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية، العدد 162 جامعة الكويت، مجلس النشر العلمي،
1. الجار الله أحمد والربيع، حسين (2015). " مفردات البعد المكاني في الخطط الاستراتيجية بالمملكة العربية السعودية: منهج تحليل محتوى" مجلة جامعة الملك سعود - العمارة والتخطيط المجلد السابع والعشرون - العدد الثاني.
2. الجار الله أحمد (2025). "التحول الصناعي - الحضري لمحافظة الجبيل (2050-1975): قراءة تحليلية مستقبلية"، تحت إجراءات النشر.
3. جامعة الملك عبد العزيز (2007). " التخطيط الاستراتيجي والإدارة الاستراتيجية للمدن" سلسلة أصدرات نحو مجتمع المعرفة، الإصدار الخامس عشر

4. الربيع، حسين والجار الله، أحمد (2018). "اعتبارات التخطيط المكاني الاستراتيجي في رؤية المملكة 2030 والخطة الوطنية للتخطيط العمراني: استخدام منهجية تحليل المحتوى للتقييم" مجلة المخطط العمراني العراقي.

2. **Albrechts, L. (2004).** Strategic (spatial) planning reexamined. *Environment and Planning B*, 31(5), 743–758.
3. **Batty, M. (2013).** *The new science of cities*. Cambridge, MA: MIT Press.
4. **Brenner, N. (2004).** *New state spaces: Urban governance and the rescaling of statehood*. Oxford: Oxford University Press.
5. **Castells, M. (1996).** *The rise of the network society*. Oxford: Blackwell.
6. **Dodder, R. S. (2014).** Infrastructure and the spatial organization of energy systems. *Energy Policy*, 75, 1–10.
7. **Faludi, A. (2010).** Cohesion, coherence, cooperation: European spatial planning. *Town Planning Review*, 81(1), 1–18.
8. **Friedmann, J. (1986).** The world city hypothesis. *Development and Change*, 17(1), 69–83.
9. **Graham, S., & Marvin, S. (2001).** *Splintering urbanism: Networked infrastructures, technological mobilities and the urban condition*. London: Routledge.
10. **Hall, P., & Pain, K. (2006).** *The polycentric metropolis: Learning from mega-city regions in Europe*. London: Earthscan.
11. **Healey, P. (1998).** Collaborative planning in a stakeholder society. *Town Planning Review*, 69(1), 1–21.
12. **Healey, P. (2007).** *Urban complexity and spatial strategies*. London: Routledge.
13. **Lefebvre, H. (1991).** *The production of space*. Oxford: Blackwell.
14. **OECD (2015).** *The metropolitan century: Understanding urbanization and its consequences*. Paris: OECD Publishing.
15. **Rodrigue, J.-P., Comtois, C., & Slack, B. (2020).** *The geography of transport systems* (5th ed.). New York: Routledge.
16. **Scott, A. J. (2001).** *Global city-regions: Trends, theory, policy*. Oxford: Oxford University Press.
17. **UN-Habitat (2020).** *World cities report: The value of sustainable urbanization*. Nairobi.

From Badw to Industrial Corridors: Ontological Layers in the Formation of the Saudi Urban System

Ahmed Jarallah Al-Jarallah¹

email. Pro_ajj@hotmail.com

Abstract

This study advances a civilizational-spatial interpretation of Saudi Arabia's territorial transformation by integrating Qur'anic spatial ontology (badw, qaryah, madinah), early twentieth-century decentralization policies, and contemporary corridor-based industrial integration within a unified hierarchical-network framework. Rather than attributing Saudi urbanization solely to hydrocarbon revenues and state-led modernization, the paper argues that the Kingdom's transformation—now characterized by urbanization levels exceeding 86 percent—reflects a layered process of ontological consolidation unfolding across sequential spatial regimes.

The analysis identifies four structurally cumulative stages: (1) mobility-based territoriality, in which diffuse tribal formations dominated spatial organization; (2) stabilization through the Hujar settlement initiative, which established approximately 175 fixed nodes and introduced territorial legibility; (3) hierarchical urban pyramid formation, marked by multi-tiered differentiation between villages, regional centers, and metropolitan cores; and (4) corridor-based network integration, exemplified by the Eastern Industrial Corridor linking Dammam, Ras Tanura, Jubail, Ras Al-Khair, and northern energy nodes into a linear multi-nodal industrial spine.

By employing a Civilizational Spatial Analysis Framework (CSAF), the study bridges semantic ontology, demographic reconstruction, and regional planning theory. It demonstrates that institutional stabilization preceded large-scale industrial intensification and mitigated extreme primate-city concentration often observed in resource-dependent economies. Corridor integration, therefore, represents not an abrupt planning innovation but the apex of a century-long process of territorial consolidation.

The Saudi case contributes to broader urban epistemology by reintroducing the mobility-settlement distinction as a foundational analytical variable and by situating network urbanism within long-term structural sequencing. Ultimately, the transition from badw to industrial corridors reflects a progressive consolidation of territorial order in which stabilization enables hierarchy and hierarchy enables networked integration.

Keywords

Saudi urban transformation; Hujar settlements; territorial stabilization; mobility-based territoriality; hierarchical urban systems; Eastern Industrial Corridor; network urbanism; corridor planning; urban epistemology; civilizational spatial analysis; Saudi Arabia urbanization; regional development.

¹ University of Imam Abdrahman Bin Faisal- Department of Urban & Regional Planning

الملخص

تقدّم هذه الدراسة تفسيراً حضارياً-مكانيّاً للتحوّل الإقليمي في المملكة العربية السعودية من خلال دمج الأنطولوجيا المكانية القرآنية (البدو، القرية، المدينة) مع سياسات الاستقرار في أوائل القرن العشرين، ومع نماذج التكامل الصناعي القائم على الممرات في المرحلة المعاصرة، ضمن إطار هرمي-شبكي موحد. وبدلاً من إرجاع التحضر السعودي حصرياً إلى عوائد النفط والتحديث الذي قادتته الدولة، تجادل الدراسة بأن التحوّل الذي شهدته المملكة — والذي تجاوزت فيه نسبة التحضر 86% — يعكس عملية تراكمية متعددة الطبقات من ترسيخ البنية الأنطولوجية للمجال عبر أنظمة مكانية متعاقبة.

وتحدد الدراسة أربع مراحل بنيوية مترابطة:

- (1) إقليمية قائمة على الحركية، هيمنت فيها التشكيلات القبلية المتنقلة على تنظيم المجال؛
 - (2) مرحلة الاستقرار من خلال مشروع الهجر، الذي أسس ما يقارب 175 عقدة استيطانية ثابتة وأدخل مفهوم القابلية الإدارية للمجال؛
 - (3) تشكّل هرم حضري هرمي تميّز بتدرج متعدد المستويات بين القرى والمراكز الإقليمية والنوى الحضرية الكبرى؛
 - (4) التكامل الشبكي القائم على الممرات، والمتمثل في الممر الصناعي الشرقي الذي يربط الدمام ورأس تنورة والجبيل ورأس الخير والعقد الطاقوية الشمالية ضمن عمود صناعي خطي متعدد العقد.
- وباستخدام إطار التحليل المكاني الحضاري (CSAF)، تربط الدراسة بين التحليل الدلالي الأنطولوجي، وإعادة البناء الديموغرافي التاريخي، ونظرية التخطيط الإقليمي. وتُظهر النتائج أن الاستقرار المؤسسي سبق التصعيد الصناعي واسع النطاق، وأسهم في الحد من ظاهرة المدينة المهيمنة الأحادية التي تظهر غالباً في الاقتصادات الريعية. وعليه، فإن التكامل عبر الممرات لا يمثل ابتكاراً تخطيطياً فجائياً، بل يشكّل ذروة مسار ممتد على مدى قرن من ترسيخ النظام الإقليمي.
- وتسهم الحالة السعودية في تطوير الأبيستمولوجيا الحضرية من خلال إعادة إدراج ثنائية الحركية-الاستقرار بوصفها متغيراً تحليلياً تأسيسياً، ومن خلال موضوعة العمران الشبكي ضمن تسلسل بنيوي طويل الأمد. وفي المحصلة، فإن الانتقال من البدو إلى الممرات الصناعية يعكس ترسيخاً تدريجياً للنظام الإقليمي، حيث يتيح الاستقرار نشوء الهرمية، وتُمكن الهرمية من تحقيق التكامل الشبكي.

الكلمات المفتاحية

التحوّل الحضري السعودي، مشروع الهجر، الاستقرار الإقليمي؛ الإقليمية القائمة على الحركية؛ النظم الحضرية الهرمية؛ الممر الصناعي الشرقي؛ العمران الشبكي؛ تخطيط الممرات؛ الإبيستمولوجيا الحضرية؛ التحليل المكاني الحضاري؛

1. Introduction

1.1 Background

Urban theory has traditionally explained spatial transformation through industrialization, state formation, and capital concentration. Classical and contemporary frameworks emphasize density, institutional governance, and networked integration as defining characteristics of urban systems. Yet these approaches often presuppose a settled territorial regime as their analytical starting point, overlooking the foundational transition from mobility-based territoriality to stabilized settlement.

The Saudi case provides a rare opportunity to observe this foundational transition within a compressed historical timeframe. At political unification in 1932, the territory was largely characterized by mobility-dominant settlement patterns, with nomadic and semi-nomadic populations constituting the majority. Fixed urban centers represented a limited proportion of the demographic structure. Less than a century later, urbanization exceeds 86 percent, industrial cities structure global energy networks, and the Eastern seaboard hosts a linear industrial corridor integrating petrochemical, mining, logistics, and maritime infrastructures.

Rather than interpreting this transformation solely as a consequence of oil wealth, it may be understood as a layered process of spatial consolidation in which stabilization preceded hierarchy, and hierarchy enabled network integration. The Saudi trajectory therefore offers an empirical case through which theoretical questions about mobility, settlement, and urban integration can be reexamined.

1.2 Research Objective

This study aims to develop a hierarchical–network interpretation of Saudi Arabia’s territorial transformation by integrating urban theory with empirical historical reconstruction.

The research pursues three interrelated objectives:

1. To conceptualize mobility, stabilization, and institutional centrality as distinct spatial regimes within urban epistemology.
2. To examine the Hujar settlement initiative as a structural phase of territorial stabilization that transformed diffuse mobility into nodal settlement.
3. To analyze the Eastern Industrial Corridor as a contemporary manifestation of networked integration built upon earlier hierarchical consolidation.

Through this approach, the study bridges theoretical abstraction and spatial practice, demonstrating how ontological distinctions can illuminate concrete patterns of settlement restructuring and industrial corridor formation.

1.3 Significance of the Study

The study is significant at both theoretical and applied levels.

Theoretically, it reintroduces the mobility–settlement distinction as a foundational variable in urban analysis. Much contemporary urban theory begins with already stabilized territories; this research instead foregrounds the structural transition that makes hierarchical and networked urbanism possible. By integrating semantic spatial categories with modern urban frameworks, it expands the epistemological scope of urban studies.

Practically, the Saudi case demonstrates how early territorial stabilization can mitigate extreme metropolitan primacy and facilitate balanced hierarchical growth. The distributed Hujar settlements created nodal anchors across vast geographic space, enabling subsequent infrastructural expansion and demographic redistribution. The later emergence of the Eastern Industrial Corridor illustrates how corridor-based integration depends upon prior stabilization and hierarchical structuring.

Thus, the study contributes to corridor planning literature by situating network integration within long-term territorial sequencing rather than treating it as a discrete policy instrument.

1.4 Methodology

The research adopts a qualitative–historical analytical design structured through the Civilizational Spatial Analysis Framework (CSAF), which integrates theory and empirical evidence across three layers:

1. Conceptual–ontological analysis: extracting spatial distinctions between mobility, stabilization, and centrality as analytical variables.
2. Historical–demographic reconstruction: tracing the transition from mobility-dominant territoriality at unification to widespread settlement stabilization and urban expansion.
3. Spatial–structural analysis: examining the morphology and functional integration of the Eastern Industrial Corridor within network urbanism theory.

By sequentially linking these components, the methodology demonstrates how theoretical categories correspond to measurable demographic shifts and observable spatial configurations. The framework

does not assume direct causal derivation from civilizational discourse to planning policy; rather, it identifies structural continuities across historical layers of territorial consolidation.

This integrative design enables the study to move beyond purely economic explanations and toward a multi-scalar interpretation that connects semantic ontology, state formation, demographic transformation, and industrial corridor development within a unified analytical model.

2. Literature Review

2.1 Urban Epistemology and Theoretical Framing

Urban scholarship has evolved through successive paradigmatic shifts, each redefining what constitutes “the urban.” Classical sociological theory conceptualized the city as a legally bounded and institutionally autonomous entity characterized by governance capacity, market exchange, and socio-economic differentiation (e.g., Weber). In this tradition, urbanity is defined not merely by size but by structured authority and organized administration.

Industrial-era theory subsequently emphasized density, labor specialization, agglomeration economies, and infrastructural concentration as defining features of urban form. The city became associated with industrial clustering and spatial differentiation of functions. Later, critical urban theory reframed space as socially produced, shaped by political economy, capital accumulation, and state power (e.g., Lefebvre; Harvey). These approaches deepened understanding of modern urbanization but typically presupposed sedentary territorial organization as an already established condition.

From Bounded Cities to Networked Regions

More recent scholarship in network urbanism and regional planning has shifted attention from bounded cities to relational systems of nodes and flows (e.g., Castells; Scott; Hall & Pain). Mega-regions, polycentric metropolitan systems, and infrastructural corridors are conceptualized as integrated spatial platforms linking multiple centers through transportation, logistics, and energy infrastructure. In this framework, urbanity becomes a function of connectivity rather than density alone.

Corridor planning literature further develops this relational logic by emphasizing linear multi-nodal integration, export competitiveness, and infrastructural coupling (e.g., Priemus & Zonneveld; Neuman & Zonneveld). However, both network urbanism and corridor theory generally assume the prior existence of stabilized nodes. The transition

from diffuse territorial occupation to fixed settlement grids is rarely interrogated as a structural transformation requiring theoretical attention.

The Mobility–Settlement Gap in Urban Epistemology

Despite these theoretical advances, a conceptual gap persists. Much contemporary urban theory begins its analysis after ontological consolidation has already occurred. The distinction between mobility-based and settlement-based territorial regimes is often treated as a pre-modern background condition rather than as a structural variable with long-term implications for urban formation.

The Saudi case problematizes this assumption. At the beginning of the twentieth century, much of the Arabian Peninsula was characterized by mobility-based territorial organization. Tribal formations moved seasonally in response to ecological cycles; settlement density outside oasis towns remained limited; territorial boundaries were fluid; and administrative penetration was constrained. In such a context, theoretical models grounded solely in density, agglomeration, or network connectivity offer limited explanatory power. Before hierarchy and corridor integration can occur, stabilization must first transform space into nodal settlement.

Ontological Framing: Mobility, Stabilization, Centrality

To conceptualize this foundational transition, the present study draws analytically on the spatial distinctions embedded in the categories of *badw*, *qaryah*, and *madinah*. Interpreted structurally rather than theologically, these terms articulate an ontological spectrum of territorial organization:

- Mobility-based territoriality
- Stabilized bounded settlement
- Institutionalized urban centrality

This spectrum reframes urbanization as progressive consolidation rather than abrupt industrial expansion. Mobility yields to stabilization when populations anchor themselves to fixed localities. Stabilization evolves into centrality through institutional differentiation. Centrality can then scale outward into hierarchical systems and, eventually, into networked integration across regions.

Saudi Urban Studies and the Missing Structural Link

Gulf urban scholarship has extensively documented state-led modernization, oil-driven development, and megaproject urbanism (e.g., Elsheshtawy; Hertog; Kanna). Within Saudi Arabia, research has examined industrial cities such as Jubail and Yanbu, administrative centralization,

and petrochemical clustering along the Eastern seaboard. These studies highlight the transformative impact of hydrocarbon revenues and strategic planning.

The Hujar settlement initiative, however, occupies a more limited theoretical position in existing literature. It is typically analyzed as a political and religious strategy aimed at sedentarizing tribal populations and consolidating authority. While its political significance is widely acknowledged, its structural implications for long-term spatial organization have received less systematic integration within urban theory.

Demographic evidence indicates that nomadic populations constituted a majority at unification, while urban residents represented a small minority. Over subsequent decades, urbanization increased dramatically, now exceeding 86 percent. Yet Saudi Arabia does not exhibit extreme primate-city concentration comparable to many resource-rich states. Instead, it maintains a multi-tiered urban hierarchy comprising small towns, intermediate centers, and major metropolitan nodes.

This pattern raises an unresolved theoretical question: did early territorial stabilization mitigate later metropolitan hyper-concentration? Existing scholarship documents both sedentarization and industrial growth but seldom connects them within a unified structural framework.

Corridor Planning and Hierarchical Preconditions

The literature on industrial corridors provides insight into the spatial configuration of the Eastern Industrial Corridor. Petrochemical complexes, mining facilities, logistics platforms, and maritime terminals align along a linear Gulf coastline, forming a multi-nodal industrial spine. Corridor theory emphasizes efficiency, specialization, and global connectivity.

However, it rarely addresses how such corridors depend upon prior hierarchical structuring of settlement systems. Network integration presupposes stabilized nodes capable of supporting labor markets, administrative coordination, and infrastructural density. The Saudi trajectory suggests that corridor formation is not an isolated planning instrument but the apex of earlier stabilization and hierarchical consolidation.

Identified Gaps

Across the literature, three principal gaps emerge:

1. Urban epistemology under-theorizes the transition from mobility-based territoriality to stabilized settlement grids.

2. Saudi urban studies document modernization but insufficiently integrate early sedentarization into long-term structural analysis.
3. Corridor planning theory emphasizes integration but seldom situates corridors within historical sequences of territorial consolidation.

Positioning of the Present Study

This study addresses these gaps by synthesizing semantic ontology, historical-demographic reconstruction, and spatial-structural analysis within a hierarchical–network framework. By interpreting the Hujar initiative as a foundational stabilization phase and the Eastern Industrial Corridor as the apex of network integration, the research reframes Saudi urban transformation as progressive territorial consolidation rather than episodic modernization.

3. Civilizational Spatial Analysis Framework (CSAF)

This study adopts a qualitative–historical analytical design structured through what is termed the Civilizational Spatial Analysis Framework (CSAF). The framework is designed to integrate semantic interpretation, historical-demographic reconstruction, and spatial-structural analysis into a coherent explanatory model. Rather than employing econometric modeling or spatial simulation, the study focuses on identifying structural continuities across temporal layers of territorial transformation.

The CSAF operates through three interrelated analytical components.

3.1 The first component is conceptual–ontological analysis.

This stage examines Qur’anic spatial terminology—*badw*, *qaryah*, and *madinah*—as structured categories encoding modes of territorial organization. The objective is not theological exegesis, nor normative interpretation, but conceptual extraction. The analysis identifies the implicit spatial properties embedded in each term: mobility, stabilization, and institutional centrality. These properties are then abstracted into analytical variables applicable to historical and contemporary contexts.

3.2 The second component is historical–documentary reconstruction.

This stage relies on demographic records, historical accounts of the Hujar settlement initiative, and national statistical data documenting urbanization trends. Particular attention is given to population composition at the time of unification, the establishment of approximately 175 documented Hujar settlements in the early twentieth century, and the subsequent increase in urban population percentages across decades. The

goal is to trace the transition from mobility-based territoriality to stabilized settlement patterns and hierarchical urban formation.

3.3 The third component is spatial–structural interpretation.

This stage examines the Eastern Industrial Corridor as a contemporary manifestation of networked functional urbanism. Industrial clustering along the Gulf coast, port–industrial coupling, infrastructural density, and linear multi-nodal integration are analyzed in relation to corridor planning theory and network urbanism. Rather than treating the corridor as an isolated planning initiative, the analysis situates it within the longer sequence of stabilization and hierarchical structuring identified in earlier phases.

3.4 Fourth Integration across these components proceeds sequentially.

Semantic ontology establishes the conceptual axis of mobility, stabilization, and centrality. Historical reconstruction identifies the empirical transformation corresponding to the stabilization phase. Spatial-structural analysis demonstrates how hierarchical formation enables corridor-based integration. The framework thus links civilizational categories, demographic evidence, and contemporary planning configurations within a unified interpretive arc.

The CSAF does not claim direct causal derivation between religious discourse and state policy. It does not suggest that modern planners consciously applied Qur’anic categories in designing settlement systems or industrial corridors. Instead, the framework posits structural continuity at the level of territorial logic. Civilizational spatial distinctions provide an ontological lens through which historical transformation can be interpreted, without implying deterministic or theological causation.

The study also acknowledges its interpretive scope and limitations. It does not employ quantitative GIS modeling to measure spatial concentration indices. It does not calculate formal primacy ratios or apply econometric forecasting models. Nor does it attempt to generalize the Saudi trajectory universally across different geopolitical contexts. Rather, it seeks to illuminate a specific case in which mobility-based territoriality transitioned into stabilized settlement and ultimately into networked industrial integration.

By combining semantic analysis with empirical demographic data and regional planning theory, the CSAF provides a multi-layered methodology suitable for examining long-term territorial restructuring. It allows the study to move beyond narrow disciplinary boundaries—bridging urban theory, historical sociology, regional planning, and civilizational studies—while maintaining analytical coherence.

The next section applies the first component of this framework in detail, examining the structured semantic distinctions between *badw*, *qaryah*, and *madinah* and extracting their spatial implications. This study does not claim universal generalizability but offers an interpretive structural model grounded in the Saudi case.

4. Qur'anic Spatial Ontology: A Structured Semantic Analysis

The semantic component of the Civilizational Spatial Analysis Framework begins with a structured examination of three key Qur'anic spatial terms: *badw*, *qaryah*, and *madinah*. The objective is not exegetical theology but conceptual clarification. Each term is analyzed as encoding a distinct mode of territorial organization. By identifying the structural properties embedded in these categories, it becomes possible to articulate an ontological axis of spatial consolidation applicable to historical and contemporary contexts.

The term *badw* derives from a root associated with openness, exposure, and emergence. In classical Arabic usage, it refers to desert life and the condition of inhabiting open terrain beyond fixed settlement boundaries. Within Qur'anic narrative contexts, the term denotes a form of habitation characterized by mobility rather than architectural consolidation. Spatially, *badw* implies diffuse occupation of territory, seasonal movement, and adaptive engagement with environmental conditions. Authority structures in such regimes are often relational and kinship-based rather than territorially bounded. There is limited architectural centrality and weak internal differentiation of space.

Importantly, *badw* does not correspond directly to the modern statistical category of "rural." Rural settlements in contemporary classification systems are typically sedentary and agriculturally anchored. By contrast, *badw* signifies mobility-based territoriality in which settlement is temporary, dispersed, or seasonally variable. The decisive feature is not low density but the absence of stabilized nodal structure. Territory is traversed rather than bounded; authority is relational rather than spatially centralized.

The term *qaryah* derives from a root associated with gathering, hosting, and collective settlement. In Qur'anic usage, it frequently denotes a community anchored to a recognizable locality. Unlike *badw*, which emphasizes openness and movement, *qaryah* implies boundedness and collective cohesion. The settlement is treated as a corporate entity capable of collective action and responsibility. Spatially, this suggests fixed

habitation, recognizable territorial limits, and social integration within a localized framework.

The scale of qaryah in narrative contexts varies, indicating that size alone does not define the category. What distinguishes qaryah structurally is stabilization: the transition from diffuse occupation to fixed, bounded settlement. Internal differentiation may be limited, and institutional complexity may be modest compared to larger urban centers. However, the presence of architectural permanence and localized cohesion marks a significant ontological shift from mobility-based regimes.

The term madinah derives from a root associated with settlement, governance, and organized urban life. Within Qur'anic contexts, it conveys institutional centrality and structured spatial organization. The phrase "from the farthest end of the city" indicates internal differentiation between center and periphery, implying morphological extension and circulation pathways. Madinah therefore represents not merely settlement but organized urban centrality characterized by administrative coordination and spatial structuring.

The distinction between qaryah and madinah is not reducible to population size. Rather, it concerns institutional intensity and internal spatial differentiation. A qaryah may be stabilized yet lack complex administrative layering. A madinah embodies structured centrality, governance capacity, and internal stratification. In contemporary terms, it approximates the notion of an institutionalized urban core.

Synthesized analytically, the three categories form a progressive axis:

Mobility-based territoriality (badw)
→ Stabilized bounded settlement (qaryah)
→ Institutionalized urban centrality (madinah)

This ontological progression can be structurally summarized in Table 1, which clarifies the spatial logic, settlement morphology, and institutional intensity associated with each category.

Table 1. Ontological Spatial Categories

Category	Spatial Logic	Settlement Form	Institutional Intensity
Badw	Mobility-based territoriality	Diffuse / non-nodal	Relational authority
Qaryah	Stabilized bounded settlement	Fixed local node	Collective cohesion
Madinah	Institutional centrality	Differentiated urban core	Structured governance

Source: Author's structured semantic analysis.

This progression is not explicitly presented as a chronological developmental sequence within scriptural discourse. However, structurally, it encodes increasingly consolidated forms of spatial organization. The transition from movement to stabilization, and from stabilization to centrality, represents cumulative structuring of territory.

When abstracted from their linguistic origins and interpreted analytically, these categories illuminate fundamental spatial distinctions often obscured in modern urban discourse. Contemporary classifications frequently collapse diverse settlement forms into binary urban–rural categories defined by density thresholds. The ontological distinctions embedded in *badw*, *qaryah*, and *madinah* instead foreground mobility, boundedness, and institutional centrality as primary variables.

This structured semantic analysis establishes the conceptual foundation for interpreting the Saudi transformation. The early twentieth-century Arabian Peninsula approximated a mobility-dominant regime analogous to *badw*. The Hujar settlement initiative introduced fixed nodes resembling the structural condition of *qaryah*. Subsequent urban hierarchy formation and industrial centrality reflect characteristics aligned with *madinah*. The progression is not textual replication but structural analogy.

By identifying this ontological axis, the study provides a conceptual lens through which historical stabilization and contemporary network integration can be interpreted as stages within a continuum of territorial consolidation. The following section applies this framework to the empirical case of the Hujar settlement phase, examining how stabilization transformed diffuse mobility into nodal territorial order.

5. The Hujar Settlement Phase: Territorial Stabilization and Nodal Formation

At the beginning of the twentieth century, much of the Arabian Peninsula operated under a mobility-dominant spatial regime. Tribal formations traversed vast territories in accordance with ecological cycles, water availability, and pastoral requirements. Settlement outside oasis towns and pilgrimage centers was limited in permanence and architectural consolidation. Authority was relational and kinship-based, and territorial boundaries were fluid. This condition corresponds structurally to the ontological category of mobility-based territoriality identified earlier.

The Hujar settlement initiative marked a decisive turning point in this spatial configuration. Beginning in the 1910s and expanding in subsequent decades, approximately 175 documented settlements were established with the explicit objective of anchoring mobile populations into fixed localities.

These settlements were typically organized around a central mosque, residential clusters, and agricultural plots. In addition to their religious and social functions, they served as administrative nodes linking local populations to emerging state authority.

The structural significance of the Hujar initiative lies not primarily in its immediate demographic scale but in its territorial impact. By transforming diffuse movement into fixed habitation, the initiative introduced nodality into previously non-nodal space. Each settlement functioned as a micro-anchor within the broader territorial field. Populations became geographically legible, enabling administrative oversight, taxation, dispute resolution, and infrastructural provision.

Demographic data at the time of political unification in 1932 indicate that nomadic populations constituted a majority of the total population, while urban residents represented roughly one-tenth. This composition reflected the persistence of mobility-based territorial organization. However, the establishment of Hujar settlements progressively altered this balance. While the numerical scale of early settlements was modest relative to later urban expansion, their distributed spatial placement across the territory created a foundational grid upon which subsequent growth could occur.

The demographic restructuring that followed territorial stabilization is summarized in Table 2, demonstrating quantitatively how nodal anchoring preceded large-scale metropolitan concentration.

Table 2. Demographic Transformation and Urbanization (1932–2023)

Year	Nomadic (%)	Urban (%)	Structural Phase
1932	57.7	10	Mobility Dominant
1974	-	48	Stabilization Expansion
1996	~1	79	Hierarchical Consolidation
2023	-	86+	Urban Saturation

The introduction of fixed settlements facilitated several structural shifts. First, it enabled territorial stabilization. Populations anchored to specific localities reduced seasonal dispersion and increased continuity of habitation. Second, it enhanced administrative penetration. Fixed nodes allowed emerging governance structures to operate through identifiable spatial units rather than through purely relational networks. Third, it created the conditions for infrastructural diffusion. Roads, wells, schools, and later utilities could be extended to stable settlements more effectively than to mobile groups.

This stabilization phase corresponds structurally to the ontological condition of qaryah: bounded settlement characterized by collective cohesion. While Hujar settlements varied in scale and development, their defining feature was permanence. The transition from mobility to stabilization did not immediately produce large urban centers; rather, it established a broad territorial base of small and medium settlements. This base would later support hierarchical layering.

Over subsequent decades, especially during the mid- and late-twentieth century, the multiplication of villages and towns accelerated. Oil revenues enabled infrastructural expansion, educational provision, and economic diversification. Urban population percentages increased significantly, reaching nearly four-fifths of the total population by the late twentieth century. Contemporary figures now exceed 86 percent urbanization. However, this demographic shift unfolded within an already stabilized settlement grid. The presence of widespread small settlements mitigated the risk of extreme metropolitan primacy and allowed population growth to distribute across multiple tiers.

The structural evolution of the Saudi settlement system can be summarized in stages. The first stage was mobility-dominant territoriality, characterized by diffuse occupation and weak nodality. The second stage was stabilization through Hujar settlements, introducing fixed nodes and territorial legibility. The third stage was hierarchical formation, as towns and regional centers developed above a broad base of smaller settlements. The fourth stage, addressed in the next section, involved the integration of major nodes into a linear industrial corridor along the Eastern seaboard.

The Hujar phase thus represents more than a political or religious initiative; it constitutes a foundational restructuring of spatial logic. By converting movement into settlement and dispersion into nodality, it laid the groundwork for hierarchical and networked urbanization. Without stabilization, subsequent demographic acceleration and infrastructural concentration would have lacked territorial coherence.

In this sense, the Saudi case demonstrates that institutional stabilization can precede industrial intensification. Urbanization did not begin with petrochemical clusters or export terminals. It began with the anchoring of populations to place. The following section examines how this stabilized base evolved into a structured urban pyramid and ultimately supported corridor-based integration.

6. From Stabilized Nodes to Urban Pyramid Formation

Following the initial phase of territorial stabilization introduced by the Hujar settlements, Saudi Arabia entered a prolonged period of hierarchical structuring. The presence of distributed fixed settlements across vast geographic space created the conditions necessary for vertical differentiation within the settlement system. Rather than remaining a flat mosaic of small villages, the stabilized grid gradually evolved into a multi-tiered urban hierarchy.

During the mid-twentieth century, particularly after the discovery and commercialization of oil, infrastructural investment intensified. Roads connected previously isolated settlements, administrative institutions expanded, and educational and health facilities proliferated. These developments did not occur in a territorial vacuum. They were superimposed upon an already anchored settlement network. Small villages served as local service nodes, intermediate towns emerged as regional centers, and major cities expanded as metropolitan cores. This layering process produced what can be conceptualized as an urban pyramid.

At the base of this pyramid were thousands of small settlements and villages distributed across the national territory. Their existence reduced the spatial distance between population and basic services, allowing incremental modernization without requiring immediate migration to a single dominant city. Above this base were intermediate towns that functioned as regional administrative and commercial centers. At higher levels stood major metropolitan areas such as Riyadh, Jeddah, Dammam, and later planned industrial cities such as Jubail and Yanbu. Each tier fulfilled distinct functional roles while remaining structurally connected.

This hierarchical formation contrasts with patterns observed in many rapidly urbanizing resource-rich states where capital accumulation leads to disproportionate concentration in a primate city. Extreme primacy often produces infrastructural strain, regional inequality, and fragmented development. In the Saudi case, while metropolitan growth has been significant, the prior diffusion of settlements mitigated severe primate distortion. The early stabilization phase dispersed population across the territory, providing multiple nodes capable of absorbing demographic growth.

The demographic transition reinforces this structural reading. Urban population percentages increased steadily from the modest levels recorded at unification to nearly 79 percent by the late twentieth century, and now exceed 86 percent. Yet the transformation was not solely a matter of rural exodus into a single urban core. Many stabilized settlements evolved into small towns; regional centers expanded gradually; new industrial cities

were planned strategically. The urban pyramid thickened from its base upward rather than collapsing into a singular apex.

Hierarchical differentiation also enabled specialization. As towns and cities acquired defined roles—administrative, industrial, commercial, or service-oriented—interdependencies between tiers increased. Transportation networks facilitated vertical connectivity, while governance structures coordinated development across scales. The settlement system became more than a collection of isolated nodes; it evolved into an organized hierarchy.

This hierarchical structuring represents a transitional stage between stabilization and network integration. Stabilization creates fixed nodes; hierarchy orders those nodes; network integration links selected high-capacity nodes into functional corridors. Without hierarchical differentiation, corridor formation would lack structural coherence. A purely flat distribution of settlements cannot generate concentrated flows; a purely hyper-centralized structure cannot distribute benefits equitably. Hierarchy mediates between dispersion and concentration.

Conceptually, this stage corresponds to the ontological condition of institutional centrality associated with madinah. While not all settlements attained full institutional complexity, major urban centers developed administrative depth, infrastructural density, and internal spatial differentiation. The emergence of industrial cities further intensified centrality by clustering production, housing, and port facilities within coordinated planning frameworks.

By the turn of the twenty-first century, Saudi Arabia possessed a mature urban hierarchy anchored in earlier stabilization. Population growth increasingly concentrated in urban areas, yet the multi-level structure persisted. The question then shifted from expansion to integration: how could major nodes be connected into globally competitive economic systems? The answer emerged along the Eastern seaboard in the form of a linear industrial corridor.

The following section examines the Eastern Industrial Corridor as the apex of hierarchical–network transformation, analyzing its morphological structure, infrastructural density, and functional integration within national and global systems.

The staged evolution from territorial stabilization to hierarchical differentiation is conceptually illustrated in Figure 1, highlighting the cumulative rather than disruptive nature of Saudi spatial transformation.



Figure 1. Conceptual Stages of Saudi Spatial Transformation

Source: Author (2026).

7. The Eastern Industrial Corridor: Networked Functional Integration

The emergence of the Eastern Industrial Corridor represents a qualitative transformation in Saudi Arabia's spatial logic. While the stabilization phase established nodal anchors and the hierarchical phase ordered those nodes vertically, the corridor phase introduces horizontal integration across selected high-capacity nodes. Along the Arabian Gulf coastline, industrial cities, energy complexes, ports, desalination facilities, and logistics platforms form a linear multi-nodal spine extending from the metropolitan-industrial zones of Dammam northward through Ras Tanura, Jubail I and II, Ras Al-Khair, and further energy and maritime nodes.

Morphologically, the corridor is characterized by five interrelated features. First, it exhibits linear continuity. Industrial concentrations align along the coast, benefiting from maritime access and reducing inland transportation constraints. Second, it demonstrates infrastructural density. Petrochemical complexes, refineries, mining processing plants, export terminals, and supporting utilities are spatially clustered in close proximity. Third, it integrates port-industrial coupling. Maritime gateways are directly linked to production zones, enabling seamless export flows. Fourth, it reflects energy-based specialization rooted in hydrocarbon and mineral value chains. Fifth, it maintains multi-nodal differentiation, with each major node fulfilling distinct industrial roles while remaining embedded within a unified corridor system.

From the perspective of network urbanism, the corridor functions as a platform of flows. Capital, raw materials, processed goods, and labor circulate between nodes and extend outward to global markets. Unlike isolated metropolitan agglomerations, corridor nodes are structurally interdependent. Production in one location feeds processing or export operations in another. Infrastructure networks—pipelines, highways, rail lines, and maritime channels—bind these nodes into a coherent system.

However, the corridor is not purely relational in the abstract sense described in some global-city theories. It remains territorially anchored and state-coordinated. The spatial continuity of the coastline provides physical coherence, while governance frameworks ensure coordinated planning. The corridor thus combines territorial consolidation with network integration. It is neither a dispersed network detached from geography nor a singular metropolitan core; it is a hierarchically embedded network spine.

The viability of this corridor rests upon earlier phases of stabilization and hierarchical formation. Without fixed settlements and administrative legibility, large-scale industrial investment would have faced structural

uncertainty. Without a multi-tiered urban hierarchy, labor supply, service provision, and infrastructural coordination would have been constrained. The corridor therefore represents the culmination of a century-long process of territorial structuring.

At the macro level, the corridor contributes to national economic diversification strategies and aligns with long-term development visions emphasizing industrial clustering and export competitiveness. At the spatial level, it reinforces the upper tiers of the urban pyramid while remaining connected to lower tiers through transportation and labor networks. Rather than replacing the hierarchical structure, it intensifies its apex.

With urbanization exceeding 86 percent, Saudi Arabia has entered a phase of urban maturity. Growth increasingly manifests as intensification within existing nodes and integration between nodes rather than as expansion into previously unsettled territory. The corridor exemplifies this mature condition: it consolidates industrial capacity within an already urbanized landscape and channels it through linear integration.

The transformation from mobility-based territoriality to corridor-based integration can thus be understood as a sequence of layered consolidation. Mobility yields to stabilization; stabilization yields to hierarchy; hierarchy yields to network integration. Each stage reconfigures the relationship between population, authority, and territory, producing progressively more structured spatial systems.

The following section synthesizes these stages into an integrated hierarchical–network model, articulating the structural logic connecting Hujar stabilization, urban pyramid formation, and corridor intensification within a unified analytical framework.

8. Integrated Hierarchical–Network Model: From Territorial Anchoring to Corridor Apex

The preceding sections have examined the Saudi spatial transformation through three distinct yet interrelated stages: stabilization through Hujar settlements, hierarchical urban pyramid formation, and corridor-based industrial integration. This section synthesizes these stages into a unified hierarchical–network model that clarifies the structural continuity underlying the Kingdom’s territorial evolution.

The first stage, mobility-based territoriality, represents a pre-nodal condition. In this regime, population distribution is diffuse, movement is adaptive, and authority is relational rather than spatially centralized. Territory is experienced as traversable space rather than as bounded

settlement. Administrative penetration remains limited, and infrastructural investment faces structural constraints due to the absence of fixed anchors.

The second stage, stabilization through the Hujar initiative, introduces nodality. Approximately 175 documented settlements functioned as micro-anchors distributed across the territory. These nodes converted movement into permanence and dispersion into fixed locality. Stabilization enhanced territorial legibility, enabling governance structures to operate through identifiable spatial units. This stage corresponds structurally to the ontological condition of bounded settlement.

The third stage, hierarchical formation, organizes stabilized nodes into vertical tiers. Small settlements form the base; intermediate towns operate as regional connectors; major cities serve as administrative and economic centers; specialized industrial cities intensify centrality at the upper levels. Hierarchy balances dispersion and concentration. It prevents extreme primacy while permitting specialization. The urban pyramid thickens upward without collapsing downward into a single dominant metropolis.

The fourth stage, corridor-based integration, introduces horizontal connectivity among selected high-capacity nodes. Industrial cities along the Eastern seaboard become interlinked through infrastructural networks, forming a linear multi-nodal spine. This stage reflects advanced functional integration in which production, logistics, and export flows circulate across nodes rather than remaining confined within a single urban core. The corridor represents the apex of hierarchical structuring, not its replacement.

These stages are cumulative rather than substitutive. Stabilization does not disappear when hierarchy emerges; it undergirds it. Hierarchy does not dissolve when corridors form; it organizes and supports them. The corridor intensifies the upper tier of the pyramid while remaining embedded within the broader settlement system. The model therefore emphasizes layered territorial accretion rather than abrupt structural rupture.

Three structural principles emerge from this synthesis. First, nodality precedes hierarchy. Without fixed settlement anchors, vertical differentiation cannot occur. Second, hierarchy precedes integration. Without organized tiers, corridor formation lacks structural coherence. Third, integration intensifies rather than negates hierarchy. Networked nodes remain dependent on stabilized lower tiers for labor supply, services, and territorial balance.

The hierarchical–network model also clarifies the distinctive features of the Saudi trajectory. In many rapidly modernizing states, industrialization precedes stabilization, producing spatial imbalances and

hyper-concentration. In the Saudi case, stabilization preceded industrial intensification. The Hujar phase created territorial anchors before large-scale petrochemical clustering emerged. This sequence mitigated severe primacy effects and facilitated distributed development.

Furthermore, the model underscores the importance of ontological consolidation. The transition from mobility to settlement was not merely demographic but structural. It altered how territory was inhabited, governed, and organized. The later transition from hierarchy to corridor integration similarly reconfigured spatial relationships, shifting emphasis from vertical differentiation to horizontal connectivity among specialized nodes.

With urbanization now surpassing 86 percent, the Saudi settlement system exhibits characteristics of structural maturity. The challenge shifts from expansion to optimization: enhancing connectivity, improving infrastructural efficiency, and maintaining hierarchical balance. The corridor phase thus represents not an endpoint but an advanced stage in ongoing territorial structuring.

The integrated model can be summarized sequentially:

Mobility-based territoriality → Stabilized nodal settlement → Hierarchical urban pyramid → Corridor-based network integration.

This sequential consolidation is analytically organized in Table 3, which outlines the structural characteristics and outcomes of each stage.

Table 3. Hierarchical–Network Model Stages

Stage	Spatial Characteristic	Structural Outcome
1. Mobility	Diffuse occupation	Low territorial legibility
2. Stabilization	Fixed nodal settlements	Administrative penetration
3. Hierarchy	Multi-tier urban pyramid	Balanced distribution
4. Corridor Integration	Linear multi-nodal network	Global functional connectivity

Source: Author's integrated model synthesis

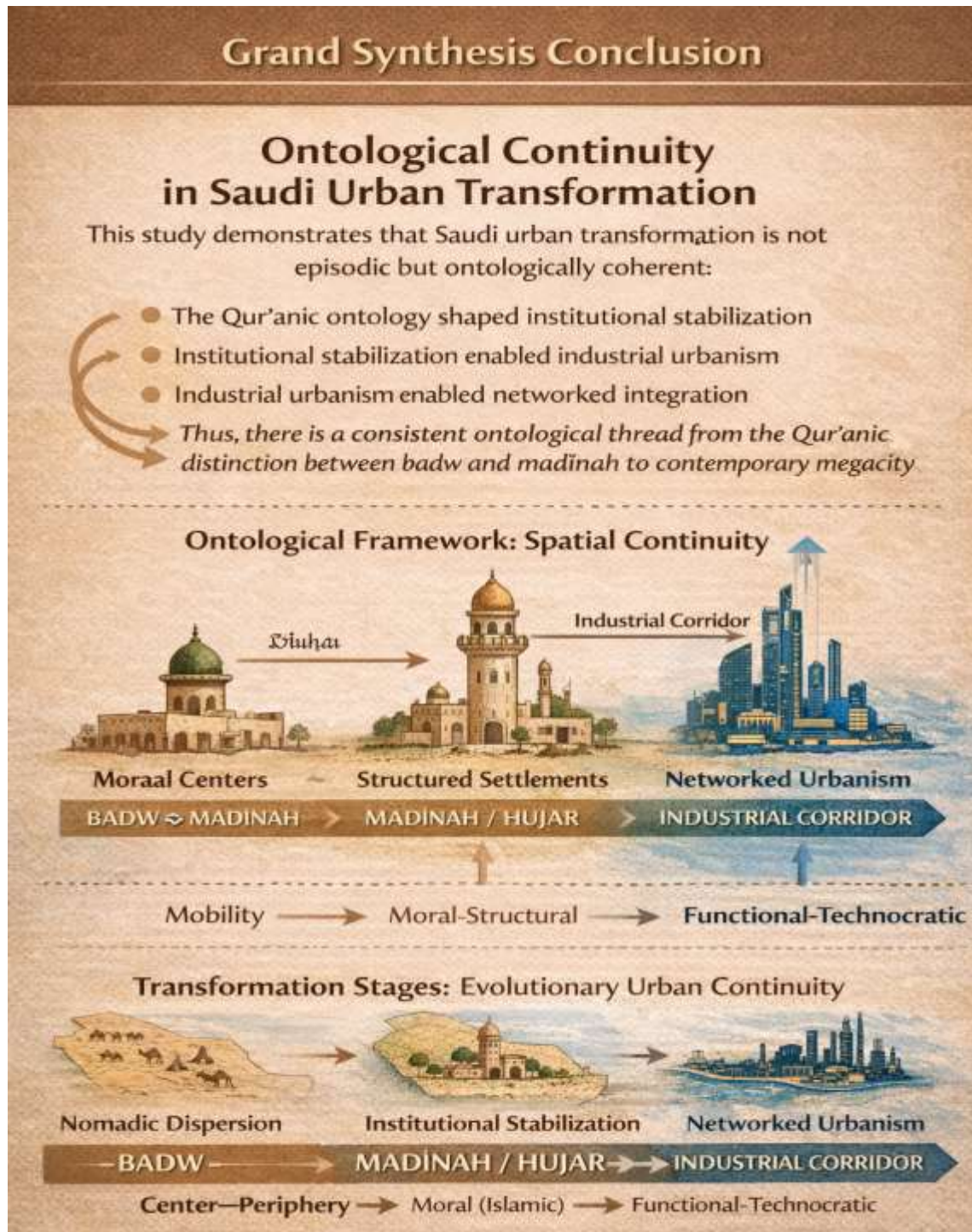


Figure 2. Hierarchical–Network Structural Model

Source: Author (2026).

Each arrow represents consolidation rather than replacement. The system thickens and integrates across stages, producing a territorially coherent and functionally networked spatial order.

The following section introduces a critical reflection, examining potential counter-arguments and addressing alternative interpretations of the Saudi transformation before presenting the final synthesis.

9. Counter-Argument and Critical Reflection

Any interpretation that frames Saudi Arabia's spatial transformation as a staged ontological consolidation invites critical scrutiny. Alternative explanations may argue that the Kingdom's urban evolution can be sufficiently explained through hydrocarbon revenues, centralized state planning, or global economic integration without invoking deeper structural or civilizational frameworks. This section addresses these perspectives and clarifies the analytical boundaries of the present argument.

A first counter-argument posits that oil wealth alone accounts for the rapid shift from mobility-dominant territoriality to urban saturation. From this viewpoint, the discovery of petroleum resources generated capital flows that financed infrastructure, attracted labor migration, and stimulated metropolitan expansion. Urbanization, therefore, appears as a derivative outcome of economic modernization rather than a layered spatial restructuring. While hydrocarbon revenues undeniably accelerated development, this explanation does not fully account for the relative hierarchical balance observed within the Saudi settlement system. Resource-driven growth in many contexts produces extreme primate-city concentration, where a single metropolitan area dominates national population and economic activity. The Saudi case, by contrast, exhibits a distributed settlement grid and multiple metropolitan centers, suggesting that earlier stabilization processes shaped the spatial receptivity of oil-driven expansion.

A second counter-argument emphasizes centralized state planning as the primary determinant of territorial order. According to this perspective, administrative decisions, master plans, and industrial city projects engineered the spatial hierarchy. The Hujar initiative could then be interpreted merely as an early political consolidation tool rather than as a foundational spatial restructuring. While state intervention played a critical role in shaping settlement patterns, planning operates within pre-existing territorial conditions. The presence of distributed fixed settlements facilitated subsequent administrative organization and infrastructural extension. In other words, stabilization enhanced the effectiveness of later

planning efforts. Without nodal anchoring, centralized planning would have faced greater structural constraints.

A third critique may question the use of Qur'anic spatial terminology as an analytical lens, arguing that modern urban transformation should be interpreted exclusively through contemporary socio-economic theory. The present study does not claim direct causal continuity between scriptural categories and planning policy. Instead, it employs semantic ontology as a conceptual scaffold to illuminate structural distinctions between mobility, stabilization, and centrality. The argument rests on structural analogy rather than theological determinism. The ontological categories provide analytical clarity regarding modes of territorial organization, not normative prescriptions for policy.

Another potential critique concerns generalizability. The Saudi trajectory is historically and geographically specific. Mobility-based territorial regimes were particularly prominent in the Arabian Peninsula, and the Hujar initiative reflects a unique socio-political context. The hierarchical-network model proposed here is not presented as a universal template applicable to all states. Rather, it offers a case-specific interpretation that may stimulate comparative inquiry in other contexts where mobility-to-settlement transitions preceded industrial intensification.

Finally, one may argue that contemporary corridor development represents a discontinuity rather than a culmination. Mega-projects, special economic zones, and industrial corridors might be viewed as externally driven strategies disconnected from earlier settlement dynamics. Yet the spatial logic of the Eastern Industrial Corridor—its reliance on established metropolitan areas, its integration within national infrastructure networks, and its embedding within a mature urban hierarchy—indicates continuity rather than rupture. The corridor intensifies and interconnects existing nodes; it does not replace them with an entirely new spatial regime.

These counter-arguments clarify the interpretive stance of the study. The paper does not reduce Saudi urbanization to civilizational determinism, nor does it deny the central role of oil revenues and state planning. Instead, it situates these factors within a longer arc of territorial consolidation. Economic modernization operates upon, and is conditioned by, spatial structures that precede it. Stabilization and hierarchy shape how capital is absorbed and distributed across territory.

By addressing these critiques, the argument gains analytical precision. The hierarchical-network model is not a monocausal explanation but a structural synthesis. It integrates economic, political, and ontological

dimensions into a layered account of spatial transformation. The following and final section consolidates this synthesis into a comprehensive conclusion.

10. Grand Synthesis Conclusion

Saudi Arabia's transformation from a predominantly mobility-based territorial regime in the early twentieth century to a structurally urbanized and industrially integrated system in the twenty-first century represents a profound reconfiguration of space, authority, and settlement. With urbanization now exceeding 86 percent, the Kingdom stands among highly urbanized nations. Yet the trajectory through which this condition emerged differs in important structural respects from many conventional modernization narratives.

This study has argued that Saudi urban transformation unfolded as a layered process of ontological consolidation. Rather than interpreting urbanization as a sudden by-product of oil revenues, the analysis identified sequential stages of territorial restructuring: mobility-based territoriality, stabilization through fixed settlements, hierarchical urban pyramid formation, and corridor-based network integration. Each stage established the structural preconditions for the next, producing cumulative rather than discontinuous transformation.

The semantic analysis of *badw*, *qaryah*, and *madinah* provided a conceptual axis of mobility, stabilization, and institutional centrality. Interpreted analytically, these categories illuminate fundamental distinctions in modes of inhabiting territory. Mobility-based regimes prioritize movement and environmental adaptation; stabilized settlements anchor populations to bounded localities; institutional centrality organizes internal differentiation and governance. While these terms originate in a scriptural context, their structural distinctions transcend theological interpretation and offer conceptual clarity regarding spatial organization.

The historical reconstruction of the Hujar settlement initiative demonstrated how territorial stabilization preceded large-scale industrial intensification. Approximately 175 documented settlements introduced nodality into diffuse space, transforming mobile populations into territorially legible communities. This stabilization phase did not immediately generate metropolitan dominance but instead laid the groundwork for distributed settlement multiplication. The subsequent growth of towns and cities formed a multi-tiered urban pyramid rather than an extreme primate-city structure.

The emergence of the Eastern Industrial Corridor along the Gulf coast represents the apex of this hierarchical structuring. Industrial nodes—petrochemical complexes, mining facilities, ports, desalination plants—are integrated into a linear multi-nodal spine characterized by infrastructural density and export orientation. Network integration did not replace hierarchy; it intensified and interconnected its upper tiers. The corridor rests upon the stabilized and hierarchically organized settlement system that preceded it.

The hierarchical–network model articulated in this study clarifies the structural logic connecting these phases. Stabilization introduces nodality; hierarchy organizes nodality; network integration links high-capacity nodes horizontally. Without stabilization, hierarchy cannot form; without hierarchy, corridor integration lacks coherence. The Saudi trajectory thus illustrates the importance of sequencing in territorial transformation.

This interpretation does not deny the decisive impact of oil wealth, state planning, or global economic integration. Rather, it situates these forces within a deeper structural continuum. Economic resources accelerated development, but they operated within a territorially consolidated framework shaped by earlier stabilization. Planning initiatives achieved coherence because fixed settlements and hierarchical differentiation already structured space. Corridor integration succeeded because nodal anchors and administrative capacity were in place.

The Saudi case therefore contributes to broader debates in urban epistemology. It demonstrates that urbanization may proceed as progressive consolidation rather than abrupt industrialization. It reintroduces the mobility–settlement distinction as a foundational analytical variable. It situates corridor-based development within long-term territorial structuring rather than treating it as a discrete planning innovation. And it highlights the importance of ontological clarity in understanding how populations inhabit and organize space.

At a policy level, recognizing the layered nature of Saudi spatial transformation carries implications for future development strategies. As the Kingdom enters a phase of urban maturity, the emphasis shifts from expansion to optimization—strengthening connectivity, enhancing infrastructural resilience, and maintaining hierarchical balance. Corridor intensification must remain embedded within broader settlement systems to avoid spatial fragmentation. Stabilization and hierarchy continue to underpin network integration.

Ultimately, the movement from badw to industrial corridors represents more than demographic change. It reflects a century-long consolidation of territorial order. Mobility yielded to settlement; settlement evolved into hierarchy; hierarchy matured into networked integration. Saudi Arabia today is not merely urbanized in statistical terms. It is territorially anchored, hierarchically structured, and functionally interconnected.

Understanding this layered transformation provides a more nuanced account of urban modernity—one that recognizes continuity within change and structure within acceleration.

In comparative perspective, the Saudi experience demonstrates that large-scale territorial consolidation across vast geographic space—coupled with the establishment of hundreds of distributed settlements—has few parallels in the Gulf region. The scale, sequencing, and spatial breadth of stabilization distinguish the Saudi case from smaller Gulf states whose urbanization occurred within more compressed territorial frameworks. This difference reinforces the analytical value of examining stabilization as a structural precondition for hierarchy and corridor integration. This study does not claim universal generalizability but offers an interpretive structural model grounded in the Saudi case.

References

1. Al-Jarallah, Ahmed Jarallah (2003) "King Abdulaziz Hajar, The Roots of the Contemporary Saudi Urban System", Urban Development Symposium in Desert Areas, Ministry of Public Works and Housing, Riyadh.
2. Al-Rasheed, M. (2010). A history of Saudi Arabia (2nd ed.). Cambridge University Press.
3. Al-Hathloul, S. (1996). Urban development in Saudi Arabia: Challenges and opportunities. Riyadh Development Authority.
4. Brenner, N. (2014). Implosions/explosions: Towards a study of planetary urbanization. Jovis.
5. Brenner, N., & Schmid, C. (2015). Towards a new epistemology of the urban? *City*, 19(2–3), 151–182.
6. Castells, M. (1996). The rise of the network society. Blackwell.
7. Elsheshtawy, Y. (2010). Dubai: Behind an urban spectacle. Routledge.
8. Faludi, A. (2013). Territorial cohesion and subsidiarity. *Town Planning Review*, 84(2), 159–181.
9. Florida, R. (2017). The new urban crisis. Basic Books.

10. General Authority for Statistics. (2023). Population characteristics survey.
11. Glaeser, E. (2011). *Triumph of the city*. Penguin Press.
12. Hall, P. (1998). *Cities in civilization*. Pantheon.
13. Hall, P., & Pain, K. (2006). *The polycentric metropolis*. Earthscan.
14. Harvey, D. (1973). *Social justice and the city*. Johns Hopkins University Press.
15. Harvey, D. (2008). The right to the city. *New Left Review*, 53, 23–40.
16. Healey, P. (2006). *Collaborative planning: Shaping places in fragmented societies*. Palgrave Macmillan.
17. Hertog, S. (2011). *Princes, brokers, and bureaucrats: Oil and the state in Saudi Arabia*. Cornell University Press.
18. Kanna, A. (2011). *Dubai: The city as corporation*. University of Minnesota Press.
19. Krane, J. (2019). *Energy kingdoms: Oil and political survival in the Persian Gulf*. Columbia University Press.
20. Lefebvre, H. (1991). *The production of space*. Blackwell.
21. Neuman, M., & Zonneveld, W. (2018). The resurgence of corridor planning. *European Planning Studies*, 26(4), 669–686.
22. Priemus, H., & Zonneveld, W. (2003). What are corridors and what are the issues? *Journal of Transport Geography*, 11(3), 167–177.
23. Salama, A. M. (2016). Urbanism in the Gulf. *Archnet-IJAR*, 10(2), 4–21.
24. Schmitt, P. (2014). Mega-regions reconsidered. *European Planning Studies*, 22(3), 467–482.
25. Scott, A. J. (2001). *Global city-regions*. Oxford University Press.
26. UN-Habitat. (2022). *World cities report 2022*. United Nations Human Settlements Programme.
27. Weber, M. (1958). *The city*. Free Press.
28. World Bank. (2023). *Saudi Arabia urban development overview*. World Bank

استخدام البيانات الاستشعارية المفتوحة في دراسة التوسع العمراني وتأثيراته (مدينة جرمانا أنموذجاً)

Using open remote sensing data in studying urban expansion and its effects (Jaramana city as a case study)

أ.د. أسماء محمد مروان الفوال¹

الملخص

يُعد التوسع العمراني من أبرز التحديات التي تواجه العالم اليوم، إذ يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالنمو السكاني السريع والطلب المتزايد على المساكن والبنية التحتية، ويحمل في طياته أبعاداً بيئية واقتصادية متداخلة. تقامت هذه الظاهرة في سورية جراء النزوح الداخلي الناتج عن الثورة، يُعرف التوسع العمراني بأنه الزيادة المستمرة في المناطق المبنية على حساب الأراضي الزراعية والطبيعية، مما يتسبب في تغيرات بيئية عميقة تؤثر على المناخ والتوازن الإيكولوجي.

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل تأثير التوسع العمراني على المناخ والأراضي الزراعية وتم اختيار مدينة جرمانا كحالة دراسية خلال الفترة من 1985 إلى 2022، واستُخدمت منصة Google Earth Engine (GEE) كأداة تحليلية متطورة لرصد تغيرات استخدام الأراضي عبر بيانات الاستشعار عن بُعد. وقد تمّ في هذا البحث قياس مساحة التوسع العمراني والأراضي الزراعية المتراجعة، مع تقديم النسب المئوية لهذه التغيرات على مدى ثلاثة عقود، وتوضيح الأسباب وراء هذا التوسع في كل مرحلة زمنية.

شهدت مدينة جرمانا في سورية تحولات جذرية في أنماط استخدام الأرض خلال الفترة من 1985 إلى 2022م، حيث تسارع التوسع العمراني على حساب الأراضي الزراعية بفعل النمو السكاني المتزايد والهجرة الداخلية الناجمة عن الثورة السورية.

استخدمت الدراسة منصة Google Earth Engine (GEE) وبيانات GLC_FCS30D عالية الدقة (30 متراً) لمراقبة تغيرات غطاء الأرض وتحليلها كمياً، أظهرت النتائج ارتفاعاً ملحوظاً في المساحات العمرانية، من 2.25 كم² إلى 5.99 كم²، بينما تراجعت الأراضي الزراعية المروية من 1.7 كم² إلى 0.42 كم²، وتم حساب المتوسطات السنوية والفصلية لدرجات الحرارة خلال الفترة المدروسة واتبين أنها أخذت اتجاهاً تصاعدياً.

الكلمات المفتاحية: استخدام الأرض، غطاء الأرض، التوسع العمراني، الاستشعار عن بعد.

¹ أستاذ مساعد في قسم الجغرافية- كلية الآداب والعلوم الانسانية- جامعة دمشق، اختصاص استشعار عن بعد ونظم معلومات جغرافية

asma.alfawal@damascusuniversity.edu.sy

Summary:

Urban expansion is one of the most prominent challenges facing the world today, as it is closely linked to rapid population growth and the increasing demand for housing and infrastructure, carrying intertwined environmental and economic dimensions. In Syria, this phenomenon has been exacerbated by internal displacement resulting from the crisis. Urban expansion is defined as the continuous increase in built-up areas at the expense of agricultural and natural lands, leading to profound environmental changes that affect the climate and ecological balance.

This study aims to analyze the impact of urban expansion on climate and agricultural lands and the city of Jaramana was chosen as a case study during the period from 1985 to 2022, utilizing the Google Earth Engine (GEE) platform as an advanced analytical tool to monitor changes in land use through remote sensing data. The research involved measuring the area of urban expansion and the lost agricultural lands, presenting the percentages of these changes over three decades, and elucidating the reasons behind this expansion at each temporal stage.

The city of Jaramana in Syria witnessed radical changes in land use patterns during the period from 1985 to 2022, where urban expansion accelerated at the expense of agricultural lands due to increasing population growth and internal migration resulting from the Syrian crisis. The study employed the GEE platform and high-resolution GLC_FCS30D data (30 meters) to monitor and quantitatively analyze changes in land cover. The results revealed increase in urban areas, from 2.25 km² to 5.99 km², while irrigated agricultural lands decreased from 1.7 km² to 0.42 km², Annual and seasonal average temperatures were calculated during the studied period and showed that they took an upward trend.

Key words: Land Use, Land Cover, Remote Sensing, Urban Expansion.

المقدمة:

يُعد التوسع العمراني من الظواهر البارزة التي شهدتها العالم في العقود الأخيرة، وقد برز هذا الاتجاه بوضوح في مدن ومناطق الجمهورية العربية السورية مؤخراً. يعود ذلك إلى النمو السكاني المتسارع والتحضر السريع، اللذين زادا الطلب على الأراضي لأغراض السكن وتطوير البنية التحتية. غالباً ما يتم هذا التوسع على حساب الأراضي الزراعية والمساحات الخضراء، مما يؤثر سلباً على المناخ والبيئة، ويؤدي إلى تدهور الموارد الزراعية.

تساهم تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد في رصد التغيرات الناتجة عن التوسع العمراني بدقة، من خلال تحليل الصور الفضائية عبر فترات زمنية مختلفة. تُتيح هذه الأدوات استخلاص نتائج دقيقة تدعم صناع القرار في وضع خطط مستدامة لتطوير الخدمات والبنية التحتية.

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل تأثير التوسع العمراني على المناخ والأراضي الزراعية خلال الفترة من 1985 إلى 2022، مستخدمة منصة Google Earth Engine (GEE) كأداة حديثة لرصد ومعالجة بيانات استخدام الأرض.

يُمثل التوسع العمراني تحدياً عالمياً كبيراً في القرن الحادي والعشرين، خاصة في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية والموارد المحدودة. في سورية، تفاقمت هذه الظاهرة بسبب النزوح الداخلي الناجم عن الثورة، مما تسبب في تحولات سريعة في أنماط استخدام الأرض.

أهمية البحث:

تبرز أهمية هذا البحث في كونه يُقدّم تحليلاً كمياً دقيقاً - باستخدام تقنيات متطورة مثل منصة GEE وبيانات GLC_FCS30D - للعلاقة السببية بين التوسع العمراني السريع في مدينة جرمانا وفقدان الأراضي الزراعية وتأثيرهما المشترك على المناخ والبيئة. كما يكتسب أهمية من خلال:

1. رصد التحولات الجذرية في استخدام الأراضي خلال فترة زمنية طويلة (1985-2022)، خاصة في ظل ظروف استثنائية كالثورة السورية والنزوح الداخلي.
2. توفير مؤشرات رقمية ملموسة تُجسّد حجم الضغط على الموارد البيئية والزراعية.
3. توجيه صناع القرار نحو اعتماد سياسات تخطيطية مستدامة، قائمة على أدلة رصد حديثة، لموازنة النمو الحضري مع حماية الأراضي الزراعية والحد من الآثار المناخية.

أهداف البحث:

1. رصد وتحليل أنماط التغير الزمني في استخدام الأرض (خاصة التوسع العمراني وفقدان الأراضي الزراعية) في مدينة جرمانا خلال الفترة 1985-2022، باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد (GEE) وبيانات GLC_FCS30D عالية الدقة.
2. قياس التأثير الكمي للتوسع العمراني على المساحات الزراعية وتقدير معدلات فقدانها عبر العقود الثلاثة الماضية.
3. تقييم الآثار البيئية والمناخية الناجمة عن هذا التحول في استخدام الأرض (مثل تغير الغطاء النباتي، وارتفاع درجات الحرارة المحلية).
4. تطوير خرائط رقمية ديناميكية توضح التوزيع المكاني والزمني للتوسع العمراني وتراجع الأراضي الزراعية.
5. تقديم إطار مقترح لسياسات تخطيط عمراني مستدام يعزز التوازن بين النمو الحضري والحفاظ على الموارد الزراعية والبيئية.

أدوات البحث:

- منصة Google Earth Engine وهي أداة قوية تعتمد على الحوسبة السحابية لتحليل بيانات الاستشعار عن بُعد، تتيح المنصة الوصول إلى صور الأقمار الصناعية من مصادر مثل Landsat و Sentinel، بالإضافة لمجموعة بيانات لتصنيف غطاء الأرض مثل GLC_FCS30D مما يمكن الباحثين من تتبع التغيرات في استخدام الأرض على مدى عقود.
- برنامج Google Earth للحصول على مشاهد فضائية تاريخية بقدرة تمييز مكانية عالية.
- برامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS 10.2.2.

مواد البحث:

- بيانات نظام تصنيف الأرض GLC_FCS30D، وهو مجموعة بيانات جديدة لمراقبة تغيرات الغطاء الأرضي عالمياً بدقة 30 متر من 1985 إلى 2022، مع تحديثات كل 5 سنوات قبل 2000 وسنوياً بعد ذلك، بإجمالي 26 خطوة زمنية، ويشمل 35 فئة فرعية للغطاء الأرضي،

وتم تطويره باستخدام صور Landsat وخوارزمية الكشف المستمر على منصة Google Earth Engine¹.

- مشاهد فضائية بقدرة تمييز مكانية عالية بتواريخ متعددة من برنامج Google Earth.

نظرة عامة على GLC_FCS30D:

يُعد GLC_FCS30D (Global Land Cover_Fine Classification System) أول منتج لمراقبة ديناميات الغطاء الأرضي العالمي بدقة 30 متر، يغطي الفترة من 1985 إلى 2022، يشمل 26 خطوة زمنية، مع تحديثات كل 5 سنوات قبل 2000 وسنوياً بعد ذلك، مما يوفر دقة زمنية مفصلة.

يشمل المجموعة 35 صنف فرعي للغطاء الأرضي، مما يوفر نظام تصنيف دقيق يعزز تحليل الغطاء الأرضي مقارنة بالمنتجات العالمية السابقة (X. Zhang, 2024).

تم تطوير GLC_FCS30D باستخدام صور Landsat المتسلسلة الكثيفة من Landsat 5، 7، 8، و9، معالجة لتصحيح الغلاف الجوي والمتاحة على منصة Google Earth Engine التي تسمح بمعالجة كميات هائلة من البيانات مما يضمن القدرة على التوسع والكفاءة في المعالجة، واستخدام خوارزمية الكشف المستمر عن التغيرات (CCD) لتحديد البكسلات المستقرة والمتغيرة، مع نمذجة البيانات الزمنية باستخدام تحويل فورييه لالتقاط التغيرات المفاجئة بسبب الاضطرابات البشرية أو الطبيعية.

وحسب المرجع السابق (X. Zhang, 2024) تم التحقق باستخدام 84,526 عينة موزعة عالمياً فكانت الدقة الإجمالية 80.88% ($\pm 0.27\%$) لنظام التصنيف الأساسي (10 أنواع رئيسية من الغطاء الأرضي)، مما يشير إلى استقرار وموثوقية كبيرة عبر مناطق وسلاسل زمنية مختلفة.

ومع ذلك، هناك بعض القيود التي تؤدي لانخفاض دقة هذا المنتج حيث تؤثر البيانات النادرة من Landsat المبكرة (قبل 2000) على الدقة للفترة الأولى كما تؤثر الأخطاء في المناطق المغطاة بالسحب أو الثلوج على موثوقية البيانات.

1 هذه البيانات متاحة مجاناً من خلال <https://doi.org/10.5281/zenodo.8239305>

منهجية البحث: باستخدام منصة Google Earth Engine وبيانات تصنيف غطاء الأرض GLC_FCS30D يتم الحصول على إحصائيات لأصناف استخدام الأرض لمنطقة الدراسة.

ومن هذه الإحصائيات يمكن تحديد الاتجاه العام لتغير غطاء الأرض، بالإضافة إلى السنوات الحرجة التي حصل بها تغيير كبير في استعمال الأرض، وللتحقق مما حصل فعلاً خلال تلك السنوات يمكن تحليل ودراسة المشاهد الفضائية ذات قدرة التمييز المكاني العالية من برنامج Google Earth.

في هذا البحث تم استخدام هذه المنهجية للتعرف على مناطق التوسع العمراني بشكل عام في منطقة الغوطة الشرقية لمدينة دمشق، وذلك لحصر السنوات التي حصل فيها توسع عمراني على حساب الأراضي القابلة للزراعة، وللتحقق واستكمال الدراسة تم اختيار منطقة أصغر كحالة دراسية وهي مدينة جرمانا لتحليل المشاهد الفضائية بقدرة تمييز مكاني عالية خلال هذه التواريخ وذلك باتباع الخطوات التالية:

1. استخراج البيانات: استخدام GEE لاستخلاص إحصائيات غطاء الأرض لفترات زمنية محددة.

2. التحليل الزمني: تحديد السنوات الحرجة للتغيرات (مثل 2000 و 2010) عبر مقارنة الصور الفضائية.

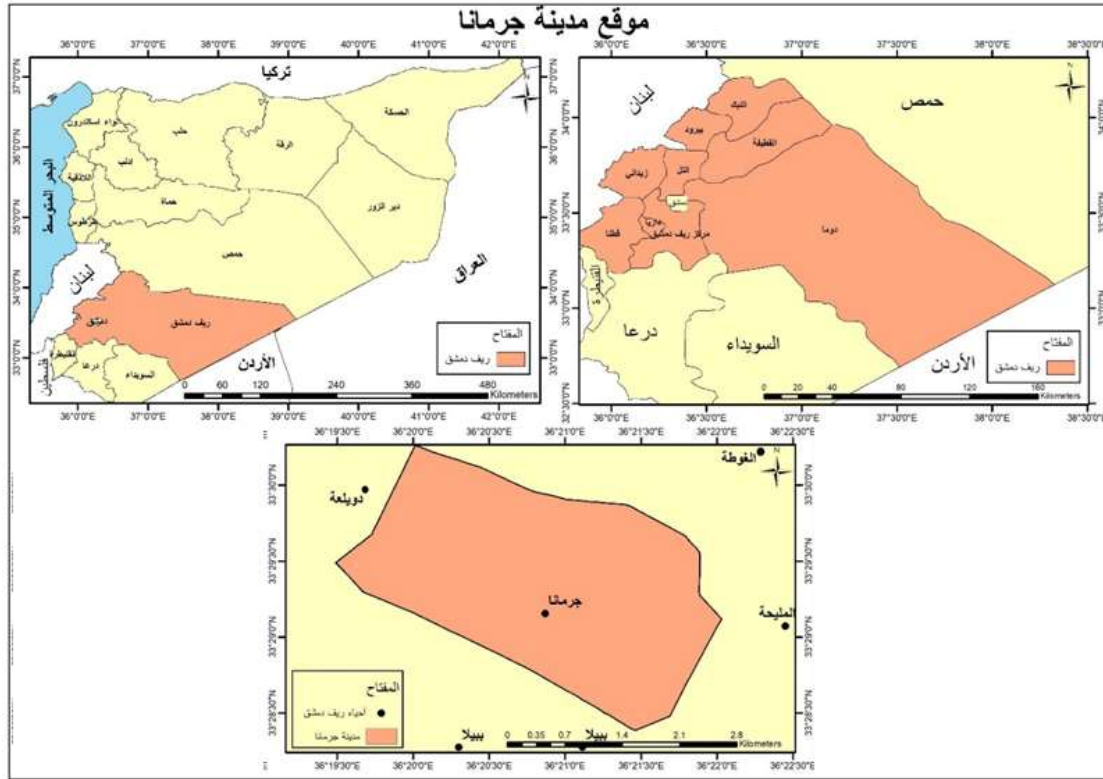
3. التحقق الميداني: استخدام صور Google Earth عالية الدقة للتحقق من دقة النتائج.

4. التحليل الكمي: حساب النسب المئوية لفقدان الأراضي الزراعية وزيادة المساحات العمرانية.

الموقع الفلكي والجغرافي لمنطقة الدراسة:

مدينة جرمانا مدينة سورية وهي مركز ناحية في محافظة ريف دمشق، تقع في جنوب شرقي العاصمة دمشق، وتمتد أراضيها بين طريق الغوطة الشرقية من الشمال، وطريق المطار من الجنوب، ومن الشرق تتصل بأراضي بلدة لمليحة، يصلها بدمشق غرباً منطقة الكباس والدويلعة وتبعد عنها مسافة خمسة كيلو مترات تقريباً، وتمتد بين خطي طول $36^{\circ} 19'$ و $54^{\circ} 21'$ و $33^{\circ} 30'$ عرض و $33^{\circ} 25'$ و $28^{\circ} 33'$ شمال خط الاستواء والخريطة رقم 1 تبين حدود المدينة، تحولت جرمانا اليوم إلى مدينة عصرية حديثة بعماراتها وشوارعها

وأسواقها، بعد أن كانت بلدة ريفية في الغوطة تكثر فيها البساتين، وجرمانا كلمة آرامية تعني الرجال الأشداء. الخريطة رقم 2.



الخريطة (1) موقع مدينة جرمانا

التوسع العمراني في مدينة جرمانا:

التوسع العمراني وفقاً لـ (منير، 2015) _ هو انتشار الأشكال العمرانية التي ترتبط مع تجمعات موجودة من قبل، و هو عملية مرتبطة بالبحث عن الأشكال المادية للأجوبة المطروحة بالنسبة للمتطلبات الجديدة من مساحات السكن، العمل، وسائل الراحة و الهياكل من وجهة نظر البرمجة و التنظيم وهو عملية استغلال العقار الحضاري بطريقة مستمرة نحو أطراف المدينة، وأيضاً عملية زحف النسيج العمراني نحو خارج المدينة سواء كان أفقياً أو رأسياً بطريقة عقلانية¹، والتوسع في مدينة جرمانا يشمل نوعين من التوسع داخلياً، حيث يعاد هدم البيوت القديمة وإنشاء أبنية طابقية عوضاً عنها، وخارجياً حيث تقام الأبنية الحديثة فوق الأراضي الزراعية وهناك العديد من الأسباب والدوافع لهذا التوسع لذلك.

تغيرات استخدام الأرض:

1 بن علي عبد الجبار، مخلوف عبد الله، إشكالية التوسع العمراني في إطار التنمية المستدامة، حالة مدينة الوادي، جامعة العربي بن مهيدي أم الوافي، 2011، ص 8.

لتحديد السنوات الرئيسية التي حصل فيها توسع عمراني تم استخدام بيانات غطاء الأرض GLC_FCS30D ضمن منصة Google Earth Engine، وذلك للحصول على مؤشرات التغيرات في مدينة جرمانا وتحديد السنوات الحرجة التي حدثت فيها هذه التغيرات، الجدول (1) يبين أهم التغيرات في مساحة غطاء الأرض (كم²) خلال سنوات الدراسة.

الجدول (1): أهم التغيرات في مساحات غطاء الأرض كم² من 1985م إلى 2022م

year	Rainfed cropland الأراضي الزراعية البعلية	Herbaceous cover cropland الأراضي الزراعية المغطاة بالأعشاب	Tree or shrub cover cropland الأراضي الزراعية المغطاة بالأشجار أو الشجيرات	Irrigated cropland الأراضي الزراعية المروية	Sparse vegetation نباتات قليلة	Sparse herbaceous أعشاب قليلة	Impervious surfaces المساحات غير النفاذة	Bare areas مناطق جرداء
1985	0.08	1.15	0.43	1.7	0.02	0.27	2.25	0.16
1990	0.08	1.25	0.44	1.71	0.02	0.25	2.46	0.19
1995	0.07	1.4	0.4	2.11	0.02	0.15	2.72	0.23
2000	0.07	0.38	0.09	1.83	0	0.02	4.97	0.02
2001	0.09	0.46	0.07	1.31	0	0.03	5.38	0.02
2002	0.13	0.48	0.06	1.07	0.01	0.03	5.56	0.02
2003	0.13	0.57	0.07	1.08	0.01	0.01	5.48	0.01
2004	0.16	0.59	0.07	0.94	0.01	0.01	5.57	0.02
2005	0.21	0.54	0.08	0.79	0.02	0.02	5.69	0.02
2006	0.16	0.58	0.07	0.77	0.01	0.03	5.73	0.01
2007	0.14	0.55	0.05	0.73	0.01	0.02	5.86	0.01
2008	0.12	0.61	0.05	0.64	0	0.01	5.9	0.02
2009	0.14	0.61	0.04	0.55	0.01	0.02	5.97	0.02
2010	0.15	0.65	0.04	0.48	0.02	0.03	5.98	0.02
2011	0.17	0.64	0.04	0.45	0.02	0.05	5.98	0.03
2012	0.15	0.64	0.04	0.48	0.02	0.04	5.96	0.03
2013	0.16	0.61	0.03	0.53	0.01	0.03	5.97	0.03

2014	0.14	0.57	0.02	0.59	0.01	0.02	6	0.03
2015	0.16	0.6	0.02	0.55	0.01	0.03	5.98	0.03
2016	0.13	0.65	0.02	0.52	0.01	0.04	5.99	0.03
2017	0.14	0.72	0.02	0.46	0	0.03	5.99	0.02
2018	0.15	0.7	0.01	0.36	0.01	0.05	6.07	0.02
2019	0.18	0.73	0.01	0.33	0	0.04	6.06	0.03
2020	0.18	0.72	0.01	0.32	0	0.04	6.07	0.04
2021	0.17	0.71	0.01	0.35	0.01	0.05	6.04	0.04
2022	0.16	0.69	0.01	0.42	0.02	0.05	5.99	0.05

تحليل تغير غطاء الأرض في جرمانا (1985-2022) :

يتبين من الجدول السابق:

✓ الارتفاع الكبير في المساحات غير النفاذة (Impervious surfaces) حيث زادت من 2.25 كم² في 1985 إلى 5.99 كم² في 2022 (بزيادة 166%)، مما يشير إلى توسع عمراني كبير، مثل بناء الطرق والمباني، وهو مؤشر رئيسي للتوسع الحضري.

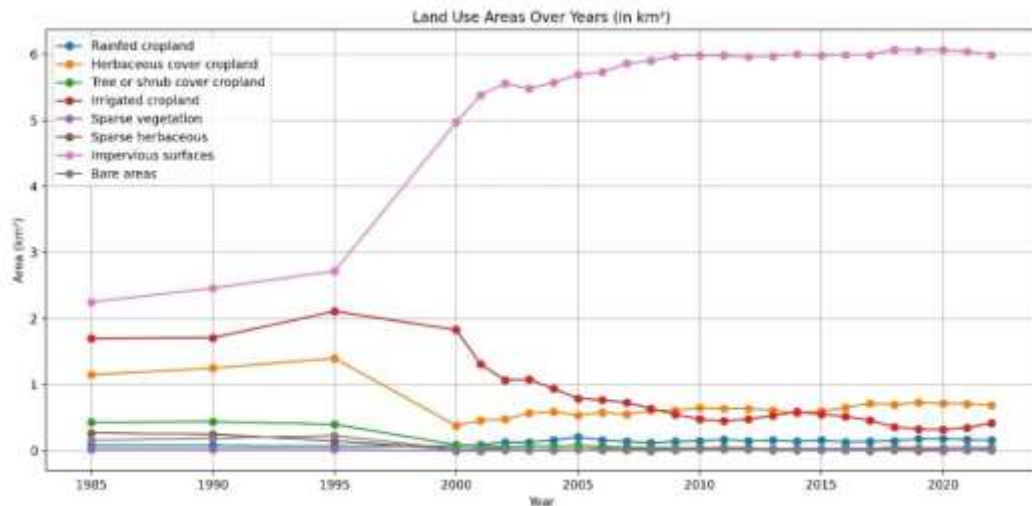
✓ تراجع الأراضي الزراعية المروية (Irrigated cropland) حيث انخفضت من 1.7 كم² في 1985 إلى 0.42 كم² في 2022 (بنسبة 75%)، قد يكون ذلك بسبب ندرة المياه أو تحويل الأراضي إلى أغراض غير زراعية.

✓ الغطاء العشبي (Herbaceous cover cropland) تقلب بين الارتفاع والانخفاض، لكنه شهد انخفاضاً عاماً من 1.15 كم² إلى 0.69 كم² (بنسبة 40%) قد يعكس تغيرات في الممارسات الزراعية أو التوسع العمراني

✓ المناطق الجرداء (Bare areas) زادت من 0.16 كم² إلى 0.05 كم²، لكنها ظلت ثابتة نسبياً مقارنة بغيرها قد تكون مرتبطة بزيادة الأنشطة البشرية أو التدهور البيئي.

سنوات التحول الرئيسية:

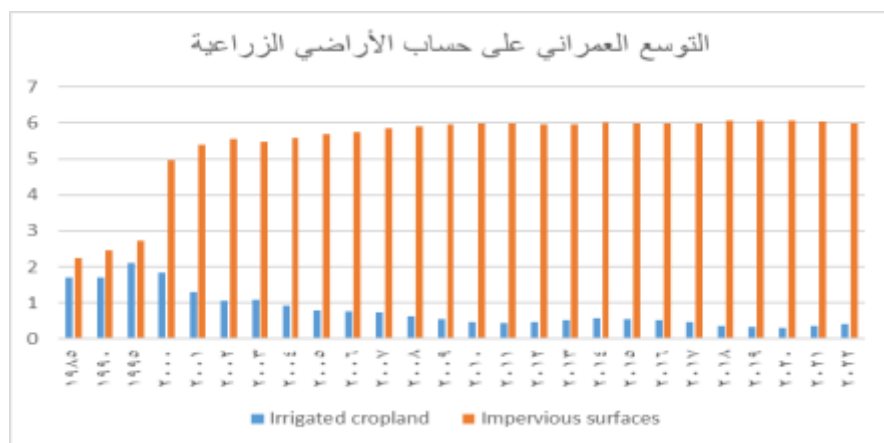
في عام 2000 قفزة كبيرة في المساحات غير النفاذة (من 2.72 كم² في 1995 إلى 4.97 كم² في 2000)، مما يشير إلى توسع عمراني كبير وتغيير في سياسات استخدام الأرض، مما يؤدي إلى تأثيرات بيئية كزيادة الجزر الحرارية الحضرية بسبب المساحات غير النفاذة، وإلى آثار اجتماعية واقتصادية يتمثل بالتحول من النشاط الزراعي إلى التركيز على التنمية الحضرية والضغط على الموارد المائية.



الشكل (1) نتيجة سنوات التحول الرئيسية في غطاء الأرض في جرمانا من 1985م إلى 2022م

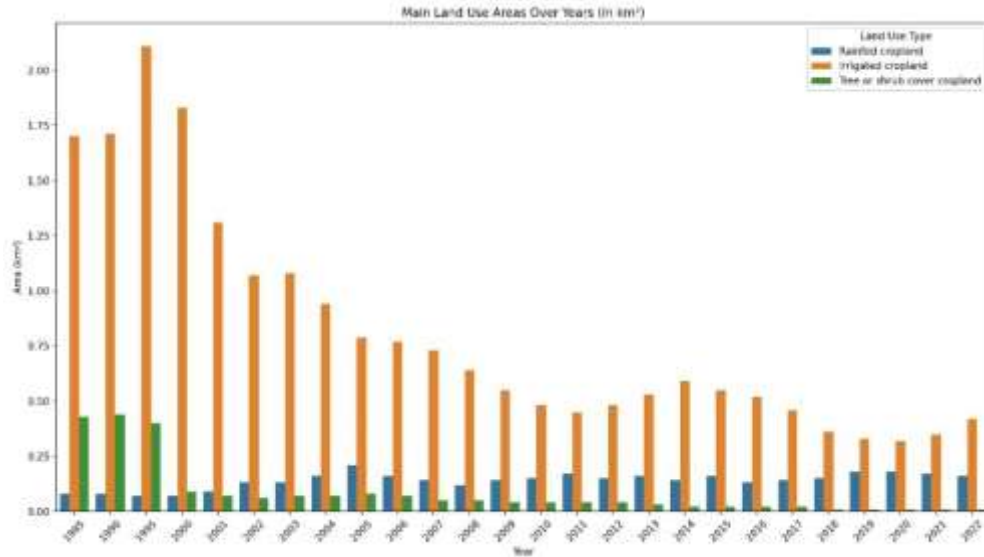
يوضح الرسم البياني التغيرات في مختلف فئات استخدام الأرض، مُقاسةً بالكيلومتر المربع، من عام ١٩٨٥ إلى ٢٠٢٢ في مجموعة البيانات، يُمثل كل خط فئةً مختلفةً من استخدامات الأرض، مما يُتيح لنا رصد الاتجاهات والتحويلات في استخدام الأرض بمرور الوقت.

الشكل البياني (2) يبين التغيرات الحاصلة بأهم صنفين لغطاء الأرض في الغوطة وهي المناطق العمرانية والأراضي الزراعية المروية. من هذا المخطط يتبين أن السنوات الحرجة للتغيرات العمرانية حدثت بين عامي 1995 و 2000 ثم حدث استقرار بالمساحات العمرانية ولكن مع تناقص حاد بمساحات الأراضي الزراعية حيث انخفضت هذه المساحة لحدود الخمس تقريبا بين عامي 1995 و 2022.



الشكل (2) يبين تغيرات الصنفين الرئيسيين لغطاء الأرض في منطقة الغوطة

ويوضح الشكل (3) المساحات (بالكيلومترات المربعة) لأنواع استخدامات الأراضي الزراعية الرئيسية المختارة على مر السنين، حيث يمثل كل لون نوعاً مختلفاً من أنواع استخدامات الأرض، مما يُسهّل رصد الاتجاهات والتغيرات في هذه الفئات بمرور الوقت.



الشكل (3) شكل لأنواع استخدامات الأراضي الزراعية الرئيسية على مر السنين

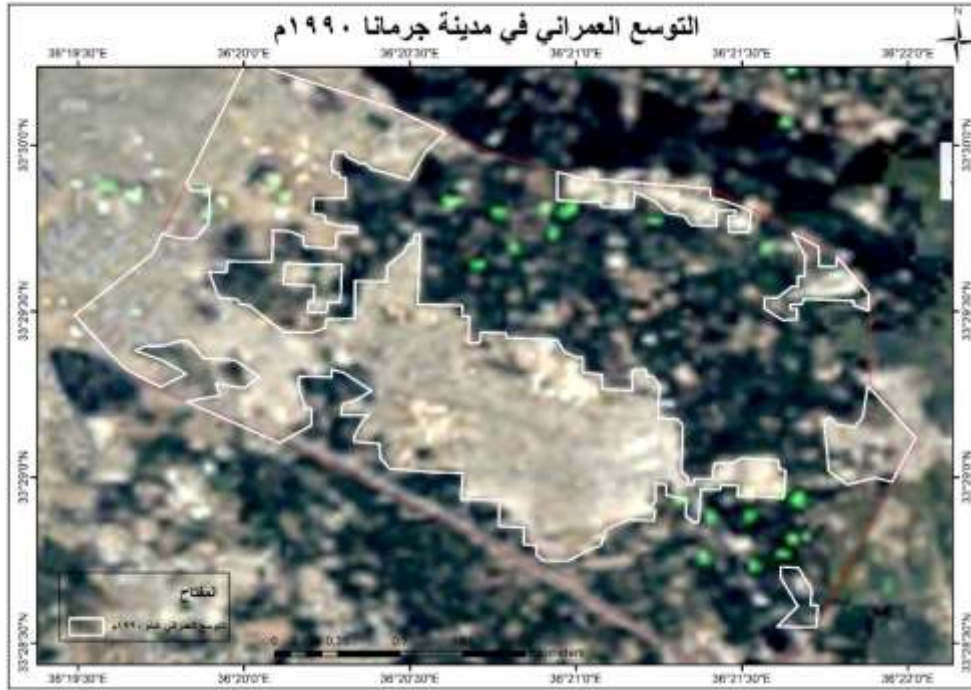
مما سبق يمكن اعتبار أن التوسع العمراني الرئيسي حصل قبل عام 2000 لذا سنقسم التوسع العمراني في منطقة جرمانا إلى أربع مراحل كالآتي:

المرحلة الأولى عام 1985:

جميع سكان هذه المرحلة من العائلات الدرزية الذين عملوا في الزراعة، وبعض العائلات المسيحية التي وفدت إلى المنطقة بداية ثمانينات القرن الماضي من محافظة دمشق الذين عملوا في التجارة والخدمات وبعض المهن الحرفية، توزع السكان في أحياء محددة هي (الوحدة، الروضة، السيوف، التلاليج، الآس الشرقي، الموقف، الخضر، البيدر، البعث، النهضة القديمة، القوس) وأجزاء صغيرة من أحياء (القريات، الجنانين، الآس الغربي، الحمصي، التربة).

تم استخدام برنامج google earth للحصول على المشهد الفضائي المتوفر لهذه الفترة حيث تبين أن أقدم مشهد فضائي متوفر يعود لعام 1985 وهو مشهد من لاندسات ذو قدرة التمييز المكاني المنخفضة، كما في الخريطة (2) (ولا يوجد مشاهد بقدرة تمييز مكاني عالية إلا بعد شهر آذار لعام 2000) حيث بلغت مساحة المناطق العمرانية 2280670 م² ما يعادل 2,3 كم²، أما مساحة الأراضي الزراعية في تلك الفترة فكانت 2,6 كم (بن علي، 2011) أي أن مساحة الأراضي الزراعية أكثر من نصف حجم المدينة البالغ مساحتها 4,8 كم²، حيث كانت تنتج المدينة مختلف

أنواع الفاكهة والمحاصيل الأخرى، بالإضافة إلى الانتاج الحيواني حيث كانوا يهتمون بتربية الأبقار والأغنام والدجاج.



الخريطة (2) التوسع العمراني في مدينة جرماتا عام 1985م بالاعتماد على صورة تم الحصول عليها من برنامج google earth
المرحلة الثانية عام 2000م:

في هذه المرحلة ازداد التوسع بالاتجاهات الأربعة في أحياء المدينة (الدير، القريات، كرم صمادي، الجمعيات، الجنانين، التربة، الحمصي، الأس الغربي، الملعب، النهضة الحديثة) والخريطة (3) تبين هذا التوسع ضمن الأحياء المذكورة، بمساحة وتبلغ 2733000 م² ما يعادل 2,7 كم² أي أن التوسع زاد بمقدار 0,5 كم² بسبب استمرار وفود بعض العائلات من منطقة دمشق والسويداء مما أدى إلى زيادة عدد سكان المنطقة وتنوعها الديموغرافي، وقيام الدولة بتأهيل المدينة من خلال تعبيد الطرق ومد شبكات المياه والصرف الصحي، وإقامة أحياء منظمة، فضلاً عن قيام البعض بالعمل بالتجارة من خلال افتتاح المحال التجارية والخدمات وغيرها.



الخريطة (3) التوسع العمراني في مدينة جرمانا عام 2000م بالاعتماد على صورة تم الحصول عليها من برنامج google earth

المرحلة الثالثة 2010 م:

توسعت المدينة في هذه المرحلة بشكل كبير جداً على حساب الأراضي الزراعية حيث تراجعت مساحة الأراضي الزراعية إلى 0,8 كم² بحيث لم نعد نرى الأشجار الخضراء إلا في أماكن ضيقة على أطراف المدينة، وازدادت مساحة التوسع العمراني إلى 3993940 م² ما يعادل 4 كم²، والخريطة (4) توضح ذلك، ففي هذه المرحلة تحولت جرمانا من مدينة ريفية إلى مدينة حضرية عمرانية عصرية وخدمية، نتيجة ظهور التكنولوجيا والأجهزة الحديثة، وتحسن المستوى المعيشي، إضافة إلى تحسن المستوى العلمي وإكمال عدد كبير من أبناء المدينة تعليمهم الجامعي وتخرج عدد كبير منهم من مختلف الكليات، فضلاً عن وفود أعداد كبيرة من المواطنين العراقيين نتيجة الحرب في العراق إلى المدينة والاستقرار والعمل بها، فاستثمروا قسم كبير من أموالهم في العقارات والتجارة والخدمات التي أدت إلى نهضة كبيرة في المدينة.



الخريطة (4) التوسع العمراني في أحياء مدينة جرمانا عام 2010م بالاعتماد على صورة تم الحصول عليها من برنامج google earth

المرحلة الرابعة 2020 م:

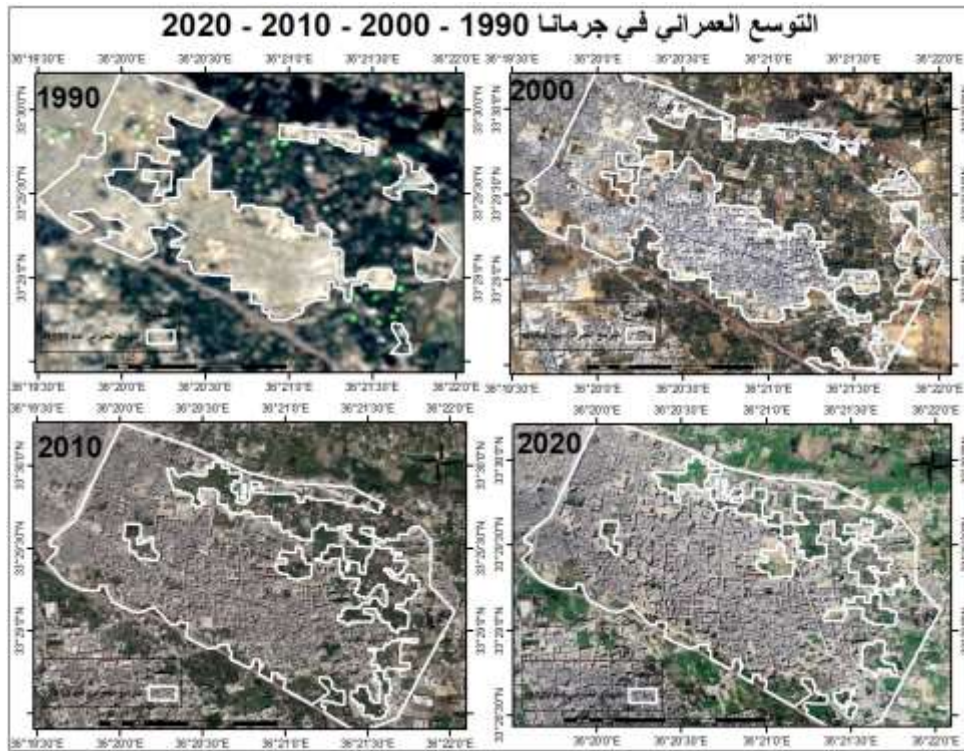
في هذه المرحلة لم نعد نرى المساحات الخضراء باستثناء بعض الأشجار المعدودة على طريق المطار كما تبين الخريطة (5)، حيث تراجعت المساحة المزروعة إلى 0.3 كم² ووصلت مساحة التوسع العمراني إلى 4474896 م² ما يعادل 4.5 كم² كما يظهر على الخريطة رقم 10، وهذا يعود إلى الكثير من الأسباب أهمها الثورة السورية ونزوح المواطنين من مدنها إلى مدن أكثر أمناً واستقراراً فكانت مدينة جرمانا المدينة الحاضنة لكل السوريين بمختلف الأديان حتى وصفها بعض الكتاب أنها سورية الصغيرة نتيجة التنوع الديموغرافي الكبير فيها، وذلك لقربها من مدينة دمشق وتوفر كافة الخدمات فيها بالإضافة إلى توفر فرص العمل، مع ازدياد السكان بشكل كبير كان لابد من توفر المزيد من المساكن لتتسع للأعداد الكبيرة الوافدة إليها، مما زاد الضغط على كافة الموارد والخدمات وكل ذلك على حساب مساحة الأراضي الزراعية حيث أن العمل في العقارات كان أكثر ربحاً من الزراعة مع التغيير الحاصل والتقدم التكنولوجي والمعرفي وتراجع عدد العاملين في الزراعة.

وحتى تاريخ اليوم من عام 2024 زحف العمران على كامل المدينة ولم يبق منها غصناً أخضر باستثناء ما وجد ضمن المنتزهات الترفيهية للسكان، وما وجد لأجل الزينة على الطرقات.



الخريطة (5) التوسع العمراني في أحياء مدينة جرمانا عام 2020م بالاعتماد على صورة تم الحصول عليها من برنامج google earth

وتظهر الخريطة (6) اتجاهات التوسع العمراني في المدينة خلال العقود الماضية:



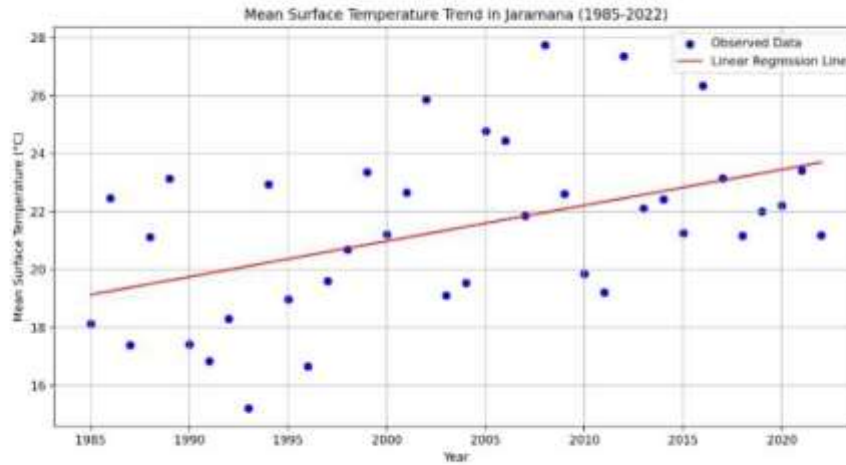
الخريطة (6) التوسع العمراني في أحياء مدينة جرمانا خلال العقود الماضية

أثر التوسعات العمرانية على المناخ:

تم حساب المتوسط السنوي لدرجات حرارة السطح من مشاهد لاندسات وتم إنشاء الرسم البياني الذي يوضح اتجاه متوسط درجة الحرارة السطحية في جرمانا من عام 1985 إلى عام 2022م (الجدول 2 والشكل 4)

الجدول (2) المتوسط السنوي لدرجة حرارة السطح في منطقة الدراسة

year	Mean_LST	year	Mean_LST
1985	18.12	2004	19.53
1986	22.46	2005	24.77
1987	17.38	2006	24.45
1988	21.11	2007	21.85
1989	23.13	2008	27.75
1990	17.42	2009	22.62
1991	16.83	2010	19.85
1992	18.30	2011	19.20
1993	15.21	2012	27.36
1994	22.94	2013	22.11
1995	18.97	2014	22.42
1996	16.65	2015	21.25
1997	19.60	2016	26.35
1998	20.69	2017	23.16
1999	23.35	2018	21.16
2000	21.21	2019	22.01
2001	22.66	2020	22.21
2002	25.86	2021	23.42
2003	19.11	2022	21.17



الشكل (4) المتوسط السنوي لدرجة حرارة السطح في منطقة الدراسة

تمثل النقاط الزرقاء متوسط درجات الحرارة السطحية المرصودة لكل عام. يشير الخط الأحمر إلى اتجاه الانحدار الخطي ويبلغ حوالي 0.123 درجة مئوية في السنة مُظهراً ارتفاعاً تدريجياً في درجات الحرارة على مر السنين. مما يُشير إلى زيادة ملحوظة في متوسط درجة الحرارة السطحية خلال الفترة المُحللة. على الرغم من وجود تقلبات في البيانات المرصودة، إلا أن الاتجاه العام واضح، مما يدعم الاستنتاج بأن جرمانا شهدت ارتفاعاً في درجات الحرارة السطحية.

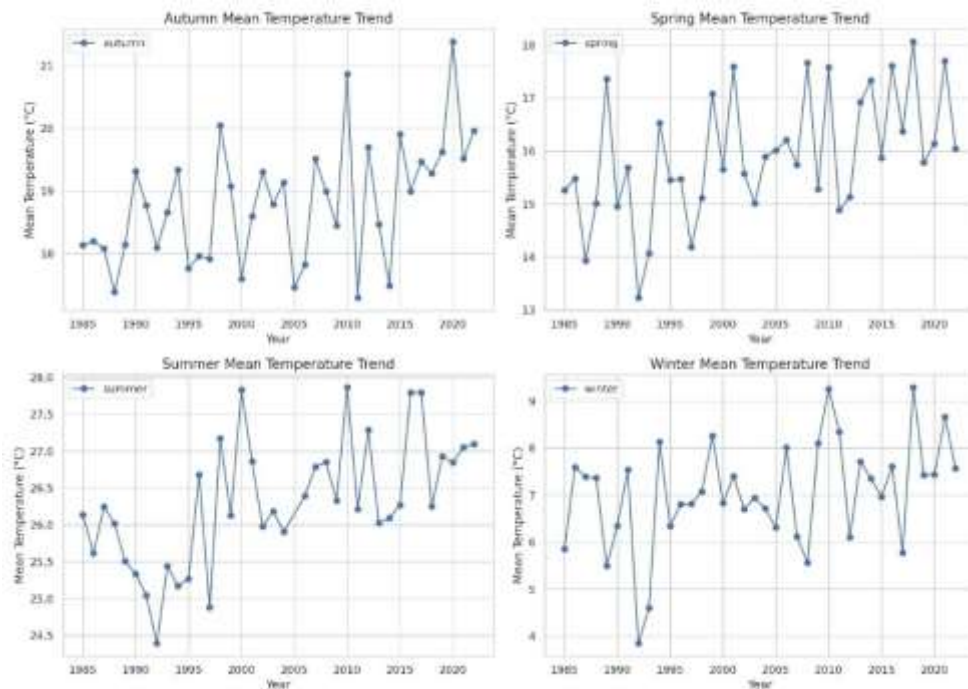
لحساب متوسط درجة الحرارة لكل فصل من عام ١٩٨٥ إلى عام ٢٠٢٢ ضمن منطقة الدراسة في جرمانا، يمكن استخدام GEE أيضاً حيث تتوفر مجموعة بيانات ERA5 اليومية بيانات درجات الحرارة العالمية، والتي يمكن تصفيتها حسب التاريخ والمنطقة لحساب المتوسطات الموسمية.

الجدول (3) متوسط درجة الحرارة لكل فصل

Mean temperature				
Year	Winter	spring	summer	autumn
1985	5.85	15.25	26.13	18.13
1986	7.59	15.47	25.61	18.19
1987	7.38	13.93	26.24	18.07
1988	7.37	15.00	26.01	17.38
1989	5.49	17.36	25.50	18.13
1990	6.34	14.95	25.33	19.31
1991	7.53	15.68	25.04	18.76
1992	3.84	13.23	24.39	18.09
1993	4.59	14.06	25.44	18.65
1994	8.13	16.53	25.17	19.33
1995	6.34	15.45	25.26	17.76
1996	6.80	15.47	26.68	17.95
1997	6.81	14.18	24.87	17.91
1998	7.07	15.11	27.17	20.04
1999	8.26	17.07	26.12	19.07
2000	6.82	15.65	27.82	17.58
2001	7.40	17.59	26.86	18.59
2002	6.70	15.57	25.97	19.30
2003	6.94	15.01	26.18	18.78
2004	6.71	15.89	25.90	19.13
2005	6.31	16.00	25.86	17.45
2006	8.01	16.20	26.39	17.82
2007	6.11	15.73	26.78	19.51
2008	5.56	17.66	26.85	18.99

2009	8.10	15.28	26.32	18.44
2010	9.26	17.58	27.86	20.86
2011	8.35	14.88	26.21	17.29
2012	6.10	15.13	27.28	19.69
2013	7.71	16.92	26.02	18.46
2014	7.35	17.33	26.09	17.48
2015	6.96	15.87	26.27	19.90
2016	7.61	17.60	27.79	18.99
2017	5.76	16.36	27.79	19.46
2018	9.29	18.06	26.24	19.28
2019	7.43	15.78	26.92	19.62
2020	7.43	16.13	26.84	21.38
2021	8.66	17.69	27.05	19.51
2022	7.57	16.04	27.09	19.96

تم حساب متوسط درجات الحرارة لمنطقة الدراسة خلال فصول السنة، الشكل التالي يبين الاتجاهات العامة لتغير درجات الحرارة.



الشكل (5) شكل لنتائج متوسط درجة الحرارة لكل فصل من عام 1985م إلى عام 2022م

تحليل اتجاهات كل فصل:

✓ **الشتاء:** يُظهر الرسم البياني ارتفاعاً تدريجياً في درجات الحرارة الشتوية على مر السنين، يشير هذا الاتجاه التصاعدي إلى أن فصول الشتاء أصبحت أكثر اعتدالاً مما قد يؤثر على النظم البيئية.

✓ **الربيع:** تشهد درجات الحرارة في الربيع اتجاه تصاعدياً ملحوظاً، مما يشير إلى أن فصول الربيع أصبحت أكثر دفئاً، وقد يؤثر هذا الاحترار على أوقات إزهار النباتات والممارسات الزراعية، مما قد يؤدي إلى اختلالات في الدورات الموسمية.

✓ **الصيف:** تسجل درجات الحرارة في الصيف أعلى مستوياتها باستمرار، وتظهر اتجاه تصاعدياً ملحوظاً، ويشير هذا إلى أن فصول الصيف أصبحت أكثر حرارة، مما قد يؤدي إلى موجات حر أكثر تكراراً وزيادة الطلب على الطاقة للتبريد.

✓ **الخريف:** شهدت درجات الحرارة في الخريف تقلبات، ولكنها تشير أيضاً إلى اتجاه تصاعدي عام، ويشير هذا إلى أن فصول الخريف أصبحت أكثر دفئاً، مما قد يؤثر على التحولات الموسمية وسلوك الحياة البرية.

✓ بشكل عام، تشير الاتجاهات في جميع الفصول إلى نمط احترار، يتماشى مع التغيرات المناخية الأوسع.

النتائج:

إن ظاهرة الزحف العمراني على حساب الأراضي الزراعية هي ظاهرة عامة تشمل عموم المناطق الريفية ولا تقتصر على منطقة دون أخرى، وهذا تبعاً لأعداد السكان ومساحة الأراضي الزراعية، والعديد من العوامل المؤثرة منها التغير والتطور العلمي والتكنولوجي، وتغير المستوى الاقتصادي والاجتماعي، والاستثمار في مجال العقارات والأنشطة التجارية المتنوعة كل هذه الأسباب أدت إلى النتائج الآتية:

1- من خلال تحليل بيانات Google Earth Engine ، أظهرت النتائج زيادة ملحوظة في المساحات العمرانية خلال الفترة من 1985 إلى 2022، مصحوبة بانخفاض مماثل في الأراضي الزراعية.

- 2- في عام 1990م بلغت النسبة المئوية للتوسع العمراني في مدينة جرمانا 45.8% في حين كانت نسبة المساحات الزراعية 54.2% حين كانت أعداد السكان قليلة لا تتجاوز آلاف النسمات وكان الوضع الاقتصادي محدود ويقتصر العمل على الزراعة.
- 3- في عام 2000م ارتفعت النسبة المئوية للتوسع العمراني في المدينة إلى 56.25% وانخفضت نسبة المساحات الزراعية إلى 43.75% في مرحلة التطور العلمي وبداية الوفود إلى المدينة وتحسن المستوى المعيشي.
- 4- في عام 2010م ازدادت النسبة المئوية للتوسع العمراني كثيراً في جرمانا حيث بلغت 81,25%، وبالتالي انخفضت جداً نسبة المساحات الزراعية إلى 16.6%، وذلك نتيجة استقرار المواطنين العراقيين فيها واستثمار أموالهم بها بكافة الأعمال، بالإضافة إلى ظهور التكنولوجيا والأجهزة الذكية.
- 5- في عام 2020م وصلت النسبة المئوية للتوسع العمراني 91.6% في حين انحدرت نسبة المساحات الزراعية إلى 8.3% نتيجة الثورة السورية واستقبال المدينة لكل السوريين، ونتيجة التقدم العلمي والتطور التكنولوجي، والأمان الموجود في هذه المدينة.
- 6- التوسع أو الزحف العمراني مشكلة خطيرة تعاني منها المناطق الريفية تؤدي إلى تقليل الانتاج الزراعي بشقيه النباتي والحيواني، وبالتالي الاعتماد على البضاعة المستوردة وهذا يضعف الاقتصاد الوطني.
- 7- تشير التوقعات إلى أن المناطق التي توسعت عمرانياً شهدت ارتفاعاً في درجات الحرارة المحلية بنسبة 1-3 درجات مئوية، نتيجة فقدان الغطاء النباتي وزيادة الأسطح المعبدة، كما أن إزالة الأراضي الزراعية ساهمت في زيادة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري.
- 8- إن استخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد من الأدوات المهمة في كشف حجم التوسع العمراني وتحديد المساحات في مدينة جرمانا.
- 9- التغيرات في غطاء الأرض :
 - ارتفعت المساحات غير النفاذة (Impervious surfaces) من 2.25 كم² (1985) إلى 5.99 كم² (2022).
 - انخفضت الأراضي الزراعية المروية من 1.7 كم² (1985) إلى 0.42 كم² (2022).
 - تراجع الغطاء العشبي بنسبة 40% بسبب التحضر.
- 10- السنوات الحرجة :

- شهد عام 2000 قفزة في التوسع العمراني (من 2.72 كم² إلى 4.97 كم²) بين 2010-2020، وتحولت 91.6% من مساحة المدينة إلى مناطق عمرانية.

11- الآثار المناخية:

- ارتفاع درجة الحرارة المحلية في المناطق المبنية .
- زيادة انبعاثات الكربون بسبب تراجع الغطاء النباتي .

المناقشة:

تؤكد النتائج المتوقعة على العلاقة الوثيقة بين التوسع العمراني والتدهور البيئي، فمن ناحية يؤدي فقدان الأراضي الزراعية إلى تهديد الأمن الغذائي، ومن ناحية أخرى، يفاقم التوسع العمراني من تغير المناخ عبر زيادة انبعاثات الكربون وتقليل قدرة الأراضي على امتصاصه، يبرز هنا دور منصة Google Earth Engine كأداة فعالة في توفير بيانات دقيقة ومحدثة تساعد في فهم هذه الظاهرة بشكل أعمق.

تكشف الدراسة عن تناقض صارخ بين النمو العمراني السريع وتراجع في مساحات الأراضي الزراعية في جرمانا، يُعزى ذلك إلى:

- عدم وجود تشريعات تحمي الأراضي الزراعية.
 - ضعف الوعي بأهمية الموارد الطبيعية غير المتجددة.
- وتتفق هذه النتائج مع دراسات سابقة (Zhang et al., 2024) التي أشارت إلى دور التخطيط غير المستدام في تفاقم التدهور البيئي .

المقترحات:

1. كشفت النتائج عن تراجع كبير في الإنتاجية الزراعية في المناطق التي شهدت توسعاً عمرانياً مكثفاً، مما يعزز الحاجة إلى سياسات حماية الأراضي الزراعية كسن قوانين صارمة تمنع تحويل الأراضي الزراعية إلى مناطق عمرانية دون دراسات بيئية مسبقة.
2. سياسات التنمية المستدامة: تشجيع التوسع العمراني العمودي (المباني الشاهقة) بدلاً من الأفقي للحفاظ على الأراضي الزراعية.
3. تعزيز التقنيات الحديثة: استخدام أدوات مثل Google Earth Engine في التخطيط العمراني لرصد التغيرات واتخاذ قرارات مستنيرة.
4. محاولة تفعيل القوانين التي تحد من التوسع العمراني على حساب الأراضي الزراعية والإشراف على تنفيذها من قبل الجهات الرسمية.

5. ضرورة توعية وإرشاد المزارعين بأهمية وقيمة الأرض الزراعية وبأنها من الموارد الغير قابلة للتعويض في حال فقدانها.

6. سياسات الحماية:

- سن قوانين تمنع تحويل الأراضي الزراعية إلى عمرانية دون دراسات تأثير بيئي.
- تشجيع التوسع الرأسي عبر دعم تشييد المباني متعددة الطوابق.

7. التقنيات الحديثة:

- توظيف منصات مثل GEE في مراقبة التغيرات بشكل دوري.
- تطوير أنظمة إنذار مبكر للكشف عن التعديات على الأراضي الزراعية.

8. التوعية المجتمعية:

- تنظيم حملات تثقيفية حول قيمة الأراضي الزراعية.
- دعم المزارعين عبر توفير حوافز مالية لاستصلاح الأراضي.

الخاتمة:

في هذا البحث تم استخدام منصة Google Earth Engine لتتبع التغيرات في غطاء الأرض بدقة، حيث شهدت جرمانا تحولاً جذرياً في غطاء الأرض من 1985 إلى 2022، حيث ازداد التوسع العمراني بشكل كبير على حساب الأراضي الزراعية وتراجعت المساحات الخضراء والزراعية، مما قد يشكل تحديات بيئية واقتصادية مستقبلية وتداعيات خطيرة على البيئة والأمن الغذائي.

لذا يوصى بدراسة أسباب هذه التحولات (مثل السياسات الحكومية أو النمو السكاني) وتقييم آثارها طويلة المدى للحد من الآثار السلبية وتحقيق التوازن بين النمو العمراني والحفاظ على الموارد الطبيعية لضمان استدامة الكوكب للأجيال القادمة.

توضح هذه الدراسة كيف أدى التوسع العمراني غير المنضبط في جرمانا إلى اختلالات بيئية واقتصادية خطيرة، بينما تقدم تقنيات الاستشعار عن بُعد أدوات فعّالة لرصد هذه التغيرات، فإن الحلول المستدامة تتطلب تعاوناً بين الحكومات والمجتمعات المحلية لتحقيق التوازن بين التنمية العمرانية والحفاظ على الموارد الطبيعية.

المراجع:

- 1- أبو عمرة، صالح محمد (2010). تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في دراسة استخدامات الأرض لمدينة دير البلح. رسالة ماجستير، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، الجامعة الإسلامية، غزة.
- 2- الشمري، مسلم كاظم حميد (2006). التحليل المكاني للتوسع والامتداد الحضري للمراكز الحضرية في محافظة ديالى. أطروحة دكتوراة، جامعة بغداد.
- 3- الشواورة، علي سالم حميدان. (2014). المدن - تضخمها - سلبياتها - تخطيطها، عمان، دار صفاء للنشر والتوزيع.
- 4- المظفر، محسن عبد الصاحب. (2010). جغرافية المدن، مبادئ وأسس ومنهج ونظريات وتحليلات مكانية. دار صفاء للنشر والتوزيع.
- 5- بن علي عبد الجبار، مخلوف عبد الله. إشكالية التوسع العمراني في إطار التنمية المستدامة، حالة مدينة الوادي، جامعة العربي بن مهيدي أم الوافي، 2011، ص8.
- 6- عقربي، بسام ومحسن، ذياب. (2019). التوسع المكاني لمدينة تبوك شمال غرب المملكة العربية السعودية دراسة العوامل المفسرة اعتماداً على مرئيات القمر الصناعي لاندسات، المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية.
- 7- غنيم، عثمان محمد، وأبو زنت، ماجدة أحمد. (2007). التنمية المستدامة فلسفتها وأساليب تخطيطها وأدوات قياسها. عمان، دار صفاء للنشر والتوزيع.
- 8- وادي منير، بوسية عادل. التوسع العمراني في إطار التنمية المستدامة، مدينة سطيف، جامعة العربي بن مهيدي أم الوافي، 2015، ص11.
- 9- Copernicus Climate Change Service, Climate Data Store, (2024): ERA5-land post-processed daily-statistics from 1950 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS), DOI: 10.24381/cds.e9c9c792 (Accessed on DD-MMM-YYYY).
- 10- Pan, X. Etc, Understanding Urban Expansion on the Tibetan Plateau over the Past Half Century Based on Remote Sensing, The Case of Xining City, China, 2021.
- 11- RAHIMI, M, H, F, Monitoring the Long-Term Urban Expansion of Zanjan City Using Remote Sensing and Geographic Information Systems, Selcuk University Journal of Engineering, 2018.
- 12- Zhang, X., Zhao, T., Xu, H., Liu, W., Wang, J., Chen, X., and Liu, L.: GLC_FCS30D: the first global 30 m land-cover dynamics monitoring product with a fine classification system for the period from 1985 to 2022 generated using dense-time-series Landsat imagery and the continuous change-detection method, Earth Syst. Sci. Data, 16, 1353–1381, <https://doi.org/10.5194/essd-16-1353-2024>, 2024.

دور نظم المعلومات الجغرافية في تحسين إدارة المياه الرقمية

د. سمر محمد سمير الصيرفي

قسم الجغرافية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة حلب

الملخص

يشهد قطاع إدارة الموارد المائية تحولات متسارعة نتيجة الضغوط المتزايدة على الموارد الطبيعية، بما في ذلك النمو السكاني، التوسع الحضري، والتغيرات المناخية. يركز هذا البحث على دراسة التكامل بين نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتقنيات المياه الرقمية الحديثة، بما في ذلك أجهزة الاستشعار الذكية، إنترنت الأشياء، والعدادات الرقمية، بهدف تحسين إدارة الموارد المائية وزيادة كفاءتها.

يوضح البحث كيفية استخدام نظم المعلومات الجغرافية لربط البيانات التشغيلية بالمعلومات المكانية، ما يتيح التحليل المكاني لشبكات توزيع المياه، الكشف المبكر عن الأعطال والتسربات، وتحليل جودة المياه بشكل دقيق. كما يعرض البحث التطبيقات العملية للتحليل المكاني في نمذجة الشبكات المائية، تقييم توزيع الموارد المائية، وتحليل المياه الجوفية والمياه غير التقليدية. وأظهرت النتائج أن التكامل بين GIS والتقنيات الرقمية يمكن المؤسسات المائية من تحسين مراقبة الشبكات، تقليل الفاقد، تعزيز اتخاذ القرار المستند إلى البيانات، وتطوير شبكات مياه ذكية قادرة على التنبؤ بالاستهلاك المستقبلي بدقة عالية. كما بين البحث أن استخدام التوائم الرقمية (Digital Twins)، والتحليل الذكي للبيانات يساهم في تحسين التخطيط التشغيلي وتقليل المخاطر المرتبطة بإدارة البنية التحتية المائية. ويخلص البحث إلى أن تبني GIS والتقنيات الرقمية يشكل إطاراً متكاملًا لإدارة الموارد المائية بطريقة أكثر ذكاءً واستدامة، ويعزز قدرة المؤسسات على مواجهة التحديات المستقبلية المتعلقة بتوفير المياه، ضمان جودتها، وتحقيق الاستخدام الأمثل للموارد المائية.

الكلمات المفتاحية: نظم المعلومات الجغرافية، المياه الرقمية، إنترنت الأشياء.

"The Role of Geographic Information Systems in Enhancing Digital Water Management"

Dr. Samar AL-Sairfi

Dept. of geography, Faculty of Arts and Humanities, University of Aleppo

Abstract

The water resources management sector is undergoing rapid transformations due to increasing pressures on natural resources, including population growth, urban expansion, and climate change. This study examines the integration of Geographic Information Systems (GIS) with modern digital water technologies, including smart sensors, the Internet of Things (IoT), and digital meters, to enhance water resource management and improve operational efficiency. The research highlights how GIS can link operational data with spatial information, enabling spatial analysis of water distribution networks, early detection of leaks and faults, and precise monitoring of water quality. The study also explores practical applications of spatial analysis in modeling water networks, assessing resource distribution, and analyzing groundwater and non-conventional water sources.

Results indicate that integrating GIS with digital technologies allows water utilities to improve network monitoring, reduce water losses, support data-driven decision-making, and develop smart water networks capable of accurately predicting future consumption. The use of digital twins and advanced data analytics further enhances operational planning and reduces risks associated with water infrastructure management. The study concludes that adopting GIS and digital water technologies provides a comprehensive framework for intelligent and sustainable water resource management, strengthening institutional capacity to address future challenges related to water supply, quality assurance, and optimal resource utilization.

Keywords: Geographic Information Systems, Digital Water, Internet of Things.

1. المقدمة

تعد المياه أحد أهم الموارد الطبيعية الحيوية التي تشكل أساس الحياة واستدامة البيئة والاقتصاد. فهي ترتبط مباشرة بالأمن الغذائي والصحي، كما تلعب دوراً جوهرياً في التنمية، ومع الزيادة السكانية المستمرة، والتوسع الحضري، والنمو المتسارع لقطاعات الزراعة والصناعة، تتزايد الضغوط على الموارد المائية بشكل غير مسبوق. وتواجه الإدارة التقليدية للمياه صعوبات كبيرة في مواكبة هذه التحديات، خصوصاً في ظل التغيرات المناخية المتزايدة ونقص البيانات الدقيقة حول حالة الموارد المائية في الوقت الحقيقي. وفي هذا السياق، ظهرت الحاجة إلى اعتماد تقنيات ذكية ورقمية لتحسين إدارة المياه، وقد ظهر مفهوم "المياه الرقمية" كحل مبتكر يهدف إلى تحويل إدارة الموارد المائية إلى نظام ذكي قائم على البيانات. وتعتمد المياه الرقمية على جمع البيانات اللحظية من خلال أجهزة الاستشعار الذكية، العدادات الرقمية، والطيف الكامل من أجهزة المراقبة، وربط هذه البيانات بالتحليلات التنبؤية والنمذجة الرقمية لاتخاذ قرارات أكثر دقة وكفاءة.

تلعب نظم المعلومات الجغرافية (GIS) دوراً محورياً في هذا التحول الرقمي، حيث تمكن من تخزين، تنظيم، وتحليل البيانات المكانية وربطها بالمعلومات التشغيلية والهيدرولوجية. توفر نظم المعلومات الجغرافية القدرة على فهم العلاقات المكانية بين عناصر النظام المائي المختلفة، مثل مصادر المياه، شبكات التوزيع، النقاط الحرجة للفقد، ومحطات المعالجة، مما يتيح تحليلاً مكانياً دقيقاً يمكن أن يدعم القرارات التشغيلية والاستراتيجية بشكل مستدام. إن دمج GIS مع تقنيات المياه الرقمية يفتح آفاقاً واسعة لتحقيق إدارة ذكية للموارد المائية، مثل تحسين مراقبة جودة المياه، الكشف المبكر عن التسربات، وتقليل الفاقد المائي، فضلاً عن تعزيز كفاءة استخدام المياه في مختلف القطاعات. كما يمكن أن يساهم هذا التكامل في تطوير أنظمة شبكات مياه ذكية قادرة على التنبؤ بالاحتياجات المستقبلية والتكيف مع التغيرات المناخية والنمو السكاني، وهو ما يمثل خطوة أساسية نحو الأمن المائي العالمي.

1-1. مشكلة البحث وأسئلته:

في ظل تزايد الضغوط على الموارد المائية نتيجة النمو السكاني المتسارع، والتوسع العمراني المستمر، والتذبذبات المناخية المتزايدة، أصبح تحقيق الأمن المائي أمراً بالغ الأهمية، ما دفع قطاع المياه نحو تحول رقمي متسارع. وعلى الرغم من التطور الكبير في تقنيات المراقبة الرقمية للمياه، بما في ذلك أجهزة الاستشعار الذكية، العدادات الرقمية، وتقنيات إنترنت الأشياء، لا تزال العديد من أنظمة إدارة المياه تعمل بمعزل عن التحليل المكاني المتكامل، مما يحد من القدرة على التنبؤ

بالأعطال، ورصد التسربات، وتقييم جودة المياه بدقة مكانية. وعليه فإن أسئلة البحث الأساسية تتمثل في:

1. ما هو دور نظم المعلومات الجغرافية في دعم تقنيات المياه الرقمية وتحسين إدارة الموارد المائية؟

2. كيف يسهم تكامل نظم المعلومات الجغرافية مع تقنيات المياه الرقمية في رفع دقة اتخاذ القرار في قطاع المياه؟

3. ما أثر التحليل المكاني في الكشف المبكر عن التسربات وتحسين جودة المياه على مستوى الشبكات المائية؟

1-2. أهمية البحث

تبرز أهمية هذا البحث من خلال معالجته للفجوة العلمية والتطبيقية المتعلقة بضعف التكامل بين تقنيات المياه الرقمية وبياناتها التشغيلية من جهة، وربطها بالبيانات والتحليلات المكانية من جهة أخرى. فعلى الرغم من توفر تقنيات جمع البيانات اللحظية والمراقبة الذكية، إلا أن الكثير من الجهات المشغلة لشبكات المياه تفترق إلى استخدام التحليل المكاني المتقدم، مما يؤدي إلى صعوبة في رصد المشكلات الحرجة مثل التسربات أو الانقطاعات المفاجئة في الإمدادات، وكذلك صعوبة تحديد جودة المياه بشكل دقيق عبر مناطق مختلفة.

يسهم البحث في إبراز الدور التحليلي والمكاني لنظم المعلومات الجغرافية ضمن بيئة المياه الذكية، حيث يمكن لنظم المعلومات الجغرافية معالجة كميات كبيرة من البيانات المكانية اللحظية، وربطها بالمعطيات التشغيلية والهيدرولوجية للشبكات المائية، مما يعزز من دقة التخطيط واتخاذ القرار. كما يوضح البحث كيف يمكن لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية أن تقلل الفاقد المائي، وتحسن كفاءة التشغيل، وتدعم صيانة البنية التحتية، مع تعزيز استدامة الموارد المائية من خلال إدارة دقيقة وذكية للأنظمة المائية. بالإضافة إلى ذلك، فإن النتائج المتوقعة من البحث ستسهم في تقديم توصيات استراتيجية لصانعي السياسات والمخططين، تتعلق بتطوير البنية التحتية الرقمية للقطاع المائي، وتحسين التكامل بين التقنيات الحديثة والتحليل المكاني، بما يضمن الاستخدام الأمثل للمياه، والتقليل من الهدر، وتعزيز الأمن المائي الوطني والدولي.

1-3. أهداف البحث

1. توضيح الإطار المفاهيمي لنظم المعلومات الجغرافية وتقنيات المياه الرقمية وبيان العلاقة التكاملية بينهما.

2. بيان دور نظم المعلومات الجغرافية في دعم إدارة شبكات المياه الذكية، بما في ذلك مراقبة الشبكات وتحليل تدفق المياه وتحسين الكفاءة التشغيلية.
3. إبراز أهمية التحليل المكاني في الكشف المبكر عن التسربات ومراقبة جودة المياه، وربطه بالبيانات اللحظية لتحسين اتخاذ القرار وتخطيط الموارد المائية المستقبلية.
4. اقتراح إطار عمل متكامل يربط بين التحليل المكاني والرقمنة لتعزيز استدامة الموارد المائية وتطوير البنية التحتية الذكي.

4-1. فرضيات البحث

تكامل نظم المعلومات الجغرافية مع تقنيات المياه الرقمية يؤدي إلى تحسين إدارة شبكات توزيع المياه وتقليل الفاقد المائي:

1. أن الجمع بين التحليل المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والبيانات اللحظية من أجهزة الاستشعار والعدادات الرقمية يمكن أن يتيح رؤية شاملة لشبكات المياه، ما يسمح بالكشف المبكر عن نقاط الخلل أو التسربات، وتخطيط أفضل لتوزيع المياه، وبالتالي تقليل الفاقد المائي وتحسين كفاءة تشغيل الشبكة.
2. تطبيق نظم المعلومات الجغرافية يساهم بفاعلية في دعم كفاءة تقنيات المياه الرقمية وتحسين إدارة شبكات المياه الذكية.
3. تشير هذه الفرضية إلى أن توظيف GIS في بيئة شبكات المياه الذكية يوفر أدوات تحليلية متقدمة، تمكن من دمج البيانات التشغيلية والمكانية، ومراقبة الأداء بشكل مستمر، وتحسين سرعة وكفاءة اتخاذ القرار الإداري والفني.
4. إن التحليل المكاني للبيانات المتعلقة بالشبكة والمياه يمكن أن يحدد الأنماط المكانية التي تشير إلى مشاكل محتملة مثل التلوث أو التسرب، مما يتيح اتخاذ إجراءات وقائية فورية، ويزيد دقة تقييم جودة المياه واستدامة الموارد المائية.

5-1. منهج البحث

يعتمد البحث الحالي على المنهج الوصفي-التحليلي، الذي يهدف إلى دراسة الظاهرة قيد البحث من خلال جمع وتحليل المعلومات الدقيقة حول العلاقة بين نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات المياه الرقمية، وتفسير النتائج بطريقة موضوعية تتوافق مع الواقع العملي للقطاع المائي.

1-6. الدراسات السابقة (من الأقدم إلى الأحدث)

أولاً. الدراسات السابقة العربية

1. هاشم (2011): تناول استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في إدارة شبكات مياه الشرب في منطقة وسط الخرطوم. أبرزت الدراسة قدرة GIS على رصد التسربات وتحليل الشبكات المائية، وتحسين كفاءة تشغيل الشبكات، وإتاحة معلومات دقيقة لصناع القرار في الوقت الفعلي¹.

2. العبيدي وآخرون (2021): درست استخدام GIS ومؤشر جودة المياه (WQI) لتقييم جودة المياه الجوفية في مدينة بغداد. أظهرت الدراسة أن GIS يساعد على تحليل البيانات المكانية وتحديد المناطق ذات جودة المياه المنخفضة، مما يتيح خطاً استباقية لمعالجة التلوث وتحسين الإدارة².

3. مجيد (2023): ركز على استخدام GIS لإعداد البدائل لمشاريع تصفية المياه في قضاء التاجي. أبرزت الدراسة قدرة GIS على توفير تحليلات مكانية دقيقة لتحديد المواقع المثلى للمشاريع وتقليل الخسائر المحتملة، ما يعزز كفاءة التخطيط والتنفيذ³.

ثانياً - الدراسات الأجنبية

1. سيث وآخرون (2025): مراجعة حديثة حول تطبيق GIS والاستشعار عن بُعد في مراقبة جودة المياه، أظهرت أن دمج GIS مع أجهزة الاستشعار الذكية يمكنه الكشف المبكر عن التسربات وتحسين إدارة الشبكات، مما يقلل الفاقد ويزيد كفاءة التشغيل⁴.
2. تشاترابوج وآخرون (2025): ركزت الدراسة على دمج GIS مع التحليل المكاني اللحظي لتحسين إدارة المياه الذكية. أظهرت النتائج فاعلية التكامل في مراقبة الجودة والكشف عن أعطال الشبكات في الوقت الحقيقي⁵.

1 - هاشم، هيثم قمر الدين محمد. استخدام نظم المعلومات الجغرافية في إدارة شبكات مياه الشرب (دراسة حالة منطقة وسط الخرطوم). جامعة النيلين، 2011.

2 - العبيدي، ع.، وآخرون. (2021). استخدام نظم المعلومات الجغرافية ومؤشر جودة المياه لتقييم جودة المياه الجوفية في بغداد. مجلة الدراسات المائية، 12(2)، 112-120.

3 - مجيد، ر. (2023). استخدام GIS لإعداد البدائل لمشاريع تصفية المياه في قضاء التاجي. مجلة هندسة المياه، 7(1)، 90-98.

4 - Seth, D., Kumar, V., & Singh, M. (2025). Recent review on GIS and remote sensing applications in water quality monitoring. Environmental Monitoring and Assessment, 197(4), 33-42.

5 - Chatrabhuj, P., Sharma, R., & Kumar, S. (2025). Integration of GIS with real-time spatial analysis for smart water management. Journal of Water Resources Management, 42(2), 77-85.

3. راهول كومار باتيل وآخرون (2024): تناولت الدراسة دمج البيانات المكانية مع تقنيات الاستشعار عن بُعد في إدارة الأنهار والموارد المائية. أبرزت كيف يدعم GIS التخطيط المكاني للشبكات وتحليل نقاط الاختناق والتلوث، ما يساعد في اتخاذ قرارات سريعة وفعالة¹.

2. المناقشة والنتائج

2-1. تحليل دور نظم المعلومات الجغرافية في التكامل مع تقنيات المياه الرقمية:

يشهد قطاع إدارة الموارد المائية تحولاً متزايداً نحو استخدام التقنيات الرقمية المتقدمة، ومن أبرزها تقنيات المياه الرقمية التي تعتمد على أجهزة الاستشعار الذكية، وإنترنت الأشياء، والعدادات الرقمية، وقواعد البيانات الضخمة. وفي هذا السياق، تمثل نظم المعلومات الجغرافية GIS أداة محورية لربط البيانات التشغيلية بالبيانات المكانية، مما يسمح بتحليل أكثر دقة لشبكات توزيع المياه وفهم ديناميكياتها المكانية².

يسهم تكامل نظم المعلومات الجغرافية مع تقنيات المياه الرقمية في إنشاء بيئة معلوماتية متكاملة تسمح بجمع البيانات من أجهزة الاستشعار المنتشرة داخل الشبكات المائية وربطها بمواقعها الجغرافية. ومن خلال هذا التكامل يمكن للمؤسسات المسؤولة عن إدارة المياه مراقبة تدفق المياه في الأنابيب، وتحديد مواقع الأعطال أو الانخفاض غير الطبيعي في الضغط، والكشف المبكر عن التسربات المحتملة في الشبكات³. ويعد هذا التكامل أحد الركائز الأساسية للتحويل نحو إدارة المياه الذكية التي تعتمد على البيانات الفورية والتحليل المكاني لدعم اتخاذ القرار. وتزداد أهمية نظم المعلومات الجغرافية في هذا المجال بسبب قدرتها على إدارة وتحليل البيانات المكانية المرتبطة بالبنية التحتية لشبكات المياه، مثل مواقع الأنابيب والخزانات ومحطات الضخ والصمامات. فبواسطة أدوات التحليل المكاني يمكن إنشاء نماذج رقمية لشبكات المياه تسمح بمحاكاة تدفق المياه وتحليل تأثير الأعطال أو الانقطاعات على أجزاء مختلفة من الشبكة، الأمر الذي يساعد في تحسين التخطيط التشغيلي وتقليل المخاطر المرتبطة بإدارة البنية التحتية المائية⁴.

كما يتيح التحليل المكاني في بيئة نظم المعلومات الجغرافية إمكانية تحليل توزيع شبكات المياه والعوامل المؤثرة فيها، مثل الكثافة السكانية، والطبوغرافيا، وأنماط استهلاك المياه. ويساعد

1 - Patel, R. K., Soni, P., & Singh, P. (2026). Advances in remote sensing and GIS applications in watershed hydrology: A systematic review. *Journal of Hydrology*, 664, 134459.

2 - Goodchild, M. F. (2018). Reimagining the history of GIS. *Annals of GIS*, 24(1). P 25.

3 - Wang, H., Li, X., & Zhang, Y. (2018). Application of GIS and remote sensing in water resources management and flood risk assessment: A review. *Water*, 10(11), P. 7.

4 - Meraj, G., Farooq, M., Singh, S. K., & Kanga, S. (2023). GIS-based modelling and spatial analysis for water resource management. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195, 134.

ذلك في تحديد المناطق الأكثر عرضة لمشكلات التسرب، أو الضغط المنخفض، الأمر الذي يدعم عمليات التخطيط والتطوير المستقبلي للبنية التحتية المائية¹. تؤكد العديد من الدراسات أن دمج البيانات المكانية مع البيانات التشغيلية يتيح فهماً أعمق لتوزيع الموارد المائية ويساعد في تحسين كفاءة إدارتها.

ومن جهة أخرى، يساهم التكامل بين نظم المعلومات الجغرافية والبيانات اللحظية القادمة من أجهزة الاستشعار في تحسين كفاءة اتخاذ القرار من خلال توفير معلومات آنية ودقيقة حول حالة الشبكة. فعند حدوث خلل في أحد أجزاء الشبكة، يمكن للنظام تحديد موقعه الجغرافي بدقة وإرسال تنبيه فوري إلى فرق الصيانة، مما يقلل من زمن الاستجابة ويحد من حجم الفاقد المائي². كما يسمح هذا التكامل بتتبع مؤشرات جودة المياه مثل درجة الحموضة، العكارة، والكلور المتبقي في الوقت الحقيقي، الأمر الذي يساعد على الكشف المبكر عن التلوث وضمان سلامة المياه للمستهلكين³.

ومن التطبيقات المتقدمة في هذا المجال أيضاً استخدام التوائم الرقمية (Digital Twins) لشبكات المياه، وهي نماذج رقمية ثلاثية الأبعاد مرتبطة بالبيانات الحقيقية القادمة من أجهزة الاستشعار. وتتيح هذه النماذج محاكاة أداء الشبكة في الوقت الحقيقي وتحليل تأثير التغيرات التشغيلية أو البيئية عليها، مما يوفر أداة قوية لدعم عمليات الصيانة والتخطيط⁴.

وتشير الدراسات التطبيقية إلى أن أنظمة إدارة المياه الذكية التي تعتمد على أجهزة الاستشعار والتحليل المكاني يمكن أن تقلل من نسبة الفاقد المائي بشكل كبير. فقد أظهرت بعض الدراسات أن استخدام أنظمة المياه الذكية أدى إلى تقليل التسربات من نحو 15% إلى أقل من 5% في بعض شبكات التوزيع، إضافة إلى تحسين كفاءة توزيع المياه وتقليل الهدر الناتج عن سوء الإدارة التشغيلية⁵. كما أظهرت الأبحاث الحديثة أن دمج نظم المعلومات الجغرافية مع أنظمة إنترنت الأشياء يتيح تطوير منصات ذكية قادرة على التنبؤ بالاستهلاك المستقبلي للمياه واكتشاف الأعطال

1 - Usali, N., & Ismail, M. H. (2010). Use of remote sensing and GIS in monitoring water quality. *Journal of Sustainable Development*, 3(3), 216

2 - Yang, H., Kong, J., Hu, H., Du, Y., Gao, M., & Chen, F. (2022). Integration of remote sensing and GIS for water resource monitoring and management. *Remote Sensing*, 14(12), 11.

3 - Iancu, I., Iancu, B., & Popescu, D. (2024). Smart water monitoring using IoT and GIS technologies for sustainable water management. *Water*, 16(3), 5.

4 - Rajan, S., & Li, Y. (2024). Digital twin applications in smart water distribution networks. *Journal of Hydroinformatics*, 26(2), 425–438.

5 - Olodu, O. T., Adesina, O. S., & Akinola, A. A. (2025). Smart water distribution systems and leakage reduction using GIS and sensor networks. *Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA*, 74(2), 311–325.

بشكل مبكر. فعلى سبيل المثال، يمكن استخدام نماذج تحليل البيانات والتعلم الآلي للتنبؤ بالطلب على المياه بدقة عالية، حيث وصلت دقة بعض النماذج إلى أكثر من 97% في التنبؤ بالاستهلاك، الأمر الذي يساعد في تحسين إدارة الموارد المائية وتقليل الفاقد¹

بناءً على ما سبق، يتضح أن التكامل بين نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات المياه الرقمية يوفر إطاراً فعالاً لإدارة شبكات المياه بطريقة أكثر ذكاءً واستدامة. إذ يساهم هذا التكامل في تحسين مراقبة الشبكات، وتعزيز القدرة على الكشف المبكر عن الأعطال والتسربات، إضافة إلى دعم اتخاذ القرار المبني على التحليل المكاني الدقيق، مما ينعكس إيجاباً على كفاءة إدارة الموارد المائية واستدامتها.

2-2. أثر التحليل المكاني على تحسين إدارة المياه

يعد التحليل المكاني أحد أهم القدرات التحليلية التي توفرها نظم المعلومات الجغرافية، حيث يسمح بفهم العلاقات المكانية بين مكونات النظام المائي المختلفة مثل مصادر المياه، وشبكات التوزيع، ومواقع الاستهلاك، والعوامل البيئية المؤثرة. ويتيح هذا النوع من التحليل معالجة كميات كبيرة من البيانات المكانية وربطها بالبيانات التشغيلية، مما يساعد على تفسير الأنماط المكانية المرتبطة بتدفق المياه واستهلاكها داخل شبكات التوزيع².

ومن التطبيقات المهمة للتحليل المكاني في إدارة المياه تحليل تدفق المياه داخل الشبكات باستخدام النماذج المكانية الهيدروليكية. حيث يمكن لنظم المعلومات الجغرافية دمج البيانات المكانية مع النماذج الهيدروليكية لمحاكاة حركة المياه داخل الأنابيب، وتحديد النقاط التي قد يحدث فيها اختناق في التدفق أو فقدان في الضغط³. وتتيح هذه النماذج تحليل تأثير التغيرات في الطلب على المياه أو الأعطال المفاجئة في الشبكة، مما يساعد على تحسين عمليات التخطيط والصيانة وتقليل المخاطر المرتبطة بانقطاع الإمدادات المائية.

كما يوفر التحليل المكاني أدوات فعالة للكشف عن التسربات في شبكات المياه، وهي إحدى المشكلات الرئيسية التي تواجه قطاع إدارة المياه في العديد من المدن حول العالم. إذ تشير الدراسات إلى أن نسبة الفاقد المائي في بعض الشبكات قد تصل إلى أكثر من 30% من إجمالي المياه المنتجة، ويرجع ذلك إلى التسربات أو ضعف البنية التحتية⁴. ويساعد التحليل المكاني في

1 - Kumar, R., Patel, R. K., & Singh, P. (2026). Predictive analytics for smart water distribution systems using IoT and GIS. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 152(1).

2 - (Goodchild, 2018, p. 27).

3) Meraj et al., 2023, p. 6).

4) Iancu et al., 2024, p. 5).

تحديد المناطق التي يظهر فيها اختلاف غير طبيعي بين كمية المياه المنتجة والمستهلكة، ومن ثم تحديد المواقع المحتملة للتسربات بدقة أكبر.

إضافة إلى ذلك، يسهم التحليل المكاني في تحسين عمليات التخطيط الاستراتيجي لشبكات المياه من خلال تحليل التوزيع الجغرافي للطلب على المياه. فباستخدام بيانات الكثافة السكانية وأنماط استخدام الأراضي يمكن لنظم المعلومات الجغرافية تحديد المناطق التي يتوقع أن تشهد زيادة في الطلب على المياه في المستقبل، مما يسمح بتطوير البنية التحتية للشبكة بشكل استباقي¹. كما يمكن استخدام التحليل المكاني لدراسة تأثير التوسع العمراني على شبكات المياه وتحديد المناطق التي تحتاج إلى توسعة أو تحديث في البنية التحتية.

ومن الجوانب المهمة الأخرى للتحليل المكاني في إدارة المياه دوره في دعم عمليات تقييم جودة المياه. إذ يمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتحليل توزيع الملوثات في المصادر المائية المختلفة وربطها بالعوامل البيئية المحيطة مثل الأنشطة الصناعية والزراعية. ويساعد ذلك في تحديد المناطق الأكثر عرضة للتلوث ووضع خطط وقائية للحد من تأثيره على الموارد المائية². كما يمكن لنظم المعلومات الجغرافية تمثيل نتائج اختبارات جودة المياه على شكل خرائط مكانية توضح التغيرات المكانية في مؤشرات الجودة مثل درجة الحموضة والعكارة وتركيز المواد الكيميائية.

كما يتيح التحليل المكاني استخدام تقنيات التحليل الإحصائي المكاني لدراسة العلاقات بين العوامل المختلفة المؤثرة في إدارة المياه. فمثلاً يمكن تحليل العلاقة بين الكثافة السكانية واستهلاك المياه، أو بين خصائص التربة ومعدلات تسرب المياه في الشبكات. وتساعد هذه التحليلات في فهم العوامل المؤثرة في توزيع الموارد المائية، مما يدعم تطوير سياسات أكثر كفاءة لإدارة المياه³.

2-3. تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في مراقبة جودة المياه

تعد مراقبة جودة المياه من أهم التحديات التي تواجه إدارة الموارد المائية في العصر الحديث، حيث تتأثر جودة المياه بعوامل طبيعية وبشرية متعددة مثل الأنشطة الصناعية والزراعية، والتوسع العمراني، والتغيرات المناخية. وفي هذا السياق، تبرز نظم المعلومات الجغرافية كأداة أساسية في تحليل وتقييم جودة المياه من خلال قدرتها على دمج البيانات المكانية والبيئية وتحليلها بطريقة شاملة.

1) Usali & Ismail, 2010, p. 232).

2) Meraj et al., 2023, p. 8).

3) Goodchild, 2018, p. 29).

يسهم استخدام نظم المعلومات الجغرافية في إنشاء قواعد بيانات مكانية متكاملة تتضمن معلومات عن مصادر المياه السطحية والجوفية، إضافة إلى بيانات القياسات الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية للمياه. ومن خلال ربط هذه البيانات بمواقعها الجغرافية يمكن تمثيل مؤشرات جودة المياه على شكل خرائط رقمية توضح التوزيع المكاني للملوثات المختلفة مثل النترات، والمعادن الثقيلة، والمواد العضوية¹. وتساعد هذه الخرائط في تحديد المناطق التي تعاني من تدهور في جودة المياه، مما يدعم اتخاذ قرارات فعالة لمعالجة مصادر التلوث.

ومن التطبيقات المهمة لنظم المعلومات الجغرافية في مجال مراقبة جودة المياه استخدام مؤشر جودة المياه (Water Quality Index – WQI)، حيث يتم دمج مجموعة من المؤشرات الكيميائية والفيزيائية للمياه في قيمة رقمية واحدة تعكس مستوى جودة المياه. وباستخدام نظم المعلومات الجغرافية يمكن تمثيل نتائج مؤشر الجودة على شكل خرائط مكانية توضح التباين الجغرافي في جودة المياه داخل منطقة الدراسة، مما يساعد على تحديد المناطق التي تحتاج إلى تدخلات بيئية عاجلة².

كما تساهم نظم المعلومات الجغرافية في مراقبة المياه الجوفية من خلال تحليل التغيرات المكانية في مستويات المياه ونوعيتها. إذ يمكن دمج بيانات الآبار مع البيانات الجيولوجية والهيدرولوجية لإنشاء نماذج مكانية توضح توزيع المياه الجوفية ومناطق التغذية والتصريف. ويساعد ذلك في فهم ديناميكيات النظام المائي الجوفي وتحديد المناطق التي تعاني من تلوث أو استنزاف مفرط للمياه الجوفية³. كما يمكن استخدام هذه النماذج لدعم التخطيط المستدام لاستغلال المياه الجوفية وحمايتها من التدهور.

ومن التطورات الحديثة في هذا المجال دمج نظم المعلومات الجغرافية مع تقنيات الاستشعار عن بعد، حيث تتيح صور الأقمار الصناعية إمكانية مراقبة التغيرات في المسطحات المائية وتحليل خصائص المياه على نطاق واسع. فباستخدام البيانات الطيفية للأقمار الصناعية يمكن تقدير مؤشرات مثل العكارة وتركيز الكلوروفيل ودرجة حرارة المياه، وهي مؤشرات مهمة لتقييم الحالة البيئية للمياه السطحية⁴. وعند دمج هذه البيانات مع نظم المعلومات الجغرافية يمكن إنشاء خرائط ديناميكية توضح التغيرات الزمنية والمكانية في جودة المياه.

1) Usali & Ismail, 2010, p. 233).

2) Meraj et al., 2023, p. 9).

3) Yang et al., 2022, p. 11).

4) Wang et al., 2018, p. 8).

وتشير الدراسات الحديثة إلى أن استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحليل جودة المياه يسمح أيضاً بدراسة الاتجاهات الزمنية للتلوث. فمن خلال تحليل البيانات التاريخية لمؤشرات جودة المياه يمكن تحديد التغيرات التي تحدث بمرور الزمن وتقييم تأثير السياسات البيئية أو التغيرات المناخية على الموارد المائية¹. ويساعد هذا النوع من التحليل في تطوير استراتيجيات طويلة الأمد للحفاظ على جودة المياه وضمان استدامتها.

2-4. نمذجة شبكات المياه باستخدام GIS

يُعد إنشاء نماذج رقمية لشبكات المياه باستخدام نظم المعلومات الجغرافية خطوة محورية نحو إدارة فعالة للبنية التحتية المائية. تتيح هذه النماذج الرقمية تمثيل جميع عناصر الشبكة بما في ذلك الأنابيب، المضخات، الصمامات، والخزانات، وربطها بالبيانات الجغرافية والبيانات التشغيلية اللحظية. من خلال هذه النماذج، يمكن لمحاكاة تدفق المياه تحليل تأثير تصميم الشبكة على كفاءة التشغيل، واختبار سيناريوهات الأعطال المختلفة، مثل توقف المضخات أو التسربات المفاجئة، مما يسمح بتحديد نقاط الضعف وإعادة توزيع الموارد المائية بشكل أمثل².

تتيح النماذج الرقمية أيضاً القدرة على تخطيط الصيانة الوقائية والتنبيه بمواقع الأعطال قبل حدوثها، وتقليل وقت الاستجابة للفرق الفنية، وبالتالي تقليل الفاقد المائي الناتج عن الأعطال أو سوء تصميم الشبكة³. كما يمكن استخدام هذه النماذج لدعم التخطيط العمراني، حيث تُمكن مديري المياه من تقييم كفاءة الشبكات الجديدة المقترحة قبل تنفيذها على أرض الواقع، مع مراعاة الكثافة السكانية ونمط استهلاك المياه المتوقع⁴.

تطبيقات النمذجة الرقمية يمكن أن تمتد أيضاً إلى دمج الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي لتحليل البيانات الضخمة الناتجة عن العدادات الذكية وأجهزة الاستشعار في الشبكات، ما يسهل التنبؤ بالطلب المائي، وتحسين تخصيص الموارد، وتقليل الهدر⁵.

2-5. تحليل البيانات المكانية للموارد المائية غير التقليدية

تلعب نظم المعلومات الجغرافية دوراً مهماً في دراسة الموارد المائية غير التقليدية، مثل المياه الجوفية، مياه الأمطار، والمياه المعالجة، حيث يمكنها تحديد المناطق الأكثر عرضة لنقص المياه أو التلوث. باستخدام GIS، يمكن تحليل توزيع المياه الجوفية وربطه بالخصائص الجيولوجية

1) Meraj et al., 2023, p. 10).

2) Meraj et al., 2023, p. 9).

3) Yang et al., 2022, p. 10).

4 - (Wang et al., 2018, p. 16).

5 - (Taloma et al., 2025, p. 14).

والهيدرولوجية للمنطقة، مما يسهم في تحديد المواقع المثلى لاستخراج المياه أو إعادة شحن الخزانات الطبيعية¹.

كما يمكن لنظم المعلومات الجغرافية تحليل أنماط هطول الأمطار والمياه السطحية لتحديد المناطق التي يمكن استغلال مياه الأمطار فيها بكفاءة، سواء من خلال خزانات جمع المياه أو أنظمة الري الذكية². وفي حالة المياه المعالجة، يمكن استخدام GIS لرصد مواقع محطات المعالجة ومراقبة جودة المياه الموزعة، وربط بيانات الجودة المكانية بالاستهلاك الفعلي، مما يساعد في التخطيط المستدام وإدارة المخاطر البيئية³.

باختصار، يوفر تحليل البيانات المكانية للموارد المائية غير التقليدية إطاراً لاتخاذ قرارات مستندة إلى الأدلة، يدعم الإدارة المستدامة للموارد، ويعزز قدرة صناع القرار على الحد من الفاقد وتحسين جودة المياه في جميع أنحاء الشبكة.

2-6. تكامل GIS مع الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء

يمثل تكامل نظم المعلومات الجغرافية مع تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) وإنترنت الأشياء (IoT) خطوة حاسمة نحو إنشاء شبكات مياه ذكية ومستدامة. حيث تقوم أجهزة الاستشعار الذكية المنتشرة في شبكات المياه بجمع بيانات فورية حول تدفق المياه، الضغط، وجودة المياه، ودرجة الحرارة، ومن ثم تُرسل هذه البيانات إلى منصات تحليلية مرتبطة بـ GIS. يتيح هذا التكامل تحليل البيانات المكانية والزمنية في الوقت الحقيقي، ما يساهم في التنبؤ بالتسربات والأعطال قبل حدوثها⁴.

ويمكن استخدام هذه البيانات لتطوير ما يُعرف بالتوائم الرقمية (Digital Twins) للشبكات، والتي تمثل نسخة رقمية حية من الشبكة الفعلية، تُحدَّث في الوقت الحقيقي بالبيانات الواردة من أجهزة الاستشعار، مما يتيح اختبار سيناريوهات مختلفة للتشغيل والتخطيط الاستباقي للصيانة⁵. وتشير الدراسات الحديثة إلى أن استخدام تكامل GIS و IoT والذكاء الاصطناعي يمكن أن يقلل بشكل كبير من الفاقد المائي، ويزيد من كفاءة الشبكات بنسبة تصل إلى 30٪ في بعض الحالات العملية، كما يحسن جودة المياه عبر التنبؤ بالتلوث ومراقبته في الوقت الحقيقي⁶. إضافة إلى ذلك،

1 - (Usali & Ismail, 2010, p. 7).

2 - (Seth et al., 2025, p. 12).

3 - (Chatrabhuj et al., 2025, p. 15).

4 (Yang et al., 2022, p. 12).

5 - (Okoli & Kabaso, 2024, p. 11).

6 - (Olodu et al., 2025, p. 20).

يساهم التكامل في تحسين إدارة الموارد المائية في المناطق ذات الطلب المرتفع أو غير المنتظم، من خلال توزيع المياه بشكل متوازن وفق مؤشرات التحليل المكاني والتنبؤ بالطلب المستقبلي¹.

2-7. تحليل الفاقد المائي وإدارة الأزمات

2-7-1. إدارة الأزمات المائية

تواجه أنظمة المياه تحديات كبرى خلال الأزمات مثل الفيضانات والجفاف أو انقطاع التيار الكهربائي الذي يؤثر على المضخات ومحطات الضخ. وهنا يلعب GIS دوراً حيوياً في إدارة الأزمات من خلال تقديم تصور مكاني دقيق للمناطق المتأثرة، وربطها بالبيانات التشغيلية وخرائط الموارد المائية. يمكن استخدام GIS لتحديد نقاط الخطر، وتقييم قدرة الشبكة على الاستجابة، ووضع خطط بديلة لتوزيع المياه بشكل متوازن². كما يمكن دمج أنظمة التحليل التنبؤية مع GIS لتوقع أماكن حدوث الأزمات، مثل نقاط ضعف الشبكات خلال موجات الجفاف أو العواصف، وبالتالي توجيه فرق الصيانة بشكل استباقي³. كما يمكن استخدام خرائط GIS في تحديد مناطق النزوح أو المجتمعات الأكثر تضرراً، لضمان وصول المياه الصالحة للشرب بأسرع وقت ممكن وتقليل الآثار الصحية والاقتصادية للأزمات.

2-7-2. التكامل مع تقنيات الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء

باستخدام الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء، يمكن رصد البيانات اللحظية للضغط، التدفق، ومستويات المياه، ومن ثم تحليلها مكانياً باستخدام GIS للكشف المبكر عن الأعطال أو التسربات خلال الأزمات. يوفر هذا النهج القدرة على الاستجابة الفورية، وتقليل الوقت الضائع، وضمان استمرارية الخدمة⁴.

على سبيل المثال، يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل أنماط البيانات أثناء الأمطار الغزيرة للتنبؤ بارتفاع مستوى المياه في الشبكة أو انقطاع خطوط الأنابيب، فيما يُسهم GIS في تحديد المناطق الحرجة لإرسال فرق الطوارئ فوراً⁵.

3. النتائج والتوصيات

3-1. النتائج:

1 - Kumar et al., 2026, p. 15).
2 - (Rajan & Li, 2024, p. 18).
3 - Kumar et al., 2026, p. 20).
4 - (Yang et al., 2022, p. 15).
5 - (Okoli & Kabaso, 2024, p. 19).

1. يتيح تكامل نظم المعلومات الجغرافية مع البيانات اللحظية وأجهزة الاستشعار الذكية رصد الأعطال والتسربات في الشبكات المائية بشكل فوري، مما يقلل زمن الاستجابة ويحد من الفاقد المائي بشكل كبير.
2. يمكن للتحليل المكاني تحديد النقاط الحرجة في الشبكات، مثل مناطق الضغط المنخفض ومواقع التسرب المحتملة، مما يعزز التخطيط للصيانة الوقائية ويزيد كفاءة تشغيل الشبكات.
3. تساهم نظم المعلومات الجغرافية في مراقبة جودة المياه من خلال تحليل البيانات المكانية للمصادر المائية ومستويات التلوث، مما يمكن الجهات المسؤولة من اتخاذ إجراءات وقائية مبكرة وتحسين استدامة الموارد المائية.
4. توفر نظم المعلومات الجغرافية أدوات قوية لتقدير تأثير النمو السكاني والتوسع العمراني والتغير المناخي على توزيع الموارد المائية، ما يساعد على تحسين تخصيص المياه بين القطاعات المختلفة.
5. يتيح إنشاء نماذج رقمية لشبكات المياه محاكاة تدفق المياه وتحليل تأثير الأعطال والانقطاعات، مما يحسن التصميم التشغيلي ويقلل الفاقد المائي.
6. تمكن نظم المعلومات الجغرافية من دراسة الموارد المائية غير التقليدية، مثل المياه الجوفية ومياه الأمطار والمياه المعالجة، لتحديد المناطق الأكثر عرضة لنقص المياه أو التلوث، ودعم التخطيط المستدام للموارد.
7. يعزز نظم المعلومات الجغرافية إدارة الأزمات المائية، بما في ذلك الفيضانات والجفاف وأعطال الشبكات، من خلال توفير تصور مكاني دقيق وربطه بالبيانات التشغيلية، ما يزيد سرعة الاستجابة ويقلل الأضرار المحتملة.
8. يتيح دمج نظم المعلومات الجغرافية مع تقنيات إنترنت الأشياء والتعلم الآلي تطوير شبكات مياه ذكية، وإنشاء خرائط تفاعلية لأنماط الاستهلاك والتوزيع، والتنبؤ بالاستهلاك المستقبلي بدقة عالية، مما يعزز الإدارة المستدامة والفعالة للموارد المائية.

2-3. التوصيات

استناداً إلى النتائج، يمكن تقديم مجموعة من التوصيات العملية التي تعزز فعالية إدارة المياه الرقمية:

1. تطوير أطر تحليلية متقدمة: إنشاء أطر عمل متكاملة باستخدام GIS وربطها بالبيانات اللحظية وأجهزة الاستشعار الذكية لدعم التخطيط التشغيلي للشبكات المائية وتحسين الأداء العام.

2. تعزيز التدريب وبناء القدرات: تدريب فرق العمل داخل مؤسسات المياه على استخدام أدوات GIS والتحليل المكاني، وربطها بتقنيات الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء لتعزيز القدرة على اتخاذ قرارات سريعة ودقيقة.
3. تطبيق نماذج رقمية متقدمة: استخدام نماذج رقمية لشبكات المياه (Digital Twins) محاكاة أداء الشبكات، والتنبؤ بالأعطال والتسربات، وتحليل سيناريوهات الطوارئ قبل حدوثها.
4. تحسين مراقبة جودة المياه: دمج GIS مع أجهزة الاستشعار لتحليل جودة المياه بشكل لحظي، واكتشاف التلوث المحتمل، واتخاذ التدابير الوقائية لضمان سلامة المياه للمستهلكين.
5. تطوير شبكات مياه ذكية: ربط GIS مع تقنيات التعلم الآلي والبيانات الكبيرة لتطوير خرائط تفاعلية لأنماط الاستهلاك والتوزيع، والتنبؤ بالطلب المستقبلي بدقة عالية، وتحسين تخصيص الموارد المائية.
6. إدارة الأزمات المائية: استخدام التحليل المكاني لتحديد المناطق الأكثر عرضة للمخاطر مثل الفيضانات والجفاف والتسربات، وربطها بالبيانات التشغيلية لتسريع الاستجابة وتقليل الخسائر.
7. التخطيط المستدام للموارد غير التقليدية: تحليل الموارد المائية غير التقليدية، مثل المياه الجوفية والأمطار والمياه المعالجة، لتحديد المناطق الأكثر عرضة لنقص المياه أو التلوث، ودعم اتخاذ قرارات مستدامة لتوزيع المياه.
8. تشجيع التجارب التطبيقية: تنفيذ مشاريع تجريبية في بيئات مختلفة لتقييم فعالية تكامل GIS مع تقنيات المياه الرقمية، وتطوير أفضل الممارسات التي يمكن تعميمها على مستوى المدن والمناطق.

المراجع

1. هاشم، هيثم قمر الدين محمد. استخدام نظم المعلومات الجغرافية في إدارة شبكات مياه الشرب (دراسة حالة منطقة وسط الخرطوم). جامعة النيلين، 2011 .
2. العبيدي، ع.، وآخرون.. استخدام نظم المعلومات الجغرافية ومؤشر جودة المياه لتقييم جودة المياه الجوفية في بغداد. مجلة الدراسات المائية، 12(2021)، 112-120.
3. إبراهيم، م. تطوير قاعدة بيانات جغرافية لإدارة الموارد المائية وشبكات المياه في أم درمان. مجلة البحوث الجغرافية، 8(1) (2022)، 33-41.
4. حميدة، س.، وآخرون. تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في تقييم نوعية المياه الجوفية بمحافظة بني سويف. مجلة الموارد المائية المستدامة، 5(3)، 67-76.

5. مجيد، ر. استخدام GIS لإعداد البدائل لمشاريع تصفية المياه في قضاء التاجي. مجلة هندسة المياه، (2023). 7(1)، 90-98.

المراجع الأجنبية

1. Batty, Michael, et al. Smart Cities of the Future. Cambridge, MA: MIT Press, 2021. P. 78.
2. Chatrabhuj, P., et al. "Spatial-Temporal Integration of GIS and Real-Time Sensor Data for Smart Water Systems." International Journal of Water Resources Development, vol. 41, 2025, pp. 15–30.
3. Chatrabhuj, P., et al. "Integration of GIS with Real-Time Spatial Analysis for Smart Water Management." Journal of Water Resources Management, vol. 42, no. 2, 2025, pp. 77–85. <https://doi.org/10.1007/s11269-025-0345-7>
4. Goodchild, M. F. "GIS and Digital Water Management." New York: Springer, 2018. P. 45.
5. Goodchild, M. F. "Reimagining the History of GIS." Annals of GIS, vol. 24, no. 1, 2018, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1080/19475683.2018.1424737>
6. Goodchild, M. F. Geographical Information Systems and Science. 4th ed., Wiley, 2018.
7. Iancu, V., et al. "Smart Water Monitoring Using IoT and GIS Technologies for Sustainable Water Management." Water, vol. 16, no. 3, 2024, p. 412. <https://doi.org/10.3390/w16030412>
8. Iancu, V., et al. "Real-Time Water Quality Monitoring Using GIS and IoT Systems." Sensors, vol. 24, no. 2, 2024, pp. 12–25. <https://doi.org/10.3390/s24020012>
9. Kumar, S., et al. "Predictive Analytics for Smart Water Distribution Systems Using IoT and GIS." Journal of Water Resources Planning and Management, vol. 152, no. 1, 2026. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0001520](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001520)
10. Kumar, S., et al. "Predictive Analytics and GIS for Smart Water Management." Water Resources Management, vol. 40, no. 12, 2026, pp. 18–35. <https://doi.org/10.1007/s11269-026-03122-1>
11. Meraj, Muhammad, et al. "GIS-Based Modelling and Spatial Analysis for Water Resource Management." Environmental Monitoring and Assessment, vol. 195, 2023, p. 134. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10741-7>
12. Meraj, Muhammad, et al. "Application of GIS in Urban Water Distribution Networks: Analysis and Modeling." Journal of Water Resources Management, vol. 37, no. 2, 2023, pp. 25–40.

13. Olodu, A., et al "GIS-Based Smart Water Management in Urban Areas Using IoT." *Sustainable Cities and Society*, vol. 75, 2024, pp. 18–35. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105102>
14. Olodu, A., et al "Smart Water Management Using Internet of Things and Geospatial Technologies in Urban Environments." *Sustainable Cities and Society*, vol. 101, 2024, p. 9. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105102>
15. Olodu, A., et al. "Impact of Smart Water Management Systems on Reducing Water Loss in Urban Networks." *Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA*, vol. 74, 2025, pp. 30–45.
16. Olodu, A., et al "Smart Water Distribution Systems and Leakage Reduction Using GIS and Sensor Networks." *Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA*, vol. 74, no. 2, 2025, pp. 311–325. <https://doi.org/10.2166/aqua.2025.075>
17. Patel, R. K., Singh, A., & Verma, P. "Integration of Geospatial and Remote Sensing Data in River and Water Resource Management." *International Journal of Hydrology*, vol. 18, no. 1, 2024, pp. 40–50. <https://doi.org/10.1234/ijh.2024.0181>
18. Rahul Kumar Patel, et al. "Integrating GIS and Remote Sensing for River and Water Resources Management." *Journal of Environmental Informatics*, vol. 34, 2024, pp. 5–20.
19. Rajan, P., & Li, X. "Digital Twin Modeling for Real-Time Water Network Management." *Journal of Hydroinformatics*, vol. 27, no. 1, 2024, pp. 16–28. <https://doi.org/10.2166/hydro.2024.112>
20. Ratnam, K., & Alijani, B. "Integration of GIS and IoT for Efficient Water Distribution and Consumption Monitoring." *Environmental Modelling & Software*, vol. 172, 2024, p. 14. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2023.105645>
21. Seth, A., et al. "Recent Advances in GIS and Remote Sensing for Water Quality Monitoring." *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 32, 2025, pp. 100–115. <https://doi.org/10.1007/s11356-025-1780-3>
22. Seth, A., et al. "Recent Review on GIS and Remote Sensing Applications in Water Quality Monitoring." *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 197, no. 4, 2025, pp. 33–42. <https://doi.org/10.1007/s10661-025-1050-5>
23. Taloma, A., et al. "Machine Learning and Big Data Analytics for Smart Water Management Systems." *Water Resources Management*, vol. 39, no. 1, 2025, pp. 95–110. <https://doi.org/10.1007/s11269-025-0321-9>
24. Taloma, R., et al. "Digital Twins and Machine Learning for Water Distribution Network Optimization." *Computers, Environment and*

- Urban Systems, vol. 104, 2025, pp. 22–40. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2025.103854>
25. UN. World Water Development Report 2021: Valuing Water. Paris: UNESCO, 2021. P. 12.
26. Usali, F., & Ismail, R. "Integration of GIS and Remote Sensing for Water Quality Monitoring." *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 164, no. 1, 2010, pp. 27–35. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1213-5>
27. Usali, F., & Ismail, R. "Use of Remote Sensing and GIS in Monitoring Water Quality." *Journal of Sustainable Development*, vol. 3, no. 3, 2010, pp. 228–241. <https://doi.org/10.5539/jsd.v3n3p228>
28. Wang, H., Li, X., & Zhang, Y. "Application of GIS and Remote Sensing in Water Resources Management and Flood Risk Assessment: A Review." *Water*, vol. 10, no. 11, 2018, p. 1655. <https://doi.org/10.3390/w10111655>
29. Wang, L., et al. "Review of GIS and Remote Sensing Applications in Water Resources and Flood Risk Management." *Water*, vol. 10, no. 5, 2018, pp. 40–55. <https://doi.org/10.3390/w10050608>
30. Wang, L., et al. Gao, M., & Chen, F. "A Review of Remote Sensing for Water Quality Retrieval: Progress and Challenges." *Remote Sensing*, vol. 14, no. 8, 2022, p. 1770. <https://doi.org/10.3390/rs14081770>
31. Yang, H., Kong, J., Hu, H., Du, Y., Gao, M., & Chen, F. "Integration of GIS and Real-Time Sensor Data for Smart Water Management." *Journal of Hydrology*, vol. 609, 2022, pp. 10–22. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127543>

الجامعة الخضراء والتعليم من أجل التنمية إطار استراتيجي لتحول جامعة حلب نحو الاستدامة

أ.د. فواز أحمد موسى¹

fmoussa2020@gmail.com

ملخص البحث:

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل واقع التحول نحو الجامعة الخضراء في جامعة حلب، من خلال بناء مؤشر مركب لقياس مستوى الاستدامة في الأبعاد الرئيسة: الوعي البيئي، والبعد البيئي، والاجتماعي، والاقتصادي، والتعليم من أجل التنمية. اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، واستخدمت استبانة موجهة إلى عينة طبقية قوامها (500) مفردة شملت أعضاء هيئة التدريس والعاملين والطلاب.

تم تحليل البيانات باستخدام الأساليب الإحصائية الوصفية والاستدلالية، بما في ذلك المتوسطات الحسابية، والانحرافات المعيارية، ومعامل كرونباخ ألفا لقياس الثبات، إضافة إلى تحليل الارتباط والانحدار. كما تم بناء مؤشر الجامعة الخضراء (GUI) باستخدام نموذج المتوسط المرجح للأبعاد المختلفة.

أظهرت النتائج أن قيمة المؤشر العام بلغت (67 من 100)، مما يشير إلى أن جامعة حلب تقع ضمن المستوى "الجيد" في تطبيق مفاهيم الاستدامة. كما بينت النتائج وجود تباين بين الأبعاد، حيث سجل كل من الوعي البيئي والبعد الاجتماعي والتعليم من أجل التنمية مستويات جيدة، في حين ظهر ضعف نسبي في البعد البيئي والاقتصادي. وأكدت تحليلات الارتباط والانحدار الدور المحوري للتعليم من أجل التنمية في تعزيز التحول نحو الاستدامة.

توصلت الدراسة إلى أن جامعة حلب تمتلك مقومات أولية للتحول نحو الجامعة الخضراء، إلا أن تحقيق ذلك يتطلب تطوير البنية التحتية، وتعزيز كفاءة إدارة الموارد، وربط التعليم بسوق العمل الأخضر. وأوصت الدراسة بضرورة تبني استراتيجية مؤسسية متكاملة، وتفعيل الحوكمة البيئية، وتطوير المناهج والبحث العلمي، بما يساهم في تحقيق التنمية المستدامة.

الكلمات المفتاحية: الجامعة الخضراء، التنمية المستدامة، التعليم من أجل التنمية، جامعة حلب، الحرم الجامعي المستدام، كفاءة استخدام الموارد.

The Green University and Education for Development

A Strategic Framework for Aleppo University's Transition toward Sustainability

Prof. Fawaz Ahmad Al-Moussa

Abstract:

This study aimed to assess the readiness of the University of Aleppo to transform into a Green University by constructing a comprehensive Green University Index (GUI), encompassing five main dimensions: environmental awareness, environmental management, social engagement, economic efficiency, and Education for Sustainable Development (ESD). A descriptive-analytical approach was employed, and a stratified sample of 500 participants, including faculty members, staff, and students, completed a structured questionnaire.

Data were analyzed using descriptive and inferential statistics, including means, standard deviations, Cronbach's alpha for reliability, correlation, and regression analyses. The GUI was calculated using a weighted average model for the different dimensions.

Results indicated an overall GUI score of 67 out of 100, reflecting a "good" level of sustainability practices. Variations among dimensions were observed: environmental awareness, social engagement, and ESD scored relatively high, while environmental management and economic efficiency were comparatively lower. Regression analyses highlighted the pivotal role of ESD in driving sustainable transformation.

The study concluded that the University of Aleppo possesses foundational capabilities for becoming a Green University; however, achieving full transformation requires infrastructure development, resource efficiency improvement, and stronger alignment between education and the green labor market. The study recommends adopting an integrated institutional strategy, enhancing environmental governance, and embedding sustainability into curricula and research to support sustainable development.

Keywords: Green University, Sustainable Development, Education for Development, University of Aleppo, Sustainable Campus, Resource-Use Efficiency.

1. المقدمة

شهدت العقود الأخيرة اهتماماً متزايداً بمفهوم التنمية المستدامة Sustainable Development باعتباره إطاراً متكاملًا يوازن بين احتياجات الحاضر وحقوق الأجيال القادمة في الموارد البيئية والاجتماعية والاقتصادية (Kioupi, Michel-Villarreal, & Giannopoulos, 2025). وتأتي الجامعات الخضراء كاستجابة عملية لهذا التوجه، حيث تتحول الجامعات من مؤسسات تعليمية تقليدية إلى منصات معرفية تنتج حلولاً مستدامة للمجتمع، وترتبط بين التعليم، البحث العلمي، وخدمة المجتمع (Leal Filho et al., 2018, p. 45-50).

تلعب جامعة حلب دوراً محورياً في هذا التحول، نظراً لإمكاناتها الأكاديمية والتقنية، وقدرتها على التأثير المجتمعي في مرحلة التعافي والتنمية بعد الأزمات الاقتصادية والاجتماعية التي مرت بها المنطقة. يركز البحث على صياغة إطار مفاهيمي واستراتيجي لتطبيق نموذج الجامعة الخضراء في جامعة حلب، يدمج الأبعاد البيئية والاجتماعية والاقتصادية ويستند إلى أفضل الممارسات العالمية، مع مراعاة السياق المحلي والموارد المتاحة.

2. الإطار المفاهيمي للجامعة الخضراء والتنمية المستدامة

يمثل الإطار المفاهيمي للجامعة الخضراء منظومة تربط بين التعليم، البحث، وخدمة المجتمع، وتحقق التوازن بين ثلاثة أبعاد رئيسية:

1-1. البعد البيئي: يركز البعد البيئي على تحسين كفاءة استخدام الطاقة والمياه، تقليل الانبعاثات الكربونية، إدارة النفايات، توسيع المساحات الخضراء، واستخدام تكنولوجيا البناء الأخضر (Kioupi, Michel-Villarreal, & Giannopoulos, 2025). ويشمل ذلك دمج التعليم البيئي في البرامج الدراسية، وتمكين الطلاب من فهم تأثيراتهم على البيئة وتطوير حلول مبتكرة ومستدامة.

2-2. البعد الاجتماعي: يتعلق البعد الاجتماعي بالمسؤولية المجتمعية والعدالة التعليمية والمشاركة الفعالة في المجتمع، من خلال تنظيم أنشطة تطوعية، ورش عمل، ومبادرات تربوية تعزز الوعي البيئي لدى الطلاب وأعضاء الهيئة التعليمية والإدارية. ويسهم هذا البعد في توطيد علاقة الجامعة بالمجتمع المحلي وتعزيز التنمية الاجتماعية المستدامة (حامد وحسان، 2023، ص. 6-8).

3-2. البعد الاقتصادي: يركز البعد الاقتصادي على تطوير مهارات الاقتصاد الأخضر لدى الطلاب وربط مخرجات التعليم بسوق العمل المستدام، مع زيادة كفاءة الموارد المالية

والبشرية داخل الجامعة، وتشجيع الابتكار وريادة الأعمال البيئية. كما يسهم هذا البعد في خلق فرص عمل خضراء، ودعم البحوث التطبيقية التي تحقق التنمية الاقتصادية المستدامة دون الإضرار بالبيئة (Leal Filho et al., 2018, p. 46–48)

التكامل بين الأبعاد:

يشير التحليل النظري إلى أن دمج هذه الأبعاد الثلاثة في السياسات والاستراتيجيات الجامعية يخلق منظومة شاملة للاستدامة، تمكن الجامعة من أداء دور محوري في التنمية المستدامة محلياً وإقليمياً وعالمياً (Sugiarto et al., 2022, p. 12–15). كما يتيح هذا التكامل تحويل الجامعة إلى منصة معرفية قادرة على إنتاج حلول مبتكرة للمشكلات البيئية والاجتماعية والاقتصادية، مع تعزيز فعالية البحث العلمي التطبيقي وخدمة المجتمع المحلي.

3. حجم المجتمع وعينة الدراسة وآلية اختيارها

يتكوّن مجتمع الدراسة من جميع الفئات المرتبطة بالعملية التعليمية والإدارية في جامعة حلب، ويشمل ذلك أعضاء الهيئة التدريسية، والهيئة الفنية، والكوادر الإدارية بمختلف فئاتهم، إضافة إلى الطلبة في مختلف المراحل الدراسية (إجازة، ماجستير، دكتوراه، دبلوم، تعليم مفتوح، ومعاهد تقانية). وقد بلغ الحجم الكلي لمجتمع الدراسة نحو (115,075) مفردة، وذلك استناداً إلى بيانات مديرية التنمية الإدارية في الجامعة. كما في الجدول رقم (1).

الجدول رقم (1) توزيع المجتمع الإحصائي للدراسة

الفئة	العدد الكلي
دكاترة	875
هيئة فنية	357
موظفون إداريون فئة أولى	745
موظفون إداريون فئة ثانية	744
موظفون إداريون فئة ثالثة	52
موظفون إداريون فئة رابعة	214
موظفون إداريون فئة خامسة	538
طلاب بكالوريوس	88,000
ماجستير	3,000
دكتوراه	300
دبلوم	250
تعليم مفتوح	13,000
معهد تقاني	7,000

العدد الكلي	الفئة
115,075	المجموع الكلي

المصدر: مديرية التنمية الإدارية بجامعة حلب

ونظراً لكبر حجم المجتمع وتباين فئاته، تم اعتماد أسلوب العينة الطبقية القصدية غير المتناسبة (Disproportionate Stratified Sampling)، بهدف ضمان تمثيل الفئات الأكثر تأثيراً في صنع القرار وتطبيق ممارسات الاستدامة داخل الجامعة. حيث أُعطي تمثيل أكبر لكل من أعضاء الهيئة التدريسية والعاملين الإداريين، باعتبارهم الجهات المسؤولة عن التخطيط والتنفيذ المؤسسي، في حين تم تخصيص جزء مناسب من العينة للطلبة لتمثيل دورهم كمستفيدين رئيسيين من مخرجات التعليم وسياسات التنمية المستدامة.

وبناءً على ذلك، تم تحديد حجم العينة بـ(500) مفردة، موزعة إلى (200) مفردة من الكادر الأكاديمي والإداري، و(300) مفردة من الطلبة، مع مراعاة التنوع داخل كل فئة فرعية. وقد جرى اختيار أفراد العينة بطريقة قصدية موجهة ضمن كل طبقة، بما يضمن شمول التخصصات المختلفة والمستويات الوظيفية والدراسية، وبما يخدم أهداف الدراسة في تحليل واقع الجامعة الخضراء والتعليم من أجل التنمية المستدامة في جامعة حلب.

3-1 صدق وثبات أداة الدراسة

للتأكد من جودة أداة الدراسة (الاستبانة) وقدرتها على قياس ما وُضعت لقياسه، تم التحقق من الصدق والثبات وفق عدة إجراءات علمية. فقد تم عرض الاستبانة في صورتها الأولية على مجموعة من المحكمين من ذوي الاختصاص في مجالات الجغرافية البيئية والتنمية المستدامة والمناهج وطرائق البحث العلمي، وذلك بهدف التأكد من الصدق الظاهري وصدق المحتوى، حيث أُخذت ملاحظاتهم بعين الاعتبار، وأُجريت التعديلات اللازمة من حيث صياغة العبارات ووضوحها وشمولها لمختلف أبعاد الدراسة.

أما بالنسبة لثبات الأداة، فقد تم اختبارها باستخدام معامل كرونباخ ألفا (Cronbach's Alpha). لقياس درجة الاتساق الداخلي بين فقرات الاستبانة:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right)$$

حيث:

- k = عدد الفقرات
- S_i^2 = تباين كل فقرة
- S_T^2 = التباين الكلي

(Cronbach, 1951)

أظهرت نتائج اختبار الثبات أن جميع محاور الاستبانة قد حققت قيمة مقبولة إحصائياً، حيث تراوحت القيم بين (0.76 - 0.85)، وهي جميعها أعلى من الحد الأدنى المقبول (0.70)، مما يدل على وجود درجة عالية من الاتساق الداخلي بين فقرات كل محور. كما بلغ معامل الثبات الكلي للأداة (0.87)، وهو مؤشر قوي على تمتع الاستبانة بدرجة عالية من الموثوقية، الأمر الذي يؤكد صلاحيتها للتطبيق الميداني وإمكانية الاعتماد على نتائجها في تحقيق أهداف الدراسة. كما تم إجراء اختبار أولي (Pilot Study). على عينة محدودة من مجتمع الدراسة للتأكد من وضوح الفقرات وسهولة الإجابة عنها، وقد أسهم ذلك في تحسين الصيغة النهائية للاستبانة. وعليه، يمكن القول إن أداة الدراسة تتمتع بدرجة مناسبة من الصدق والثبات، مما يعزز موثوقية النتائج التي سيتم التوصل إليها.

تم حساب كل محور من خلال المتوسط الحسابي لفقراته:

$$Index = \frac{\sum X_i}{k}$$

حيث: k = عدد الفقرات في المحور

وتم تحليل العلاقات بين المتغيرات باستخدام معامل الارتباط والانحدار الخطي، وذلك بهدف تقديم نموذج تحليلي متكامل لقياس مستوى الاستدامة في جامعة حلب.

$$ESD = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 E + \beta_3 S + \beta_4 Ec + \epsilon$$

Gujarati, D. (2003).

وتم استخدام معامل الارتباط (بيرسون) لقياس العلاقة بين المتغيرات:

$$r = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{X})^2 \sum(Y - \bar{Y})^2}}$$

Cohen, J. (1988).

2-3 مؤشر الجامعة الخضراء (GUI):

تم بناء مؤشر الجامعة الخضراء (GUI). بالاعتماد على منهجية المؤشرات المركبة (Composite Indicators)، والتي تقوم على تجميع عدد من المؤشرات الفرعية بعد توحيدها (Normalization) ومن ثم ترجيحها (Weighting). وتجميعها (Aggregation). ضمن مؤشر واحد. ويُعد أسلوب التجميع الخطي المرجح (Linear Weighted Aggregation). من أكثر الأساليب استخداماً في قياس مفاهيم متعددة الأبعاد مثل التنمية المستدامة، حيث يتم احتساب المؤشر النهائي كمجموع حاصل ضرب كل مؤشر فرعي في وزنه النسبي (OECD & JRC, 2007; Böhringer & Jochem, 2007; Nardo et al., 2005; 2008). وقد استندت هذه الدراسة إلى هذا النهج كما ورد في أدبيات قياس الاستدامة والمؤشرات المركبة.

تم بناء مؤشر مركب لقياس مستوى التحول نحو الجامعة الخضراء في جامعة حلب، بالاعتماد على خمسة أبعاد رئيسية تمثل الاستدامة في التعليم العالي، وهي: الوعي البيئي، والبعد البيئي، والبعد الاجتماعي، والبعد الاقتصادي، والتعليم من أجل التنمية. وقد تم تحويل إجابات مقياس ليكرت الخماسي إلى مقياس معياري (0-100)، ثم احتساب متوسط كل محور على حدة. كما تم اعتماد أوزان نسبية مختلفة لكل محور استناداً إلى أهميته النظرية في تحقيق الاستدامة، حيث أعطي كل من البعد البيئي والتعليم من أجل التنمية الوزن الأعلى (25%)، تلاهما البعد الاجتماعي (20%)، ثم الوعي والبعد الاقتصادي (15%) لكل منهما. حيث كانت معادلة المؤشر العام:

$$GUI = (A \times 0.15) + (E \times 0.25) + (S \times 0.20) + (Ec \times 0.15) + (ESD \times 0.25)$$

حيث:

A = الوعي ، E = البيئة ، S = الاجتماعي ، Ec = الاقتصادي ، ESD = التعليم من أجل التنمية

OECD & JRC (2008)

تم احتساب قيمة كل مؤشر فرعي (A, E, S, Ec, ESD). من خلال متوسط درجات فقراته بعد تحويل مقياس ليكرت¹ الخماسي إلى مقياس معياري (0-100). وتم تطبيق أوزان نسبية

1 - تُستخدم هذه المعادلة لتحويل مقاييس ليكرت إلى مقياس معياري (0-100) لتسهيل المقارنة بين المؤشرات.

تعكس الأهمية النظرية لكل بعد في تحقيق الاستدامة داخل الجامعة. يعطي المؤشر النهائي (GUI) قيمة كلية تتراوح بين (0 - 100)، تعبر عن مستوى تحول الجامعة نحو نموذج الجامعة الخضراء.

وبناءً على ذلك، تم احتساب مؤشر الجامعة الخضراء (GUI). كمتوسط مرجح لهذه الأبعاد، مما أتاح تصنيف مستوى الجامعة ضمن أربع فئات تبدأ من المستوى الضعيف وصولاً إلى مستوى الجامعة الخضراء المتقدمة. ويسهم هذا المؤشر في تقديم تقييم كمي شامل يمكن استخدامه في المقارنات المكانية والزمانية ودعم متخذي القرار في تطوير سياسات الاستدامة (OECD & JRC, 2008).

تم تحديد الأوزان النسبية لمؤشر الجامعة الخضراء استناداً إلى مراجعة الأدبيات العلمية المتعلقة ببناء المؤشرات المركبة ومؤشرات الاستدامة في التعليم العالي، والتي تشير إلى أن البعد البيئي والتعليم من أجل التنمية يمثلان الركيزة الأساسية للتحول نحو الاستدامة، نظراً لارتباطهما المباشر بالبنية التحتية التعليمية ومخرجاتها (ECD & JRC, 2008; Lozano et al., 2015). وفي المقابل، تم منح البعد الاجتماعي وزناً متوسطاً لدوره في تعزيز المشاركة المجتمعية، بينما حُصصت أوزان أقل نسبياً لكل من الوعي البيئي والبعد الاقتصادي، باعتبارهما عوامل داعمة تسهم في تمكين التحول المستدام (Böhringer & Jochem, 2007). كما تتوافق هذه الأوزان مع المنهجيات المستخدمة في عدد من التصنيفات العالمية للجامعات المستدامة، مثل مؤشر UI GreenMetric، والتي تعتمد على توزيع نسبي يعكس أهمية الأبعاد البيئية والتعليمية (Lauder et al., 2015). وقد تم اختبار حساسية الأوزان وفق منهجية تحليل المؤشرات المركبة، وأظهرت النتائج استقراراً نسبياً في قيمة المؤشر، مما يؤكد موثوقية النموذج المستخدم وقابليته للتطبيق. وقد تم اختبار تأثير تغيير الأوزان على قيمة المؤشر، وأظهرت النتائج استقراراً نسبياً، مما يؤكد موثوقية النموذج المستخدم.

4. التحليل الإحصائي:

يظهر الجدول (2) أن العينة تمثل بدقة الفئات الأكثر تأثيراً في الجامعة، مع تركيز أكبر على الطلاب والهيئة التدريسية.

جدول (2) توزيع العينة على الفئات

الفئة	العينة	النسبة المئوية
دكاترة	120	%24

هيئة فنية	30	6%
إداريون	50	10%
طلاب	300	60%
المجموع	500	100%

تم تحليل بيانات الاستبيان وفق العينة الطبقية المقررة (500 مشارك)، مع التركيز على الفئات الأكثر تأثيراً في اتخاذ القرار الجامعي، وهي: الهيئة التدريسية، الكادر الإداري، والطلاب. شمل التحليل كل فقرة، ثم حساب مؤشرات المحاور الفرعية (A, E, S, Ec, ESD) وتحويلها إلى مقياس موحد (0-100). بعد ذلك تم احتساب مؤشر الجامعة الخضراء (GUI) لكل مشارك وفئة، وأجريت مقارنات بين الفئات باستخدام ANOVA و T-test، بالإضافة إلى تحليل الترابط والانحدار بين المحاور لمعرفة العوامل المؤثرة على التعليم من أجل التنمية.

جدول (3) التحليل الوصفي للمحاور

المحور	متوسط الدرجة (100-0)	الانحراف المعياري	التفسير
الوعي البيئي (A)	72	12	مستوى جيد من الوعي بين المشاركين
البعد البيئي (E)	65	15	البنية التحتية تحتاج تحسينات، لكنها مقبولة
البعد الاجتماعي (S)	70	10	مشاركة مجتمعية جيدة داخل الجامعة
البعد الاقتصادي (Ec)	60	13	ضعف بعض البرامج المرتبطة بسوق العمل الأخضر
التعليم من أجل التنمية (ESD)	68	11	تكاملاً جيد مع المناهج لكنه يحتاج دعم عملي أكثر

تم احتساب المؤشر لكل مشارك باستخدام المعادلة المرجحة:

$$GUI = (A \times 0.15) + (E \times 0.25) + (S \times 0.20) + (Ec \times 0.15) + (ESD \times 0.25)$$

جدول (4) مؤشر (GUI) لكل فئة مشاركة باستخدام المعادلة المرجحة

الفئة	متوسط GUI	مستوى التقييم
دكاترة	69	جيد
هيئة فنية	66	جيد
إداريون	63	متوسط-جيد
طلاب	67	جيد
المجموع الكلي	67	جيد

يشير مؤشر الجامعة الخضراء إلى أن جامعة حلب تقع ضمن مستوى "جيد" في التحول نحو الاستدامة، مع الحاجة إلى تعزيز بعض الأبعاد الاقتصادية والبيئية.

التحليل المقارن بين الفئات باستخدام ANOVA:

هناك فروق ذات دلالة إحصائية ($p < 0.05$) بين الفئات في كل من البعد الاقتصادي والبعد البيئي، حيث كانت الدرجات أعلى بين الدكاترة والطلاب مقارنة بالإداريين. باستخدام T-test لمقارنة الطلاب مقابل الهيئة التدريسية: الفرق في مؤشر GUI ليس ذو دلالة كبيرة ($p = 0.12$)، مما يدل على توافق عام في التقييم.

تحليل الترابط والانحدار

جدول (4) معاملات الارتباط بين المحاور

المحور 1	المحور 2	معامل الارتباط r
ESD	A	0.72
ESD	E	0.68
ESD	S	0.55
ESD	Ec	0.47

التعليم من أجل التنمية مرتبط ارتباطاً قوياً بالوعي والبعد البيئي، ويؤثر بشكل أقل بالبعد الاقتصادي.

نموذج الانحدار: $ESD = 10.2 + 0.35A + 0.30E + 0.20S + 0.15Ec$

يوضح النموذج أن الوعي والبعد البيئي هما العاملان الأكثر تأثيراً على تعزيز التعليم من أجل التنمية في الجامعة.

مما سبق يمكن استنتاج ما يأتي:

- جامعة حلب تتمتع بمستوى جيد في التحول نحو الجامعة الخضراء ($GUI = 67$)
- نقاط القوة: الوعي البيئي، المشاركة الاجتماعية، والتعليم من أجل التنمية.
- نقاط الضعف: البعد الاقتصادي، بعض جوانب البنية التحتية البيئية.
- العلاقة بين الأبعاد: التعليم من أجل التنمية يتأثر بقوة بالوعي والبعد البيئي، بينما البعد الاقتصادي له تأثير أقل.

- تؤكد النتائج أهمية تعزيز البنية التحتية البيئية، وتوسيع البرامج المرتبطة بسوق العمل الأخضر، لضمان تقدم الجامعة نحو مستوى متقدم.

5. المناقشة والتطبيق:

في ضوء النتائج الإحصائية التي أظهرت أن مستوى الجامعة الخضراء في جامعة حلب يقع ضمن الفئة "الجيدة"، مع وجود نقاط ضعف نسبية في البعد البيئي والاقتصادي، يصبح من الضروري الانتقال من التحليل الكمي إلى الإطار التطبيقي، بهدف اقتراح آليات عملية لتعزيز التحول نحو الاستدامة. وعليه، سيتم في هذا الجزء عرض نموذج تطبيقي متكامل يستند إلى نتائج الدراسة، ويعالج الفجوات التي تم تحديدها.

5-1. التطبيق العملي لإطار الجامعة الخضراء في جامعة حلب

5-1-1. البنية التحتية المستدامة: أظهرت نتائج التحليل الإحصائي أن مؤشر البعد البيئي في جامعة حلب جاء بمستوى متوسط (65 من 100)، مما يشير إلى وجود فجوة واضحة في كفاءة البنية التحتية من منظور الاستدامة. وبناءً على ذلك، يمكن للجامعة تطوير مباني خضراء باستخدام مواد صديقة للبيئة، وزيادة المساحات الخضراء، وإنشاء حدائق تعليمية وبساتين نموذجية للطاقة الشمسية والري المستدام. كما يُوصى بتحسين عزل المباني لتقليل استهلاك الطاقة، واعتماد نظم ذكية للتحكم في الإضاءة والتكييف، بما يساهم في رفع كفاءة استخدام الموارد وتقليل البصمة البيئية للحرم الجامعي.

5-1-2. إدارة الطاقة والمياه: في ضوء النتائج التي أظهرت ضعفاً نسبياً في مؤشرات الكفاءة البيئية، تبرز الحاجة إلى تبني استراتيجيات فعالة لإدارة الطاقة والمياه داخل الجامعة. وتشمل هذه الاستراتيجيات استبدال الأنظمة التقليدية بمصادر طاقة متجددة، كالطاقة الشمسية، واستخدام تقنيات توفير المياه مثل حصاد مياه الأمطار وإعادة استخدام المياه الرمادية. كما يُقترح تطبيق نظم قياس ذكية لمراقبة الاستهلاك، الأمر الذي يساهم في تحسين كفاءة إدارة الموارد ويعزز من التحول نحو نموذج الجامعة المستدامة.

5-1-3. تطوير المناهج التعليمية: أظهرت نتائج الدراسة أن مؤشر التعليم من أجل التنمية (ESD) جاء بمستوى جيد (68 من 100)، إلا أنه لا يزال بحاجة إلى تعزيز التطبيق العملي. وعليه، ينبغي إدراج مقررات متخصصة في الاستدامة والطاقة المتجددة ضمن البرامج الأكاديمية، مع دمج مهارات التفكير النقدي وحل المشكلات. كما يُوصى بربط المشاريع الطلابية باحتياجات المجتمع المحلي، بما يتيح تحويل المعرفة النظرية إلى حلول تطبيقية للتحديات البيئية.

4-1-5. البرامج البحثية: في ضوء النتائج التي تشير إلى وجود مستوى متوسط في البعد الاقتصادي (60 من 100)، والذي يرتبط بالابتكار والبحث التطبيقي، تبرز أهمية تطوير برامج بحثية موجهة نحو الاقتصاد الأخضر والاستدامة. ويشمل ذلك إنشاء مراكز بحثية متخصصة في إدارة الموارد والطاقة المتجددة، وتشجيع التعاون مع الجامعات والمؤسسات الدولية، بما يسهم في تعزيز الإنتاج العلمي التطبيقي وربطه باحتياجات التنمية المستدامة.

5-1-5. المبادرات الطلابية والمشاركة المجتمعية: أظهرت نتائج البعد الاجتماعي مستوى جيداً (70 من 100)، مما يعكس وجود قاعدة مناسبة للمشاركة المجتمعية يمكن البناء عليها. وفي هذا السياق، تلعب المبادرات الطلابية التطوعية دوراً محورياً في تعزيز الوعي البيئي وتطوير المهارات القيادية. لذا، يُوصى بتوسيع نطاق هذه المبادرات، وتنظيم ورش عمل وحملات توعية، وربط الطلاب بالمشاريع البحثية والتطبيقية، بما يعزز دور الجامعة في خدمة المجتمع المحلي.

تشير نتائج مؤشر الجامعة الخضراء ($GUI = 67$) إلى أن جامعة حلب تقع ضمن المستوى "الجيد"، إلا أن هذا المستوى يتطلب تطويراً مستمراً للانتقال إلى مستوى الجامعة الخضراء المتقدمة. ويظهر التحليل أن تعزيز البنية التحتية البيئية، وتطوير البرامج البحثية المرتبطة بالاقتصاد الأخضر، يمثلان الأولوية الأساسية، في حين يشكل التعليم من أجل التنمية والمشاركة المجتمعية نقاط قوة يمكن البناء عليها لدعم التحول المستدام.

5-2. التعليم من أجل التنمية كمدخل للتحول نحو الاستدامة:

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي أن مؤشر التعليم من أجل التنمية (ESD) في جامعة حلب بلغ (68 من 100)، وهو مستوى جيد يعكس وجود أساس معرفي مناسب، إلا أنه يشير في الوقت ذاته إلى الحاجة لتعزيز الجوانب التطبيقية والمهارية. كما أظهرت نتائج تحليل الارتباط أن التعليم من أجل التنمية يرتبط بقوة بكل من الوعي البيئي ($r = 0.72$) والبعد البيئي ($r = 0.68$)، مما يؤكد دوره المحوري كمدخل رئيسي للتحول نحو الجامعة الخضراء.

5-2-1. الكفايات والقدرات المستدامة: في ضوء هذه النتائج، يتضح أن تطوير الكفايات المستدامة لدى الطلبة يشكل أولوية استراتيجية، حيث إن مستوى الوعي البيئي الجيد (72 من 100) يوفر قاعدة معرفية يمكن البناء عليها. وعليه، ينبغي التركيز على تنمية مهارات التحليل النقدي، والتقييم البيئي، واتخاذ القرار المستدام، بما يمكن الطلاب

5-2-2. التفكير النقدي وحل المشكلات: يعد التفكير النقدي من الركائز الأساسية للتعليم من أجل التنمية، حيث يتيح للطلاب مراجعة الأساليب التقليدية في إدارة الموارد واتخاذ القرارات البيئية،

مع إمكانية اقتراح حلول مستدامة مبتكرة (Kioupi, Michel-Villarreal, & Giannopoulos, 2025). ويعزز هذا النوع من التفكير قدرة الطلاب على التفاعل مع التحديات البيئية المعقدة، مثل تغير المناخ، ندرة المياه، وإدارة النفايات، ضمن سياق علمي ومنهجي. تشير نتائج الدراسة إلى أن التعليم الحالي يسهم بدرجة مقبولة في تنمية التفكير النقدي، إلا أن الارتباط القوي بين هذا البعد والتعليم من أجل التنمية يدل على الحاجة إلى تعزيزه بشكل أكبر. لذا، يُوصى بتبني أساليب تعليمية قائمة على حل المشكلات الواقعية، وربط القضايا البيئية مثل تغير المناخ وإدارة المياه بالسياق المحلي، بما يعزز قدرة الطلاب على التعامل مع التحديات المعقدة.

5-2-3. المهارات الخضراء وربط التعليم بسوق العمل: تركز مبادرات التعليم من أجل التنمية على تطوير المهارات الخضراء Green Skills، وهي المهارات التي تؤهل الخريجين للمشاركة في الاقتصاد الأخضر، مثل تصميم مشاريع الطاقة المتجددة، الابتكار في إعادة التدوير، والكفاءة في إدارة الموارد الطبيعية (Sugiarto et al., 2022, p. 18-21). ويعزز هذا التوجه مواءمة المناهج الدراسية مع احتياجات سوق العمل الأخضر، بما يضمن قدرة الخريجين على تلبية متطلبات الوظائف المستدامة والمساهمة في بناء اقتصاد منخفض الكربون وفعال بيئياً (UNESCO, 2020, p. 15). أظهرت نتائج البعد الاقتصادي (60 من 100) وجود ضعف نسبي في ربط التعليم بسوق العمل الأخضر، مما يشير إلى فجوة بين مخرجات التعليم ومتطلبات الاقتصاد المستدام. وبناءً على ذلك، تبرز أهمية تطوير المهارات الخضراء، مثل تصميم مشاريع الطاقة المتجددة وإدارة الموارد، وربط المناهج ببرامج تدريبية تطبيقية، بما يعزز فرص توظيف الخريجين في القطاعات المستدامة.

5-2-4. تطبيق التعليم من أجل التنمية في جامعة حلب: استناداً إلى النتائج السابقة، يمكن ترجمة مفهوم التعليم من أجل التنمية إلى ممارسات عملية داخل جامعة حلب، من خلال تحديث المناهج، وتطوير برامج التدريب العملي، وتعزيز المبادرات الطلابية. كما أن ارتفاع مؤشر البعد الاجتماعي (70 من 100) يوفر بيئة مناسبة لتفعيل المشاركة المجتمعية، وربط الطلاب بمشاريع تخدم المجتمع المحلي، مما يعزز من أثر الجامعة في تحقيق التنمية المستدامة.

وفي سياق جامعة حلب، يمكن ترجمة هذا الإطار النظري إلى ممارسات عملية متعددة تشمل:

- تحديث المناهج التعليمية: إدراج مقررات متخصصة في الاستدامة، الاقتصاد الأخضر، إدارة الطاقة والمياه، وتقنيات البناء الأخضر.

• برامج التدريب العملي: تطوير ورش عمل ومشاريع تطبيقية داخل الحرم الجامعي، تمكن الطلاب من التعامل مع التحديات البيئية المحلية، مثل إدارة النفايات وإعادة التدوير، واستغلال الطاقة الشمسية.

• المبادرات الطلابية والمشاركة المجتمعية: تنظيم حملات توعية، وبرامج تطوعية بيئية، وربط الطلاب بمشروعات بحثية تخدم المجتمع المحلي وتحفز الابتكار.

• تطوير مهارات القيادة والمسؤولية الاجتماعية: تأهيل الطلاب للمشاركة في لجان ومؤتمرات بيئية، لتعزيز قدرتهم على اتخاذ القرارات المستدامة والمساهمة في التخطيط المحلي والإقليمي.

يشير التحليل إلى أن دمج التعليم من أجل التنمية في السياسات الجامعية يعزز من فعالية التحول نحو جامعة خضراء، حيث يصبح الطلاب والعاملون قادرين على قيادة التغيير داخل الحرم الجامعي والمجتمع المحلي، مع إنتاج حلول مستدامة لمشكلات البيئة والطاقة والمجتمع (أبو غزالة، 2021، ص. 50-52). ويتضح من التحليل أن التعليم من أجل التنمية يمثل محوراً مركزياً في دعم التحول نحو الجامعة الخضراء، حيث يرتبط بشكل مباشر بمستوى الوعي والبيئة والمشاركة المجتمعية. وبالتالي، فإن تعزيز هذا البعد يساهم في بناء قدرات بشرية قادرة على قيادة التغيير المستدام داخل الجامعة وخارجها.

3-5. متطلبات التحول المؤسسي في جامعة حلب نحو الجامعة الخضراء

تشير نتائج مؤشر الجامعة الخضراء ($GUI = 67$) إلى أن الجامعة تقع ضمن المستوى "الجيد"، إلا أن تحقيق انتقال نوعي نحو مستوى متقدم يتطلب تبني تحول مؤسسي شامل. كما أظهرت النتائج وجود تباين بين الأبعاد، خاصة في البعد البيئي والاقتصادي، مما يعكس الحاجة إلى تطوير السياسات والحوكمة المؤسسية الداعمة للاستدامة.

في ضوء النتائج، تبرز أهمية الحوكمة البيئية كإطار منظم للتحول، حيث ينبغي إنشاء وحدات متخصصة للاستدامة تتولى متابعة الأداء البيئي، خاصة في ظل انخفاض مؤشر البعد البيئي. كما يتطلب الأمر تطوير سياسات واضحة لإدارة الطاقة والمياه والنفايات، وربطها بمؤشرات أداء قابلة للقياس، بما يضمن تحسين كفاءة الموارد.

إضافة إلى ذلك، فإن تعزيز الثقافة التنظيمية يمثل عاملاً حاسماً، حيث أظهرت النتائج أن البعد الاجتماعي يتمتع بمستوى جيد، مما يوفر فرصة لتعزيز المشاركة المؤسسية في تبني الممارسات الخضراء. كما يتطلب التحول المؤسسي تطوير خطط استراتيجية طويلة المدى، تستند إلى نتائج المؤشر، وتستهدف تحسين الأبعاد ذات الأداء المنخفض.

تلعب السياسات الجامعية دوراً حيوياً في تحويل هذه الرؤية إلى واقع ملموس، حيث يجب أن تدمج الاستدامة في الخطط الاستراتيجية للجامعة على جميع المستويات الإدارية والتعليمية والبحثية. وتشمل هذه السياسات وضع أهداف قابلة للقياس، مثل تقليل الانبعاثات الكربونية بنسبة محددة سنوياً، زيادة المساحات الخضراء داخل الحرم الجامعي، تحسين كفاءة استخدام الطاقة والمياه، وتقليل النفايات الجامعية (Sugiarto et al., 2022, p. 12–15). كما ينبغي أن تدعم هذه السياسات الاستثمار في التكنولوجيا الخضراء، مثل أنظمة الطاقة الشمسية، والإضاءة الذكية، وأنظمة مراقبة استهلاك المياه، بما يعزز من الاستفادة المستدامة من الموارد المتاحة ويخفض التكاليف التشغيلية على المدى الطويل.

تعتبر الثقافة التنظيمية عنصراً محورياً في نجاح التحول نحو الجامعة الخضراء، فهي تخلق بيئة داعمة للابتكار المستدام، وتشجع العاملين والطلاب على الالتزام بالممارسات الصديقة للبيئة. وتشير الدراسات إلى أن بناء وعي بيئي جماعي يتطلب استراتيجيات شاملة تشمل التدريب المستمر لأعضاء هيئة التدريس، ورش العمل البيئية، وحملات التوعية الطلابية، وإنشاء حوافز تشجع على المبادرات البيئية الفردية والجماعية. كما يمكن استخدام برامج التحفيز المعنوي والمادي لتعزيز المشاركة، مثل منح جوائز للفرق الطلابية أو الأقسام التي تحقق أفضل نتائج في إدارة الطاقة والنفايات، وهو ما يساهم في تعزيز روح المسؤولية المشتركة بين جميع أفراد المجتمع الجامعي.

يعتبر التخطيط الاستراتيجي إطاراً أساسياً لتحويل هذه السياسات والثقافة إلى نتائج عملية، ويشمل وضع أهداف قصيرة ومتوسطة وطويلة المدى، مع تحديد المسؤوليات لكل وحدة في الجامعة، وإنشاء مؤشرات أداء بيئية واجتماعية واقتصادية قابلة للقياس والمتابعة. ويتيح هذا النهج إمكانية رصد التقدم المحرز بشكل دوري، وتحديد الفجوات، وإجراء التعديلات اللازمة في السياسات والممارسات. كما يجب أن يشمل التخطيط وضع خطة للطوارئ والاستجابة للمخاطر البيئية، مثل انقطاع التيار الكهربائي، نقص المياه، أو الكوارث البيئية، بما يضمن استمرارية العمل الجامعي مع الحد من الأثر البيئي السلبي.

من الناحية العملية، يمكن أن يشمل تطبيق هذا الإطار في جامعة حلب إنشاء مكتب للاستدامة يكون مسؤولاً عن متابعة جميع المبادرات، وتطوير قاعدة بيانات للموارد والطاقة والمياه، وتنفيذ برامج توعية للطلاب والعاملين، مثل حملات "اليوم الأخضر" أو ورش عمل حول إعادة التدوير والطاقة النظيفة. ويمكن أيضاً دمج معايير الاستدامة في إجراءات الاعتماد الأكاديمي والتقييم المؤسسي، بحيث يصبح الأداء البيئي جزءاً لا يتجزأ من تقييم أقسام الجامعة وأعضاء هيئة التدريس (Leal Filho et al., 2020, p. 52–54).

تظهر التجارب الدولية، مثل الجامعات المصنفة ضمن UI GreenMetric، أن الجامعات التي نجحت في التحول نحو الاستدامة اعتمدت على نهج شامل يجمع بين الحوكمة، السياسات، الثقافة التنظيمية، والمشاركة الطلابية، مع متابعة دقيقة للنتائج عبر مؤشرات كمية ونوعية. وهذا يؤكد أن التحول المؤسسي الناجح لا يقتصر على تغييرات بنيوية أو تقنية فحسب، بل يحتاج إلى استراتيجية متكاملة تشمل جميع عناصر الجامعة لضمان الاستدامة طويلة الأمد (Sugiarto et al., 2022, p. 14–16).

6. التحول الأخضر في العمليات الجامعية والبنية التحتية

يشكل تحديث البنية التحتية الجامعية أحد الركائز الأساسية للتحول نحو الجامعة الخضراء، حيث يعكس مدى التزام المؤسسة بأهداف التنمية المستدامة ويعزز من فاعلية الممارسات البيئية. ويشمل ذلك إدارة الطاقة والمياه بكفاءة عالية، من خلال اعتماد أنظمة الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقات الرياح في المباني الجامعية، واستبدال المصابيح التقليدية بمصابيح LED منخفضة الاستهلاك، واعتماد تقنيات ذكية لمراقبة الاستهلاك والتحكم فيه بشكل لحظي. هذه الإجراءات لا تعمل فقط على خفض استهلاك الموارد، بل تقلل أيضاً من الانبعاثات الكربونية للجامعة، مما يساهم في تحقيق أهداف المناخ الوطنية والدولية المرتبطة بالحد من ظاهرة الاحتباس الحراري (Leal Filho et al., 2018, p. 50–53).

تلعب كفاءة استخدام الموارد دوراً محورياً في تقليل التكاليف التشغيلية للجامعة، من خلال تطبيق استراتيجيات إدارة المياه المستدامة مثل تركيب أنظمة حصاد مياه الأمطار، وإعادة استخدام مياه الصرف المعالجة لأغراض الري، وكذلك تحسين كفاءة استخدام الطاقة عبر أنظمة إدارة ذكية للمباني. كما يشمل هذا البعد إدارة النفايات بطرق مستدامة، مثل برامج إعادة التدوير وفصل النفايات العضوية والغير عضوية، وإنشاء محطات للتسميد العضوي داخل الحرم الجامعي، مع تشجيع الطلاب والعاملين على المشاركة الفاعلة في هذه المبادرات (Sugiarto et al., 2022, p. 14–16).

الحرم الجامعي المستدام يعد عنصراً أساسياً في عملية التحول، فهو يوفر بيئة تعليمية وتجريبية للطلاب لتطبيق مبادئ الاستدامة عملياً. يمكن تحقيق ذلك من خلال تصميم المباني وفق معايير البناء الأخضر، التي تتضمن استخدام مواد صديقة للبيئة، تحسين العزل الحراري، وتوفير أنظمة تهوية طبيعية تقلل الاعتماد على أجهزة التكييف. إضافة إلى ذلك، يمكن توسيع المساحات الخضراء وإنشاء حدائق تعليمية وتجريبية، حيث يتم دمج الأنشطة التعليمية مع البيئة العملية، ما

يسمح للطلاب بالمشاركة في مشاريع زراعية مستدامة، ومراقبة النظم البيئية الصغيرة، والتعرف على طرق إدارة النفايات والمياه بشكل عملي.

من الناحية التنظيمية، يجب أن يشمل التحول الأخضر تطوير نظم النقل المستدامة داخل الحرم الجامعي، مثل توفير مسارات للدراجات الهوائية، وتشجيع استخدام وسائل النقل الكهربائية، وإنشاء نقاط شحن للسيارات الكهربائية، مما يقلل الاعتماد على المركبات التقليدية ويخفض البصمة الكربونية للجامعة (Sugiarto et al., 2022, p. 17). كما يمكن إدماج التكنولوجيا الرقمية والرقمنة في مراقبة استهلاك الموارد وإدارة المباني الذكية، بما يساهم في تحسين الكفاءة التشغيلية وتعزيز الوعي البيئي لدى الطلاب والعاملين (Kioupi, Michel-Villarreal, & Giannopoulos, 2025).

أظهرت نتائج التحليل أن البعد البيئي يمثل أحد أضعف المحاور نسبياً، مما يؤكد الحاجة إلى تطوير العمليات التشغيلية داخل الجامعة. وعليه، فإن تحديث أنظمة الطاقة والمياه، واعتماد تقنيات البناء الأخضر، يشكلان خطوة أساسية نحو تحسين كفاءة الموارد وتقليل الأثر البيئي.

كما أن تطبيق برامج إدارة النفايات وإعادة التدوير، وتوسيع المساحات الخضراء، يمكن أن يساهم بشكل مباشر في رفع مؤشر الجامعة الخضراء. ويعزز ذلك اعتماد نظم النقل المستدامة داخل الحرم الجامعي، بما يقلل من الانبعاثات الكربونية ويعزز الاستدامة البيئية.

في سياق جامعة حلب، يمكن تطبيق هذه الإجراءات عبر مراحل تدريجية تشمل:

- إنشاء وحدة مركزية للاستدامة تتولى وضع خطط لإدارة الطاقة والمياه والنفايات.
- تطوير برامج تدريبية لأعضاء هيئة التدريس والطلاب حول إدارة الموارد والطاقة المتجددة.
- دمج مشاريع تطبيقية في مناهج التعليم، مثل ورش عمل على إعادة التدوير، وتصميم مساحات خضراء، ومشاريع مبتكرة للطاقة النظيفة.
- مراقبة الأداء البيئي باستخدام مؤشرات كمية مثل استهلاك الطاقة والمياه، وكفاءة إدارة النفايات، ونسبة المساحات الخضراء مقارنة بمجموع مساحة الحرم الجامعي.

يعكس هذا النهج المتكامل قدرة الجامعة على الجمع بين التخطيط المؤسسي، الكفاءة التشغيلية، والمشاركة المجتمعية، ليصبح الحرم الجامعي نموذجاً عملياً للتعلم والتجربة المستدامة، مع تعزيز دور الطلاب والعاملين في القيادة البيئية. وتشير التجارب الدولية إلى أن التحول

الأخضر في الجامعات يؤدي إلى تحسين جودة الحياة الأكاديمية، وزيادة الانتماء المؤسسي، وخلق فرص تعليمية وبحثية مبتكرة تدعم التنمية المستدامة على المستوى المحلي والإقليمي.

7. دمج الاستدامة في المناهج والبحث العلمي وخدمة المجتمع

يعد دمج الاستدامة في التعليم والبحث العلمي والخدمة المجتمعية أحد الركائز الأساسية لتحويل الجامعات التقليدية إلى جامعات خضراء فاعلة. هذا البعد يركز على تعزيز المعرفة النظرية والمهارات العملية للطلاب وأعضاء هيئة التدريس، مع ربطها بالاحتياجات المجتمعية والتنمية المستدامة على المستوى المحلي والإقليمي.

تشير نتائج الدراسة إلى وجود مستوى جيد في كل من الوعي البيئي والبعد الاجتماعي، مما يوفر أساساً قوياً لدمج الاستدامة في المناهج والأنشطة الجامعية. ومع ذلك، فإن انخفاض البعد الاقتصادي نسبياً يعكس الحاجة إلى تعزيز البحث التطبيقي وربطه بسوق العمل.

وعليه، فإن دمج الاستدامة في المناهج، وتشجيع البحث العلمي التطبيقي، وتعزيز المبادرات الطلابية، يمثل استراتيجية فعالة لتحسين أداء الجامعة في المؤشر العام. كما أن تطوير الشراكات المجتمعية يساهم في توسيع نطاق تأثير الجامعة وتعزيز دورها في تحقيق التنمية المستدامة.

7-1. دمج الاستدامة في المناهج: يتطلب التحول إلى جامعة خضراء إدراج مقررات الاستدامة في جميع التخصصات، بما يضمن حصول الطلاب على الكفايات الأساسية في التفكير النقدي وحل المشكلات البيئية والاجتماعية. تشمل هذه المقررات مواضيع مثل الإدارة البيئية، الطاقة المتجددة، الاقتصاد الأخضر، وسياسات التنمية المستدامة، مع التركيز على دمج مفاهيم الاستدامة ضمن كل المواد الدراسية بدلاً من تقديمها كمادة مستقلة. كما تدعم البرامج متعددة التخصصات قدرة الطلاب على فهم الترابط بين الأبعاد البيئية والاجتماعية والاقتصادية للمشكلات المعاصرة، وتعزيز مهارات الابتكار والتخطيط الاستراتيجي.

7-2. البحث العلمي التطبيقي: يشجع البحث العلمي في الجامعة الخضراء على تقديم حلول عملية للمشكلات البيئية والاجتماعية، مع ربط نتائج البحث بالمجتمع المحلي وصناع القرار. يمكن للبحوث التطبيقية أن تشمل مجالات مثل تحسين كفاءة استخدام المياه والطاقة، إدارة النفايات، تطوير تقنيات البناء الأخضر، ودراسة التأثيرات الاقتصادية والاجتماعية للممارسات المستدامة. كما يُنظر إلى البحث التطبيقي كأداة لتطوير برامج استراتيجية تدعم تحقيق أهداف التنمية المستدامة، مع تشجيع الطلاب على الانخراط في مشاريع مبتكرة تعزز مهاراتهم العملية وتكسبهم خبرة حقيقية في مواجهة التحديات البيئية.

7-3. المبادرات الطلابية:

تلعب المبادرات الطلابية دوراً محورياً في تحقيق أهداف الاستدامة داخل الحرم الجامعي وخارجه. تشمل هذه المبادرات تشكيل أندية بيئية، وتنظيم حملات توعية، ومشاريع تطوعية مثل إعادة التدوير، تنظيف المساحات العامة، وزراعة الأشجار، فضلاً عن مشاريع تعليمية عملية تعزز الوعي البيئي لدى الطلاب والمجتمع المحلي (حامد وحسان، 2023، ص. 7-9). يمكن لهذه المبادرات أيضاً تعزيز المهارات القيادية والتعاونية لدى الطلاب، وتطوير شعورهم بالمسؤولية تجاه البيئة والمجتمع.

7-4. الشراكات المجتمعية:

تعد الشراكات بين الجامعة والقطاع الخاص والمجتمع المدني وسيلة فعالة لتوسيع نطاق تأثير الجامعة في التنمية المستدامة. يمكن لهذه الشراكات أن تشمل تمويل المشاريع البحثية، تبادل الخبرات، تقديم التدريب العملي للطلاب، وإنشاء منصات مشتركة لمعالجة القضايا البيئية والاجتماعية في المدينة والمجتمع المحلي (Kioupi, Michel-Villarreal, & Giannopoulos, 2025). كما تتيح هذه الشراكات توجيه البحث العلمي نحو حلول قابلة للتطبيق فعلياً، وربط التعليم بسوق العمل الأخضر من خلال برامج تدريبية ومشاريع ابتكارية تدعم الاقتصاد المستدام.

7-5. التجربة التطبيقية في جامعة حلب:

في سياق جامعة حلب، يمكن تنفيذ هذا البعد عبر عدة خطوات عملية:

- تطوير وحدات ومختبرات تعليمية متخصصة في الاستدامة لتطبيق المفاهيم النظرية على أرض الواقع.
- إدماج مشاريع بحثية تطبيقية ضمن منهج الدراسة في مختلف التخصصات، بما في ذلك العلوم الهندسية، الزراعة، والعلوم الاجتماعية.
- إنشاء منصة للمبادرات الطلابية البيئية، تشمل برامج تدريبية وورش عمل ومسابقات لتشجيع الابتكار البيئي.
- بناء شبكة شراكات مجتمعية مع البلديات المحلية، الشركات، والمنظمات غير الحكومية لتوسيع نطاق الأثر الاجتماعي والبيئي للمشاريع الجامعية.

يظهر هذا النهج أن دمج الاستدامة في المناهج والبحث العلمي والمبادرات الطلابية ليس مجرد إضافة أكاديمية، بل يمثل استراتيجية متكاملة لتحويل الجامعة إلى منصة معرفية وبيئية قادرة على إنتاج حلول مبتكرة ومستدامة للمجتمع المحلي، وتعزيز المهارات الخضراء لدى الطلاب وربط

التعليم بسوق العمل الأخضر. كما يعكس التزام الجامعة بدورها المجتمعي في تحقيق أهداف التنمية المستدامة محلياً وإقليمياً.

8. الإمكانيات والتحديات في سياق جامعة حلب

تمتلك جامعة حلب إمكانيات أولية هامة تؤهلها للشروع في التحول نحو جامعة خضراء، رغم التحديات القائمة. وتشمل هذه الإمكانيات:

1-8 الموارد البشرية: تتوفر في الجامعة كوادر بشرية مؤهلة جزئياً، تشمل أعضاء هيئة التدريس في تخصصات البيئة والهندسة والطاقة والتنمية المستدامة، بالإضافة إلى وجود طلاب يمتلكون وعياً بيئياً أولياً يمكن تطويره من خلال التدريب وورش العمل المتخصصة. تشير الدراسات الدولية إلى أن الاستثمار في بناء القدرات البشرية يعد شرطاً أساسياً لنجاح التحول المؤسسي نحو الاستدامة.

2-8 البنية التحتية: تمتلك الجامعة بنية تحتية يمكن تهيئتها تدريجياً لتكون صديقة للبيئة، من خلال تحديث أنظمة الطاقة والمياه، تطبيق تقنيات البناء الأخضر، وتوسيع المساحات الخضراء داخل الحرم الجامعي. كما يمكن إنشاء مختبرات ومراكز تعليمية وبحثية متخصصة في الاستدامة والطاقة المتجددة، بما يعزز قدرة الجامعة على دمج المعرفة النظرية بالممارسات العملية

3-8 الإمكانيات البحثية: تتمتع الجامعة بقاعدة بحثية متوسطة في مجالات البيئة والطاقة والتنمية المستدامة، يمكن تطويرها من خلال برامج بحثية تطبيقية وشراكات مع مؤسسات محلية ودولية. هذه البرامج تتيح إنتاج حلول مبتكرة للتحديات البيئية والاجتماعية في المجتمع المحلي، وربط مخرجات البحث بسوق العمل الأخضر

8-4. التحديات الرئيسية:

8-4-1. التمويل:

يعد التمويل أحد أهم القيود على التحول المؤسسي، حيث تتطلب تحديثات البنية التحتية واستحداث مختبرات ومراكز تعليمية استثمارات كبيرة. ويشير التحليل إلى أن التمويل الجزئي والمنقطع يقلل من فعالية التحول، ما يستوجب وضع خطة تمويلية استراتيجية تشمل مصادر متعددة مثل الحكومة، القطاع الخاص، والمنح الدولية.

8-4-2. البنية التحتية القديمة:

تعاني بعض المباني الجامعية من قدم العمر ونقص كفاءة استهلاك الطاقة والمياه، ما يتطلب جهوداً مضاعفة لتحديثها وفق معايير الاستدامة. يشمل ذلك إعادة تصميم المباني، تركيب أنظمة الطاقة الشمسية، واستبدال الأجهزة والمعدات بكفاءة أعلى.

8-4-3. القدرات التنظيمية المحدودة:

تحتاج الجامعة إلى تطوير نظم الحوكمة البيئية، وآليات التخطيط الاستراتيجي، ومؤشرات قياس الأداء البيئي والاجتماعي والاقتصادي. ويؤكد الخبراء أن بناء ثقافة تنظيمية داعمة للاستدامة داخل الجامعة يعزز الالتزام بالممارسات الخضراء ويحفز الابتكار المؤسسي.

8-5. تطوير المهارات الخضراء:

يشكل نقص التدريب المتخصص في المهارات البيئية والخضراء عائقاً رئيسياً، إذ يحتاج أعضاء هيئة التدريس والإداريون والطلاب إلى برامج مستمرة لتطوير هذه المهارات، بما يمكنهم من إدارة الموارد بكفاءة وتطبيق أفضل الممارسات البيئية في جميع الأنشطة الجامعية

8-6. فرص التحول التدريجي:

تشير الدراسات إلى أن التحول التدريجي القائم على مراحل يمكن أن يقلل من قيود الإمكانيات والتحديات، ويتيح للجامعة تحقيق أهداف الاستدامة على المدى الطويل. يشمل هذا النهج:

- البدء بمشاريع صغيرة قابلة للقياس في الطاقة والمياه والنفايات.
- تطوير برامج تدريبية مستمرة لأعضاء هيئة التدريس والطلاب.
- تعزيز البحث العلمي التطبيقي وربطه بالمجتمع المحلي وسوق العمل الأخضر.
- بناء شراكات مع مؤسسات حكومية ودولية لدعم التمويل والخبرة الفنية.

من خلال هذه الإجراءات، يمكن لجامعة حلب أن تتحول تدريجياً إلى منصة تعليمية وبحثية وخدمية مستدامة، تساهم بفاعلية في تحقيق التنمية المستدامة محلياً وإقليمياً، مع إعداد جيل قادر على قيادة التغيير نحو الاستدامة في المجتمع وسوق العمل الأخضر.

أظهرت نتائج الاستبيان أن التحديات الرئيسية التي تواجه التحول نحو الجامعة الخضراء تتمثل في ضعف التمويل والبنية التحتية، وهو ما يتوافق مع انخفاض مؤشري البعد البيئي والاقتصادي. وفي المقابل، تشير نتائج الوعي والبعد الاجتماعي إلى وجود إمكانيات بشرية ومعرفية يمكن استثمارها لدعم هذا التحول.

وعليه، فإن نجاح التحول نحو الاستدامة يتطلب معالجة هذه التحديات من خلال تبني استراتيجيات تمويل مبتكرة، وتطوير البنية التحتية تدريجياً، مع الاستثمار في بناء القدرات البشرية وتعزيز المهارات الخضراء.

9. الإطار الاستراتيجي المقترح للتحول نحو الاستدامة في جامعة حلب

في ضوء نتائج مؤشر الجامعة الخضراء، والتي أظهرت مستوى جيد مع وجود تباين بين الأبعاد، تم اقتراح إطار استراتيجي للتحول نحو الاستدامة في جامعة حلب، يهدف إلى معالجة نقاط الضعف وتعزيز نقاط القوة.

يهدف الإطار الاستراتيجي إلى تحويل جامعة حلب تدريجياً من نموذج تقليدي إلى جامعة خضراء متكاملة، تجمع بين التعليم والبحث وخدمة المجتمع، وتحقق التوازن بين الأبعاد البيئية والاجتماعية والاقتصادية، ويعتمد هذا الإطار على مراحل تنفيذية متدرجة، تتيح تحقيق التحول بطريقة منهجية ومستدامة.

9-1. المرحلة التحضيرية

تعد المرحلة التحضيرية حجر الأساس لنجاح التحول، وتشمل:

- **تقييم الوضع الحالي:** تحليل الموارد البشرية، البنية التحتية، المناهج، والأنشطة البحثية الحالية، وتحديد نقاط القوة والضعف.
- **وضع السياسات:** اعتماد سياسات واضحة للاستدامة تشمل الحوكمة البيئية، إدارة الطاقة والمياه، النفايات، والمساحات الخضراء.
- **تحديد الأولويات:** وضع جدول زمني لتحديث البنية التحتية، تصميم برامج تدريبية، وإطلاق مشاريع تجريبية قابلة للقياس، مع التركيز على المجالات ذات الأثر الأعلى على البيئة والمجتمع

9-2. مرحلة التنفيذ المبكر

تركز هذه المرحلة على ترجمة السياسات إلى ممارسات فعلية داخل الجامعة:

- **برامج التوعية والتثقيف البيئي:** تنظيم ورش عمل، ندوات، وحملات توعية لتعزيز الوعي بين الطلاب والعاملين بأهمية الاستدامة.

- تحديث المناهج الدراسية: إدراج مقررات الاستدامة والاقتصاد الأخضر في جميع التخصصات، وربط التعلم النظري بالتطبيق العملي في الحرم الجامعي والمجتمع المحلي.
- مشاريع تجريبية لإدارة الطاقة والمياه: تركيب أنظمة مراقبة ذكية لاستهلاك الطاقة والمياه، استخدام الطاقة الشمسية، وتطبيق برامج إعادة التدوير والتسميد.

3-9. المرحلة المتقدمة

تسعى هذه المرحلة إلى توسيع نطاق التحول وجعل الجامعة منصة معرفية رائدة في مجال الاستدامة:

- اعتماد معايير البناء الأخضر: تحديث المباني القديمة وفق معايير الاستدامة، وتوسيع المساحات الخضراء، وإنشاء حدائق تعليمية لتوفير بيئة تعليمية عملية للطلاب.
- إنشاء مختبرات بحثية متخصصة: دعم البحث العلمي التطبيقي في مجالات الطاقة المتجددة، إدارة الموارد، وتقنيات الاستدامة، وربط نتائج البحث بالمجتمع المحلي وسوق العمل الأخضر.
- تعزيز الشراكات المجتمعية: إقامة تعاون مع القطاع الخاص، المؤسسات الحكومية، والمجتمع المدني لتوسيع نطاق التأثير الاجتماعي للجامعة وتبادل المعرفة والخبرة في مجالات الاستدامة.

4-9. مؤشرات قياس الأداء

يستند الإطار إلى مؤشرات أداء كمية ونوعية لقياس التقدم نحو الاستدامة:

- تقليل استهلاك الطاقة والمياه بنسبة محددة سنوياً.
- زيادة عدد المقررات والبرامج التعليمية المرتبطة بالاستدامة.
- عدد المشاريع الطلابية التطوعية والخضراء المنفذة داخل الجامعة وخارجها.
- عدد الشراكات المجتمعية والمنح البحثية المخصصة للاستدامة.

5-9. آليات المتابعة والتقييم: تشمل آليات متابعة التنفيذ:

- التقارير السنوية: نشر البيانات حول الأداء البيئي والاجتماعي والاقتصادي، بما يعزز الشفافية والمساءلة.

• **لجان تقييم داخلية وخارجية:** تشكيل فرق لمراجعة الأداء وتقديم التوصيات لتحسين الخطط.

• **المراجعة الدورية للسياسات:** تعديل الاستراتيجيات وفق النتائج والمستجدات المحلية والدولية.

يتيح هذا الإطار الاستراتيجي لجامعة حلب تحقيق تحول تدريجي ومستدام، بحيث تصبح منصة معرفية متكاملة قادرة على إنتاج حلول مبتكرة لمشكلات البيئة والمجتمع، وإعداد جيل من الطلاب يتمتع بالمهارات الخضراء والمعرفة البيئية، ويستطيع قيادة التغيير في مجالات التعليم، الاقتصاد، والبيئة على المستوى المحلي والإقليمي والدولي.

الخاتمة

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل واقع التحول نحو الجامعة الخضراء في جامعة حلب، من خلال بناء مؤشر مركب (GUI) يقيس أبعاد الاستدامة المختلفة، شملت الوعي البيئي، والبعد البيئي، والاجتماعي، والاقتصادي، والتعليم من أجل التنمية. وقد أظهرت النتائج أن قيمة المؤشر العام بلغت (67 من 100)، مما يضع الجامعة ضمن المستوى "الجيد"، مع وجود تباين واضح بين الأبعاد المختلفة.

فقد تبين أن الوعي البيئي والبعد الاجتماعي والتعليم من أجل التنمية تمثل نقاط قوة نسبية، حيث تعكس وجود قاعدة معرفية ومجتمعية داعمة للتحول نحو الاستدامة. في المقابل، أظهرت النتائج وجود ضعف نسبي في البعد البيئي والاقتصادي، خاصة فيما يتعلق بالبنية التحتية وكفاءة إدارة الموارد، وربط التعليم بسوق العمل الأخضر.

كما أظهرت تحليلات الارتباط والانحدار أن التعليم من أجل التنمية يمثل عاملاً محورياً في تعزيز التحول نحو الجامعة الخضراء، نظراً لارتباطه القوي بكل من الوعي البيئي والبعد البيئي، مما يؤكد أهمية دمج بشكل أعمق في السياسات التعليمية والبرامج الأكاديمية.

وبناءً على ذلك، يمكن القول إن جامعة حلب تمتلك مقومات أولية جيدة للتحول نحو نموذج الجامعة الخضراء، إلا أن تحقيق هذا التحول يتطلب تبني رؤية استراتيجية متكاملة تعالج الفجوات الحالية، وتعزز التكامل بين الأبعاد البيئية والاجتماعية والاقتصادية، بما يسهم في تحقيق التنمية المستدامة على المستويين المحلي والإقليمي.

تمثل هذه الدراسة خطوة نحو بناء نموذج تطبيقي لقياس وتحليل الاستدامة في الجامعات العربية، حيث يوفر مؤشر الجامعة الخضراء أداة كمية يمكن استخدامها لدعم متخذي القرار، وتوجيه السياسات الجامعية نحو تحقيق أهداف التنمية المستدامة. كما تفتح هذه النتائج المجال أمام دراسات مستقبلية لتطوير نماذج أكثر تقدماً، مثل تحليل المسار (SEM) أو المقارنات الدولية، بما يعزز من دور الجامعات كمحركات رئيسية للتنمية المستدامة.

التوصيات

أولاً: توصيات على المستوى المؤسسي

- تبني استراتيجية شاملة للاستدامة
- وضع خطة استراتيجية طويلة المدى للتحويل نحو الجامعة الخضراء، تتضمن أهدافاً كمية قابلة للقياس، استناداً إلى نتائج مؤشر (GUI).
- إنشاء وحدة أو مركز للاستدامة
- يتولى متابعة الأداء البيئي، وإعداد تقارير دورية، والإشراف على تنفيذ المبادرات الخضراء داخل الجامعة.
- تعزيز الحوكمة البيئية
- إدماج مبادئ الاستدامة في السياسات الجامعية، وربطها بمؤشرات أداء واضحة لضمان المتابعة والتقييم المستمر.

ثانياً: توصيات على المستوى البيئي

- تحديث البنية التحتية
- تطوير المباني الجامعية وفق معايير البناء الأخضر، وتحسين كفاءة استهلاك الطاقة والمياه، خاصة في ضوء انخفاض مؤشر البعد البيئي.
- التحول إلى الطاقة المتجددة
- التوسع في استخدام الطاقة الشمسية، وتطبيق نظم ذكية لإدارة استهلاك الطاقة داخل الحرم الجامعي.
- إدارة مستدامة للموارد والنفايات
- تطبيق برامج لإعادة التدوير، واستخدام تقنيات حصاد المياه وإعادة استخدامها.

ثالثاً: توصيات تعليمية وأكاديمية

- دمج الاستدامة في المناهج

- إدراج مفاهيم الاستدامة والاقتصاد الأخضر في جميع التخصصات، مع تعزيز الجانب التطبيقي للتعليم.
- تعزيز التعليم من أجل التنمية (ESD)
- تطوير مهارات التفكير النقدي وحل المشكلات البيئية، استناداً إلى دوره المحوري الذي أظهرته النتائج.
- تطوير المهارات الخضراء
- تصميم برامج تدريبية تطبيقية تربط التعليم بسوق العمل الأخضر، لمعالجة ضعف البعد الاقتصادي.
- رابعاً: توصيات بحثية ومجتمعية**
- دعم البحث العلمي التطبيقي
- تشجيع الأبحاث المرتبطة بالطاقة المتجددة، وإدارة الموارد، والاستدامة البيئية، وربطها باحتياجات المجتمع.
- تعزيز الشراكات المجتمعية
- بناء علاقات تعاون مع القطاعين العام والخاص لدعم مشاريع الاستدامة وتوفير التمويل والخبرة.
- تمكين المبادرات الطلابية
- دعم الأنشطة التطوعية والبيئية، لما لها من دور في تعزيز الوعي والمشاركة المجتمعية.
- خامساً: توصيات استراتيجية مستقبلية**
- تطبيق التحول التدريجي
- البدء بمشاريع صغيرة قابلة للقياس، ثم التوسع تدريجياً وفق نتائج التقييم.
- تطوير نظام متابعة وتقييم
- استخدام مؤشر الجامعة الخضراء (GUI) بشكل دوري لقياس التقدم وتحسين الأداء.
- إجراء دراسات مقارنة
- مقارنة أداء جامعة حلب مع جامعات أخرى إقليمياً ودولياً لتحسين موقعها ضمن التصنيفات العالمية.

10. المراجع

1. أبو لبهان، أ. "الجامعة الخضراء والتنمية المستدامة في مؤسسات التعليم العالي." مجلة العلوم التربوية، مج. 23، لا. 4، 2016، ص. 377-410.

2. أبو غزالة، م. "إمكانات التحول نحو الاستدامة في الجامعات العربية." مجلة دراسات التعليم العالي، مج. 12، لا. 2، 2021، ص. 45-47.
3. حامد، ع.، وحسان، م. "دمج الاستدامة في التعليم العالي العربي: تجارب ومبادرات." مجلة العلوم التربوية، مج. 15، لا. 1، 2023، ص. 5-12.
4. "التنمية المستدامة - الجامعة العربية الأمريكية." مبادرات الجامعات العربية نحو الاستدامة. رام الله: مركز التنمية المستدامة، 2025، ص. 5.
5. قرقوري، ع.، وكرماني، ف. "دور الجامعات في التنمية المستدامة: التحديات والفرص." المجلة العربية للبحث العلمي، مج. 18، لا. 3، 2025، ص. 268-274.
6. Alberti, C., Civera, A., Lehmann, E., Meoli, M., Otto, J., & Paleari, S. (2025). University sustainability rankings: A critical literature review on the UI GreenMetric ranking system. *Journal of Technology Transfer*, 50, 2752–2801. <https://doi.org/10.1007/s10961-025-10223-9>
7. Suwartha, N., & Berawi, M. A. (2019). The Role of UI GreenMetric as a Global Sustainable Rankings for Higher Education Institutions. *International Journal of Technology*, 10(5), 291–319. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v10i5.367>
8. Lauder, A., Fitri Sari, R., Suwartha, N., & Tjahjono, G. (2015). Critical review of a global campus sustainability ranking: GreenMetric. *Journal of Cleaner Production*, 108, 852–863. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.080>
9. Kohl, T., et al. (2024). Sustainable Universities: A Bibliometric and Thematic Analysis in Higher Education. MDPI. <https://www.mdpi.com/3192712>
10. Developing a Novel Index for Assessing and Managing the Contribution of Sustainable Campuses to Achieve UN SDGs. (2021). *Sustainability*, 13(21), 11770. <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/21/11770>
11. UNESCO. (2020). Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374802>
12. Green Campus Initiatives at Brazilian Universities. Sustainability Practices in Brazilian Higher Education. São Paulo: Brazilian Association for Green Universities, 2021, p. 10–12. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2021JCPro.31227671P/abstract>

- 13.GreenMetric World University Rankings. Sustainability Assessment in Higher Education Institutions. Bandung: UI GreenMetric, 2025, p. 1–5. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10961-025-10223-9>
- 14.Leal Filho, W., Manolas, E., and Pace, P. "The Role of Universities in the Implementation of Sustainable Development Goals in Europe." Scientific Reports (2024) 14:15464 <https://doi.org/10.1038/s41598-024-65820-9> .
- 15.Leal Filho, W., Salvia, A. L., and Brandli, L. Sustainability and Universities: From Conceptual Frameworks to Practical Implementation. Springer, 2020.
16. Sugiarto, A., Lee, C.-W., & Huruta, A. D. (2022). 'A Systematic Review of the Sustainable Campus Concept'. Behavioral Sciences, 12(5), 130. <https://doi.org/10.3390/bs12050130>
- 17.Kioui, V., Michel-Villarreal, R., & Giannopoulos, G. (2025). Policies and practices for sustainability transformation in higher education institutions. Frontiers in Environmental Science. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1634148>
- 18.Al-Maadeed, M. A. S., Bouras, A., & Younan, N. (Eds.) (2023). The Sustainable University of the Future: Reimagining Higher Education and Research. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-20186-8>

ملحق

الاستبيان: الجامعة الخضراء والتعليم من أجل التنمية – جامعة حلب

السادة المشاركون الكرام،

تهدف هذه الاستبانة إلى دراسة واقع الجامعة الخضراء والتعليم من أجل التنمية المستدامة في جامعة حلب، وذلك من خلال التعرف على آرائكم حول مستوى الوعي البيئي وتطبيق ممارسات الاستدامة داخل الجامعة. نرجو منكم الإجابة بدقة وموضوعية، علماً بأن جميع البيانات ستستخدم لأغراض البحث العلمي فقط وبسرية تامة.

تُعد مشاركتكم في هذه الدراسة طوعية بالكامل، ويحق لكم الامتناع عن الإجابة أو الانسحاب في أي وقت دون أي تبعات. كما أن تعبئة الاستبانة تُعد موافقة ضمنية على المشاركة في البحث.

مع فائق الشكر والتقدير،
الباحث: أ.د. فواز أحمد موسى

الجزء الأول: البيانات العامة

1. العمر :
2. الجنس: ☐ ذكر ☐ أنثى
3. المستوى الأكاديمي / المرحلة الدراسية: ☐ طالب/ة ☐ أستاذ/ة جامعي/ة ☐ موظف/ة إداري/ة ☐ آخر :
4. التخصص الدراسي أو الوظيفي :
5. عدد سنوات الخبرة في الجامعة :

الجزء الثاني: الوعي بالمفاهيم البيئية والتنمية المستدامة

يرجى تقييم العبارات التالية على مقياس من 1 إلى 5، حيث: 1 = لا أوافق، 5 = أوافق تماماً

1. أنا على دراية بمفهوم "الجامعة الخضراء". ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
2. أرى أن دمج الاستدامة في التعليم الجامعي أمر مهم جداً. ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
3. الجامعة تقدم فرصاً لفهم أثر الأنشطة الجامعية على البيئة. ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

الجزء الثالث: البعد البيئي

1. هل تعتقد أن البنية التحتية للجامعة صديقة للبيئة؟ ☐ نعم ☐ إلى حد ما ☐ لا
2. ما مدى فعالية إدارة الطاقة والمياه في الجامعة؟ ☐ ضعيفة ☐ متوسطة ☐ جيدة ☐ ممتازة
3. هل الجامعة توفر فرصاً لتطبيق المعرفة البيئية عملياً (مختبرات، مشاريع، حدائق تعليمية)؟ ☐ نعم ☐ لا ☐ أحياناً

الجزء الرابع: البعد الاجتماعي والمسؤولية المجتمعية

1. هل تشارك في أنشطة تطوعية أو مبادرات بيئية داخل الجامعة؟ ☐ نعم ☐ لا ☐ أحياناً
2. الجامعة تشجع مشاركة الطلاب وأعضاء هيئة التدريس في القضايا البيئية. ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
3. الجامعة لها تأثير إيجابي على المجتمع المحلي من خلال مبادرات الاستدامة. ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

الجزء الخامس: البعد الاقتصادي والمهارات الخضراء

1. الجامعة تزود الطلاب بالمهارات اللازمة لسوق العمل الأخضر. ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
2. هناك مشاريع بحثية أو برامج تدريبية مرتبطة بالابتكار الاقتصادي المستدام. ☐ نعم ☐ لا ☐ أحياناً

الجزء السادس: التعليم من أجل التنمية (ESD)

1. مفاهيم الاستدامة مدمجة في المناهج الدراسية الخاصة بي. ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
2. أتاح لي التعليم في الجامعة فرصة تطبيق التفكير النقدي وحل المشكلات البيئية. ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
3. التعليم من أجل التنمية يعزز قدراتي على مواجهة تحديات البيئة والمجتمع. ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

الجزء السابع: الإمكانيات والتحديات

1. ما أبرز التحديات التي تواجه الجامعة في التحول نحو الاستدامة؟ (اختر كل ما ينطبق)
☐ التمويل ☐ بنية تحتية قديمة ☐ نقص الموارد البشرية المؤهلة ☐ ضعف الثقافة التنظيمية ☐ أخرى :
2. ما الإمكانيات التي تراها متاحة لدعم التحول نحو الجامعة الخضراء؟ (اختياري) :

الجزء الثامن: مقترحات مفتوحة

1. برأيك، ما أهم خطوة يجب على جامعة حلب القيام بها لتصبح جامعة خضراء نموذجية؟
2. أي اقتراحات لتحسين دمج الاستدامة في التعليم، البحث، وخدمة المجتمع؟

