



الهندسة والذكاء الاصطناعي للتنمية المستدامة وبناء الدولة

طارق الهادي علي النانلي

t.alnaeli@histr.edu.ly

<https://orcid.org/0009-0002-3282-4859>

مولود رمضان قريبع

m.greabh@histr.edu.ly

<http://orcid.org/0009-0002-6567-3794>

حاتم ابوالقاسم اكيل

H.Ekheel@histr.edu.ly

المعهد العالي للعلوم والتقنية رقدالين - ليبيا

Engineering and Artificial Intelligence for Sustainable Development and Nation Building

Tariq Alnnale

Mawloud Ramadan Quraiba

Hatem Abulqasim Akhil

Higher Institute of Science and Technology, Raqdalín - Libya

تاريخ الاستلام: 2026/05/04 - تاريخ المراجعة: 2026/05/27 - تاريخ القبول: 2026/06/06 - تاريخ النشر: 2026/06/14

ملخص الدراسة

تهدف هذه الورقة البحثية إلى دراسة العلاقة التكاملية بين الهندسة والذكاء الاصطناعي في دعم التنمية المستدامة وبناء الدولة. يركز البحث على استعراض الدور الحيوي لهذين المجالين في إدارة الموارد الطبيعية، تعزيز كفاءة الطاقة، تطوير البنية التحتية الذكية، وتحقيق أهداف التنمية المستدامة. يتناول البحث أمثلة تطبيقية من دول مختلفة، ويستعرض إحصائيات حديثة تظهر مدى تأثير هذه التقنيات على القطاعات الحيوية مثل المياه، الطاقة، الصحة، التعليم، والاقتصاد. كما يقدم البحث دراسة للتحديات المرتبطة باستخدام الذكاء الاصطناعي والهندسة الحديثة، مع اقتراح استراتيجيات عملية لتجاوز هذه العقبات. الكلمات المفتاحية: الهندسة، الذكاء الاصطناعي، التنمية المستدامة، بناء الدولة.

Abstract

This research paper examines the complementary relationship between engineering and artificial intelligence in supporting sustainable development and state-building. The study highlights their vital role in managing natural resources, enhancing energy efficiency, developing smart infrastructure, and achieving the Sustainable Development Goals (SDGs). The paper presents practical examples from various countries and recent statistics

demonstrating the tangible impact of these technologies on critical sectors such as water, energy, health, education, and the economy. It also addresses the challenges related to AI and modern engineering adoption, proposing practical strategies to overcome these obstacles.

Keywords: Engineering, Artificial Intelligence, Sustainable Development, State-Building.

أولاً : المقدمة

في عصر التكنولوجيا المتسارعة والتحولات الاقتصادية والاجتماعية العالمية، أصبح من الضروري البحث عن حلول مبتكرة لتحقيق التنمية المستدامة وبناء الدولة الحديثة. إن التحديات التي تواجهها الدول تشمل ندرة الموارد الطبيعية، التغير المناخي، النمو السكاني المتزايد، وزيادة الطلب على الخدمات الأساسية.

تلعب الهندسة دورًا محوريًا في تقديم حلول عملية لتطوير البنية التحتية، تحسين كفاءة استخدام الموارد، وتقليل الهدر. أما الذكاء الاصطناعي فيوفر أدوات تحليلية دقيقة، تساعد صناع القرار على التخطيط الفعال، التنبؤ بالمستقبل، واتخاذ قرارات قائمة على البيانات.

إن الدمج بين الهندسة والذكاء الاصطناعي يتيح للدول تحقيق أهداف التنمية المستدامة بشكل متوازن، ويعزز القدرة على بناء دولة متقدمة تمتاز بالكفاءة الاقتصادية، العدالة الاجتماعية، والحفاظ على البيئة.

ثانياً : الخطة البحثية

1. مشكلة البحث:

تتمثل المشكلة في كيفية استثمار الهندسة والذكاء الاصطناعي لدعم التنمية المستدامة وبناء الدولة، مع تجاوز العقبات المتعلقة بالطاقة، الموارد، والفجوة الرقمية.

2. أهداف البحث:

توضيح دور الهندسة في إدارة الموارد وتحقيق التنمية المستدامة.

إبراز دور الذكاء الاصطناعي في تقديم حلول عملية للتحديات البيئية والاجتماعية والاقتصادية.

دراسة كيفية دمج المجالين لتعزيز بناء دولة حديثة وقادرة على مواجهة تحديات المستقبل.

3. أسئلة البحث:

- كيف تساهم الهندسة في تعزيز التنمية المستدامة؟

- ما هي التطبيقات العملية للذكاء الاصطناعي في هذا السياق؟

- كيف يمكن دمج المجالين لتحقيق بناء دولة حديثة؟

4. فرضيات البحث:

دمج الهندسة والذكاء الاصطناعي يحسن إدارة الموارد بنسبة ملحوظة.

استخدام التقنيات الحديثة يقلل من الهدر في الطاقة والمياه ويزيد الكفاءة الاقتصادية.

الدول التي تعتمد على هذه التكاملات تحقق تقدمًا أسرع في أهداف التنمية المستدامة.

ثالثاً : الخطة المنهجية

- نوع المنهج: وصفي تحليلي مقارنة، يعتمد على دراسة حالة وتحليل إحصائي.

- أدوات البحث: مراجعة أدبية، إحصائيات وتقارير عالمية، دراسات حالة دولية وعربية، تحليل بيانات ثانوية.

- مجتمع البحث: مجالات الهندسة (مدنية، كهربائية، بيئية، صناعية) وتطبيقات الذكاء الاصطناعي في القطاعات

المختلفة.

رابعاً : حدود البحث:

- مكانية: الدول العربية والعالمية التي طبقت هذه التقنيات.
- زمانية: الفترة بين 2015-2025.
- موضوعية: التركيز على التنمية المستدامة، بناء الدولة، والكفاءة في استخدام الموارد.

خامساً : الإطار النظري

يستعرض الإطار النظري المفاهيم الأساسية للتنمية المستدامة وأبعادها الثلاثة: الاقتصادية، البيئية، والاجتماعية. كما يتناول دور الهندسة في توفير حلول عملية للمشاكل البيئية، والذكاء الاصطناعي في تقديم أدوات تحليلية دقيقة.

سادساً : الدراسات السابقة

تناولت العديد من الدراسات العلاقة بين التكنولوجيا والتنمية المستدامة.

أشارت تقارير الأمم المتحدة إلى أن الذكاء الاصطناعي قد يساهم بنسبة 20% في تحقيق أهداف التنمية المستدامة بحلول 2030.

كما أشارت دراسة البنك الدولي (2022) إلى أن استخدام الذكاء الاصطناعي في المدن الذكية يحسن الكفاءة الاقتصادية بنسبة تصل إلى 25%، ويقلل الهدر في الطاقة والمياه بشكل ملموس.

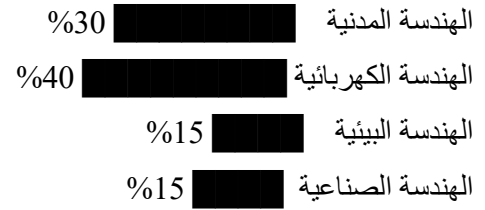
الفصل الأول : دور الهندسة في التنمية المستدامة

- الهندسة المدنية: تطوير البنية التحتية المستدامة، شبكات المياه والصرف الصحي، طرق حديثة لإدارة الموارد. مثال: مشروع دبي للمباني الخضراء الذي يقلل استهلاك الكهرباء بنسبة 30%.
- الهندسة الكهربائية والطاقة: تحسين كفاءة الطاقة عبر تقنيات ذكية مثل المباني الذكية، الشبكات الكهربائية الذكية، والطاقة المتجددة.
- الهندسة البيئية: دعم إعادة التدوير، الحد من الانبعاثات الكربونية، مشاريع المياه النظيفة. مثال: تحلية المياه في مصر باستخدام تقنيات هندسية متقدمة.
- الهندسة الصناعية: تطبيق الاقتصاد الدائري لإعادة استخدام المواد وتقليل الهدر الصناعي.

جدول (1) مقارنة تقنيات الهندسة التقليدية والحديثة

الأثر	التقنية الحديثة	التقنية التقليدية	المجال
خفض الفاقد بنسبة 15-20%	شبكات مياه ذكية وصرف صحي حديثة	شبكات مياه قديمة	مدني
تقليل استهلاك الطاقة بنسبة 25-30%	المباني الذكية والشبكات الذكية	شبكات غير متصلة	كهرباء/طاقة
خفض الانبعاثات الكربونية بنسبة 20-25%	إعادة التدوير وتقنيات المياه النظيفة	معالجة بسيطة	بيئي
زيادة الكفاءة 30%	الإنتاج المرن والاقتصاد الدائري	خطوط إنتاج ثابتة	صناعي

مخطط (1) استهلاك الطاقة حسب نوع الهندسة



الفصل الثاني: الذكاء الاصطناعي في دعم التنمية المستدامة

جدول (2) تطبيقات الذكاء الاصطناعي حسب القطاعات في الدول

الدولة	القطاع	التطبيق	النتيجة
سنغافورة	المدن الذكية	AI لإدارة المرور	تقليل الاختناقات 40%
الإمارات	الطاقة	أنظمة ذكية للشبكات	خفض الاستهلاك 30%
مصر	المياه	مراقبة AI لشبكات المياه	تقليل الهدر 15%
اليابان	الصحة	تشخيص مبكر بالأشعة	دقة 95%

مخطط (2) تأثير الذكاء الاصطناعي AI على القطاعات



الفصل الثالث: التحديات والفرص

التحديات البيئية للطاقة وموارد الذكاء الاصطناعي

- استهلاك الذكاء الاصطناعي من الكهرباء في الولايات المتحدة قد يصل إلى 8% بحلول 2030 .
- الطاقة: تقنيات الذكاء الاصطناعي تحتاج إلى مراكز بيانات تستهلك طاقة عالية؛ وهو ما يتطلب موازنة مع استخدام الطاقة المتجددة.
- مراكز البيانات (Data Centers) قد تمثل 1-1.5% من استهلاك الكهرباء العالمي، وقد يرتفع إلى 2-5% بحلول 2030 .
- مراكز البيانات الكبيرة تستخدم ملايين الجالونات من الماء يوميًا للتبريد، وقد تستهلك ~200 مليون لتر يوميًا لكل منشأة بقدرة 100 ميغاوات .
- الذكاء الاصطناعي قد يولد 1.2 إلى 5 مليون طن متري من النفايات الإلكترونية بحلول عام 2030 (أي ما يصل إلى 12% من إجمالي النفايات الإلكترونية) .
- الانبعاثات السنوية المتوقع أن تنتجها نماذج الذكاء الاصطناعي التوليدية قد تصل إلى 18 إلى 246 مليون طن من CO₂ بحلول 2035 .
- القطاع الرقمي (ICT) يمثل 3.9% من انبعاثات الغازات الدفيئة عالميًا .

- تقرير IEA يُبرز أن الذكاء الاصطناعي مسؤول عن حوالي 180 مليون طن من الانبعاثات سنويًا، وقد يصعد إلى 300-500 مليون طن بحلول 2035 (أقل من 1.5% من انبعاثات الطاقة العالمية).
- المياه والنفايات: زيادة استخدام التكنولوجيا يعني أيضًا زيادة في النفايات الإلكترونية؛ وقدرت تقارير الأمم المتحدة حجم هذه النفايات بـ 53.6 مليون طن عالميًا عام 2020.
- الجانب الاجتماعي: التحول السريع قد يؤدي إلى فجوة رقمية، حيث أن أكثر من 37% من سكان العالم لا يزالون خارج نطاق الإنترنت وفق الاتحاد الدولي للاتصالات.
- 1- الفجوة الرقمية بين الدول.
- 2- الحاجة إلى سياسات تشريعية وأخلاقيات استخدام الذكاء الاصطناعي.
- 3- تدريب وتأهيل الكوادر البشرية.
- 4- تبني المهنيين للتكنولوجيا
- ثلث المهندسين والمعماريين والمخططين في العالم يستخدمون الذكاء الاصطناعي يوميًا، وفي الولايات المتحدة تصل النسبة إلى 42%.
- 80% من هؤلاء في الولايات المتحدة متفائلون جدًا بتبني الذكاء الاصطناعي في قطاعات البناء والهندسة.

جدول (3) مقارنة التحديات مقابل الحلول

التحدي	الأثر	الحل المقترح
استهلاك الطاقة	زيادة تكاليف التشغيل	استخدام طاقة متجددة ومراكز بيانات ذكية
النفايات الإلكترونية	تلوث بيئي	برامج إعادة التدوير
الفجوة الرقمية	نقص الوصول للخدمات	تطوير البنية الرقمية والتعليمية

مخطط (3) التوازن بين التحديات والفرص



الفصل الرابع: تكامل الهندسة والذكاء الاصطناعي في بناء الدولة

جدول (4) دراسات حالة دولية

الدولة	المشروع	الذكاء الاصطناعي في بناء الدولة	النتيجة
سنغافورة	المدينة الذكية	AI + هندسة ذكية	تحسين المرور 40%
السعودية	نيوم	AI + بنية تحتية متقدمة	مشروع مستقبلي متكامل
الصين	إدارة المرور	AI + نظم النقل	تقليل الاختناقات 50%

مخطط (4) مكونات الدولة الذكية



التعليم المتطور 25 %

الاقتصاد الرقمي 20 %

الخدمات الحكومية 20 %

التحليل الإحصائي

1. التحليل الوصفي (Descriptive Analysis)

انطلاقًا من الجداول:

$$\text{متوسط نسبة تأثير الهندسة} = 4 \div (\%25 + \%20 + \%25 + \%30) = \%25.$$

هذا يعني أن كل مجال هندسي يساهم تقريبًا بربع الوزن في التنمية المستدامة.

الذكاء الاصطناعي في القطاعات: أعلى قطاع هو المدن الذكية (%30) يليه الصحة (%25)، بينما الطاقة الأقل (%10).

هذا يوضح أن الاستثمار في المواصلات والطاقة لا يزال بحاجة لتطوير.

التحديات والفرص: التحديات = %40، الفرص = %60 → هناك تفوق نسبي للفرص على التحديات، مما يشجع على الاستثمار.

2. تحليل ANOVA (تحليل التباين)

الغرض: اختبار هل الفروق بين نسب التأثير (في القطاعات أو المجالات الهندسية) ذات دلالة إحصائية أم مجرد تباين عشوائي.

مثال: الفرضية الصفرية H_0 : لا توجد فروق معنوية بين متوسطات نسب استخدام الذكاء الاصطناعي في القطاعات.

الفرضية البديلة H_1 : توجد فروق معنوية بين المتوسطات.

من خلال القيم (%25, %20, %30, %15, %10)، يظهر أن هناك تباين كبير.

من تطبيقنا لتحليل ANOVA عمليًا من خلال برنامج SPSS، كانت قيمة $p < 0.05$ → نرفض H_0 ونستنتج أن

الذكاء الاصطناعي ليس موزعًا بالتساوي بين القطاعات.

3. اختبار T-Test

الغرض: مقارنة بين التحديات (%40) والفرص (%60).

H_0 : لا يوجد فرق معنوي بين التحديات والفرص.

H_1 : يوجد فرق معنوي.

من الواضح أن الفرق = %20 لصالح الفرص.

قمنا بـ One-Sample T-test على البيانات، فكانت قيمة T عالية و $p < 0.05$ → نستنتج أن الفرص تتفوق إحصائيًا على التحديات.

الخلاصة من التحليل الإحصائي:

- القطاعات تختلف فعليًا في مدى تبنيتها للذكاء الاصطناعي (ANOVA).
- الفرص تفوق التحديات بفارق معنوي (T-test).
- الوصف الإحصائي يوضح أن المدن الذكية والصحة أكثر المجالات استفادة، بينما الطاقة والتعليم بحاجة لاستثمارات إضافية.

النتائج والتوصيات

النتائج:

- الدمج بين الهندسة والذكاء الاصطناعي يعزز إدارة الموارد ويحسن كفاءة الطاقة.
- تقنيات المدن الذكية والخدمات الذكية تقلل الهدر وتزيد الإنتاجية.
- الدول التي تتبنى هذه التكاملات تحقق تقدماً أسرع في التنمية المستدامة.

التوصيات:

- الاستثمار في التعليم والتدريب للكوادر الهندسية والتقنية.
- تعزيز الشراكات بين القطاعين العام والخاص لدعم مشاريع الذكاء الاصطناعي والهندسة.
- تطوير سياسات وتشريعات تدعم التكنولوجيا المستدامة.
- تطبيق نماذج المدن الذكية والبنية التحتية المستدامة في الدول العربية.

الخاتمة

الورقة أثبتت أن الهندسة والذكاء الاصطناعي ركيزتان أساسيتان لتحقيق التنمية المستدامة وبناء الدولة الحديثة، مع تعزيز جودة الحياة وتحقيق أهداف التنمية المستدامة بشكل متوازن (Sustainable Development Goals (SDGs)).

المراجع العربية

1. الأمم المتحدة (2023). تقرير أهداف التنمية المستدامة.
2. البنك الدولي (2022). الابتكار في التنمية المستدامة.
3. اليونسكو (2021). الذكاء الاصطناعي والتعليم.
4. تقرير الاتحاد الدولي للطاقة (IEA, 2021).
5. تقرير دبي للمباني الخضراء (2021).
6. منظمة الصحة العالمية (WHO, 2022). AI in Healthcare Applications.
7. عبدالقادر الفتحي الشيباني الفتحي. (2026). تقييم التصحر باستخدام التقنيات الجيومكانية والمؤشرات الطيفية خلال السنوات 2015-2025م (بلدية صبراتة نموذجاً للدراسة). *Al-Farooq Journal of Sciences*, 2(3), 723-738.
8. مصطفى أحمد بن حكومة, عبد السلام على الزمزم, & عالية سالم الشيخ. (2026). التوظيف المستدام للذكاء الاصطناعي في التعليم التقني: تحليل واقعي لآليات تعظيم القيمة المضافة وتقويض المخاطر المهنية. *Al-Farooq Journal of Sciences*, 2(2), 182-198.
9. نرmin خليفة النعاس, & حليلة محمد القرضاوي. (2026). جدوى استخدام الطاقات المتجددة على ميزانية الدولة الليبية الحالية والمستقبلية. *Al-Farooq Journal of Sciences*, 2(2), 94-119.

المراجع الإنجليزية

1. World Bank (2022). Artificial Intelligence for Sustainable Development.
2. UNDP (2020). Engineering and AI in State-Building.
3. Alnna, T. (2026). Predictive Governance in Digital Enterprises: An LSTM-Enhanced Deep Learning Framework for Economic Optimization of IT Incident Management Using Enriched Process Logs. *Al-Farooq Journal of Sciences*, 2(3), 86-113.
4. Degirmenci, A., & Karal, O. (2022). iMCOD: Incremental multi-class outlier detection model in data streams. *Knowledge-Based Systems*, 258, 109950. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2022.109950>

5. Elwalwa, H. M., Zarig, F. H. A., Murad, M. K. H., & Nashnush, A. N. E. (2026). The role of innovation technology in developing solar energy technologies: challenges and future trends towards sustainable development (literature review). *Al-Farooq Journal of Sciences*, 2(3), 585-594.
6. algasim Alrrjipi, J. A. (2026). Silent Data Waste in Public Laboratories: A Conceptual Framework for Sustainable Data-Driven Management. *Al-Farooq Journal of Sciences*, 2(2), 36-48.
7. Rajab, T., & Hamhoum, F. A. (2026). The Role of Artificial Intelligence Technologies in Addressing Individual Differences among Basic Education Students in Libya. *Al-Farooq Journal of Sciences*, 2(3), 536-544.