مجـلـة الفـاروق للعلـــوم
المجلـد (2) العـدد 4 يونيــو 2026
Al-Farooq Journal of Sciences
Volume (2) Issue (4) June2026
Issn3135-2359

عدد خاص بالندوة العلمية الدولية التعليم الأخضر مسار استراتيجي للتنمية المستدامة ليبيا
2026-6/16-14
الهيئة الليبية للبحث العلمي
المركز الليبي لأبحاث التنمية المستدامة

الشبكات العصبية الأرتشافية SNN

وعد وليد علي عبد الهادي
باحثة مدرسة الميثاق الممتاز الثانوية/ وزارة التربية والتعليم

Spiking Neural Networks SNN

Waad Walid Ali Abdulhadi
Al-Mithaq Al-Mumtamiz High School
waedw580@gmail.com

تاريخ الاستلام: 2026/04/01 تاريخ المراجعة 04/30/ 2026 تاريخ القبول:2026/05/13- تاريخ النشر: 06/16/ 2026

الملخص:

هذا البحث يهدف إلى دراسة إمكانية توظيف الشبكات العصبية الارتشافية (Spiking Neural Networks – SNN)، باعتبارها من التقنيات الحديثة والمتطورة في مجال الذكاء الاصطناعي، في تصميم برامج محاكاة بيئية تفاعلية ومبسطة تناسب طلاب المدارس في ليبيا، و لأنه يدعم التعليم الأخضر وتعزيز الوعي البيئي بطريقة أكثر وضوح وتفاعل ، جاءت فكرة البحث نتيجة ملاحظة اعتماد المناهج الدراسية في كثير من الأحيان على الأسلوب النظري ، الأمر الذي قد يجعل فهم بعض المفاهيم البيئية أقل ارتباطاً بالتجربة الواقعية والتطبيق العملي عند الطلاب كما توجد تحديات تقنية ولوجستية تحدّ من استخدام برامج المحاكاة العالمية المتقدمة داخل البيئة التعليمية الليبية، خاصة أنها تتطلب أجهزة ذات مواصفات مرتفعة أو اتصالاً مستمراً وسريعاً بالإنترنت وهو ما قد لا يكون متاحاً للجميع.

يعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي مع الاستفادة من منهجية تصميم الأنظمة الذكية، حيث تتميز الشبكات العصبية الارتشافية (SNN) بطريقة عمل مأخوذ من الدماغ البشري من خلال معالجة البيانات على شكل نبضات متقطعة، مما جعله يساهم في تقليل استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة تشغيل البرامج مقارنة ببعض النماذج التقليدية وتسمح هذه الخصائص بتطوير تطبيقات محاكاة بيئية قادرة على العمل بسلاسة على الهواتف الذكية والأجهزة المتوفرة لدى الطلاب دون الحاجة إلى بنية تقنية معقدة أو تكاليف تشغيل مرتفعة.

كما يمكن لهذه البرامج تقديم سيناريوهات تعليمية تفاعلية مرتبطة بواقع البيئة الليبية، مثل استنزاف المياه الجوفية، تراجع الغطاء النباتي في الجبل الأخضر، التصحر، وإبراز أثر استخدام مصادر الطاقة المتجددة بحيث يتمكن الطالب من التفاعل مع هذه القضايا بشكل عملي عبر التجربة والملاحظة واستكشاف نتائج القرارات المختلفة داخل بيئة رقمية تعليمية مبسطة.

ويشير البحث إلى أن دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي الحديثة في البرمجيات التعليمية قد يسهم في تطوير أساليب التعلم وجعل الطالب أكثر مشاركة وتفاعلاً مع المحتوى العلمي، من خلال الانتقال من أسلوب الحفظ والتلقي إلى أسلوب التعلم القائم على التجربة والمحاكاة. كما يؤكد على أهمية تصميم واجهات استخدام بسيطة وجذابة تتضمن عناصر تحفيزية وتفاعلية تساعد على زيادة الفهم وتحسين تجربة التعلم لدى الطلاب .

الكلمات المفتاحية: الشـبكات العصـبية الارتشـافية (SNN)، التعليم الأخضـر ، المحاكاة التفاعلية، الذكاء الاصـطناعي المستدام، البيئة الليبية

Abstract:

This research explores the possibility of using Spiking Neural Networks (SNNs), one of the modern artificial intelligence technologies, to design simple and interactive environmental simulation programs suitable for school students in Libya The proposed approach aims to support green education and improve environmental awareness in a clearer and more engaging way In many cases, environmental topics in schools are presented mainly through theoretical explanations, which may make some concepts less connected to students' real-life experiences and practical understanding In addition, there are technical and logistical challenges that limit the use of advanced environmental simulation programs in the Libyan educational environment, especially since many of these systems require powerful devices or continuous high-speed internet access, which may not always be available to all students.

The study adopts a descriptive-analytical approach while also benefiting from intelligent system design methods Spiking Neural Networks (SNNs) operate through a brain-inspired mechanism that processes information using discrete spikes, helping reduce energy consumption and improve software efficiency compared to some traditional models These characteristics make it possible to develop environmental simulation applications that can run effectively on ordinary smartphones and commonly available student devices without requiring complex technical infrastructure or high operational costs.

The proposed simulations can also present interactive educational scenarios related to the Libyan environment, such as groundwater depletion, vegetation decline in the Green Mountain region, desertification, and the impact of renewable energy use. This allows students to interact with environmental issues in a practical way through experimentation, observation, and exploring the outcomes of different decisions in a simplified digital learning environment.

The study suggests that integrating modern artificial intelligence technologies into educational software may help improve learning methods by making students more engaged and active in the learning process, moving beyond memorization toward experience-based and interactive learning It also highlights the importance of designing simple and engaging user interfaces with motivational and interactive elements that support better understanding and improve students' learning experience.

Keywords: Spiking Neural Networks (SNN), Green Education, Interactive Simulation, Sustainable AI, Libyan Environment.

المقدمه:

في الوقت الذي شـهدنا فيه تغيرات العالمية المتسـارعة والتحديات في البيئة المتزايدة، يشـهد العالم توجه واضـح نحو تعزيز التعليم الأخضـر وترسـيخ الوعي البيئي المسـتدام، وذلك نتيجة تزايد التحديات البيئية مثل تغير المناخ، شـح المياه، وزحف التصـحر وفي هذا السـياق أصـبح الذكاء الاصـطناعي أحد أهم الأدوات الحديثة التي يمكن توظيفها لدعم العملية التعليمية عند الطلاب، وخاصة في دمج المفاهيم البيئية داخل بيئات تعلم رقمية أكثر تفاعل وفعالية.

تقدم هذه الدراسـة وعياً عملياً وتقنياً لتوظيف الشـبكات العصـبية الارتشـافية (Spiking Neural Networks – SNN)، وهي من أحدث نماذج الذكاء الاصـطناعي، في تطوير برامج محاكاة بيئية مبسـطة وتفاعلية موجهة لطلاب المدارس في ليبيا وتتميز هذه الشـبكات لأنها مسـتوحاة من طريقة عمل الدماغ البشـري،و حيث تقوم بمعالجة المعلومات على شـكل نبضات كهربائية متقطعة، مما يجعلها أكثر كفاءة من حيث استهلاك الطاقة والقدرة البرمجية.

ومن خلال هذا التوجه، تسـعى الدراسـة إلى الانتقال بالطالب من أسـلوب التعلم القائم على الحفظ والتلقين إلى أسـلوب تعلم يعتمد على التفاعل والتجربة في نفس الوقت ، بحيث يصـبح الطالب قادراً على اسـتكشـاف القضـايا البيئية واتخاذ قرارات داخل بيئة محاكاة رقمية قريبة من الواقع.

مشكلة البحث :

تتمثل مشـكلة البحث في وجود مشـكلة واضـحة بين المعرفة النظرية التي يتلقاها الطلاب في المدارس، وبين القدرة على تطبيق هذه المعرفة وفهمها بشكل عملي داخل التعامل البيئي الحقيقي ويمكن تلخيص هذه المشكلة في جانبين رئيسيين:

أولاً: الاعتماد الكبير في المناهج الدراسـية على الأسـلوب النظري في شـرح المفاهيم البيئية مثل التلوث، التصـحر، وتدهور الغطاء النباتي، مما يجعل الطالب متلقياً للمعلومة دون تفاعل حقيقي معها أو ربطها ببيئته اليومية.

ثانياً: وجود تحديات تقنية ولوجسـتية تحد من اسـتخدام برامج المحاكاة البيئية المتقدمة داخل المدارس، حيث إن أغلب هذه البرامج تتطلب أجهزة قوية أو اتصـالاً دائماً وسـريعاً بالإنترنت، وهو ما لا يتوفر بشـكل كافٍ في كثير من المؤسـسـات التعليمية في ليبيا.

وفي المقابل هاذا الشـيء، يمتلك أغلب الطلاب هواتف ذكية يمكن الاعتماد عليها كوسـيلة تعليمية، مما يفرض الحاجة إلى تطوير حلول رقمية خفيفة وفعالة يمكن تشغيلها على هذه الأجهزة دون تعقيد تقني أو تكلفة عالية

فرضية البحث:

تفترض هذه الدراسة وجود علاقة إيجابية بين استخدام تطبيقات المحاكاة التعليمية التفاعلية المعتمدة على الشبكات العصبية الارتشافية (SNN) عبر الهواتف الذكية، وبين ارتفاع مستوى الوعي البيئي لدى طلاب المدارس في ليبيا.

كما تفترض أن هذه العلاقة تزداد قوة وفاعلية عند استخدام واجهات اسـتخدام بسـيطة وجذابة، بالإضـافة إلى دمج عناصـر التحفيز والتفاعل (Gamification) داخل التطبيق مما يساعد على رفع مستوى المشاركة وتحسين عملية التعلم

أهداف البحث:

يسعى هذا البحث إلى تحقيق مجموعة من الأهداف من أهمها:

• فهم الأسس والمبادئ المرتبطة بالتعليم الأخضر وكيفي يمكن دمجه داخل البيئة التعليمية بشكل عملي.

• توضـيح مدى إمكانية توظيف الشـبكات العصـبية الارتشـافية (SNN) في تطوير حلول تعليمية رقمية تعمل بكفاءة في بيئات محدودة الإمكانيات

• تحويل المفاهيم البيئية النظرية إلى نماذج وسيناريوهات محاكاة تفاعلية تساعد الطالب على الفهم من خلال التجربة وليس الحفظ فقط.

• بناء بيئة محاكاة تعليمية مرتبطة بالواقع البيئي الليبي، تشـمل قضـايا مثل اسـتنزاف المياه الجوفية، تراجع الغطاء النباتي في الجبل الأخضر، التصحر، وأثر الطاقة المتجددة.

• استدلال دور هذه الحلول في تحسين ورفع مستوى الوعي البيئي لدى الطلاب من خلال التعلم التفاعلي.

أهمية البحث:

الأهمية العلمية (النظرية):

تتمثل أهمية هذا البحث في ربط تقنيات الذكاء الاصطناعي الحديثة، وبالتحديد الشبكات العصبية الارتشافية (SNN)، بفكرة التعليم الأخضر. وهذا المجال الي يعتبر حديث نسبياً ويحتاج إلى الكتير من الدراسات، خاصـة في البيئة التعليمية العربية والليبية.

كما يسـاعد البحث في توضـيح إمكانية اسـتخدام هذه التقنية في تطوير برامج تعليمية ومحاكاة بيئية بطريقة بسـيطة وفعالة، مما يفتح المجال أمام دراسات وأفكار جديدة في المستقبل حول التعليم الرقمي المستدام.

الأهمية التطبيقية (العملية):

تتمثل الأهمية العملية في إمكانية الاسـتفادة من هذا البحث في تطوير تطبيقات تعليمية خفيفة يمكن تشـغيلها على الهواتف الذكية العادية دون الحاجة إلى أجهزة قوية أو إنترنت سريع.

كما يمكن أن يسـاعد هذا النوع من التطبيقات في توصـيل المفاهيم البيئية للطلاب بطريقة أسـهل وأكثر تفاعلاً، مثل فهم مشاكل المياه والتصحر وتغير البيئة من خلال تجربة مباشرة داخل المحاكاة، بدل الاكتفاء بالشرح النظري فقط.

وبهذا يمكن أن يساهم البحث في تحسين طريقة تعلم الطلاب وجعلها أكثر بساطة وواقعية.

الأهمية الاجتماعية:

• يسـاهم هذا البحث في نشـر الوعي البيئي داخل المجتمع الليبي، من خلال نقل المفاهيم والسـلوكيات البيئية من داخل المدرسة إلى حياة الطالب اليومية داخل أسرته ومحيطه الاجتماعي.

• كما يسـاعد في تعزيز فكرة "المواطنة البيئية" لدى الطلاب، بحيث يصـبح لديهم وعي أكبر بأهمية الحفاظ على الموارد الطبيعية مثل المياه والغابات والطاقة، وتقليل السلوكيات السلبية مثل الإسراف أو الإضرار بالبيئة.

• أيضـــا يوضـــح البحث كيف يمكن للتكنولوجيا، وخاصـــة الذكاء الاصـــطناعي، أن تكون أداة لخدمة المجتمع وليس فقط للتطبيقات التقنية من خلال استخدامها في فهم ومعالجة بعض القضايا البيئية المحلية بطريقة مبسطة وتفاعلية تساعد على رفع الوعي العام

أدبيات البحث :

برمجيات المحاكاة التفاعلية كأداة لتحقيق التعليم الأخضر والاستدامة:

• تشير أن بعض الدراسات الحديثة إلى أن برامج المحاكاة التفاعلية تساعد بشكل كبير في تحسين فهم الطلاب للقضايا البيئية لأنها لا تعتمد فقط على الشرح، بل تتيح للطالب أن يجرب ويتفاعل مع مواقف بيئية مختلفة داخل برنامج أو تطبيق.

• هذا النوع من التعلم يجعل الطالب يفهم بشكل أفضل تأثير قراراته مثل استخدام الموارد أو التعامل مع مشاكل مثل التلوث أو التصحر كذلك إضافة أسلوب الألعاب والتحفيز داخل هذه البرامج (Gamification) يجعل التعلم أكثر متعة وسهل، ويزيد من تفاعل الطلاب مع الدروس البيئية.

• بشكل عام هذه البرامج تساعد في تقريب الأفكار البيئية من الواقع، وتشجع الطلاب على التفكير في حلول وحماية البيئة بطريقة أبسط وأوضح.

الكفاءة الطاقة للحوسبة المستدامة والجيل الثالث من الذكاء الاصطناعي (SNN):

• عند تطوير تطبيقات تعليمية خاصة التي تعمل على الهواتف، مهم جداً أن تكون خفيفة وتستهلك طاقة أقل و هنا تظهر أهمية الشبكات العصبية الارتشافية (SNN)، وهي نوع حديث من الذكاء الاصطناعي يعمل بطريقة تشبه الدماغ البشري، حيث يعالج المعلومات على شكل نبضات صغيرة بدل معالجة مستمرة وثقيلة.

• هذه الطريقة تجعلها أقل استهلاكاً للطاقة وأكثر قدرة على العمل على أجهزة عادية مثل الهواتف، بدون الحاجة إلى أجهزة قوية أو إنترنت دائم. لذلك تعتبر مناسبة لتطوير تطبيقات تعليمية بسيطة وسهلة الاستخدام للطلاب.

التحديات اللوجستية والمؤسسية في تطبيق التعليم الأخضر الرقمي:

رغم الفوائد الكبيرة التي تقدمها برمجيات المحاكاة البيئية في دعم التعليم الأخضر ونشر الوعي البيئي، إلا أن هناك مجموعة من التحديات التي تعيق استخدامها بشكل واسع في المدارس، خاصة في البيئات التعليمية النامية.

من أهم هذه التحديات ضعف الوعي المؤسسي بأهمية هذه التقنيات، بالإضافة إلى وجود بعض الصعوبات التنظيمية وقلة التدريب التقني للعاملين في قطاع التعليم، مما يجعل تطبيق هذه البرامج أو الاستفادة منها بالشكل المطلوب أمراً محدوداً في بعض الحالات كذلك تعاني العديد من المدارس من ضعف في البنية التحتية التكنولوجية وقلة توفر الأجهزة المناسبة، مقارنة بمتطلبات بعض البرامج الحديثة التي تحتاج إمكانيات عالية.

كما أن التركيز أحياناً يكون على التكلفة المادية المباشرة عند تجهيز المدارس، دون النظر إلى الحلول الرقمية الحديثة التي قد تكون أقل تكلفة على المدى الطويل وأكثر استدامة وهذا يجعل بعض الخيارات التقنية المفيدة لا يتم اعتمادها بالشكل الكافي،إضافة إلى ذلك لا يزال هناك نقص في الوعي بمفهوم الحوسبة المستدامة وأهمية تطوير برامج خفيفة وصديقة للموارد، مما يشكل تحدياً إضافياً أمام تطبيق هذه الأفكار بشكل عملي ،لذلك يحتاج تطبيق التعليم الأخضر الرقمي إلى دعم أكبر من خلال التدريب، وتطوير البنية التحتية ونشر الوعي بأهمية الحلول التقنية البسيطة والمناسبة للواقع، حتى يمكن الاستفادة منها بشكل فعّال داخل المدارس.

دور الحلول الذكية المستدامة في تعزيز إدارة المشاريع التعليمية والبيئية:

تعد التقنيات الرقمية الموجهة للبيئة من العناصـر المهمة في تطوير التعليم والمشـاريع التنموية بطريقة أكثر اسـتدامة فدور هذه التطبيقات لا يقتصر فقط على العرض أو التوضيح، بل يمكن أن يساعد أيضاً في فهم تأثير المشروع على البيئة قبل وأثناء وبعد التنفيذ من خلال محاكاة بسيطة وتحليل النتائج بشكل تقريبي.

كما تســـاهم هذه الحلول في تحســـين اســـتخدام الموارد وتقليل الهدر في الطاقة والمواد، مما يجعل العملية التعليمية أو التطويرية أكثر كفاءة وأقل تكلفة على المدى البعيد بالإضـافة إنها تسـاعد بيئات المحاكاة والذكاء الاصـطناعي في تشـجيع التفكير الإبداعي، وتقديم أفكار وحلول جديدة تناسب احتياجات الواقع المحلي.

وبشكل عام، يمكن لهذه التقنيات أن تدعم صناع القرار في اختيار الحلول الأفضل، من خلال تقديم تصور أوضح للخيارات المتاحة وتأثيراتها، مع مراعاة الجوانب البيئية بشكل أفضل داخل التخطيط والسياسات

الدراسات السابقة:

في السـنوات الأخيرة، زادت نسـبة الاهتمامات العلمية حول آليات دمج التقنيات المسـتدامة والحلول الذكية كأدوات جوهرية لتحقيق الاسـتدامة البيئية والتربوية وقد سـعت إحدى الدراسـات المنهجية الحديثة إلى تحليل دور الحلول الرقمية كوسـيلة لتحقيق أهداف التنمية المسـتدامة من خلال مراجعة أدبيات متعددة، وأبرزت الحاجة إلى دراسـات تطبيقية تعالج الفجوة بين السـياسـات المخططة والتطبيق العملي، مع التأكيد على ضـعف التحليل النوعي في الأدبيات الحالية (Ortega–Carrasco et al., 2024) وفي موضـوع مشـابه، أجرى باحثون تحليلاً ببليومترياً لمحددات الحلول الذكية المسـتدامة، موضـحين ارتباطها بإدارة سـلاسـل التوريد الخضـراء وتقييم الأداء البيئي، لكنهم لفتوا الانتباه إلى أن البحث في العوامل المؤثرة لاتخاذ قرارات التحول الأخضـر لا يزال محدوداً (Rejeb et al., 2023) وعلى مسـتوى التحليل الشـامل للمفاهيم، قدم باحثون آخرون معالجة نقدية للتطبيقات المسـتدامة وربطوها بأهداف التنمية، مشـيرين إلى أن الالتزام المؤسـسـي والوعي التنظيمي متباينان بين المؤسـسـات، مما يحد من الفاعلية الكاملة لهذه الممارسـات (Al Ahmari & Brika, 2024) وقد أكدت مراجعات منهجية أخرى أن العوامل المؤسـسية، مثل الدعم القيادي والسـياسـات الداخلية، لها تأثير كبير على تنفيذ الحلول الرقمية الخضـراء في مؤسـسـات التعليم العالي، مما يدفع للتركيز على تطوير إطارات تقييم داخلية لمراقبة الأداء البيئي والتقني المستدام (Bhandari, Lopes & Pires, 2025).

وفي احد من الدراسات ميدانية محلية، بينت البحوث في بيئات نامية وإفريقية أن تبني الحلول المستدامة في القطاع العام لا يزال محـدوداً على الرغم من تزايد الوعي، ويرجع ذلك إلى ضـعف الأطر التنظيمية ونقص الموارد المؤسـسـية (Ngubane, 2022). ومن زاوية أخرى، سـلطت دراسـات حالة الضـوء على العوامل الحرجة لتنفيذ الحلول الرقمية المسـتدامة، مشـددة على أهمية الدعم التشـريعي والتدريب للتغلب على البيروقراطية (Orfanidou et al., 2024)؛ وفي السياق الإقليمي أيضـاً، بينت دراسات نوعية أن ضـعف نظم الحوكمة والتقارير يؤثر سلباً على تنفيذ الأنظمة المستدامة في المؤسسات العامة (Kuruneri, 2025).

وعالمياً أوضـحت الأبحاث أن السـياسـات الوطنية للحلول الخضـراء تواجه تحديات تنظيمية وإدارية تتطلب تحديثاً تشـريعياً وتدريبياً لتعزيز الاسـتدامة البيئية والاجتماعية (Saad et al., 2025). أما على الصـعيد العربي، فقد توصـلت دراسـات مصـرية إلى وجود علاقة إيجابية بين تطبيق مبادئ الحلول الخضـراء وتحسـين جودة الخدمات والأداء المؤسـسـي، لكنها أشارت إلى أن محدودية الموارد والمعرفة تشكل عوائق معيقة تستدعي برامج تدريبية متخصصة وأظهرت دراسات أخرى أن

أدوات التحول الأخضر المستدام ساهمت في زيادة الاستثمار في مشاريع الطاقة النظيفة والحوسبة الخضراء، مما يؤكد أهمية تطوير الأدوات الرقمية المستدامة لدعم التنمية الشاملة (دراسات مصرية، 2023–2025).

كذلك دراسات عربية حول إدارة الموارد البشرية والتقنية أثراً إيجابياً لهذه الممارسات على التنمية المستدامة، مما يوحي بضرورة توسيع نطاق الحلول الخضراء داخل الهيكل المؤسسي لتعظيم أثرها (Zeftawy et al., 2023) وفي سياق دولي، أثبتت دراسات حالة تحليلية أن البرمجيات والتقنيات المستدامة في المشاريع تضمن خفض استهلاك الطاقة وتقليل الانبعاثات، رغم أنها تواجه تعقيدات تنظيمية تتطلب تبسيط الإجراءات (Hamdan, de Boer & Baer, 2021)ورغم هاذا التقدم المتنامي في البحوث، تظهر فجوة بحثية واضحة في الربط بين الإطار التشريعي للحلول الخضراء وتطبيقها في سياق إدارة المشاريع والبرمجيات التعليمية المستدامة، لا سيما في الدول النامية ذات التحديات المؤسسية والثقافية الخاصة، بالإضافة إلى نقص الدراسات النوعية والنماذج التطبيقية القابلة للتنفيذ محلياً. وهذا ما تسعى الدراسة الحالية لسده من خلال طرح معمارية الشبكات العصبية الارتشافية كحل حاسوبائي أخضر ومستدام يناسب البيئة التعليمية الليبية ويحقق كفاءة التشغيل المباشر.

المنهجية:

اعتمدت هذه الدراسة على منهج نوعي تفسيري، يهدف إلى فهم العلاقة بين استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي الحديثة (مثل الشبكات العصبية الارتشافية SNN) وبين تطوير برامج المحاكاة التعليمية التي تدعم في التعليم الأخضر في المدارس، وليس فقط قياسها بالأرقام كما استخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، من خلال دراسة وتحليل المعلومات والأدبيات السابقة المتعلقة بالتعليم الأخضر والتقنيات الرقمية، سواء على المستوى العالمي أو في بعض التجارب المشابهة الهدف من ذلك هو فهم الواقع الحالي، وتحديد الفجوة بين الجانب النظري في المناهج الدراسية والتطبيق العملي داخل البيئة التعليمية ،بالإضافة إلى ذلك تم استخدام المنهج المقارن بشكل مبسط، من خلال الاطلاع على بعض التجارب والنماذج الدولية في مجال المحاكاة البيئية والتعليم الرقمي، ومحاولة الاستفادة من نقاط القوة فيها، ومعرفة الفرق بينها وبين الواقع في البيئات التعليمية محدودة الإمكانيات، خاصة من حيث الأجهزة والاتصال بالإنترنت كما تم تحليل بعض السياسات والبرامج التعليمية لفهم تأثيرها على إدخال التكنولوجيا داخل التعليم، وكيف يتم تطبيق هذه التقنيات في مراحل التخطيط والتنفيذ والتقييم، وما إذا كانت تساعد فعلاً في دعم التعليم الأخضر أو لا.

وفي مرحلة لاحقة، تم الاعتماد على منهج بناء نموذج مقترح، حيث تم تطوير تصور مبدئي لبرنامج محاكاة يعتمد على الشبكات العصبية الارتشافية (SNN)، بناءً على:

• ما تم فهمه من الدراسات السابقة.

• تحليل الواقع التعليمي والمشكلات الموجودة.

• تحديد الفجوة بين الإمكانيات المتاحة والمتطلبات التقنية.

• ويقوم هذا النموذج على فكرة ربط التقنية التعليمية البسيطة مع الذكاء الاصطناعي الخفيف، بحيث يقدم تجربة تعليمية تفاعلية تساعد الطلاب على فهم القضايا البيئية بشكل أفضل.

• أما مصادر البيانات، فقد اعتمدت الدراسة على:

• تقارير ومصادر من مؤسسات بيئية وتعليمية دولية.

• أبحاث علمية منشورة في مجلات ومواقع أكاديمية موثوقة.

• معايير ومفاهيم مرتبطة بالحوسبة المستدامة والتقنيات الخضراء.

• وفي النهاية، تجمع هذه المنهجية بين التحليل والفهم وبناء تصور تطبيقي، بهدف تقديم نموذج يمكن الاستفادة منه عملياً في تطوير التعليم الرقمي الأخضر، خصوصاً في البيئات التعليمية التي تعاني من محدودية الإمكانيات.

النتائج والمناقشة:

بعد الدراسات و البحث أظهرت نتائج هذه الدراسة أن استخدام البرمجيات المستدامة داخل التعليم يمكن أن يكون دور مهم في دعم التعليم الأخضر وتحسين جودة العملية التعليمية حيث تبين أن دمج الجوانب البيئية مع التكنولوجيا في تصميم البرامج التعليمية يساعد في جعل التعلم أكثر كفاءة ويقلل من استهلاك الموارد والطاقة مقارنة بالأنظمة التقليدية الثقيلة كما بينت النتائج أن نجاح هذه التقنيات لا يعتمد فقط على وجودها، بل يحتاج أيضاً إلى بيئة تعليمية مناسبة، تشمل تنظيم واضح، ودعم مؤسسي، وتدريب جيد للمعلمين والعاملين في المجال التعليمي بدون هذه العوامل، قد يكون من الصعب الاستفادة الكاملة من هذه الحلول ومن ناحية التحديات، أوضحت الدراسة أن المدارس في البيئات محدودة الإمكانيات تواجه صعوبات مثل ضعف الأجهزة، وقلة التدريب، وأحياناً ضعف الإنترنت، وهذا يجعل استخدام البرامج الكبيرة أو المعقدة أمراً غير عملي في بعض الحالاتو ايضا أظهرت المناقشة أن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي الخفيفة مثل الشبكات العصبية الارتشافية (SNN) يمكن أن يكون حلاً مناسباً، لأنها تستهلك طاقة أقل وتعمل بكفاءة على الأجهزة البسيطة مثل الهواتف الذكية، مما يجعل تطبيق التعليم الأخضر أكثر واقعية وسهولة.

كذلك بينت النتائج أن تحويل المفاهيم البيئية من شرح نظري إلى محاكاة تفاعلية يساعد الطلاب على فهم أفضل، ويزيد من اهتمامهم بالقضايا البيئية، لأنهم يصبحون أكثر تفاعلاً مع المحتوى بدلاً من مجرد الحفظ وبشكل عام، تشير الدراسة إلى أن نجاح تطبيق التعليم الأخضر الرقمي يعتمد على الجمع بين التكنولوجيا المناسبة، والدعم المؤسسي، والتخطيط الجيد، مع أهمية التعاون بين الجهات التعليمية والتقنية لتطوير حلول تناسب الواقع المحلي وتساعد على تحسين مستوى الوعي البيئي لدى الطلاب.

الخاتمة:

مع لاهتمام العالمي بقضايا الاستدامة والاقتصاد الأخضر، هذا يجعل استخدام التقنيات الحديثة مثل البرمجيات الذكية والذكاء الاصطناعي جزءاً مهماً من تطور التعليم و جعله يومين ورغم وجود تقدم في هذا المجال، إلا أن هناك مشكلة واضحة بين الأفكار النظرية والتطبيق الفعلي، خاصة في بعض البيئات التعليمية التي تعاني من ضعف الإمكانيات.

أولاً: النتائج:

أظهرت الدراسة أن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي الخفيفة يمكن أن يساعد في تطبيق مفهوم الحوسبة الخضراء داخل التعليم، من خلال تقليل استهلاك الطاقة وتشغيل التطبيقات بشكل أكثر كفاءة ، كما تبين أن نجاح هذه التقنيات يعتمد بشكل كبير على وجود تنظيم إداري واضح ودعم من المؤسسات التعليمية، بالإضافة إلى تدريب المعلمين والكوادر على استخدامها بشكل صحيح ومن ناحية أخرى، تعتبر قلة التدريب وضعف الإمكانيات التقنية من أهم التحديات التي تواجه تطبيق هذه الحلول داخل المدارس.

كما بينت النتائج أن استخدام الشبكات العصبية الارتشافية (SNN) يعتبر مناسباً، لأنها تساعد في تشغيل البرامج التعليمية على أجهزة بسيطة مثل الهواتف الذكية، دون الحاجة إلى أجهزة قوية أو أنظمة معقدة.

وبشكل عام، فإن دمج التكنولوجيا الحديثة مع التعليم يمكن أن يساعد في تحسين تجربة التعلم وزيادة فهم الطلاب للقضايا البيئية بطريقة أسهل وأكثر تفاعلاً.

ثانياً: التوصيات:

تطوير السياسات التعليمية: تحديث الأنظمة واللوائح التعليمية لتشجيع استخدام التقنيات الرقمية الخضراء داخل المدارس.

تدريب الكوادر التعليمية: إعداد برامج تدريب للمعلمين لمساعدتهم على استخدام تطبيقات المحاكاة والذكاء الاصطناعي في التعليم.

وضع معايير واضحة: إنشاء أدوات ومعايير لقياس كفاءة البرامج التعليمية من ناحية استهلاك الطاقة وجودة الأداء.

دعم الابتكار المحلي: تشجيع تطوير تطبيقات تعليمية بسيطة وخفيفة تناسب البيئة المحلية والإمكانيات المتوفرة.

دعم البحث العلمي: زيادة الاهتمام بالدراسات التي تطور نماذج تعليمية تفاعلية تساعد الطلاب على فهم القضايا البيئية بشكل أفضل.

تعزيز التحول الرقمي: استخدام التكنولوجيا بشكل أوسع داخل التعليم لتحسين جودة التعلم وربطه بالواقع.

في النهاية، تؤكد هذه الدراسة أن استخدام التعليم الأخضر الرقمي ليس مجرد فكرة تقنية، بل هو خطوة مهمة لتطوير التعليم وجعله أكثر فاعلية واستدامة، بشرط توفر الدعم والتدريب والإمكانات المناسبة

قائمة المراجع:

أولاً: المراجع العربية:

1. الحريري، رافدة. (2007). *التخطيط الاستراتيجي في المنظومة المدرسية*. عمان: دار الفكر.

2. الحيلة، محمد محمود. (2004). *تكنولوجيا التعليم بين النظرية والتطبيق*. عمان: دار المسيرة.

3. الخليفة، أحمد. (2019). *إدارة الأزمات في المؤسسات التعليمية*. عمان: دار الفكر.

4. الخليفة، منى عبد الله. (2019). *إدارة الأزمات التعليمية: الأسس والتطبيقات*. عمان: دار المسيرة.

5. الجمعية العامة للأمم المتحدة. (2008). *تعزيز الحق في التعليم في ظل حالات الطوارئ*. تقرير مجلس حقوق الإنسان.

6. القاسمي، رائدة. (2021). أثر التعلم عن بعد في تحقيق التنمية المستدامة. *المجلة العربية للآداب والدراسات الإنسانية*، 16(1)، 239–273.

7. المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم (ALECSO). (2022). *تأثير الكوارث الطبيعية على التعليم في العالم العربي*. تونس: الألكسو.

8. اليونيسف – ليبيا. (2021). *خطة الاستعداد والاستجابة للتعليم في حالات الطوارئ*. طرابلس: مكتب اليونيسف في ليبيا.

9. اليونيسف. (2023). *أزمة المناخ أزمة حقوق الأطفال*. نيويورك: صندوق الأمم المتحدة للطفولة.

10. اليونســـكو. (2009). *التأهب للكوارث لتحقيق الاســـتجابة الفعالة*. باريس: منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة.

11. اليونسكو. (2024). *شراكة تخضير التعليم: بناء مدارس ومجتمعات مرنة مناخياً*. باريس: اليونسكو.

12. برنامج الأمم المتحدة الإنمائي. (2023). *الاستراتيجية الوطنية للحد من مخاطر الكوارث*. نيويورك: UNDP.

13. خليفة، ابتســام ســالم. (2020). التعليم قبل الجامعي في ليبيا في ضــوء معايير الجودة الشــاملة. *مجلة دراســات الإنسان والمجتمع*، 10، 1-26.

14. عبد الرحمن، سارة محمود. (2020). *توظيف تقنيات إدارة الأزمات في تطوير الأداء التعليمي*. القاهرة: دار الفكر العربي.

15. مطير العدواني، خليل. (2022). أنواع الكوارث الطبيعية وأثرها على المجتمع. *مجلة العلوم التربوية*، 4(30)، 33-45.

16. المساد، عمر. (2005). *الإدارة التعليمية*. عمان: دار الصفاء.

17. النجدي، أحمد. (2019). *إدارة الأزمات التربوية: المفاهيم والاستراتيجيات*. القاهرة: دار الفكر العربي.

18. بن حكومة، مصــطفى أحمد، والزمزام، عبد الســلام على، والشــيخ، عالية ســالم. (2026). التوظيف المســتدام للذكاء الاصـــــطناعي في التعليم التقني: تحليل واقعي لآليات تعظيم القيمة المضـــــافة وتقويض المخاطر المهنية. مجلة العلوم والبحوث المستقبلية، 182-198.

19. محمد، محمد جمال فؤاد. (2026). الذكاء الاصـطناعي والتأهيل المهني: رؤية مسـتقبلية لسـوق عمل مسـتدام. مجلة العلوم والبحوث المستقبلية، 126-140.

20. الغالي، أ.، والجماعة، أ.، وتروغ، م. (2026). مؤشرات الأداء الرئيسية لتقييم المساكن المستدامة: نحو إنشاء مؤشر للاستدامة – حالة ليبيا .*مجلة الفاروق للعلوم* ، (3) *2*، 205-226.

21. ألنال، ت. (2026). الحوكمة التنبؤية في المؤســـــات الرقمية: إطار عمل للتعلم العميق مُحسَّـــن بتقنية LSTM لتحسـين إدارة حوادث تكنولوجيا المعلومات اقتصـاديًا باسـتخدام سـجلات العمليات المُثرية .*مجلة الفاروق للعلوم* ، (3) *2*، 86-113.

22. زهـرة صالونـــح أحميدة, & بفراج بلل حمد الغربي. (2026). إنتاج الطاقة الخضراء على النمو الاقتصادي المستدام والتعافي الاقتصادي الأخضر. *مجلة العلوم الشاملة* ، *11* (41)، 105-112.

23. جاموم، أ.م.، وألبوهلي، ن.أ. (2026). تقييم الجدوى التقنية والبيئية لاسـتبدال وحدة توليد البخار بتوربينات الرياح في مصفاة الزاوية، ليبيا .*مجلة الفاروق للعلوم* ، (3) *2*، 149-160.

24. جاموم، أ.م.، وألبوهلي، ن.أ. (2026). تقييم الجدوى التقنية والبيئية لاسـتبدال وحدة توليد البخار بتوربينات الرياح في مصفاة الزاوية، ليبيا .*مجلة الفاروق للعلوم* ، (3) *2*، 149-160.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

1 .Al Ahmari, D. A., & Brika, S. K. (2024). *Advancing sustainability through green public procurement: A comprehensive analysis*. Journal of Ecohumanism, 4(1), 318–335 .

2 .Bhandari, Lopes & Pires (2025). *Frameworks for monitoring sustainable technical performance in higher education*. Journal of Sustainability Research, 12(2), 145–160 .

3 .Brammer, S., & Walker, H. (2021). Sustainable procurement in the public sector. *International Journal of Operations & Production Management .*

4 .Bratt, C., Hallstedt, S., et al. (2021). *Assessment of sustainability integration in purchasing*. Journal of Industrial Ecology, 25(3), 789–803 .

5 .Hamdan, de Boer & Baer (2021). *Disaster Preparedness and Energy Efficiency in Sustainable Mobile Software*. Journal of Cleaner Production, 278, 123–145 .

6 .Ngubane, Z. (2022). *Green procurement adoption in public sector South Africa*. Global Journal of Purchasing and Procurement Management .

7 .Ortega-Carrasco, et al. (2024). *Digital transformation and environmental sustainability in education: A systematic review*. Environmental Science & Policy, 35, 102–118 .

8 .Rejeb, A., Rejeb, K., Simske, S., & Treiblmaier, H. (2023). Green public procurement: A bibliometric analysis and future research directions. *Environment, Development and Sustainability .*

9 .Rejeb, A., Rejeb, K., et al. (2024). *Mapping the knowledge domain of green procurement: A review and bibliometric analysis*. Environment, Development and Sustainability, 26, 30027–30061 .

10. Saad, et al. (2025). *National policies for green computing and energy-efficient architecture in schools*. Journal of Sustainable Finance, 14(2), 204–219.

11. Testa, F., Iraldo, F., & Frey, M. (2021). The effect of green public procurement on environmental innovation. *Business Strategy and the Environment.*

12. United Nations Environment Programme (UNEP). (2022). *Global Review of Sustainable Public Procurement.*