Journal of Insights in Basic and Applied Sciences
مجلة رؤى في العلوم الأساسية والتطبيقية
ISSN: 3106-1737
Volume 2, Issue 3, 2026, Pages: 504-512
Journal homepage: https://jibas.com.ly/index.php/jibas/en

Dimensions of Implementing Blockchain Technology in Libyan Higher Education Institutions: Opportunities and Challenges

Somaya Salem Omar *
Department Electric and Electronic, College of Engineering, Nalut University, Jado, Libya

أبعاد تطبيق تقنية البلوك تشين في مؤسسات التعليم العالي الليبية: الفرص والتحديات

سمية سالم عمر *
قسم الهندسة الكهربائية والإلكترونية، كلية الهندسة جادو، جامعة نالوت ، ليبيا

*Corresponding author: s.omar@nu.edu.ly

Received: June 14, 2026	Accepted: July 25, 2026	Published: August 20, 2026

Copyright: © 2026 by the authors. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Abstract:
This study aimed to explore blockchain technology in higher education by examining its core concepts, mechanics, and administrative/security advantages, alongside identifying key application areas within educational institutions aligned with the Fifth Industrial Revolution. Specifically, the research examined the prospects and implications of deploying blockchain across Libyan universities to archive academic records, enhance certificate authenticity, and optimize administrative and financial workflows. Integrating a descriptive-analytical approach with Design Science Research Methodology (DSRM), the study analyzed international literature and developed a hybrid architectural framework tailored to Libya's operational challenges. Findings indicate that blockchain significantly strengthens data governance, boosts cybersecurity, streamlines administrative procedures, and combats record tampering. However, implementation is hindered by critical structural constraints, notably inadequate IT infrastructure, chronic power outages, and a shortage of specialized technical personnel. The study recommends the adoption of a comprehensive national digital transformation strategy by the Ministry of Higher Education and Scientific Research.

Keywords: Blockchain Technology, Higher Education, Libyan Universities, Data Governance, Digital Transformation.

الملخص
هدفت الدراسة الى التعرف على تقنية البلوك تشين (سلسلة الكتل) في قطاع التعليم العالي، وذلك من خلال فهم مفهومها، آلية عملها، ومميزاتها، بالإضافة إلى تحديد أبرز مجالات استخداماتها وتطبيقها في المؤسسات التعليمية بما يتواكب مع معطيات الثورة الصناعية الخامسة وتطوير المناهج الجامعية. كما سعى البحث بشكل خاص إلى استشراف آفاق وتداعيات تطبيق هذه التقنية في الجامعات الليبية، والوقوف على أبرز مجالات توظيفها؛ ولا سيما في أرشفة السجلات الأكاديمية، تعزيز موثوقية الشهادات الجامعية، وتطوير الأنظمة الإدارية والمالية.
واستناداً إلى التكامل بين المنهج الوصفي التحليلي ومنهجية بحوث علم التصميم (DSRM) ، قامت الدراسة بمراجعة الأدبيات النظرية والخبرات الدولية، مع اقتراح تصور هيكلي معماري يراعي خصوصية البيئة الليبية. وقد خلصت النتائج إلى أن تبني هذه التقنية يسهم جوهرياً في تعزيز حوكمة البيانات ودعم الأمان الرقمي، والحد من البيروقراطية ومكافحة تزوير الوثائق والمستندات داخل الجامعات. ومع ذلك، كشفت الدراسة أن عملية التطبيق الفعلي في الجامعات الليبية تواجه تحديات هيكلية ملموسة، تتركز في ضعف البنية التحتية التكنولوجية، والانقطاع المتكرر للتيار الكهربائي، بالإضافة إلى نقص الكوادر البشرية المؤهلة تكنولوجياً. وبناءً على هذه المعطيات، أوصت الدراسة بتبني استراتيجية وطنية شاملة للتحول الرقمي من قبل وزارة التعليم العالي والبحث العلمي.

1. المقدمة

يشهد العالم المعاصر تحولات رقمية متسارعة فرضتها معطيات الثورة التكنولوجية وتطبيقات الذكاء الاصطناعي، مما دفع بمؤسسات التعليم العالي عالمياً إلى إعادة النظر في منظوماتها الإدارية والأكاديمية لتبني تقنيات أكثر مرونة وأماناً. ولم يعد التحول الرقمي في البيئات الجامعية مجرد خيار رفاهي، بل أضحى ضرورة استراتيجية لحوكمة البيانات وحمايتها من الاختراقات والحد من البيروقراطية الإدارية التي تثقل كاهل المؤسسات التعليمية.

وفي سياق البحث عن حلول تقنية تضمن أعلى مستويات الأمان والشفافية، برزت تقنية سلسلة الكتل (Blockchain)كواحدة من أهم الابتكارات التقنية الواعدة. وتتميز هذه التقنية بقدرتها الفريدة على تسجيل المعاملات والبيانات الأكاديمية في دفتر حسابات رقمي لا مركزي وموزع، مما يجعل البيانات المشفرة غير قابلة للتعديل أو التزوير أو الاختراق بأثر رجعي. وتتعدد مجالات توظيف البلوك تشين في التعليم العالي؛ بدءاً من أرشفة السجلات الأكاديمية للطلاب، وتوثيق الشهادات الجامعية لمنع تزويرها، وصولاً إلى إدارة المعاملات المالية وتطوير الأنظمة الإدارية.

وعلى الرغم من التسارع العالمي في تبني هذه التقنية، إلا أن استثمار الدول العربية لإمكانات البلوك تشين في قطاع التعليم لا يزال متفاوتاً؛ إذ تشير الدراسات النقدية المنهجية للأدبيات العربية (مثل: النافع وقطب، 2024) إلى وجود فجوة وقصور كبيرين في البحوث العربية المنشورة التي تناولت تطبيقات البلوك تشين في التعليم، مع وجود ريادة ملحوظة لدولة الإمارات العربية المتحدة في هذا الصدد. وفي المقابل، تظهر تجارب إقليمية أخرى مثل البيئة الجامعية السعودية توجهاً جاداً نحو الدراسة والاستعداد لتبني التقنية، حيث أشارت دراسة الصواط (2023) إلى وجود وعي وأهمية ملموسة بدرجة عالية لدى أعضاء هيئة التدريس بالجامعات السعودية بأهمية البلوك تشين، يقابله استعداد تقني ومؤسسي ما زال في طوره المتوسط ويمر بمرحلة تكوينية تواجه معوقات متعددة.

وفي البيئة الليبية، يسعى قطاع التعليم العالي إلى اللحاق بركب التحول الرقمي وتجاوز الأساليب التقليدية في إدارة الملفات والوثائق الرسمية. ومع ذلك، فإن إسقاط هذه التقنيات الحديثة على واقع قطاع التعليم العالي الليبي يتطلب دراسة موضوعية تستشرف الفرص المتاحة، وفي ذات الوقت تشخص بدقة التحديات الهيكلية الملموسة التي تواجه التطبيق الفعلي، وفي مقدمتها ضعف البنية التحتية التكنولوجية، والانقطاع المتكرر للتيار الكهربائي، ونقص الكوادر البشرية المؤهلة تكنولوجياً. ومن هنا تبرز الحاجة الملحة لتقديم تصور هيكلي مقترح يراعي الخصوصية الاستثنائية للبيئة الليبية ويضمن حوكمة البيانات ودعم الأمان الرقمي.

1.1.مشكلة الدراسة

تكمن مشكلة الدراسة في وجود فجوة إدارية وأمنية واضحة في منظومة التعليم العالي الليبي تتمثل في الاعتماد المستمر على العمليات الورقية والأنظمة الرقمية المركزية التقليدية، مما يجعل السجلات الأكاديمية والشهادات الجامعية عرضة لمخاطر التلف، أو البيروقراطية الإدارية المعقدة، أو التزوير. وفي الوقت الذي تقدم فيه تقنية البلوك تشين (Blockchain) حلولاً جذرية لهذه المشكلات عبر اللامركزية والتشفير غير القابل للاختراق، إلا أن هناك نقصاً حاداً في الدراسات والأبحاث المحلية التي تبحث في كيفية إسقاط هذه التقنية وتطبيقها داخل الجامعات الليبية.

وتتفاقم المشكلة عند النظر إلى الخصوصية المعقدة للبيئة الليبية؛ حيث تواجه المؤسسات معوقات هيكلية حقيقية مثل الانقطاع المستمر للكهرباء وضعف شبكات الاتصال. بناءً على ذلك، تتحدد مشكلة الدراسة في الإجابة عن السؤال الرئيسي التالي:

ما أبعاد تطبيق تقنية البلوك تشين في مؤسسات التعليم العالي الليبية من حيث الفرص المتاحة والتحديات القائمة، وكيف يمكن بناء تصور هيكلي لتطبيقها يراعي خصوصية البيئة الليبية؟

2.1.أسئلة الدراسة

سعت الدراسة الحالية للإجابة عن الأسئلة الفرعية التالية:

1. ما واقع إمكانية تطبيق تقنية البلوك تشين (Blockchain) في مؤسسات التعليم العالي الليبية؟
2. ما الفرص والمزايا المتوقعة التي يقدمها تبني تقنية سلسلة الكتل للجامعات الليبية؟
3. ما أبرز التحديات الهيكلية والتقنية والبشرية التي تعوق التطبيق الفعلي للبلوك تشين في البيئة التعليمية الليبية؟
4. ما ملامح التصور الهيكلي المقترح لتطبيق البلوك تشين بما يتناسب مع تحديات الطاقة والاتصالات في ليبيا؟

3.1. أهداف الدراسة وأهميتها

أولا: أهداف الدراسة:

تسعى هذه الدراسة بشكل رئيسي إلى تحقيق الأهداف التالية:

1. التعرّف على المفهوم العلمي لتقنية البلوك تشين وآلية عملها وميزاتها الأمنية والإدارية في قطاع التعليم العالي.
2. رصد وتحليل الفرص والمزايا الملموسة التي يمكن أن يجنيها قطاع التعليم العالي الليبي من تبني هذه التقنية (مثل مكافحة التزوير وحوكمة البيانات).
3. تشخيص التحديات الهيكلية والتقنية والبشرية الحالية التي تحول دون التطبيق الفعلي والمباشر للبلوك تشين في الجامعات الليبية.
4. تقديم تصور هيكلي تكنولوجي مقترح يراعي خصوصية البيئة الليبية استناداً إلى دمج التقنيات الهجينة والحلول المحلية.

ثانيا: أهمية الدراسة:

1. الأهمية النظرية: تكتسب الدراسة أهميتها النظريّة من خلال رفد المكتبة الأكاديمية العربية ببحث أصيل يدرس تطبيقات سلسلة الكتل؛ إذ تُجمع الأدبيات النقدية (مثل النافع وقطب، 2024) على النقص الحاد في البحوث العربية المنشورة في هذا المجال.
2. الأهمية التطبيقية: تكمن في توفير دليل علمي وإطار عمل (Framework) استرشادي لصنّاع القرار بوزارة التعليم العالي الليبية ورؤساء الجامعات، لمساعدتهم في وضع خطط استراتيجية مدروسة للتحول الرقمي الآمن وتجاوز الأساليب التقليدية والبيروقراطية.

2. الإطار النظري والدراسات السابقة

1.2.المحور الأول: الإطار النظري لتقنية البلوك تشين ومجالات توظيفها

تقوم تقنية البلوك تشين (Blockchain) على فكرة "دفتر الأستاذ الموزع" (Distributed Ledger)، حيث يتم تشفير البيانات وتوزيعها على شبكة لا مركزية من الأجهزة، وتصبح أي كتلة بيانات (Block)

تُضاف للشبكة غير قابلة للتعديل أو الحذف، نظراً لارتباطها بالكتلة التي تسبقها عبر خوارزميات تشفير معقدة.

وفي البيئة التعليمية، تنقسم شبكات البلوك تشين إلى نوعين رئيسيين:

1. الشبكات العامة (Public Blockchains): وهي شبكات مفتوحة للجميع، لكنها غير ملاءمة للمؤسسات التعليمية نظراً لعدم إمكانية السيطرة على خصوصية البيانات وحمايتها من العلن.
2. الشبكات الخاصة/المشتركة (Private/Consortium Blockchains): وهي الشبكات الأنسب لحوكمة البيانات الأكاديمية؛ حيث تمنح جهة مركزية (مثل وزارة التعليم العالي أو إدارة الجامعة) صلاحية التحكم في هوية الأطراف المنضمة للشبكة وقراءة البيانات وتعديلها.

تتعدد مجالات التوظيف لتشمل: أرشفة سجلات الطلاب، إصدار الشهادات الرقمية الآمنة، والتحقق الفوري من صحة المؤهلات العلمية محلياً ودولياً دون الحاجة لإجراءات روتينية معقدة.

2.2.المحور الثاني: الدراسات السابقة واستخلاص الفجوة البحثية

يُشكل استقراء الأدبيات الأكاديمية خطوة أساسية لفهم أبعاد وتطبيقات تقنية سلسلة الكتل (Blockchain) في قطاع التعليم العالي. ومن خلال مراجعة الإنتاج العلمي المتاح، يمكن تقسيم الدراسات السابقة إلى محورين فرعيين؛ الأول يُعنى بالدراسات العربية الإقليمية، والثاني يتناول الدراسات الدولية وتجارب البيئات ذات الخصوصية المشابهة، وذلك على النحو التالي:

أولاً: الدراسات العربية والإقليمية:

1. دراسة (الصواط، 2023): هدفت الدراسة إلى التعرف على واقع تطبيق تقنية البلوك تشين في العملية التعليمية بالجامعات السعودية من وجهة نظر أعضاء هيئة التدريس. واعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي، وتوصلت النتائج إلى وجود مستوى عالٍ من الوعي بين أعضاء هيئة التدريس بأهمية التقنية ومميزاتها، إلا أن الجاهزية الفنية والمؤسسية للجامعات لا تزال في مستوى متوسط نتيجة لوجود بعض العقبات البشرية والتقنية في مرحلة التأسيس.
2. دراسة (النافع وقطب، 2024): ركزت هذه الدراسة على تقديم تحليل نقدي منهجي وشامل لـ (16) دراسة تناولت تطبيقات البلوك تشين في التعليم. وخلصت نتائجها إلى وجود فجوة بحثية وقصور حاد في الإنتاج العلمي العربي الموجه نحو توظيف هذه التقنية في البيئات التعليمية مقارنة بالبيئات الدولية، كما كشفت أن التطبيقات الحالية تتركز بشكل أساسي في حماية الشهادات من التزوير وأتمتة عمليات التقييم الأكاديمي.
3. دراسة (المغلوث والمحمدي والخواجي، 2024): تناولت هذه الدراسة واقع تطبيق نظام معادلات الوثائق الأكاديمية بوزارة التعليم بالمملكة العربية السعودية، واستشراف آمكانية توظيف تقنية البلوك تشين للتحقق من مصداقية تلك الوثائق. واعتمدت الدراسة المنهج الوصفي الوثائقي، وخلصت إلى أن التقنية توفر بروتوكولات أمنية متقدمة تضمن حظر تزوير الشهادات وتسرّع عمليات التحقق الرقمي بين المؤسسات، بالرغم من التحديات التنظيمية القائمة.
4. دراسة (عبد الشافي والزهيري والأنصاري، 2024): هدفت الدراسة إلى رصد وتطوير تطبيقات تقنية البلوك تشين في التعليم العالي في ظل معطيات الثورة الصناعية الخامسة. واستخدم البحث المنهج الوصفي بأسلوبه التحليلي، وتوصلت النتائج إلى الأهمية الاستراتيجية لتبني هذه التقنية في حوكمة الأنظمة الإدارية بالجامعات، وحفظ السجلات الأكاديمية والمالية بمرونة وأمان رقمي يواكب متطلبات العصر.

ثانياً: الدراسات الدولية وتجارب البيئات المشابهة:

1. دراسة (Abid Ali et al., 2024): بحثت هذه الدراسة نماذج التطبيق والتحديات العملية لتقنية البلوك تشين في قطاع التعليم العالي في العراق. ونظراً للمشاكل الهيكلية واللوجستية، اقترح الباحثون نموذجاً تعليمياً هجيناً يربط بين الأنظمة المركزية واللامركزية عبر قنوات اتصال متزامنة وغير متزامنة لمعالجة ضعف البنية التحتية. وتكتسب هذه الدراسة أهمية خاصة لتقاطع الظروف البيئية والتقنية للعراق مع الواقع اللوجستي في دول إقليمية أخرى تواجه تحديات انقطاع الشبكات.

2. دراسة (Gottlieb et al., 2024): قامت الدراسة برحلة استكشافية موسعة لتحديد سيناريوهات تطبيق البلوك تشين وفرصه في إدارة مؤسسات التعليم العالي، مع التركيز على الجانب التقني ومستويات البروتوكولات الأمنية (Protocol level). وأوصت الدراسة بضرورة بناء شبكات مشتركة ومصرح بها (Consortium Blockchains) تضمن الخصوصية الأكاديمية والامتثال للقوانين التشريعية لحماية البيانات المعمول بها عالمياً.

3.2.التعقيب على الدراسات السابقة (بيان الفجوة البحثية):

من خلال العرض المنهجي للأدبيات السابقة، يتضح وجود إجماع أكاديمي على الدور الثوري لتقنية البلوك تشين في تعزيز موثوقية البيانات الأكاديمية والحد من البيروقراطية ومكافحة التزوير. ومع ذلك، يمكن استخلاص فجوتين بحثيتين رئيسيتين تبرران القيام بالدراسة الحالية وتمنحانها قيمتها المضافة:

1. فجوة استقرار البيئة اللوجستية: ركزت أغلب الدراسات الإقليمية (كدراسات الصواط، 2023؛ وعبد الشافي وآخرون، 2024) على بيئات ذات بنية تحتية مستقرة ووفرة في الطاقة والاتصالات. وبذلك، أغفلت تلك الأدبيات وضع حلول مرنة لتشغيل التقنية في بيئات تعاني من تحديات تشغيلية حادة كأزمات انقطاع التيار الكهربائي والشبكات.

2. الفجوة بين التنظير والتصميم المعماري: اتسمت أغلب الدراسات العربية بالتركيز على قياس مستوى الوعي، أو تقديم أطر وصفية عامة (مثل النافع وقطب، 2024؛ والمغلوث وآخرون، 2024)، دون الانتقال إلى مرحلة صياغة أطر معمارية (Architectural Frameworks) تقدم حلولاً هندسية قابلة للتطبيق الفعلي.

وتأتي الدراسة الحالية لتسد هاتين الفجوتين مجتمعتين في البيئة الليبية. وهي تتجاوز التوصيف النظري العام عبر تقديم تصور هيكلي هجين يعتمد على آلية "المزامنة غير المتزامنة" (Asynchronous Synchronization)؛ لضمان استمرار حوكمة البيانات وأرشفة السجلات دون الاعتماد الدائم بوجود اتصال بالإنترنت أو استقرار شبكة الكهرباء.

3. منهجية الدراسة وإجراءاتها

تحقيقاً لأهداف الدراسة واستجابة لأسئلتها المحورية، اعتمد البحث على تكامل منهجي يجمع بين المنهج الوصفي التحليلي ومنهجية بحوث علم التصميم (Design Science Research Methodology - DSRM). ويُعد هذا التكامل المنهجي هو الأنسب للدراسات التي لا تكتفي برصد وتوصيف ظاهرة معينة، بل تسعى لتصميم وتطوير "أثر تقني وهندسي مبتكر" (Artifact) لحل مشكلة عملية قائمة في بيئة ذات خصوصية معقدة. وقد تم تطبيق هذا الإطار المنهجي المتكامل عبر مسارين علميين:

المسار الوصفي التحليلي (التشخيصي والتوثيقي): وتضمن مراجعة نقدية معمقة للأدبيات النظرية والخبرات الدولية السابقة ذات الصلة ببروتوكولات البلوك تشين وتطبيقاتها الأكاديمية، بهدف استنباط المعايير الأمنية والفجوات التنظيمية، وإسقاطها تحليلياً على واقع البنية التحتية واللوجستية لقطاع التعليم العالي في ليبيا.

مسار بحوث علم التصميم (Design Science): وتضمن البناء الهندسي والتطوير المعماري للتصور الهيكلي المقترح (الشبكة المشتركة الهجينة وآلية المزامنة اللامتزامنة). وجرى تصميمه كحل هندسي مُوجّه للتغلب على معوقات الطاقة والاتصالات في البيئة الليبية، مع إخضاع هذا التصميم لتقييم الجدوى التقنية والأمنية.

1.3.مصطلحات الدراسة والتعريفات الإجرائية:

لضمان دقة التحليل وتوحيد المفاهيم المستخدمة في الإطار المنهجي، تم تحديد المصطلحات المحورية للدراسة وتعريفها إجرائياً على النحو التالي:

1. تقنية البلوك تشين (Blockchain Technology): هي دفتر محاسبي رقمي لامركزي وموزع، يُسجّل المعاملات والبيانات الأكاديمية عبر شبكة مؤمنة من الأجهزة، وتتميز بأنها مشفرة وغير قابلة للتعديل أو الحذف، مما يمنع الاختراق أو التلاعب الرجعي بالسجلات.
2. التعليم العالي الليبي (Libyan Higher Education): هو منظومة الجامعات والأكاديميات والمعاهد العليا (العامة والخاصة) العاملة داخل الدولة الليبية وتحت الإشراف المباشر لوزارة التعليم العالي والبحث العلمي، والتي يسعى هذا البحث لحوكمة وثائقها وسجلاتها.
3. حوكمة البيانات (Data Governance): هي الإطار التنظيمي والتقني الذي يحدد السياسات والصلاحيات والعمليات المسؤولة عن إدارة البيانات الأكاديمية والطلابية داخل الجامعات، بما يضمن دقتها، وسلامة تداولها، وحمايتها من مخاطر التزوير.
4. التحول الرقمي (Digital Transformation): هو الانتقال الاستراتيجي والشامل من العمليات الإدارية والأكاديمية التقليدية (الورقية والمركزية البيروقراطية) في الجامعات الليبية إلى بيئة رقمية ذكية تعتمد على التقنيات المؤمنة لرفع كفاءة الأداء وسرعة التحقق من البيانات.

2.3خطوات وإجراءات الدراسة:

سارت الدراسة وفقاً للخطوات العلمية التالية:

1. الخطوة الأولى: صياغة الإطار العام للبحث (المشكلة، الأهمية، الأهداف، والأسئلة).
2. الخطوة الثانية: رصد وتحليل الأدبيات والدراسات السابقة واستخراج الفجوة البحثية (الخصوصية اللوجستية لليبيا).
3. الخطوة الثالثة: ضبط المفاهيم والمصطلحات وتوصيف أبعاد البيئة المستهدفة تحليلياً.
4. الخطوة الرابعة: بناء وتطوير التصور المعماري الهيكلي المقترح (شبكة Consortium الهجينة القائمة على المزامنة اللامتزامنة) كحل هندسي للمشكلة.
5. الخطوة الخامسة: استخلاص النتائج وصياغة التوصيات الإجرائية الموجهة لصناع القرار بوزارة التعليم العالي الليبية.

4. عرض النتائج والتصور الهيكلي المقترح (Results and Discussion)

بناءً على التشخيص المنهجي لواقع قطاع التعليم العالي في ليبيا، وما يواجهه من تحديات لوجستية حادة تتركز في الانقطاع المتكرر للتيار الكهربائي وضعف شبكات الاتصالات، تطرح هذه الدراسة نموذجاً معمارياً هجيناً ومعدلاً لتقنية سلسلة الكتل (Blockchain).

ويقوم هذا التصور على ركيزتين تقنيتين أساسيتين:

1. بناء شبكة كتل مشتركة خاصة ومصرح بها (Consortium Blockchain):

يوصي الإطار المقترح بالاعتماد على شبكة سحابية وطنية مغلقة يتم التحكم في صلاحيات الوصول إليها مركزياً. ولضمان كفاءة الشبكة وسرعتها وحوكمتها الأمنية، يتبنى النموذج بروتوكول إجماع إثبات الصلاحية (Proof of Authority - PoA) كبديل لبروتوكولات إثبات العمل (PoW) المستهلكة للطاقة بشكل هائل. بموجب هذا البروتوكول، يتم منح سلطة التحقق وصك الكتل لجهات معلومة وموثوقة مسبقاً (Approved Validators) ممثلة في:

- العقدة المركزية (Root Node): وتكون سلطة الإشراف والتحقق العليا فيها لوزارة التعليم العالي والبحث العلمي.
- السيادة الفرعية (Sub-Nodes): وتتمثل في الخوادم الرئيسية للجامعات الحكومية والخاصة المعتمدة، حيث تمتلك كل جامعة صلاحية قراءة وصك السجلات الخاصة بطلابها فقط.

2. الخصوصية الهجينة والتخزين خارج السلسلة (Off-chain Storage):

امتثالاً لمعايير حماية البيانات الحساسة والخصوصية الأكاديمية (مثل متطلبات GDPR وحق الطالب في تعديل بياناته أو النسيان)، يتبنى النموذج الهندسة الهجينة للتخزين:

- التخزين خارج السلسلة (Off-chain Storage): تُخزّن البيانات التفصيلية للطلاب (الأسماء، الدرجات، السجلات الطبية أو المالية) في قواعد بيانات محلية مشفرة ومؤمنة لدى الجامعات والوزارة.
- التخزين داخل السلسلة (On-chain Storage): لا يُرفع على البلوك تشين سوى التوقيع الرقمي والرمز المشفر غير القابل للتراجع (Cryptographic Hash) للوثيقة الأكاديمية. يضمن هذا الأسلوب أقصى درجات الأمان وحماية الخصوصية، ويمكّن من تحديث أو مسح البيانات الأصلية خارج السلسلة عند الحاجة القانونية مع بقاء معيار التحقق والشفافية ثابتاً داخل السلسلة.

3. آلية المزامنة غير المتزامنة ووضع العمل دون اتصال (Asynchronous Synchronization & Offline Mode):

تعمل هذه الآلية وفق الخطوات التقنية التالية لمواجهة أزمات الطاقة والإنترنت في ليبيا:

- التخزين المؤقت المحلي (Local Buffer Ledger): يتم تزويد كل جامعة بخوادم محلية مدعومة بأنظمة طاقة بديلة ومؤقتة (UPS / طاقة شمسية) للعمل في "وضع عدم الاتصال بالإنترنت". خلال فترة انقطاع الشبكة، تستمر الجامعة في تسجيل المعاملات الأكاديمية محلياً، وتوقيعها رقمياً بواسطة المفتاح الخاص بالجامعة (Private Key).
- طابور المعاملات المعلقة (Pending Transactions Queue): تُحتفظ هذه البيانات مشفرةً في طابور معلق غير قابل للتلاعب داخل الخادم المحلي للجامعة.
- المزامنة التلقائية اللامتزامنة (Auto-Sync): فور استعادة الاتصال بشبكة الإنترنت، يقوم النظام تلقائياً ببث (Broadcast) المعاملات المعلقة إلى بقية عقد الشبكة (الوزارة والجامعات الأخرى) للتحقق من صحة التوقيع الرقمي بموجب بروتوكول (PoA)، ومن ثم صكّها نهائياً داخل كتلة جديدة (Block Minting) وتحديث الدفتر الموزع.

الجدول 1 : مصفوفة مواءمة التحديات اللوجستية بالحلول الهندسية في الإطار المقترح

التحدي اللوجستي / التقني المرصود	الحل الهندسي / الهيكلي في الإطار المقترح	الجهة التنفيذية المسؤولة	الأثر المحقق
انقطاع التيار الكهربائي المستمر	تشغيل خوادم محلية مجهزة بوحدات طاقة بديلة ومستمرة (UPS/طاقة شمسية)	إدارات الجامعات الليبية بالتنسيق مع وزارة التعليم العالي	ضمان استمرار تدوين البيانات الأكاديمية دون توقف للأنظمة
انقطاع شبكات الاتصال والإنترنت	تفعيل وضع العمل دون اتصال (Offline Mode) والمزامنة اللامتزامنة	الطواقم التقنية في الجامعات (Sub-Nodes)	أرشفة السجلات موقتاً وبثها تلقائياً فور استعادة الشبكة دون فقدان بيانات
مخاطر تزوير الشهادات والوثائق	التوقيع الرقمي للمستندات وتخزين الرموز المشفرة (Hashes) داخل شبكة البلوك تشين	وزارة التعليم العالي (Root Node) بالتعاون مع الجامعات	استحالة تعديل السجلات بأثر رجعي والتحقق اللحظي من صحة المؤهلات
نقص الكوادر المؤهلة تكنولوجياً	تصميم برامج تدريبية تخصصية مشتركة مع شركات الاتصالات ومزودي السحابية	وزارة التعليم العالي والبحث العلمي بالتعاون مع قطاع الاتصالات	بناء القدرات البشرية الوطنية اللازمة لإدارة ومراقبة الشبكة المشتركة

5. الاستنتاجات والتوصيات (Conclusion and Recommendations)

أثبت التحليل التقني أن معوقات البنية التحتية المحلية لا تشكل عائقاً مطلقاً أمام التحول الرقمي، حيث نجح الإطار المعماري الهجين المقترح في تجاوزها هندسياً عبر تقنيات العمل غير المتزامن. وتأسيساً على الاستنتاجات الفنية والحلول الموضحة أعلاه، يوصي البحث بتبني مسار تنفيذي تدرجي مصنف كالتالي:

1. توصيات قصيرة المدى (عاجلة - تشريعية وإدارية):
   - مسارعة الجهات التشريعية والقانونية في الدولة الليبية لوضع أطر تنظيمية تعترف بحجية التوقيع الرقمي والوثائق المشفرة عبر البلوك تشين لتوفير غطاء قانوني معترف به.
   - تأسيس لجنة عليا لـ "حوكمة البيانات الرقمية" تابعة لوزارة التعليم العالي، تختص بوضع سياسات الصلاحيات الممنوحة للجامعات الحكومية والخاصة.

2. توصيات متوسطة المدى (تقنية وبنيوية):
   - إلزام الجامعات الليبية كافة بتطوير مراكز بيانات محلية وتزويدها بأنظمة طاقة بديلة لضمان استقرار عمل الخوادم المحلية (Sub-Nodes) في وضع عدم الاتصال.
   - بدء التطبيق التجريبي للنموذج الهجين المقترح على عينة محدودة من الجامعات الليبية (مشروع ريادي Pilot Project) لتقييم كفاءة بروتوكول إثبات الصلاحية (PoA) والمزامنة اللامتزامنة عملياً قبل التعميم الوطني.

3. توصيات طويلة المدى (بشرية وتطويرية):

- بناء شراكات استراتيجية بين وزارة التعليم العالي وشركات الاتصالات الوطنية لتصميم برامج تدريبية مكثفة لمهندسي تقنية المعلومات والإداريين بالجامعات.
- العمل على تطوير مناهج كليات تقنية المعلومات والهندسة بالجامعات الليبية لإدراج تخصصات البلوك تشين والأمن السيبراني، لرفد السوق المحلي بالكوادر المؤهلة لإدارة وصيانة العقد بشكل مستدام.

المراجع

[1] عبد الشافي، آية محمد، الزهيري، إبراهيم عباس، والأنصاري، محمد صبري. (2024). تطبيقات تقنية البلوك تشين (Block chain) في التعليم العالي. مجلة العلوم التربوية - جامعة جنوب الوادي، 61(2)، 447-471.

[2] الصواط، شروق عبد الله طايل. (2023). واقع توظيف تقنية البلوك تشين (Blockchain) في العملية التعليمية في الجامعات السعودية من وجهة نظر أعضاء هيئة التدريس. مجلة العلوم التربوية والنفسية، 7(42)، 43-64. https://doi.org/10.26389/AJSRP.Q100723

[3] المغلوث، طرفه بنت أحمد، المحمدي، سميرة بنت دخيل، والخواجي، ذكرى بنت محمد البدر. (2024). تطبيق تقنية البلوك تشين في التحقق من الوثائق الأكاديمية بوزارة التعليم بالمملكة العربية السعودية. دراسات عربية في التربية وعلم النفس، (149)، 73-96.

[4] النافع، سهام صالح حمد، وقطب، جولين أديب حسن. (2024). تطبيقات البلوك تشين في التعليم: دراسة نقدية منهجية. المجلة العربية للتربية النوعية، 8(31)، 89-112. https://doi.org/10.21608/ejev.2024.349420

[5] Abid Ali, A. A. M., Kadhem, R., & Mabrouk, M. (2024). Application models and practical challenges of blockchain technology in the field of higher education in Iraq. Procedia Computer Science, 246, 3723-3732. https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.194

[6] Gottlieb, M., Deutsch, C., Hoops, F., Pongratz, H., & Krcmar, H. (2024). Expedition to the blockchain application potential for higher education institutions. Blockchain: Research and Applications, 5(4), 100203. https://doi.org/10.1016/j.bcra.2024.100203

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of **JIBAS** and/or the editor(s). **JIBAS** and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.