

جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم
كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير
قسم العلوم الاقتصادية



مطبوعة بيداغوجية موجهة لطلبة السنة الثانية ماستر تخصص اقتصاد الأعمال
تحت عنوان:

محاضرات في مادة اقتصاديات البلوك شين

من اعداد:

د/ بشليبي أسماء

أستاذة محاضرة قسم "ب"

2026-2025

قسم العلوم الاقتصادية

المستوى: السنة الثانية ماستر

التخصص: اقتصاد الأعمال

السنة الجامعية: 2025-2026

المادة: اقتصاديات البلوك شين (سلاسل الكتل)

السادسي: الثالث

وحدة التعليم: المنهجية

الحجم الساعي الأسبوعي: 3 ساعات (ساعة ونصف محاضرة، ساعة ونصف أعمال موجهة)

الرصيد: 05

المعامل: 02

الأستاذة المكلفة بالمادة: د/بشليبي أسماء

الأهداف:

- يهدف الموضوع إلى فهم أساسيات تقنية البلوك شين وكيفية عملها، مع التعرف على دور التشفير في تأمين المعاملات وضمان موثوقيتها .
- استيعاب بنية الشبكة وآليات التحقق من العمليات، إضافة إلى دراسة العملات الرقمية وإمكاناتها في المجال الاقتصادي .
- التعرف على العقود الذكية ودورها في أتمتة المعاملات، إلى جانب تحليل مزايا البلوك شين والتحديات والجوانب القانونية المرتبطة به .
- يركز على أدوات تطوير تطبيقات البلوك شين واستشراف مستقبله والفرص التي يتيحها في مختلف القطاعات.

المعارف الأولية المطلوبة:

- المعرفة الأساسية لاستعمال الكمبيوتر منها فهم أنظمة التشغيل والشبكات وبروتوكولات الاتصال والبرمجة و فهم تقنيات الويب و قواعد البيانات، واجهات برمجة التطبيقات ، إلخ.
- المعرفة الأساسية لتشفير كمفهوم التشفير والتجزئة والتوقيع الرقمي.
- المعرفة في المجال النقدي و المالي والاقتصادي.

محتوى المادة:

رقم المحاضرة	عنوانها	الصفحة
01	مقدمة في البلوك شين ومبادئه الأساسية: التاريخ والتعريف والتشغيل والخصائص والمزايا والقيود و مزايا البلوك شين (اللامركزية والأمن والشفافية).	09
02	التشفير المطبق على البلوك شين: المفاتيح الخاصة والعمومية والتوقيع الرقمي والتجزئة (Hashing)، وإثبات العمل (Proof of Work (PoW)، وإثبات الرهان (Proof of Stake (PoS)	19
03	بنية شبكة البلوك شين: العقد (Nodes) والكتل (Blocs)، وسلسلة الكتل (Blockchain)، والإجماع، وبروتوكولات الاتصال، والشوكة (fork).	28
04	العملات المشفرة: البيتكوين، الإيثريوم، التيثر، الدولار الرقمي الأمريكي، بينانس، سولانا، الريبل.	40
05	العقود الذكية (Smart contracts): التعريف، أمثلة الاستخدام، المزايا، الحدود.	54
06	تطبيقات البلوك شين: التتبع (Traceability)، والهوية الرقمية، والتصويت الإلكتروني، والتأمين، وسلسلة التوريد (Supply Chain)، إلخ.	64
07	مخاطر وتحديات البلوك شين: الأمن، التشريع والتنظيم، الطاقة، الآثار البيئية، التبيي.	81
08	تطوير تطبيقات البلوك شين: أدوات التطوير، برمجة العقود الذكية (Smart contracts programming)، النشر على البلوك شين.	88
09	التطبيقات الاقتصادية للبلوك شين: تحويل أنظمة الدفع وتحويل الأموال، تطبيقات البلوك شين في التمويل كالعملات المشفرة (بيتكوين، إيثيريوم، إلخ).	100
10	الرهانات الاقتصادية للبلوك شين : التغييرات في النظام المالي (عدم الوساطة، فاعلون جدد) و تأثيرات الأعمال (خفض التكلفة، نماذج الأعمال الجديدة)، التأثيرات على المستهلكين (خدمات جديدة، حماية أفضل للبيانات) و تحديات تنظيم البلوك شين في المسائل القانونية.	107
11	أفاق وتطور تكنولوجيا البلوك شين: الاتجاهات والفرص والتحديات المستقبلية وتحديات للاقتصاد العالمي .	114

قائمة الجداول:

الرقم	العنوان	الصفحة
01	مراحل نشأة البلوك شين	11
02	إيجابيات و سلبيات اثبات العمل	33
03	إيجابيات و سلبيات اثبات الحصة	33-34
04	العملات الأكثر استعمالاً في البلوك شين	43-44
05	مزايا و تحديات العقود الذكية	62

قائمة الأشكال:

الرقم	العنوان	الصفحة
01	البلوك شين العامة	13
02	البلوك شين الخاصة	14
03	آلية عمل البلوك شين	16
04	التشفير المتماثل	21
05	التشفير اللامتماثل	23
06	شكل الكتلة	31
07	شبكة peer to peer	35
08	مراحل عمل العملات المشفرة على البلوك شين	53
09	مراحل عمل العقد الذكي على البلوك شين	59
10	نموذج لكيفية استعمال تقنية البوك شين في إدارة سلسلة التوريدات	69

فهرس المحتويات:

رقم المحاضرة	اسم المحاضرة	محتوى المحاضرة
01	مقدمة في البلوك شين ومبادئه الأساسية	تمهيد 1- نشأة وتطور البلوك شين 2- تعريف البلوك شين 3- أنواع البلوك شين 4- آلية عمل البلوك شين 5- خصائص البلوك شين 6- مزايا وقيود البلوك شين خلاصة
02	التشفير المطبق على البلوك شين	تمهيد 1- مفهوم التشفير 2- أنواع التشفير 3- التجزئة 4- التوقيع الرقمي 5- آلية الاثبات (الاجماع) خلاصة
03	بنية شبكة البلوك شين	تمهيد 1- العقد 2- الكتل 3- سلسلة الكتل 4- آلية الاجماع 5- بروتوكولات الاتصال 6- الشبكة خلاصة
04	العملات المشفرة: البيتكوين، الايثريوم، التيثر، الدولار الرقمي الأمريكي، بينانس، سولانا، الريبل.	تمهيد 1- مفهوم العملات المشفرة 2- أنواع العملات المشفرة

3- آلية عمل العملات المشفرة خلاصة		
تمهيد 1- نشأة العقد الذكي 2- مفهوم العقد الذكي 3- خصائص العقود الذكية 4- آلية عمل العقود الذكية على شبكة البلوك شين 5- استخدامات العقود الذكية خلاصة	العقود الذكية	05
تمهيد 1- التتبع 2- سلسلة التوريدات 3- الهوية الرقمية 4- التصويت الالكتروني 5- التأمين الذكي خلاصة	تطبيقات البلوك شين	06
تمهيد 1- المخاطر والتحديات الأمنية وحماية البيانات 2- المخاطر والتحديات التقنية والتشغيلية 3- المخاطر والتحديات القانونية والتنظيمية 4- المخاطر والتحديات البيئية 5- مخاطر وتحديات الثقة والسمعة خلاصة	مخاطر وتحديات البلوك شين	07
تمهيد 1- أدوات تطوير تطبيقات البلوك شين 2- برمجة العقود الذكية 3- تفاعلات العقود الذكية 4- نشر العقود الذكية على البلوك شين	تطوير تطبيقات البلوك شين	08

09	التطبيقات الاقتصادية للبلوك شين	خلاصة تمهيد 1- تطبيقات البلوك شين في القطاع المالي 2- تطبيقات البلوك شين في الجهات الحكومية 3- تطبيقات أخرى للبلوك شين خلاصة
10	الرهانات الاقتصادية للبلوك شين	تمهيد 1- التغيرات في النظام المالي 2- تأثيرات الأعمال 3- التأثيرات على المستهلكين 4- تحديات تنظيم البلوك شين في المسائل القانونية خلاصة
11	أفاق و تطور تكنولوجيا البلوك شين	تمهيد 1- الاتجاهات المستقبلية لتكنولوجيا البلوك شين 2- التحديات التكنولوجية للبلوك شين 3- تحديات البلوك شين بالنسبة للاقتصاد العالمي 4- تطوير البلوك شين بشكل مسؤول خلاصة

مقدمة عامة:

تعد تقنية البلوك شين من أهم الابتكارات الحديثة في عالم التكنولوجيا الرقمية، حيث ظهرت لأول مرة مع إطلاق عملة Bitcoin من طرف Satoshi Nakamoto، بهدف إنشاء نظام معاملات رقمي آمن وبدون وسيط. تعتمد هذه التقنية على سجل رقمي موزع يخزن عبر شبكة من الحواسيب، مما يجعل البيانات أكثر أماناً وشفافية ويصعب التلاعب بها. وقد ساهم هذا المفهوم في إحداث ثورة في العديد من القطاعات، خاصة المالية منها.

تستند البلوك شين إلى مجموعة من المبادئ الأساسية مثل اللامركزية، حيث لا توجد جهة واحدة تتحكم في النظام، إضافة إلى الأمان الذي يتم عبر تقنيات التشفير، والشفافية التي تسمح بمراقبة العمليات بشكل علني. كما تعتمد على آليات تقنية مهمة مثل التوقيع الرقمي، والتجزئة (hashing)، وآليات الإجماع مثل إثبات العمل (Proof of Work) وإثبات الرهان (Proof of Stake)، التي تضمن صحة المعاملات. هذه الخصائص جعلت البلوك شين تقنية موثوقة وقابلة للاستخدام في مجالات متعددة.

لا تقتصر تطبيقات البلوك شين على العملات الرقمية فقط، بل تمتد إلى مجالات واسعة مثل سلاسل التوريد، والتصويت الإلكتروني، والعقود الذكية، والهوية الرقمية. ورغم ما توفره من مزايا كبيرة مثل خفض التكاليف وتعزيز الأمان، إلا أنها تواجه بعض التحديات كاستهلاك الطاقة، وصعوبات التنظيم القانوني، ومشاكل التوسع. ومع ذلك، فإن مستقبل هذه التقنية واعد، إذ يتوقع أن تلعب دور مهم في تطوير الاقتصاد الرقمي وإعادة تشكيل العديد من الأنظمة التقليدية.

المحاضرة رقم 01: مقدمة في البلوك شين ومبادئه
الأساسية: التاريخ، التعريف، التشغيل، الخصائص، المزايا
والقيود .

تمهيد:

يعد البلوك شين تقنية لامركزية لتخزين البيانات وتوثيق المعاملات في شكل سلسلة من الكتل المترابطة والمشفرة، وقد نشأ مع تطور العملات الرقمية ثم توسع ليشمل تطبيقات متعددة في مجالات مختلفة. يعتمد تشغيله على تسجيل المعاملات ضمن كتل، ثم التحقق منها عبر آليات توافق موزعة بين عقد الشبكة، قبل ربطها بالسلسلة بشكل غير قابل للتغيير. ويتميز بعدة خصائص أساسية، من أبرزها اللامركزية، وعدم القابلية للتغيير، وقابلية التتبع، والشفافية. كما يوفر مزايا مهمة تتمثل في تعزيز الأمان، وتقليل الاعتماد على الوسطاء، وتحسين كفاءة العمليات وخفض التكاليف، إلا أنه يواجه بعض القيود مثل استهلاك الطاقة، وبطء بعض الشبكات، والتحديات التنظيمية. وتعد اللامركزية والأمن والشفافية من أهم الركائز التي تمنح هذه التقنية قيمتها ومصداقيتها.

سننطلق في هذه المحاضرة الى عرض أهم المبادئ الأساسية المتعلقة بالبلوك شين بما فيها النشأة، التعريف، كيفية العمل، الخصائص، المزايا والعيوب.

1- نشأة وتطور البلوك شين:

لقد مر تطور تقنية البلوك شين بمجموعة من المراحل والتي يمكن تلخيصها في الجدول التالي:

الجدول رقم 01: مراحل تطور البلوك شين

المرحلة	الفترة	مميزات المرحلة
البداية (مرحلة التأسيس)	قبل 2008	خلال هذه الفترة كان العلماء و الباحثون يحاولون البحث عن طرق آمنة و شفافة لتبادل البيانات و المعلومات و الأموال عبر الانترنت، لكن معظم هذا المحاولات كانت تعتمد على جهة مركزية، و هذا ما كان يمثل نقطة ضعف.
مرحلة الانطلاق	2008	نشأت الفكرة بشكل رسمي عندما نشر ساتوشي ناكوماتو ورقة علمية اقترح فيها نظاما جديدا يسمح بالتعامل المباشر مع الأشخاص دون وسيط.
مرحلة التطبيق الرسمي	2009	تم تجسيد الفكرة على أرض الواقع من خلال اطلاق عملة البيتكوين، و استخدام البلوك شين في التسجيل المعاملات بطريقة آمنة و منظمة.
مرحلة التوسع و التطوير	ابتداء من 2015	بدأت البلوك شين بالتطور و التوسع ، و لم تعد مرتبطة فقط بالعملات الرقمية، بل دخلت مجالات أخرى مثل العقود الذكية و التطبيقات الحديثة.
مرحلة الانتشار	2025	أصبحت تقنية البلوك شين تستخدم في معظم القطاعات الاقتصادية، نظرا لتوفرها على الأمان و الشفافية و سهولة في التعامل.

المصدر: من اعداد الأستاذة اعتمادا على بيانات البنك الدولي وصندوق النقد الدولي

2- تعريف البلوك شين Bloc Chain

من الصعب تحديد مفهوم واضح ودقيق للبلوك شين، على الرغم من أهميته البالغة في مختلف الأعمال الاقتصادية، وهو ناتج عن التطور الهائل في تكنولوجيا الاعلام والاتصال، ويتميز بالسرعة في الأداء وبتقليل التكلفة.

- ان مصطلح البلوك شين عبارة عن كلمتين Bloc وتعني الكتلة وChain وتعني سلسلة، ويشير هذا المصطلح الى مجموعة كتل مترابطة تستخدم في حفظ سجلات البيانات الالكترونية ومشاركتها على الشبكة بطريقة لا مركزية آمنة ومشفرة. (عوسات تكليت، 2022)

- البلوك شين عبارة عن سلسلة لمجموعة من الكتل، تحتوي على قاعدة بيانات موزعة، بحيث تحتوي كل كتلة على الطابع الزمني مع رابط للكتلة السابقة، من أجل انشاء سلسلة كتل مترابطة، وتهدف هذه السلسلة الى توفير البيانات والمعلومات لجميع المستخدمين بكل شفافية وأمان. (الدمرداش، 2018).

- يعرف البلوك شين على أنه تكنولوجيا تجمع بين العديد من تكنولوجيا الكمبيوتر، بما في ذلك تخزين البيانات الموزعة، الارسال من نقطة الى نقطة، وميكانيزمات الاجماع وخوارزميات التشفير. (Guo, Y., & Liang, C, 2016)

- هي آلية برمجية لا مركزية تسمح بتتبع وتسجيل الأصول والمعاملات دون وجود سلطة ثقة مركزية مثل البنك، وتنشئ شبكات البلوك شين اثباتا للملكية باستخدام التوقيعات الرقمية الفريدة، التي تعتمد على مفاتيح التشفير العامة المعروفة للجميع على الشبكة والمفاتيح الخاصة المعروفة فقط للمالك، بحيث تؤدي الخوارزميات المعقدة الى توافق الآراء بين المستخدمين، مما يضمن عدم إمكانية العبث ببيانات المعاملات بعد التحقق، الأمر الذي من شأنه تقليل المخاطر. (cognizant , 2019)

- عرف البنك الدولي البلوك شين على أنه سجل أو دفتر رقمي موزع يسمح بتخزين البيانات بطريقة آلية، آمنة وشفافة وغير قابلة للتعديل أو التغيير، حيث يتم مشاركة هذا السجل بين عدة أطراف دون الحاجة الى تدخل وسيط مركزي.

- عرفت منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية البلوك شين على أنه تكنولوجيا دفتر أستاذ موزع (DLT) تمكن من تسجيل المعاملات بطريقة آمنة وشفافة عبر شبكة كبيرة من الحواسيب، دو الاعتماد على جهة مركزية.

- عرف المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا البلوك شين على أنه هيكل بيانات يتكون من سلسلة من الكتل المرتبطة والمحمية باستخدام تقنيات التشفير، حيث تحتوي كل كتلة على مجموعة من المعاملات.

- عرف ساتوشي ناكوماتو البلوك شين سنة 2008 على أنه سلسلة من الكتل تحتوي على سجل زمني للمعاملات، حيث يتم تأمينها باستخدام التشفير وربطها ببعضها البعض.

انطلاقا من التعاريف السابقة يمكن اقتراح تعريف شامل للبلوك شين على النحو التالي:

البلوك شين هو نظام رقمي حديث يقوم على ربط مجموعة من الكتل مع بعضها البعض، حيث تحتوي هذه الكتل على مجموعة من البيانات والمعاملات، وترتبط كل كتلة بالتي قبلها عن طريق تقنيات التشفير. تعمل تقنية البلوك شين عبر شبكة من الحواسيب متصلة مع بعضها دون الاعتماد على جهة واحدة تتحكم فيها، حيث يتم حفظ المعلومات ومشاركتها بشكل جماعي بين المستخدمين. تتميز هذه التقنية بدرجة عالية من الأمان والوضوح لأن البيانات المسجلة فيها يصعب تغييرها أو التلاعب بها

بعد تأكيدها، كما أنها تعتمد على آليات تحقق واتفاق بين المشاركين في الشبكة، مما يساعد على بناء الثقة وتقليل الحاجة إلى وسيط، ويجعل تنفيذ العمليات أسرع وأقل تكلفة.

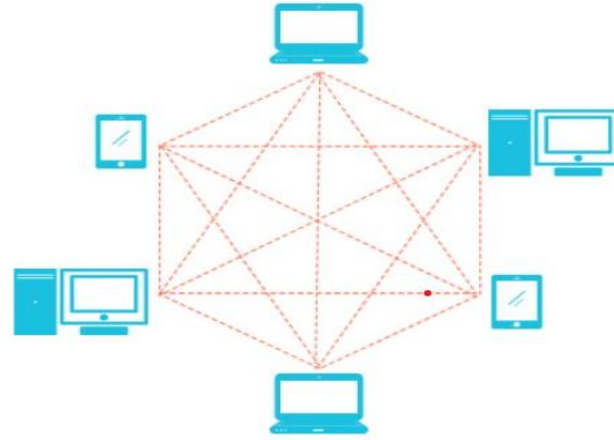
3- أنواع البلوك تشين:

أ- البلوك تشين العامة:

تعد شبكة البلوك تشين العامة أحد الأنواع الأساسية لهذه التقنية، حيث تتيح لأي مستخدم الانضمام إليها والمشاركة فيها دون الحاجة إلى إذن مسبق أو شروط تقييدية. وتتميز هذه الشبكات بانفتاحها الكامل، إذ يمكن لجميع المشاركين الاطلاع على سجل المعاملات والمساهمة في آلية الإجماع الخاصة بالشبكة. ومن أبرز الأمثلة على هذا النوع من الشبكات منصة الإيثريوم، التي تجسد نموذجا عمليا للبلوك تشين العامة. وبناء على ذلك، ينظر إلى هذا النوع من الشبكات باعتباره الخيار الأمثل لتحقيق نظام لامركزي كامل، رغم ما قد يواجهه من تحديات عند تطبيقه في البيئات المؤسسية التي تتطلب مستويات أعلى من التحكم والخصوصية.

كما تعد شبكات البلوك تشين العامة أولى تطبيقات هذه التقنية، حيث شكلت عملة البيتكوين الأساس الذي انطلقت منه فكرة البلوك تشين. ومع إدراك الفوائد التقنية الكبيرة لهذا النموذج، تم تطوير أنواع أخرى من الشبكات بهدف معالجة بعض الإشكاليات المرتبطة به. الشكل رقم 01 يوضح البلوك تشين العامة:

الشكل رقم 01: البلوك تشين العامة



شبكة عامة Permissionless
حيث يمكن لأي وكل جهاز متصل الوصول
دون حاجة للإذن مسبق.

المصدر: موقع المتداول العربي 2026/04/31 على 21س50د ما الفرق بين شبكات البلوكشين العامة والخاصة؟ وما مميزاتها؟

ومن أبرز خصائص البلوك تشين العامة أنها تعتمد على مبدأ تكافؤ الفرص بين جميع المشاركين، حيث يمكن لأي مستخدم الانضمام إلى عملية التحقق من المعاملات والمشاركة في النظام دون تمييز. كما توفر هذه الشبكات مستوى مرتفعاً من الأمان نتيجة طبيعتها اللامركزية. ومع ذلك، فإنها تعاني من بعض القيود، أبرزها بطء معالجة المعاملات مقارنة بأنواع أخرى من الشبكات، إضافة إلى إمكانية استغلالها في بعض الاستخدامات غير المشروعة نتيجة ارتفاع مستوى الشفافية والا مركزية فيها. (نوري جهاد رحيمة، شتوح رحمون، 2022)

ب- البلوك تشين الخاصة:

البلوك تشين الخاص هو أحد أنواع تقنية البلوك تشين التي تكون فيها السيطرة على الشبكة محصورة في جهة أو منظمة واحدة فقط، مما يجعلها غير مفتوحة لعامة المستخدمين. ويعتمد هذا النوع من الشبكات على آليات تفويض وتحقق من الهوية قبل السماح بالانضمام، حيث يتم تحديد من يملك صلاحية الوصول إلى النظام.

عادة ما تطور شبكات البلوك تشين الخاصة لتلبية احتياجات الأنظمة الداخلية للمؤسسات والشركات، إذ تستخدم كبيئة مغلقة لتبادل البيانات وتنفيذ العمليات بشكل آمن ومنظم. لذلك، يتطلب استخدام هذه المنصات اكتساب الثقة والحصول على إذن مسبق من الجهة المشغلة.

وفي هذا الإطار يقوم نموذج البلوك تشين الخاص على وجود مستوى عالٍ من الثقة بين العقد المشاركة، إذ إن غياب هذه الثقة يعيق عمل الشبكة بكفاءة. وبناءً عليه، يقتصر الوصول إلى هذه الشبكات غالباً على موظفي المؤسسة أو الأطراف المخولة فقط، وفق ضوابط محددة. (أشرف جابر، 2020) الشكل رقم 02 يوضح البلوك تشين الخاصة.

الشكل رقم 02: البلوك تشين الخاصة



المصدر: موقع المتداول العربي 2026/04/31 على 21س50د ما الفرق بين شبكات البلوكشين العامة والخاصة؟ وما مميزاتها؟

ج- البلوك شين المختلط (الهجين):

هو نموذج يجمع بين مزايا كل من الشبكة العامة والشبكة الخاصة، حيث يشكل حلا وسطا يوازن بين الانفتاح والتحكم. فهو يتيح الوصول إلى الشبكة بشكل محدود ومنظم، بحيث يقتصر الاشتراك فيه على مجموعة محددة من الجهات التي تربطها معاملات أو مصالح مشتركة، مثل البنوك، المؤسسات المالية، الشركات التجارية، وبعض الهيئات الحكومية.

وسي هذا النوع مختلطا لأن بنيته تعتمد على دمج خصائص النظامين، إذ يمكن أن تكون بعض العقد (الأجهزة) متاحة بشكل عام للمشاركة أو الاطلاع، في حين تبقى عقد أخرى محصورة وخاضعة لإدارة خاصة. هذا التوازن يمنح الشبكة درجة أعلى من المرونة والأمان، مع الحفاظ على قدر من الشفافية وفقا لطبيعة الاستخدام.

4- آلية عمل البلوك شين:

تعتمد تقنية البلوك شين على مجموعة من الخطوات نذكرها فيما يلي:

أ) انشاء المعاملة:

تبدأ العملية عندما يقوم المستخدم بإنشاء المعاملة (إرسال أموال، تسجيل بيانات، ...) وتوقيعها بمفتاحه الخاص، مثلا (محمد يدفع لعلي 0.5 بيتكوين)، التوقيع يثبت أن الطلب جاء من محمد. وبالتالي يتم تمثيل هذه المعاملة على شكل بيانات رقمية موقعة رقميا لإثبات الهوية.

ب) الارسال الى الشبكة:

بعد عملية الانشاء يتم ارسال المعاملة الى العقد (مجموعة من الحواسيب) التي تحتفظ بها وتتحقق منها، ويمتلك كل جهاز نسخة من المعاملة.

ج) التحقق من صحة المعاملة:

تقوم العقد أو مجموعة من الحواسيب بالتأكد من صحة المعاملة باستعمال تقنيات التشفير وذلك بالتأكد من صحة التوقيع، توفر الرصيد في الحساب وشفافية البيانات، فاذا كانت صحيحة يتم قبول المعاملة.

د) التحقق والتجميع:

يتم جمع المعاملات الصحيحة في كتلة وتحتوي الكتلة على بيانات المعاملات، الطابع الزمني، ورمز التشفير Hash الذي يربطها بالكتلة السابقة.

(هـ) الاجماع:

اعتمادا على الشبكة وقبل إضافة الكتلة، يجب أن تتفق اغلب العقد على صحتها عبر آليات الاجماع (اثبات العمل، اثبات الحصة).

(و) إضافة الكتلة الى السلسلة:

بعد التحقق من المعاملة والاجماع، يتم إضافة الكتلة الى السلسلة وتربط بالكتلة السابقة عبر عملية التشفير.

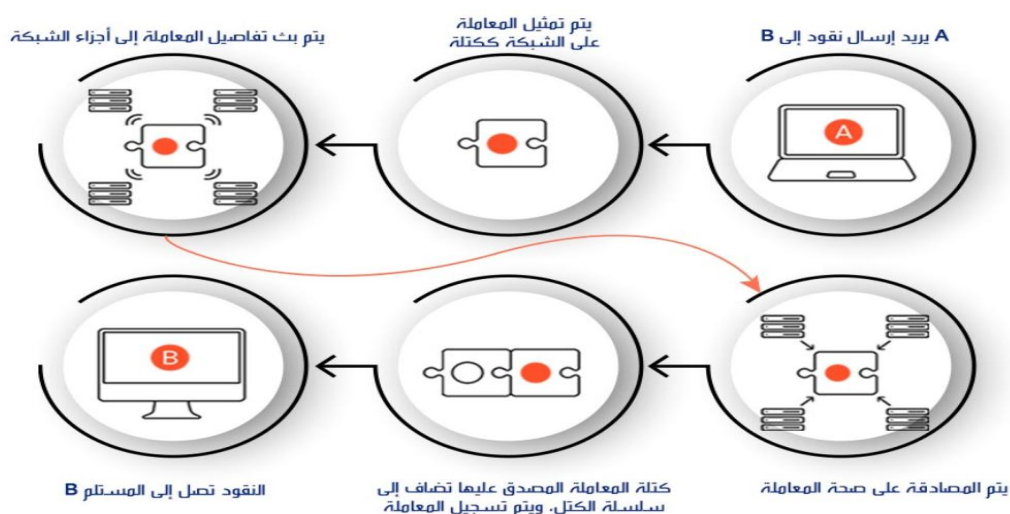
(ز) الثبات وحفظ البيانات:

بمجرد تسجيل الكتلة لا يمكن التغيير فيها أو حذفها، وتصبح جزءا دائما في السجل، وأي تغيير يتطلب تغيير كل السلسلة، وهو أمر شبه مستحيل، وهذا هو أصل مقاومة البلوك شين للتلاعب.

ملاحظة: كل عملية من هذه العمليات تتم بشكل موزع دون الحاجة الى وسيط مركزي.

والشكل الموالي يشرح آلية عمل البلوك شين بطريقة مختصرة:

الشكل رقم 03: آلية عمل البلوك شين



المصدر: موقع المتداول العربي، الدليل الكامل لمهنية تقنية البلوكتشين، 2026/04/06، 18 س12 د

يبين الشكل رقم 03 تسلسلا واضحا لكيفية عمل تقنية البلوك شين من خلال مثال إرسال معاملة من المستخدم A إلى المستخدم B ويمكن تحليلها كالتالي:

في المرحلة الأولى، يقوم المستخدم A بإرسال معاملة (مثل تحويل بيانات أو أموال) إلى المستخدم B هذه المعاملة لا تذهب مباشرة، بل يتم نشرها في الشبكة.

بعد ذلك، تنتقل المعاملة إلى مجموعة من العقد (Nodes) داخل الشبكة، حيث يتم تمثيلها على شكل كتلة (Block) تحتوي على تفاصيل المعاملة. هنا يبدأ دور الشبكة في التحقق من صحة هذه المعاملة.

ثم يتم عرض المعاملة على بقية أجزاء الشبكة، حيث تقوم عدة عقد بالمشاركة في عملية التحقق والمصادقة عليها وفق آلية إجماع (اثبات العمل أو اثبات الرهان). هذه الخطوة تعكس خاصية اللامركزية، حيث لا توجد جهة واحدة تتحكم في القرار.

بعد التحقق، يتم قبول المعاملة وتثبيتها داخل الشبكة، ثم تضاف إلى سلسلة الكتل (Block chain) بشكل دائم وغير قابل للتغيير أو التعديل.

وفي الأخير، بعد أن تصبح المعاملة موثقة ومؤمنة داخل السلسلة، يتم إيصالها إلى المستخدم **B**، مما يعني إتمام عملية التحويل بنجاح.

هذا التسلسل يبين كيف تعمل تقنية البلوك شين كنظام آمن وموثوق لتبادل المعلومات أو القيم بين الأطراف دون الحاجة إلى وسيط.

5- خصائص البلوك شين: (عامر رشيد المصري، 2025)

- اللامركزية:

في الأنظمة التقليدية للمعاملات، يتطلب تنفيذ كل عملية وجود جهة مركزية تقوم بالتحقق من صحتها، وهو ما يؤدي إلى ارتفاع التكاليف وزيادة الضغط على الخوادم. أما في البلوك شين، فلا توجد حاجة لوسيط، حيث يتم الاعتماد على خوارزميات الإجماع لضمان توافق البيانات داخل شبكة موزعة، مما يعزز خاصية الاستمرارية والثبات.

- التحقق من المعاملات:

يتميز البلوك شين بالقدرة على التحقق السريع من صحة المعاملات، حيث يتم رفض أي معاملة غير صحيحة من قبل المشاركين في الشبكة. كما أنه من شبه المستحيل تعديل أو حذف المعاملات بعد تسجيلها، إذ يتم اكتشاف أي خلل أو تلاعب بشكل فوري.

- الخصوصية وعدم الكشف عن الهوية:

يتيح البلوك شين للمستخدمين إجراء المعاملات باستخدام عناوين رقمية يتم إنشاؤها، دون الحاجة إلى الإفصاح عن هويتهم الحقيقية، مما يوفر مستوى عالٍ من الخصوصية.

6- مزايا وقيود البلوك شين:

(أ) مزايا البلوك شين: (صفار محمد، شرشم محمد، 2022)

الثقة: تنشئ سلسلة الكتل شبكة آمنة للأعضاء فقط، ما يضمن الوصول إلى البيانات بدقة وفي الوقت المناسب. تتم مشاركة السجلات السرية فقط مع أعضاء الشبكة المعتمدين، ما يعزز الثقة ويوفر رؤية شاملة عبر النظام. الأمن: يتطلب التحقق من دقة البيانات، وجميع المعاملات التي يتم التحقق منها تصبح غير قابلة للتغيير ومسجلة بشكل دائم. تضمن هذه الإمكانية عدم حذف أي معاملة.

إمكانية التتبع: توفر سلسلة الكتل إمكانية التتبع الفوري مع مسار تدقيق شفاف لرحلة الأصل. في الصناعات التي تعطي الأولوية للاستدامة، تتيح المشاركة المباشرة لبيانات المصدر، والتحقق من الممارسات الأخلاقية. يمكن أن تكشف أيضا عن أوجه القصور في سلسلة التوريد، مثل التأخير، ما يؤدي إلى المزيد من المساءلة.

الكفاءة: بفضل دفتر الحسابات الموزع المشترك بين أعضاء الشبكة، يتم التخلص من الحاجة إلى عمليات تسوية السجلات التي تستغرق وقتا طويلا. يمكن للعقود الذكية، التي يتم تخزينها في سلسلة الكتل، أتمتة العمليات وتسريع المعاملات.

(ب) قيود البلوك شين:

رغم مزاياها، تواجه البلوك شين بعض التحديات:

- استهلاك عالي للطاقة (خاصة في بعض الأنظمة مثل البيتكوين).

- بطء المعاملات مقارنة بالأنظمة التقليدية.

- صعوبة التوسع (Scalability).

- غياب إطار قانوني واضح في بعض الدول.

- تعقيد الاستخدام للمبتدئين.

خلاصة:

تعتبر تقنية البلوك شين من أهم الابتكارات الحديثة التي أحدثت تحولا في طريقة إدارة البيانات والمعاملات، حيث تجمع بين الأمان والشفافية واللامركزية، لكنها لا تزال بحاجة إلى تطوير لتجاوز التحديات الحالية.

المحاضرة رقم 02: التشفير المطبق على البلوك شين:
المفاتيح الخاصة والعامة، التوقيع الرقمي، التجزئة
(hachage)، إثبات العمل (preuve de travail) وإثبات
الرهان (enjeu).

تمهيد:

في ظل التطور المتسارع الذي يشهده العالم الرقمي واعتماد مختلف المعاملات على شبكة الإنترنت، أصبحت حماية البيانات من الاختراق أو التلاعب من الأولويات الأساسية. ومن بين أبرز التقنيات التي ظهرت لتلبية هذا الاحتياج نجد تقنية البلوك شين، التي أعادت تعريف مفهوم الأمان والثقة في الأنظمة الرقمية.

يرتكز البلوك شين بشكل كبير على التشفير باعتباره الأساس الذي يقوم عليه. إذ يتم تحويل المعلومات إلى صيغ مشفرة معقدة لا يمكن قراءتها بشكل مباشر، ولا يمكن فكها إلا باستخدام مفاتيح خاصة وآليات دقيقة. هذا لا يضمن سرية البيانات فقط، بل يضمن أيضا ثباتها وعدم إمكانية تعديلها بعد تسجيلها داخل الشبكة. كما أن الربط بين الكتل عبر تقنيات التشفير يجعل أي تغيير غير مشروع في البيانات قابلا للاكتشاف فورا.

وبفضل هذا الاعتماد على التشفير، أصبحت تقنية البلوك شين توفر نظاما يتميز بالأمان والشفافية في الوقت نفسه، مما جعلها من أهم الابتكارات الحديثة في مجال حماية المعلومات وتطوير البنى الرقمية.

سننظر في هذه المحاضرة الى التعرف على التشفير المطبق على البلوك شين بما فيه المفاتيح الخاصة والعمومية والتوقيع الرقمي، والتجزئة، وإثبات العمل وإثبات الرهان (إثبات الحصة).

1- مفهوم التشفير ENCRYPTION:

التشفير هو عملية تحويل البيانات من صيغة قابلة للقراءة (نص عادي) إلى صيغة غير قابلة للقراءة (نص مشفر) باستخدام خوارزميات ومفتاح سري. الهدف الرئيسي هو حماية المعلومات وجعلها متاحة فقط للأطراف المصرح لها التي تملك مفتاح فك التشفير الصحيح. يُستخدم لحماية البيانات أثناء تخزينها (بيانات ساكنة) أو نقلها عبر الشبكات. يعد التشفير من الركائز الأساسية التي تقوم عليها تقنية البلوك شين، إذ يضمن الأمان، النزاهة والخصوصية في تبادل البيانات والمعاملات.

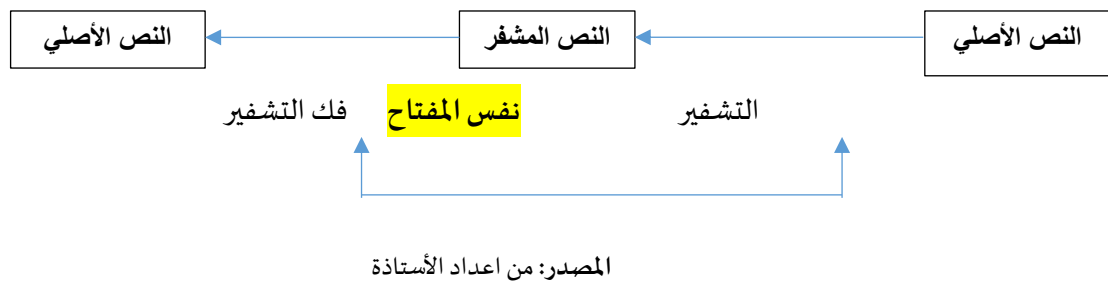
2- أنواع التشفير:

هي من أهم العناصر التي تضمن الأمان، السرية وسلامة المعاملات داخل الشبكة. ويمكن تصنيفها الى ثلاثة أنواع رئيسية:

أ) التشفير المتماثل: Symmetric Encryption

هو نوع من التشفير يعتمد على مفتاح واحد فقط يستخدم في تشفير البيانات وفك التشفير، أي ان الطرفين (المرسل والمستقبل) يجب ان يمتلكا نفس المفتاح السري. حيث يقوم المرسل بتشفير البيانات باستخدام المفتاح السري ثم ترسل البيانات المشفرة عبر الشبكة ويقوم المستقبل باستخدام نفس المفتاح لفك التشفير واستعادة البيانات الاصلية. (حسن فضالة موسى، 2016)

الشكل رقم 04: التشفير المتماثل



خصائصه:

- سهل وسريع في المعالجة الحسابية.
- آمن طالما ان المفتاح لم يتم كشفه.
- صعب الاستخدام في شبكات البلوك شين العامة لان من الصعب توزيع المفاتيح بشكل آمن في نظام لامركزي. الخوارزميات الشائعة في تشفير المتماثل الأكثر استعمالا هي AES (Advanced Encryption Standard) وتعني المعيار المتقدم للتشفير

تم اعتمادها سنة 2001 من قبل المعهد الوطني للمعايير والتقنية الأمريكي (NIST) كبديل لخوارزمية DES القديمة (Data Encryption standard) أي المعيار القياسي لتشفير البيانات. تم في سبعينيات القرن الماضي من قبل شركة IBM.

تقوم خوارزمية AES بتحويل النص الأصلي الى نص مشفر عبر سلسلة من العمليات الرياضية المنظمة تسمى الجولات (Rounds). كل جولة تستخدم مفتاحا مشتقا من المفتاح الأصلي، وتنفذ مجموعة من التحويلات على البيانات. وعدد الجولات يعتمد على طول المفتاح:

10 جولات إذا كان طول المفتاح 128 بت.

12 جولة إذا كان طول المفتاح 192 بت.

14 جولة إذا كان طول المفتاح 256 بت.

خطوات عمل AES:

- ادخال البيانات: تبدأ العملية بإدخال كلمة أو رسالة ومفتاح سري يختاره المستخدم.
- دمج المفتاح: يتم خلط البيانات مع المفتاح السري باستخدام عملية بسيطة تسمى (XOR) لتبدأ عملية التشفير.
- الاستبدال: كل جزء من البيانات (يسمى بايت) يتم تغييره برقم آخر حسب جدول ثابت (S-BOX) من أجل جعل النتيجة غير متوقعة وصعبة التحليل.
- تحريك الصفوف: تقوم الخوارزمية بتحريك صفوف البيانات بحيث تختلط المواقع.
- خلط الأعمدة: البيانات تخلط أكثر عبر دمج الأعمدة رياضيا.
- إضافة المفتاح: في نهاية كل جولة يتم خلط البيانات مرة أخرى مع مفتاح جديد مشتق من المفتاح الأصلي.
- الناتج النهائي: بعد آخر جولة، نحصل على نص مشفر لا يمكن فهمه إلا إذا كان لديك المفتاح الصحيح.
- ملاحظة: لفك النص المشفر، تقوم AES بنفس الخطوات السابقة ولكن بالعكس وبنفس المفتاح.

ب) التشفير اللامتماثل: Asymmetric Ecryption

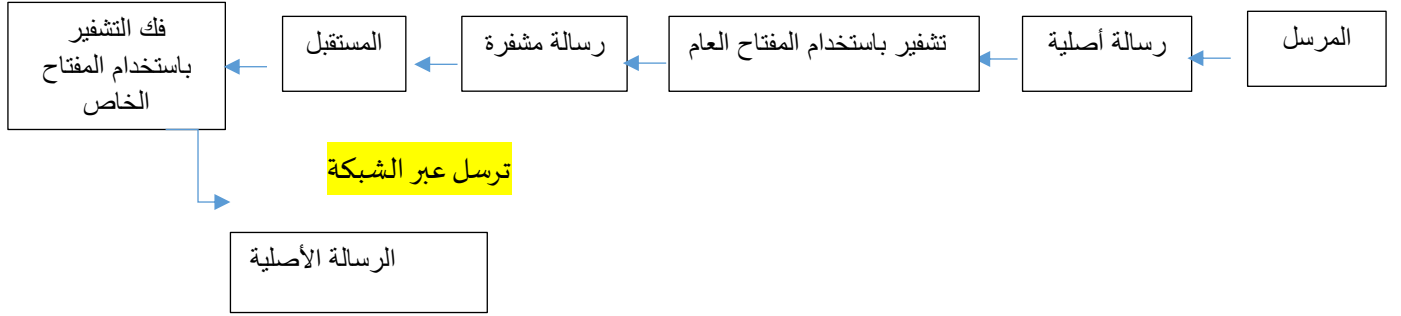
هو نظام تشفير يستخدم مفتاحين مختلفين:

المفتاح الأول: هو المفتاح العام يستخدم لتشفير البيانات Public key

المفتاح الثاني هو المفتاح الخاص يستخدم لفك التشفير Private key

ان هذه الطريقة من التشفير تختلف عن طريقة التشفير المتماثل، حيث انه لا يستخدم المفتاح السري في تشفير البيانات أو فك تشفيرها، بل يستعمل مفتاحان سريان، الأول المفتاح الخاص ولا يعرفه سوى المستخدم فقط و يبقى سريا، و الثاني يعمم على المستخدمين الآخرين الذين يرغبون في التعامل برسائل مشفرة، بحيث يستطيعون استخدام المفتاح العام في تشفير البيانات و ارسالها الى المستخدم الحائز على المفتاح الخاص. (موسى حسن فضالة، 2016)

الشكل رقم 05: التشفير اللامتماثل



المصدر: من اعداد الاستاذة

مثال لشرح التشفير اللامتماثل:

يقوم شخص **A** بإنشاء مفتاحين عام وخاص. يرسل الشخص **A** المفتاح العام الى الشخص **B** الذي يريد مراسلته. عندما يريد الشخص **B** ارسال رسالة سرية الى **A** تستخدم المفتاح العام للشخص **A** لتشفير الرسالة. تصل الرسالة الى الشخص **A** مشفرة. يستخدم احمد مفتاحه الخاص لفك التشفير وقراءة الرسالة الأصلية. ملاحظة: التشفير اللامتماثل يعتمد على زوجين من المفاتيح: واحد للتشفير (عام) والآخر لفك التشفير (خاص). وبذلك نحصل على نظام آمن يصعب اختراقه.

ج) التشفير الهجين: Hybrid Encryption

يجمع بين التشفير المتماثل وغير المتماثل لتجاوز عيوب كل منهما. حيث يتم أولاً تشفير الرسالة باستخدام مفتاح سري (تشفير متماثل) لسرعته وكفاءته، ثم يشفر هذا المفتاح السري نفسه باستخدام المفتاح العام للمستلم (تشفير غير متماثل) لضمان أمان إرساله.

تتمثل خطوات التشفير الهجين فيما يلي: (الانصاري حسين النيداني، 2009)

- يكتب المرسل الرسالة ويشفرها بالمفتاح العام للمستلم .
- ثم يضيف طبقة أخرى من التشفير باستخدام مفتاحه الخاص للتأكد من هويته .
- ترسل الرسالة عبر الوسائط الإلكترونية .

- عند الاستلام، يفك المستلم التشفير أولاً باستخدام المفتاح العام للمرسل للتحقق من المصدر، ثم يستخدم مفتاحه الخاص لفك التشفير النهائي وقراءة الرسالة.

وبالتالي فإن التشفير الهجين نظام يجمع بين الأمان العالي للتشفير اللامتناهات والسرية العالية للتشفير المتماثل لتأمين تبادل البيانات والمفاتيح في بيئة واحدة متكاملة. حيث يستخدم التشفير اللامتناهات لتأمين وتبادل المفتاح السري بين الطرفين، ثم يستخدم التشفير المتماثل لتشفير البيانات نفسها بسرعة وكفاءة.

ملاحظة: التشفير اللامتناهات يحمي المفتاح والتشفير المتماثل يحمي البيانات.

مثال لشرح التشفير الهجين:

شخص **A** يريد ارسال ملف كبير وسري الى شخص **B**.

يستخدم شخص **A** خوارزمية متماثلة مثل AES لتشفير الملف لأنها سريعة جداً.

ثم يستخدم خوارزمية لا متماثلة مثل RSA لتشفير مفتاح AES نفسه قبل ارساله الى شخص **B**.

شخص **B** تستلم الملف المشفر والمفتاح المشفر.

تفك المفتاح باستخدام مفتاحها الخاص RSA ثم تستخدمه لفك الملف AES.

3- التجزئة: Hashing

هي عملية تحويل البيانات أيا كان حجمها الى رمز فريد وثابت الطول يسمى قيمة التجزئة (Hash Value) باستخدام خوارزمية رياضية مثل SHA-256، وهي تعمل كبصمة رقمية للبيانات، فأى تغيير بسيط جداً في البيانات ينتج عنه قيمة تجزئة مختلفة تماماً، لذلك تستخدم التجزئة لضمان سلامة وأمن المعاملات داخل البلوك شين. (Arvind Narayanan, J., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A., & Goldfeder, S, 2016)

أهمية التجزئة:

- تأمين وربط الكتل: كل كتلة تحتوي على تجزئة خاصة بها وتجزئة الكتلة السابقة، مما يربط الكتل ببعضها البعض في سلسلة آمنة.

- كشف التلاعبات: إذا تم تغيير أي معلومة داخل الكتلة تتغير قيمة التجزئة تلقائياً.

- الكفاءة وتحسين الأداء: التجزئة تسهل عملية التحقق السريعة من صحة البيانات.

مراحل التجزئة: (Zamani, M., Movahedi, M., & Raykova, M, 2018)

1- ادخال البيانات: يتم في البداية ادخال البيانات التي نريد حمايتها او توثيقها داخل الشبكة مثل: تفاصيل عامة (المرسل، المستقبل، المبلغ، التوقيت، ...).

2- تطبيق خوارزمية التجزئة (الهاش): تقوم الخوارزمية بتحويل البيانات الى سلسلة من حروف وارقام ثابتة الطول (عادة 64 خانة).

3- توليد بصمة فريدة: الناتج هو بصمة رقمية فريدة تمثل البيانات الاصلية.

4- ربط الكتل عبر التجزئة: كل كتلة في السلسلة تحتوي على تجزئتها الخاصة وتجزئة الكتلة السابقة، وبهذه الطريقة تكون سلسلة مترابطة من الكتل، فاذا تغيرت كتلة واحدة تنكسر السلسلة بالكامل. (كل كتلة تعتمد على تجزئتها السابقة).

5- التحقق من سلامة البيانات: عند إضافة كتلة جديدة تتحقق العقد في الشبكة، فاذا كانت التجزئة صحيحة تضاف الكتلة الى السلسلة وإذا كانت خاطئة ترفض الكتلة فوراً.

4- التوقيع الرقمي: Digital Signature

هو تقنية تشفيرية تستخدم لإثبات صحة المعاملة او الرسالة وعدم تغييرها اثناء النقل. وهي بصمة رقمية فريدة ناتجة عن استخدام المفتاح الخاص للشخص المرسل لتأكيد ملكيته ومصادقية البيانات. (Binance Academy, 2020)

مراحل التوقيع الرقمي: (سامي، 2025)

1- انشاء التجزئة: يتم تطبيق خوارزمية تجزئة Hash-256 على محتوى الرسالة.

2- تشفير التجزئة بالمفتاح الخاص: المرسل يستخدم مفتاحه الخاص لتشفير قيمة التجزئة مما ينتج عنه التوقيع الرقمي.

3- التحقق من التوقيع بالمفتاح العام: المستلم يستخدم المفتاح العام بالمرسل لفك التشفير. فاذا كانت التجزئة الناتجة مطابقة للتجزئة الاصلية من الرسالة فهذا يعني انه لم يتم تغيير البيانات والمرسل هو فعلاً صاحب المفتاح الخاص.

5- آلية الاثبات (الاجماع):

هي الطريقة التي تستخدمها شبكة البلوك شين للتأكد من صحة المعاملات قبل اضافتها الى السلسلة، كل شبكة تختار طريقة معينة للإجماع، ومن أهمها: (LearnCrypto، 2025)

1- اثبات العمل: (Proof of work) (أكاديمية البيتكوين العربية، 2023)

هو النظام المستخدم في البيتكوين والليتكوين، يقوم على فكرة بسيطة مفادها هو يجب على الحواسيب في الشبكة ان تقوم بحل لغز رياضي صعب لإثبات انها عملا فعلا وبذلت جهدا كبيرا.

مراحلها:

- تجمع مجموعة من المعاملات في كتلة.
 - يحاول المعدنون حل مسألة رياضية معقدة.
 - أول من يجد الحل يضيف الكتلة الى السلسلة ويحصل على مكافأة.
 - الشبكة تتأكد ان المعاملة صحيحة ثم تضاف الكتلة الجديدة بأمان.
- ملاحظة: تقنية اثبات العمل تستهلك الكثير من الكهرباء وبطيئة في معالجة البيانات.

2- اثبات الحصة: Proof of stake-pos

هو نظام مستخدم في شبكات مثل الايثريوم ويقوم على فكرة بدلا من حل الالغاز، يتم اختيار من يضيف الكتلة على كمية العملات التي يملكها ويقوم بتجميدها كضمان (حصة). (Arvind Narayanan, 2016)

مراحلها:

- 1- المستخدمون يجمدون جزءا من عملاتهم الرقمية في الشبكة.
 - 2- النظام يختار أحدهم عشوائيا لإضافة الكتلة الجديدة.
 - 3- إذا اضافها بشكل صحيح يحصل على مكافأة.
 - 4- إذا حول الغش يخسر جزءا من حصته.
- ملاحظة: من يملك عملات أكثر، لديه فرص أكبر للاختيار. الشبكة تتحقق من صحة المعاملات بسرعة وبدون استهلاك كبير للطاقة.

العلاقة بين التشفير والتجزئة والتوقيع الرقمي وآلية الاجماع:

- التشفير (المتماثل، اللامتماثل والهجين) يؤمن البيانات والمعاملات.
- التجزئة تضمن سلامة السلسلة.
- التوقيع الرقمي يثبت هوية المرسل.
- آلية الاجماع تضمن ان جميع العقد توافق على نفس الحقيقة.

خلاصة:

التشفير المطبق على البلوك شين	الركائز	دوره في البلوك شين
التشفير المتماثل	مفتاح واحد	حماية نقل البيانات
التشفير اللامتماثل	مفتاح عام + مفتاح خاص	الهوية و تأمين المعاملات
التشفير الهجين	مزيج بين الاثنين السابقين	سرعة + امان في الاتصال
التجزئة	دالة رياضية (الهاش)	سلامة البيانات و ربط الكتل
التوقيع الرقمي	اللامتماثل + التجزئة	اثبات الملكية و المصادقية
آلية الاجماع	جميع ما سبق	تأكيد صحة الكتل و المعاملات

المحاضرة رقم 03: بنية شبكة البلوك شين: العقد
(nodes)، الكتل (blocs)، سلسلة الكتل (bloc Chain)،
الإجماع، بروتوكولات الاتصال والشوكة (fork).

تمهيد:

في عالم أصبحت فيه البيانات هي العنصر الأكثر قيمة، لم يعد السؤال يدور فقط حول كيفية تخزينها، بل حول من يملكها ومن يملك حق التحكم فيها. من هنا ظهرت الحاجة إلى نموذج مختلف يعيد توزيع هذه السلطة بشكل أكثر توازناً، وهو ما جاءت به تقنية البلوك شين. فهي لا تقدم مجرد وسيلة جديدة لحفظ المعلومات، بل تقترح طريقة تفكير مختلفة تقوم على المشاركة بدل الاحتكار، وعلى التحقق الجماعي بدل الاعتماد على جهة واحدة.

وعند التعمق في هذه التقنية، نجد أن السر الحقيقي وراء فعاليتها يكمن في بنية شبكتها. فهذه البنية لا تبني بشكل عشوائي، بل تعتمد على ترابط دقيق بين عدد كبير من العقد التي تعمل معاً وكأنها نظام واحد، رغم أنها مستقلة عن بعضها، هذا الترابط هو ما يسمح بتبادل البيانات بثقة ويجعل كل عملية تتم داخل شبكة قابلة للتحقق من أكثر من طرف في الوقت نفسه.

إن فهم بنية شبكة البلوك شين يفتح الباب أمام استيعاب أوسع لكيفية عمل هذا النظام ككل، وكيف استطاع أن يقدم حلاً لمشكلة قديمة تتعلق بالثقة في البيانات الرقمية. كما يساعد على إدراك الأسباب التي جعلت هذه التقنية تجد طريقها إلى مجالات متعددة وتتحول من فكرة نظرية إلى واقع يعاد تشكيله.

سننتقل في هذه المحاضرة إلى التعرف على بنية شبكة البلوك شين: العقد، والكتل، وسلسلة الكتل، والإجماع، وبروتوكولات الاتصال، والشوكة (fork).

بنية شبكة البلوك شين:

تتكون بنية شبكة البلوك شين من مجموعة عناصر مترابطة تعمل معا لضمان تشغيل الشبكة بطريقة لامركزية وأمنة، وتتمثل أهم هذه العناصر فيما يلي:

1- العقد (nodes):

العقدة في شبكة البلوك شين تمثل وحدة أساسية داخل البنية التحتية للنظام، وهي عبارة عن جهاز حاسوبي أو خادم يقوم بتشغيل برنامج البروتوكول الخاص بسلسلة الكتل، ويكون متصلاً* بالشبكة بهدف المشاركة في عملياتها المختلفة. وتتمثل مهمتها الأساسية في حفظ نسخة من البيانات الموزعة، ومتابعة المعاملات الجديدة، والعمل على التحقق من صحتها وفق قواعد الإجماع المعتمدة داخل الشبكة، إضافة إلى تبادل المعلومات مع باقي العقد لضمان تزامن السجلات بشكل آمن ودقيق. ((الإسكوا)، 2020)

وتؤدي العقد مجموعة من الوظائف الحيوية، من أهمها التحقق من صحة المعاملات والكتل قبل إضافتها إلى سلسلة الكتل، وتخزين سجل المعاملات بشكل كامل أو جزئي حسب نوع العقدة، بالإضافة إلى نشر المعلومات داخل الشبكة لضمان تحديث البيانات بين جميع المشاركين، وكذلك المساهمة في تطبيق آليات الإجماع من خلال رفض أي عمليات غير مطابقة للقواعد التقنية المعتمدة.

أنواع العقد:

وتتنوع العقد في أنظمة البلوك شين إلى نوعين رئيسيين:

- **العقدة الكاملة:** هي التي تحتفظ بنسخة كاملة من سلسلة الكتل وتتحقق من جميع العمليات بشكل مستقل.
- **العقدة الخفيفة:** هي التي تكتفي بتخزين بيانات مختصرة مثل رؤوس الكتل وتعتمد على العقد الكاملة في عمليات التحقق، مما يجعلها أقل استهلاكاً للموارد.
- **عقد التعدين (Mining Nodes):** مسؤولة عن إنشاء الكتل الجديدة عبر عمليات التحقق والحساب.

ان تعدد العقد داخل الشبكة يساهم في تعزيز اللامركزية، ويزيد من مستوى الأمان والشفافية، حيث يصعب وجود نقطة تحكم مركزية أو نقطة فشل واحدة، وهو ما يمنح تقنية البلوك شين قوتها الأساسية في حماية البيانات وضمان موثوقيتها.

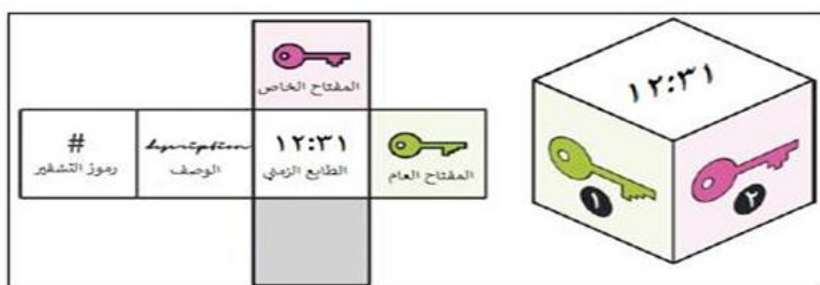
2- الكتلة (bloks):

تعتبر الكتلة الوحدة الأساسية داخل سلسلة البلوك شين، وهي عبارة عن سجل رقمي يحتوي على مجموعة من العمليات أو المعاملات التي يتم تسجيلها بشكل دائم. وتتكون كل كتلة من بيانات مرتبطة بعملية التحويل أو تبادل القيم، بالإضافة إلى معلومات تنظيمية تساعد في ربطها بالكتل السابقة واللاحقة عبر ما يعرف بدالة التجزئة (Hash) مما يضمن استمرارية السلسلة وعدم إمكانية التلاعب بها. كما تحتوي الكتلة على آلية زمنية تحدد وقت تسجيل المعاملة، مما يعزز موثوقية البيانات ويجعل تتبعها ممكناً بسهولة. (طروبا نذير، 2020)

مكونات الكتلة:

- رأس الكتلة: (Block Header) يشمل معلومات مثل رقم الكتلة، الطابع الزمني (timestamp)، ورمز التجزئة (hash).
 - جسم الكتلة: (Block Body) يحتوي على مجموعة من المعاملات (Transactions).
- الشكل الموالي يوضح شكل الكتلة.

الشكل رقم 06: شكل الكتلة



المصدر: مرزوق آمال، تقنية البلوكتشين وتطبيقاتها الاقتصادية، 2021، مجلة الشرق الأوسط للعلوم الإنسانية والثقافية، مجلد 01، العدد 05، ص 310.

وبالتالي تمثل الكتلة وحدة أساسية في سلسلة البلوك شين، حيث تجمع بين مجموعة من العمليات والمعاملات التي تنفذ داخل الشبكة، مثل تحويل الأموال أو تسجيل البيانات. وتتميز كل كتلة بسعة محددة من المعلومات، وبعد امتلائها يتم إنشاء كتلة جديدة مرتبطة بها ضمن السلسلة. ولا تضاف الكتل بصورة آلية، بل تمر عبر عملية التعدين التي تقوم من خلالها عقد التعدين بالتحقق من صحة المعاملات والتشفير باستخدام تقنيات مثل المفاتيح العامة والخاصة والطابع الزمني، ثم يتم نشر الكتلة على باقي العقد لتحديث الشبكة وضمان أمن المعاملات ومنع التلاعب بها.

3- سلسلة الكتل (Block chain):

تعتبر سلسلة الكتل أحد المكونات الأساسية في بنية البلوك شين، وهي عبارة عن سجل رقمي مترابط يتكون من مجموعة من الكتل المتتابعة التي تخزن بداخلها المعاملات والبيانات المختلفة. وترتبط كل كتلة بالكتلة التي تسبقها بواسطة قيمة تجزئة مشفرة (Hash)، وهو ما يجعل السلسلة مترابطة بشكل محكم ويصعب عملية تعديل البيانات أو حذفها بعد تسجيلها.

وعند تنفيذ معاملة جديدة داخل شبكة البلوك شين، يتم تجميعها مع معاملات أخرى داخل كتلة جديدة، ثم ترسل إلى العقد الموجودة في الشبكة للتحقق من صحتها وفق آلية الإجماع المعتمدة. وبعد الموافقة عليها، تضاف الكتلة إلى السلسلة بشكل دائم، فتزداد السلسلة طولاً مع مرور الوقت. ولهذا السبب سميت التقنية بـ "سلسلة الكتل"، لأن الكتل ترتبط ببعضها في تسلسل زمني مستمر.

وتكمن أهمية سلسلة الكتل في أنها وسيلة آمنة وشفافة لحفظ البيانات دون الحاجة إلى جهة مركزية تتحكم فيها، حيث تمتلك جميع العقد نسخة متطابقة من السجل، مما يعزز الثقة بين المستخدمين ويقلل من احتمالات التلاعب أو التزوير. كما أن اعتمادها على التشفير والربط المتسلسل يمنحها درجة عالية من الحماية والاستقرار داخل بنية البلوك شين. (Antonopoulos, A. M, 2017)

4- آلية الإجماع (Consensus Mechanism):

تعتبر آلية الإجماع من أهم العناصر في بنية البلوك شين، لأنها تمثل الطريقة التي تتفق من خلالها جميع العقد الموجودة داخل الشبكة على صحة المعاملات والكتل الجديدة قبل إضافتها إلى سلسلة الكتل. وبما أن شبكة البلوك شين تعمل بطريقة لامركزية ولا توجد جهة مركزية تشرف عليها، كان من الضروري وجود نظام يضمن أن جميع المشاركين يعتمدون نفس النسخة الصحيحة من البيانات، وهنا تظهر أهمية آلية الإجماع.

تعتمد آلية الإجماع على مجموعة من القواعد والخوارزميات التي تسمح للعقد بالتحقق من المعلومات ومنع تسجيل المعاملات المزيفة أو تكرار الإنفاق. فعندما ترسل معاملة جديدة إلى الشبكة، تقوم العقد بفحصها والتأكد من صحتها، ثم يتم الاتفاق جماعياً على قبولها وإضافتها إلى كتلة جديدة. وبعد ذلك تربط هذه الكتلة بسلسلة الكتل لتصبح جزءاً دائماً من السجل الرقمي. ومن أشهر آليات الإجماع المستخدمة في البلوك شين: (Drescher, D, 2017)

- آلية إثبات العمل: (Proof of Work) التي تعتمد على حل مسائل رياضية معقدة من أجل التحقق من الكتل. الجدول الموالي يبين أهم النقاط الإيجابية والسلبية لإثبات العمل.

الجدول رقم 02: إيجابيات وسلبيات اثبات العمل

الإيجابيات	السلبيات
يتميز إثبات العمل بدرجة عالية من الأمان، إذ أثبتت فعاليته في حماية شبكات البلوك شين، خاصة شبكة البيتكوين، لسنوات طويلة دون التعرض لاختراقات جوهريّة.	يحتاج هذا النظام إلى استهلاك كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية بسبب العمليات الحسابية المعقدة التي يقوم بها المعدنون باستمرار.
يساهم في تعزيز اللامركزية، لأن أي شخص يمتلك المعدات المناسبة يمكنه المشاركة في عملية التعدين والتحقق من المعاملات.	أصبحت عملية التعدين تعتمد على أجهزة متخصصة مرتفعة الثمن، مما يجعل المشاركة صعبة بالنسبة للمستخدمين العاديين.
يوفر حوافز اقتصادية واضحة للمعدنين من خلال المكافآت ورسوم المعاملات، وهو ما يشجعهم على الحفاظ على أمن الشبكة واستقرارها.	تعاني شبكات إثبات العمل من بطء نسبي في معالجة المعاملات، لأن إنشاء الكتل يحتاج إلى وقت محدد لضمان الأمان.
يصعب التلاعب بالبيانات المخزنة داخل السلسلة، لأن أي تعديل يتطلب إعادة تنفيذ عمليات حسابية معقدة ومكلفة.	مع مرور الوقت، أصبح التعدين متركزا لدى بعض الشركات الكبرى ومجمعات التعدين التي تمتلك قدرات حاسوبية ضخمة.

المصدر: من اعداد الأستاذة

- آلية إثبات الحصة: (Proof of Stake) التي تعتمد على امتلاك المستخدم لحصة من العملة الرقمية للمشاركة في التحقق من المعاملات. وتهدف هذه الآليات إلى تحقيق الأمان، ومنع التلاعب، والحفاظ على استقرار الشبكة دون الحاجة إلى وسيط مركزي. الجدول الموالي يبين أهم النقاط الإيجابية والسلبية لإثبات الحصة.

الجدول رقم 03: إيجابيات وسلبيات اثبات الحصة

الإيجابيات	السلبيات
يتميز بكفاءة عالية في استهلاك الطاقة، مما يجعله أقل تأثيرا بيئيا.	قد يؤدي إلى تركيز السلطة في أيدي كبار حاملي العملات.
لا يتطلب أجهزة تعدين مكلفة أو متقدمة.	يرتبط مستوى المشاركة بكمية العملات المملوكة، مما قد يحد من العدالة.
يوفر سرعة أكبر في معالجة المعاملات و بتكلفة أقل.	أقل اختبارا تاريخيا مقارنة بأنظمة أقدم مثل إثبات العمل.

يدعم آليات مشاركة مرنة مثل التخزين الجماعي.	قد يطرح تحديات تتعلق بتوزيع المكافآت داخل الشبكة.
مناسب للتطبيقات الحديثة مثل التمويل اللامركزي.	توجد بعض التحديات الأمنية النظرية مثل مشكلة لا شيء على المحك

المصدر: من اعداد الأستاذة

وتكمن أهمية آلية الإجماع في أنها تمنح جميع المشاركين الثقة في صحة البيانات المخزنة داخل البلوك شين، كما تساعد على حماية الشبكة من الهجمات الإلكترونية ومحاولات التزوير، مما يجعل النظام أكثر شفافية واعتمادية.

أي آلية إجماع هي الأفضل؟

لا يمكن الجزم بوجود آلية إجماع أفضل بشكل مطلق، إذ لا يتعلق الأمر بمفاضلة ثابتة بين الصواب والخطأ، بل باختيار الأداة الأنسب وفق أهداف كل شبكة بلوك شين ومتطلباتها التقنية والفلسفية.

فعلى سبيل المثال، يمثل إثبات العمل (PoW) الخيار الأنسب عندما تكون الأولوية القصوى هي تحقيق أعلى درجات الأمان ومقاومة الرقابة على المدى الطويل. ورغم ما يُؤخذ عليه من استهلاك مرتفع للطاقة، إلا أنه يعتبر معياراً قوياً في تأمين الشبكات اللامركزية وتخزين القيمة، كما هو الحال في شبكة البيتكوين التي ينظر إليها غالباً كذهب رقمي، حيث يسهم ارتفاع تكلفة الهجوم في تعزيز مستوى الأمان.

في المقابل، يفضل إثبات الحصة (PoS) في الحالات التي تعطى فيها الأولوية للكفاءة التشغيلية، وسرعة معالجة المعاملات، وقابلية التوسع، إضافة إلى تقليل الأثر البيئي. ويعد هذا النموذج أكثر ملاءمة للأنظمة البيئية التي تدعم تطبيقات لامركزية واسعة مثل التمويل اللامركزي (DeFi)، والرموز غير القابلة للاستبدال (NFTs)، والألعاب الرقمية. ويجسد انتقال شبكة الإيثريوم إلى هذا النموذج توجهها واضحاً نحو تعزيز الأداء وتقليل التكاليف لدعم نمو النظام البيئي المتوسع.

5- بروتوكولات الاتصال: (Communication Protocols)

يمثل بروتوكول سلسلة الكتل مجموعة من القواعد والمعايير التي تنظم طريقة عمل شبكة البلوك شين. وهو لا يمثل الشبكة نفسها، بل يشكل الإطار القاعدي الذي تبنى عليه عملياتها. ومن خلاله يتم تحديد كيف ومتى وبأي شروط يمكن لمكونات الشبكة المختلفة تنفيذ عمليات معينة أو الامتناع عنها، بما يضمن سير العمل داخل الشبكة بشكل منسق وآمن.

تشكل مجموعة البروتوكولات الإطار الأساسي الذي يقوم عليه أي نظام بلوك شين، حيث تتحكم في مختلف العمليات داخل الشبكة. وتعتبر هذه البروتوكولات الركيزة التي تضمن أمن النظام، واستمرارية الاتصال بين العقد، وتنظيم آليات الإجماع، بما يسمح بعمل الشبكة بصورة منسقة ودقيقة.

وفي ظل غياب أي سلطة مركزية تتولى إدارة المعاملات، تضطلع هذه البروتوكولات بدور محوري في الحفاظ على دفتر الأستاذ الموزع بشكل موثوق، كما تتكفل بالتحقق من صحة المعاملات وفق آليات الإجماع المعتمدة. وبعد التأكد من صحة المعاملات، يتم إدراجها داخل كتل مترابطة تتميز بعدم قابليتها للتعديل، مما يعزز موثوقية وشفافية النظام ككل.

أنواع بروتوكولات الاتصال: (Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K, 2018)

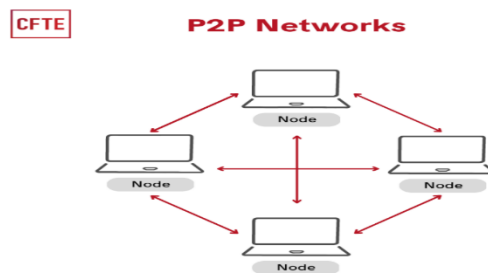
في الأدبيات الأكاديمية والمعايير التقنية المعتمدة، لا توجد تصنيفات موحدة لبروتوكولات الاتصال في البلوك شين بشكل رسمي صارم، لكن يمكن استخلاص الأنواع الأساسية من خلال تقارير هيئات معيارية مثل المعهد الوطني الأمريكي للمعايير والتكنولوجيا (NIST)، إضافة إلى المراجع التقنية المعتمدة في الأنظمة الموزعة.

وفقاً لتقرير **NISTIR 8202** الصادر عن National Institute of Standards and Technology، تعتمد شبكات البلوك شين على مجموعة من بروتوكولات الاتصال الموزعة التي تمكن العقد من تبادل البيانات بطريقة لامركزية وآمنة. ويمكن تلخيص الأنواع الأساسية كما يلي:

- بروتوكولات الشبكة من نوع الند للند (Peer-to-Peer Network Protocols):

وهي البنية الأساسية للاتصال داخل البلوك شين، حيث تتصل العقد مباشرة ببعضها دون خادم مركزي، وتقوم بتبادل البيانات بشكل موزع. كما هو موضح في الشكل الموالي:

الشكل رقم 07: شبكة Peer To Peer



المصدر: [النظير إلى النظير - \(P2P\) ما هو، البلوك تشين، أمثلة، مز إيا في](#) 2026/06/01 على 15 سا 59 د

تعتمد شبكات P2P على مبدأ التعاون بين العقد، حيث تتواصل بشكل مباشر لتبادل المعلومات وتحديث البيانات. هذا الغياب للوسيط المركزي يجعل الشبكة أكثر مرونة واستقلالية، ويستعمل هذا النموذج بشكل واسع في أنظمة البلوك شين، حيث يتم توزيع سجل المعاملات على جميع المشاركين لضمان الشفافية والأمان.

من حيث البنية، يمكن تصنيف شبكات P2P إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

- شبكات منظمة: تعتمد على هيكل محدد يسهل عملية البحث عن البيانات، لكنها أكثر تعقيدا في التصميم.
- شبكات غير منظمة: لا تمتلك هيكلًا ثابتًا، وتتميز بسهولة الإنشاء لكنها تستهلك موارد أكبر بسبب كثرة الاتصالات العشوائية بين العقد.
- - شبكات هجينة: تجمع بين النموذج المركزي واللامركزي، حيث يتم استخدام خادم مساعد لتنظيم عملية البحث مع الحفاظ على طبيعة التوزيع بين العقد.

تتميز هذه الشبكات بعدة مزايا أهمها انخفاض التكلفة، وقابلية التوسع، وارتفاع مستوى المرونة ضد الأعطال، لأن فشل عقدة واحدة لا يؤثر على عمل الشبكة ككل. في المقابل، تعاني من بعض التحديات مثل انخفاض الأداء أحيانا، وصعوبة التحكم المركزي، واحتمال تعرض البيانات لمخاطر أمنية، إضافة إلى الحاجة إلى قدرة حسابية كبيرة من جميع المشاركين.

وبالتالي تعتبر شبكات P2P الأساس التقني الذي تقوم عليه العديد من تطبيقات البلوك شين، حيث توفر بيئة لامركزية تضمن توزيع البيانات والتحقق منها بشكل جماعي وشفاف.

- بروتوكولات نشر البيانات (Gossip / Data Dissemination Protocols) :

تستعمل لنشر المعاملات والكتل عبر الشبكة بطريقة تدريجية وتكرارية، بحيث تنتقل المعلومات من عقدة إلى أخرى حتى تصل إلى أغلب الشبكة، مما يضمن انتشارا سريعا وموثوقا.

- بروتوكولات نشر المعاملات والكتل (Transaction & Block Propagation Protocols) :

تختص بنقل المعاملات غير المؤكدة والكتل الجديدة بعد التحقق منها، بهدف ضمان وصولها إلى جميع العقد المشاركة لتحديث السجل الموزع.

- بروتوكولات اكتشاف العقد (Node Discovery Protocols) :

تمكن العقد الجديدة من العثور على عقد أخرى في الشبكة والانضمام إليها بشكل ديناميكي، وهو ما يدعم الطبيعة اللامركزية للشبكة.

- بروتوكولات المزامنة (Synchronization Protocols) :

تضمن توافق جميع العقد على نسخة واحدة من سلسلة الكتل من خلال تحديث البيانات باستمرار وفق أحدث الكتل المعتمدة.

6- الشوكة: (Fork) (coinbase, 2023)

يقصد بالشوكة حدوث تغيير أو تحديث في القواعد التي تعمل وفقها شبكة البلوك شين. وبما أن هذه الشبكات لا تخضع لسلطة مركزية واحدة، فإن أي تعديل في طريقة التحقق من المعاملات أو إنشاء الكتل يحتاج إلى موافقة المشاركين في الشبكة. وعندما يختلف المستخدمون أو المطورون حول هذه التعديلات، قد تنقسم السلسلة إلى مسارين مختلفين، بحيث يتبع كل مسار مجموعة قواعد خاصة به، وهو ما يعرف بالشوكة.

بمعنى آخر يمكن تشبيه الشوكة بطريق واحد يتفرع إلى طريقين؛ كلاهما ينطلق من نفس النقطة، لكن كل طريق يتجه لاحقا وفق قواعد مختلفة. ولهذا تعد الشوكة من الظواهر الطبيعية في أنظمة البلوك شين، لأنها تعكس طبيعة هذه التقنية القائمة على اللامركزية وحرية اتخاذ القرار داخل الشبكة.

وتحدث الشوكات بهدف تطوير الشبكة وتحسين أدائها، مثل زيادة سرعة المعاملات، تعزيز الأمان، أو إضافة خصائص جديدة. وفي بعض الأحيان تكون نتيجة خلافات بين مجتمع المستخدمين والمطورين حول مستقبل المشروع وآلية عمله.

أنواع الشوكات:

• الشوكة اللينة (Soft Fork) : (Bitcoin Australia, 2017)

هي تغيير في القواعد التي لا تزال تنشئ كتل جديدة معترف بها على أنها صالحة من قبل البرنامج القديم ، أي متوافق مع الإصدارات السابقة ، يمكن للشوكة اللينة أيضا تقسيم قاعدة بيانات عندما ينشئ برنامج غير مطور كتلا لا تعتبر صالحة بموجب القواعد الجديدة.

• الشوكة الصلبة: (Hard Fork) (هارفارد بيزنس ريفو، 2026)

هي تعديل جذري في بروتوكول البلوك شين يؤدي إلى إنشاء نسختين منفصلتين من السلسلة، بحيث تصبح القواعد الجديدة غير متوافقة مع القواعد القديمة. وعند حدوثها تنقسم الشبكة إلى فرعين:

- فرع يستمر في العمل بالقواعد القديمة .

- وفرع يعتمد القواعد أو التحديثات الجديدة .

ولكي يتمكن المستخدمون والعقد (الحواسيب) من الاستمرار في الشبكة الجديدة، يجب عليهم تحديث البرنامج إلى الإصدار الجديد، وإلا سيبقون على السلسلة القديمة.

لماذا تحدث الشبكة الصلبة؟

تحدث عادة لعدة أسباب، منها:

- إضافة خصائص أو وظائف جديدة للشبكة .
- إصلاح ثغرات ومشكلات أمنية .
- تحسين سرعة المعاملات أو كفاءة النظام .
- حدوث خلاف داخل مجتمع المطورين حول طريقة إدارة الشبكة .
- في بعض الحالات لعكس معاملات بعد اختراقات كبيرة .

مثال:

إذا اتفقت مجموعة من المشاركين في شبكة بلوك شين على تغيير قواعد التحقق من المعاملات بينما رفضت مجموعة أخرى هذا التغيير، تنقسم الشبكة إلى سلسلتين مستقلتين تعمل كل واحدة بقواعد مختلفة.

الفرق بين الشبكة الصلبة والشبكة اللينة:

الشبكة الصلبة: (Hard Fork) تغيير غير متوافق مع الإصدارات السابقة، لذلك يؤدي غالبا إلى انقسام الشبكة إلى سلسلتين .

الشبكة اللينة: (Soft Fork) تحديث متوافق مع الإصدارات السابقة، بحيث يمكن للعقد القديمة والجديدة الاستمرار في العمل ضمن نفس الشبكة دون انقسام كامل.

خلاصة:

تقوم بنية شبكة البلوك شين على مجموعة من العناصر المترابطة التي تضمن تسجيل المعاملات وتبادل البيانات بطريقة آمنة ولا مركزية. وتشمل العقد التي تتحقق من المعاملات وتحفظ السجل الموزع، والكتل التي تحتوي على البيانات والمعاملات، وسلسلة الكتل التي تربط هذه الكتل بشكل متسلسل ومشفر. كما تعتمد الشبكة على آليات الإجماع لضمان اتفاق المشاركين

على صحة البيانات، وعلى بروتوكولات الاتصال لتنظيم تبادل المعلومات بين العقد. وتسمح الشوكات بتحديث الشبكة وتطويرها عند الحاجة. وتساهم هذه المكونات مجتمعة في تحقيق الأمان والشفافية والموثوقية التي تتميز تقنية البلوك شين.

المحاضرة رقم 04: العملات المشفرة: البيتكوين، الايثريوم،
التيثر، الدولار الرقمي الأمريكي، سولانا والريبل.

تمهيد:

مع التطور الكبير الذي يشهده العالم في مجال التكنولوجيا والاتصال، ظهرت وسائل حديثة غيرت طريقة التعاملات المالية وأساليب الدفع، ومن بين أبرز هذه الوسائل العملات المشفرة التي أصبحت محل اهتمام واسع في السنوات الأخيرة. فقد ساهم الانتشار السريع للإنترنت والتقنيات الرقمية في ظهور نظام مالي جديد يعتمد على التبادل الإلكتروني بعيدا عن الأساليب التقليدية المعروفة.

وتمثل العملات المشفرة من الابتكارات الحديثة التي تقوم على تقنيات رقمية متطورة، حيث تستعمل في عمليات الدفع والتحويل والاستثمار عبر شبكة الإنترنت دون الحاجة إلى وجود جهة مركزية تتحكم فيها. وقد ساعدت هذه العملات على تسهيل المعاملات المالية بين الأفراد في مختلف دول العالم، الأمر الذي جعلها تنتشر بشكل متزايد في الأسواق العالمية.

ورغم المزايا التي توفرها هذه العملات، إلا أنها أثارت في الوقت نفسه العديد من التساؤلات المتعلقة بدرجة الأمان، والتنظيم القانوني، ومدى تأثيرها على الأنظمة المالية التقليدية. لذلك أصبح موضوع العملات المشفرة من المواضيع المهمة التي تستحق الدراسة من أجل فهم طبيعتها وخصائصها وأهم التحديات المرتبطة بها.

1- العملات المشفرة:

يستخدم الباحثون والمهتمون بمجال التكنولوجيا المالية عدة مصطلحات للتعبير عن العملات المشفرة، مثل العملات الرقمية والعملات الإلكترونية والعملات الافتراضية، وغالباً ما تستعمل هذه المفاهيم للدلالة على معنى متقارب. إلا أن العملات المشفرة تعتبر أكثر تطوراً لاعتمادها على تقنيات التشفير والبلوك شين من أجل حماية المعاملات المالية وضمان الأمان والشفافية. (European Central Bank (ECB), 2012)

أ) مفهوم العملات الرقمية (Digital Currencies):

وتعرف العملات الرقمية بأنها تمثيلات رقمية للقيمة تستعمل كوسيلة للدفع والتبادل عبر الوسائط الإلكترونية، ويمكن تداولها بواسطة الحواسيب والهواتف الذكية والإنترنت. وتنقسم العملات الرقمية إلى نوعين رئيسيين: العملات الرقمية المركزية التي تصدرها جهات رسمية مثل البنوك المركزية، والعملات الرقمية غير المركزية التي لا تخضع لهيئة مركزية، مثل العملات المشفرة والعملات الافتراضية. (البنك المركزي الأردني، 2018)

ب) مفهوم العملات الإلكترونية (Electronic Money):

أما العملات الإلكترونية فهي تمثيل رقمي للعملات القانونية التقليدية، يستعمل لتبادل القيمة إلكترونياً، وتكون مرتبطة بعملات رسمية كالدولار أو اليورو. كما تمثل قيمة نقدية مخزنة بشكل إلكتروني تُستعمل كوسيلة للدفع والتبادل بين الأفراد والمؤسسات. (الرايس مراد، 2019)

ج) العملات الافتراضية (Virtual Currency):

في حين تعرف العملات الافتراضية بأنها تمثيل رقمي للقيمة يمكن تداوله إلكترونياً، ويستعمل كوسيلة للتبادل ووحدة للحساب ومخزن للقيمة، لكنها لا تمتلك غطاء قانونياً رسمياً ولا تصدر بضمانة من الحكومات أو البنوك المركزية، ويتم التعامل بها بالاتفاق بين مستخدميها داخل البيئة الرقمية. (Financial Action Task Force, 2014)

د) مفهوم العملات المشفرة (Cryptocurrencies):

أما بالنسبة للعملات المشفرة فهي أحد أنواع العملات الافتراضية، حيث تعتمد على التشفير وتقنية البلوك شين لتأمين المعاملات والتحقق منها دون الحاجة إلى وسيط مالي مركزي، ومن أشهرها البيتكوين والإيثريوم، وقد ساهمت في تطوير أنظمة الدفع الرقمي الحديثة وزيادة سرعة التحويلات المالية عبر الإنترنت. (مرزوق آمال، 2019)

تعتبر طريقة حديثة للدفع عبر الإنترنت، لا تحتاج إلى بنك أو وسيط للتحقق من التحويلات. الفكرة الأساسية فيها أنها تعتمد على التعامل المباشر بين الأشخاص، بحيث يمكن لأي شخص في أي مكان أن يرسل أو يستقبل الأموال بسهولة عبر شبكة رقمية. فبدل أن تكون الأموال على شكل ورقي أو معدني، فإنها تكون بيانات رقمية مسجلة داخل نظام إلكتروني موزع. وكل عملية تحويل يتم تسجيلها بشكل دائم وشفاف في سجل عام يعرف باسم "سلسلة الكتل"، بينما يحتفظ كل مستخدم بمحفظة رقمية خاصة به لإدارة أمواله. (European Central Bank (ECB), 2012)

سبب تسميتها بـ "المشفرة" يعود إلى اعتمادها على تقنيات التشفير، أي مجموعة من الخوارزميات التي تحمي المعاملات وتضمن أنها آمنة وغير قابلة للتلاعب. هذا التشفير لا يحمي الأموال فقط، بل يضمن أيضا صحة المعلومات وسلامة النظام ككل.

أول عملة مشفرة ظهرت كانت البيتكوين سنة 2009، وقد فتحت الباب أمام عالم كامل من العملات الرقمية الأخرى. ومع مرور الوقت، أصبح جزء كبير من الاهتمام بها مرتبطا بالتداول والاستثمار، حيث يحاول البعض الاستفادة من تغير الأسعار السريع لتحقيق أرباح. الجدور رقم 04 يوضح العملات المشفرة الأكثر استعمالا في شبكة البلوك شين مع طبيعة استخدامها وسبب انتشارها الواسع.

الجدول رقم 04: العملات الأكثر استعمالا في البلوك شين

العملة	الاستعمال الأساسي	سبب الانتشار	الرمز	المصدر
Bitcoin	تخزين القيمة والتحويلات.	الأكثر أمانا وانتشارا.		https://bitcoin.org
Ethereum	NFT و DeFi والتطبيقات اللامركزية.	أكبر نظام Web3		https://ethereum.org
Tether (USDT)	التداول والتحويلات.	الأكثر استعمالا في التداول.		https://tether.to
USD Coin (USDC)	الدفع السريع والتحويل.	استقرار وشفافية.		https://www.circle.com/en/usdc

https://www.binance.com		ارتباط أكبر منصة تداول.	رسوم التداول داخل .Binance	Binance Coin (BNB)
https://solana.com		سرعة عالية ورسوم منخفضة.	تطبيقات Web3 وNFT.	Solana
https://ripple.com/xrp/		سرعة وتكلفة منخفضة.	التحويلات الدولية.	XRP الريبل

2- أنواع العملات المشفرة:

(أ) البيتكوين: Bitcoin (BTC)

تعرف البيتكوين بأنها نظام نقدي رقمي لامركزي يعتمد على تقنيات التشفير والشبكات الموزعة (Peer-to-Peer)، يهدف إلى تمكين تبادل القيمة بين المستخدمين دون الحاجة إلى وسيط مالي مركزي مثل البنوك. وقد تم تقديم هذا النظام لأول مرة في الورقة العلمية التي نشرها Satoshi Nakamoto سنة 2008 تحت عنوان Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System، والتي وضعت الأساس النظري والتقني للعملات الرقمية الحديثة. (Nakamoto, S, 2008)

تتميز البيتكوين بعدة خصائص أساسية، من أهمها اللامركزية، حيث لا تخضع لأي سلطة مركزية، بل تدار من خلال شبكة عالمية من العقد (Nodes) كما تتميز بالشفافية، إذ تُسجل جميع المعاملات في سجل عام يسمى البلوك شين (Blockchain) يمكن التحقق منه من قبل جميع المشاركين في الشبكة. إضافة إلى ذلك، تعتمد البيتكوين على التشفير القوي باستخدام خوارزميات مثل SHA-256 لضمان أمن المعاملات ومنع التلاعب بها. ومن خصائصها أيضا الندرة الرقمية، حيث تم تحديد إجمالي المعروض منها في 21 مليون وحدة فقط، مما يمنحها طبيعة انكماشية. كما تتميز بقابلية التجزئة العالية إلى وحدات صغيرة جدا تسمى "ساتوشي"، إضافة إلى صعوبة تعديل المعاملات بعد تسجيلها في الشبكة.

أما من حيث آلية العمل، فإن البيتكوين تعتمد على نظام الند للند (Peer-to-Peer)، حيث يقوم المستخدم بإرسال معاملة عبر محفظته الرقمية إلى شبكة البلوك شين. يتم نشر هذه المعاملة إلى جميع العقد في الشبكة، ثم يقوم المعدنون بالتحقق من صحتها عبر حل مسائل حسابية معقدة ضمن آلية تعرف بـ "إثبات العمل" (Proof of Work) بعد التحقق تجمع المعاملات في كتلة جديدة تضاف إلى سلسلة الكتل، وتصبح المعاملة مؤكدة وغير قابلة للتعديل بعد إدراجها في السجل العام.

وبذلك، تمثل البيتكوين نموذجاً متقدماً في أنظمة الدفع الرقمية، يجمع بين التشفير، واللامركزية، وتقنية السجلات الموزعة، مما يجعلها من أبرز الابتكارات في المجال المالي الرقمي الحديث. (coinbase, 2026)

التحديات والانتقادات الخاصة بالبيتكوين:

- سرعة المعاملات مقارنة ببعض العملات الحديثة البطيئة نسبياً: تعتمد شبكة البيتكوين على آلية تعدين تسمى "إثبات العمل" (Proof of Work) لتأكيد المعاملات، وهذا يتطلب وقتاً وجهداً لحل المعادلات الحسابية المعقدة التي تتحقق من صحة المعاملات وتضاف إلى سلسلة الكتل (البلوك شين).

مقارنة بالعملات الحديثة مثل "سولانا" أو "زيبيل" التي تستخدم تقنيات مختلفة تتيح تأكيد المعاملات خلال ثوان، يبدو أن البيتكوين أبطأ بشكل ملحوظ، مما قد يكون عائقاً عند استخدامه في المعاملات اليومية أو في التطبيقات التي تتطلب سرعة عالية.

- استهلاك عالي للطاقة في عمليات التعدين: عملية التعدين في شبكة البيتكوين تعتمد على حل مسائل رياضية معقدة باستخدام حواسيب قوية، وهذا يتطلب كمية كبيرة من الكهرباء.

ب) الإيثريوم: Ethereum (ETH)

تعتبر عملة الإيثريوم (Ethereum) من أشهر العملات المشفرة بعد البيتكوين، وقد أطلقت سنة 2015 باعتبارها منصة رقمية تعتمد على تقنية البلوك شين، وتهدف إلى إنشاء العقود الذكية والتطبيقات اللامركزية. ولا يقتصر دور الإيثريوم على كونه عملة رقمية لتبادل القيمة داخل الشبكة، بل يمثل نظاماً برمجياً متكاملًا يسمح بتنفيذ المعاملات والاتفاقيات بشكل تلقائي دون الحاجة إلى وسيط، مما ساهم في تطوير العديد من التطبيقات الحديثة، خاصة في مجالات التمويل اللامركزي والألعاب الرقمية. وينظر إلى الإيثريوم على أنه من أهم العملات الرقمية وأكثرها استقراراً نسبياً من حيث القيمة والاستخدامات داخل سوق الكريبتو، كما يشترك مع البيتكوين في العديد من الخصائص التي جعلته يحتل المرتبة الثانية عالمياً بين العملات المشفرة خلال فترة قصيرة. ويلجأ العديد من المستثمرين إلى الإيثريوم كبديل مناسب للبيتكوين بسبب ارتفاع سعر الأخيرة، إضافة إلى اعتباره وسيلة لحفظ القيمة وحماية المدخرات من تراجع قيمة العملات التقليدية مثل الدولار الأمريكي. ويعتمد الإيثريوم في عمله على شبكة بلوك شين تسمح بتشغيل العقود الذكية باستخدام عملة "الإيثر" كوسيلة للدفع داخل الشبكة، مع استمرار تطويره وتحسين كفاءته من خلال تحديثات حديثة مثل الانتقال إلى آلية إثبات الحصة (Ethereum Official Website, 2026).

التحديات والانتقادات الخاصة بالايثيريوم:

- ارتفاع رسوم المعاملات: تعتمد Ethereum على نظام رسوم يسمى Gas Fees ، وتزداد هذه الرسوم عندما يكون هناك ضغط كبير على الشبكة. فعند زيادة عدد المستخدمين أو كثرة عمليات التداول وإطلاق مشاريع NFT ، تصبح تكلفة المعاملات مرتفعة أحيانا، حتى للعمليات البسيطة.

وهذا يجعل استخدام الإيثيريوم صعبا بالنسبة لبعض المستخدمين، خاصة عند مقارنتها بشبكات أخرى مثل Solana و Polygon التي توفر رسوما أقل وسرعة أكبر.

- صعوبة التكنولوجيا بالنسبة لبعض المطورين: تتميز الإيثيريوم بإمكانية إنشاء العقود الذكية والتطبيقات اللامركزية، لكن استخدامها يتطلب معرفة تقنية وبرمجية متقدمة، خاصة بلغة Solidity .

وقد يجد المطورون الجدد صعوبة في فهم النظام أو إنشاء تطبيقات آمنة، لأن أي خطأ صغير في البرمجة قد يؤدي إلى مشاكل كبيرة أو خسارة الأموال، كما حدث في حادثة The DAO Hack سنة 2016.

- وجود منافسة قوية من شبكات أخرى: ظهرت في السنوات الأخيرة العديد من شبكات البلوك شين التي تدعم العقود الذكية بسرعة أكبر وتكاليف أقل، مما خلق منافسة قوية للإيثيريوم.

لذلك أصبحت الإيثيريوم مطالبة دائما بتطوير شبكتها وتحسين أدائها للحفاظ على مكانتها بين العملات والمنصات الرقمية الحديثة.

(ج) تيثر (Tether (USDT:

تعتبر عملة Tether (USDT) من أشهر العملات المستقرة في سوق العملات المشفرة، حيث تم تصميمها للحفاظ على قيمة ثابتة تعادل تقريبا دولارا أمريكيا واحد لكل وحدة. أطلقت هذه العملة سنة 2014 من طرف شركة Tether Limited، وتهدف إلى تسهيل عمليات التداول والتحويل داخل منصات العملات الرقمية دون الحاجة إلى تحويل الأموال إلى العملات التقليدية مثل الدولار أو اليورو.

تعتمد تيثر على فكرة الاحتياطي المالي، أي أن الشركة المصدرة تعلن أنها تحتفظ بأصول واحتياطات مالية تدعم قيمة العملات المتداولة، مما يمنح المستخدمين نوعا من الاستقرار مقارنة بالعملات المشفرة الأخرى التي تتغير أسعارها بشكل كبير مثل Bitcoin أو Ethereum وتستعمل USDT بشكل واسع في التداول الرقمي، والتحويلات السريعة بين المنصات، وحفظ القيمة مؤقتا أثناء تقلبات السوق. (Tether Limited, 2026)

التحديات والانتقادات الخاصة بالتثير:

- الشكوك حول الاحتياطات المالية: تعرضت الشركة لانتقادات بسبب التساؤلات المتعلقة بمدى توفر احتياطات حقيقية تكفي لتغطية جميع العملات المتداولة من USDT ، خاصة في الفترات التي لم تكن فيها تقارير التدقيق المالي واضحة بشكل كامل.
- ضعف الشفافية: يرى بعض الخبراء أن الشركة لا تقدم دائما تفاصيل دقيقة ومستمرة حول مكونات الاحتياطات المالية، وهل هي نقدية بالكامل أم تشمل أصولا أخرى مثل السندات والقروض قصيرة الأجل.
- التأثير على سوق العملات المشفرة: اتهم بعض المحللين تثير بأنها قد تؤثر على أسعار العملات الرقمية بسبب الحجم الكبير لتداولاتها داخل السوق، خاصة أن USDT تعتبر من أكثر العملات استعمالا في منصات التداول.
- المخاطر التنظيمية والقانونية: واجهت الشركة تحقيقات ومتابعات من جهات تنظيمية مالية بسبب قضايا تتعلق بالإفصاح المالي وإدارة الاحتياطات، مما أثار مخاوف حول استقرار العملة في المستقبل.

د) الدولار الرقمي الأمريكي (USD Coin (USDC):

- هو عملة رقمية مستقرة مرتبطة بالدولار الأمريكي بحيث كل وحدة منها تعادل تقريبا 1 دولار، ويتم دعمها باحتياطات من النقد وأصول آمنة تحت إشراف جهات مالية. تم إنشاؤها لتوفير حل وسط بين العملات الرقمية التقليدية (المتقلبة) والدولار، بحيث تمنح المستخدمين استقرارا في السعر (بدون تقلبات كبيرة مثل البيتكوين)، وسهولة في التحويل والدفع عبر الإنترنت ودخولا أسهل لعالم العملات الرقمية.
- يتم إصدار USDC عندما يودع المستخدم دولارا حقيقيا لدى الجهة المصدرة (Circle) ويتم "حرقها" أو إلغاؤها عند استبدالها بالدولار. ومن أهم استعمالاتها التحويلات الدولية السريعة والرخيصة، والتداول في منصات العملات الرقمية، والتمويل اللامركزي (DeFi) بالإضافة الى حفظ القيمة بدون التعرض لتقلبات السوق.
- ومن بين أسباب انتشارها في العالم ثبات السعر مقارنة بالعملات المشفرة الأخرى، وازدياد استخدامها في الأسواق والمنصات الكبرى واعتمادها من طرف مؤسسات مالية ومنصات تداول عالمية.
- USDC هي "دولار رقمي" يستعمل في عالم البلوك شين حيث يجمع بين استقرار العملات التقليدية وسرعة ومرونة العملات المشفرة. (learn bybit, 2025)

التحديات والانتقادات الخاصة بـ الدولار الرقمي الأمريكي:

- الاعتماد على البنوك التقليدية: رغم أنها عملة رقمية، إلا أن USDC تعتمد بشكل كبير على البنوك الأمريكية للاحتفاظ بالاحتياطات، لذلك قد تتأثر بأي أزمة مصرفية أو مالية.

- غياب اللامركزية الكاملة: تستطيع شركة Circle المشرفة على العملة تجميد بعض الحسابات أو إيقاف المعاملات عند الضرورة القانونية، وهذا يجعلها أقل حرية مقارنة ببعض العملات المشفرة الأخرى.
- القوانين التنظيمية: القوانين الخاصة بالعملات الرقمية مازالت تتغير باستمرار، لذلك قد تواجه USDC قيوداً أو تنظيمات جديدة تؤثر على استخدامها مستقبلاً.
- إمكانية فقدان الاستقرار مؤقتاً: رغم ارتباطها بالدولار، شهدت USDC في بعض الفترات انخفاضاً مؤقتاً عن قيمة 1 دولار، خاصة خلال أزمة بنك سيليكون فالي سنة 2023.
- الاعتماد على ثقة المستخدمين: نجاح USDC يعتمد على ثقة الناس بأن الاحتياطات الموجودة فعلاً تغطي جميع العملات المتداولة.
- المنافسة الكبيرة في سوق العملات المستقرة: تواجه منافسة قوية من عملات مستقرة أخرى مثل USDT ، التي تملك انتشاراً واسعاً في السوق.
- التأثير بالاقتصاد الأمريكي: بما أنها مرتبطة بالدولار الأمريكي، فإنها تتأثر بالتضخم والسياسات الاقتصادية والمالية في الولايات المتحدة.

هـ) Binance Coin (BNB):

- تعتبر عملة BNB من أشهر العملات الرقمية في سوق العملات المشفرة، وهي عملة تابعة لمنصة Binance أطلقت سنة 2017 بهدف تسهيل المعاملات داخل المنصة، خاصة دفع رسوم التداول بأسعار منخفضة، ثم تطورت لاحقاً لتصبح عملة أساسية داخل شبكة Blockchain.
- تستخدم BNB اليوم في عدة مجالات، مثل دفع رسوم التحويل، تشغيل التطبيقات اللامركزية، المشاركة في مشاريع التمويل اللامركزي (DeFi)، إضافة إلى عمليات التخزين (Staking) والعقود الذكية. كما تعتمد Binance على نظام "حرق العملات" بشكل دوري، أي إزالة جزء من العملات من التداول لتقليل الكمية المتوفرة والمحافظة على قيمة العملة مع مرور الوقت.
- (binance, 2026)

التحديات والانتقادات الموجهة لعملة BNB

- المركزية العالية:

- إن شبكة BNB تعتمد على عدد محدود نسبياً من المدققين، ما يجعلها أقل لامركزية مقارنة بعملات مثل Bitcoin و Ethereum ويرى البعض أن هذا يمنح شركة Binance تأثيراً كبيراً على الشبكة.

- الارتباط القوي بمنصة Binance :

- تعتمد قيمة BNB بشكل كبير على سمعة ونجاح منصة Binance ، لذلك فإن أي مشاكل قانونية أو تقنية تخص المنصة قد تؤثر مباشرة على العملة وسعرها في السوق.

- المشكلات التنظيمية والقانونية:

واجهت Binance خلال السنوات الأخيرة تحقيقات وضغوطا تنظيمية في عدة دول تتعلق بمكافحة غسيل الأموال والامثال المالي، وهو ما أثار مخاوف المستثمرين حول مستقبل العملة واستقرارها.

- التقلب والمضاربة:

رغم الانتشار الواسع للعملة، إلا أن قيمتها تبقى مرتبطة بالمضاربة وتقلبات سوق العملات الرقمية، لذلك قد ترتفع أو تنخفض بشكل كبير خلال فترات قصيرة.

- مخاطر الأمن والاختراقات:

تعرضت بعض المشاريع المرتبطة بمنظومة Binance وشبكة BNB لعمليات اختراق وهجمات إلكترونية، ما جعل بعض المستخدمين يشككون في مستوى الأمان داخل النظام البيئي للعملة.

(و) سولانا Solana:

تعتبر سولانا (Solana) واحدة من أبرز شبكات البلوك شين الحديثة، وهي شبكة لامركزية من الطبقة الأولى أطلقت سنة 2020 على يد المهندس أناتولي ياكوفينكو بهدف حل المشكلات التي عانت منها الشبكات السابقة، خاصة بطء المعاملات وارتفاع الرسوم. تعتمد سولانا على مزيج بين آلية إثبات الحصة (PoS) وآلية إثبات التاريخ (PoH)، ما يسمح لها بمعالجة آلاف المعاملات بسرعة كبيرة وبتكلفة منخفضة، وهو ما جعلها مناسبة لتطبيقات التمويل اللامركزي (DeFi) والرموز غير القابلة للاستبدال (NFTs) وتطبيقات الويب 3.

تستخدم الشبكة عملتها الرقمية الأصلية SOL في دفع رسوم المعاملات، والمشاركة في التخزين (Staking)، إضافة إلى دعم حوكمة الشبكة. وتمتاز سولانا بسرعة عالية قد تصل إلى حوالي 65 ألف معاملة في الثانية، مقارنة بالإيثريوم التي تعالج عددا أقل من المعاملات برسوم أعلى. كما تعتمد سولانا على تصميم أحادي الطبقة عالي الإنتاجية، بينما تعتمد الإيثريوم بشكل أكبر على حلول الطبقة الثانية لتحسين التوسع.

تعمل سولانا من خلال قيام المستخدم بإرسال المعاملة إلى الشبكة، ثم يتم منحها ختما زمنيا عبر آلية إثبات التاريخ (PoH)، وبعدها يتحقق المدققون من صحتها ويضيفونها إلى سلسلة الكتل. ويحصل المدققون في المقابل على مكافآت من عملة SOL مقابل مساهمتهم في تأمين الشبكة ومعالجة العمليات.

شهدت عملة SOL نموا تدريجيا منذ إطلاق الشبكة، حيث ارتفع سعرها بشكل كبير خلال سنة 2021 مع توسع استخدامات التمويل اللامركزي و NFT والألعاب الرقمية. ووصلت إلى مستويات قياسية تجاوزت 250 دولارا. لكن السوق تأثر لاحقا بأزمة

العملات المشفرة وانهييار بورصة FTX سنة 2022، ما أدى إلى انخفاض حاد في سعر العملة. ثم عادت SOL إلى التعافي تدريجياً خلال 2023 و2024 بفضل تحسين أداء الشبكة وظهور مشاريع جديدة عليها. (capital.com, 2026)

يمكن تداول عملة SOL على مدار 24 ساعة يوميا عبر منصات تداول العملات المشفرة أو من خلال المشتقات المالية مثل عقود الفروقات والعقود الآجلة والخيارات. وتوفر هذه الأدوات فرصاً للمستثمرين للاستفادة من ارتفاع أو انخفاض الأسعار، لكنها تبقى استثمارات عالية المخاطر بسبب التقلبات الكبيرة التي يشهدها سوق العملات الرقمية.

التحديات والانتقادات الموجهة لعملة سولانا:

- انقطاعات الشبكة: تعرضت سولانا لعدة توقفات تقنية بسبب الضغط الكبير على المعاملات، مما أثار الشكوك حول استقرار الشبكة واعتماديتها.

- المركزية النسبية: تشغيل عقد التحقق يحتاج إلى أجهزة قوية ومكلفة، مما يقلل عدد المشاركين ويزيد تركيز التحكم في الشبكة.

- المنافسة القوية: تواجه Solana منافسة من شبكات مثل Ethereum التي تعمل باستمرار على تحسين سرعتها وخدماتها.

- التأثير بالتنظيمات القانونية: أي قرارات أو دعاوى قانونية ضد العملات المشفرة قد تؤثر سريعا على سعر SOL وثقة المستثمرين.

- التقلب السعري الكبير: تشهد العملة ارتفاعات وانخفاضات حادة خلال فترات قصيرة، مما يجعل الاستثمار فيها محفوفاً بالمخاطر.

- التأثير بانهييار FTX: تضررت سمعة سولانا بعد أزمة FTX بسبب ارتباط بعض مشاريعها بالمنصة.

- التضخم وزيادة المعروض: إصدار عملات SOL جديدة كمكافآت قد يزيد المعروض في السوق ويؤثر على السعر إذا لم يرتفع الطلب.

- المخاطر الأمنية: أي اختراق أو ثغرة في التطبيقات المبنية على سولانا قد يضعف ثقة المستخدمين بالشبكة.

ز) الريبل XRP:

عملة الريبل XRP من أبرز العملات الرقمية المرتبطة بقطاع التحويلات المالية، إذ لم تنشأ أساساً لتكون وسيلة دفع يومية مثل بعض العملات المشفرة الأخرى، بل صممت لتسهيل نقل الأموال بين البنوك والمؤسسات المالية بسرعة عالية وتكلفة منخفضة. ترتبط العملة بشركة Ripple Labs، التي ركزت منذ تأسيسها على تطوير أنظمة دفع حديثة تعتمد على تقنية البلوك شين مع الحفاظ على التعاون مع النظام المالي التقليدي بدل استبداله.

تعتمد شبكة الريبل على آلية توافق خاصة لتأكيد المعاملات خلال ثوان قليلة دون الحاجة إلى التعدين، وهو ما يجعلها أسرع وأقل استهلاكاً للطاقة مقارنة ببعض الشبكات الأخرى مثل Bitcoin. كما أن جميع وحدات XRP تم إصدارها مسبقاً، ويتم التحكم في الكمية المتداولة وفق آليات معلنة، الأمر الذي أثار نقاشات واسعة حول مدى مركزية المشروع وتأثير الشركة على السوق.

تستعمل XRP كعملة وسيطة لتسهيل التحويل بين العملات المختلفة، حيث تساعد المؤسسات المالية على تقليل الحاجة للاحتفاظ بأرصدة كبيرة بعملات متعددة. ولهذا السبب اهتمت عدة بنوك وشركات تحويل أموال بتجربة حلول الريبل، خاصة في التحويلات الدولية التي تتطلب السرعة وخفض الرسوم.

يهتم المستثمرون بعملة الريبل بسبب سرعتها الكبيرة في التحويلات، انخفاض تكاليف المعاملات، إضافة إلى الشراكات التي تعلنها Ripple مع مؤسسات مالية حول العالم. كما أن توفر العملة على أغلب منصات التداول يمنحها سيولة مرتفعة وسهولة في البيع والشراء. ويؤثر على سعرها عدة عوامل، أهمها الطلب المؤسسي على الشبكة، الأخبار القانونية والتنظيمية، تقلبات سوق العملات الرقمية، إضافة إلى التحليل الفني وسلوك المستثمرين.

أما مستقبل XRP فيرتبط بدرجة تبني الشبكة من قبل المؤسسات المالية، واستمرار توسعها في الأسواق العالمية، خاصة في آسيا وأوروبا وأفريقيا، إلى جانب التطوير التقني المستمر للشبكة وتحسين كفاءتها. (EVEST، 2026)

التحديات والانتقادات الموجهة للريبل XRP :

- الانتقادات المتعلقة بالمركزية: يرى بعض المنتقدين أن ارتباط XRP بشركة Ripple وتحكمها بجزء كبير من العملات يقلل من اللامركزية مقارنة بمشاريع أخرى.

المشاكل القانونية والتنظيمية: ما تزال القضايا التنظيمية، خصوصاً في الولايات المتحدة، تؤثر على ثقة المستثمرين واستقرار السعر.

تأثير الشركة على السوق: امتلاك Ripple لكميات ضخمة من XRP يثير مخاوف من إمكانية التأثير على العرض والسعر. المنافسة القوية: تواجه الريبل منافسة من شبكات دفع وتقنيات بلوكشين أخرى تسعى لتقديم خدمات مشابهة بسرعة وكفاءة. الاعتماد على الشراكات المؤسسية: نجاح المشروع مرتبط بدرجة كبيرة باستمرار تعاون البنوك والمؤسسات المالية مع الشبكة.

تقلبات السوق الرقمية: رغم الطابع المؤسسي للمشروع، تبقى XRP عرضة لتقلبات سوق العملات المشفرة بشكل عام.

3- آلية عمل العملات المشفرة:

تعمل العملات المشفرة اعتماداً على تقنية البلوك شين، وهي عبارة عن سجل إلكتروني موزع يستعمل لتسجيل جميع المعاملات بطريقة آمنة وشفافة. عند قيام شخص بإرسال عملة مشفرة إلى شخص آخر، يتم تسجيل هذه العملية داخل "كتلة" تحتوي على بيانات المعاملة، ثم تربط هذه الكتلة بالكتل السابقة لتكوين سلسلة مترابطة يصعب تعديلها أو تزويرها. تعتمد الشبكة على التشفير للتحقق من صحة العمليات وحماية البيانات، كما يتم تأكيد المعاملات من خلال أجهزة حاسوب منتشرة حول العالم تعرف بـ "العقد" أو "المعدنين". في بعض العملات مثل Bitcoin يتم استخدام التعدين لحل مسائل رياضية معقدة مقابل الحصول على مكافآت رقمية، بينما تستخدم عملات أخرى مثل Ethereum أنظمة تحقق مختلفة تقلل استهلاك الطاقة (Arvind Narayanan, Joseph Bonneau, Edward Felten, Andrew Miller, Steven Goldfeder, 2016).

وتتميز العملات المشفرة بأنها لا تخضع لسلطة مركزية مثل البنوك أو الحكومات، بل تعمل بطريقة لامركزية تسمح للمستخدمين بإرسال واستقبال الأموال مباشرة عبر الإنترنت. كما تتميز بسرعة التحويلات الدولية، وانخفاض رسوم المعاملات مقارنة بالأنظمة البنكية التقليدية، إضافة إلى إمكانية استعمالها في شراء المنتجات والخدمات أو الاستثمار في المشاريع الرقمية. أما بالنسبة لمستقبل العملات المشفرة، فيتوقع أن يشهد توسعاً أكبر مع زيادة الاعتماد على الاقتصاد الرقمي والتكنولوجيا المالية. فالكثير من المؤسسات بدأت بالفعل في قبول العملات المشفرة كوسيلة للدفع أو الاستثمار، كما تعمل بعض الدول على تطوير تشريعات لتنظيم استخدامها. ومع ذلك، لا تزال هذه العملات تواجه تحديات مهمة مثل تقلب الأسعار، والمخاطر الأمنية، وإمكانية استخدامها في أنشطة غير قانونية، إضافة إلى الخلاف بين الحكومات والمؤيدين حول مسألة الخصوصية والتنظيم. لذلك يرجح أن يستمر مستقبل العملات المشفرة بين فرص النمو والابتكار من جهة، ومحاولات الرقابة والتنظيم من جهة أخرى. الشكل الموالي يوضح مراحل عمل العملات المشفرة.

الشكل رقم 08: مراحل عمل العملات المشفرة على شبكة البلوك شين



المصدر: من اعداد الاستاذة

خلاصة:

العملات المشفرة هي شكل جديد من المال الرقمي يعتمد على التشفير وتقنية البلوك شين لتسجيل المعاملات بشكل آمن وشفاف، دون الحاجة إلى وسيط مثل البنوك. تتميز باللامركزية، أي أنها لا تخضع لجهة واحدة تتحكم فيها، بل تعمل عبر شبكة من المستخدمين الذين يثبتون صحة العمليات.

تتنوع هذه العملات حسب وظائفها؛ فهناك البيتكوين التي تستخدم كأصل لحفظ القيمة، والإيثريوم التي تتيح تشغيل العقود الذكية وبناء التطبيقات اللامركزية، إضافة إلى العملات المستقرة مثل USDT و USDC التي تهدف إلى الحفاظ على قيمة ثابتة مرتبطة بالدولار لتقليل تقلب الأسعار.

رغم مزاياها مثل سرعة التحويل، انخفاض التكاليف، وتوسيع فرص الوصول إلى الخدمات المالية، إلا أنها تواجه تحديات مهمة مثل التذبذب الكبير في الأسعار، المخاطر الأمنية والاحتيال، غياب تنظيم قانوني موحد، واستهلاك مرتفع للطاقة في بعض الشبكات.

وبالتالي تمثل العملات المشفرة تطوراً مهماً في النظام المالي العالمي، لكنها ما تزال في مرحلة نضج تحتاج إلى توازن بين الابتكار، التنظيم، وإدارة المخاطر قبل أن تصبح جزءاً أكثر استقراراً من الاقتصاد التقليدي.

المحاضرة رقم 05: العقود الذكية: التعريف، أمثلة
الاستخدام، المزايا والحدود.

تمهيد:

لم تعد تقنية البلوك شين مرتبطة فقط بالعملات الرقمية، بل أصبحت بيئة متكاملة لتطوير أنظمة رقمية جديدة أكثر شفافية وأمانا. ومن بين أهم الابتكارات التي ظهرت داخل هذا المجال العقود الذكية التي غيرت الطريقة التي يتم بها تنفيذ الاتفاقات بين الأطراف دون الحاجة إلى وسيط تقليدي.

العقود الذكية هي برامج تكتب على شبكة البلوك شين وتنفذ تلقائيا عند تحقق شروط محددة مسبقا. هذا المفهوم يبدو بسيطا، لكنه في الواقع أحدث تحولا كبيرا في مجالات مثل التمويل، والتأمين، وسلاسل الإمداد، وحتى الخدمات القانونية، لأنه يقلل من الأخطاء البشرية ويزيد من سرعة تنفيذ المعاملات.

دخولنا إلى موضوع العقود الذكية يعني فهم كيف يمكن للتكنولوجيا أن تحل محل الإجراءات التقليدية المعقدة، وتقدم نموذجا حديثا يعتمد على الكود بدل الثقة الشخصية. في هذه المحاضرة، سنحاول تبسيط الفكرة، وفهم آلية عملها، وأهم استخداماتها، وكذلك حدودها وتحدياتها في الواقع العملي.

1- نشأة العقد الذكي:

بدأت فكرة العقود الذكية بالظهور في تسعينيات القرن الماضي على يد عالم الحاسوب Nick Szabo ، الذي اقترح استخدام بروتوكولات رقمية قادرة على أتمتة الاتفاقيات وتنفيذها بشكل تلقائي. ولتبسيط الفكرة، شبه سابو العقود الذكية بآلة البيع الآلية، فكما تقوم الآلة بتنفيذ العملية مباشرة عند إدخال المبلغ المطلوب واختيار المنتج، يمكن للعقد الذكي تنفيذ شروط الاتفاق تلقائيا بمجرد تحقق الشروط المحددة مسبقا. (Nick Szabo, 1997)

كان سابو يتصور مستقبلا تستطيع فيه الأنظمة الرقمية إدارة الاتفاقيات القانونية وتقليل الحاجة إلى الوسطاء أو المحكمين، وهو ما شكل خطوة فكرية مهمة نحو تطوير هذا المجال. ومع تطور تقنية البلوك شين، خاصة بعد إطلاق Ethereum سنة 2015، أصبحت العقود الذكية قابلة للتطبيق العملي على نطاق واسع، حيث وفرت هذه المنصة بيئة مناسبة لتشغيل العقود الذكية وتنفيذها بصورة آمنة ولا مركزية.

ويمثل عمل سابو الأساس النظري الأول الذي مهد لظهور العقود الذكية الحديثة القائمة على البلوك شين. كما وسع فكرته لتشمل ما يعرف بـ "الملكية الذكية"، حيث يمكن دمج العقود الذكية داخل الأصول أو الأشياء المادية نفسها. ووفقا لهذا التصور، تستطيع هذه البروتوكولات المدمجة منح حق التحكم في الأصل تلقائيا للشخص المالك الشرعي له بناء على شروط العقد.

ولتوضيح الفكرة أكثر، قدم سابو مثال السيارة الذكية، إذ يمكن برمجتها بحيث لا تعمل إلا بعد التحقق من هوية مالكيها الشرعي عبر بروتوكول رقمي محدد، مما يساهم في الحد من السرقة. وفي حالة شراء السيارة عن طريق قرض وعدم التزام المالك بسداد الدفعات، يستطيع العقد الذكي تفعيل حق الحجز تلقائيا وإعادة التحكم في مفاتيح السيارة إلى البنك دون الحاجة إلى تدخل بشري مباشر.

2- مفهوم العقد الذكي:

لقد اختلفت وتعددت التعاريف حول العقد الذكي نذكر منها ما يلي:

- العقود الذكية هي برامج تعمل على البلوك شين، تنفذ تلقائيا عند استيفاء شروط محددة مسبقا، وتعمل دون الحاجة إلى طرف ثالث. (Antonopoulos, A. M., & Wood, 2018)

- العقد الذكي هو بروتوكول رقمي ينفذ الاتفاقيات تلقائيا عندما تتحقق شروط معينة، ويعمل على شبكة بلوك شين لضمان الشفافية وعدم التلاعب. (Drescher, 2017)

- العقود الذكية هي آليات رقمية تسمح بتنفيذ الاتفاقيات بشكل ذاتي، مما يقلل الحاجة إلى المؤسسات الوسيطة مثل البنوك والمحامين. (Tapscott, D., & Tapscott, A, 2016)

- تعرف شركة IBM العقود الذكية على أنها: رموز برمجية تعمل على شبكة بلوك شين، تنفذ تلقائياً لتسهيل أو التحقق من أو تنفيذ اتفاقية أو عملية ما.

وبالتالي فإن العقد الذكي هو اتفاق بين طرفين أو أكثر مكتوب بطريقة رقمية على شبكة البلوك شين. لكن الفرق عن العقود التقليدية هو أن هذا العقد يعمل بنفسه تلقائياً، بمعنى أنه لا يحتاج محام أو وسيط لتنفيذه. بمجرد تحقق الشروط المتفق عليها ينفذ العقد ما تم الاتفاق عليه مباشرة.

مثال لتوضيح الفكرة:

تخيل أنك تريد شراء كتاب من شخص ما:

- في العقد التقليدي تدفع المال، تنتظر البائع يرسل الكتاب، وقد يحدث تأخير أو نزاع.

- في العقد الذكي، تضع المال في العقد على البلوك شين، ويقوم العقد بنقل المال للبائع تلقائياً عند استلامك الكتاب، بدون أي تدخل منك أو من وسيط.

3- خصائص العقود الذكية:

تتميز العقود الذكية بمجموعة من الخصائص التي جعلتها من أهم تطبيقات تقنية البلوك شين، حيث تسمح بتنفيذ الاتفاقيات الرقمية بطريقة آلية وأمنة دون الحاجة إلى وسيط. ومن أبرز هذه الخصائص ما يلي: (Drescher, D, 2017)

الأتمتة: (Automation)

تعمل العقود الذكية بشكل تلقائي بمجرد تحقق الشروط المتفق عليها مسبقاً، مما يقلل من التدخل البشري ويسرع تنفيذ العمليات والمعاملات.

الأمان: (Security)

تعتمد العقود الذكية على تقنيات التشفير الخاصة بالبلوك شين، وهو ما يجعلها مقاومة للتلاعب أو التعديل غير المصرح به، كما تضمن حماية البيانات والمعاملات.

الشفافية: (Transparency)

تسجل جميع العمليات المرتبطة بالعقد داخل شبكة البلوك شين، مما يسمح للأطراف المعنية بالاطلاع على تفاصيل التنفيذ والتحقق منها في أي وقت، وهو ما يعزز الثقة والمصداقية.

اللامركزية: (Decentralization)

لا تحتاج العقود الذكية إلى طرف ثالث مثل البنوك أو الهيئات الوسيطة، إذ يتم تنفيذ الشروط مباشرة عبر الكود البرمجي، مما يقلل التكاليف ويحد من التأخير.

الدقة وتقليل الأخطاء: (Accuracy)

بما أن تنفيذ العقد يتم برمجياً وفق شروط محددة مسبقاً، فإن احتمالية الأخطاء البشرية تصبح أقل مقارنة بالعقود التقليدية.

السرعة والكفاءة: (Speed and Efficiency)

تنفذ المعاملات بشكل فوري بعد تحقق الشروط، مما يساهم في تسريع العمليات التجارية والإدارية. ومن خلال هذه الخصائص أصبحت العقود الذكية أداة فعالة في العديد من المجالات مثل التمويل الرقمي، وسلاسل التوريد، والتأمين، والخدمات القانونية.

4- آلية عمل العقود الذكية في شبكة البلوك شين:

تعمل العقود الذكية داخل شبكات البلوك شين اللامركزية مثل Ethereum، حيث يتم تحويل بنود الاتفاق إلى أكواد رقمية تخزن على دفتر أستاذ موزع. وتعتمد هذه العقود على مبدأ «إذا تحقق الشرط، يتم تنفيذ الإجراء تلقائياً»، أي أن العقد لا يحتاج إلى وسيط بشري لإتمام العمليات. تبدأ العملية بتحديد الشروط والقواعد التي يتفق عليها الأطراف، ثم يقوم المطورون ببرمجتها واختبارها للتأكد من عملها بشكل صحيح وآمن. وعند تحقق الحدث المحدد، مثل تأكيد عملية دفع أو وصول شحنة، ينفذ العقد التعليمات تلقائياً، كتحويل الأموال أو إصدار تعويضات تأمين. وبعد ذلك ت سجل نتائج التنفيذ بشكل دائم وشفاف على البلوك شين، مما يضمن الموثوقية وعدم إمكانية التلاعب بالبيانات. كما تعتمد العقود الذكية في بعض الحالات على ما يسمى بـ "الأوراكل" لجلب البيانات الخارجية الموثوقة وربطها بالعقد من أجل تنفيذ الشروط المرتبطة بالأحداث الواقعية. الشكر الموالى يبين مراحل عمل العقود الذكية على شبكة البلوك شين.

الشكل رقم 09: مراحل عمل العقد الذكي على البلوك شين



المصدر: من اعداد الأستاذة

الشكل رقم 08 يوضح أهم مراحل عمل العقود الذكية داخل شبكة البيوك شين والمتمثلة في:

تحديد الشروط: (Conditions Defined)

يتم في هذه المرحلة تحديد بنود الاتفاق والشروط المطلوبة وتحويلها إلى أكواد برمجية داخل العقد الذكي.

حدوث الحدث: (Trigger Event)

عند تحقق الشروط المحددة مسبقا، يتم تفعيل العقد الذكي تلقائيا دون الحاجة إلى تدخل وسيط.

تنفيذ العقد: (Execution)

يقوم العقد بتنفيذ الإجراءات المبرمجة بشكل آلي، مثل تحويل الأصول أو تأكيد المعاملات.

إتمام العملية: (Completion)

بعد انتهاء التنفيذ، تسجل النتائج والمعاملات بشكل دائم وآمن على شبكة البلوك شين.

وبالتالي تكمن أهمية العقود الذكية في قدرتها على تنفيذ الاتفاقات بشكل تلقائي و آمن و شفاف دون الحاجة الى وسيط، مما يساهم في تقليل التكاليف و الأخطاء البشرية، و تسريع المعاملات، مع ضمان حفظ جميع العمليات بشكل دائم و غير قابل للتعديل على شبكة البلوك شين.

5- استخدامات العقود الذكية:

تعتبر العقود الذكية من التقنيات الأساسية التي تدعم العديد من التطبيقات في شبكة البلوك شين، حيث تتيح أتمتة العمليات دون الحاجة إلى وسطاء، مما يعزز الكفاءة والشفافية.

- الخدمات المالية (DeFi):

تستعمل العقود الذكية بشكل واسع في التمويل اللامركزي، إذ تمكن من تبسيط عمليات الإقراض، الدفع، وتحويل الأصول الرقمية. فعلى سبيل المثال، يمكن لعقد ذكي خاص بالقروض أن يطلق الأموال للمقترض بمجرد تحقق شروط محددة مسبقاً، كما يقوم بتنفيذ عملية السداد تلقائياً وفق القواعد المبرمجة.

- إدارة سلاسل التوريد:

تساهم العقود الذكية في تحسين الشفافية داخل سلاسل التوريد، من خلال تتبع حركة المنتجات من مرحلة الإنتاج إلى مرحلة التسليم. ويتم تحديث حالة البضائع تلقائياً في كل مرحلة، مما يقلل من الأخطاء الورقية ويعزز إمكانية التتبع.

- قطاع العقارات:

في المجال العقاري، تساعد العقود الذكية على تبسيط عمليات البيع والشراء عبر أتمتة نقل الملكية، إدارة المدفوعات، والإيداعات. هذا يقلل الاعتماد على الوسطاء ويسرع إتمام المعاملات مع تقليل احتمالات الخطأ.

- الاتفاقيات القانونية:

تستعمل العقود الذكية أيضاً في أتمتة الاتفاقيات القانونية مثل عقود الإيجار، حيث يمكن برمجة العقد لتفعيل الدفع أو منح حقوق الاستخدام بشكل تلقائي عند تحقق الشروط، مما يقلل النزاعات ويعزز الالتزام التلقائي ببنود الاتفاق.

- التطبيقات اللامركزية (DApps)

تعتمد التطبيقات اللامركزية على العقود الذكية لتقديم خدمات متنوعة مثل الألعاب، الخدمات المالية، والشبكات الاجتماعية دون وجود جهة مركزية تتحكم بها. وهذا يمنح المستخدمين مستوى أعلى من الشفافية والاستقلالية.

أمثلة عن أهم استخدامات العقود الذكية:

- القروض الرقمية:

تخيل أنك تريد أخذ قرض دون الذهاب إلى بنك، تضع مبلغا من المال كضمان في النظام، ثم يعطيك النظام القرض مباشرة. وعندما يحين وقت السداد، يتم خصم المبلغ تلقائيا دون أن تتدخل أنت أو أي شخص آخر.

- الدفع بعد استلام الخدمة:

شخص يطلب خدمة أو يشتري سلعة عبر الإنترنت، فبدل أن يدفع مباشرة، يتم وضع المال في "عقد" خاص، وعندما تصل السلعة أو يتم تأكيد الخدمة، يتم إرسال المال للبائع تلقائيا.

- تتبع المنتجات (مثل الدواء أو الطعام):

عند نقل منتج من المصنع إلى المتجر، يمر بعدة مراحل وكل مرحلة يتم تسجيلها تلقائيا. مثل خروج المنتج من المصنع، ووصوله إلى المخزن ثم إلى المتجر. بهذا يمكن معرفة مكان المنتج في أي لحظة بدون أوراق أو مكالمات.

- شراء عقار:

عند شراء منزل يتم الاتفاق ووضع المال في النظام، وعندما يتم التأكد من الدفع، يتم نقل ملكية المنزل مباشرة للمشتري. كل ذلك يتم بشكل تلقائي بدل الإجراءات الطويلة.

- التأمين:

شخص لديه تأمين سفر، إذا تأخرت الطائرة فإن النظام يعرف ذلك من بيانات الطيران. في هذه الحالة يتم إرسال التعويض مباشرة إلى حسابه دون طلب أو انتظار.

- الألعاب الرقمية:

في بعض الألعاب يمكن للاعب أن يحصل على سلاح أو عنصر نادر. هذا العنصر يتم تسجيله باسمه داخل النظام، فلا يمكن لأحد سحبه أو تغييره حتى لو خرج من اللعبة.

- شراء صور أو محتوى رقمي:

إذا اشترى شخص صورة رقمية يتم تسجيل اسمه كمالك لها حتى لو تم نسخ الصورة تبقى الملكية الأصلية محفوظة باسمه فقط.

ملاحظة: الفكرة الأساسية للعقود الذكية هي: "إذا تحقق الشرط، يتم التنفيذ تلقائياً بدون وسيط".

6- مزايا وتحديات العقود الذكية:

تعتبر العقود الذكية من أبرز الابتكارات التي قدمتها تقنية البلوك شين، حيث سمحت بأتمتة الاتفاقيات وتنفيذها بشكل ذاتي دون الحاجة إلى وسيط. وفيما يلي جدول يوضح أهم المزايا التي تقدمها هذه العقود، إلى جانب أبرز التحديات التي تواجه تطبيقها في الواقع العملي.

جدول رقم 05: مزايا وتحديات العقود الذكية

المزايا Advantages	التحديات Challenges
الأتمتة الذكية: تنفيذ العقود تلقائياً عند تحقق الشروط دون تدخل بشري.	ثغرات برمجية: أي خطأ في الكود قد يؤدي إلى استغلال أو خسائر مالية.
الشفافية العالية: جميع العمليات تسجل على البلوك شين ويمكن التحقق منها.	عدم قابلية التعديل: بعد النشر يصبح من الصعب تعديل أو إيقاف العقد.
تقليل التكاليف: الاستغناء عن الوسطاء مثل البنوك أو الجهات الوسيطة.	عدم اليقين القانوني: القوانين ما تزال غير موحدة في كثير من الدول.
زيادة الأمان: الاعتماد على التشفير يقلل من التلاعب والاختراق.	تعقيد تقني: يتطلب مهارات برمجية عالية لتطوير العقود بشكل صحيح.
سرعة التنفيذ: تنفيذ فوري للعمليات مقارنة بالأنظمة التقليدية.	مخاطر الأخطاء البشرية: أي خطأ في التصميم قد يكون غير قابل للإصلاح.

المصدر: من اعداد الأستاذة

خلاصة:

العقود الذكية هي برامج رقمية تعمل على شبكات البلوك شين، ظهرت فكرتها الأولى مع نيك سابو في التسعينيات وتطورت عمليا مع ظهور إيثيريوم سنة 2015. تعتمد على تنفيذ الشروط تلقائيا عند تحققها، مما يجعل التعاملات أكثر سرعة وشفافية ودون الحاجة إلى وسيط. تتميز بالأمان، الأتمتة، وتقليل التكاليف، لكنها تواجه تحديات مثل صعوبة التعديل، والمخاطر البرمجية، وقضايا التنظيم القانوني.

وبشكل عام، تمثل العقود الذكية خطوة مهمة نحو تطوير معاملات رقمية أكثر كفاءة وموثوقية في مختلف المجالات.

المحاضرة رقم 06: تطبيقات البلوك شين: التتبع
(Traceability)، الهوية الرقمية، التصويت الإلكتروني،
التأمين، وسلسلة التوريد (Supply Chain).

تمهيد:

في ظل التحول الرقمي المتسارع الذي يشهده العالم اليوم، أصبحت الحاجة إلى أنظمة أكثر شفافية وأماناً وموثوقية أمراً ضرورياً في مختلف المجالات. ومن بين أبرز التقنيات التي ظهرت لتلبية هذه الحاجة نجد تقنية البلوك شين، التي لم تعد مقتصرة على العملات الرقمية فقط، بل امتدت لتصبح أساساً لعدد واسع من التطبيقات الحديثة.

تتميز هذه التقنية بقدرتها على تسجيل البيانات بطريقة موزعة وغير قابلة للتلاعب، مما جعلها أداة فعالة لإعادة بناء الثقة بين الأطراف في المعاملات الرقمية. ومن هذا المنطلق، سننتقل في هذه المحاضرة إلى دراسة أهم تطبيقات البلوك شين في مجالات متعددة مثل التتبع في سلاسل التوريد، والهوية الرقمية، والتصويت الإلكتروني، والتأمين، وغيرها من الاستخدامات التي تعكس الإمكانيات الواسعة لهذه التقنية في الواقع العملي.

1- التتبع:

مفهوم التتبع في البلوك شين:

- يشير تتبع المعاملات في البلوك شين إلى عملية تسجيل المعاملات والتحقق منها على شبكة بلوك شين، وهي تقنية دفتر رقمي لامركزي. يتم تجميع كل معاملة في كتل، والتي يتم ربطها معا بترتيب زمني، مما يخلق سلسلة ثابتة من البيانات من أجل ضمان الشفافية والأمان، حيث يمكن لكل مشارك في الشبكة عرض سجل المعاملات، ولكن لا يمكنه تغييره دون إجماع من الأغلبية. يعزز تتبع المعاملات على بلوك شين الثقة بين المستخدمين، ويقلل من الاحتيال، ويبسط العمليات عبر مختلف الصناعات، بما في ذلك التمويل وسلسلة التوريد والرعاية الصحية. (Casino, 2019)

- هو نظام تسجيل متعدد الطبقات يعتمد على Distributed Ledger Technology (DLT) حيث يتم تحويل كل حدث في دورة حياة المنتج إلى "معاملة رقمية" مرتبطة بزمان (Timestamp) وهوية رقمية للفاعل، ثم تخزينها في كتل مترابطة بشكل مشفر. (Hash-linked blocks) (سوان، م، 2019)

وبالتالي تتبع المعاملات في بلوك شين هو طريقة تسجيل المعاملات والتحقق منها على دفتر رقمي لامركزي، مما يضمن الشفافية والأمان والثبات مع تعزيز الثقة بين المستخدمين.

أهمية التتبع:

- تحويل سلاسل التوريد من نظام "ثقة في الوسيط" إلى "ثقة في البيانات".

- تقليل عدم اليقين (Uncertainty) في سلامة المنتجات.

- خلق سجل تدقيقي (Audit Trail) لحظي.

آلية عمل التتبع:

في نظام التتبع عبر البلوك شين، يتم إعطاء كل منتج رمز رقمي خاص به مثل QR أو RFID لتمييزه عن باقي المنتجات. ومع كل مرحلة يمر بها هذا المنتج، سواء أثناء تصنيعه أو نقله أو تخزينه، يتم تسجيل هذه الخطوة كعملية رقمية داخل النظام. هذه العمليات تربط ببعضها بشكل متسلسل وأمن باستخدام تقنيات التشفير، بحيث تصبح كل خطوة مرتبطة بما قبلها. وبهذا الشكل، لا يمكن تغيير أي معلومة بعد تسجيلها دون أن يتأثر كامل السجل، مما يجعل البيانات دقيقة وموثوقة وصعبة التلاعب.

مثال عن استخدام التتبع في البلوك شين:

من الأمثلة الواقعية على استخدام البلوك شين في تتبع الغذاء، تجربة شركة Walmart بالتعاون مع نظام IBM Food Trust. في عام 2018 وما بعده استخدمت الشركة هذه التقنية لتتبع مصدر منتجات مثل المانغو والسبانخ داخل سلسلة التوريد. قبل اعتماد النظام كان تحديد مصدر منتج ملوث يستغرق أياماً طويلة قد تصل إلى نحو أسبوع، أما بعد استخدام البلوك شين أصبح بالإمكان تحديد المصدر بدقة خلال ثوان قليلة فقط. هذا التحول سمح للشركة بالتعامل بسرعة مع حالات التلوث الغذائي، عبر سحب الدفعات المتضررة بشكل فوري وتقليل المخاطر على المستهلكين، مما جعل عملية سلامة الغذاء أكثر شفافية وكفاءة. (IBM, 2022)

تحديات البلوك شين في نظام التتبع:

- تكلفة التطبيق العالية: تطبيق البلوك شين في التتبع يحتاج تجهيزات وتقنيات وربط بين كل الأطراف، وهذا يجعل تكلفته مرتفعة خصوصاً في البداية.
- صعوبة الانتقال من الأنظمة القديمة: كثير من الشركات تستعمل أنظمة تقليدية، وتحويلها إلى نظام بلوك شين ليس سهلاً ويحتاج وقت وتدريب.
- ضعف التنسيق بين الأطراف: نجاح التتبع يتطلب تعاون الجميع، لكن اختلاف أهداف الشركات أو عدم ثقتها في بعضها قد يعرقل التطبيق.
- مشاكل في سرعة النظام عند التوسع: كلما زاد عدد العمليات والبيانات في السلسلة، قد يصبح النظام أبطأ إذا لم يتم تحسينه بشكل جيد.
- إدخال بيانات غير دقيقة: البلوك شين يحفظ البيانات كما هي، لكن إذا تم إدخال معلومات خاطئة من البداية، تبقى ثابتة ولا يمكن تعديلها بسهولة.
- غياب قوانين واضحة في بعض الدول: عدم وجود تشريعات واضحة يجعل بعض المؤسسات تردد في اعتماد هذه التقنية في التتبع.

2- سلسلة التوريد (Supply Chain)

مفهوم سلسلة التوريد:

- تتضمن إدارة سلسلة التوريدات جميع الأنشطة التي تحول المواد الخام إلى بضائع نهائية ووضعتها في أيدي العملاء. ويمكن أن يشمل ذلك تحديد المصادر والتصميم والإنتاج والتخزين بالمستودع والشحن والتوزيع. تهدف إدارة سلسلة التوريدات إلى تحسين الكفاءة والجودة والإنتاجية ورضا العملاء.

يمكن لتقنية البلوك شين تتبع حركة السلع والمواد عبر سلسلة التوريد، من نقطة المنشأ إلى نقطة البيع، من خلال إنشاء قاعدة بيانات موزعة تسمح بحفظ السجلات بشكل آمن وشفاف ومقاوم للعبث.

السمات الرئيسية للبلوك شين التي تجعلها مناسبة تماماً لإدارة سلسلة التوريد هي طبيعتها اللامركزية وثباتها وأمانها المشفر.

- هو استخدام شبكة البلوك شين كطبقة ثقة مشتركة (Shared Trust Layer) بين أطراف متعددة غير متجانسة، حيث يتم تسجيل حركة الأصول وليس فقط المعلومات، مع إمكانية تتبع الملكية في الزمن الحقيقي. (Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K, 2018)

أهمية سلسلة التوريدات:

- تقليل فجوة الثقة بين الشركات العالمية.

- تقليل زمن التخليص الجمركي

- تحسين كفاءة الاقتصاد العالمي. (Global Trade Efficiency)

آلية عمل سلسلة التوريدات:

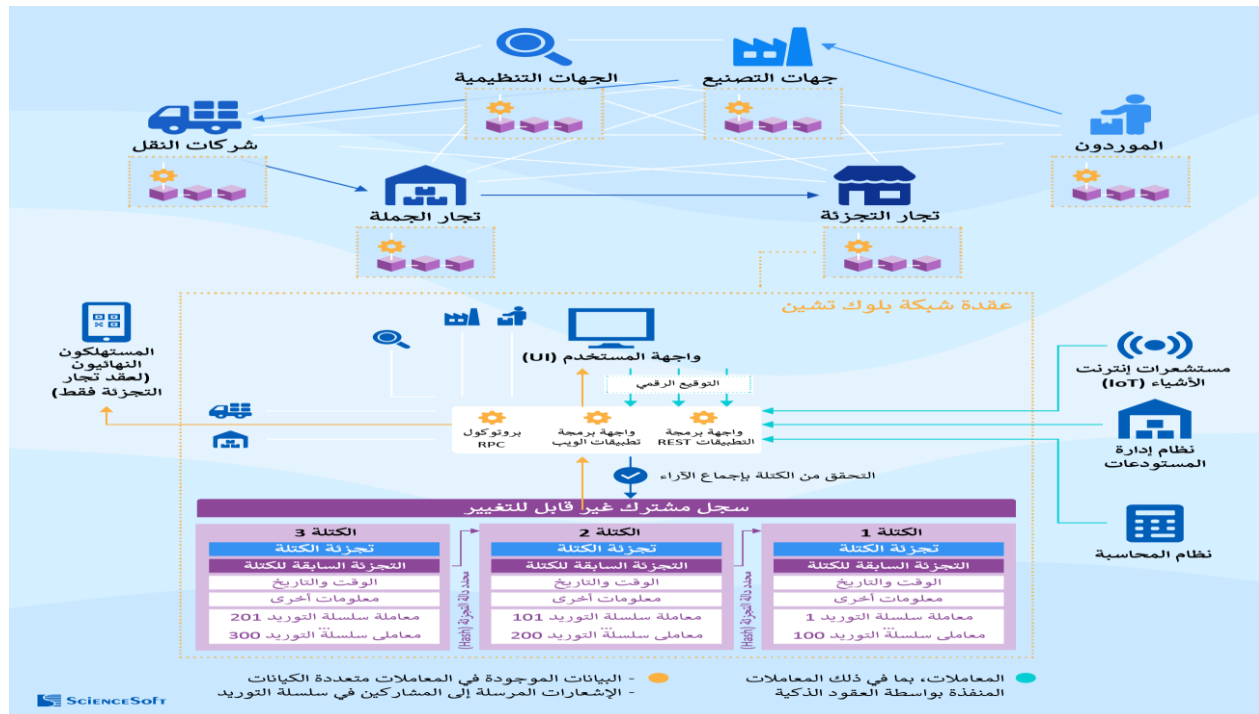
تعتمد سلسلة التوريدات الحديثة على العقود الذكية التي تعمل كقواعد رقمية مبرمجة تحدد شروط انتقال ملكية المنتج تلقائياً، مثل انتقاله من المورد إلى الموزع ثم إلى التاجر عند تحقق شروط محددة (كالاستلام أو الدفع). وكل طرف مشارك في السلسلة يمتلك عقدة (Node) داخل شبكة البلوك شين، ما يعني أنه يشارك في حفظ نسخة من البيانات وتحديثها بشكل متزامن مع باقي الأطراف، مما يعزز الشفافية ويمنع وجود طرف واحد المسيطر على البيانات.

ومع كل حركة للمنتج داخل السلسلة، يتم تسجيل تحديث فوري للحالة (State Update) مثل: تم الشحن، تم التخزين، تم التسليم، بحيث تصبح كل مرحلة مرئية ويمكن تتبعها لحظياً من قبل الأطراف المصرح لهم. ولضمان المصداقية والأمان، يتم

استخدام تقنيات التشفير التي تجعل أي محاولة لتعديل البيانات الغير الشرعية صعبة جدا، لأن أي تغيير يخل بتسلسل الكتل ويكشف التلاعب مباشرة. (اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، 2020)

بشكل عام، هذه الآلية تجعل سلسلة التوريدات أكثر شفافية، أسرع في التتبع، وأقل عرضة للأخطاء أو التلاعب مقارنة بالأنظمة التقليدية. الشكل الموالي يوضح نموذجا لكيفية استعمال تقنية البلوك تشين في إدارة سلسلة التوريدات الذكية، أي تتبع حركة المنتجات بطرق آمنة وشفافة.

الشكل رقم 09: نموذجا لكيفية استعمال تقنية البلوك تشين في إدارة سلسلة التوريدات الذكية



المصدر: حلول بلوك تشين لإدارة سلسلة التوريد في عام 2026

انطلاقاً من الشكل السابق نلاحظ ما يلي:

(1) الأطراف المشاركة في السلسلة: في أعلى الشكل نجد مختلف المتدخلين في عملية التوريد:

- الموردون: هم الذين يوفرون المواد الأولية أو المنتجات الأساسية للمصانع.
- جهات التصنيع: تقوم بتحويل المواد الأولية إلى منتجات جاهزة.
- الجهات التنظيمية هي الهيئات الرقابية: التي تتابع احترام القوانين والمعايير مثل الجودة والسلامة.

- شركات النقل: تتكفل بنقل البضائع بين مختلف المراحل.
- تجار الجملة: يشترون المنتجات بكميات كبيرة من المصانع ويوزعونها.
- تجار التجزئة: يبيعون المنتجات مباشرة للمستهلك النهائي.
- المستهلك النهائي: هو آخر حلقة في السلسلة ويستطيع متابعة المنتج والتأكد من مصدره وجودته.

(2) فكرة عمل النظام:

كل هذه الأطراف مرتبطة فيما بينها عبر شبكة بلوك شين مشتركة. أي أن كل عملية تتم (تصنيع، نقل، بيع، تخزين...) يتم تسجيلها داخل سجل رقمي لا يمكن التلاعب به بسهولة بهدف زيادة الشفافية تقليل الغش والتزوير، تسهيل تتبع المنتجات، رفع الثقة بين الأطراف وتسريع تبادل المعلومات.

(3) واجهة المستخدم (UI):

في وسط الشكل تظهر واجهة المستخدم وهي التطبيق أو المنصة التي يتعامل معها المستخدمون لإدخال البيانات أو الاطلاع عليها، مثل: تسجيل عملية نقل التأكد من وصول البضاعة، متابعة المخزون ومعرفة مصدر المنتج.

(4) التقنيات المستعملة داخل النظام:

أسفل واجهة المستخدم تظهر عدة تقنيات:

- بروتوكول **RPC**: يسمح بالتواصل بين التطبيقات والعقد الموجودة في شبكة البلوك شين.
- واجهة **REST API**: تربط النظام بالتطبيقات الأخرى وتسمح بتبادل البيانات بسهولة.
- العقود الذكية: وهي برامج تعمل تلقائياً عند تحقق شروط معينة. مثال: إذا وصلت البضاعة وتم التأكد، يتم دفع المستحقات تلقائياً.

(5) سجل مشترك غير قابل للتغيير:

هذه أهم نقطة في الشكل، معنى السجل المشترك كل المشاركين يمتلكون نسخة من البيانات نفسها وهو غير قابل للتغيير بعد تسجيل العملية داخل البلوك شين بحيث لا يمكن حذفها أو تعديلها بسهولة، مما يوفر: الأمان، المصادقية وحماية البيانات.

6) الكتل (Blocks):

في أسفل الشكل نجد: الكتلة 1 الكتلة 2 الكتلة 3 كل كتلة تحتوي على بيانات المعاملات توقيت العملية مترابط بالكتلة السابقة وهذا الترابط يجعل تزوير البيانات شبه مستحيل.

7) الأنظمة المرتبطة بالشبكة:

على يمين الشكل نجد أنظمة أخرى مرتبطة بالبلوك شين وهي:

- مستشعرات إنترنت الأشياء (IoT): تجمع معلومات مباشرة مثل: درجة الحرارة موقع الشحنة حالة التخزين وترسلها تلقائيا إلى الشبكة.
- نظام إدارة المستودعات: يتابع حركة المخزون دخول وخروج السلع أماكن التخزين.
- نظام المحاسبة: يسجل العمليات المالية والفواتير والمدفوعات.

8) الفائدة العامة من هذا النظام:

يساعد هذا النظام على:

- تتبع المنتجات بدقة.
- تقليل التلاعب والغش.
- تسريع المعاملات.
- تحسين إدارة المخزون.
- زيادة الثقة بين الموردين والعملاء.
- تحسين كفاءة سلسلة التوريد.

وبالتالي الشكل يوضح بنية متكاملة لسلسلة توريد ذكية تعتمد على البلوك شين، حيث تتصل جميع الأطراف (المورد، المصنع، النقل، البيع...) بشبكة واحدة مشتركة وآمنة، وكل العمليات تسجل داخل كتل مترابطة وغير قابلة للتعديل، مع الاستفادة من العقود الذكية وإنترنت الأشياء.

مثال:

يمثل مشروع TradeLens مثال عملي على استخدام تقنية البلوك شين في تحسين سلسلة التوريد العالمية، وقد تم تطويره بالشراكة بين شركة الشحن الدنماركية Maersk وشركة التكنولوجيا IBM. يقوم هذا النظام بربط أكثر من 100 جهة مختلفة في سلسلة الشحن مثل الموانئ، شركات النقل، والجمارك داخل منصة رقمية واحدة مشتركة، بحيث يتم تسجيل كل خطوة تخص الحاويات بشكل فوري وشفاف. هذا التكامل سمح بتقليل كبير في الوقت المستغرق لمعالجة الوثائق الورقية والإجراءات الإدارية التي كانت تؤخر الشحنات، كما وفر إمكانية تتبع حركة الحاويات بشكل لحظي عبر العالم.

تحديات استخدام تقنية البلوك شين في إدارة سلسلة التوريدات:

- بطء الأداء مع كثرة المعاملات: كلما كبرت سلسلة التوريد وزادت العمليات، قد تصبح معالجة البيانات أبطأ من المتوقع.
- تكاليف مرتفعة للتطبيق: اعتماد البلوك شين يحتاج استثمارات كبيرة في البنية التحتية والتقنيات والتدريب.
- صعوبة الدمج مع الأنظمة القديمة: كثير من الشركات تستخدم أنظمة تقليدية، وربطها بالبلوك شين ليس عملية سهلة.
- مشكلة دقة البيانات المدخلة: التقنية تضمن عدم التلاعب بالبيانات بعد تسجيلها، لكنها لا تضمن صحة البيانات من الأصل.
- إشكالية الخصوصية: الشفافية العالية في البلوك شين قد تتعارض مع الحاجة لحماية معلومات حساسة داخل سلسلة التوريد.
- غياب معايير موحدة: عدم وجود إطار عالمي موحد يجعل تطبيق التقنية مختلف من نظام لآخر ويصعب التوافق.
- تحديات قانونية وتنظيمية: اختلاف القوانين بين الدول وعدم استقرارها يخلق حالة من عدم اليقين.
- مقاومة التغيير: بعض الأطراف في سلسلة التوريد تتردد في اعتماد التقنية بسبب الخوف من فقدان السيطرة أو تغيير طرق العمل المعتادة.

3- الهوية الرقمية (Digital Identity – SSI) :

مفهوم الهوية الرقمية:

- تعرف IBM Blockchain الهوية الرقمية بأنها مجموعة المعلومات والبيانات الإلكترونية التي تمكن من التعرف على الفرد أو المؤسسة والتحقق من هويتهما عبر الأنظمة الرقمية، مع إمكانية إدارة هذه البيانات وحمايتها باستخدام تقنية البلوك شين.
- وفقا ل Microsoft Entra فإن الهوية الرقمية تمثل البصمة الإلكترونية الخاصة بالمستخدم، وتشمل بيانات التعريف وبيانات تسجيل الدخول والأنشطة الرقمية التي تستخدم للتحقق من الهوية والوصول إلى الخدمات الإلكترونية بشكل آمن.
- وتشير World Economic Forum إلى أن الهوية الرقمية هي تمثيل إلكتروني للفرد يسمح له بإثبات شخصيته والوصول إلى الخدمات المختلفة عبر الإنترنت بطريقة موثوقة وأمنة، مع تعزيز الخصوصية والتحكم في البيانات الشخصية.
- هي نظام يعتمد على مفهوم Self-Sovereign Identity حيث يمتلك المستخدم مفاتيحه الخاصة ويقرر ما الذي يشاركه من بيانات، دون وجود قاعدة بيانات مركزية.

وبالتالي فإن الهوية الرقمية هي وسيلة إلكترونية لتعريف الشخص، وتتكون من شهادة تحتوي على مفتاح عام يمكن مشاهدته ومفتاح خاص يظل سرا. يتيح لك المفتاح الخاص التوقيع على مستند إلكتروني بتوقيع يمكن للآخرين التحقق منه باستخدام المفتاح العام الخاص بك فقط. وهي تمثيل رقمي لمجموعة من المعلومات حول الشخص.

أهمية الهوية الرقمية: (لورنا غاري، 2024)

- الهوية الرقمية أساس بناء الثقة داخل شبكات البلوك شين والأنظمة الرقمية الحديثة .
- تضمن التحقق من هوية الأشخاص والمؤسسات والأجهزة بطريقة آمنة وموثوقة .
- تساعد على حماية البيانات ومنع التلاعب أو انتحال الهوية بفضل تقنيات التشفير .
- تسهل التعاون بين مختلف الأطراف من خلال منح صلاحيات وصول دقيقة وآمنة .
- تتيح الوصول إلى الخدمات والتطبيقات الرقمية من أي مكان وفي أي وقت بسهولة ومرونة .
- تساهم في تبسيط إدارة الحسابات وعمليات تسجيل الدخول داخل المؤسسات والأنظمة السحابية .
- تقلل من الحاجة إلى استخدام عدة كلمات مرور أو وسائل مصادقة معقدة .
- تعزز الأمن السيبراني من خلال التحكم الآمن في الوصول إلى المعلومات الحساسة .
- تساعد المؤسسات على الالتزام بقوانين حماية البيانات والخصوصية والامتثال التنظيمي .
- توفر سجلات دقيقة وشفافة لعمليات الوصول والتعامل مع البيانات داخل النظام .
- تضمن أن المستخدمين المصرح لهم فقط يمكنهم الوصول إلى الخدمات والموارد الرقمية .

- تدعم بيئة البلوك شين في تحقيق الشفافية واللامركزية والأمان في المعاملات الرقمية.

آلية عمل الهوية الرقمية:

تعمل الهوية الرقمية كبطاقة تعريف إلكترونية ذكية تسمح للأنظمة والمنصات الرقمية بالتعرف على الأشخاص أو الأجهزة أو التطبيقات والتأكد من أنها كيانات حقيقية ومصرح لها بالوصول. وتعتمد آلية عملها على جمع مجموعة من البيانات والخصائص الرقمية وربطها معا لتكوين هوية فريدة لكل كيان داخل البيئة الرقمية. وتتمثل مراحل اعداد الهوية الرقمية داخ شبكة البلوك شين في: (لورنا غاري، 2024)

(1) جمع البيانات الرقمية: تبدأ الهوية الرقمية بتجميع معلومات مرتبطة بالشخص أو الجهاز أو المؤسسة، مثل:

- الاسم والبريد الإلكتروني.
- كلمة المرور أو رقم الموظف.
- بصمة الجهاز أو عنوان MAC .
- سجل النشاطات والعمليات السابقة.
- مفاتيح التشفير أو الشهادات الرقمية.

هذه البيانات تشكل ما يعرف بـ "البصمة الرقمية" التي تميز كل مستخدم عن غيره.

(2) إنشاء هوية رقمية فريدة: بعد جمع البيانات، يتم تكوين ملف رقمي خاص بالمستخدم أو الجهاز يحتوي على جميع السمات المرتبطة به. فمثل الموظف يمتلك اسم مستخدم وكلمة مرور وجهاز معتمد من الشركة، أما الهاتف الذكي يمتلك رقم تعريف خاص وبيانات التحقق المشفرة، أما بالنسبة لأجهزة إنترنت الأشياء تمتلك شهادات رقمية تسمح لها بالتواصل الآمن. وبذلك يصبح لكل كيان هوية رقمية لا تتكرر داخل النظام.

(3) عملية المصادقة: عندما يحاول المستخدم أو الجهاز الدخول إلى نظام معين، تبدأ مرحلة التحقق من الهوية، حيث يقارن النظام البيانات المدخلة بالبيانات المخزنة مسبقا. فعلى سبيل المثال يدخل الموظف اسم المستخدم وكلمة المرور ثم يتحقق النظام من الجهاز المستخدم، ويمكن يطلب رمز تحقق إضافي أو بصمة، إذا تطابقت البيانات، يعتبر النظام أن الهوية صحيحة ويتم تأكيد شخصية المستخدم.

(4) منح الصلاحيات: بعد التأكد من الهوية، يحدد النظام مستوى الوصول المسموح به لكل مستخدم أو جهاز. فمثلا موظف الأمن يمكنه مشاهدة تسجيلات الكاميرا وموظف عادي قد يسمح له فقط بفتح الأبواب خلال ساعات العمل. أي أن الهوية الرقمية تحدد من أنت بينما تحدد أنظمة إدارة الهوية والوصول (IAM) ماذا يمكنك أن تفعل.

(5) إنشاء اتصال آمن: بعد المصادقة ومنح الصلاحيات، ينشئ النظام قناة اتصال آمنة بين الأطراف باستخدام التشفير، وذلك لحماية البيانات أثناء انتقالها ومنع التلاعب أو الاختراق، وهذا الأمر مهم خاصة في الخدمات البنكية، التجارة الإلكترونية، الأنظمة السحابية وأجهزة إنترنت الأشياء.

(6) التتبع وإثبات المسؤولية: كل نشاط يتم باستخدام الهوية الرقمية يسجل داخل النظام، مثل وقت الدخول، العمليات المنجزة، الجهاز المستخدم والموقع أو التطبيق المستعمل. وبذلك يمكن تتبع مصدر أي عملية ومعرفة المسؤول عنها بدقة.

وبالتالي فإن آلية عمل الهوية الرقمية تعتمد على جمع البيانات الخاصة بالكيان، ثم استخدامها للتحقق من هويته ومنحه الصلاحيات المناسبة داخل الأنظمة الرقمية. وتساعد هذه العملية على تأمين المعاملات الإلكترونية، حماية البيانات، وتنظيم الوصول إلى الخدمات والتطبيقات والأجهزة المختلفة، مما يجعلها عنصر أساسي في العالم الرقمي الحديث.

4- التصويت الإلكتروني (Blockchain Voting) :

تعريف التصويت الإلكتروني:

يمكن تعريف التصويت الإلكتروني بأنه نظام حديث يشمل مختلف الوسائل الرقمية المستعملة في عملية الاقتراع وإبداء الرأي، سواء عبر الإنترنت أو من خلال أنظمة الحاسوب والشبكات الإلكترونية. وهو يمثل عملية غير مادية يتم فيها تسجيل الأصوات ومعالجتها بشكل آلي بالاعتماد على تكنولوجيا المعلومات والاتصال. (فادي توكل، 2022)

ومن المنظور التقني، ينظر إلى التصويت الإلكتروني على أنه نظام تصويت رقمي يعتمد على التشفير والهوية الإلكترونية لضمان أمان العملية الانتخابية. ويتم فيه استخدام تقنيات مثل التوقيع الرقمي لحماية البيانات والتحقق من هوية الناخبين.

أما عند دمجها مع تقنية البلوك شين، فإن التصويت الإلكتروني يصبح أكثر أمان وشفافية، حيث يتم تسجيل جميع الأصوات داخل سلسلة كتل مشفرة وموزعة. هذا يعني أن كل صوت يسجل كمعاملة رقمية لا يمكن تعديلها أو حذفها بعد إضافتها إلى الشبكة، مما يضمن نزاهة النتائج ويمنع أي تلاعب. (فادي توكل، 2022)

وبذلك، فإن التصويت الإلكتروني عبر البلوك شين لا يضيف تغيير جذري في مفهوم التصويت نفسه، وإنما يعزز آلية تنفيذه من خلال توفير مستوى أعلى من الحماية والأمان، بالاعتماد على التشفير وبنية الشبكات اللامركزية.

أهمية التصويت الإلكتروني:

تظهر أهمية التصويت الإلكتروني باستخدام تقنية البلوك شين في قدرته على توفير نظام انتخابي أكثر أمان وشفافية وموثوقية مقارنة بالأنظمة التقليدية. فهذه التقنية تعتمد على سجل موزع ومشفر يتم فيه تسجيل الأصوات بشكل دائم وغير قابل للتعديل، مما يقلل من احتمالات التزوير أو التلاعب بالنتائج الانتخابية. كما تسمح البلوك شين بتتبع عملية التصويت والتحقق من سلامتها دون الكشف عن هوية الناخب، وهو ما يعزز الثقة في نزاهة الانتخابات.

وتكمن أهميته أيضا في تسريع عملية فرز الأصوات وإعلان النتائج بشكل فوري، إضافة إلى تقليل التكاليف المرتبطة بإدارة الانتخابات الورقية. كما يساهم في الحد من الأخطاء البشرية الناتجة عن العد اليدوي، ويوفر إمكانية مشاركة الناخبين عن بعد بطريقة آمنة، خاصة في المناطق البعيدة أو أثناء الظروف الاستثنائية.

ومن الجوانب الايجابية كذلك أن استخدام العقود الذكية داخل شبكة البلوك شين يسمح بتنفيذ قواعد التصويت والتحقق منها تلقائياً، مثل منع التصويت المكرر وضمان احتساب كل صوت مرة واحدة فقط. لذلك تعتبر هذه التقنية من الحلول الحديثة التي يمكن أن تطور الأنظمة الانتخابية وتزيد من كفاءتها وشفافيتها. (فيصل بن قاسي، رابح سرير عبد الله، 2020)

آلية عمل التصويت الإلكتروني:

تمر عملية التصويت الإلكتروني على شبكة البلوك شين عبر المراحل التالية: (Patsakis, C. & ,Casino, F., Dasaklis, T. K, 2019)

- (1) التحقق من الهوية الرقمية (Digital Identity Verification): يتم تسجيل الناخب مسبقاً عبر هوية رقمية مشفرة (Digital Identity) أو نظام تحقق حكومي. بعد التحقق يسمح له بالتصويت مرة واحدة فقط.
- (2) إنشاء حق التصويت (Voting Right Token): يتم إصدار رمز تصويت رقمي (Token) يمثل صوت الناخب، ويخزن في محفظته الرقمية، ما يمنع تكرار التصويت.
- (3) الإدلاء بالصوت (Casting Vote): يقوم الناخب باختيار مرشحه عبر واجهة إلكترونية، ثم يحوّل هذا الاختيار إلى معاملة مشفرة ترسل إلى شبكة البلوك شين.
- (4) التحقق من المعاملة (Validation by Nodes): تقوم عقد الشبكة بالتحقق من صحة الصوت باستخدام آليات إجماع مثل إثبات الحصة أو خوارزميات خاصة بالأنظمة الانتخابية.
- (5) تسجيل الصوت (Immutable Recording): بعد التحقق، يسجل الصوت داخل كتلة مرتبطة بالسلسلة بشكل دائم، ولا يمكن تعديله أو حذفه.
- (6) الفرز وإعلان النتائج (Smart Contracts Counting): تقوم العقود الذكية (Smart Contracts) بفرز الأصوات بشكل تلقائي في الوقت الحقيقي وإعلان النتائج دون تدخل بشري.

مثال:

من أشهر الأمثلة العالمية على التصويت الإلكتروني باستخدام تقنية البلوك شين مشروع الانتخابات الذي أجري في West Virginia بالولايات المتحدة الأمريكية سنة 2018، حيث تم استخدام تطبيق Voatz للسماح للجنود والمواطنين الأمريكيين الموجودين خارج البلاد بالتصويت عبر الهواتف الذكية باستخدام تقنية البلوك شين.

تعتمد آلية النظام على تسجيل كل صوت انتخابي كمعاملة رقمية مشفرة داخل شبكة بلوك شين، مما يجعل تعديل الأصوات أو حذفها بعد تسجيلها أمر شبه مستحيل. كما يتم التحقق من هوية الناخب من خلال تقنيات الهوية الرقمية والتعرف البيومتري، ثم يحفظ التصويت داخل سجل موزع يضمن الشفافية وإمكانية التتبع دون الكشف عن هوية المصوت.

وقد هدفت هذه التجربة إلى تسهيل مشاركة الناهيين الموجودين خارج البلاد، وتقليل مخاطر التلاعب بالنتائج، بالإضافة إلى رفع مستوى الشفافية والثقة في الانتخابات وتسريع عملية فرز الأصوات وإعلان النتائج.

ورغم أن التجربة لاقت اهتمام عالمي باعتبارها من أوائل تطبيقات البلوك شين في الانتخابات الرسمية، إلا أنها أثارت نقاشات أكاديمية حول الأمن السيبراني وضرورة تطوير الحماية التقنية بشكل مستمر.

5- التأمين الذكي (Smart Insurance) :

مفهوم التأمين الذكي:

- هو استعمال تقنية البلوك شين داخل شركات التأمين من أجل حفظ البيانات وتنفيذ العمليات التأمينية والعقود الذكية بطريقة آمنة وشفافة تقلل من الأخطاء وإساءة الاستخدام. (Yildirim, I, Ensar, S &, 2018)

- التأمين بالبلوك شين هو نظام رقمي حديث يعتمد على العقود الذكية وقواعد البيانات المشتركة لتسهيل المعاملات التأمينية وتحسين كفاءة الخدمات المقدمة للعملاء. (بونعجة سحنون، 2018)

- هو توظيف تقنية البلوك شين في إدارة عمليات التأمين المختلفة مثل المصادقة، التعويضات، وإدارة البيانات، بما يضمن السرعة والدقة والموثوقية. (Yildirim, I, Ensar, S &, 2018)

- هو اعتماد شركات التأمين على شبكة بلوك شين لحماية المعلومات المؤمنة وتبادلها بين الأطراف المختلفة بشكل آمن وغير قابل للتلاعب. (بونعجة سحنون، 2018)

وبالتالي فإن التأمين بتقنية البلوك شين هو نموذج حديث في صناعة التأمين يعتمد على العقود الذكية والبيانات الموزعة من أجل تحسين الأداء، تقليل التكاليف، وزيادة الثقة بين شركة التأمين والعملاء.

أهمية التأمين بتقنية البلوك شين:

- توفير حماية أفضل لبيانات شركات التأمين والعملاء.

- زيادة كفاءة العمليات والإجراءات التأمينية.

- تحسين إدارة المخاطر وتسعير خدمات التأمين.

- رفع مستوى الموثوقية والشفافية في التعويضات والمعاملات.

- القدرة على تقديم الخدمات لعدد أكبر من العملاء بسرعة أكبر.

- زيادة الطلب على منتجات وخدمات التأمين الحديثة.

- توفير نماذج جديدة للعقود الذكية.

- تقليل الأخطاء والاحتيال وإساءة الاستخدام.

- المساهمة في خفض تكاليف شركات التأمين بنسبة معتبرة.

حالات استخدام البلوك شين في الصناعة التأمينية:

هناك العديد من الحالات التأمينية التي يمكن من خلالها استخدام تقنية البلوك شين، وحسب شركة المحاسبة العالمية (KPMG) فإن أهم الاستخدامات التأمينية تتمثل في المجالات التالية: (KPMG International, 2017)

- تأمين السفر والتأمين على الحياة: حيث يتم تطوير نموذج تأمين "الدفع أثناء السفر" الذي يوفر مدفوعات فورية في حالة التأخر أو الإلغاء.

- التأمين ضد الحوادث الشخصية: إنشاء رحلة مطالبات (Claims journey) شفافة تعمل على تحسين رضا العملاء بشكل كبير.

- حفظ السجلات: يستفاد من البلوك شين لإنشاء سجلات الشركة وتنظيمها والاحتفاظ بها في مستودع واحد وموثوق ويمكن الوصول إليه.

- الهويات الرقمية: استخدام بيانات البلوك شين ودفاتر الأستاذ الرقمية لرقمنة معلومات العملاء والتحقق من صحتها وتحسين الامتثال.

- إدارة المطالبات: أتمتة عملية التحقق من التغطية وتبسيط تسوية المطالبات لتحسين كفاءة التشغيل وإزالة التكاليف.

- مطالبات إعادة التأمين: تسمح بأتمتة المطالبات المباشرة الناجمة عن عقود ونماذج إعادة التأمين الذكية.

- تأمين الضمان: إنشاء "مصدر ذهبي" للمعلومات حول سندات الضمان المتاحة في الوقت الفعلي لجميع المشاركين.

مثال عن تجربة المملكة المتحدة في تطبيق البلوك شين في التأمين (B3i):

1) خلفية التجربة: في المملكة المتحدة، واجه قطاع إعادة التأمين مشكلة تقليدية تتمثل في:

- كثرة الوسطاء بين شركات التأمين.
- بطء تبادل العقود والوثائق.
- صعوبة التحقق من البيانات بين الأطراف.

- ارتفاع تكاليف المعالجة الإدارية.

لذلك تم إطلاق مبادرة دولية تعرف باسم **B3i (Blockchain Insurance Industry Initiative)**، وهي ليست شركة بريطانية فقط، بل تحالف عالمي يضم عدة شركات تأمين وإعادة تأمين كبرى في أوروبا وأمريكا وآسيا، وكان من بين المشاركين شركات تعمل في السوق البريطاني.

(2) التعريف بالمشروع:

مشروع **B3i** هو منصة تعتمد على تقنية البلوك شين تهدف إلى:

- رقمنة عقود إعادة التأمين.
- تقليل الاعتماد على الأوراق والوسطاء.
- تسريع تبادل البيانات بين شركات التأمين.
- ضمان شفافية العمليات بين جميع الأطراف.

(3) آلية عمل المنصة:

يعتمد النظام على شبكة بلوك شين خاصة (Private Blockchain) تربط بين شركات التأمين وإعادة التأمين، وتعمل المنصة بالطريقة التالية:

- إنشاء العقد الذكي: يتم تحويل عقد إعادة التأمين إلى عقد ذكي يحتوي على شروط مثل: قيمة التأمين، نسبة المخاطر، التعويضات
- تسجيل البيانات: بحيث كل طرف (شركة تأمين أو إعادة تأمين) لديه عقدة، ويتم تسجيل كل عملية (توقيع العقد، تعديل البيانات، المطالبة بالتعويض) في البلوك شين.
- التنفيذ التلقائي: عند وقوع حادث أو تحقق شرط معين (مثل خسارة مالية أو كارثة) يتم تفعيل التعويض تلقائياً حسب شروط العقد الذكي.
- التحقق المشترك: جميع الأطراف يمكنها رؤية نفس البيانات في الوقت الحقيقي ولا يمكن تعديل البيانات دون موافقة الشبكة.

(4) النتائج المحققة: بعد تطبيق النظام بشكل تجريبي، تم تسجيل عدة نتائج مهمة:

- تقليل وقت معالجة العقود من أسابيع إلى أيام.
- تقليل التكاليف الإدارية المرتبطة بالوساطة.
- رفع مستوى الأمان ومنع التلاعب في البيانات.
- تحسين دقة تتبع المخاطر بين الشركات.

- تعزيز الثقة بين شركات التأمين وإعادة التأمين.

(5) التحديات التي واجهت التجربة: رغم نجاحها النسبي، واجهت B3i عدة صعوبات:

- اختلاف الأنظمة القانونية بين الدول المشاركة.
- الحاجة إلى توحيد معايير البيانات.
- مقاومة بعض الشركات للتغيير الرقمي.
- صعوبة دمج الأنظمة القديمة مع البلوك شين.

(6) أهمية التجربة: تعتبر تجربة B3i نموذج متميز في التأمين وإعادة التأمين، وتتمثل أهميتها فيما يلي:

- أثبتت إمكانية استخدام البلوك شين في التأمين على نطاق دولي.
- قدمت نموذج عملي للعقود الذكية في إعادة التأمين.
- مهدت الطريق لتطبيقات أوسع في التأمين الصحي والسيارات والممتلكات.

خلاصة:

تستعمل تقنية البلوك شين اليوم في عدة مجالات مهمة بهدف تحسين الشفافية وتقليل التلاعب وتسريع العمليات.

ففي التتبع تساعد على متابعة المنتجات من المصدر إلى المستهلك بشكل دقيق وموثوق.

وفي الهوية الرقمية تمنح المستخدم تحكم أكبر في بياناته مع حماية أعلى للخصوصية.

أما في التصويت الإلكتروني فتضمن نزاهة النتائج وصعوبة التلاعب بالأصوات.

وفي التأمين تسهل العقود الذكية تسريع التعويضات وتقليل الاحتيال.

وفي سلسلة التوريد توفر رؤية واضحة لكل مراحل انتقال المنتجات بين الأطراف المختلفة.

وبشكل عام، تعكس هذه التطبيقات قدرة البلوك شين على بناء أنظمة أكثر أمان وشفافية وكفاءة، رغم أنها ما تزال تواجه بعض التحديات في التطبيق الواسع.

المحاضرة رقم 07: مخاطر وتحديات البلوك شين: الأمن،
التشريع والتنظيم، الطاقة، الأثار البيئية والتبني.

تمهيد:

عرف العالم خلال السنوات الأخيرة تطور متسارع في مجال التقنيات الرقمية، وكان لتقنية البلوك شين دور بارز في هذا التحول باعتبارها من أهم الابتكارات التي قامت على مبدأ اللامركزية، الشفافية، وأمن البيانات. وقد ساهمت هذه التقنية في إحداث تغييرات جوهرية في العديد من القطاعات مثل الخدمات المالية، التأمين، الهوية الرقمية، التصويت الإلكتروني، وسلاسل التوريد، بفضل قدرتها على تسجيل المعاملات بطريقة موثوقة يصعب التلاعب بها.

ورغم المزايا العديدة التي توفرها تقنية البلوك شين، إلا أن تطبيقها العملي لا يخلو من مجموعة من المخاطر والتحديات التي تعيق انتشارها الواسع واعتمادها الكامل داخل المؤسسات والمجتمعات. فمع تزايد استخدام الشبكات اللامركزية ظهرت تحديات أمنية مرتبطة بالاختراقات الإلكترونية، وثغرات العقود الذكية، وحماية البيانات والمفاتيح الخاصة. كما برزت إشكالات قانونية وتنظيمية نتيجة غياب تشريعات موحدة تنظم استخدام هذه التقنية وتحدد المسؤوليات القانونية المرتبطة بها.

ومن جهة أخرى، أثارت بعض أنظمة البلوك شين جدل واسع بسبب استهلاكها المرتفع للطاقة، خاصة تلك التي تعتمد على آلية إثبات العمل، الأمر الذي أدى إلى ظهور مخاوف بيئية تتعلق بارتفاع الانبعاثات الكربونية وتأثيرها على الاستدامة البيئية. إضافة إلى ذلك، لا يزال تبني البلوك شين يواجه صعوبات تقنية ومؤسسية تتعلق بالتكلفة، نقص الخبرات، وصعوبة دمج التقنية مع الأنظمة التقليدية.

وعليه، تهدف هذه المحاضرة إلى دراسة أهم المخاطر والتحديات التي تواجه تقنية البلوك شين، مع تحليل أبعادها الأمنية، القانونية، البيئية، والتنظيمية، وفهم تأثيرها على مستقبل هذه التقنية وإمكانية تبنيها بشكل واسع ومستدام.

1- المخاطر والتحديات الأمنية وحماية البيانات:

تضم المخاطر المرتبطة بأمن الشبكة وسلامة المعلومات وحماية المستخدمين، وتشمل:

(أ) المخاطر والثغرات الأمنية: (Entropy Tech Newsletter, 2025)

غالباً ما يتم الترويج للبلوك شين على أنه غير قابل للاختراق، لكن هذا اعتقاد خاطئ. فمع أن شبكات البلوك شين مقاومة جداً للتلاعب، إلا أنها ليست محصنة ضد التهديدات الأمنية. لذلك، يجب على الشركات التي تعتمد على البلوك شين أن تفهم طبيعة هذه الثغرات والمتمثلة في:

- هجمات 51%:

في شبكات البلوك شين العامة مثل البيتكوين، إذا تمكنت جهة ما من السيطرة على أكثر من 50% من القدرة الحاسوبية للشبكة، فقد تتمكن من التلاعب ببيانات المعاملات أو تنفيذ هجمات الإنفاق المزدوج. وعلى الرغم من أن تحقيق ذلك صعب ومكلف، فإنه ليس مستحيلاً، خاصة في شبكات البلوك شين الصغيرة والأقل توزيعاً التي تستخدمها الشركات الناشئة أو الشبكات الخاصة.

- ثغرات نقاط النهاية:

حتى لو كانت البلوك شين نفسها آمنة، فإن التطبيقات التي تتفاعل معها مثل المحافظ الرقمية، وواجهات البرمجة (APIs) أو منصات التداول، قد لا تكون كذلك. وغالب ما يستغل مجرمو الإنترنت هذه النقاط لسرقة المفاتيح الخاصة، أو اختراق بيانات الاعتماد، أو اعتراض المعاملات. ويمكن لثغرة أمنية واحدة في نظام خارجي أن تقود التطبيق القائم على البلوك شين بالكامل.

- استغلال العقود الذكية:

تعتبر العقود الذكية من أكثر خصائص البلوك شين الواعدة، لكنها في الوقت نفسه من أكبر مصادر المخاطر. فالعقود الذكية هي برامج ذاتية التنفيذ تقوم تلقائياً بتنفيذ إجراءات معينة عند تحقق شروط محددة مسبقاً، إلا أنه إذا احتوى العقد الذكي على أخطاء أو تعليمات برمجية ضعيفة، فقد يتم استغلاله. ومن الأمثلة البارزة على ذلك اختراق DAO عام 2016، حيث أدت ثغرة في عقد ذكي على شبكة الإثيريوم إلى خسائر تجاوزت 60 مليون دولار. وتوضح مثل هذه الحوادث أن خطأ برمجي واحد قد يسبب أضراراً مالية.

(ب) مخاوف خصوصية البيانات:

صممت البلوك شين لتكون غير قابلة للتغيير، أي إن البيانات المسجلة لا يمكن تعديلها أو حذفها. وهذا يتعارض مع قوانين مثل اللائحة العامة لحماية البيانات (GDPR) في الاتحاد الأوروبي، التي تمنح الأفراد الحق في النسيان. وبالتالي، فإن تخزين البيانات الشخصية على البلوك شين قد يخلق تعارضات قانونية ويعرض الشركات لعقوبات تنظيمية.

فمثلا في الضرائب والتقارير المالية، بما أن معاملات البلوك شين قد تكون مجهولة الهوية أو تحمل أسماء مستعارة، فإنها تعقد عمليات إعداد التقارير الضريبية والتدقيق المالي. لذلك، يجب على الشركات وضع ممارسات محاسبية واضحة لتوثيق معاملات البلوك شين بدقة وضمان الشفافية أمام المدققين والجهات التنظيمية.

ج) ثغرات العقود الذكية والأخطاء البشرية:

تعمل العقود الذكية على أتمتة الثقة، لكنها تلغي أيضا الإشراف البشري بعد نشرها. وإذا تمت برمجة العقد بشكل خاطئ، فلا توجد طريقة سهلة لتصحيحه دون توافق واسع على مستوى الشبكة، وهو أمر نادر ما يكون عمليا. ومن بين هذه الثغرات والأخطاء ما يلي:

-عدم القابلية للعكس:

بما أن معاملات البلوك شين غير قابلة للتغيير، فقد تكون الأخطاء دائمة. وبمجرد تنفيذ العقد الذكي، يصبح من شبه المستحيل إلغاء المعاملة أو التراجع عنها. وقد يؤدي سطر برمجي خاطئ واحد إلى تجميد أو فقدان ملايين الدولارات بشكل نهائي.

-الشفيرات الخبيثة:

يمكن للقراصنة استغلال الثغرات من خلال إدخال تعليمات خبيثة في العقود الذكية لتنفيذ معاملات غير مصرح بها. ومن دون تدقيق واختبار صارمين، قد تتحول الأخطاء البسيطة إلى اختراقات أمنية خطيرة.

-الاعتماد المفرط على الأتمتة:

رغم أن الأتمتة تقلل التدخل اليدوي، فإنها قد تلغي ضوابط وتوازنات ضرورية. لذلك يجب على الشركات تقييم العمليات التي تستفيد فعلا من العقود الذكية، وتحديد الحالات التي يبقى فيها الحكم البشري ضروري.

2- المخاطر والتحديات التقنية والتشغيلية: (منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، 2022)

ترتبط بأداء الشبكة وكفاءتها وقدرتها على تلبية متطلبات الاستخدام المتزايد، وتشمل:

أ) مشكلات قابلية التوسع والأداء:

رغم أن البلوك شين يوفر الشفافية واللامركزية، فإنه غالبا ما يكون ذلك على حساب السرعة وقابلية التوسع. فقواعد البيانات التقليدية قادرة على معالجة آلاف المعاملات في الثانية، بينما تكون معظم شبكات البلوك شين أبطأ بكثير بسبب آليات الإجماع المستخدمة.

ب) محدودية القدرة الاستيعابية:

على سبيل المثال، يستطيع البيتكوين معالجة نحو 7 معاملات فقط في الثانية، بينما يعالج الإيثريوم ما بين 15 و30 معاملة في الثانية، مقارنة بشبكات مثل Visa التي تستطيع معالجة آلاف المعاملات في الثانية. وهذا القيد يجعل البلوك شين غير مناسب للتطبيقات ذات الحجم الكبير ما لم يتم تحسينه عبر حلول الطبقة الثانية أو البنى التحتية.

ج) ازدحام الشبكة ورسوم المعاملات:

كلما زاد استخدام الشبكة، ارتفعت رسوم المعاملات وأوقات المعالجة، مما يؤدي إلى عدم استقرار التكاليف التشغيلية، خاصة بالنسبة للشركات الناشئة التي تعتمد على معاملات منخفضة التكلفة.

د) تحديات التكامل والتشغيل البيئي:

يمكن أن يكون تنفيذ تقنية البلوك شين داخل البنية التحتية الحالية لتكنولوجيا المعلومات أمر معقد ومكلف، إذ إن معظم الأنظمة التقليدية لم تصمم للتفاعل مع الشبكات اللامركزية، مما يتطلب تعديلات كبيرة.

- توافق الأنظمة:

غالبا ما يتطلب دمج البلوك شين مع أنظمة المؤسسات مثل ERP أو CRM أو برامج المحاسبة تطويرا مخصصا وخبرات متخصصة. وقد يؤدي ذلك إلى تأخير التنفيذ، وزيادة التكاليف، وظهور مخاطر أمنية جديدة إذا لم تتم العملية بشكل صحيح.

- التشغيل البيئي بين شبكات البلوك شين:

لا يوجد حاليا معيار عالمي يتيح التواصل بين شبكات البلوك شين المختلفة. وهذا يعني أن البيانات أو الأصول المخزنة على شبكة معينة لا يمكن نقلها بسهولة إلى شبكة أخرى دون استخدام جسر خارجية قد تكون عرضة للهجمات.

يتطلب تطوير البلوك شين مهارات متخصصة في التشفير، والحوسبة الموزعة، وبرمجة العقود الذكية. ويجعل النقص العالمي في هذه الكفاءات من الصعب والمكلف على الشركات بناء أو صيانة حلول البلوك شين داخليا.

هـ) المخاطر غير المعروفة والتطور التكنولوجي:

أحد أكبر المخاطر المرتبطة بالبلوك شين هو حالة عدم اليقين، إذ لا تزال هذه التقنية تتطور بسرعة كبيرة. ويتم باستمرار تقديم آليات إجماع جديدة، وحلول خصوصية، وبروتوكولات تشغيل بيئي جديدة. لذلك، فإن ما يبدو آمنا اليوم قد يصبح قديما غدا. وعلى الشركات أن تبقى مرنة وتتابع باستمرار التطورات التقنية والتنظيمية للتكيف معها. كما يواجه المتبنون الأوائل تحدي مزدوج يتمثل في البقاء في المقدمة المنافسة مع تجنب الاستثمار المبكر في تقنيات غير ناضجة.

3- المخاطر والتحديات القانونية والتنظيمية: (المنتدى الاقتصادي العالمي، 2020)

تتعلق بالأطر التشريعية والقوانين المنظمة لاستخدام تقنية البلوك شين، وتشمل:

أ) غياب التنظيم القانوني:

يعتبر غياب التنظيم الموحد من أكبر المخاطر التي تواجه الشركات التي تعتمد البلوك شين، إذ تعمل هذه التقنية عبر الحدود، مما يشكل تحدياً للأطر التنظيمية التقليدية المتعلقة بالمعاملات المالية، وخصوصية البيانات، والهوية الرقمية.

ب) المشهد القانوني المتغير:

لا تزال الحكومات حول العالم تحدد كيفية تنظيم الأنظمة القائمة على البلوك شين. فما هو قانوني اليوم قد لا يكون كذلك غداً. فعلى سبيل المثال، تختلف القوانين المتعلقة بالعملات المشفرة، وإصدار الرموز الرقمية (ICOs)، وتخزين البيانات بشكل كبير بين الدول. ولذلك، يتعين على الشركات الدولية التعامل مع مجموعة متباينة من متطلبات الامتثال، مما قد يؤدي إلى تحديات تشغيلية وقانونية.

4- المخاطر والتحديات البيئية: (International Energy Agency, 2024)

ترتبط بالموارد اللازمة لتشغيل بعض شبكات البلوك شين وتأثيرها على البيئة، وتتمثل في استهلاك الطاقة حيث تشتهر شبكات إثبات العمل باستهلاكها المرتفع للطاقة، مما يثير مخاوف بيئية وتشغيلية. وقد تصبح تكلفة تشغيل شبكة البلوك شين مرتفعة جداً بالنسبة للمؤسسات الصغيرة، مما يقلل من استدامتها على المدى الطويل.

5- مخاطر وتحديات الثقة والسمعة: (World Economic Forum, 2020)

ترتبط بمدى ثقة المستخدمين والمؤسسات في التقنية وفي الجهات التي تعتمد عليها، وتتمثل في مخاطر السمعة والثقة حيث أن تطبيق البلوك شين ليس قراراً تقنياً فقط، بل هو أيضاً قرار استراتيجي ومرتبطة بالسمعة. فإذا حدث خطأ ما، فقد يضر ذلك بمصداقية الشركة أمام العملاء والمستثمرين والشركاء. وتشمل هذه المخاطر ما يلي:

- التصور العام:

غالباً ما يرتبط البلوك شين بالعملات المشفرة، التي ترتبط بعضها بعمليات احتيال أو مضاربات مالية. لذلك، قد تواجه الشركات التي تستخدم البلوك شين شكوكاً أو تصورات خاطئة من العملاء غير المطلعين على تطبيقاته المشروعة.

- فشل عمليات التنفيذ:

قد يؤدي تنفيذ مشروع بلوك شين بشكل سيئ إلى الإضرار بثقة الآخرين في كفاءة الشركة التقنية. وقد أطلقت العديد من المؤسسات مشاريع تجريبية لم تحقق قيمة حقيقية، مما أدى إلى خسائر مالية وإضرار بالعلامة التجارية.

كيف يمكن للشركات الحد من مخاطر البلوك شين؟

رغم وجود هذه المخاطر، فإنه يمكن إدارتها بفعالية من خلال ما يلي:

- التخطيط الجيد، والحوكمة، والانضباط التقني.
- إجراء تقييمات شاملة للمخاطر قبل اعتماد حلول البلوك شين.
- اختيار منصات وأطر عمل موثوقة ذات سجل أمني قوي.
- تنفيذ عمليات تدقيق واختبار مستمر للعقود الذكية.
- ضمان الامتثال القانوني عبر الاستعانة بخبراء قانونيين متخصصين في تشريعات البلوك شين.
- اعتماد شبكات بلوك شين هجينة أو خاصة لتحقيق مزيد من التحكم والخصوصية.
- الاستثمار في تدريب الموظفين وبناء الخبرات الداخلية.
- الحفاظ على الشفافية والتواصل مع أصحاب المصلحة بشأن أهداف البلوك شين وحدوده.

خلاصة:

تعتبر تقنية البلوك شين من أهم التقنيات الحديثة بفضل ما توفره من شفافية، أمان، ولامركزية في إدارة البيانات والمعاملات. ورغم مزاياها الكبيرة، فإنها تواجه العديد من المخاطر والتحديات أبرزها المخاطر الأمنية، ثغرات العقود الذكية، والغموض القانوني والتنظيمي. كما أن استهلاك الطاقة المرتفع لبعض الشبكات يثير مخاوف بيئية واقتصادية.

إضافة إلى ذلك، تعاني التقنية من مشكلات تتعلق بسرعة المعاملات، صعوبة التكامل مع الأنظمة التقليدية، ونقص الخبرات المتخصصة، مما يحد من انتشارها الواسع. ومع ذلك تبقى البلوك شين تقنية واعدة، ويتوقف نجاحها المستقبلي على تطوير حلول أكثر أمان وكفاءة واستدامة.

المحاضرة رقم 08: تطوير تطبيقات البلوك شين: أدوات
التطوير، برمجة العقود الذكية
(**programmation de smart contracts**) و
النشر على البلوك شين.

تمهيد:

في ظل التطور السريع الذي تشهده تقنيات البلوك شين، أصبحت عملية تطوير التطبيقات اللامركزية من المجالات الحيوية التي تجذب اهتمام الباحثين والمطورين. فبعد أن كانت هذه التقنية مرتبطة بالعملات الرقمية، توسعت استخداماتها لتشمل مجالات متعددة مثل التمويل اللامركزي، إدارة الهوية الرقمية، وسلاسل التوريد.

وتتناول هذه المحاضرة أساسيات تطوير تطبيقات البلوك شين، انطلاقاً من التعرف على أهم أدوات التطوير والمنصات المستخدمة، مروراً ببرمجة العقود الذكية (Smart Contracts) التي تمثل العنصر الأساسي في تشغيل التطبيقات اللامركزية وتنفيذ العمليات بشكل تلقائي وآمن دون وسطاء، وصولاً إلى مرحلة نشر هذه التطبيقات على شبكات البلوك شين العامة أو الخاصة.

كما سيتم التطرق إلى كيفية إعداد بيئة التطوير، واختيار لغات البرمجة المناسبة، وآليات اختبار العقود الذكية قبل نشرها، لضمان موثوقية التطبيق وأمانه. وتهدف هذه المحاضرة إلى تمكين المتعلم من فهم المسار الكامل لبناء تطبيق بلوك شين عملي، من الفكرة إلى التنفيذ الفعلي على الشبكة.

1- أدوات تطوير تطبيقات البلوك شين:

تضم مجموعات أدوات تطوير البلوك شين (Blockchain Development Toolkits) مجموعة من الأدوات والأطر والمكتبات والموارد البرمجية التي تساعد المطورين على إنشاء تطبيقات البلوك شين والعقود الذكية بطريقة أكثر سهولة وكفاءة. توفر هذه المجموعات حلول جاهزة تقلل من التعقيد التقني لعملية التطوير، وتمكن المطورين من التفاعل مع شبكات البلوك شين بكفاءة أعلى، مما يسرع بناء التطبيقات ويخفف عبء البرمجة من الصفر، مع التركيز على الابتكار بدل التفاصيل التقنية المعقدة.

وغالبا ما تكون هذه الأدوات مخصصة لمنصات معينة مثل Ethereum أو Hyperledger Fabric أو Corda ، حيث تختلف كل منصة في متطلباتها التقنية وواجهات البرمجة الخاصة بها.

-المكونات الرئيسية لمجموعات تطوير البلوك شين: (صموئيل غبادبو، 2024)

تتكون هذه المجموعات من عدة عناصر أساسية تدعم المطور في جميع مراحل بناء التطبيقات:

أ) لغات البرمجة:

تستعمل لكتابة العقود الذكية وهي عقود رقمية تنفذ تلقائيا عند تحقق الشروط. من أشهر هذه اللغات :

▪ Solidity:

تمثل Solidity اللغة الأكثر استخداما في تطوير عقود Ethereum الذكية. تتميز بأنها مصممة للعمل مباشرة مع آلة Ethereum الافتراضية (EVM) ، مما يسمح بتحويل الكود إلى Bytecode وتنفيذه على الشبكة، وتتشابه في بنيتها مع JavaScript وC++، مما يسهل تعلمها وانتشارها بين المطورين.

▪ Vyper:

هي بديل عن Solidity يركز على البساطة وسهولة التدقيق الأمني. تعتمد على أسلوب قريب من Python ، ما يجعل كودها أكثر وضوح وسهولة في القراءة، ويقلل من الأخطاء والثغرات المحتملة بسبب تقليل التعقيد البرمجي.

▪ Rust:

تتميز Rust بأدائها العالي وأمانها القوي، خاصة في إدارة الذاكرة والتزامن. تستخدم بشكل واسع في مشاريع مثل Polkadot ، كما تعتمد إلى جانب لغات مثل C++ وGo لبناء أنظمة بلوك شين عالية الأداء وقابلة للتوسع.

(ب) أدوات الاختبار: (B. Harrington, 2019)

الاختبار عنصر أساسي في تطوير البرمجيات، وفي البلوك شين له أهمية أكبر بسبب حساسية المعاملات، و من بين أهم أدوات الاختبار:

▪ **Ganache:**

أداة محاكاة لشبكة Ethereum محلية، تسمح باختبار العقود الذكية دون الحاجة إلى الشبكة الحقيقية. توفر بيئة مرنة لتجربة العقود، مع إمكانية التحكم في الغاز والحسابات والظروف الشبكية.

▪ **Mocha وChai:**

Mocha إطار لاختبار JavaScript يتيح تنظيم الاختبارات بسهولة، بينما Chai توفر مكتبة تأكيدات (Assertions) تساعد على كتابة اختبارات واضحة وقابلة للفهم. يستخدمان معاً لاختبار وحدات وتكامل تطبيقات البلوك شين.

(ج) 3. أطر ومكتبات التطوير: (Androulaki, E., et al., 2019)

تساعد هذه الأدوات في تسريع عملية بناء تطبيقات البلوك شين من خلال توفير وظائف جاهزة.

▪ **Web3.js:**

مكتبة JavaScript تستخدم للتفاعل مع شبكة Ethereum، مثل نشر العقود الذكية وإدارة الحسابات وتنفيذ المعاملات، وتعد من الأدوات الأساسية لبناء التطبيقات اللامركزية.

▪ **Truffle:**

إطار تطوير شامل لـ Ethereum يضم أدوات للترجمة والنشر والاختبار، إضافة إلى تكامل مع Ganache لتسهيل بيئة التطوير المحلية.

▪ **OpenZeppelin:**

مكتبة تحتوي على عقود ذكية جاهزة وآمنة ومعتمدة، مثل عقود الرموز ERC-20 وERC-721، وتساعد المطورين على تقليل الأخطاء وتعزيز الأمان.

▪ **ethers.js:**

مكتبة خفيفة وقوية للتفاعل مع Ethereum، تتميز بالبساطة والكفاءة في إدارة العقود والمعاملات.

▪ **Hyperledger Fabric SDK:**

توفر أدوات تطوير للتفاعل مع شبكة Hyperledger، وتدعم لغات مثل JavaScript وJava وGo، مما يسهل بناء تطبيقات المؤسسات.

▪ Nethereum:

مكتبة مخصصة لبيئة NET للتعامل مع Ethereum ، وتتيح تطوير العقود الذكية والتفاعل معها ضمن أنظمة Microsoft .

- حالات استخدام أدوات تطوير البلوك شين:

نستعمل هذه الأدوات في عدة مجالات رئيسية:

- إدارة سلسلة التوريد: تحسين الشفافية وتتبع المنتجات ومنع التزوير.
- الخدمات المالية: تنفيذ معاملات آمنة، التحويلات الدولية، التمويل اللامركزي وترميز الأصول.
- إدارة الهوية: إنشاء هويات رقمية لامركزية مع حماية البيانات والتحقق الآمن.
- أنظمة التصويت: ضمان نزاهة الانتخابات ومنع التلاعب مع الحفاظ على الخصوصية.
- الرعاية الصحية: إدارة السجلات الطبية ومشاركة البيانات بين المؤسسات بأمان.
- العقارات: تقليل الوسطاء وتوثيق الملكية بشكل شفاف وآمن.
- إنترنت الأشياء: تأمين الاتصال بين الأجهزة الذكية.
- الألعاب والأصول الرقمية: إنشاء ألعاب لامركزية وتمكين ملكية حقيقية للأصول داخل اللعبة.

- فوائد استخدام أدوات تطوير البلوك شين

- توفير الوقت والتكلفة: استخدام مكونات جاهزة يقلل الجهد في التطوير.
- المرونة: إمكانية تخصيص الأدوات حسب احتياجات المشروع.
- التحديث المستمر: مواكبة التطورات في تقنيات البلوك شين.
- تبسيط التطوير: تقليل التعقيد عبر مكتبات وأطر جاهزة.
- تحسين تتبع: تسجيل كل العمليات بشكل شفاف وقابل للتدقيق.
- تعزيز الشفافية والثقة: إتاحة المعاملات بشكل علني مع الحفاظ على الخصوصية.

تحديات استخدام أدوات تطوير البلوك شين:

- تعقيد التكامل: صعوبة دمج البلوك شين مع الأنظمة التقليدية.
- الأمان والنضج: بعض الأدوات ما تزال حديثة وقد تحتوي على ثغرات.
- ضعف الدعم المجتمعي: نقص التوثيق أو الدعم في بعض الأدوات، مما يصعب حل المشكلات.

2- برمجة العقود الذكية:

العقود الذكية هي برامج رقمية تعمل تلقائيا عند تحقق شروط معينة يتم تحديدها مسبقا داخل الكود البرمجي. تعتبر من أهم تطبيقات تقنية البلوك تشين، لأنها تسمح بتنفيذ الاتفاقيات بشكل مباشر وشفاف دون الحاجة إلى وسيط مثل البنوك أو الهيئات المركزية. تعتمد هذه العقود على شبكات لامركزية تتيح لجميع الأطراف التحقق من المعاملات بطريقة آمنة وموثوقة، مما يزيد من الثقة ويقلل من احتمالات التلاعب.

تتميز العقود الذكية بعدة فوائد، من أبرزها السرعة في تنفيذ العمليات، تقليل التكاليف، تحسين الكفاءة، وتعزيز الأمان والشفافية. كما أن استخدامها لا يقتصر على مجال واحد، بل يشمل العديد من القطاعات مثل الخدمات المالية، إدارة سلاسل التوريد، الرعاية الصحية، والتأمين. وتستعمل لغة Solidity بشكل أساسي لتطوير هذه العقود على منصة Ethereum، مما يجعل فهم العقود الذكية خطوة أساسية لفهم تطبيقات البلوك تشين الحديثة.

أ) لغة برمجة العقود الذكية (Solidity):

تمثل Solidity لغة برمجة ذات نوع ثابت (Statically Typed Language) تم تطويرها خصيصا لبرمجة العقود الذكية على شبكة Ethereum. وتعتبر اللغة الأكثر استخداما في تطوير التطبيقات اللامركزية (DApps)، لما توفره من أدوات وخصائص تساعد المطورين على إنشاء عقود ذكية تتميز بالأمان والكفاءة والموثوقية.

تتميز لغة Solidity بقدرتها على تنفيذ وظائف وعمليات معقدة داخل العقود الذكية، حيث تدعم مفهوم الوراثة (Inheritance)، الذي يسمح بإعادة استخدام الشيفرة البرمجية وبناء عقود ذكية بطريقة معيارية ومنظمة، الأمر الذي يساهم في تحسين قابلية صيانة الكود وتطويره في المستقبل. كما تتيح للمطورين إمكانية إنشاء أنواع بيانات مخصصة، مما يساعد على التعامل مع هياكل بيانات معقدة تناسب مختلف التطبيقات اللامركزية.

ومن الجوانب المهمة في Solidity اعتمادها على نظام الكتابة القوية والثابتة للبيانات، وهو ما يساهم في تقليل الأخطاء البرمجية والثغرات التي قد تظهر أثناء تنفيذ العقود الذكية. إضافة إلى ذلك توفر اللغة مجموعة من آليات الأمان، مثل التحكم في صلاحيات الوصول، وملكية العقود، ومحددات تنفيذ الوظائف، بهدف منع العمليات غير المصرح بها وحماية أموال المستخدمين من الهجمات والاختراقات المحتملة.

وترتبط Solidity بشكل مباشر بآلة الإيثريوم الافتراضية (EVM)، مما يضمن التوافق الكامل مع شبكة إيثريوم ويسمح بتنفيذ العقود الذكية بكفاءة وسلاسة داخل بيئة البلوك تشين. كما تدعم اللغة البيانات الوصفية (Metadata)، التي تعتبر ضرورية لتسهيل التفاعل بين العقود الذكية والتطبيقات اللامركزية المختلفة داخل النظام البيئي للإيثريوم.

ب) أنواع البيانات والمتغيرات في Solidity :

تعتبر أنواع البيانات (Data Types) والمتغيرات (Variables) من العناصر الأساسية في لغة البرمجة Solidity، إذ تعتمد عليها العقود الذكية في تخزين المعلومات ومعالجتها وتنفيذ العمليات المختلفة داخل شبكة Ethereum. ويمثل فهم هذه المفاهيم خطوة ضرورية لتطوير عقود ذكية تتميز بالكفاءة والأمان والقدرة على إدارة البيانات بصورة فعالة.

1) البيانات:

توفر Solidity مجموعة متنوعة من أنواع البيانات، ويؤدي كل نوع وظيفة محددة حسب طبيعة البيانات المراد تخزينها أو استخدامها داخل العقد الذكي. ومن أهم هذه الأنواع: (Solidity, 2025)

■ **البيانات البوليانية (Boolean):** تستخدم البيانات البوليانية لتمثيل حالتين منطقيتين فقط، هما:

- صحيح (true)

- خطأ (false)

ويستفاد منها في العمليات الشرطية وعمليات التحقق من صحة الشروط داخل العقود الذكية، مثل التأكد من صلاحية مستخدم أو تفعيل وظيفة معينة.

مثال:

```
</> solidity
```

```
bool isActive = true;
```

■ **الأعداد الصحيحة (Integers):** تستخدم الأعداد الصحيحة لتخزين القيم العددية، وتنقسم في Solidity إلى نوعين رئيسيين:

unit: لتخزين الأعداد الصحيحة غير السالبة.

int: لتخزين الأعداد الصحيحة الموجبة والسالبة.

ويستعمل النوع unit بشكل واسع في التطبيقات المالية والعقود الذكية لأنه يتناسب مع طبيعة المعاملات التي لا تتطلب قيماً سالبة.

مثال:

```
solidity </>
```

```
uint age = 25;  
int balance = -10;
```

▪ **نوع العنوان (Address) :**

يستخدم نوع البيانات address لتخزين عناوين الحسابات على شبكة Ethereum ، سواء كانت حسابات مستخدمين أو عقود ذكية. ويعد هذا النوع من أهم الأنواع في Solidity لأنه يسمح بإرسال واستقبال العملات الرقمية والتفاعل مع العقود الأخرى.

مثال:

```
solidity </>
```

```
address owner;
```

▪ **السلاسل النصية (Strings) :**

تستخدم السلاسل النصية لتخزين النصوص والبيانات الحرفية، مثل أسماء المستخدمين أو الرسائل أو المعلومات الوصفية.

مثال:

```
solidity </>
```

```
string public name = "Blockchain";
```

▪ **المصفوفات (Arrays) :**

تستخدم المصفوفات لتخزين مجموعة من القيم التي تنتمي إلى النوع نفسه، مما يسمح بتنظيم البيانات وإدارتها بصورة أكثر كفاءة.

مثال:

```
solidity </>
```

```
uint[ ] numbers;
```

ويمكن أن تكون المصفوفات:

-ثابتة الحجم. (Fixed Array)

-ديناميكية الحجم (Dynamic Array).

■ الخرائط (Mappings):

تعد الخرائط من أكثر أنواع البيانات استعمالاً في العقود الذكية، حيث تسمح بربط قيمة معينة بمفتاح محدد، بطريقة مشابهة للقواميس أو الجداول في لغات البرمجة الأخرى.

مثال:

```
solidity </>
```

```
mapping(address => uint) balances;
```

وتستخدم الخرائط لتخزين أرصدة المستخدمين أو بيانات الحسابات المختلفة داخل العقد الذكي.

2 المتغيرات في Solidity : (غوراف كونال، 2023)

المتغيرات هي مواقع تخزين تستخدم للاحتفاظ بالبيانات داخل العقد الذكي، ويتم التصريح عنها من خلال تحديد نوع البيانات متبوعاً باسم المتغير.

مثال:

```
solidity </>
```

```
uint public counter = 0;
```

وفي الإصدارات الحديثة من Solidity ، يفضل التصريح الصريح بنوع البيانات بدلاً من استخدام الكلمة المفتاحية var، وذلك لتحسين وضوح الكود وتقليل الأخطاء البرمجية.

كما يمكن تعديل قيمة المتغير أثناء تنفيذ العقد الذكي حسب العمليات المطلوبة.

مثال:

```
counter = counter + 1;
```

أهمية اختيار نوع البيانات المناسب:

يؤثر اختيار نوع البيانات المناسب بشكل مباشر على كفاءة العقد الذكي واستهلاك الموارد داخل شبكة Ethereum . فكلما تم استخدام نوع بيانات ملائم لطبيعة المعلومات المخزنة، ساهم ذلك في:

- تقليل استهلاك مساحة التخزين .

- خفض تكاليف الغاز (Gas Fees) .

- تحسين سرعة تنفيذ العمليات .

- زيادة كفاءة وأمان العقد الذكي .

فعلى سبيل المثال، يعتبر استعمال النوع `bool` لتخزين القيم المنطقية أكثر كفاءة من استعمال نوع عددي، كما أن استعمال أنواع دقيقة مثل `uint8` أو `uint256` يساعد على تحسين إدارة الذاكرة والموارد.

تمثل أنواع البيانات والمتغيرات الأساس الذي تعتمد عليه العقود الذكية في لغة `Solidity`، إذ تمكن المطور من تخزين البيانات وتنظيمها ومعالجتها بكفاءة داخل تطبيقات البلوك شين. ويساعد الفهم الجيد لهذه المفاهيم على تطوير عقود ذكية أكثر أماناً وفعالية، مع تقليل تكاليف التنفيذ وتحسين الأداء العام للتطبيقات اللامركزية.

- معالجة الأخطاء والاستثناءات في `Solidity`

عند تطوير العقود الذكية باستخدام لغة `Solidity`، تعد معالجة الأخطاء والاستثناءات من العناصر الأساسية لضمان أمان العقد وموثوقيته داخل بيئة البلوك شين. فالعقود الذكية تتعامل مع بيانات حساسة وأصول رقمية ذات قيمة مالية، لذلك فإن أي خطأ برمجي قد يؤدي إلى خسائر كبيرة أو إلى ظهور ثغرات أمنية خطيرة.

تشير معالجة الأخطاء إلى الآليات التي يستخدمها المطور للكشف عن الأخطاء المحتملة أثناء تنفيذ العقد الذكي والتعامل معها بطريقة تمنع حدوث سلوك غير متوقع. ومن بين الأخطاء الشائعة في `Solidity` القسمة على الصفر، تجاوز حدود المتغيرات العددية `Overflow` و `Underflow` أو تنفيذ عمليات غير مصرح بها. وللتعامل مع هذه الحالات، توفر `Solidity` مجموعة من التعليمات المهمة مثل:

require للتحقق من صحة الشروط والمدخلات قبل تنفيذ العملية.

assert للتأكد من صحة الفرضيات الداخلية للعقد.

revert لإيقاف المعاملة والتراجع عن التغييرات عند حدوث خطأ.

تساعد هذه الآليات على حماية أموال المستخدمين ومنع تنفيذ العمليات غير الصحيحة أو الخطيرة داخل العقد الذكي.

أما معالجة الاستثناءات، فهي تتعلق بالتعامل مع الحالات غير المتوقعة التي قد تظهر أثناء تشغيل العقد، مثل فشل استدعاء عقد آخر أو حدوث خطأ أثناء تنفيذ معاملة معينة. وتوفر `Solidity` آليات تسمح بالتقاط هذه الحالات والتعامل معها بطريقة منظمة، مما يمنع توقف العقد أو دخوله في حالة غير مستقرة.

يساهم الاستخدام الصحيح لمعالجة الأخطاء والاستثناءات في تحسين استقرار العقود الذكية وزيادة مستوى الأمان فيها، كما يساعد على تقليل الثغرات البرمجية وتعزيز ثقة المستخدمين في التطبيقات اللامركزية. بالإضافة إلى ذلك فإن إجراء اختبارات دقيقة ومراقبة أداء العقود بعد نشرها يعد خطوة ضرورية للتأكد من فعالية آليات الحماية ومعالجة الأخطاء.

وبالتالي تمثل معالجة الأخطاء والاستثناءات جزءاً جوهرياً من تطوير العقود الذكية في Solidity، لأنها تضمن تنفيذ العمليات بشكل آمن وموثوق وتحافظ على سلامة النظام وأصول المستخدمين.

3- تفاعلات العقود الذكية في Solidity :

تمثل القدرة على التفاعل بين العقود الذكية من أهم الخصائص التي توفرها لغة Solidity، حيث تسمح ببناء تطبيقات لامركزية متكاملة تتكون من عدة عقود مترابطة تعمل معاً داخل شبكة البلوك شين.

يعتمد هذا التفاعل على استخدام عناوين العقود الذكية واستدعاء الدوال الخاصة بها. فعند نشر أي عقد ذكي على البلوك شين، يحصل على عنوان فريد يستخدم للتعرف عليه والتواصل معه. ومن خلال هذا العنوان، يمكن لعقد ذكي آخر استدعاء وظائفه وتنفيذ عمليات معينة بداخله.

تتيح هذه الميزة إنشاء أنظمة لامركزية معقدة ومتعددة الوظائف. فعلى سبيل المثال، في سوق إلكتروني لامركزي، يمكن لعقد ذكي مسؤول عن عمليات البيع أن يتفاعل مع عقد آخر يحتفظ بأموال المشترين، ثم يقوم بتحويل الأموال إلى البائع بعد إتمام عملية الشراء وتحديث ملكية المنتج تلقائياً.

يساعد هذا النوع من التفاعل على بناء بيئة مترابطة من العقود الذكية تتبادل البيانات والعمليات بشكل آمن، مما يزيد من كفاءة التطبيقات اللامركزية ويوسع نطاق استخدامها في مختلف المجالات مثل التمويل الرقمي، وسلاسل التوريد، والتأمين، والتصويت الإلكتروني.

وبالتالي، فإن تفاعلات العقود الذكية تمثل أساس مهم في تصميم أنظمة بلوك شين متقدمة قادرة على تنفيذ عمليات معقدة بطريقة آلية وشفافة دون الحاجة إلى وسطاء.

4- نشر العقود الذكية على البلوك شين:

بعد الانتهاء من تطوير العقد الذكي باستخدام Solidity، تأتي مرحلة النشر، وهي العملية التي يتم من خلالها رفع العقد إلى شبكة البلوك شين ليصبح قابلاً للتنفيذ والتفاعل من قبل المستخدمين والعقود الأخرى.

توجد عدة طرق لنشر العقود الذكية، وتختلف حسب المنصة والأدوات المستخدمة. من أكثر الطرق استخداما بيئات التطوير المتكاملة (IDE) المخصصة للعقود الذكية، مثل Remix ، والتي توفر واجهات تسهل عملية تجميع العقد ونشره مباشرة على شبكة البلوك شين.

تعتمد عملية النشر على عنصرين أساسيين هما:

Bytecode : وهو الكود المترجم للعقد الذكي الذي يتم رفعه إلى شبكة البلوك شين.

ABI (Application Binary Interface) : وهي الواجهة التي تحدد كيفية التفاعل مع وظائف العقد بعد نشره.

وبسبب حساسية العقود الذكية وصعوبة تعديلها بعد نشرها، من الضروري إجراء اختبارات دقيقة ومحاكاة شاملة للعقد قبل نشره على الشبكة الحقيقية. تساعد هذه الاختبارات في اكتشاف الأخطاء والثغرات الأمنية والتأكد من أن العقد يعمل بكفاءة ووفق السلوك المتوقع.

لذلك تعتبر مرحلة النشر خطوة حاسمة في دورة تطوير العقود الذكية، إذ تتطلب دقة كبيرة لضمان أمان العقد واستقراره وفعاليته داخل بيئة البلوك شين.

خلاصة:

تطوير تطبيقات البلوك شين يعتمد على ثلاث مراحل أساسية: استخدام أدوات التطوير لاختبار وبناء التطبيقات، ثم برمجة العقود الذكية باستخدام Solidity لتنفيذ العمليات تلقائيا بشكل آمن ولا مركزي، وأخيرا نشر هذه العقود على شبكة البلوك شين لتصبح جاهزة للاستخدام الفعلي. ويهدف هذا المجال إلى إنشاء تطبيقات شفافة، آمنة، وبدون وسطاء.

المحاضرة رقم 09: التطبيقات الاقتصادية للبلوك شين:
الأسواق المالية، الجهات الحكومية وتطبيقات أخرى.

تمهيد:

تعتبر تقنية البلوك شين من أبرز التقنيات الرقمية الحديثة التي أحدثت تطورا كبيرا في مختلف القطاعات الاقتصادية والمالية والإدارية، نظرا لما توفره من شفافية وأمان وسرعة في تنفيذ المعاملات وحفظ البيانات. وقد بدأت هذه التقنية بالظهور من خلال العملات الرقمية، ثم توسعت تطبيقاتها لتشمل مجالات متعددة مثل الأسواق المالية، التحويلات والمدفوعات المالية، تمويل التجارة، التأمين، الشمول المالي، والخدمات الحكومية كإدارة الهوية الرقمية والسجلات الإلكترونية، إضافة إلى استخدامها في مجالات الصحة وسلاسل التوريد وغيرها.

وتعتمد تقنية البلوك شين على نظام لامركزي يسمح بتسجيل البيانات والمعاملات بطريقة آمنة وغير قابلة للتلاعب، مما ساهم في تعزيز الثقة بين مختلف الأطراف وتقليل الحاجة إلى الوسطاء التقليديين. كما ساعدت هذه التقنية في تحسين كفاءة الخدمات، تقليل التكاليف، وتسريع الإجراءات في العديد من الأنشطة الاقتصادية والإدارية.

وتتناول هذه المحاضرة أهم تطبيقات البلوك شين في القطاع المالي والجهات الحكومية وغيرها من المجالات.

1- تطبيقات البلوك تشين في القطاع المالي:

(أ) الأسواق المالية:

تسعى البورصات العالمية إلى الاستفادة من تقنية البلوك تشين في تنفيذ وحفظ التداولات في أسواق الأوراق المالية لتقليل التكلفة وتبسيط الإجراءات وزيادة سرعة عمليات التداول والتسوية بشكل آمن. ففي هذا الصدد، قامت بورصة ناسداك أكبر البورصات في العالم بتبني تقنية البلوك تشين في عام 2015 لتعزيز أداء منصة بورصة ناسداك "Nasdaq Private Market" لتداول أسهم الشركات الخاصة كطرح أولى التي تم إطلاقها عام 2014.

بالإضافة إلى الخطط الحديثة التي تمتلكها بورصة لندن لتطوير منصة مدعومة بتقنية البلوك تشين تمكن من خلال الإصدار الرقمي للأسهم الخاصة بالشركات الصغيرة والمتوسطة، وبالتالي يمكن أن يساعد استخدام تقنية البلوك تشين تسهيل البورصات العالمية على توفير ما يتراوح بين 50 و60 مليار دولار سنوياً من النفقات التشغيلية وأنظمة المعلومات. (صفار محمد، شرشم محمد، 2022)

(ب) تمويل التجارة:

لعبت أنظمة البلوك تشين في السنوات القليلة القادمة دوراً حيوياً في توسيع العلاقات التجارية وتخطي المعوقات في حركة التجارة العالمية، حيث قامت بتوظيف البلوك تشين في إنشاء منصات لوجستية تهدف إلى ربط الموانئ بالأطراف التجارية كالمصانع والشركات والموردين والمصدرين بهدف تسهيل التعاملات بينها وتسريع عمليات تصدير واستيراد السلع، وتمكن هذه المنصات وبشكل خاص الموانئ من معالجة وتتبع معلومات مختلفة للسلع من الحاويات وشحنها والأسعار والفواتير وتواريخ الإنتاج وغيرها، واعتماد نسخ إلكترونية لمستندات و بوليصات الشحن، ما يلغي التعقيدات الإجرائية ويقلل من تكاليف الشحن والتعامل مع الأوراق، بالإضافة إلى زيادة معدلات الأمان والشفافية والحماية من الضياع المزيف والتلاعب في الأسعار. وفي هذا المجال أعلنت جمعية الاتصالات المالية العالمية بين البنوك (SWIFT) عن مبادرة لاستكشاف استخدام البلوك تشين في تمويل التجارة تشارك فيها سبعة بنوك أوروبية كبرى Digital Trade Chain ، KBC ، Deutsche Bank ، HSBC ، Natixis ، Rabobank ، Société Générale، ويسمح DTC للأطراف المخولة بتتبع هذه المعاملات لإدارة الحسابات المفتوحة للمعاملات التجارية المحلية والدولية من بداية المعاملة إلى غاية التسوية. (فاطمة السبيعي، 2019)

(ج) تحديد العملاء:

عادة ما يستغرق إكمال عملية اعرف عميلك من 30 إلى 50 يوماً، وتسبب أنظمة "اعرف عميلك" الغير متناسقة والبطيئة في جميع أنحاء العالم في قدر كبير من العبء المالي على البنوك والمؤسسات الحكومية بصرف النظر عن التأخير، غير أنه يمكن لتقنية البلوك تشين حل هذه المشكلة بسهولة من خلال فوائدها، ويؤدي تخزين مستندات "اعرف عميلك" على البلوك تشين إلى تقليل التأخير وتوفير الأموال التي تنطوي عليها العملية بأكملها، ويمكن للبنوك الأخرى استخدام كشوف "اعرف عميلك" المخزنة على سلسلة الكتل دون الحاجة إلى مطالبة العملاء بها أخرى، ومن الأمثلة على الحالات الاستخدام، فقد قامت

ماستركارد بتقديم براءة اختراع حيث تصف نظاما لاستخدام البلوك شين خاص أو شبه خاص لتخزين بيانات العملاء، مثل الاسم، اللقب، ورقم التعريف الضريبي. (السيد دونغ هي و آخرون، 2017)

(د) المدفوعات المالية:

تعتبر التحويلات المالية من أبرز الخدمات المالية التي بدأت بالفعل الاستفادة من تقنية البلوك شين وعلى نطاق واسع، حيث أصبح من الممكن التحويل الفوري للأموال عبر الحدود بتكلفة منخفضة نسبيا وفي وقت لا يتجاوز دقائق، هذه التقنية يمكن أن تساهم في زيادة حجم التحويلات المالية.

في سنة 2025، أصبحت المدفوعات المالية عبر تقنية البلوك شين تمثل أحد أهم التطورات في النظام المالي العالمي، حيث انتقلت هذه التقنية من مجرد وسيلة مرتبطة بالعملات الرقمية إلى بنية تحتية متكاملة للمدفوعات والتحويلات المالية. وتتميز هذه المدفوعات بسرعة تنفيذ عالية مقارنة بالأنظمة التقليدية، إذ تتيح إجراء التحويلات الدولية في وقت شبه فوري وبتكاليف أقل، مع تقليل الاعتماد على الوسطاء مثل البنوك المراسلة. كما ساهمت العملات المستقرة (Stablecoins) في تعزيز استخدام البلوك شين في المعاملات اليومية من خلال تقليل تقلب الأسعار، مما جعلها أكثر ملاءمة للدفع والتسوية المالية. بالإضافة إلى ذلك، أصبح البلوك شين يستخدم بشكل متزايد في تسوية المدفوعات بين المؤسسات المالية وفي التجارة الإلكترونية، مع تحسين مستويات الشفافية والأمان بفضل خاصية تسجيل المعاملات في دفتر موزع غير قابل للتلاعب. ورغم هذه التطورات، لا تزال هناك تحديات تتعلق بالتنظيمات القانونية والامتثال المالي واختلاف التشريعات بين الدول، مما يجعل انتشارها الكامل مرتبطاً بتطور الأطر التنظيمية عالمياً. (Bank for International Settlements, 2025)

(هـ) دعم الشمول المالي:

يعتبر دعم الشمول المالي من أبرز المجالات التي يتوقع أن تحدث فيها تقنية البلوك شين تحولا نوعيا، خاصة عند دمجها مع انتشار الهواتف المحمولة وأنظمة الدفع الرقمي. فغياب الوصول إلى الخدمات المالية التقليدية ما يزال يمثل تحديا لمليارات الأشخاص حول العالم، خصوصا في الدول النامية، حيث لا تتوفر البنية المصرفية الكافية أو تكون تكاليفها مرتفعة. في هذا السياق، يتيح كل من الهاتف المحمول وتقنية البلوك شين إمكانية توفير خدمات مالية منخفضة التكلفة وسريعة وأمنة، مثل التحويلات المالية، المحافظ الرقمية، والمدفوعات الفورية دون الحاجة إلى وسيط مصرفي تقليدي.

كما أن الاعتماد المتزايد على أنظمة الدفع الفوري والمحافظ الرقمية المدعومة بالبنية اللامركزية يساهم في تقليص الفجوة المالية، عبر تمكين الأفراد من فتح حسابات رقمية بسهولة، وإجراء المعاملات عبر الهاتف فقط. وتشير الاتجاهات الحديثة إلى أن التكامل بين تقنيات البلوك شين والهواتف الذكية وأنظمة الدفع الرقمية أصبح أحد المحركات الأساسية لتوسيع قاعدة المستفيدين من الخدمات المالية، من خلال تعزيز الشفافية، تقليل التكاليف التشغيلية، وتسريع عمليات التحويل عبر الحدود. ويعتبر هذا التوجه امتدادا للتحويلات التي رصدها تقرير الشمول المالي العالمي للبنك الدولي، والذي يؤكد أن الانتشار الواسع للهواتف المحمولة والخدمات المالية الرقمية يعد عاملا حاسما في تقليص نسبة الأفراد غير المتعاملين مع النظام المالي الرسمي، ووفق تقارير البنك الدولي وصندوق النقد الدولي، فإن الاتجاه في 2024-2025 يؤكد أن الدمج بين البلوك شين،

المحافظ الرقمية، وأنظمة الدفع الفوري أصبح من أهم أدوات تسريع الشمول المالي، خاصة في الدول النامية، مع توسع كبير في استخدام الهواتف المحمولة كوسيط رئيسي للخدمات المالية. (Leora Klapper, Dorothe Singer, , 2025)

(و) التأمين:

تجذب تقنية البلوك تشين انتباه الجهات الفاعلة الرئيسية في قطاع التأمين، ولقد اقترحت العديد من السلطات أن يكون قطاع التأمين أحد القطاعات التي ستتأثر أكثر من غيرها بتكنولوجيا البلوك تشين في المستقبل القريب، ومن بين المجالات التأمينية التي يمكن استخدام تقنية البلوك تشين حسب شركة المحاسبة العالمية (KPMG) التأمين ضد الحوادث الشخصية، حفظ السجلات، الهويات الرقمية، تأمين الضمان، التأمين من نظير إلى نظير، وأيضا من بين فوائد تطبيق تقنية البلوك تشين في قطاع التأمين مكافحة الغش والاحتيال عبر توفير سجل آمن وشفاف للمعاملات، تحسين إدارة المطالبات وتسريع التحقق منها وتقليل التكاليف، الاستفادة من بيانات إنترنت الأشياء لتقييم المخاطر بدقة وتقديم منتجات تأمينية أكثر ملاءمة للعملاء و تطوير أنظمة الدفع والتوزيع وجعلها أسرع وأكثر كفاءة وأقل تكلفة.

تساعد البلوك تشين شركات التأمين على زيادة الشفافية والكفاءة، خفض التكاليف، تحسين الخدمات، وتعزيز ثقة العملاء. أما بالنسبة لإعادة التأمين فشركات التأمين تسعى الى تحقيق رؤية واضحة لعقود إعادة التأمين وأسباب التعرض للمخاطر، وفوائد البلوك تشين تتمثل في حساب الأقساط المتنازل عنها لمعيد التأمين بطريقة أكثر دقة، وعلى الأساس الفعلي للعقود المشاركة بكل التحديثات بشكل تلقائي، وبهذا تحصل شركات التأمين على أكبر قدر من المرونة في نقل رأس المال، وكذا تعزيز الشفافية في نقل المخاطر وتقليل حجم المطالبات. (سعيد صبرة، فلاق صليحة، 2022)

(ز) التحويلات النقدية:

في الواقع الحالي، هنالك العديد من الوسطاء في نظام الدفع وتحويل الأموال، ولكن البلوك تشين من شأنها أن تلبي الحاجة للكثير منهم مما يعني زيادة الأمن وانخفاض التكاليف بالنسبة للبنوك لمعالجة المدفوعات بين المنظمات وعملائها وحتى بين البنوك نفسها، بالإضافة الى تحويل الأموال بين المستخدمين في الدول المختلفة. ومن بين أمثلة تطبيق البلوك تشين في نظام الدفع Taipei Fubon Commercial Bank في تايوان فهو أول بنك يقوم بتطبيق تقنية البلوك تشين في نظام الدفع للمطاعم والتجارة.

2- تطبيقات البلوك تشين في الجهات الحكومية:

يمكن للحكومات ومؤسساتها الاستفادة من الإمكانيات الكبيرة لتقنية دفتر الحسابات الموزع في المجالات الآتية: (شهرزاد الوافي، 2022)

(أ) الاقتراع الإلكتروني: يمكن استخدام البلوك تشين لضمان نظام اقتراع شفاف بمنع الاحتيال والتزوير في التصويت، وجعله أكثر موثوقية وزيادة فعاليته من حيث التكلفة والسماح للأفراد بالإدلاء بأصواتهم دون الخوف من العبث بها أو إزالتها، لأجل ذلك تم تطوير BitCongress باستخدام منصة Ethereum تنطلق فكرتها من أن كل ناخب لديه الوصول إلى "votecoin"

واحد، مما يدفعه إلى الإدلاء بأصواته مرة واحدة فقط. ويوفر Remoteegrity كل تصويت برمز تشفير للتحقق من صحة التصويت.

(ب) السجلات الصحية الإلكترونية: يمكن لمؤسسات الرعاية الصحية الحكومية الانتقال من المعاملات والسجلات الورقية إلى الرقمية لتسجيل البيانات الصحية للمواطنين وحفظها لأعوام، حيث تسهل تقنية البلوك تشين الوصول إلى السجلات الطبية للمريض بواسطة أكثر من جهة مع ضمان الحفاظ على سرية البيانات خاصة في حالات الطوارئ.

(ج) أمن البيانات: يمكن لوكالات الاستخبارات استخدام البلوك تشين لتخزين المعلومات السرية في ظروف آمنة.

(د) إدارة الضرائب: بإمكان التقنية تحسين الالتزام الضريبي بشكل كبير، من خلال ضمان مدفوعات آلية للضرائب تحدث في الوقت الحقيقي من المواطنين إلى ميزانية الدولة، وهو أمر يمكن تنفيذه بفضل العقود الذكية.

(هـ) الإدارة العامة: ستستفيد الحكومة الإلكترونية المدعومة بالتقنية من الحلول والتطبيقات التي تركز على إدارة الهوية وتسجيل الأراضي وتحصيل الضرائب وأي نوع من سجلات البيانات.

(و) حقوق الملكية الرقمية: تساعد التقنية الحكومة على إدارة الأعمال المحمية بحقوق النشر وتسوية النزاعات، حفظ حقوق الملكية الفكرية ومنع الاحتيال والتزوير، وضمان حصول أصحاب المحتوى على أرباحهم.

(ز) تعقب المعاملات: يمكن للحكومات الاعتماد على تقنية البلوك تشين في التعاملات عالية المخاطر مثل التحويلات النقدية والعقود العامة وأموال المساعدات.

(ح) العملة الرقمية الوطنية: يمكن للبنك المركزي إصدار عملة رقمية وطنية مدعومة من البلوك تشين، والانتقال إلى مجتمع لا يتعامل بالنقد، فهناك حكومات اتخذت نحو ذلك أول خطواتها، وثمة دول أخرى مثل فنزويلا قررت إصدار عملة مشفرة وطنية لتجنب العقوبات الدولية، كما أفصحت إيران وروسيا عن خطط مماثلة.

3- تطبيقات أخرى للبلوك تشين:

بالإضافة إلى مجالات الاستخدام السابقة الذكر يتم استخدام تقنية البلوك تشين في: (Yaga, et Al.,, 2018)

(أ) العملات المشفرة: عند القيام بشراء أو تبادل أو إنفاق العملات المشفرة مثل البيتكوين "Bitcoin" تسجل المعاملات في شبكة البلوك تشين.

(ب) معالجة المدفوعات والتحويلات المالية: أصبح حالياً بالإمكان استخدام تقنية البلوك تشين في إجراء التعاملات المالية والتحويلات البنكية في لحظات وطوال الوقت.

(ج) مراقبة وإدارة سلاسل التوريد: تتضمن سلاسل التوريد كميات هائلة من المعلومات مع حركة البضائع من مكان إلى آخر حول العالم، مما يصعب تتبع مصادر المشكلات التي قد تحدث مع تقنيات تخزين البيانات التقليدية، لكن أثبت تخزينها في الشبكة بالطرق الجديدة وديناميكية في تنظيمها سهولة في تتبع البضائع وتحركها في الوقت الفعلي، وتقديمها فوائد كبيرة لكافة الأطراف المشاركة في معاملات سلسلة التوريد كالإسراع في العمليات ومشاركة البيانات بأكثر كفاءة ودقة وأمان، وتسريع

التدفقات النقدية وتخفيض التكاليف الإجمالية وتقليل التعقيد، حيث بمجرد إدخال أي معلومة إلى قاعدة البيانات لا يمكن مسحها.

د) نسخ احتياطي للبيانات الغير قابلة للتغيير: يحافظ البلوك شين على البيانات من مخاطر القرصنة الالكترونية من خلال استخدام التقنية كمصدر لنسخة احتياطية لمراكز بيانات السحابة أو أي بيانات. من المهم الإشارة الى ان التطبيقات السالفة الذكر لا تشكل القائمة الكاملة لحالات استخدام تقنية البلوك شين، لصعوبة حصرها في الواقع العملي وكثرة تشعبها وأيضاً للتحديثات التي تطرأ عليها باستمرار والاستخدامات المستقبلية المتوقعة كالمجال العسكري وانترنت الأشياء الأمر الذي يتوجب على الحكومات والمؤسسات الابتكار لتوليد حالات استخدام عملية، هذا ومن المتوقع ان تحدث ثورة في تتبع الالكترونى لجميع المعاملات، علاوة على ذلك نجمت عن أزمة كورونا و الاضطرابات العالمية المترتبة عنها تبني التكنولوجيا أكثر من أي وقت مضى.

خلاصة:

تؤكد تطبيقات تقنية البلوك شين في المجالات المالية والحكومية والاقتصادية قدرتها على إحداث تحول رقمي قائم على الشفافية، الأمان، وتقليل التكاليف التشغيلية، من خلال توفير نظام لامركزي لتسجيل وتبادل البيانات والمعاملات بكفاءة عالية. وقد ساهمت هذه التقنية في تطوير أنظمة الدفع، تمويل التجارة، التأمين، الشمول المالي، والخدمات الحكومية، إضافة إلى توسع استخدامها في قطاعات أخرى كالصحة والتعليم وسلاسل التوريد.

ورغم ما توفره البلوك شين من مزايا مهمة، فإن تعميم استخدامها ما يزال مرتبطاً بتطوير الأطر القانونية والتنظيمية والبنية التحتية الرقمية. لذلك تعتبر هذه التقنية من أبرز الابتكارات الحديثة المرشحة للعب دور محوري في دعم التحول الرقمي وتطوير الأنظمة الاقتصادية والإدارية في المستقبل.

المحاضرة رقم 10: الرهانات الاقتصادية للبلوك شين:
التغيرات في النظام المالي ، تأثيرات الأعمال، التأثيرات على
المستهلكين وتحديات تنظيم البلوك شين في المسائل
القانونية.

تمهيد:

أصبحت تقنية البلوك شين من التقنيات الحديثة التي تحظى باهتمام متزايد على المستوى العالمي، نظراً لما توفره من إمكانيات كبيرة في تطوير المعاملات المالية والاقتصادية وتحسين كفاءة مختلف الأنشطة التجارية. فقد ساهمت هذه التقنية في ظهور أساليب جديدة لتبادل القيمة والمعلومات بشكل أكثر سرعة وشفافية وأمان، مما جعلها محط اهتمام المؤسسات والشركات والحكومات. وفي ظل هذا التطور برزت مجموعة من الرهانات الاقتصادية المرتبطة بالبلوك شين، سواء من حيث تأثيرها على النظام المالي، أو دورها في تطوير نماذج الأعمال، أو انعكاساتها على المستهلكين، إلى جانب التحديات القانونية والتنظيمية التي تفرضها. لذلك أصبح فهم هذه الرهانات أمراً ضرورياً لاستيعاب التحولات التي يشهدها الاقتصاد الرقمي المعاصر.

1- التغييرات في النظام المالي:

أ) عدم الوساطة:

تعتبر خاصية عدم الوساطة من أهم التحولات التي أحدثتها تقنية البلوك شين في النظام المالي، حيث تسمح بإجراء المعاملات مباشرة بين الأفراد أو المؤسسات دون الحاجة إلى وسيط تقليدي مثل البنوك أو شركات التحويل المالي. وتعتمد هذه العملية على شبكة لامركزية تقوم بتسجيل المعاملات والتحقق منها بشكل آمن وشفاف، مما يساهم في تقليل التكاليف وتسريع التحويلات المالية، خاصة في المعاملات العابرة للحدود. كما تقلل هذه التقنية من الاعتماد على الهياكل المالية التقليدية وتمنح المستخدمين تحكماً أكبر في أموالهم وبياناتهم.

وتشير تقارير صندوق النقد الدولي والبنك الدولي إلى أن تقنيات السجل الموزع (DLT) يمكن أن تقلل عدد الوسطاء الماليين وتخفض تكاليف المعاملات والتسوية المالية. (International Monetary Fund, 2025)

ب) فاعلون جدد:

ساهمت تقنية البلوك شين في ظهور فاعلين جدد داخل القطاع المالي، مثل شركات التكنولوجيا المالية (FinTech)، ومنصات التمويل اللامركزي (DeFi)، ومنصات تداول الأصول الرقمية والعملات المشفرة. وقد أصبحت هذه الجهات تقدم خدمات مالية مبتكرة كالإقراض الرقمي، والتحويلات الفورية، والعقود الذكية، دون الاعتماد الكامل على البنوك التقليدية. كما أدى هذا التطور إلى زيادة المنافسة داخل الأسواق المالية وخلق نماذج أعمال جديدة تعتمد على الرقمنة واللامركزية. وفي المقابل، فرض هذا الواقع تحديات تنظيمية جديدة تتعلق بالرقابة، وحماية المستهلك، والاستقرار المالي. (International Monetary Fund, 2023)

2- تأثيرات الأعمال:

(أ) خفض التكلفة:

ان القدرة على خفض التكاليف التشغيلية من أهم المزايا الاقتصادية التي تقدمها تقنية البلوك شين للمؤسسات. ففي النماذج التقليدية للأعمال، تتطلب المعاملات المالية والتجارية وجود عدد من الوسطاء مثل البنوك، وشركات المقاصة، ومؤسسات التحقق والتوثيق، وهو ما يؤدي إلى ارتفاع تكاليف تنفيذ العمليات وإطالة مدة إنجازها. أما في بيئة البلوك شين، فإن السجل الموزع يسمح للأطراف المختلفة بالوصول إلى المعلومات نفسها والتحقق منها بشكل مباشر، مما يقلل الحاجة إلى العديد من الجهات الوسيطة ويخفض الرسوم المرتبطة بخدماتها.

كما تساهم العقود الذكية في تقليص التكاليف الإدارية والتشغيلية من خلال تنفيذ شروط الاتفاقيات بصورة آلية بمجرد تحقق الشروط المحددة مسبقاً. ونتيجة لذلك، تنخفض الحاجة إلى التدخل البشري في معالجة العمليات ومتابعتها، وهو ما يحد من الأخطاء التشغيلية ويقلل تكاليف الرقابة والتدقيق وتسوية المنازعات.

ومن جهة أخرى، تساعد البلوك شين المؤسسات على تحسين إدارة البيانات وتبادلها بين مختلف الأطراف، حيث يتم تسجيل المعلومات مرة واحدة وإتاحتها لجميع المشاركين المصريح لهم بالوصول إليها. ويؤدي ذلك إلى تقليل الازدواجية في إدخال البيانات، والحد من تكاليف حفظ السجلات، وتسريع عمليات المطابقة والتسوية التي كانت تتطلب في السابق وقت وجهد كبيرين.

وفي سلاسل الإمداد، تتيح البلوك شين تتبع المنتجات والمواد الأولية بشكل لحظي، مما يقلل من التكاليف المرتبطة بالبحث عن المعلومات والتحقق من مصدر المنتجات ومراقبة حركة السلع. كما تساهم الشفافية العالية التي توفرها التقنية في الحد من عمليات الاحتيال والتلاعب، الأمر الذي ينعكس إيجاباً على تكاليف إدارة المخاطر والتأمين.

من الأمثلة الواقعية على أثر البلوك شين في خفض التكاليف منصة TradeLens التي طورتها شركتا Maersk و IBM لإدارة سلاسل الإمداد العالمية، حيث ساهمت في تقليل الأعمال الورقية وتسريع تبادل البيانات بين المتعاملين.

حيث انه قبل استخدام المنصة كانت عملية شحن البضائع تتطلب تبادل عدد كبير من الوثائق الورقية بين شركات النقل والموانئ والجمارك والجهات الرقابية، مما يؤدي إلى ارتفاع التكاليف وتأخير العمليات. أما بعد اعتماد البلوك شين، أصبحت المعلومات والوثائق متاحة لجميع الأطراف المصرح لها في سجل موحد وآمن، الأمر الذي ساهم في تقليل الأعمال الورقية وتسريع تبادل المعلومات وخفض التكاليف الإدارية المرتبطة بمعالجة الوثائق والتحقق منها. (IBM, 2019)

ب) نماذج أعمال جديدة:

لم تقتصر أهمية البلوك شين على تحسين كفاءة النماذج الاقتصادية القائمة، بل ساهمت في ظهور نماذج أعمال جديدة تعتمد على اللامركزية والرقمنة وتبادل القيمة بصورة مباشرة بين المستخدمين. ففي ظل هذه التقنية أصبح بالإمكان إنشاء منصات رقمية تعمل دون الحاجة إلى جهة مركزية تدير العمليات أو تتحكم في البيانات، حيث يتم الاعتماد على قواعد متفق عليها مسبقاً داخل الشبكة.

ومن أبرز النماذج التي أفرزتها البلوك شين نموذج التمويل اللامركزي (DeFi)، الذي يسمح بتقديم خدمات مالية مثل الإقراض والاقتراض والتحويلات وتداول الأصول الرقمية دون الاعتماد على المؤسسات المالية التقليدية. كما ظهرت نماذج قائمة على ترميز الأصول (Tokenization)، حيث يمكن تحويل الأصول المادية أو المالية إلى رموز رقمية قابلة للتداول على شبكات البلوك شين، مما يوسع فرص الاستثمار ويزيد من سيولة الأصول.

كذلك أتاحت التقنية ظهور أسواق رقمية جديدة لتبادل البيانات والأصول والخدمات بصورة آمنة وشفافة، كما ساعدت الشركات على تطوير نماذج أعمال تعتمد على المشاركة المباشرة للموارد والمعلومات بين مختلف الأطراف. وفي العديد من القطاعات، مثل الطاقة والنقل والتأمين وسلاسل الإمداد، بدأت المؤسسات في تبني حلول قائمة على البلوك شين لإنشاء خدمات مبتكرة تحقق قيمة مضافة للعملاء وتفتح مصادر جديدة للإيرادات.

وتكمن الأهمية الاقتصادية لهذه النماذج الجديدة في أنها تعيد صياغة العلاقات بين المنتجين والمستهلكين والوسطاء، وتسمح بظهور فاعلين اقتصاديين جدد قادرين على تقديم خدمات أكثر مرونة وكفاءة اعتماداً على الثقة الرقمية التي توفرها شبكات البلوك شين (Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 2022).

ويعتبر التمويل اللامركزي من أبرز النماذج الاقتصادية الجديدة التي ظهرت بفضل تقنية البلوك شين. ففي هذا النموذج يمكن للمستخدمين الحصول على خدمات مالية مثل الإقراض والاقتراض وتبادل الأصول الرقمية مباشرة عبر العقود الذكية دون الحاجة إلى بنك أو مؤسسة مالية تقليدية.

ومن أشهر التطبيقات في هذا المجال Aave وUniswap، حيث توفر هذه المنصات خدمات مالية تعمل على شبكات البلوك شين بشكل لامركزي. وقد أدى ذلك إلى ظهور نموذج أعمال جديد يعتمد على البرمجيات والعقود الذكية بدلاً من الهياكل المصرفية التقليدية.

3- التأثيرات على المستهلكين:

(أ) خدمات جديدة:

أتاحت تقنية البلوك شين للمستهلكين الاستفادة من خدمات رقمية جديدة لم تكن ممكنة بالسهولة والسرعة نفسها في الأنظمة التقليدية. فبفضل هذه التقنية أصبح من الممكن إجراء المعاملات المالية بشكل أسرع، والاستفادة من خدمات رقمية أكثر شفافية، إضافة إلى القدرة على تتبع المنتجات والتحقق من مصدرها وجودتها. كما ساعدت البلوك شين على ظهور تطبيقات تمكن المستهلك من الوصول إلى الخدمات المالية أو التجارية بطريقة أكثر مرونة، مع تقليل الاعتماد على الوسطاء وما يترتب على ذلك من تكاليف إضافية. (صندوق النقد العربي، 2021)

ولا تقتصر أهمية هذه الخدمات على الجانب التقني فقط، بل تنعكس مباشرة على المستهلك من خلال توفير الوقت، وخفض بعض التكاليف، وتحسين مستوى الثقة في المعاملات الإلكترونية. فكلما زادت إمكانية التحقق من المعلومات وتتبع العمليات، زادت قدرة المستهلك على اتخاذ قرارات أكثر وعي وأمان.

فمثلا في قطاع الأغذية، اعتمدت شركة **Walmart** بالتعاون مع **IBM** تقنية البلوك شين لتتبع المنتجات الغذائية عبر مختلف مراحل سلسلة التوريد. وأصبح بإمكان الشركة تحديد مصدر بعض المنتجات الغذائية خلال ثوانٍ معدودة بدلا من عدة أيام. ويستفيد المستهلك من هذه الخدمة من خلال الحصول على معلومات أكثر دقة حول مصدر المنتج وسلامته، مما يعزز ثقته في السلع التي يشتريها.

(ب) حماية أفضل للبيانات:

أصبحت حماية البيانات الشخصية من القضايا الأساسية بالنسبة للمستهلكين في ظل التوسع الكبير في استخدام الخدمات الرقمية. وفي هذا المجال تقدم تقنية البلوك شين مزايا مهمة بفضل اعتمادها على التشفير وتوزيع البيانات على شبكة من الأجهزة بدلا من الاحتفاظ بها في قاعدة بيانات مركزية واحدة. وهذا يقلل من احتمالات التلاعب بالبيانات أو اختراقها، كما يرفع مستوى الشفافية والثقة في التعاملات الرقمية.

وتمنح هذه التقنية للمستهلك قدر أكبر من الاطمئنان عند مشاركة بياناته أو إجراء معاملاته عبر الإنترنت، لأن أي تعديل على البيانات المسجلة يصبح قابل للكشف والتتبع. كما أن البلوك شين تساعد المؤسسات على إدارة المعلومات بطريقة أكثر أمان، وهو ما ينعكس إيجابا على حماية خصوصية المستخدمين. (مكتب التطوير الحكومي والمستقبل التابع لمجلس الوزراء الإماراتي، 2018)

فمثلا أطلقت منصة **Thank My Farmer** المعتمدة على تقنية البلوك شين نظاما يسمح لمستهلكي القهوة بالتعرف على مصدر المنتج ومراحل إنتاجه من خلال مسح رمز الاستجابة السريعة (QR Code) الموجود على العبوة. وتسجل البيانات على شبكة البلوك شين بطريقة تضمن عدم التلاعب بها، مما يمنح المستهلك معلومات موثوقة حول المنتج الذي يشتريه ويعزز الثقة في البيانات المعروضة.

4- تحديات تنظيم البلوك شين في المسائل القانونية.

على الرغم من الإمكانيات الكبيرة التي تقدمها تقنية البلوك شين في تحسين الكفاءة وتعزيز الشفافية والأمان، فإن انتشارها الواسع يطرح تحديات قانونية وتنظيمية جديدة أمام الحكومات والهيئات الرقابية. فهذه التقنية صممت لتعمل بطريقة لامركزية لا تعتمد على جهة واحدة تتحكم في البيانات أو المعاملات، وهو ما يجعل تطبيق القوانين التقليدية عليها معقداً.

من أبرز هذه التحديات مسألة تحديد المسؤولية القانونية عند وقوع أخطاء أو نزاعات. ففي الأنظمة التقليدية يمكن تحديد المؤسسة أو الشركة المسؤولة عن تقديم الخدمة، أما في شبكات البلوك شين اللامركزية فإن المعاملات تتم عبر شبكة من المشاركين المنتشرين في مناطق مختلفة، مما يجعل تحديد الطرف المسؤول قانونياً أمراً غير واضح في كثير من الحالات.

كما تبرز مشكلة الاختصاص القضائي، إذ قد تضم المعاملة الواحدة أطرافاً من دول متعددة، بينما تخزن البيانات على عقد موزعة في بلدان مختلفة. وفي حالة حدوث نزاع قانوني، يصبح من الصعب تحديد أي قانون يجب تطبيقه وأي محكمة تملك صلاحية الفصل في القضية.

ومن التحديات المهمة أيضاً حماية البيانات الشخصية. فإحدى الخصائص الأساسية للبلوك شين هي صعوبة تعديل البيانات أو حذفها بعد تسجيلها، وهو ما قد يتعارض مع بعض التشريعات الحديثة المتعلقة بحماية الخصوصية، والتي تمنح الأفراد حق تعديل أو حذف بياناتهم في ظروف معينة.

إضافة إلى ذلك، تثير العقود الذكية العديد من التساؤلات القانونية. فهذه العقود تنفذ شروط الاتفاق تلقائياً بمجرد تحقق شروط محددة مسبقاً، لكن العديد من الأنظمة القانونية لا تزال تعمل على تحديد مدى الاعتراف بها كعقود قانونية كاملة، وكيفية التعامل مع الأخطاء البرمجية أو الحالات التي تتطلب تدخل بشري لتفسير بنود العقد.

كما تواجه الجهات التنظيمية تحدياً يتمثل في مكافحة غسل الأموال وتمويل الأنشطة غير المشروعة. فعلى الرغم من أن معاملات البلوك شين قابلة للتتبع في كثير من الحالات، فإن بعض التطبيقات والأصول الرقمية توفر مستويات مرتفعة من الخصوصية، مما يدفع السلطات إلى تطوير قواعد تنظيمية جديدة تضمن التحقق من هوية المستخدمين وتعزيز الرقابة المالية دون إعاقة الابتكار.

أدركت دول عديدة الحاجة إلى وضع إطار قانوني واضح لتنظيم استخدام البلوك شين والأصول الرقمية. ومن أبرز الأمثلة إصدار الاتحاد الأوروبي للائحة MiCA الخاصة بتنظيم أسواق الأصول المشفرة، والتي تهدف إلى حماية المستهلكين، وتعزيز الشفافية، وتوفير بيئة قانونية واضحة للشركات العاملة في هذا المجال. وينظر إلى هذه اللائحة على أنها من أهم الخطوات التنظيمية الحديثة التي تسعى إلى تحقيق التوازن بين تشجيع الابتكار وضمان الامتثال القانوني.

خلاصة:

أحدثت تقنية البلوك شين تغيرات مهمة في النظام المالي من خلال تقليل الاعتماد على الوسطاء وظهور فاعلين جدد مثل شركات التكنولوجيا المالية ومنصات التمويل اللامركزي. كما ساهمت في خفض التكاليف التشغيلية وتحسين كفاءة الأعمال، إضافة إلى خلق نماذج اقتصادية جديدة قائمة على اللامركزية والعقود الذكية.

وبالنسبة للمستهلكين، وفرت خدمات رقمية أكثر سرعة وشفافية، وعززت حماية البيانات بفضل التشفير وتوزيع المعلومات على الشبكة. ورغم هذه المزايا، تواجه التقنية تحديات قانونية وتنظيمية تتعلق بالمسؤولية القانونية، وحماية البيانات، والعقود الذكية، ومكافحة الجرائم المالية. لذلك يتطلب انتشارها وضع أطر تنظيمية توازن بين تشجيع الابتكار وضمان الأمن القانوني.

المحاضرة رقم 11: آفاق وتطور تكنولوجيا البلوك شين:
الاتجاهات المستقبلية، التحديات التكنولوجية، تحديات
البلوك شين بالنسبة للاقتصاد العالمي وتطوير البلوك شين
بشكل مسؤول.

تمهيد:

عرفت تكنولوجيا البلوك شين تطوراً متسارعاً جعلها تتجاوز دورها التقليدي المرتبط بالعملات المشفرة لتصبح من أهم التقنيات المرشحة لإحداث تغييرات جوهرية في الاقتصاد الرقمي. فمع اتساع مجالات استخدامها، تبرز فرص جديدة للابتكار وتطوير الخدمات وتحسين كفاءة المعاملات في مختلف القطاعات.

ومع ذلك، فإن مستقبل هذه التكنولوجيا يرتبط بقدرتها على تجاوز عدد من التحديات، سواء المتعلقة بتنظيم العملات المشفرة وحوكمة الشبكات، أو المرتبطة بالجوانب التقنية مثل القابلية للتوسع، والأمن، وقابلية التشغيل البيئي بين الأنظمة المختلفة. كما تطرح البلوك شين فرص كبيرة للشركات والفاعلين الاقتصاديين، لكنها تفرض في الوقت نفسه تحديات ومخاطر تتطلب إدارة واعية ومسؤولة.

لذلك، تركز هذه المحاضرة على استشراف آفاق تطور البلوك شين، وأهم الفرص التي تتيحها للاقتصاد العالمي، والتحديات التي تواجهها، إضافة إلى متطلبات تطويرها واستخدامها بطريقة مسؤولة ومستدامة.

1- الاتجاهات المستقبلية لتكنولوجيا البلوك شين:

أ) تنظيم العملات المشفرة:

مع التوسع الكبير في استخدام العملات المشفرة خلال السنوات الأخيرة، لم يعد من الممكن ترك هذا المجال يعمل خارج الأطر القانونية والتنظيمية. فقد أظهرت التجارب أن غياب الرقابة قد يؤدي إلى زيادة عمليات الاحتيال والمضاربة وتهديد حقوق المستثمرين، خاصة مع دخول أعداد متزايدة من الأفراد والمؤسسات إلى هذا السوق.

وفي المقابل، تدرك الحكومات أن العملات المشفرة وتقنيات البلوك شين تحمل إمكانات اقتصادية مهمة، لذلك اتجهت العديد من الدول إلى البحث عن حلول تنظيمية تحقق التوازن بين تشجيع الابتكار وحماية الاستقرار المالي. ويتوقع أن يشهد المستقبل مزيداً من القوانين التي تنظم إصدار الأصول الرقمية وتداولها، مع تعزيز متطلبات الشفافية والامتثال المالي.

فمثلاً اعتمد الاتحاد الأوروبي إطار **Markets in Crypto-Assets Regulation (MiCA)** الذي يمثل خطوة مهمة نحو تنظيم سوق الأصول المشفرة، حيث وضع قواعد موحدة لحماية المستثمرين وزيادة شفافية التعاملات داخل دول الاتحاد. (European Parliament, 2023)

ب) حوكمة البلوك شين:

كلما توسعت شبكات البلوك شين وازداد عدد مستخدميها، برزت الحاجة إلى وضع قواعد واضحة لإدارة هذه الشبكات واتخاذ القرارات المتعلقة بتطويرها. فحتى الأنظمة اللامركزية تحتاج إلى آليات تنسيق تضمن استمرارية العمل وتحافظ على مصالح مختلف المشاركين.

لهذا السبب أصبحت الحوكمة من المواضيع الأساسية في مستقبل البلوك شين، إذ تحدد كيفية اقتراح التعديلات التقنية، ومن يملك حق المشاركة في اتخاذ القرار، وكيف يتم التعامل مع الخلافات التي قد تنشأ داخل الشبكة. ويمكن القول إن نجاح أي مشروع بلوك شين على المدى الطويل لا يعتمد فقط على جودة التكنولوجيا المستخدمة، بل أيضاً على فعالية نظام الحوكمة الذي يديره.

فمثلاً تعتمد شبكة **Ethereum** على آلية تشاركية تسمح للمطورين وأفراد المجتمع بتقديم مقترحات لتطوير الشبكة ومناقشتها قبل اعتمادها، وهو ما يعكس نموذجاً عملياً للحوكمة اللامركزية. (Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 2020)

2- التحديات التكنولوجية للبلوك شين:

(أ) القابلية للتوسع:

رغم النجاحات التي حققتها تكنولوجيا البلوك شين، فإن قدرتها على استيعاب أعداد كبيرة من المعاملات ما زالت تمثل تحدي حقيقي. فمع زيادة المستخدمين ترتفع كمية البيانات المطلوب معالجتها والتحقق منها، مما يؤدي إلى بطء تنفيذ العمليات وارتفاع تكلفتها.

وتزداد أهمية هذه المشكلة إذا أريد للبلوك شين أن تصبح بنية تحتية تستخدم على نطاق عالمي في الأنشطة المالية والتجارية اليومية. لذلك تركز الأبحاث الحالية على تطوير حلول تسمح للشبكات بمعالجة عدد أكبر من المعاملات دون التأثير على مستوى الأمان أو اللامركزية.

فمثلاً واجهت شبكة **Ethereum** في بعض الفترات ازدحاما كبيرا أدى إلى ارتفاع رسوم المعاملات، وهو ما دفع إلى تطوير تقنيات جديدة تهدف إلى زيادة سرعة المعالجة وتحسين كفاءة الشبكة. (World Economic Forum (WEF), 2020)

(ب) الأمان:

توصف البلوك شين بأنها تقنية آمنة، ويرجع ذلك إلى اعتمادها على التشفير وتوزيع البيانات على عدد كبير من المشاركين. ومع ذلك، فإن الأمان في هذا المجال لا يقتصر على الشبكة نفسها، بل يشمل أيضا التطبيقات والمنصات والعقود الذكية المرتبطة بها.

وقد أثبتت التجارب أن بعض الهجمات لا تستهدف البنية الأساسية للبلوك شين، وإنما تستغل ثغرات موجودة في التطبيقات أو في طرق إدارة المفاتيح الرقمية. لذلك يبقى تعزيز الأمن السيبراني شرط أساسي لضمان استمرارية الثقة في هذه التكنولوجيا.

فمثلاً تعرضت شبكة **Ronin Network** لاختراق ضخم سنة 2022، وهو ما أبرز أهمية المراجعة الأمنية المستمرة للأنظمة المرتبطة بالبلوك شين. (صندوق النقد العربي، 2021)

(ج) قابلية التشغيل البيئي:

مع ظهور عدد كبير من شبكات البلوك شين المستقلة، أصبح من الضروري إيجاد وسائل تسمح لهذه الشبكات بالتواصل فيما بينها وتبادل البيانات والأصول الرقمية بسهولة. فوجود شبكات معزولة يقلل من الاستفادة الكاملة من الإمكانيات التي توفرها التكنولوجيا.

لذلك ينظر إلى قابلية التشغيل البيئي باعتبارها إحدى الركائز الأساسية لمستقبل البلوك شين، لأنها تساهم في بناء بيئة رقمية مترابطة تسمح بتدفق المعلومات والخدمات عبر أنظمة مختلفة دون الحاجة إلى إعادة بناء البنية التحتية في كل مرة.

فمثلا طورت شبكة **Polkadot** بهدف تسهيل التواصل بين شبكات بلوك شين متعددة، ما يجعلها من أبرز الأمثلة على السعي نحو تحقيق التشغيل البيئي. (World Economic Forum, 2021)

3- تحديات البلوك شين بالنسبة للاقتصاد العالمي:

أ) سبل التطوير والابتكار للشركات والفاعلين الاقتصاديين:

توفر البلوك شين فرص مهمة للشركات لإعادة النظر في أساليب العمل التقليدية. فبفضل العقود الذكية والقدرة على مشاركة البيانات بشكل آمن وشفاف، يمكن تقليص الإجراءات الإدارية وتسريع إنجاز المعاملات وخفض بعض التكاليف التشغيلية.

كما تتيح هذه التكنولوجيا إمكانية ظهور نماذج أعمال جديدة تعتمد على المنصات اللامركزية والخدمات الرقمية المبتكرة، وهو ما يفتح المجال أمام الشركات الناشئة والمؤسسات الكبرى على حد سواء لتطوير منتجات وخدمات أكثر كفاءة.

فمثلا استفادت منصة **TradeLens** التي طورتها شركتا **IBM** و **A.P. Moller - Maersk** من البلوك شين لتحسين تبادل المعلومات بين مختلف المتدخلين في سلاسل الإمداد الدولية وتقليل الإجراءات الورقية. (IBM, 2019)

ب) الحدود والمخاطر:

رغم الإمكانيات الواعدة للبلوك شين، فإن انتشارها الواسع ما زال يواجه عدد من التحديات. فالتفاوت في التشريعات بين الدول يخلق حالة من عدم اليقين بالنسبة للمستثمرين والشركات، كما أن التقلبات الكبيرة في أسعار الأصول المشفرة قد تؤثر على ثقة المستخدمين.

إضافة إلى ذلك، فإن بعض التطبيقات ما زالت تواجه صعوبات تقنية وأمنية تحد من انتشارها، فضلا عن الحاجة إلى كفاءات بشرية متخصصة قادرة على تصميم هذه الأنظمة وإدارتها.

4- تطوير البلوك شين بشكل مسؤول:

إن الاستفادة الحقيقية من البلوك شين لا تتحقق فقط من خلال التقدم التقني، بل تتطلب مراعاة الجوانب القانونية والأمنية والاجتماعية. فالتطوير المسؤول يعني بناء أنظمة تحترم القوانين، وتحمي بيانات المستخدمين، وتحد من المخاطر المحتملة، مع المحافظة في الوقت نفسه على روح الابتكار التي تميز هذه التكنولوجيا.

كما يتطلب الأمر التعاون بين الحكومات والقطاع الخاص والمؤسسات الأكاديمية لوضع معايير مشتركة وتعزيز البحث العلمي وتطوير الكفاءات البشرية القادرة على قيادة التحول الرقمي في المستقبل.

خلاصة:

تلعب البلوك شين دور متزايد الأهمية في الاقتصاد الرقمي العالمي، غير أن نجاحها لن يعتمد على التطور التقني وحده، بل على قدرة مختلف الفاعلين على بناء بيئة تنظيمية وآمنة ومستدامة تسمح بالاستفادة من مزاياها مع الحد من مخاطرها. ومن ثم، فإن مستقبل هذه التكنولوجيا سيكون مرتبطاً بمدى نجاح الجهود الرامية إلى تحقيق التوازن بين الابتكار والمسؤولية.

قائمة المراجع:

قائمة المراجع باللغة الأجنبية:

- 1- Androulaki, E., et al. (2019). Hyperledger Fabric: A Distributed Operating System for Permissioned Blockchains. *EuroSys Conference Proceedings*. USA: (Association for Computing Machinery.
- 2- Antonopoulos, A. M. (2017). *Mastering Bitcoin: Programming the Open Blockchain*. United States of America: O'Reilly Media.
- 3- Antonopoulos, A. M., & Wood. (2018). *Mastering Ethereum: Building Smart Contracts and DApps*. USA: O'Reilly Media.
- 4 - Arvind Narayanan, J., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A., & Goldfeder, S. (2016). *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies*. United States of America (USA): Princeton University Press.
- 5- Arvind Narayanan, Joseph Bonneau, Edward Felten, Andrew Miller, Steven Goldfeder. (2016). *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction*. USA: Princeton University Press.
- 6- B. Harrington. (2019). *Learning JavaScript Testing with Mocha, Chai, and Sinon*. United Kingdom: Packt Publishing.
- 7- Bank for International Settlements. (2025). *Annual Economic Report 2023: The Future Monetary System*. Basel, Switzerland: Bank for International Settlements.
- 8- binance. (2026, 01 15). *What Is BNB?* Retrieved 05 20, 2026, from <https://www.binance.com/en/academy/articles/what-is-bnb/?utm>
- 9- Bitcoin Australia. (2017, 07 12). *A Simple Guide to Blockchain Forks*. Retrieved 05 03, 2026, from [https://www.marefa.org/%D8%B4%D9%88%D9%83%D8%A9_\(%D8%A8%D9%84%D9%88%D9%83_%D8%AA%D8%B4%D9%8A%D9%86\)](https://www.marefa.org/%D8%B4%D9%88%D9%83%D8%A9_(%D8%A8%D9%84%D9%88%D9%83_%D8%AA%D8%B4%D9%8A%D9%86))
- 10- capital.com. (2026). *ما هي شبكة سولانا؟ دليل المتداولين الشامل*. Retrieved 05 20, 2026, from <https://capital.com/ar-int/learn/market-guides/trade-solana>
- 11- Casino, F. D. (2019). A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues. *Telematics and Informatics*, 36, pp. 55-81.
- 12- A systematic literature review of blockchain-. (2019). Patsakis, C & .Casino, F., Dasaklis, T. K *Telematics and Informatics* based applications: Current status, classification and open issues 36، صفحة 64.

- 13- cognizant . (2019). *Financial Services: Building Blockchain One Block at a Time*.
- 14- coinbase. (2023). *Qu'est-ce qu'un fork ?* From coinbase: <https://www.coinbase.com/fr/learn/crypto-basics/what-is-a-fork?>
- 16- coinbase. (2026). *Qu'est-ce que le Bitcoin ?* Consulté le 05 19, 2026, sur <https://www.coinbase.com/fr/learn/crypto-basics/what-is-bitcoin?>
- 17- Drescher. (2017). *Blockchain Basics*. Germany: Apress.
- 18- Drescher, D. (2017). *Blockchain Basics: A Non-Technical Introduction*. United States of America: Apress.
- 19- Drescher, D. (2017). *Blockchain Basics: A Non-Technical Introduction in 25 Steps*. New York: Apress.
- 20- Entropy Tech Newsletter. (2025, 10 23). *The Hidden Risks of Blockchain for Businesses: What Every Company Should Know Before Implementing It*. Retrieved from LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/hidden-risks-blockchain-businesses-what-every-company-should-wq0vf/>
- 21- Ethereum Official Website. (2026, 02 24). *ما هو الاثيريوم؟*. Retrieved 05 19, 2026, from <https://ethereum.org/?utm=https://ethereum.org/what-is-ethereum/>
- 22- European Central Bank (ECB). (2012). *Virtual Currency Schemes*. Retrieved 2026, from <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/virtualcurrencyschemes201210en.pdf>
- 23- European Parliament. (2023). Regulation (EU) 2023/1114 on Markets in Crypto-assets (MiCA). *بروكسل: البرلمان الأوروبي ومجلس الاتحاد الأوروبي*.
- 24- EVEST. (2026, 01 20). *ما هي عملة الريبل XRP؟ / عملة Ripple*. تاريخ الاسترداد 05 20, 2026, من <https://www.evest.com/ar/%D9%85%D8%AF%D9%88%D9%86%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%AA%D8%AF%D8%A7%D9%88%D9%84/%D8%B9%D9%85%D9%84%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%B1%D9%8A%D8%A8%D9%84-xrp?srltid=AfmBOoojtK2TNxlqoqe00HZRCf5PTV0O09Yky9tBXZanv117FsqHZTnZ>
- 24- Financial Action Task Force. (2014). *Virtual Currencies – Key Definitions and Potential AML/CFT Risks*. France: FATF.
- 25- Guo, Y., & Liang, C. (2016). Blockchain application and outlook in the banking industry. *Financial Innovation*, 02(24), p. 01.
- 26- IBM. (2019). *TradeLens Momentum Grows with Addition of Two Major Ocean Cargo Carriers*. USA: IBM Insights. Retrieved 05 30, 2026, from https://www.ibm.com/think/insights/tradelens-momentum-grows-with-addition-of-two-major-ocean-cargo-carriers?utm_source=chatgpt.com

- 27- IBM Corporation: *TradeLens Momentum Grows with Addition of Two Major Ocean Cargo Carriers*. تاريخ الاسترداد 31 05 2026، من <https://www.ibm.com/think/insights/tradelens-momentum-grows-with-addition-of-two-major-ocean-cargo-carriers>
- 28- IBM. (2022, 01 21). *IBM Blockchain Transparent Supply & Food Trust*. Retrieved from <https://www.ctc-n.org/sites/default/files/IBM%20Food%20Trust%20Overview%20Presentation%20for%20UN-CTCN%20-%20final.pdf>
- 29- International Monetary Fund. (2023). *Fintech and Financial Services: Initial Considerations*. Washington: International Monetary Fund.
- 30- International Monetary Fund. (2025). *Tokenization and Financial Market Inefficiencies*. Washington: International Monetary Fund.
- 31- KPMG International. (2017). *Blockchain accelerates insurance transformation*. Switzerland: KPMG International Cooperative.
- 32- learn bybit. (2025, 02 26). *ليل المبتدئين: ما هي USDC وما آلية عملها؟*. Retrieved 05 19, 2026, from <https://learn.bybit.com/ar-SA/altcoins/a-beginners-guide-what-is-usd-coin-and-how-does-it-work>
- 33- LearnCrypto: *ما هو البلوكشين. تم الاسترداد من* <https://learncrypto.com/ar/knowledge-base/basics/what-is-a-blockchain#%20%D8%A3%D8%AF%D8%AE%D9%84%20%D8%A5%D8%AB%D8%A8%D8%A7%D8%AA%20%D8%A7%D9%84%D8%B9%D9%85%D9%84>
- 34- Leora Klapper, Dorothe Singer, . (2025). *The Global Findex Database 2025: Connectivity and Financial Inclusion in the Digital Economy*. USA. World Bank. Retrieved from <file:///C:/Users/user/Downloads/9781464822049.pdf>
- 35- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. Retrieved from <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- 36- Nick Szabo. (1997, 09 01). *Formalizing and securing relationships on public networks*. *First Monday*, 02(09). Retrieved from <https://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/548/469>
- 37- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2020). *Blockchain Policy Series*. paris: (OECD Publishing. منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية).
- 38- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2022). *Blockchain at the Frontier: Impacts and Issues in Cross-Border Co-operation and Global Governance*. paris-france: OECD Publishing.

- . Retrieved 05 25, 2026, from Solidity: *أنواع* 39- Solidity. (2025).
<https://docs.soliditylang.org/en/latest/types.html?utm=>
- 40- Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain Revolution*. London: Portfolio Penguin.
- 41- Tether Limited. (2026). *Why use Tether?* Retrieved from <https://tether.to/en/why>
- 42- World Economic Forum (WEF). (2020). *Redesigning Trust: Blockchain Deployment Toolkit*. Geneva: World Economic Forum (WEF).
- 43- World Economic Forum. (2021). *Blockchain Interoperability*. Switzerland: World Economic Forum.
- 44- Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K. (2018). *Blockchain Technology Overview*. USA: National Institute of Standards and Technology (NIST).
- 45- Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K. (2018). *NISTIR 8202: Blockchain Technology Overview*. United States of America: National Institute of Standards and Technology (NIST), U.S. Department of Commerce.
- 46- Yaga, et Al.,. (2018). *Blockchain Technology Overview*. Gaithersburg, Maryland, USA: National Institute of Standards and Technology (NIST). Retrieved from <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2018/NIST.IR.8202.pdf>
- Journal of International Insurance Technologies (InsurTech)*. (2018). Ensar, S & .47- Yıldırım, İ
Management, Educational and Economics Perspectives (03)06.
- 48- Zamani, M., Movahedi, M., & Raykova, M. (2018). *RapidChain: Scaling Blockchain via Full Sharding. Proceedings of the ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security (CCS)*, (pp. 111-124). Canada.

قائمة المراجع باللغة العربية:

- 1- أشرف جابر. (2020). البلوك شين و الاثبات الرقمي في مجال حق المؤلف. *المجلة الدولية للفقہ و القضاء و التشريع* (01)، صفحة 37.
- 2- أكاديمية البيتكوين العربية. (11 03, 2023). *ما هي خوارزمية إجماع البلوكشين*. تم الاسترداد من أكاديمية البيتكوين العربية:
<https://btcacademy.online/%D9%85%D8%A7-%D9%87%D9%8A-%D8%AE%D9%88%D8%A7%D8%B1%D8%B2%D9%85%D9%8A%D8%A9-%D8%A5%D8%AC%D9%85%D8%A7%D8%B9-%D8%A7%D9%84%D8%A8%D9%84%D9%88%D9%83%D8%AA%D8%B4%D9%8A%D9%86%D8%9F>
- 3- الانصاري حسين النيداني. (2009). *القاضي و الوسائل الالكترونية الحديثة*. الاسكندرية: دار الجامعة الجديدة.
- 4- البنك المركزي الأردني. (2018). *تقرير الاستقرار المالي لسنة 2018*. الاردن: دائرة الاستقرار المالي.

- 5- الدمرداش. (2018). ثورة بلوك شين العالم على أعتاب التغير. مجلة الأهرام للكمبيوتر و الأنترنت و اتصالات لغة العصر (215)، صفحة 32.
- 6- الرايس مراد. (06, 2019). تحديات النقد الافتراضي_ البيتكوين BTC. مجلة دراسات -العدد الاقتصادي-، 10 (02)، صفحة 251.
- 7- السيد دونغ هي و آخرون. (2017). التكنولوجيا المالية والخدمات المالية: الاعتبارات الأولية. صندوق النقد الدولي. تاريخ الاسترداد 25 05 2026، من <https://www.elibrary.imf.org/view/journals/006/2017/005/006.2017.issue-005-en.xml>
- 8- اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا). (2020). تكنولوجيا البلوك تشين: الفرص والتحديات والسياسات العامة في المنطقة العربية. بيروت: منظمة دولية (الأمم المتحدة – ESCWA).
- 9- اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا). (2020). تكنولوجيا سلاسل الكتل (Blockchain): الفرص والتحديات في المنطقة العربية. لبنان - بيروت -: الأمم المتحدة (الإسكوا).
- 10- بونعجة سحنون. (2018). دراسة تحليلية لواقع و آفاق استخدام تقنية البلوك شين في الصناعة التامينية التجارية و التكافلية. مجلة الاقتصاد و المالية، 07 (03)، صفحة 203.
- 11- حسن فضالة موسى. (2016). التنظيم القانوني لللاثبات الالكترونية-دراسة مقارنة- (الإصدار 01). لبنان: دار السنيهوري.
- 12- سامي. (12 07 2025). ما هو التوقيع الرقمي؟ تم الاسترداد من الموسوعة التقنية: <https://coreiten.com/article/%D9%85%D8%A7-%D9%87%D9%88-%D8%A7%D9%84%D8%AA%D9%88%D9%82%D9%8A%D8%B9-%D8%A7%D9%84%D8%B1%D9%82%D9%85%D9%8A-19>
- 13- سعيدي صبيبة، فلاق صليحة. (2022). دور تكنولوجيا البلوك تشين في دعم نشاط شركات التأمين وتعزيز الشمول المالي في الجزائر. مجلة شعاع للدراسات الاقتصادية، 06 (01)، الصفحات 236-237.
- 14- سوان، م. (2019). لبلوك تشين: مخطط جديد للاقتصاد. ترجمة: مجموعة من المترجمين العرب. المملكة العربية السعودية: دار نشر العبيكان.
- 15- شهرزاد الوافي. (06, 2022). استراتيجية تطبيق تكنولوجيا البلوك تشين في المعاملات الرقمية -دولة الامارات العربية المتحدة نموذجا-. مجلة دراسات اقتصادية، 09 (01)، الصفحات 284-285.
- 16- صفار محمد، شرشم محمد. (01 09 2022). واقع و تحديات تقنية البلوك شين في القطاع المالي و المصرفي(تجربة بعض الدول العربية). مجلة الاقتصاد و التنمية المستدامة، 05 (02)، الصفحات 161-162.

- 17- صفار محمد، شرشم محمد. (2022). واقع و تحديات تكنولوجيا البلوك شين في القطاع المالي و المصرفي. *مجلة الاقتصاد والتنمية المستدامة*، 05(02)، الصفحات 158-159.
- 18- صموئيل غبادبو. (19 06, 2024). *مجموعات أدوات تطوير البلوكشين: حالات الاستخدام والتطبيقات*. تاريخ الاسترداد 24 05, 2026. من UEx: <https://blog.ueex.com/ar/%D9%85%D8%AC%D9%85%D9%88%D8%B9%D8%A7%D8%AA-%D8%A3%D8%AF%D9%88%D8%A7%D8%AA-%D8%AA%D8%B7%D9%88%D9%8A%D8%B1-%D8%A7%D9%84%D8%A8%D9%84%D9%88%D9%83%D8%B4%D9%8A%D9%86>
- 19- صندوق النقد العربي. (2021). *استراتيجيات تبني تقنيات السجلات الموزعة (DLT) والبلوكشين في الدول العربية*. أبو ظبي: صندوق النقد العربي.
- 20- طروبيا نذير. (24 09, 2020). *استراتيجيات مجلس التعاون الخليجي لتبني تقنية البلوك شين و النتائج المحتملة لتطبيقها - قراءة في تجربة الامارات العربية المتحدة- مجلة اضافات اقتصادية*، 04(02)، صفحة 36.
- 21- عامر رشيد المصري. (2025). *تقنية البلوك شين - حائل مبتكرة لتحديات لبنان القانونية والاقتصادية* - (الإصدار 01). لبنان.
- 22- عوسات تكلت. (جوان, 2022). *تقنية البلوك شين: دراسة في المفهوم و العناصر*. *مجلة العلوم القانونية والاجتماعية*، 07(02)، صفحة 945.
- 23- غوراف كوناال. (21 08, 2023). *فتح قوة الصلابة: العقود الذكية في البلوك تشين*. تم الاسترداد من softobotics: <https://www.softobotics.org/blogs/unlocking-the-power-of-solidity-smart-contracts-in-blockchain>
- 24- فادي توكل. (2022). *التصويت الالكتروني في شركات المساهمة عبر تقنية البلوك شين*. *المجلة الدولية للفقهاء والقضاء والتشري*، 3(2)، صفحة 11.
- 25- فادي توكل. (2022). *التصويت الالكتروني في شركات المساهمة عبر تقنية البلوك شين*. *المجلة الدولية للفقهاء والقضاء والتشريع*، 3(2)، صفحة 9.
- 26- فاطمة السبيعي. (2019). *دراسات استراتيجية: اتجاهات تطبيق تقنية البلوك شين في دول الخليج*. مركز البحرين للدراسات الاستراتيجية والدولية والطاقة (دراسات)، صفحة 99.

27- فيصل بن قاسي، رابع سرير عبد الله. (07, 2020). الانتخاب الالكتروني باستخدام تقنية البلوك تشين كأداة لتعزيز الشفافية وبناء الثقة بين المواطن و الادارة. مجلة دراسات و أبحاث /المجلة العربية في العلوم الانسانية و الاجتماعية، 12 (03)، صفحة 785.

28- لورنا غاري. (19 09, 2024). ما المقصود بالهوية الرقمية؟ تاريخ الاسترداد 05 22, 2026، من ORACLE: <https://www.oracle.com/middleeast-ar/security/identity-management/digital-identity/#how-do-digital-identities-work>

29- مرزوق آمال. (2019). البيتكوين: نقود جديدة أم فقاعة مالية؟ مجلة شعاع للدراسات الاقتصادية، 03 (02)، صفحة 75.

30- مكتب التطوير الحكومي والمستقبل التابع لمجلس الوزراء الإماراتي. (2018). دليل تقنية البلوك تشين. الامارات العربية المتحدة.

31- نوري جهاد رحيمة، شتوح رحمون. (01 06, 2022). تطبيقات تقنية البلوك تشين. مجلة العلوم القانونية و الاجتماعية، 07 (02)، صفحة 916.

32- هارفارد بيزنس ريفو. (2026). الشوكة الصعبة. تم الاسترداد من هارفارد بيزنس ريفو: <https://hbrarabic.com/%D8%A7%D9%84%D9%85%D9%81%D8%A7%D9%87%D9%8A%D9%85-%D8%A7%D9%84%D8%A5%D8%AF%D8%A7%D8%B1%D9%8A%D8%A9/%D8%A7%D9%84%D8%B4%D9%88%D9%83%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%B5%D8%B9%D8%A8%D8%A9>