

## Blockchain in Supply Chain

[For Arabic](#)

The rise of technological development and its different applications are revolutionizing how conventional operations are conducted. With the emergence of cryptographic techniques, which is the science of encoding and securing information, Blockchain technology became apparent. Mostly known for its usage in cryptocurrency, Blockchain principles can be applied to a wider range of applications. One recent usage of this technology is in supply chain management.

Before explaining how blockchain can integrate in the management of supply chains, understanding its current application in cryptocurrency will help clarifying the working process behind it.

### The Blockchain Principle

Blockchain is a public decentralized digital database that securely stores records across a network of computers in a way that is transparent, immutable, and resistant to tampering. Each "block" contains data, and blocks are linked in a chronological "chain." The fact that being public and decentralized means that no single government, individual or company can control or own this technology, such as the internet. In other words, public blockchains like Bitcoin or Ethereum are maintained by global communities, where control is distributed across thousands of independent computers (identified as nodes) around the world where users can participate as developers, miners and validators.

In contrast, some cryptocurrencies built on private or permissioned blockchains may be managed by specific companies or organizations where they control access, validate transactions, and decide how the system works. Example of such practices are the XRP coin managed by Ripple Labs.

A blockchain is identical to spreadsheets because it is a database where information is entered and stored. The key difference between a traditional spreadsheet and a blockchain is how the data is structured and accessed. A blockchain consists of programs called scripts that conduct the tasks done in a database which are entering and accessing information, saving and storing it somewhere. A blockchain is

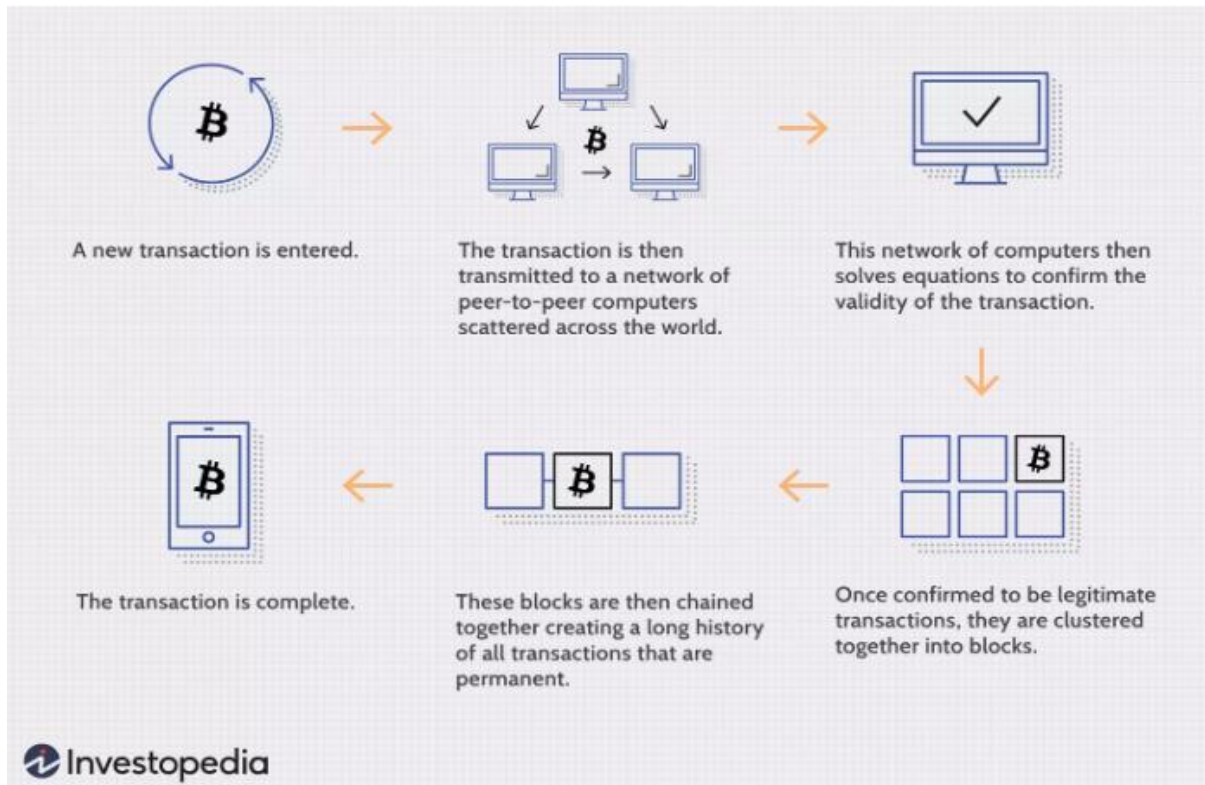
distributed, which means multiple copies are saved on many machines, and they must all match for it to be valid.

Solving algorithms are essential in this process. One key cryptographic tool is hashing. Each block in the chain has a unique cryptographic hash which is a string of numbers and letters generated by a mathematical function. Even a tiny change in the block's content completely changes the hash, helping detect tampering. Moreover, participating in a blockchain requires a Proof of Work (PoW) which is a mechanism based on solving mathematical problems to validate transactions.

In blockchains like Bitcoin, new blocks are added through a process called mining, which involves solving a computationally difficult mathematical puzzle. Miners compete to solve a problem which is basically, finding a number (nonce) that, when combined with the block's data and run through a hashing algorithm, produces a hash that meets certain conditions like starting with a certain number of zeros. This process requires significant computing power which is the reason behind the energy intensive requirements for mining in cryptocurrency. The first miner to solve it gets to add the block to the blockchain and earn a reward which will be the Bitcoin. This is known as Proof of Work (PoW).

Regarding the number that needs to be matched by miners, no one generates it. Instead, miners are trying to find a nonce that, when combined with the block's data, based on the list of transactions, a timestamp, a reference of previous block, and passed through a hash function, produces a result that meets certain conditions. The goal is to find a hash that starts with a certain number of zeros, this is called the difficulty target. Miners keep guessing billions of nonces per second until someone finds one that produces a valid hash. If blocks are being mined too quickly, the difficulty increases (i.e., the hash must start with more zeros). It's a game of trial and error based on cryptographic algorithms.

Transactions follow a specific process, depending on the blockchain. For example, on Bitcoin's blockchain, if you initiate a transaction using your cryptocurrency, it starts a sequence of events.



## Blockchain in Supply Chain Management

Blockchain can improve supply chain performance by securely connecting a limited number of trusted parties and protecting operations from malicious actors. For blockchain to work effectively in supply chains, new permissioned systems, standards, and governance rules are needed and are still being developed. Among the main advantages of adopting blockchain in managing supply chains are:

### ***Sharable Information across Different Parties***

While traditionally Enterprise Resource Planning (ERP) improved information sharing since the 1990s, visibility and coordination in complex supply chains remain challenging especially with the escalating tensions occurring on the global scale. A simple example involving a retailer, supplier, and bank highlights how current systems fail to link information, inventory, and financial flows, making it difficult to prevent errors and resolve disputes. Blockchain has the potential to overcome these limitations by providing a shared, reliable source of truth across all parties (refer to the below [representation](#)).

## ***Low Error Margin, High Transparency and Traceability***

Supply chains are prone to execution errors like missing shipments, duplicate payments, or mismatched transactions, which are hard to detect or fix in real time. Such errors might cause serious delays which in turn impact different actors. Even advanced ERP systems struggle to align financial records with inventory movements, especially in large, complex networks handling thousands of transactions daily. Audits, which might be costly, help identify issues but often don't reveal their root causes.

Efforts to improve visibility like Radio Frequency Identification (RFID) tagging or ERP integration are costly and difficult, particularly for large companies with many incompatible legacy systems.

Blockchain offers a better alternative by assigning unique digital tokens to assets (like inventory or orders) and using digital signatures to track transactions securely across all participants. Unlike traditional ledgers, blockchain:

- Records every step chronologically,
- Captures all financial, informational, and physical flows,
- Is encrypted, shared, and tamperproof.

This creates a reliable and transparent system where all parties can trace activity, detect errors, and enforce accountability, effectively reducing coordination and traceability problems across the supply chain with minimal information sharing among competitors.

## **Real World Application:**

### ***Pharmaceutical Supply Chain Case***

The U.S. Drug Supply Chain Security Act (2013) mandates pharmaceutical companies to track and verify prescription drugs to protect consumers from counterfeit or harmful products. In response, a major pharmaceutical company featured in a study done by Harvard Business Review (2020) began using blockchain technology with its supply chain partners to trace drug inventory across every step of the supply chain.

Each unit is tagged with electronic product codes (GS1 standards), and every time it moves between firms, its tag is scanned and recorded on the blockchain. This creates a secure, transparent, and tamper-proof history of the drug's journey from production to the end user. Moreover, it is efficient in tracking faulty products or products that were transported in inadequate conditions. As an example, temperature-sensitive items (like fresh produce or certain drugs) can be monitored in real-time using Internet of Things (IoT) devices, which records temperature breaches directly onto the blockchain. Accordingly, suspicious returns can be verified instantly, as counterfeit products lack a verifiable blockchain record. Early success in U.S. pilots encouraged the company to expand efforts to other regions, including Europe.

### ***Walmart Chain***

Walmart Canada has already begun using blockchain with the trucking companies that transport its inventory. A shared blockchain makes it possible to synchronize logistics data, track shipments, and automate payments without requiring significant changes to the trucking firms' internal processes or information technology systems.

### ***Renault***

Over the past few years, Renault has invested heavily in its digital transformation. One specific focus has been made on blockchain technology. Supply chains are an excellent use case for this technology, and the vast supply chain ecosystem of auto manufacturing is no different.

IBM developed a solution using its IBM® Blockchain and Hyperledger Fabric. That solution became the basis of the eXtended Compliance End-to-End Distributed (XCEED) blockchain project. XCEED certifies compliance of all vehicle components, from design through production, to aftersales. Renault tested the project at its Douai plant. XCEED archived over one million documents at 500 transactions per second.

With XCEED, suppliers and automakers share compliance information across a trusted network. The sharing is automated and accurate. Participants no longer spend time processing compliance paperwork, allowing them to focus on other tasks. Data discrepancies, which used to take hours of research to resolve, are essentially eliminated now. Customers have authentication that their car meets environmental and safety regulations. And regulators have transparent, up-to-date, accurate data on compliance.

## Capturing the Details of a Simple Transaction: Conventional vs. Blockchain Systems

The financial ledgers and enterprise resource planning systems now used don't reliably allow the three parties involved in a simple supply-chain transaction to see all the relevant flows of information, inventory, and money. A blockchain system eliminates the blind spots.



Illustrations: Mauro Sosa

From: "Building a Transparent Supply Chain" by Vishal Gaur and Abhinav Gaiha, May-June 2020

HBR



## البلوك تشين في إدارة سلاسل التوريد

أدى تطوّر التكنولوجيا وتطبيقاتها المختلفة إلى ثورة في طريقة تنفيذ العمليات التقليدية. ومع ظهور تقنيات التشفير، وهي علم ترميز وتأمين المعلومات، برزت تقنية البلوك تشين. وعلى الرغم من أن هذه التقنية تُعرف بشكل أساسي باستخدامها في العملات الرقمية، إلا أن مبادئها يمكن تطبيقها في مجموعة واسعة من الاستخدامات. ومن أبرز الاستخدامات الحديثة لتقنية البلوك تشين هو مجال إدارة سلاسل التوريد.

وقبل شرح كيفية دمج البلوك تشين في إدارة سلاسل التوريد، من المفيد فهم كيفية استخدامها في العملات الرقمية لتوضيح آلية عملها.

### مبدأ البلوك تشين

البلوك تشين هو قاعدة بيانات رقمية لا مركزية وعامة تُخزن السجلات بشكل آمن عبر شبكة من الحواسيب بطريقة شفافة، غير قابلة للتعديل ومحمية من التلاعب. يتكوّن النظام من "كتل" تحتوي على بيانات، ويتم ربط هذه الكتل ببعضها في "سلسلة" زمنية متتالية. وبما أن هذه التقنية لا مركزية وعامة، فلا يمكن لأي حكومة أو فرد أو شركة السيطرة عليها أو امتلاكها، تمامًا كما هو الحال مع الإنترنت.

تُدار البلوك تشين العامة مثل بيتكوين أو إيثريوم من قبل مجتمعات عالمية، حيث يتم توزيع التحكم عبر آلاف الحواسيب المستقلة المعروفة بالعقد Nodes - حول العالم، ويمكن للمستخدمين المشاركة كمطوّرين أو مُعدّنين أو مُحققين للمعاملات.

وعلى النقيض من ذلك، فإن بعض العملات الرقمية المبنية على بلوك تشين خاصة أو بإذن (Permissioned) تُدار من قبل شركات أو مؤسسات معينة تتحكم في الوصول، وتتحقق من المعاملات، وتحدد كيفية عمل النظام. ومن الأمثلة على ذلك عملة XRP التي تديرها شركة Ripple Labs.

يشبه البلوك تشين جداول البيانات من حيث كونه قاعدة بيانات تُدخل فيها المعلومات وتُخزن، ولكن يكمن الاختلاف الرئيسي في طريقة تنظيم البيانات والوصول إليها. فالبلوك تشين يتكوّن من برامج تُعرف بالسكريبتات (scripts) تقوم بمهام قاعدة البيانات من إدخال البيانات وتخزينها والوصول إليها. ويتم توزيع قاعدة البيانات على العديد من الأجهزة، ويجب أن تتطابق النسخ كلها حتى تكون صالحة.

تلعب الخوارزميات دورًا أساسيًا في هذا النظام، وأحد الأدوات التشفيرية المهمة هي ال Hashing. كل كتلة في السلسلة تحتوي على "تجزئة (Hash)" فريدة، وهي سلسلة من الأرقام والحروف يتم توليدها عبر دالة رياضية. وأي تغيير طفيف في محتوى الكتلة يؤدي إلى تغيير كامل في التجزئة، مما يُساعد في كشف أي تلاعب.

كما أن المشاركة في البلوك تشين تتطلب "إثبات العمل (Proof of Work - PoW)" ، وهو آلية تقوم على حل مسائل رياضية لتأكيد المعاملات.

في بلوك تشين مثل بيتكوين، تتم إضافة كتل جديدة عبر عملية تُعرف بالتعدين (Mining) ، والتي تتضمن حل لغز رياضي معقد. يتنافس المعدّنون لإيجاد رقم يُعرف بالـ Nonce ، والذي عند دمج مع بيانات الكتلة وتمثيله عبر خوارزمية التجزئة، يُنتج تجزئة تفي بشروط معينة، مثل أن تبدأ بعدد معين من الأصفار. وتتطلب هذه العملية قوة حوسبة عالية، وهو ما يجعل تعدين العملات الرقمية كثيف الاستهلاك للطاقة. أول من يحل اللغز يُضاف الكتلة على السلسلة ويحصل على مكافأة تكون على شكل عملة بيتكوين، وهذا ما يُعرف بإثبات العمل (PoW).

أما بالنسبة للرقم الذي يجب مطابقته من قبل المعدّنين، فلا يتم توليده مسبقاً، بل يحاولون إيجاد Nonce يُنتج تجزئة تتوافق مع "هدف الصعوبة (Difficulty Target)" ، أي أن تبدأ بعدد معين من الأصفار. كلما زادت سرعة التعدين، زادت صعوبة التحدي. إنها لعبة تجريب وخطأ قائمة على خوارزميات التشفير.

وتختلف طريقة تنفيذ المعاملات باختلاف البلوك تشين. على سبيل المثال، في بلوك تشين بيتكوين، عند تنفيذ معاملة باستخدام العملة الرقمية، تبدأ سلسلة من الإجراءات.

### البلوك تشين في إدارة سلاسل التوريد

يمكن أن يُحسن البلوك تشين أداء سلاسل التوريد من خلال ربط عدد محدود من الأطراف الموثوقة بطريقة آمنة، وحماية العمليات من الجهات الخبيثة. ولكي يعمل البلوك تشين بفعالية في سلاسل التوريد، من الضروري تطوير أنظمة جديدة بإذن، ومعايير وقواعد حوكمة لا تزال قيد التطوير.

ومن أبرز مزايا اعتماد البلوك تشين في إدارة سلاسل التوريد:

### مشاركة المعلومات بين مختلف الأطراف

رغم أن أنظمة تخطيط موارد المؤسسات (ERP) قد حسّنت مشاركة المعلومات منذ تسعينيات القرن الماضي، إلا أن الرؤية والتنسيق في سلاسل التوريد المعقدة لا تزال تمثل تحدياً، خصوصاً مع التصاعد العالمي في التوترات.

مثال بسيط يتضمن بائع تجزئة، ومورّد، وبنك يُظهر كيف تفشل الأنظمة الحالية في ربط المعلومات والمخزون والتدفقات المالية، مما يصعب من منع الأخطاء أو حل النزاعات. أما البلوك تشين، فيمكنه تجاوز هذه القيود من خلال توفير مصدر موثوق مشترك للمعلومات بين جميع الأطراف.

### هامش خطأ منخفض، وشفافية عالية، وإمكانية تتبع دقيقة

تعاني سلاسل التوريد من أخطاء تنفيذ مثل الشحنات المفقودة أو المدفوعات المكررة أو المعاملات غير المتطابقة، والتي يصعب اكتشافها أو تصحيحها في الوقت الفعلي، وقد تتسبب هذه الأخطاء بتأخير يؤثر على أطراف متعددة.



حتى أنظمة ERP المتقدمة تجد صعوبة في مطابقة السجلات المالية مع تحركات المخزون، لا سيما في الشبكات الكبيرة والمعقدة التي تتعامل مع آلاف المعاملات يوميًا. تساعد عمليات التدقيق في كشف المشكلات، لكنها لا تكشف دائمًا عن الأسباب الجذرية.

محاولات تحسين الرؤية مثل استخدام تقنيات (RFID) Radio Frequency Identification أو دمج أنظمة ERP تكون مكلفة وصعبة، خاصةً لدى الشركات الكبرى التي تستخدم أنظمة قديمة غير متوافقة. يوفر البلوك تشين بديلاً أفضل عبر تخصيص رموز رقمية فريدة للأصول (مثل المخزون أو الطلبات)، واستخدام التوقيعات الرقمية لمتابعة المعاملات بأمان. وعلى عكس السجلات التقليدية، فإن البلوك تشين:

- يسجل كل خطوة بشكل زمني،
- يوثق التدفقات المالية والمعلوماتية والمادية،
- مُشفّر، ومُشترك، وغير قابل للتلاعب.

وهذا يُنتج نظامًا موثوقًا وشفافًا، حيث يمكن لجميع الأطراف تتبع النشاط، واكتشاف الأخطاء، وفرض المساءلة، مما يقلل مشاكل التنسيق والتتبع في سلسلة التوريد حتى مع الحد الأدنى من تبادل المعلومات بين المنافسين.

### تطبيقات واقعية:

#### سلسلة توريد الأدوية – الولايات المتحدة

قانون أمن سلسلة توريد الأدوية في الولايات المتحدة (2013) يلزم شركات الأدوية بتتبع والتحقق من الأدوية الموصوفة لحماية المستهلكين من المنتجات المقلدة أو الضارة. ووفقًا لدراسة أعدتها Harvard Business Review عام 2020، بدأت إحدى الشركات الكبرى باستخدام تقنية البلوك تشين مع شركائها لتتبع المخزون الدوائي في كل خطوة.

كل وحدة دوائية تُزود برمز إلكتروني وفق معايير GS1، ويتم مسح هذا الرمز وتسجيله في البلوك تشين عند انتقاله من جهة إلى أخرى. هذا يُنشئ سجلًا آمنًا وشفافًا لا يمكن التلاعب به لمسار الدواء من الإنتاج حتى المستهلك النهائي. كما يسهل تتبع المنتجات التالفة أو المنقولة في ظروف غير مناسبة، إذ يمكن مراقبة العناصر الحساسة للحرارة باستخدام أجهزة إنترنت الأشياء (IoT) التي تُسجل اختراقات درجات الحرارة مباشرة على البلوك تشين. وبالتالي، يمكن التحقق الفوري من المرتجعات المشكوك فيها لأن المنتجات المقلدة لا تملك سجلًا موثقًا على البلوك تشين. وقد شجعت النجاحات الأولية في الولايات المتحدة الشركة على التوسع في مناطق أخرى، بما في ذلك أوروبا.

#### سلسلة توريد وولمارت – كندا

بدأت وولمارت كندا بالفعل باستخدام البلوك تشين مع شركات النقل التي تنقل مخزونها. يسمح البلوك تشين المشترك بمزامنة بيانات الخدمات اللوجستية، وتتبع الشحنات، وأتمتة المدفوعات دون الحاجة إلى تغييرات كبيرة في أنظمة الشركات الناقلة أو بنيتها التحتية.

## رينو - فرنسا

استثمرت شركة Renault بشكل كبير في التحوّل الرقمي خلال السنوات الماضية، مع تركيز خاص على تقنية البلوك تشين. وتُعد سلاسل التوريد مثالاً مثاليًا لتطبيق هذه التقنية، ولا تختلف سلسلة التوريد في قطاع صناعة السيارات في هذا الصدد.

طوّرت شركة IBM حلاً باستخدام IBM® Blockchain وHyperledger Fabric، وكان هذا الحل هو الأساس لمشروع XCEED. يهدف XCEED إلى توثيق امثال جميع مكونات السيارات، بدءًا من التصميم والإنتاج وحتى خدمات ما بعد البيع. وقد تم اختبار المشروع في مصنع رينو في Douai، وسجل أكثر من مليون مستند بمعدل 500 معاملة في الثانية.

ومن خلال XCEED، يُمكن للموردين ومصنّعي السيارات تبادل معلومات الامثال عبر شبكة موثوقة بطريقة تلقائية ودقيقة، دون الحاجة للمعالجة الورقية، مما يوفر الوقت. كما أن الفروقات في البيانات التي كانت تتطلب ساعات من التحقيق أصبحت الآن شبه معدومة. العملاء يحصلون على تأكيد أن سياراتهم تتوافق مع معايير السلامة والبيئة، بينما يحصل المنظّمون على بيانات دقيقة، شفافة، ومحدثة.