تطبيق موبايل لبيع وشراء المستعمل

الفهرس

# الفصل الأول: المقدمة

## خلفية المشروع

يشهد العالم اليوم تحولاً رقمياً متسارعاً في مختلف القطاعات، وعلى رأسها قطاع التجارة. ومع التوسع الكبير في استخدام الهواتف الذكية وتطبيقات الهاتف المحمول، أصبحت الأسواق الإلكترونية وسيلة فعالة لتسهيل عمليات البيع والشراء. وفي السياق المحلي، تعاني التجارة التقليدية، خاصة في سوق المنتجات المستعملة في سوريا، من مشكلات تتعلق بعدم التنظيم، وغياب الثقة بين الأطراف، وصعوبة الوصول إلى معلومات دقيقة وموثوقة عن المنتجات والبائعين.

## أهمية المشروع

ينطلق هذا المشروع من الحاجة إلى توفير حل رقمي حديث يدعم التجارة المحلية، ويساهم في تنشيط الاقتصاد السوري من خلال أتمتة عمليات البيع والشراء وتبادل السلع المستعملة. يتميز المشروع بإدماج تقنيتين متقدمتين:

* الذكاء الاصطناعي (AI) لتحسين تجربة المستخدم وتقديم تقييمات للبائعين الموجودين في النظام.
* سلسلة الكتل (Blockchain) لتعزيز الثقة والشفافية من خلال تخزين جميع المعاملات بطريقة غير قابلة للتعديل، مما يحد من حالات الاحتيال ويُوفر سجلاً موثقاً وآمناً لكل عملية تبادل.

## أهداف المشروع

يهدف المشروع إلى تطوير تطبيق إلكتروني متكامل يعمل على نظام أندرويد، يتيح للمستخدمين عرض سلعهم وخدماتهم، ومبادلتها مع مستخدمين آخرين بطريقة موثوقة وآمنة. تتلخص الأهداف فيما يلي:

* رقمنة سوق السلع المستعملة في سوريا.
* تعزيز الثقة باستخدام تقنيات العقود الذكية وتسجيل المعاملات على البلوك تشين.
* استخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي لتقييم البائعين بناء على سجلهم السابق وسلوكهم داخل التطبيق، مما يساعد المستخدمين على اتخاذ قرارات شراء أكثر وعياً وثقة.
* بناء تجربة مستخدم سلسة وعملية ضمن بيئة آمنة وشفافة.

## منهجية العمل

يعتمد المشروع على منهجية Agile في تطوير البرمجيات، مما يسمح بالمرونة والاستجابة السريعة للتغييرات. كما سيتم اتباع أفضل ممارسات هندسة البرمجيات في التحليل، التصميم، التنفيذ، والاختبار، لضمان جودة المنتج النهائي واستقراره.

## حدود المشروع

يركز المشروع في مرحلته الحالية على السوق المحلي السوري فقط، مع إمكانية التوسع مستقبلاً.

في هذه المرحلة الأولى، سيكون التطبيق موجهاً بشكل حصري لأجهزة الهواتف الذكية التي تعمل بنظام التشغيل Android، نظراً لانتشاره الواسع بين المستخدمين في سوريا، وانخفاض تكلفته مقارنة بمنصات أخرى مثل iOS. وهذا يساهم في ضمان وصول شريحة أكبر من المستخدمين إلى الخدمة المقترحة، ويعزز من فرص نجاح المشروع في البيئة المستهدفة.

# الفصل الثاني: الدراسة المرجعية

## النماذج الرئيسية في التجارة الإلكترونية

تشمل التجارة الإلكترونية عدة نماذج تفاعلية بين الأطراف، تختلف باختلاف اتجاه المعاملة والجهات المتفاعلة. ومن أبرز هذه النماذج: C2C، B2C، B2B، C2B، ولكل منها خصائص ومزايا وتحديات خاصة.

### أولاً: نموذج العميل إلى العميل (C2C)

يُعد نموذج C2C من أبرز النماذج التشاركية، حيث يسمح للأفراد ببيع وشراء المنتجات والخدمات فيما بينهم عبر منصات وسيطة مثل eBay وFacebook Marketplace. يعتمد نجاح هذه المنصات على تحقيق توازن بين المرونة والموثوقية.

العوامل المؤثرة في فعالية هذا النموذج:

* تجربة المستخدم والمحتوى: سهولة استخدام الموقع ووضوح المعلومات يعززان من رضا العملاء.
* الأمان والموثوقية: غياب جهة مركزية يجعل الثقة مبنية على آليات تقييم المستخدمين، التبليغ عن الاحتيال، وحماية البيانات.
* تنوع المنتجات وسرعة الوصول: تتنوع العروض نتيجة لاختلاف مصادر السلع، مما يعزز من التنافسية والقيمة المقدّمة.

من أبرز المنصات السورية: أسواق، السوق المفتوح.

تم اختيار نموذج C2C في هذا المشروع للأسباب التالية:

* ملاءمته للسوق السوري: معظم عمليات البيع والشراء في سوريا تتم بين الأفراد مباشرة، خاصة في سوق السلع المستعملة.
* النموذج يعكس الواقع العملي للسوق المحلي.
* تكلفة تشغيل منخفضة: لا يتطلب وجود مخزون أو شركة وسيطة، مما يسهّل الانطلاق بموارد محدودة.
* مرونة عالية وتوسّع ذاتي: كل مستخدم يمكن أن يكون بائعاً ومشترياً في ذات الوقت، ما يزيد من ديناميكية المنصة.
* التمكين الفردي: يُعطي للمستخدم العادي القدرة على عرض سلعه أو خدماته بسهولة دون الحاجة لامتلاك سجل تجاري أو بنية تحتية كبيرة.

Rauniar, Rupak, et al. "C2C online auction website performance: Buyer's perspective." *Journal of Electronic Commerce Research* 10.2 (2009): 56.

### ثانياً: نموذج الشركة إلى العميل (B2C)

نموذج B2C هو الشكل التقليدي للبيع عبر الإنترنت، حيث تُقدم الشركات منتجاتها أو خدماتها مباشرة إلى المستهلكين عبر منصات إلكترونية. من أبرز المنصات: Amazon وWalmart.

أبرز خصائص النموذج:

* بناء الثقة المؤسسية: تعتمد الثقة هنا على وجود نظام ضمانات مثل تقييمات المستخدمين، سياسة الاسترجاع، ووسائل الدفع الآمنة (مثل PayPal).
* أهمية الطرف الوسيط: تلعب المنصة الوسيطة دوراً مهماً في تعزيز الثقة بين البائع والمشتري.
* تقليل المخاطر: وجود بنية قانونية ومؤسسية متكاملة يقلل من التردد الشرائي ويزيد من ولاء المستهلك.

Pavlou, Paul A., and David Gefen. "Building effective online marketplaces with institution-based trust." *Information systems research* 15.1 (2004): 37-59.

### ثالثاً: نموذج الشركة إلى الشركة (B2B)

في هذا النموذج، تتم المعاملات بين كيانات تجارية، ويُستخدم بكثرة في سلاسل التوريد والمصانع ومزودي الخدمات اللوجستية. من أشهر المنصات: Alibaba.

خصائص النموذج:

* حجم المعاملات الكبير والتفاوض: تتميز المعاملات بأنها ذات قيمة عالية وتتطلب اتفاقات مخصصة.
* علاقات طويلة الأمد: تبنى العلاقات على الثقة المتبادلة وعقود متعددة السنوات.
* الدعم اللوجستي والتقني: يتطلب استثماراً في البنية التحتية الرقمية لضمان التكامل بين أقسام المؤسسة.

Pavlou, Paul A., and David Gefen. "Building effective online marketplaces with institution-based trust." *Information systems research* 15.1 (2004): 37-59.

### رابعاً: نموذج العميل إلى الشركة (C2B)

يُعد هذا النموذج من النماذج الحديثة والمرنة في عالم التجارة الإلكترونية، ويقوم على عكس الاتجاه التقليدي للتبادل التجاري، حيث يبدأ المستهلك العملية التجارية من خلال عرض خدمة أو طلب منتج معين، وتقوم الشركات بالاستجابة لهذا الطلب. ينتشر هذا النموذج بشكل خاص في مجالات العمل الحر (Freelancing)، التسويق بالمحتوى، واستطلاعات الرأي المدفوعة، حيث يقدّم الأفراد خبراتهم أو أفكارهم للشركات مقابل تعويض مالي.

أبرز خصائص النموذج:

* الاستهلاك قبل الإنتاج: الركيزة الأساسية في هذا النموذج هي أن المبادرة تبدأ من المستهلك وليس من الشركة، بمعنى آخر، لا تقوم الشركة بإنتاج منتج أو خدمة مسبقاً، بل تنتظر طلباً أو حاجة محددة من المستخدم، ثم تبدأ بالتصنيع أو التخصيص بناءً على ذلك، وهذا يختلف جوهرياً عن النموذج التقليدي (B2C) الذي فيه تقوم الشركة أولاً بتقديم المنتج، ثم ينتظر أن يقوم العميل بشرائه.
* تحقيق الكفاءة في الموارد: لا يتم الإنتاج إلا عند وجود طلب فعلي، مما يقلل من الهدر في المخزون والتكاليف التشغيلية.

من أبرز الأمثلة: مواقع مشاركة المحتوى مثل YouTube، حيث ينشئ المستخدم المحتوى وتقوم الشركات بالإعلان من خلاله

Wu, Qinglie, Jing Ma, and Zhong Wu. Consumer-Driven E-commerce: a Study on C2B applications. 2020 International Conference on E-Commerce and Internet Technology (ECIT). IEEE, 2020.

فيما يلي جدول يلخص أهم المفاهيم ومقارنة حول هذه النماذج

| **النموذج** | **التعريف** | **الجمهور المستهدف** | **المزايا** | **التحديات** | **أمثلة** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **C2C** | تبادل السلع والخدمات بين الأفراد عبر منصة وسيطة توفر آليات للتقييم والثقة | الأفراد الراغبون في البيع والشراء بشكل مباشر | تكلفة تشغيل منخفضة  مرونة عالية  تنوع العروض | قضايا الثقة مخاطر الاحتيال صعوبة مراقبة الجودة | أسواق |
| **B2C** | بيع المنتجات والخدمات من الشركات مباشرة للمستهلكين | المستهلك النهائي | تحكم أكبر في جودة المنتجات  دعم قوي لخدمات ما بعد البيع  حملات تسويقية متطورة | منافسة شديدة  استثمارات تسويقية كبيرة | Amazon Walmart |
| **B2B** | إجراء معاملات تجارية بين الشركات والمؤسسات | الشركات والكيانات التجارية | صفقات ذات قيمة كبيرة  علاقات تجارية طويلة الأمد  عمليات تفاوض مباشرة | - دورات مبيعات طويلة - إجراءات إدارية معقدة - متطلبات تقنية عالية | Alibaba |
| **C2B** | تقديم الأفراد خدماتهم أو منتجاتهم للشركات | الأفراد الراغبون في عرض خبراتهم أو منتجاتهم | حلول مبتكرة للشركات  تنوع العروض والمنتجات | تنظيم ضعيف  اختلاف توقعات الجودة | منصات العمل الحر مثل Upwork |

## تطبيقات تقنية البلوك تشين في التجارة الإلكترونية

مع الازدهار المتزايد للمعاملات الإلكترونية، قامت العديد من منصات التجارة الإلكترونية باعتماد تقنية السجلات الموزعة اللامركزية (البلوكتشين) للوصول إلى المستهلكين وضمان الكفاءة بأقل التكاليف الممكنة. وفيما يلي بعض التطبيقات والمشارع الحالية المستخدمة في التجارة الإلكترونية والمدعومة بتقنية البلوكتشين:

**نظام إدارة سلاسل التوريد**

تُعد الشحنات الدولية خصوصاً تلك التي تشمل بضائع مبردة من التحديات الكبرى أمام شركات الشحن العالمية. فالعملية تتطلب سلسلة طويلة من الإجراءات الورقية مثل الأختام والموافقات، ما يرفع التكاليف بشكل كبير.

استخدام تقنية البلوك تشين يلغي العديد من أوجه القصور في النظام التقليدي ويُحوّل الوثائق الورقية إلى سجلات رقمية يمكن مشاركتها بأمان.

على سبيل المثال، تستخدم شركة Maersk، وهي أكبر شركة شحن في العالم، بالتعاون مع IBM، تقنية البلوكتشين تحت اسم TradeLens لإنشاء سجل تدقيق كامل يتيح تبادل المعلومات بأمان بين مختلف الجهات: الناقلين، الموانئ، الجمارك... الخ، مما يسمح لجميع المشاركين برؤية موحدة ومشتركة.

يُظهر البحث الأصلي تصوّراً لأداء يصل إلى أكثر من 3500 معاملة في الثانية، بزمن استجابة تحت الثانية الواحدة، حتى مع وجود 100 عقدة

يمثّل اعتماد شركة وولمارت لمنصّة Hyperledger Fabric مثالاً عمليّاً على توظيف البلوك تشين في التجارة الإلكترونيّة لتعزيز الشفافيّة والثقة في سلاسل الإمداد الغذائي. فقد كشفت الشركة أنّ تعقّب مصدر المنتجات الطازجة كان يستغرق أيّاماً، ما يُعقّد سحب الدفعات الملوَّثة ويقلل ثقة المستهلكين. بعد دراسة عدّة تقنيّات، وقع الاختيار على Fabric لكونه إطاراً مفتوح المصدر ذا طابع مؤسّسي مُصرَّح، يسمح بتركيب مكوّنات الإجماع وإدارة العضويّة بصورة مرنة، وهو ما لبّى حاجة الشركة إلى إشراك مورّدين ومنافسين ضمن شبكة واحدة آمنة.

أطلقت وولمارت في أكتوبر 2016 مشروعين تجريبيّين لتتبّع منشأ المانجو في متاجر الولايات المتّحدة ولحم الخنزير في متاجر الصين، بالاشتراك مع IBM. أظهرت التجارب أنّ زمن تتبّع المانجو انخفض من سبعة أيّام إلى 2.2 ثانية فقط، بينما أتاح النظام رفع شهادات الأصالة للحوم الخنزير إلى السلسلة، ما عزّز الثقة في الأسواق التي تعاني من ممارسات تقليد الشهادات.

بفضل هذا النجاح، وسّعت الشركة نطاق التطبيق فصارت تتتبّع أكثر من 25 منتجاً ينتمي إلى خمسة مورّدين، تشمل الفواكه، والخضروات، واللحوم، ومشتقّات الألبان، ومنتجات متعددة المكوّنات، مع خطط لإلزام جميع مورّدي الخضروات الطازجة بالانضمام إلى النظام في المستقبل القريب.

Hyperledger\_CaseStudy\_Walmart\_Printable\_V4

# الدراسة النظرية

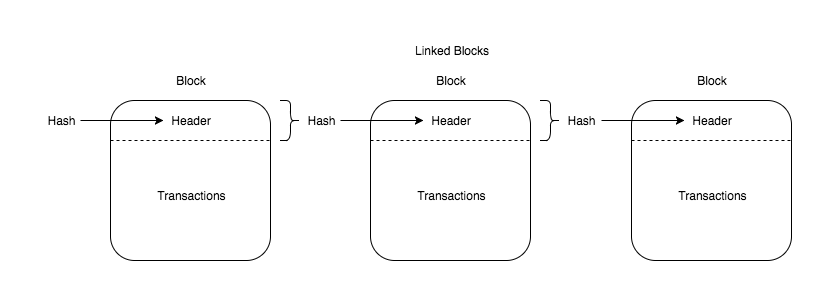
## تقنية سلسلة الكتل (Blockchain) ونظام Hyperledger Fabric ودورهما في تطبيقات التجارة الإلكترونية

شهدت السنوات الأخيرة تحولاً جذرياً في البنية الرقمية للمعاملات الاقتصادية، تمثل في بروز تقنية سلسلة الكتل (Blockchain) كنظام جديد لنقل وتخزين الأصول والمعلومات بطريقة آمنة، موزعة، وغير مركزية.  
وتعتبر هذه التقنية حجر الأساس للعديد من الابتكارات الحديثة، على رأسها العملات الرقمية مثل بيتكوين (Bitcoin)، والتي ظهرت لأول مرة في ورقة بحثية نشرها شخص أو مجموعة مجهولة الهوية تُدعى ساتوشي ناكاموتو (Satoshi Nakamoto) عام 2008 [1].

وقد مثلت هذه الورقة نقطة تحول تاريخية، حيث طرحت مفهوم عملة رقمية تُرسل مباشرة بين الأطراف دون الحاجة إلى وسطاء ماليين، معتمدة على دفتر أستاذ عام موزع يُعرف اليوم بسلسلة الكتل.

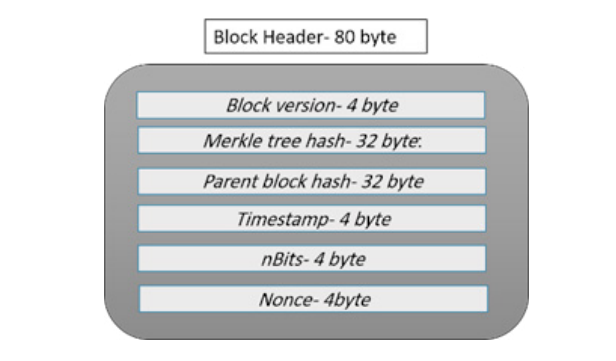
**تقنية سلسلة الكتل: المفهوم والآلية**

تقنية سلسلة الكتل هي قاعدة بيانات موزعة تتألف من سجل غير قابل للتعديل للمعاملات، حيث تُخزّن البيانات داخل "كتل"، وكل كتلة ترتبط بالتي تسبقها من خلال تجزئة مشفّرة، مشكّلة بذلك سلسلة زمنية متسلسلة تضمن عدم قابلية التعديل أو الحذف، وكل معاملة يتم التحقق منها من قبل غالبية العقد في الشبكة، مما يضمن الشفافية وعدم القدرة على التزوير.



### أولاً: بنية الكتلة

كل كتلة تتكون من جزأين رئيسيين:

رأس الكتلة (Block Header) ويحتوي على المعلومات التالية:

* إصدار الكتلة (Block Version): يحدد القواعد المعتمدة للتحقق من الكتلة.
* جذر شجرة ميركل (Merkle Root Hash): قيمة مشفرة تمثل جميع بيانات المعاملات داخل الكتلة.
* تجزئة الكتلة السابقة (Previous Block Hash): لربط الكتل ببعضها بشكل زمني.
* الطابع الزمني (Timestamp): يُحدد وقت إنشاء الكتلة.
* مستوى الصعوبة (nBits): يحدد الهدف اللازم لتوليد التجزئة.
* القيمة العشوائية (Nonce): رقم يستخدم في عملية التعدين لتوليد التجزئة.

بيانات الكتلة (Block Data):

وهي المعاملات التي تم تشفيرها عبر خوارزمية شجرة ميركل (Merkle Tree)، حيث يتم تحويل كل معاملة إلى تجزئة، ثم تُدمج هذه القيم تدريجيًا حتى يتم الحصول على تجزئة واحدة تمثل كل محتوى الكتلة.

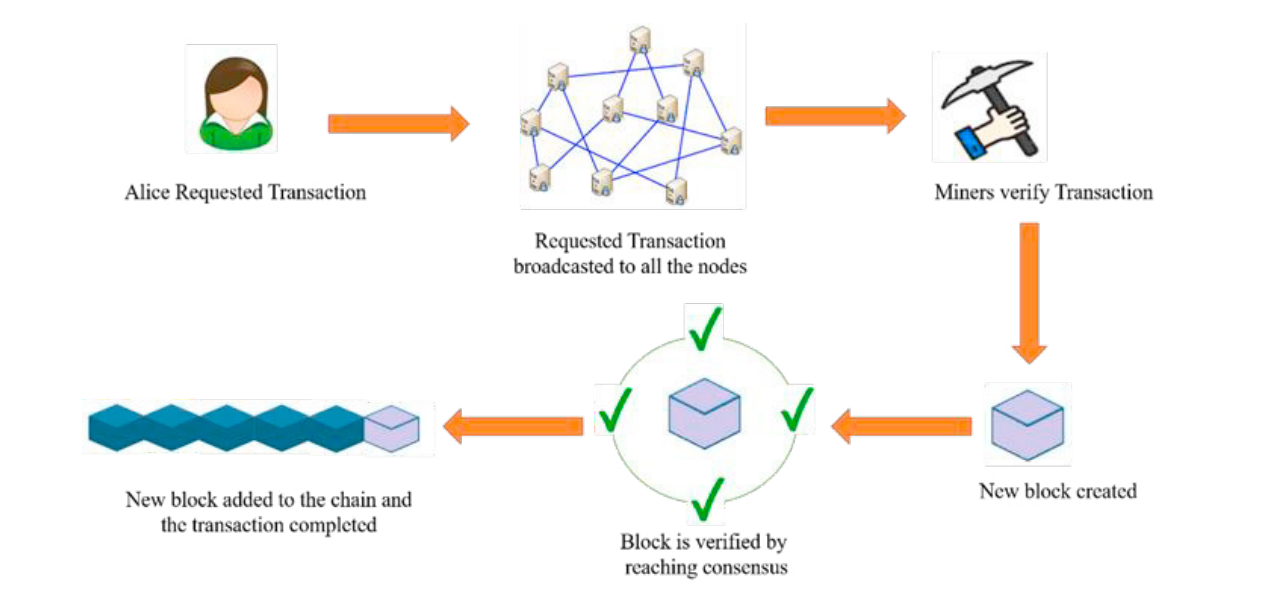
### ثانياً: آلية العمل

في شبكة البلوكشين، يُطلق على المستخدمين اسم العُقد (Nodes)، وكل عقدة تمتلك نسخة كاملة من سلسلة الكتل. بعض هذه العقد تُعرف باسم المُعدّنين (Miners)، وهم المسؤولون عن التحقق من صحة المعاملات وإضافتها إلى السلسلة.

عند إنشاء معاملة جديدة (مثل تحويل الأموال أو توقيع عقد ذكي)، يستخدم المرسل توقيعاً رقمياً يتكون من مفتاح عام يعرفه الجميع، ومفتاح خاص يعرفه المرسل فقط.

بعد بث المعاملة إلى الشبكة، تبدأ عملية التعدين، حيث تحاول العقد المتخصصة حلّ لغز حسابي يُعرف باسم "إثبات العمل" (Proof of Work). أول عقدة تُنجز الحل تُكافأ برسوم المعاملة وتقوم بإنشاء الكتلة الجديدة.

بعد ذلك، يتم التحقق من الكتلة الجديدة من قِبل باقي الشبكة وفقاً لبروتوكول إجماع معين (Consensus Protocol) قبل إضافتها للسلسلة.



### ثالثاً: تصنيف سلاسل الكتل

تُصنّف شبكات سلسلة الكتل إلى نموذجين رئيسيين بناءً على الصلاحيات المتعلقة بإضافة كتل جديدة.

* إذا كان بإمكان أي مستخدم إضافة كتلة جديدة، فإن سلسلة الكتل تُعد "غير مُصرح بها" (Permissionless).
* أما إذا كان يُسمح فقط لمجموعة محددة من المستخدمين بإضافة كتل جديدة، فتُعتبر سلسلة الكتل "مُصرح بها" (Permissioned).

ببساطة، يمكن تشبيه سلسلة الكتل غير المُصرح بها بشبكة الإنترنت العامة التي يستطيع أي شخص الوصول إليها، بينما تُشبه سلسلة الكتل المُصرح بها شبكة داخلية (Intranet) خاضعة للرقابة. وغالباً ما تُستخدم سلاسل الكتل المُصرح بها من قبل مجموعات أو منظمات.

سلسلة الكتل غير المصرح بها

* من الأمثلة الجيدة على هذا النوع: سلسلة الكتل العامة. في سلسلة الكتل العامة، يمكن لأي مستخدم الدخول أو الخروج من الشبكة في أي وقت. جميع المستخدمين يمتلكون نسخة من جميع المعاملات، ونظراً لأن المعاملات مرئية للجميع، لا يمكن لأحد التلاعب بها. وتُعد "بيتكوين" أشهر مثال على هذا النوع من السلاسل.

سلسلة الكتل المُصرح بها

* تُصنّف سلسلة الكتل المُصرح بها إلى نوعين رئيسيين: سلسلة الكتل الخاصة وسلسلة الكتل الائتلافية (Consortium).
* في النوع الأول (الخاص)، يُسمح فقط لمجموعة مختارة من العقد (nodes) بالدخول إلى الشبكة والتحقق من المعاملات. هذا التقييد يجعل عملية المعالجة أسرع، وحتى مع ازدياد حجم الشبكة تظل فعالية الأداء عالية. كما يتيح هذا النوع إجراء معاملات آمنة تماماً. ومع ذلك، فإن العيب الرئيسي في سلسلة الكتل الخاصة هو أن التحقق من المعاملات يصبح مركزيا لأنه خاضع لجهة واحدة [6].

### رابعاً: ميزات سلسلة الكتل

1. اللامركزية: اللامركزية تُعد أهم ميزة في تقنية سلسلة الكتل، حيث تُلغي الحاجة إلى طرف ثالث أو سلطة مركزية للتحقق من المعاملات. في هذا النظام، يمكن لأي عقدة (Node) داخل الشبكة تنفيذ معاملات مع عقد أخرى دون الحاجة لمعرفة الهوية الحقيقية أو الموقع الجغرافي للطرف الآخر. إضافة إلى ذلك، ونظراً لعدم وجود نظام مركزي، فإن كل عقدة تحتفظ بنسخة كاملة من البيانات، ويتم تحديث البيانات في جميع الأنظمة عند إضافة كتلة جديدة إلى السلسلة.
2. الشفافية: جميع الخوارزميات والمعاملات في تقنية سلسلة الكتل تكون شفافة لجميع مستخدمي الشبكة. هذه الميزة تُعزز من النزاهة والمساءلة داخل الشبكة، إذ لا يمكن لأي طرف تغيير أو إضافة أو حذف البيانات. وتُعد هذه الشفافية غير مسبوقة في الأنظمة المالية، مما يفسر شعبية تقنية البلوك تشين في القطاع المالي.
3. الاستقلالية: تُعرف شبكة سلسلة الكتل بأنها "شبكة خالية من الثقة"، أي لا تعتمد على جهة مركزية لضمان الثقة. بدلاً من ذلك، يتم الاعتماد على خوارزميات تشفيرية لضمان أمان المعاملات وثقة المشاركين في الشبكة، مما يُلغي الحاجة إلى سلطات حاكمة [7].
4. عدم القابلية للتغيير: تعني خاصية عدم القابلية للتغيير في البلوك تشين أنه بمجرد تسجيل معاملة داخل السلسلة، لا يمكن تعديلها أو حذفها. المعاملة بعد تسجيلها تصبح قابلة فقط للتحقق وليس التعديل. ولأن المعاملات مخزنة على جميع العقد، فإن أي محاولة لتعديل معاملة يتم كشفها من قبل بقية العقد التي تسعى لإصلاح التلاعب.
5. عدم القابلية للاسترجاع: تشير هذه الميزة إلى أن المعاملة بعد حفظها في الشبكة لا يمكن التراجع عنها. ويُعزى ذلك إلى استخدام دالة "التجزئة" (Hash Function) التي تُنتج نسخة مشفرة من البيانات داخل كل كتلة. وبما أن هذه الدالة تُعد أحادية الاتجاه ولا يمكن استرجاع البيانات الأصلية منها، فإنها تضمن عدم القدرة على التراجع عنها. كما أن الدالة تُعد حتمية، بحيث إن أي تغيير بسيط في المُدخلات يُنتج مخرجات مختلفة تماماً، مما يُعزز من خاصية عدم التراجع.
6. قابلية التتبع والتدقيق: يتم تسجيل كل معاملة داخل دفتر أستاذ موزع مع طابع زمني محفوظ في رأس الكتلة. وبالتالي، يمكن تتبع مصدر المعاملة بالوصول إلى أي عقدة داخل الشبكة. تُعتبر هذه الميزة مفيدة في العديد من التطبيقات، وخاصة في الخدمات المالية، حيث من الضروري معرفة مصدر الأموال أو المعاملات الكبيرة للحد من الاحتيال أو غسيل الأموال.

**3. مثال على البلوكتشين (البيتكوين):**

تمثل بيتكوين التطبيق الأول والأشهر لتقنية البلوكتشين.

تطوّر سعر البيتكوين منذ إنشائه حتى 2025

عند إطلاقها في عام 2009، لم يكن لها أي قيمة تقريباً. لكن وبحسب أرشيف arXiv [2] وACM [3]، فإن البيتكوين شهدت نموا غير مسبوق، حيث:

مايو 2010: حدثت أول صفقة تجارية حقيقية باستخدام البيتكوين، حيث دفع أحد المبرمجين 10,000 BTC مقابل قطعتين من البيتزا.

2010: ظهر أول سعر رسمي للعملة في السوق عند حوالي 0.003 دولار أمريكي.

2013: ارتفعت قيمته بشكل لافت حتى وصلت إلى 1,000 دولار لأول مرة في تاريخه.

2017: شهدت العملة قفزة غير مسبوقة لتصل إلى 19,783 دولاراً بنهاية العام، ما أثار اهتماماً عالمياً واسعاً.

2018: تراجعت القيمة بشكل حاد إلى نحو 6,000 دولار.

2020 – 2021: تضاعف الاهتمام المؤسسي، لتصل العملة إلى ذروتها الجديدة في نوفمبر 2021 بقيمة قاربت 68,742 دولاراً.

2022: واجه السوق موجة هبوط شديدة، وانهار سعر البيتكوين إلى 16,000 دولار تقريباً.

2024 – 2025: بعد موجة من التذبذب، استعاد البيتكوين عافيته تدريجياً، وبلغ في منتصف 2025 سعراً قياسياً جديداً قدره 120,000 دولار أمريكي، وفقا لموقع Yahoo Finance.

هذا النمو يعكس الثقة المتزايدة بهذه التقنية، ويشير إلى قدرتها على إحداث تحول عميق في نظم الدفع والتبادل الرقمي.

Fabric هو نظام مفتوح المصدر، قابل للتوسعة والتركيب، يُستخدم في نشر وتشغيل شبكات البلوك تشين المُصرّح بها ويُعدّ أحد مشاريع Hyperledger التي تُشرف عليها مؤسسة Linux Foundation. تُعد Fabric أول نظام بلوكتشين قابل للتوسعة فعلياً لتشغيل التطبيقات الموزعة. وهو يدعم بروتوكولات إجماع معيارية، ما يتيح تخصيص النظام حسب حالات الاستخدام ونماذج الثقة الخاصة بكل حالة.

كما أن Fabric هو أول نظام بلوك تشين يُمكنه تشغيل التطبيقات الموزعة المكتوبة بلغات برمجة قياسية وعامة، دون الاعتماد الجوهري على عملة رقمية محلية. وهذا يُشكّل فرقاً جوهرياً عن منصات البلوكتشين الأخرى التي تتطلب كتابة "العقود الذكية" بلغات متخصصة، أو تعتمد على العملات المشفّرة.

Androulaki, Elli, et al. "Hyperledger fabric: a distributed operating system for permissioned blockchains." *Proceedings of the thirteenth EuroSys conference*. 2018.

أهم ميزات Hyperledger

1. قابلية التوسعة والتعديل

تم تصميم Fabric ببنية معيارية، حيث تفصل المكونات مثل بروتوكول الإجماع، وسياسات العضوية، وتنفيذ العقود الذكية عن بعضها البعض، مما يتيح استبدال أو توسعة أي جزء حسب حاجات التطبيق

Androulaki, Elli, et al. "Hyperledger fabric: a distributed operating system for permissioned blockchains." *Proceedings of the thirteenth EuroSys conference*. 2018.

هذا التصميم يسمح بفصل المهام الرئيسية داخل النظام (مثل التحقق من الهوية، تنفيذ العقود، وترتيب المعاملات) عن بعضها البعض، بحيث يمكن تخصيص كل مكون بما يتناسب مع متطلبات الأعمال المختلفة دون التأثير على بقية النظام، حيث يمكن استبدال بروتوكول الإجماع (مثل Raft أو Kafka) دون الحاجة إلى تعديل في العقود الذكية أو في إدارة العضوية. كذلك

2. دعم لغات برمجة عامة

يتيح Fabric كتابة العقود الذكية بلغات برمجة عامة مثل Go وJava وJavaScript، بدلاً من لغات متخصصة، ما يُسهل على المطورين اعتماد المنصة

Androulaki, Elli, et al. "Hyperledger fabric: a distributed operating system for permissioned blockchains." *Proceedings of the thirteenth EuroSys conference*. 2018.

تُعد هذه الميزة من الابتكارات الجوهرية في Hyperledger Fabric، حيث لا يُلزم المطورين باستخدام لغات برمجة متخصصة (مثل Solidity في Ethereum)، بل يسمح لهم باستخدام لغات مألوفة ومعتمدة على نطاق واسع،

3. الخصوصية وقنوات الخصوصية

تدعم Fabric إنشاء "قنوات" خاصة ضمن الشبكة تُتيح مجموعة محددة من الأعضاء الوصول إلى بيانات محددة دون غيرهم، بما يضمن خصوصية المعاملات

هذا المفهوم يُعد من أبرز مميزات Hyperledger Fabric، ويُسمى بـ "Channels"، وهو يسمح بتقسيم شبكة البلوكتشين إلى شبكات فرعية صغيرة ومستقلة من حيث البيانات، دون الحاجة لإنشاء شبكات منفصلة فعلياً.

كل قناة Channel تشبه دفتر أستاذ خاص (Private Ledger) يتم فيه تسجيل المعاملات التي لا يمكن للأعضاء خارج القناة الاطلاع عليها. وهذا يوفر عزلاً تامًا للبيانات بين كيانات مختلفة تعمل ضمن نفس الشبكة العامة، مثل شركاء سلسلة توريد يعملون مع منافسين لهم في نفس النظام.

Androulaki, Elli, et al. "Hyperledger fabric: a distributed operating system for permissioned blockchains." *Proceedings of the thirteenth EuroSys conference*. 2018.

4. مرونة في الحوكمة Governance Flexibility

لكل عقد ذكي سياسات توقيع (Endorsement Policies) خاصة به، ما يتيح تحديد من يمكنه تفعيله وفق توافق معين. هذا يضيف طبقة شفافية وثقة عالية، خاصة في بيئات متعددة المؤسسات

تتميز Hyperledger Fabric بآلية مرنة للحوكمة على مستوى الشبكة والعقود الذكية من خلال سياسات التأييد وهي القواعد التي تحدد أي المنظمات يجب أن تُصادق على تنفيذ العقد الذكي قبل أن تُقبل النتيجة كصحيحة وتُكتب في السلسلة.

تتيح هذه المرونة:

* تحكم دقيق في المشاركة: كل مؤسسة تحتفظ بصلاحيات مستقلة، ويمكن لكل عقد ذكي أن يُدار وفقاً لعلاقات الثقة بين الأطراف المعنية.
* حماية من التلاعب: لا يمكن لأي جهة بمفردها فرض نتيجة أو التلاعب بالعقد الذكي.
* دعم بيئات متعددة المؤسسات: في حال وجود شركات أو كيانات متعددة داخل الشبكة، يمكن تطبيق سياسات تضمن التوافق والتوقيع الجماعي قبل تنفيذ أي عملية حرجة.

**البنى المعمارية في أنظمة البلوكتشين**

أهم البنى المعمارية المعتمدة في تصميم أنظمة البلوكتشين تتعلق بطريقة تنفيذ المعاملات ومعالجتها:

* نموذج "الترتيب ثم التنفيذ" (Order-Execute)، والذي يُمثّل النهج التقليدي الذي تتبعه معظم سلاسل الكتل سواء المُصرّح بها أو غير المُصرّح بها.
* نموذج "نفّذ – ثم رتّب – ثم تحقق" (Execute-Order-Validate)، وهو النموذج المبتكر الذي اعتمدته منصة Hyperledger Fabric لمعالجة أوجه القصور في النموذج التقليدي.

أولاً: بنية "الترتيب ثم التنفيذ" (Order-Execute Architecture)

تعتمد معظم شبكات البلوكتشين التقليدية، سواء كانت مُصرّح بها (Permissioned) مثل Quorum، أو غير مُصرّح بها (Permissionless) مثل Ethereum، على نموذج "الترتيب ثم التنفيذ". هذا النموذج يقوم على الخطوات التالية:

* ترتيب المعاملات: يتم جمع المعاملات من قبل أحد الأقران أو العقد، ثم يتم ترتيبها باستخدام بروتوكول إجماع مثل إثبات العمل (PoW) أو PBFT.
* تنفيذ المعاملات: بعد ترتيبها، يتم تنفيذ جميع المعاملات من قبل كل نظير في الشبكة بالتسلسل نفسه لضمان تطابق الحالة النهائية (state).

كما هو الحال في Ethereum:

* يجمع كل نظير مجموعة من المعاملات.
* يحاول حل لغز إثبات العمل (PoW) لتوليد كتلة جديدة.
* بعد النجاح، ينشر الكتلة باستخدام بروتوكول يدعى (Gossip Protocol).
* تتحقق بقية العقد من صحة الكتلة وتقوم بتنفيذ المعاملات بنفس الترتيب.

العيوب الأساسية في هذه البنية:

* أداء منخفض: نتيجة تنفيذ المعاملات على كل عقدة بشكل متسلسل، مما يؤدي إلى استهلاك زائد للموارد.
* اشتراط الحتمية: يجب أن تكون جميع المعاملات حتمية، أي أنها تُعطي دائماً نفس النتيجة عند تنفيذها على أي عقدة في الشبكة. هذا يُقيّد المطورين، لأنهم لا يستطيعون استخدام وظائف غير متوقعة مثل الوقت أو الأرقام العشوائية أو البيانات الخارجية
* غياب الخصوصية: كل نظير يرى وينفّذ جميع المعاملات، وهو أمر غير عملي في بيئات متعددة المؤسسات.

ثانياً: بنية Hyperledger Fabric — "نفّذ – ثم رتّب – ثم تحقق" (Execute–Order–Validate)

تُقدّم Hyperledger Fabric نموذجاً معمارياً مختلفاً يُعالج القيود السابقة، ويعتمد على فصل مراحل التنفيذ والترتيب والتحقق:

* Execute (التنفيذ): يتم تنفيذ المعاملات بشكل موازي من قِبل مجموعة مختارة من الأقران بحسب سياسات التأييد.
* Order (الترتيب): بعد التنفيذ، يتم ترتيب نتائج المعاملات المؤيَّدة باستخدام خدمة ترتيب.
* Validate (التحقق): يتم التحقق من توافق نتائج التأييد مع سياسة التأييد المُعتمدة، ثم يتم تحديث الحالة النهائية.

**مكونات Hyperledger Fabric الأساسية**

تعتمد بنية Hyperledger Fabric على تصميم معياري وقابل للتوسعة، حيث يتم الفصل بين الأدوار المختلفة للمكونات الرئيسية داخل الشبكة. يسمح هذا الفصل المعماري بتحقيق مستويات عالية من الأمان، القابلية للإدارة، وقابلية التوسع، مما يجعل Fabric خياراً مميزاً مقارنةً بأنظمة البلوك تشين التقليدية. وفيما يلي عرض تفصيلي لأهم مكونات هذا النظام.

ً

1. المؤسسة (Organization)

تمثل المؤسسة كياناً منطقياً داخل الشبكة، وتشير عادة إلى جهة مشاركة في المعاملات مثل شركة أو هيئة حكومية أو كيان تنظيمي. كل مؤسسة تُشرف على بنيتها الخاصة من العقد (Nodes) ضمن شبكة Fabric، وتشمل عادة ما يلي:

* عُقد الأقران (Peer Nodes): التي تُديرها المؤسسة وتشغلها.
* هيئة الشهادات (Certificate Authority - CA): التي تصدر الهويات الرقمية لمستخدمي المؤسسة.
* مزود خدمة العضوية (Membership Service Provider - MSP): المسؤول عن تحديد السياسات الأمنية الخاصة بالمصادقة والتفويض.

تمكن هذه المكونات كل مؤسسة من إدارة هويات مستخدميها واستقلالية بنيتها التحتية، مع الحفاظ على التوافق والتكامل مع باقي مكونات الشبكة.

2. مزود خدمة العضوية (Membership Service Provider - MSP)

يُعد MSP المكوّن المسؤول عن إدارة الهويات الرقمية والتحقق منها داخل Fabric. يتم من خلاله تحديد الجهات الموثوقة في الشبكة، وذلك بالاعتماد على الشهادات الرقمية الموقعة من هيئات الشهادات.

تشمل مهام الـMSP ما يلي:

* التحقق من صحة الهويات (Authentication).
* توقيع المعاملات والتحقق من تأييدها.
* تنظيم سياسات الثقة والتفويض بين المؤسسات.
* دعم نماذج متعددة، منها الشهادات الصادرة عن CA معروفة، أو هويات مجهولة (Anonymous Credentials).

يُكوَّن الـMSP لكل مكون من مكونات الشبكة (مثل الأقران والعملاء وخدمة الترتيب)، ويُستخدم لضمان توحيد نظام التحقق داخل القناة الواحدة.

3. عقدة الأقران (Peer Node)

عقدة الأقران هي مكون أساسي داخل شبكة Fabric، وهي مسؤولة عن تنفيذ العقود الذكية، والمحاكاة الأولية للمعاملات، والاحتفاظ بالسجل المشترك (Ledger). تؤدي عقدة Peer دورين رئيسيين يمكن تفعيلهما حسب الحاجة:

* عقدة مؤيدة (Endorser Node): تقوم بمحاكاة تنفيذ المعاملة استناداً إلى حالة السجل المحلي، وتنتج تأييداً (endorsement) يحتوي على نتائج القراءة والكتابة.
* عقدة ملتزمة (Committer Node): تتلقى الكتل المُجمعة من خدمة الترتيب، وتقوم بتثبيت المعاملات داخل دفتر الحسابات وتحديث حالة السجل.

كل Peer في الشبكة يُعد دائماً "عقدة ملتزمة"، بينما يُمنح دور "العقدة المؤيدة" فقط إذا نصّت سياسة التأييد للعقد الذكي على ذلك. هذا التصميم يُتيح مرونة كبيرة في توزيع الأدوار وتقليل الحمل الزائد على الأقران.

4. خدمة الترتيب (Ordering Service)

تُعد خدمة الترتيب المسؤولة عن تحقيق الترتيب الإجماعي (Total Order) للمعاملات في Fabric. وهي مكون مركزي يقوم باستقبال المعاملات المؤيدة من العملاء، وتجميعها في كتل مرتبة زمنياً، ثم توزيعها على العقد.

تشمل وظائفها الأساسية:

* استقبال المعاملات من العملاء بعد تأييدها.
* تجميع المعاملات في كتل ذات تسلسل زمني.
* إرسال الكتل إلى جميع الأقران من خلال بروتوكول Gossip.

لا تقوم خدمة الترتيب بتنفيذ المعاملات أو التحقق منها، بل تُركّز فقط على تنظيم تدفق البيانات، مما يجعلها مستقلة وقابلة للتخصيص من خلال بروتوكولات متعددة مثل Kafka.

5. العقد الذكي (Chaincode)

العقد الذكي هو البرنامج المسؤول عن تنفيذ منطق الأعمال داخل Fabric. وهو يُمثّل الوظائف التي تُحدد كيفية التعامل مع بيانات السجل، ويُنفذ بواسطة العقد المؤيدة خلال مرحلة المحاكاة.

يتضمن العقد الذكي:

* منطق المعالجة للمعاملات.
* التعليمات الخاصة بالقراءة والكتابة إلى دفتر الحسابات.
* سياسة التأييد الخاصة به (Endorsement Policy).

يمكن تطوير العقد الذكي باستخدام لغات برمجة متنوعة مثل Go، Java، وNode.js، مما يُتيح مرونة كبيرة في تكامل Fabric مع أنظمة الأعمال المختلفة.

6. دفتر الحسابات (Ledger)

دفتر الحسابات في Fabric هو المكوّن المسؤول عن حفظ كل المعاملات وحالة الشبكة الحالية. ويتكون من جزأين متكاملين:

* سجل المعاملات (Transaction Log): يُسجّل كل المعاملات التي تمت الموافقة عليها داخل الكتل، دون تعديل.
* حالة العالم (World State): تمثل القيم الحالية للبيانات، وتُخزن في قاعدة بيانات من نوع "مفتاح-قيمة" مثل LevelDB.

يوفّر هذا الفصل بين السجل والحالة مرونة في التعامل مع الاستعلامات، وتاريخية المعاملات، والتدقيق.

7. القنوات (Channels)

القنوات هي آلية فصل منطقية داخل Fabric، تُتيح لمجموعة محددة من المؤسسات تنفيذ المعاملات بشكل خاص وآمن، بعيداً عن بقية الشبكة.

كل قناة تملك:

* دفتر حسابات مستقل.
* مجموعة مشاركين محددة من المؤسسات.
* سياسات خاصة بالوصول والتأمين.

يُتيح هذا المفهوم إنشاء "شبكات صغيرة" داخل شبكة Fabric الرئيسية، مما يُعزز الخصوصية ويفصل البيانات الحساسة حسب الحاجة.

8. بروتوكولGossip

يُستخدم بروتوكول Gossip لتوزيع الكتل والمعاملات بين الأقران في الشبكة بشكل لامركزي وفعّال. يقوم كل Peer بنشر واستلام الكتل الجديدة من الأقران المجاورين، مما يُعزز الاتساق ويُقلل الاعتماد على مكونات مركزية.

9. التطبيق (Application)

يمثل التطبيق الطرف الذي يتفاعل مع شبكة Fabric من خلال واجهة برمجية (API). يقوم التطبيق بإرسال اقتراحات المعاملات إلى العقد المؤيدة، ثم يتلقى الردود والتأييدات، ويُرسل المعاملة النهائية إلى خدمة الترتيب.

يُستخدم التطبيق عادة من خلال أدوات تطوير رسمية مثل Fabric SDK for Node.js أو Java، ويُعد حلقة الوصل بين المستخدم النهائي وشبكة البلوك تشين.

المراجع

[1] Satoshi Nakamoto. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.  
[2] Ciaian et al. (2014). The economics of Bitcoin price formation. arXiv:1405.4498  
[3] Gerlach et al. (2018). Dissection of Bitcoin’s Multiscale Bubble History. arXiv:1804.06261  
[4] Hyperledger Project. (2024). [www.hyperledger.org](https://www.hyperledger.org)  
[5] Androulaki et al. (2018). Hyperledger Fabric: A Distributed Operating System for Permissioned Blockchains. ACM EuroSys 2018

[6] Bach, Leo Maxim, Branko Mihaljevic, and Mario Zagar. "Comparative analysis of blockchain consensus algorithms." 2018 41st international convention on information and communication technology, electronics and microelectronics (MIPRO). Ieee, 2018.

[7] Bhutta, Muhammad Nasir Mumtaz, et al. "A survey on blockchain technology: Evolution, architecture and security." *Ieee Access* 9 (2021): 61048-61073.

# تصميم النظام