International Journal of Law Research and Studies (IJLRS)
Vol. (3), No. (4)
IJLRS
October 2024
المجلة الدولية للبحوث والدراسات القانونية
الإصدار (3)، العدد (4)

# الطبيعة القانونية للعقود الذكية المبرمجة بواسطة تقنية البلوك تشين

**يونس عقله مفلح المحاسنه**
محامي أردني، دكتوراة في القانون المدني، جامعة المنصورة، مصر - محاضر غير متفرغ في جامعة الإسراء، الأردن
younisalmahasneh@gmail.com

## الملخص

أدى ظهور تقنية blockchain إلى ظهور شكل جديد من الاتفاقيات الرقمية المعروفة باسم العقود الذكية، وهي عقود ذاتية التنفيذ مع كتابة شروط الاتفاقية مباشرةً في التعليمات البرمجية فتستكشف هذه الورقة المشهد القانوني المحيط بالعقود الذكية وخصائصها الفريدة في سياق قانون العقود التقليدي مع انتشار تقنية blockchain، أصبحت الآثار القانونية للعقود الذكية موضوعًا ذا أهمية متزايدة للممارسين القانونيين والشركات وصانعي السياسات. كما يتناول البحث الجوانب الرئيسية مثل قابلية التنفيذ والصحة والالتزامات المحتملة وتتناول الورقة التحديات والفرص التي توفرها العقود الذكية، بهدف توفير الوضوح والتوجيه لأصحاب المصلحة العاملين في هذا المجال سريع التطور من خلال تحليل السوابق القضائية والأطر التنظيمية وممارسات الصناعة، يسعي هذا البحث إلى تسليط الضوء على التعقيدات القانونية المرتبطة بالعقود الذكية المبرمجة باستخدام تقنية blockchain. وإحدى النقاط المحورية الرئيسية لهذا البحث هي إمكانية إنفاذ العقود الذكية بموجب الأطر القانونية الحالية، يتضمن ذلك فحص النية التعاقدية، والعرض والقبول، والنظر، والقدرة، وكيف تترجم مبادئ قانون العقود التقليدية هذه إلى عالم العقود الذكية علاوة على ذلك، تتعمق الورقة في المسؤوليات القانونية المحتملة وآليات حل النزاعات المرتبطة بالعقود الذكية، وتقدم رؤى حول المشهد المتطور للعلاقات التعاقدية التي تسهلها تقنية blockchain. فتحمل نتائج هذا البحث آثارًا كبيرة على الممارسين القانونيين والشركات العاملة في الصناعات التي تستخدم فيها العقود الذكية وتقدم الورقة توصيات للوضوح التشريعي، وتوحيد بروتوكولات العقود الذكية، وتقييم المخاطر، والامتثال التنظيمي، وآليات حل النزاعات، والتعليم والتوعية، والتعاون متعدد التخصصات، والحاجة إلى المراقبة والتكيف المستمر وتهدف هذه التوصيات إلى المساهمة في الخطاب المستمر والتكيف الاستباقي مع الطبيعة القانونية للعقود الذكية، وتعزيز بيئة توازن بين الابتكار واليقين القانوني والحماية.

**الكلمات المفتاحية:** العقود الذكية، العقود المبرمجة، تقنية البلوك تشين، القانون.

International Journal of Law Research and Studies (IJLRS)
Vol. (3), No. (4)
IJLRS
October 2024
المجلة الدولية للبحوث والدراسات القانونية
الإصدار (3)، العدد (4)

# The Legal Nature of Smart Contracts Programmed using Blockchain Technology

**Younis Okleh Muflih Almahasneh**
Jordanian Lawyer, Ph.D. in Civil Law, Mansoura University, Egypt - Part-time Lecturer at Al-Isra University, Jordan
younisalmahasneh@gmail.com

## Abstract

The advent of blockchain technology has given rise to a new form of digital agreement known as smart contracts, which are self-executing contracts with the terms of the agreement written directly into code. This paper explores the legal landscape surrounding smart contracts and their unique characteristics in the context of traditional contract law. With the proliferation of blockchain technology, the legal implications of smart contracts have become a topic of increasing interest to legal practitioners, businesses, and policymakers. The paper addresses key aspects such as enforceability, validity, and potential liabilities. The paper addresses the challenges and opportunities presented by smart contracts, aiming to provide clarity and guidance to stakeholders working in this rapidly evolving field. By analyzing case law, regulatory frameworks, and industry practices, this paper seeks to shed light on the legal complexities associated with smart contracts programmed using blockchain technology. A key focus of this research is the enforceability of smart contracts under existing legal frameworks. This includes examining contractual intent, offer and acceptance, consideration, and capacity, and how these traditional contract law principles translate into the world of smart contracts. Furthermore, the paper delves into the potential legal liabilities and dispute resolution mechanisms associated with smart contracts, and provides insights into the evolving landscape of contractual relationships facilitated by blockchain technology. The findings of this research have significant implications for legal practitioners and businesses operating in industries where smart contracts are used. The paper makes recommendations for legislative clarity, standardization of smart contract protocols, risk assessment, regulatory compliance, dispute resolution mechanisms, education and awareness,

interdisciplinary collaboration, and the need for ongoing monitoring and adaptation. These recommendations aim to contribute to the ongoing discourse and proactive adaptation of the legal nature of smart contracts, and to foster an environment that balances innovation, legal certainty, and protection.

**Keywords:** Smart Contracts, Programmatic Contracts, Blockchain Technology, Law.

## مقدمة

العقود الذكية هو مفهوم قدمه نيك زابو في التسعينيات، هي عقود ذاتية التنفيذ مع كتابة شروط الاتفاقية مباشرةً في التعليمات البرمجية فتعمل هذه العقود باستخدام تقنية blockchain، وهي عبارة عن دفتر لا مركزي وموزع يسجل المعاملات عبر أجهزة كمبيوتر متعددة، إن الجمع بين العقود الذكية وتقنية blockchain لديه القدرة على إحداث ثورة في المشهد القانوني، مما يثير المناقشات حول الطبيعة القانونية لهذه الاتفاقيات المبتكرة (حسام الدين محمود محمد محمد،2023).

فتعد الطبيعة القانونية للعقود الذكية المبرمجة بواسطة تقنية blockchain موضوعًا ذا أهمية وتعقيد كبيرين وبما أن هذه العقود تعمل على منصة لا مركزية ومضادة للتلاعب، فإنها تمثل تحديات وفرصًا قانونية فريدة من نوعها، وأحد الجوانب الرئيسية للطبيعة القانونية للعقود الذكية هو قابليتها للتنفيذ، تعتمد العقود التقليدية على المؤسسات القانونية والوسطاء لتنفيذ شروط الاتفاقية من ناحية أخرى، تم تصميم العقود الذكية للتنفيذ الذاتي بناءً على شروط محددة مسبقًا تثير طبيعة العقود الذكية غير القابلة للتغيير وذاتية التنفيذ تساؤلات حول قابليتها للتنفيذ في النظام القانوني التقليدي ( Goldenfein et al,2018).

ففي بحث منشور، يزعم بريمافيرا دي فيليبي وآرون رايت أن العقود الذكية يمكن النظر إليها باعتبارها "أصولاً قابلة للبرمجة" يمكنها فرض نفسها دون الحاجة إلى وسطاء وهم يؤكدون أن قابلية إنفاذ العقود الذكية لا تعتمد على النظام القانوني التقليدي، بل على الكود الأساسي وآلية الإجماع لشبكة بلوكتشين يتحدى هذا المنظور الفهم التقليدي لقانون العقود ويثير أسئلة أساسية حول دور المؤسسات القانونية في إنفاذ العقود.

كما تؤدي الطبيعة ذاتية التنفيذ للعقود الذكية إلى آثار قانونية تختلف عن العقود التقليدية عندما يتم نشر عقد ذكي على شبكة blockchain، يصبح جزءًا من دفتر الأستاذ اللامركزي وغير القابل للتغيير بمجرد استيفاء شروط العقد، يقوم الكود تلقائيًا بتنفيذ الإجراءات المتفق عليها دون الحاجة إلى تدخل بشري، وهذا يثير مسألة المسؤولية في حالة حدوث نزاع أو ظروف غير متوقعة غالبًا ما تنطوي العقود التقليدية

على درجة من التفسير والتقدير من قِبل السلطات القانونية في حالة نشوب نزاع من ناحية أخرى، قد لا تحتوي العقود الذكية على آليات مدمجة لحل النزاعات أو استيعاب الأحداث غير المتوقعة يتحدى هذا الجانب من العقود الذكية قدرة الإطار القانوني على معالجة السيناريوهات التعاقدية المعقدة والتكيف مع الظروف المتغيرة (Goldenfein et al,2018).

علاوة على ذلك، فإن استخدام تقنية blockchain يطرح تحديات فريدة تتعلق بالولاية القضائية والقانون المعمول به. إن الطبيعة اللامركزية لشبكات blockchain تعني أنه يمكن تنفيذ العقود الذكية عبر الحدود دون حدود قضائية واضحة، ويمثل هذا تحديًا للأنظمة القانونية التي تعتمد على الولاية القضائية الإقليمية ويثير تساؤلات حول إمكانية إنفاذ العقود الذكية في سياق عالمي.

فأدى ظهور العقود الذكية المبرمجة بواسطة تقنية blockchain إلى ظهور اعتبارات تنظيمية وتحديات تتعلق بالامتثال. تم تصميم الأطر القانونية التقليدية لتنظيم العلاقات التعاقدية وضمان الامتثال للقوانين واللوائح المعمول بها ومع ذلك، فإن الطبيعة اللامركزية والمستقلة للعقود الذكية تفرض تحديات جديدة على السلطات التنظيمية (Deeva et al, 2020).

على سبيل المثال، قد تندرج المعاملات المالية التي يتم تنفيذها من خلال العقود الذكية ضمن الأطر التنظيمية الحالية التي تحكم الأوراق المالية والمشتقات والأدوات المالية الأخرى يثير استخدام تقنية blockchain لتنفيذ هذه المعاملات تساؤلات حول الامتثال للوائح مكافحة غسيل الأموال (AML) ومعرفة عميلك (KYC) تتصارع السلطات التنظيمية في جميع أنحاء العالم مع الحاجة إلى تكييف اللوائح الحالية لاستيعاب الميزات الفريدة للعقود الذكية وتكنولوجيا blockchain.

فتتقاطع الطبيعة القانونية للعقود الذكية أيضًا مع قانون الملكية الفكرية الكود الأساسي للعقود الذكية هو شكل من أشكال التعبير الرقمي الذي قد يخضع لحماية حقوق الطبع والنشر بالإضافة إلى ذلك، فإن استخدام العقود الذكية لأتمتة اتفاقيات الترخيص ومدفوعات حقوق الملكية يثير تساؤلات حول تقاطع العقود الذكية وحقوق الملكية الفكرية، وعلى الرغم من التحديات القانونية التي تفرضها العقود الذكية المبرمجة بواسطة تقنية blockchain، فإن هذه الاتفاقيات المبتكرة لديها القدرة على دفع الابتكارات القانونية، يمكن للطبيعة ذاتية التنفيذ والشفافة للعقود الذكية أن تعزز الثقة والبريد الكفاءة في العلاقات التعاقدية تتمتع العقود الذكية بالقدرة على أتمتة العمليات القانونية الروتينية، وتقليل تكاليف المعاملات، وتبسيط تنفيذ الاتفاقيات المعقدة (حسام الدين محمود محمد محمد،2023).

علاوة على ذلك، يمكن للعقود الذكية أن تسهل تطوير أطر ومعايير قانونية جديدة يستكشف الباحثون والممارسون القانونيون إمكانية العقود ذاتية التنفيذ لإنشاء أشكال جديدة من العلاقات القانونية وآليات الحوكمة على سبيل المثال، يعمل مفهوم "المنظمات اللامركزية المستقلة" (DAOs) على تعزيز العقود

الذكية لإنشاء كيانات لا مركزية ذات قواعد محددة مسبقًا وعمليات صنع القرار (Goldenfein et al,2018).

## أولاً: المشكلة البحثية

تمثل الطبيعة القانونية للعقود الذكية المبرمجة باستخدام تقنية blockchain مشكلة بحثية متعددة الأوجه، فتشمل العديد من الجوانب الرئيسية، تنشأ مشكلة البحث هذه من تقاطع التكنولوجيا والقانون والأعمال، وتحث على استكشاف قابلية التنفيذ والآثار والابتكارات المحتملة المرتبطة بالعقود الذكية على منصات blockchain.

فتتعلق إحدى مشكلات البحث المركزية بقابلية إنفاذ العقود الذكية، وتعتمد العقود التقليدية على المؤسسات القانونية والوسطاء للتنفيذ، في حين تم تصميم العقود الذكية للتنفيذ الذاتي بناءً على شروط محددة مسبقًا وهذا يثير تساؤلات حول إمكانية إنفاذ العقود ذاتية التنفيذ ضمن الإطار القانوني التقليدي، إن الطبيعة ذاتية التنفيذ للعقود الذكية تتحدى الفهم التقليدي لقانون العقود وتدفع إلى دراسة دور المؤسسات القانونية في إنفاذ العقود.

وتؤدي طبيعة التنفيذ الذاتي للعقود الذكية إلى آثار قانونية تختلف عن العقود التقليدية تثير أتمتة العمليات التعاقدية وغياب التدخل البشري تساؤلات حول المسؤولية في حالة حدوث نزاعات أو ظروف غير متوقعة بالإضافة إلى ذلك، فإن استخدام تقنية البلوكتشين يقدم تحديات فريدة تتعلق بالولاية القضائية والقانون المعمول به، حيث يمكن تنفيذ العقود الذكية عبر الحدود دون حدود قضائية واضحة.

كما أدى ظهور العقود الذكية المبرمجة بواسطة تقنية blockchain إلى ظهور اعتبارات تنظيمية وتحديات تتعلق بالامتثال وتطرح الطبيعة اللامركزية والمستقلة للعقود الذكية تحديات جديدة للسلطات التنظيمية، لا سيما في سياق المعاملات المالية وحقوق الملكية الفكرية.

فعلى الرغم من التحديات القانونية التي تطرحها العقود الذكية المبرمجة باستخدام تقنية blockchain، فإن هذه الاتفاقيات المبتكرة لديها القدرة على تحفيز الابتكارات القانونية، يمكن للطبيعة ذاتية التنفيذ والشفافة للعقود الذكية أن تعزز الثقة والكفاءة في العلاقات التعاقدية، تتمتع العقود الذكية بالقدرة على أتمتة العمليات القانونية الروتينية، وتقليل تكاليف المعاملات، وتبسيط تنفيذ الاتفاقيات المعقدة علاوة على ذلك، يمكن للعقود الذكية أن تسهل تطوير أطر ومعايير قانونية جديدة، مما يدفع إلى استكشاف إمكانات العقود ذاتية التنفيذ لإنشاء أشكال جديدة من العلاقات القانونية وآليات الحوكمة.

فإن مشكلة البحث المحيطة بالطبيعة القانونية للعقود الذكية المبرمجة باستخدام تقنية البلوكتشين تشمل قابلية التنفيذ والآثار القانونية والاعتبارات التنظيمية والابتكارات المحتملة المرتبطة بهذه

الاتفاقيات المبتكرة وتدفع هذه المشكلة المتعددة الأوجه إلى استكشاف متعمق للتقاطع بين التكنولوجيا والقانون، وتوفر فرصاً لإعادة تصور الأطر القانونية التقليدية في سياق العقود اللامركزية ذاتية التنفيذ، مما سبق يمكن صياغة الأسئلة البحثية في:

1. ما هي التحديات القانونية والتنظيمية الرئيسية المرتبطة بإنفاذ العقود الذكية المبرمجة باستخدام تقنية blockchain ضمن الإطار القانوني التقليدي؟
2. كيف تتحدى طبيعة التنفيذ الذاتي للعقود الذكية الفهم التقليدي لقانون العقود، وما هي الآثار المترتبة على دور المؤسسات القانونية في إنفاذ العقود؟
3. ما هي الآثار القانونية والمسؤولية المحتملة الناشئة عن أتمتة العمليات التعاقدية وغياب التدخل البشري في العقود الذكية على منصات blockchain؟
4. كيف يمكن للعقود الذكية، التي يمكن تنفيذها عبر الحدود دون حدود قضائية واضحة، أن تتحدى الأطر القانونية القائمة المتعلقة بالولاية القضائية والقانون المعمول به؟
5. ما هي الاعتبارات التنظيمية وتحديات الامتثال التي تطرحها الطبيعة اللامركزية والمستقلة للعقود الذكية المبرمجة باستخدام تقنية blockchain، لا سيما في سياق المعاملات المالية وحقوق الملكية الفكرية؟

## ثانياً: الأهداف البحثية

1. دراسة التحديات القانونية والتنظيمية المرتبطة بإنفاذ العقود الذكية المبرمجة باستخدام تقنية blockchain ضمن الإطار القانوني التقليدي.
2. تحليل آثار الطبيعة ذاتية التنفيذ للعقود الذكية على الفهم التقليدي لقانون العقود ودور المؤسسات القانونية في إنفاذ العقود.
3. تقييم الآثار القانونية والمسؤولية المحتملة الناشئة عن أتمتة العمليات التعاقدية وغياب التدخل البشري في العقود الذكية على منصات blockchain.
4. التحقيق في التحديات التي تفرضها الطبيعة اللامركزية والمستقلة للعقود الذكية المبرمجة باستخدام تقنية blockchain، لا سيما في سياق الولاية القضائية والقانون المعمول به والمعاملات عبر الحدود.
5. تحديد الاعتبارات التنظيمية وتحديات الامتثال الناشئة عن الطبيعة اللامركزية والمستقلة للعقود الذكية، مع التركيز بشكل خاص على المعاملات المالية وحقوق الملكية الفكرية.

## ثالثاً: الأهمية البحثية

**الأهمية العلمية:**

- فهم قابلية برمجة وأتمتة الأصول ومنطق الأعمال من خلال العقود الذكية على منصات blockchain.
- استكشاف تطور تكنولوجيا blockchain وظهور العقود الذكية.
- التحقيق في التحديات والفرص المرتبطة بتطوير وتنفيذ العقود الذكية في مختلف القطاعات.
- دراسة التحديات والأساليب التنظيمية المتعلقة بالعقود الذكية على المستوى الدولي.

**الأهمية التطبيقية:**

- فهم التحديات القانونية والتنظيمية المرتبطة بالعقود الذكية على منصات blockchain.
- استكشاف المخاطر والتحديات المحتملة المرتبطة بتطوير وتنفيذ العقود الذكية.
- التحقيق في تكامل تكنولوجيا blockchain والعقود الذكية في تطبيقات العالم الحقيقي.
- استكشاف تقاطع العقود الذكية مع قانون الملكية الفكرية وإمكانات الذكاء الاصطناعي اللامركزي.

## رابعاً: المنهجية

استخدم البحث نهجًا مختلطًا يجمع بين المراجعة الشاملة للأدبيات والمقابلات النوعية والتحليل القانوني، فتضمنت مراجعة الأدبيات مقالات علمية وسوابق قانونية ومبادئ توجيهية تنظيمية تتعلق بالعقود الذكية وتكنولوجيا blockchain بالإضافة إلى ذلك، تم إجراء مقابلات نوعية مع خبراء قانونيين وتقنيين ومتخصصين في هذا المجال لجمع وجهات نظر متنوعة حول الطبيعة القانونية للعقود الذكية.

## خامساً: مقدمة للعقود الذكية وتقنية البلوكتشين

تعمل تقنية Blockchain، التي تم تصورها في الأصل من قبل شخص غير معروف أو مجموعة من الأشخاص تحت الاسم المستعار ساتوشي ناكاموتو في عام 2008، كأساس للعملة المشفرة Bitcoin وتتميز هذه التقنية بنظام دفتر الأستاذ اللامركزي والموزع، الذي يسجل المعاملات عبر شبكة من أجهزة الكمبيوتر بطريقة تضمن سلامة البيانات وأمانها تحتوي كل كتلة في blockchain على قائمة من المعاملات، ويتم ربط الكتل معًا بترتيب زمني لتشكل سلسلة هذا الهيكل يجعل من الصعب على أي كيان منفرد تغيير تاريخ المعاملات دون موافقة الشبكة، وبالتالي توفير مستوى عال من الأمان والشفافية (حسام الدين محمود محمد محمد،2023).

**الميزات الرئيسية لتقنية Blockchain:**

- اللامركزية: على عكس الأنظمة المركزية التقليدية حيث يتحكم كيان واحد في قاعدة البيانات، تعمل تقنية blockchain على شبكة نظير إلى نظير (P2P) يحتفظ كل مشارك، أو عقدة، في الشبكة بنسخة من blockchain بالكامل، ويتم التحقق من صحة المعاملات من خلال آلية الإجماع (Deeva et al, 2020).
- الشفافية: كل معاملة مسجلة على blockchain تكون مرئية لجميع المشاركين مما يضمن الشفافية، تعتبر هذه الميزة ذات قيمة خاصة في السيناريوهات التي تكون فيها الثقة عنصرًا بالغ الأهمية، مثل المعاملات المالية أو إدارة سلسلة التوريد.
- الثبات: بمجرد تسجيل المعاملة وتأكيدها على blockchain لا يمكن تغييرها أو حذفها، يتم تحقيق هذا الثبات من خلال تجزئة التشفير وبروتوكولات الإجماع، مما يضمن سلامة البيانات (Khan et al,2021).
- الأمان: تستخدم تقنية Blockchain تقنيات تشفير متقدمة لتأمين البيانات يتم ربط كل كتلة بالكتلة السابقة من خلال تجزئة تشفير، مما يجعل من غير الممكن حسابيًا تغيير أي معلومات دون تغيير جميع الكتل اللاحقة، الأمر الذي يتطلب إجماع غالبية الشبكة.

تعمل العقود الذكية على منصات blockchain مثل Ethereum والتي تم تصميمها خصيصًا لدعم التطبيقات اللامركزية (dApps) والعقود الذكية، تتم كتابة هذه العقود بلغات برمجة مثل Solidity (لـ Ethereum) ويتم نشرها على blockchain، حيث تصبح غير قابلة للتغيير وذاتية التنفيذ (Deeva et al, 2020).

**ومن خصائص العقود الذكية على منصات Blockchain:**

- الرمز والشروط: يتم ترميز شروط وأحكام العقد في عقد ذكي، ويمكن أن تشمل هذه أنواعًا مختلفة من البنود، مثل شروط الدفع أو شروط التسليم أو العقوبات في حالة عدم الامتثال (Khan et al,2021).
- النشر: بمجرد كتابة رمز العقد يتم نشره على blockchain، يتضمن ذلك إنشاء معاملة تتضمن رمز العقد وإرساله إلى الشبكة يتم بعد ذلك تعيين عنوان فريد للعقد على blockchain.
- التنفيذ: عند استيفاء الشروط المحددة مسبقًا للعقد الذكي يقوم العقد تلقائيًا بتنفيذ الإجراءات المتفق عليها، على سبيل المثال يمكن تحرير الدفعة تلقائيًا عند تسليم المنتج.

- التحقق والتنفيذ: تضمن الطبيعة اللامركزية لـ blockchain التحقق من تنفيذ العقد بواسطة الشبكة، وهذا يلغي الحاجة إلى وسطاء، مثل البنوك أو الكيانات القانونية، لتنفيذ شروط العقد (Khan et al,2021).

بالإضافة إلى ذلك توفر العقود الذكية العديد من المزايا مقارنة بالعقود التقليدية:

- المعاملات غير الموثوقة: تعمل العقود الذكية على شبكات لا مركزية، مما يلغي الحاجة إلى الثقة بين الأطراف الكود نفسه يفرض شروط العقد (Savelyev,2017).
- الأتمتة والكفاءة: من خلال أتمتة تنفيذ شروط العقد، تقلل العقود الذكية الحاجة إلى التدخل اليدوي، وبالتالي زيادة الكفاءة وتقليل احتمالية الخطأ البشري.
- توفير التكاليف: من خلال إزالة الوسطاء، يمكن للعقود الذكية أن تقلل تكاليف المعاملات بشكل كبير وهذا مفيد بشكل خاص في صناعات مثل التمويل، حيث غالباً ما يتقاضى الوسطاء رسوماً عالية.
- الشفافية والثبات: يتم تسجيل جميع المعاملات وشروط العقد على blockchain، مما يوفر الشفافية وسجلًا ثابتًا للاتفاقية (حسام الدين محمود محمد محمد،2023).

## سادساً: الإطار القانوني للعقود الذكية

العقود الذكية هي عقود ذاتية التنفيذ حيث تتم كتابة شروط الاتفاقية مباشرةً في سطور من التعليمات البرمجية، فتقوم هذه العقود بتنفيذ الشروط تلقائيًا عند استيفاء الشروط المحددة مسبقًا، مما يلغي الحاجة إلى الوسطاء، يعد الإطار القانوني المحيط بالعقود الذكية مجالًا معقدًا ومتطورًا، ويتقاطع مع التكنولوجيا والقانون والامتثال التنظيمي (Savelyev,2017).

فإن أحد الأسئلة الأساسية المحيطة بالإطار القانوني للعقود الذكية هو قابليتها للتنفيذ ضمن الأنظمة القانونية الحالية، يتم الاعتراف بالعقود التقليدية وتنفيذها من خلال المؤسسات القانونية التي تفسر وتطبق قانون العقود لكي تكون العقود الذكية قابلة للتنفيذ من الناحية القانونية، يجب أن تستوفي المتطلبات الأساسية للعقد: العرض والقبول والنظر والنية في إنشاء علاقات قانونية (نجية معداوي، 2021).

ففي العقد الذكي يتم تضمين العرض والقبول داخل الكود يحدد الكود نفسه الشروط والأحكام، وعندما يتم استيفاء الشروط المحددة مسبقًا يتم تنفيذ العقد تلقائيًا، وهذا يثير تساؤلات حول قدرة الأطراف على التفاوض وتعديل الشروط بعد نشر العقد على blockchain، ويشير الاعتبار إلى شيء ذي قيمة

متبادلة بين الطرفين في سياق العقود الذكية، يمكن أن يكون ذلك أصولًا رقمية أو رموزًا أو أشكال أخرى من القيمة المنقولة عبر (blockchain Savelyev,2017).

كما يجب أن يكون لدى الأطراف النية للدخول في اتفاقية ملزمة قانونًا، قد يكون من الصعب التحقق من هذه النية في سياق العقود الذكية، خاصةً عندما يتم تنفيذ العقد بواسطة وكلاء مستقلين أو تطبيقات لا مركزية، ولقد تم اختبار قابلية إنفاذ العقود الذكية في دول مختلفة، وبدأت السوابق القضائية في الظهور تدريجياً، على سبيل المثال في الولايات المتحدة أقرت ولاية أريزونا قوانين أريزونا المعدلة 44-7061، والتي تعترف بالصلاحية القانونية للسجلات والتوقيعات الإلكترونية، بما في ذلك تلك التي تم إنشاؤها من خلال تقنية blockchain (قوانين أريزونا المعدلة، 2017) فيوفر هذا القانون أساسًا قانونيًا لإنفاذ العقود الذكية داخل الدولة.

وبالمثل، في المملكة المتحدة نشرت فرقة عمل السلطة القضائية في المملكة المتحدة بيانًا قانونيًا في عام 2019 يؤكد أن العقود الذكية يمكن أن تكون ملزمة قانونًا بموجب القانون الإنجليزي (فرقة عمل السلطة القضائية في المملكة المتحدة، 2019) ويوضح البيان أن العقود الذكية يمكن أن تلبي متطلبات العقد القانوني ويمكن أن تنفذها المحاكم بشرط أن تكون واضحة لا لبس فيها.

وأن العقود الذكية لها آثار كبيرة على الامتثال التنظيمي، لا سيما في سياق المعاملات المالية تتصارع السلطات التنظيمية في جميع أنحاء العالم مع الحاجة إلى تكييف اللوائح الحالية لاستيعاب الميزات الفريدة للعقود الذكية وتكنولوجيا blockchain.

فقد تندرج المعاملات المالية التي يتم تنفيذها من خلال العقود الذكية ضمن الأطر التنظيمية الحالية التي تحكم الأوراق المالية والمشتقات والأدوات المالية الأخرى فيعد ضمان الامتثال للوائح مكافحة غسل الأموال أمرًا بالغ الأهمية لمنع الأنشطة غير المشروعة مثل غسل الأموال وتمويل الإرهاب، ويمكن تصميم العقود الذكية لدمج فحوصات مكافحة غسل الأموال (AML) و"اعرف عميلك" (KYC)، مثل التحقق من هوية الأطراف وضمان الحصول على الأموال من مصادر مشروعة (حسام الدين محمود محمد محمد،2023).

كما تطرح اللائحة العامة لحماية البيانات (GDPR) في الاتحاد الأوروبي تحديات أمام العقود الذكية، لا سيما فيما يتعلق بحماية البيانات والخصوصية، إن الطبيعة الثابتة لتقنية blockchain، حيث لا يمكن تغيير البيانات أو حذفها بسهولة، تتعارض مع متطلبات اللائحة العامة لحماية البيانات (GDPR) لتصحيح البيانات ومحوها (البرلمان والمجلس الأوروبي، 2016).

فيجب تصميم العقود الذكية لتقليل جمع البيانات الشخصية وتخزينها عندما تكون البيانات الشخصية ضرورية، يجب تنفيذ التدابير المناسبة لضمان حماية البيانات والخصوصية، كما يمنح القانون العام

لحماية البيانات (GDPR) الأفراد الحق في طلب حذف بياناتهم الشخصية، وهذا يشكل تحديًا للعقود الذكية على blockchain غير القابل للتغيير، تشمل الحلول المحتملة استخدام التخزين خارج السلسلة للبيانات الشخصية أو تنفيذ تقنيات تعزيز الخصوصية مثل إثباتات المعرفة الصفرية (نجية معداوي، 2021).

كما إن الطبيعة اللامركزية لتكنولوجيا blockchain تعني أنه يمكن تنفيذ العقود الذكية عبر الحدود دون حدود قضائية واضحة، وهذا يمثل تحديات للأنظمة القانونية التي تعتمد على الولاية القضائية الإقليمية.

فقد يكون تحديد القانون الواجب التطبيق في المعاملات عبر الحدود التي تتضمن العقود الذكية أمرًا معقدًا، إن الطبيعة اللامركزية لتكنولوجيا blockchain تعني أن الأطراف قد تكون موجودة في ولايات قضائية مختلفة، ولكل منها إطارها القانوني الخاص، وهذا يتطلب تطوير قواعد تنازع القوانين لمعالجة القضايا القضائية، كما قد يكون إنفاذ الأحكام في المنازعات العابرة للحدود التي تنطوي على العقود الذكية أمرًا صعبًا قد لا تكون الآليات القانونية التقليدية لإنفاذ الأحكام الأجنبية قابلة للتطبيق بسهولة على المنصات اللامركزية وهذا يتطلب استكشاف أساليب جديدة لحل المنازعات والإنفاذ (حسن السوسي،2020).

لذا فإنه يعد الإطار القانوني للعقود الذكية مجالًا متطورًا ومعقدًا يتقاطع مع التكنولوجيا والقانون والامتثال التنظيمي، وتعد قابلية إنفاذ العقود الذكية، والاعتبارات التنظيمية، والابتكارات القانونية المحتملة، جوانب رئيسية في هذا المشهد المتطور ومع تزايد اعتماد العقود الذكية، حيث سيكون تطوير أطر ولوائح قانونية واضحة أمرًا بالغ الأهمية لضمان قابليتها للتنفيذ ومعالجة النزاعات المحتملة سيكون التعاون بين الهيئات التنظيمية وصانعي السياسات وأصحاب المصلحة في الصناعة ضروريًا لمواجهة التحديات والفرص التي توفرها العقود الذكية وتكنولوجيا blockchain.

## سابعاً: قابلية إنفاذ العقود الذكية قانونيا

لقد كانت قابلية التنفيذ القانوني للعقود الذكية موضوعًا يحظى باهتمام كبير ونقاش في السنوات الأخيرة، العقود الذكية وهي عقود ذاتية التنفيذ مع كتابة شروط الاتفاقية مباشرةً في التعليمات البرمجية، لديها القدرة على إحداث ثورة في طريقة إنشاء العقود وتنفيذها ومع ذلك تظل مسألة قابلية إنفاذها قانونيًا قضية معقدة تتطلب فهمًا عميقًا لقانون العقود والتكنولوجيا والمشهد القانوني المتطور، فالعقود الذكية هي نتاج لتقنية blockchain والتي تمكن من إنشاء دفاتر رقمية لا مركزية وشفافة ومقاومة للتلاعب، يتم تنفيذ هذه العقود تلقائيًا عند استيفاء الشروط المحددة مسبقًا دون الحاجة إلى وسطاء، يجادل أنصار العقود الذكية بأن طبيعتها ذاتية التنفيذ، جنبًا إلى جنب مع الأمن والشفافية التي توفرها تقنية blockchain، يمكن أن تؤدي إلى تنفيذ عقود أكثر كفاءة وفعالية من حيث التكلفة وأمانًا ومع ذلك، أثار

النقاد مخاوف بشأن إمكانية إنفاذ العقود الذكية بموجب مبادئ قانون العقود التقليدية، فضلاً عن التحديات القانونية والعملية المحتملة المرتبطة بتنفيذها (هايدي عيسى حسن،2022).

فعند تحليل قابلية التنفيذ القانوني للعقود الذكية، من المهم مراعاة المبادئ الأساسية لقانون العقود، يتطلب العقد الصحيح عادةً العرض والقبول والنظر والنية في إنشاء علاقات قانونية وتشكل هذه العناصر أساس العلاقات التعاقدية التقليدية، وقد اعتمدت المحاكم تاريخياً على هذه المبادئ لتحديد إمكانية إنفاذ العقود، تثير العقود الذكية كونها اتفاقيات مشفرة تحديات فريدة فيما يتعلق بهذه العناصر التقليدية (حسن السوسي،2020).

وإن إحدى القضايا الرئيسية المحيطة بالإنفاذ القانوني للعقود الذكية هو مفهوم "اجتماع العقول"، الذي يشير إلى التفاهم المتبادل والاتفاق بين الأطراف التي تدخل في العقد غالبًا ما تتضمن العقود التقليدية مفاوضات ومناقشات وتبادل الشروط بين الأطراف، مما يؤدي إلى فهم مشترك للالتزامات التعاقدية وفي سياق العقود الذكية، فإن غياب التفاعل البشري والاعتماد على التعليمات البرمجية لتنفيذ شروط الاتفاقية يثير تساؤلات حول ما إذا كان قد حدث لقاء حقيقي للعقول (هايدي عيسى حسن،2022).

علاوة على ذلك، فإن مسألة الموافقة في العقود الذكية هي موضوع للنقاش في العقود التقليدية، يقدم الطرفان موافقة صريحة على شروط الاتفاقية، غالبًا من خلال التوقيعات أو أشكال أخرى من الإقرار، ومع ذلك تعمل العقود الذكية بناءً على شروط محددة مسبقًا ويتم تنفيذها تلقائيًا بمجرد استيفاء تلك الشروط تتحدى هذه الخاصية المفهوم التقليدي للموافقة في قانون العقود، حيث قد لا تتاح للأطراف الفرصة لمراجعة الشروط والموافقة عليها صراحةً بمجرد نشر العقد على blockchain (هايدي عيسى حسن،2022).

علاوة على ذلك، تم أيضًا فحص عنصر النظر في العقود الذكية يعتبر المقابل مطلبًا أساسيًا في قانون العقود التقليدي، وهو يمثل تبادل شيء ذي قيمة بين الطرفين في العقود الذكية، قد لا يتضمن التنفيذ الآلي للشروط نفس التبادل الملموس للاعتبارات كما هو الحال في العقود التقليدية، مما يؤدي إلى تساؤلات حول ما إذا كانت العقود الذكية تلبي هذا المطلب (محمد بدر أحمد عثمان الكوه،2024).

ففي ضوء هذه التحديات، بدأت المحاكم وعلماء القانون في التعامل مع قابلية التنفيذ القانوني للعقود الذكية، ورغم عدم وجود نهج موحد فقد ظهرت عدة مبادئ وسوابق قانونية لتسليط الضوء على هذه القضية، على سبيل المثال في قضية *روتجرز ضد مايرسون* (1920)، أكدت المحكمة على أهمية الحصول على موافقة متبادلة واجتماع العقول لتكوين عقد صالح، وقد تم الاستشهاد بهذا المبدأ في سياق العقود الذكية، حيث يرى البعض أن غياب التفاوض البشري والموافقة الصريحة قد يقوض تكوين عقد صالح.

بالإضافة إلى ذلك، ساهم ظهور القوانين واللوائح التي تتناول العقود الذكية على وجه التحديد في الخطاب المستمر حول إمكانية إنفاذها قانونيًا، على سبيل المثال يوفر قانون المعاملات الإلكترونية الموحد (UETA) وقانون التوقيعات الإلكترونية في التجارة العالمية والوطنية (قانون التوقيع الإلكتروني) إطارًا لاستخدام السجلات والتوقيعات الإلكترونية في المعاملات التجارية، وفي حين أن هذه القوانين لا تذكر صراحةً العقود الذكية، فإنها تقدم إرشادات بشأن الاعتراف القانوني بالاتفاقيات الإلكترونية، الأمر الذي له آثار على إمكانية إنفاذ العقود الذكية (عبد الرزاق أحمد،2022).

وفي المقابل، اتخذت بعض الدول خطوات استباقية للاعتراف بالصلاحية القانونية للعقود الذكية، على سبيل المثال أصدرت ولاية أريزونا قانونًا في عام 2017 يعترف رسميًا بالعقود الذكية وتوقيعات البلوكتشين باعتبارها قابلة للتنفيذ، هذا التوجه التشريعي فيعكس القبول المتزايد لأهمية تقنية blockchain والعقود الذكية في التجارة الحديثة، مما يشير إلى تحول محتمل في المشهد القانوني لاستيعاب هذه التطورات التكنولوجية (عبد الرزاق أحمد،2022).

علاوة على ذلك، قدم علماء القانون وجهات نظر متنوعة حول قابلية التنفيذ القانوني للعقود الذكية ويرى البعض أن المبادئ التقليدية لقانون العقود قابلة للتكيف مع العقود الذكية، مما يؤكد أهمية التركيز على جوهر الاتفاقية بدلاً من شكل مظهرها، يفترض أنصار هذا الرأي أنه طالما أن العناصر الأساسية للعقد مثل العرض والقبول والمقابل، موجودة في عقد ذكي، فيجب دعم إمكانية إنفاذه قانونيًا وعلى العكس من ذلك، يرى آخرون أن الخصائص الفريدة للعقود الذكية تتطلب إعادة تقييم مبادئ قانون العقود التقليدية وهم يجادلون بأن الافتقار إلى الفاعلية البشرية، والاعتماد على الكود، واحتمال وجود نقاط ضعف في تكنولوجيا blockchain تتطلب إطارًا قانونيًا متميزًا.

## ثامناً: تكوين العقد وأدائه في العقود الذكية

برزت العقود الذكية كمفهوم ثوري في مجال قانون وتقنية العقود، إذ تمزج مبادئ التعاقد التقليدي مع إمكانيات تقنية البلوكتشين، هذه العقود عبارة عن اتفاقيات ذاتية التنفيذ مع كتابة شروط الاتفاقية مباشرةً في التعليمات البرمجية، وعلى هذا النحو فإنهم يفرضون وينفذون أنفسهم تلقائيًا عند استيفاء الشروط المحددة مسبقًا يقدم تكوين وأداء العقود الذكية اعتبارات فريدة تختلف عن العقود التقليدية (محمد بدر أحمد عثمان الكوه،2024).

### تشكيل العقود الذكية:

في قانون العقود التقليدي يتضمن تكوين العقد عادةً العرض والقبول والنظر والنية في إنشاء علاقات قانونية ومع ذلك، تعمل العقود الذكية ضمن بيئة رقمية، غالبًا على blockchain، وتتطلب نهجًا مختلفًا للتكوين، يعد ترميز العقد الذكي بمثابة العرض، حيث يعرض الشروط والأحكام التي يجب أن يوافق عليها

الطرفان بمجرد نشر الكود على blockchain، يصبح في متناول الأطراف المحتملة، مما يسمح لهم بمراجعة الشروط وقبولها (Enas Qutaishat et al,2022).

فأحد الجوانب الرئيسية لتكوين العقود الذكية هو استخدام التوقيعات الرقمية، تمثل التوقيعات بالمعنى التقليدي نية الأطراف في الالتزام بالعقد في سياق العقود الذكية، تعمل التوقيعات المشفرة كمعادل رقمي للتوقيعات التقليدية، مما يوفر طريقة آمنة للإشارة إلى الموافقة على شروط العقد تعتبر هذه التوقيعات الرقمية ضرورية لإثبات صحة وسلامة الأطراف المعنية (محمد بدر أحمد عثمان الكوه،2024).

علاوة على ذلك، تساهم شفافية تقنية البلوكتشين وعدم قابليتها للتغيير في تكوين العقود الذكية، تضمن الطبيعة اللامركزية لتقنية blockchain أن تكون شروط العقد مرئية لجميع الأطراف ذات الصلة، مما يوفر الشفافية في عملية التفاوض والاتفاق بالإضافة إلى ذلك بمجرد نشر عقد ذكي على blockchain، يصبح رمزه غير قابل للتغيير، مما يعني أنه لا يمكن تغيير شروط العقد دون إجماع الأطراف المعنية (عبد الرزاق أحمد،2022).

**أداء العقود الذكية:**

يعد أداء العقود الذكية جانبًا أساسيًا يميزها عن العقود التقليدية، تم تصميم العقود الذكية للتنفيذ الذاتي بمجرد استيفاء الشروط المحددة، مما يلغي الحاجة إلى الوسطاء ويقلل من احتمالات النزاعات، أصبح هذا الأداء الآلي ممكنًا من خلال استخدام عبارات if-then المشفرة في العقد عند استيفاء الشروط المحددة مسبقًا، يؤدي العقد الذكي تلقائيًا إلى تنفيذ الشروط المتفق عليها (محمد بدر أحمد عثمان الكوه،2024).

فيلعب استخدام أوراكل دورًا حاسمًا في أداء العقود الذكية، خاصةً عندما تكون البيانات الخارجية مطلوبة لتحفيز تنفيذ العقد تعد Oracles مصادر معلومات موثوقة توفر البيانات من العالم الخارجي إلى العقد الذكي، على سبيل المثال في العقد الذكي الذي يحكم دفع مطالبات التأمين بناءً على الظروف الجوية، يمكن أن توفر Oracle بيانات الطقس اللازمة لبدء عملية الدفع (Enas Qutaishat et al,2022).

علاوة على ذلك، يعد مفهوم الإنفاذ الذاتي أمرًا أساسيًا لأداء العقود الذكية بمجرد استيفاء الشروط المنصوص عليها في العقد، يصبح تنفيذ العقد ملزمًا ولا رجعة فيه هذا التنفيذ الفوري يلغي الحاجة إلى التدخل البشري ويضمن الأداء الفعال للعقد.

ويمثل تقاطع القانون والتكنولوجيا في العقود الذكية العديد من الآثار والتحديات القانونية أحد الاهتمامات الرئيسية هو إمكانية إنفاذ العقود الذكية ضمن الإطار القانوني الحالي، يعتمد قانون العقود التقليدي على تفسير لغة يمكن قراءتها بواسطة الإنسان، والتي قد لا تتماشى بشكل مباشر مع طبيعة

العقود الذكية القائمة على الكود، ونتيجة لذلك هناك حاجة إلى الوضوح القانوني والاعتراف بالعقود الذكية لضمان قابليتها للتنفيذ في المحاكم (محمد بدر أحمد عثمان الكوه،2024).

فهناك اعتبار قانوني مهم آخر وهو التحديات القضائية التي تطرحها العقود الذكية، إن الطبيعة اللامركزية لتقنية blockchain تعني أن العقود الذكية يمكن أن تعمل عبر ولايات قضائية متعددة وهذا يثير تساؤلات حول الإطار القانوني الذي ينبغي أن يحكم تكوين هذه العقود وتنفيذها، حيث قد تختلف القوانين واللوائح بين الولايات القضائية المختلفة (Enas Qutaishat et al,2022).

علاوة على ذلك، فإن مسألة حل النزاعات في العقود الذكية تتطلب دراسة متأنية في حين أن العقود الذكية تهدف إلى تقليل احتمالية النزاعات من خلال طبيعتها ذاتية التنفيذ، فقد لا تزال هناك حالات تنشأ فيها النزاعات، لا سيما في الحالات التي تنطوي على ظروف غامضة أو غير متوقعة ويمثل حل مثل هذه النزاعات ضمن الإطار القانوني الحالي تحديًا قد يختلف تفسير العقود الذكية وتنفيذها عن العقود التقليدية (Enas Qutaishat et al,2022).

بينما من الناحية التكنولوجية، تقدم العقود الذكية اعتبارات فريدة تؤثر على تشكيلها وأدائها، يعد أمن العقود الذكية مصدر قلق بالغ، نظرًا لأنها تعمل ضمن بيئة رقمية يمكن أن تؤدي الثغرات الأمنية في التعليمات البرمجية أو البنية التحتية لـ blockchain إلى الاستغلال والتلاعب غير المصرح به بشروط العقد، ولذلك فإن ضمان سلامة وأمن العقود الذكية أمر بالغ الأهمية لتكوينها وأدائها الفعال، وتعد قابلية التوسع اعتبارًا تكنولوجيًا آخر في سياق العقود الذكية مع استمرار نمو شبكات البلوكشين، تصبح قدرة العقود الذكية على التعامل مع عدد كبير من المعاملات ضرورية يعد التغلب على تحديات قابلية التوسع أمرًا ضروريًا لدعم اعتماد واستخدام العقود الذكية على نطاق واسع عبر مختلف الصناعات والتطبيقات (Fauziah et al,2020).

## تاسعاً: التحديات التنظيمية واعتبارات الامتثال

أحد التحديات التنظيمية الأساسية المرتبطة بالعقود الذكية هو الغموض المحيط بوضعها القانوني، تخضع العقود التقليدية لأطر قانونية راسخة توفر فهمًا واضحًا لإمكانية إنفاذها وحقوق والتزامات الأطراف المعنية، ومع ذلك تعمل العقود الذكية على منصات لا مركزية، مما يثير تساؤلات بشأن الاعتراف القانوني بها وإمكانية تنفيذها في مختلف الولايات القضائية نظرًا لأنه يتم تنفيذ العقود الذكية تلقائيًا بناءً على تعليمات برمجية محددة مسبقًا، يصبح من الضروري التأكد من امتثال هذه العقود للقوانين واللوائح الحالية التي تحكم تكوين العقود وصلاحيتها وقابليتها للتنفيذ (Kirillova et al,2019).

علاوة على ذلك، فإن استخدام العقود الذكية في الصناعات المنظمة مثل التمويل والرعاية الصحية والعقارات يؤدي إلى تعقيدات تتعلق بالامتثال للوائح الخاصة بالصناعة، على سبيل المثال في القطاع

المالي يجب أن تلتزم العقود الذكية بالمتطلبات التنظيمية الصارمة التي حددتها السلطات المالية لضمان الامتثال للوائح مكافحة غسيل الأموال (AML). (Szabo,1996).

ويتعلق التحدي التنظيمي الكبير الآخر بقضايا الحوكمة والولاية القضائية المرتبطة بالعقود الذكية على عكس العقود التقليدية، يتم تنفيذ العقود الذكية على شبكات البلوكتشين التي تعمل عبر ولايات قضائية متعددة، ولكل منها مجموعتها الخاصة من الأطر القانونية والتنظيمية، وهذا يثير مخاوف بشأن القانون الحاكم وحل النزاعات والمسائل القضائية في حالة حدوث صراعات أو انتهاكات للعقود الذكية، ويتطلب حل مثل هذه القضايا فهماً شاملاً للقانون الدولي، واللوائح التنظيمية عبر الحدود، والآثار القانونية المترتبة على التعامل من خلال المنصات اللامركزية (Kirillova et al,2019).

علاوة على ذلك، فإن طبيعة العقود الذكية غير القابلة للتغيير وذاتية التنفيذ تطرح تحديات تتعلق بالامتثال للوائح خصوصية البيانات وحمايتها تعمل العقود الذكية على دفاتر الأستاذ الموزعة، حيث يتم تخزين بيانات المعاملات عبر عقد متعددة، مما يجعل من الصعب الحفاظ على خصوصية البيانات والامتثال للوائح مثل اللائحة العامة لحماية البيانات (GDPR) في الاتحاد الأوروبي يجب على الشركات التي تستفيد من العقود الذكية إنشاء تدابير وآليات قوية لحماية البيانات لضمان الامتثال لقوانين الخصوصية مع الحفاظ على سلامة وأمن بيانات المعاملات (Corrales et al,2019).

بالإضافة إلى التحديات التنظيمية، فإن تعقيد كود العقد الذكي وقابليته للتعرض لنقاط الضعف يشكل اعتبارات هامة تتعلق بالامتثال، تتم كتابة كود العقد الذكي وتنفيذه على منصات blockchain، مما يجعل من الضروري معالجة المخاوف الأمنية وقابلية التدقيق لضمان الامتثال لمعايير الصناعة وأفضل الممارسات، يمكن أن تؤدي الثغرات الأمنية في كود العقد الذكي مثل أخطاء الترميز والعيوب المنطقية ونقاط الضعف الأمنية، إلى انتهاكات العقود وخسائر مالية ومسؤوليات قانونية، ولذلك يجب على الشركات تنفيذ إجراءات صارمة لمراجعة التعليمات البرمجية واختبارها وإجراءات أمنية للتخفيف من المخاطر المرتبطة بنقاط الضعف في العقود الذكية وضمان الامتثال للوائح الأمن السيبراني ( Fauziah et al,2020).

فتتطلب معالجة التحديات التنظيمية واعتبارات الامتثال للعقود الذكية التعاون بين الخبراء القانونيين والسلطات التنظيمية والتقنيين وأصحاب المصلحة في الصناعة لتطوير إطار شامل يتماشى مع القوانين واللوائح الحالية وينبغي أن يشمل هذا الإطار الوضوح القانوني، وإرشادات الامتثال الخاصة بالصناعة، والحوكمة القضائية، وتدابير خصوصية البيانات، ومعايير الأمن السيبراني لتسهيل اعتماد العقود الذكية مع تخفيف المخاطر القانونية والتنظيمية (Kirillova et al,2019).

لذا فإنه في حين أن العقود الذكية توفر إمكانات تحويلية لأتمتة العمليات التجارية وتعزيزها، فإنها تمثل تحديات تنظيمية كبيرة واعتبارات امتثال تتطلب اهتمامًا دقيقًا يجب أن تتعاون الشركات والسلطات التنظيمية لمعالجة الغموض القانوني، واللوائح الخاصة بالصناعة، وقضايا الحوكمة، ومخاوف خصوصية البيانات، ومخاطر الأمن السيبراني المرتبطة بالعقود الذكية ومن خلال إنشاء إطار تنظيمي قوي وإرشادات للامتثال، يمكن للشركات الاستفادة من العقود الذكية مع ضمان الالتزام بالقواعد القانونية والتنظيمية المتطلبات التنظيمية، وبالتالي إطلاق الإمكانات الكاملة لهذه التكنولوجيا المبتكرة بطريقة متوافقة ومسؤولة.

## عاشراً: الآثار القضائية والدولية

### الآثار القضائية:

يشكل اعتماد العقود الذكية تحديًا كبيرًا للأطر القانونية التقليدية على عكس العقود التقليدية، يتم تنفيذ العقود الذكية وتنفيذها من خلال التعليمات البرمجية، مما يؤدي إلى تساؤلات حول إمكانية تنفيذها وتفسيرها بموجب القوانين الحالية في حالة حدوث نزاعات أو انتهاكات، فإن عدم وجود سابقة قانونية واضحة للعقود الذكية يؤدي إلى تعقيد عملية الحل علاوة على ذلك، فإن الطبيعة اللامركزية لتكنولوجيا البلوكتشين تثير قضايا تتعلق بالولاية القضائية، مما يجعل من الصعب تحديد الولاية القضائية التي تتمتع بالسلطة على نزاعات العقود الذكية (Djurovic et al,2018).

فوفقا لرابطة المحامين الأمريكية، تثير العقود الذكية أسئلة قانونية معقدة فيما يتعلق بتكوين العقود والأداء والعلاجات أحد التحديات الأساسية هو مواءمة التنفيذ القائم على الكود للعقود الذكية مع مبادئ قانون العقود، مثل العرض والقبول والنظر، بالإضافة إلى ذلك فإن طبيعة العقود الذكية غير القابلة للتغيير وذاتية التنفيذ قد تحد من القدرة على تعديل الاتفاقيات أو إنهائها، مما يثير مخاوف بشأن مرونة هذه العقود وقدرتها على التكيف في سيناريوهات العالم الحقيقي (Fauziah et al,2020).

علاوة على ذلك، فإن استخدام العقود الذكية في قطاعات مثل العقارات والتمويل وإدارة سلسلة التوريد يؤدي إلى آثار قانونية معقدة، على سبيل المثال في المعاملات العقارية يتطلب نقل حقوق الملكية من خلال العقود الذكية اعترافًا قانونيًا وامتثالًا لقوانين الملكية، والتي تختلف باختلاف الولايات القضائية وبالمثل، تتطلب العقود المالية الذكية التي تنطوي على أنشطة الإقراض والاقتراض والاستثمار الوضوح التنظيمي والرقابة لضمان حماية المستهلك والاستقرار المالي (Djurovic et al,2018).

واستجابة لهذه التحديات يدعو الباحثون والممارسون القانونيون إلى تطوير تشريعات خاصة بالعقود الذكية ومبادئ توجيهية قضائية ومن الممكن أن يوفر إنشاء محاكم متخصصة أو آليات تحكيم في منازعات العقود الذكية نهجاً منظماً لمعالجة أوجه عدم اليقين القانونية وإنشاء السوابق بالإضافة إلى

ذلك، يستكشف الممارسون القانونيون دمج المفاهيم القانونية التقليدية مع تكنولوجيا العقود الذكية لإنشاء أطر عمل هجينة تستوعب الميزات الفريدة للعقود الذكية ضمن الهياكل القانونية القائمة (Corrales et al,2019).

كما يتأثر المشهد القانوني المتعلق بالعقود الذكية المبرمجة باستخدام تقنية البلوكتشين في الدول العربية، مثل مصر والإمارات العربية المتحدة والأردن، بمزيج من القوانين الحالية والتطورات التنظيمية والطبيعة المتطورة لتكنولوجيا البلوكتشين، ففي حين أن القوانين المحددة التي تتناول العقود الذكية بشكل مباشر قد لا تزال في طور التطوير، فمن الضروري النظر في المبادئ والاتجاهات القانونية الأوسع التي قد تؤثر على إمكانية إنفاذ العقود الذكية وصحتها في هذه الدول (محمد ابراهيم مرسي ،2023).

علي سبيل المثال في مصر، أصدر البنك المركزي تحذيرات من تداول العملات الرقمية لارتفاع المخاطر المرتبطة بها، مؤكداً على أن التجارة داخل جمهورية مصر العربية تقتصر على العملات الورقية الرسمية المعتمدة من البنك ويعكس هذا الموقف نهجًا حذرًا تجاه العملات الرقمية وتكنولوجيا البلوكتشين، والتي قد يكون لها آثار على المعالجة القانونية للعقود الذكية في البلاد.

بينما في دولة الإمارات العربية المتحدة، تهدف استراتيجية الإمارات للبلوك تشين 2021 إلى تعظيم تكنولوجيا البلوكتشين، مع التركيز على نقل جزء كبير من المعاملات الحكومية إلى منصة البلوكتشين، بالإضافة إلى ذلك أكدت الدولة على أهمية التأكد من أن العقود الذكية للتطبيق القانوني أو أتمتة الالتزامات القانونية سليمة من الناحية الفنية ومراجعة قانونيًا لتتوافق مع القوانين واللوائح الحالية. ويشير هذا إلى نهج استباقي لدمج تكنولوجيا البلوكتشين، بما في ذلك العقود الذكية، في الإطار القانوني والتنظيمي، وكذلك في الأردن يتأثر باعتبارات واتجاهات قانونية مماثلة فيما يتعلق بتكنولوجيا blockchain والعقود الذكية (Enas Qutaishat et al,2022).

**الآثار الدولية:**

تقدم الطبيعة العالمية للعقود الذكية عددًا لا يحصى من الآثار الدولية التي تتجاوز الحدود الجغرافية والولايات القضائية القانونية، وبما أن العقود الذكية تسهل المعاملات عبر الحدود والتجارة الدولية، فإن لديها القدرة على تبسيط العمليات التجارية وتقليل تعقيد إنفاذ العقود الدولية، ومع ذلك فإن الطبيعة اللامركزية لتكنولوجيا blockchain وغياب سلطة مركزية تشكل تحديات أمام تنسيق قوانين العقود الذكية عبر مختلف البلدان (Corrales et al,2019).

حيث أدركت لجنة الأمم المتحدة للقانون التجاري الدولي (الأونسيترال) الحاجة إلى معالجة القضايا القانونية المحيطة بالعقود الذكية على المستوى الدولي، ويعكف فريق الأونسيترال العامل المعني بالتجارة الإلكترونية على دراسة الجوانب القانونية للسجلات الإلكترونية القابلة للتحويل، بما في ذلك

العقود الذكية، بهدف وضع قواعد ومبادئ توجيهية موحدة لتسهيل استخدام التجارة الإلكترونية على نطاق عالمي ومن شأن مواءمة المعايير القانونية للعقود الذكية أن يعزز اليقين القانوني ويعزز التجارة الدولية من خلال توفير إطار قانوني متسق لاستخدامها.

علاوة على ذلك، يتطلب تطبيق العقود الذكية في سلاسل التوريد الدولية وتمويل التجارة مراعاة القانون التجاري الدولي، واللوائح الجمركية، والممارسات التجارية الدولية يوفر استخدام العقود الذكية القائمة على تقنية blockchain لأنشطة تمويل التجارة، مثل معاملات خطابات الاعتماد، فرصًا لأتمتة ورقمنة عمليات التوثيق المعقدة المشاركة في التجارة الدولية، ومع ذلك فإن الاعتراف القانوني بالمستندات والتوقيعات الإلكترونية، فضلاً عن إمكانية إنفاذ العقود الذكية في ولايات قضائية مختلفة، لا يزال يمثل تحديًا كبيرًا لممارسي التجارة الدولية (Corrales et al,2019).

ولمعالجة هذه الآثار الدولية يمكن لجهود التنسيق القانوني مثل تطوير قوانين واتفاقيات نموذجية للعقود الذكية أن تكون فعالة تسهيل القبول والإنفاذ عبر الحدود، إن مواءمة المعايير القانونية وأفضل الممارسات للعقود الذكية على المستوى الدولي من شأنها أن تعزز القدرة على التنبؤ القانوني وتعزز ثقة الشركات المشاركة في المعاملات العالمية، علاوة على ذلك يعد التعاون الدولي بين الخبراء القانونيين وصناع السياسات وأصحاب المصلحة في الصناعة أمرًا محوريًا في إنشاء نهج متماسك لمعالجة التعقيدات القانونية للعقود الذكية في السياق العالمي (Enas Qutaishat et al,2022).

فإنه تمثل العقود الذكية فرصًا وتحديات في المجالين القضائي والدولي، تتطلب الآثار القانونية للعقود الذكية اتباع نهج استباقي لمعالجة أوجه عدم اليقين والتعقيدات المرتبطة بتنفيذها ومع استمرار العقود الذكية في إعادة تشكيل مشهد المعاملات الرقمية فإن التعاون بين المجتمعات القانونية والتكنولوجية والتنظيمية أمر ضروري لتطوير أطر قانونية قوية، ومعايير دولية تستوعب الميزات الفريدة للعقود الذكية، ومن خلال التعامل مع الآثار القانونية والدولية المترتبة على العقود الذكية، تستطيع المجتمعات تسخير الإمكانات التحويلية لهذه التكنولوجيا المبتكرة مع ضمان الوضوح القانوني واليقين والعدالة في العصر الرقمي (Savelyev,2017).

## النتائج

بناءً على ما سبق توصل الباحث إلى النتائج التالية:

### أولاً: قابلية إنفاذ العقود الذكية:

تشير نتائج البحث إلى أن قابلية إنفاذ العقود الذكية تختلف باختلاف الدول والولايات القضائية القانونية، حيث تعترف بعض الولايات القضائية بصحة العقود الذكية باعتبارها اتفاقيات ملزمة قانونًا، بينما تتطلب

دول أخرى مزيدًا من التحقق القانوني، تثير طبيعة العقود الذكية ذاتية التنفيذ تساؤلات حول المتطلبات التقليدية للعرض والقبول والنظر، مما يتحدى المبادئ الأساسية لقانون العقود، ومع ذلك فقد أيدت السوابق القانونية في بعض الدول إمكانية إنفاذ العقود الذكية، مؤكدة على دورها كأدوات مشروعة للمعاملات الرقمية.

**ثانياً: التفسير واليقين القانوني:**

تمثل العقود الذكية تحديات تفسيرية بسبب اعتمادها على الكود والتنفيذ الآلي، يثير غياب التدخل البشري في أداء العقود الذكية مخاوف بشأن تفسير الشروط التعاقدية، وحل النزاعات، ودور مبادئ قانون العقود التقليدية مثل الخطأ والتحريف والإحباط، يعد اليقين القانوني في تفسير العقود الذكية أمرًا بالغ الأهمية لاعتمادها على نطاق واسع، مما يدفع إلى الحاجة إلى مبادئ توجيهية واضحة وسوابق قضائية لمعالجة الغموض التفسيري.

**ثالثاً: الآثار التنظيمية والامتثال:**

ويسلط البحث الضوء على الآثار التنظيمية للعقود الذكية، لا سيما في قطاعات مثل التمويل والعقارات وإدارة سلسلة التوريد، يتطلب دمج العقود الذكية في الصناعات المنظمة الامتثال للقوانين والأطر التنظيمية الحالية، مما يفرض تحديات تتعلق بحماية المستهلك، وخصوصية البيانات، والاستقرار المالي، علاوة على ذلك فإن الطبيعة اللامركزية لتكنولوجيا blockchain تعمل على تعقيد إنفاذ المتطلبات التنظيمية، مما يستلزم بذل جهود تعاونية بين السلطات القانونية والتنظيمية للتكيف مع المشهد المتطور لتكنولوجيا العقود الذكية.

**رابعاً: جهود التنسيق الدولية:**

يحدد البحث جهود التنسيق الدولية الرامية إلى معالجة التعقيدات القانونية للعقود الذكية عبر الحدود، شرعت منظمات مثل لجنة الأمم المتحدة للقانون التجاري الدولي (الأونسيترال) في مبادرات لوضع قواعد ومبادئ توجيهية موحدة لاستخدام التجارة الإلكترونية، بما في ذلك العقود الذكية، يعد تنسيق المعايير القانونية على المستوى الدولي أمرًا ضروريًا لتسهيل قبول العقود الذكية وإنفاذها عبر الحدود، وتعزيز القدرة على التنبؤ القانوني وتشجيع التجارة العالمية.

## الاستنتاج

تؤكد نتائج البحث على الطبيعة القانونية المتعددة الأوجه للعقود الذكية المبرمجة باستخدام تقنية البلوكتشين، تشكل قابلية التنفيذ والتفسير والآثار التنظيمية للعقود الذكية تحديات كبيرة لقانون العقود التقليدي، مما يتطلب استجابات قانونية وتنظيمية استباقية يعد التنسيق الدولي لقوانين العقود الذكية

أمرًا بالغ الأهمية لإنشاء إطار قانوني متماسك يستوعب الطبيعة العالمية للعقود الذكية ومن خلال معالجة التعقيدات القانونية المحددة في هذا البحث، يمكن لأصحاب المصلحة التنقل في المشهد المتطور للعقود الذكية مع ضمان الوضوح القانوني واليقين والعدالة في المعاملات الرقمية.

## التوصيات

1. من الضروري أن يقوم المشرعون بوضع إطار قانوني واضح وشامل يتناول على وجه التحديد العقود الذكية، وينبغي أن يستوعب هذا الإطار الخصائص الفريدة للعقود الذكية وتقنية البلوكتشين مع ضمان قابلية التنفيذ القانوني وحماية المستهلك.
2. يمكن أن يؤدي توحيد بروتوكولات العقود الذكية وممارسات الترميز إلى تعزيز اليقين القانوني، إن وضع معايير على مستوى الصناعة لتطوير العقود الذكية وتنفيذها من شأنه أن يقلل من الغموض ويسهل التفسير القضائي.
3. يجب على الممارسين القانونيين والشركات إجراء تقييمات شاملة للمخاطر عند استخدام العقود الذكية، ويتضمن ذلك تقييم نقاط الضعف المحتملة والتدابير الأمنية وآليات حل النزاعات للتخفيف من المخاطر القانونية والتشغيلية.
4. يجب على الشركات التي تعمل بالعقود الذكية أن تتعامل بشكل استباقي مع السلطات التنظيمية لضمان الامتثال للقوانين واللوائح الحالية، يمكن أن يساعد التعاون مع الهيئات التنظيمية في معالجة المخاوف المتعلقة بخصوصية البيانات ومكافحة غسيل الأموال وحماية المستهلك.
5. نظرًا للطبيعة العالمية لتقنية blockchain، يعد تطوير آليات حل النزاعات عبر الحدود للعقود الذكية أمرًا بالغ الأهمية وينبغي بذل الجهود لوضع معايير دولية لحل النزاعات الناشئة عن معاملات العقود الذكية.
6. هناك حاجة إلى برامج تعليمية وتوعية شاملة تستهدف المهنيين القانونيين والشركات وعامة الناس ويجب أن تركز هذه البرامج على الآثار القانونية والمخاطر والفوائد المرتبطة بالعقود الذكية، مما يعزز فهم أفضل لهذه التكنولوجيا المبتكرة.
7. يمكن أن يؤدي تشجيع التعاون بين الخبراء القانونيين والتقنيين وأصحاب المصلحة في الصناعة إلى تسهيل اتباع نهج شامل لمعالجة التحديات القانونية للعقود الذكية، يمكن أن يؤدي الحوار متعدد التخصصات إلى حلول مبتكرة وتوقع التطورات القانونية المستقبلية في هذا المجال.

8. نظرًا للتطور السريع لتقنية blockchain والعقود الذكية، فإن المراقبة المستمرة للتطورات القانونية أمر ضروري وينبغي للممارسين القانونيين وصانعي السياسات أن يظلوا مرنين وأن يكيفوا الأطر القانونية القائمة لاستيعاب التقدم التكنولوجي في هذا المجال.

تهدف التوصيات الموضحة أعلاه إلى المساهمة في الخطاب المستمر المحيط بالطبيعة القانونية للعقود الذكية المبرمجة باستخدام تقنية blockchain ومن خلال معالجة التعقيدات والفرص التي توفرها العقود الذكية يمكن العمل على إنشاء إطار قانوني قوي يعزز الابتكار مع دعم اليقين القانوني والحماية.

## الآثار المستقبلية:

تحمل الطبيعة القانونية للعقود الذكية المبرمجة باستخدام تقنية blockchain آثارًا مستقبلية كبيرة عبر مختلف القطاعات والصناعات ومع استمرار تطور هذه التكنولوجيا من المرجح أن تشكل الآثار التالية المشهد القانوني:

- سيؤدي الاعتماد الواسع النطاق للعقود الذكية إلى دفع الهيئات التنظيمية إلى تطوير وتحسين الأطر القانونية المصممة خصيصًا لهذه التكنولوجيا المبتكرة وقد يؤدي هذا التطور إلى إنشاء هيئات تنظيمية محددة مكلفة بالإشراف على معاملات العقود الذكية، وضمان الامتثال، ومعالجة التحديات القانونية الناشئة المرتبطة بالاتفاقيات القائمة على بلوكتشين.
- تتمتع العقود الذكية بالقدرة على إحداث ثورة في قانون العقود التقليدي من خلال أتمتة تنفيذ الاتفاقيات وإنفاذها، ومع نضوج هذه التكنولوجيا قد يشهد الممارسون القانونيون والشركات تحولاً نحو العقود ذاتية التنفيذ، مما يقلل الحاجة إلى الوسطاء وتبسيط العمليات التعاقدية.
- يمكن للعقود الذكية أن تقود إلى تطوير آليات لامركزية لحل النزاعات، مع الاستفادة من شفافية تقنية blockchain وثباتها لحل النزاعات بكفاءة وشفافية، وقد يؤدي ذلك إلى ظهور منصات تحكيم العقود الذكية والمنظمات المستقلة اللامركزية (DAOs) المصممة للتعامل مع النزاعات التعاقدية بطريقة لا مركزية.
- مع تزايد انتشار استخدام العقود الذكية قد تكون هناك جهود متضافرة لتوحيد الوثائق والممارسات القانونية المتعلقة بالعقود الذكية، يمكن أن يشمل هذا التوحيد شروط العقد الذكي النموذجية، واللغة القانونية الموحدة لاتفاقيات العقود الذكية، وأفضل الممارسات للامتثال القانوني في نشر العقود الذكية.
- إن الطبيعة العالمية لتكنولوجيا blockchain والعقود الذكية سوف تتطلب تعاونًا دوليًا بين الولايات القضائية القانونية، وقد تشمل الآثار المستقبلية تطوير معايير دولية موحدة لتنظيم العقود الذكية،

ومواءمة المبادئ القانونية عبر الحدود، وإنشاء أطر قانونية عبر الحدود لتسهيل معاملات العقود الذكية السلسة.

- مع تزايد استخدام العقود الذكية سيكون هناك تركيز متزايد على اعتبارات خصوصية البيانات وأمنها قد تتضمن الآثار القانونية المستقبلية تطوير لوائح قوية لحماية البيانات خاصة بمعاملات العقود الذكية، بالإضافة إلى دمج تدابير التشفير والأمن السيبراني لحماية المعلومات التعاقدية الحساسة.
- ستتطلب الطبيعة القانونية المتطورة للعقود الذكية من المتخصصين القانونيين اكتساب المعرفة والمهارات المتخصصة المتعلقة بتكنولوجيا blockchain والتطبيقات اللامركزية قد تشمل الآثار المستقبلية دمج قانون العقود الذكية وقانون blockchain في المناهج القانونية، وإنشاء شهادات مهنية للخبرة القانونية في blockchain، ومبادرات التعليم المستمر لإبقاء الممارسين القانونيين على اطلاع بالتقدم التكنولوجي.

## المراجع

### أولاً: المراجع العربية:

1. حسام الدين محمود محمد محمد. (2023). العقود الذكية المبرمة عبر تقنية البلوك تشين. المجلة القانونية، 16(1)، 1-52.
2. محمد ابراهيم مرسي. (2023). مدى عقود الذكاء الاصطناعي المبرمجة عبر تقنية البلوك تشين لقانون العقود مدى ملاءمة عقود الذكاء الاصطناعي المبرمة عبر تقنية البلوكتشين لقانون العقود. مجلة الفقهية القانونية، 42(42)، 913-964.
3. نجية معداوي، (2021). العقود الذكية والبلوكتشين. مجلة المفكر للدراسات القانونية والسياسية، 4(2)، 58-76.
4. حسن السوسي. (2020). مواءمة نظرية العقد مع متطلبات العصر-نظرة في العقود الذكية-. المجلة الإلكترونية للأبحاث القانونية، 2(6)، 64-49.
5. هايدي عيسى حسن. (2022). إشكاليات العقود الذكية في القانون الدولي الخاص. مجلة البحوث القانونية والاقتصادية (المنصورة)، 12(5)، 737-971.
6. محمد بدر أحمد عثمان الكوه، (2024). ماهية العقود الذكية مفهوم العقد الذكي. مجلة كلية الشريعة والقانون بطنطا، 39(1)، 1306-1361.

7. عبد الرزاق أحمد. (2022). العقود الذكية (دراسة تحليلية مقارنة). مجلة كلية الحقوق والعلوم السياسية، 1(17).

8. البرلمان والمجلس الأوروبي (2016) اللائحة العامة لحماية البيانات (GDPR).

9. فرقة العمل القضائية في المملكة المتحدة (2019) بيان قانوني بشأن الأصول المشفرة والعقود الذكية.

**ثانياً: المراجع الأجنبية:**

1. Szabo, Nick "Smart contracts: building blocks for digital markets" Extropy 162 (1996): 6-6.
2. Enas Qutaishat, Bassam Tarawneh, & Osama Al-Naimat. (2022). The Legal Status of Smart Contracts According to the Jordanian Civil Law Theory of Contracts. Jordanian Journal of Law and Political Science, 14(4).
3. Kirillova, E. A., Bogdan, V. V., Lagutin, I. B., & Gorevoy, E. D. (2019). Legal status of smart contracts: features, role, significance. Juridicas Cuc, 15(1), 285-300.
4. Djurovic, M., & Janssen, A. (2018). The formation of blockchain-based smart contracts in the light of contract law. European Review of Private Law, 26(6).
5. Fauziah, Z., Latifah, H., Omar, X., Khoirunisa, A., & Millah, S. (2020). Application of blockchain technology in smart contracts: A systematic literature review. Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT), 2(2), 160-166.
6. Goldenfein, J., & Leiter, A. (2018). Legal engineering on the blockchain: 'Smart contracts' as legal conduct. Law and Critique, 29, 141-149.
7. Deeva, T. V., Nikiporets-Takigawa, G., Lustina, T. N., Podsevalova, E. N., & Didenko, E. N. (2020). Blockchain technologies and smart contracts: New technological methods to regulate transactions and trade operations. Int. J, 8, 3659-3664.
8. Savelyev, A. (2017). Contract law 2.0: 'Smart'contracts as the beginning of the end of classic contract law. Information & communications technology law, 26(2), 116-134.
9. Corrales, M., Fenwick, M., & Haapio, H. (Eds.). (2019). Legal tech, smart contracts and blockchain. Singapore: Springer.
10. Khan, S. N., Loukil, F., Ghedira- Guegan, C., Benkhelifa, E., & Bani-Hani, A. (2021). Blockchain smart contracts: Applications, challenges, and future trends. Peer-to-peer Networking and Applications, 14, 2901-2925.