

VINCENZO PASQUINO^(*)

BLOCKCHAIN E SMART CONTRACTS

ABSTRACT: The essay aims to analyze the increasingly intricate interconnections between the digital world and traditional legal institutions. In order to do so, the text investigates the topic of smart contracts, attempting to define their scope and proper placement within civil law. Through the study of blockchain, the technology that initiated the phenomenon, and the analysis of the current regulation of Distributed Ledger Technologies, an effort is made to understand whether smart contracts can fall under the discipline outlined in the Civil Code with regard to contracts.

SOMMARIO: 1. Introduzione. – 2. Le origini degli *smart contracts*: la *blockchain*. Definizione, funzionamento e caratteristiche. – 3. Dalla *blockchain* agli *smart contracts*. – 4. Conclusioni.

1. — *Introduzione.*

L'epoca contemporanea è indubbiamente segnata da profonde innovazioni, la maggior parte delle quali provengono dal progresso tecnologico e, soprattutto, digitale. Il “mondo virtuale” è ormai parte integrante della realtà quotidiana della collettività e del singolo. Si è in grado di espletare la quasi totalità delle proprie azioni quotidiane attraverso dei dispositivi elettronici sempre più evoluti, raffinati e “intelligenti”.

Proprio il termine *smart*, ad oggi, ben sintetizza l'epoca di cambiamento cui la società sta andando incontro: frigoriferi, automobili, apparecchi televisivi, case e addirittura attività lavorative possono, in particolari condizioni, essere considerati *smart*. La realtà materiale, così come conosciuta, è sempre più connessa al mondo digitale tramite dispositivi altamente complessi, in grado di “apprendere” dai comportamenti umani.

Volendo, quindi, effettuare un tentativo di definire il significato del ter-

^(*) Università degli Studi di Perugia.

mine *smart*, si potrebbe intendere come un qualsiasi dispositivo digitale in grado di connettere, semplificare operazioni complesse, dematerializzare attività e interagire con l'uomo⁽¹⁾.

Tali cambiamenti hanno, ovviamente, coinvolto anche il mondo giuridico, trovatosi a dover affrontare fenomeni del tutto nuovi, solo parzialmente regolati (e regolabili) dagli istituti classici dell'ordinamento.

L'esempio principe, per l'oggetto della presente trattazione, è senza dubbio costituito dai c.dd. *smart contracts*.

Essi, come si vedrà, sono degli strumenti informatici sviluppati tramite tecnologia basata su registri distribuiti che automatizzano l'esecuzione di un'operazione – o di una prestazione negoziale – al verificarsi di particolari condizioni previamente stabilite. Nonostante il funzionamento degli *smart contracts* sia, almeno teoricamente, piuttosto semplice e lineare, i problemi giuridici che sorgono sono di non facile risoluzione. Sarà necessaria, infatti, non solo una conoscenza approfondita della disciplina dei contratti e delle obbligazioni in generale, ma anche lo studio degli aspetti interdisciplinari che connettono il mondo giuridico con quello tecnico-informatico.

Il primo quesito da porsi, forse il più importante, sorge fin dalla definizione stessa: ci si è chiesti se i cosiddetti contratti intelligenti siano, in primo luogo, dei veri e propri contratti o se il nome non sia, invece, da intendersi come semplice identificativo per tale nuovo strumento informatico. Per tentare di dare una risposta, però, sarà necessario analizzare la tecnologia dalla quale gli *smart contracts* si sono sviluppati, le fasi che precedono la loro programmazione, l'inserimento delle condizioni che una volta verificatesi causeranno l'esecuzione del *software* e la fase di esecuzione vera e propria.

2. — *Le origini degli smart contracts: la blockchain. Definizione, funzionamento e caratteristiche.*

La prima, embrionale, idea di *smart contract* prende forma verso la fine

⁽¹⁾ S.A. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, in *Banca borsa tit. cred.*, 2020, p. 370 ss.

degli anni Novanta. Viene teorizzato un modello di funzionamento ad esecuzione automatizzata simile a quello dei distributori automatici di beni alimentari⁽²⁾. Proprio in quegli anni si sviluppa, contestualmente, anche la tecnologia che, ad oggi, è posta alla base dello sviluppo di tali strumenti informatici: la *blockchain*⁽³⁾.

Essa, in realtà, venne implementata come supporto della criptovaluta *Bitcoin* al fine di evitare il fenomeno del *double-spending*⁽⁴⁾. La *blockchain*, infatti, è registro distribuito, basato su di un sistema *peer-to-peer*, strutturato come una catena di blocchi crittografati contenenti le singole transazioni, aggiunte al registro tramite un “meccanismo del consenso”. Il sistema *peer-to-peer* pone ogni elemento (o nodo) di una rete allo stesso livello degli altri, consentendone il funzionamento senza regole gerarchiche e senza il controllo di un’ autorità superiore⁽⁵⁾. Ogni nodo della rete, quindi, svolge la funzione sia di *client* che di *server* e, conseguentemente, i dati ivi presenti saranno decentralizzati, non allocati in un unico luogo e presenti contemporaneamente su ognuno dei nodi connessi. A questi ultimi spetterà il controllo del registro delle transazioni effettuate – il *ledger* – contenente nel dettaglio ogni attività effettuata in *blockchain*⁽⁶⁾. Il controllo delle transazioni e delle scritture dei

⁽²⁾ N. SZABO, *Formalizing and Securing Relationships on Public Networks*, in firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/548/469; ID., *The Idea of Smart contracts*, in szabo.best.vwh.net/idea.htm.

⁽³⁾ Seppure le origini, quantomeno teoriche, della *blockchain* siano molto più risalenti nel tempo (viene descritta già nel 1991, quando i ricercatori S. Haber e W.S. Stornetta introdussero una soluzione per la marcatura temporale di documenti digitali, per fare in modo che non potessero essere retrodatati o alterati), la vera e propria implementazione avviene nel 2008 per merito di S. NAKAMOTO, che pubblica il *white paper* dal titolo *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*, in academy.binance.com/it/articles/history-of-blockchain, nel quale si introduce una moneta virtuale criptata utilizzando una *blockchain*.

⁽⁴⁾ Il fenomeno del *double spending* fa riferimento a quella caratteristica, tipica di quasi tutti i file digitali, che li rende infinitamente copiabili e riproducibili. In origine, quindi, anche il “denaro digitale” poteva essere potenzialmente copiato, riprodotto e moltiplicato infinite volte. Si veda F. SARZANA, S. IPPOLITO, *Blockchain e smart contract nel nuovo Decreto Semplificazioni*, in *Dir. int.*, 2019, p. 1 ss.

⁽⁵⁾ Una rete basata su questo sistema viene definita *Rete trustless*.

⁽⁶⁾ Ad esempio, come si vedrà in seguito, l’inserimento in *blockchain* di uno *smart contract*.

singoli blocchi, come accennato in precedenza, avviene tramite il cd. “meccanismo del consenso”. Mancando, infatti, un’ autorità superiore qualificata a validare i dati si avrà la necessità che ogni singolo nodo consideri il blocco valido. È di fondamentale importanza specificare, però, che solo nelle blockchain di tipo pubblico tutti i nodi presenti nella rete hanno lo stesso potere di controllo. Nelle *blockchain* di tipo privato (che nella realtà pratico-giuridica offrono la migliore applicabilità di tale tecnologia) esistono due diversi tipi di nodi:

- Nodi “*full*”, che sostengono l’intera struttura della blockchain, archiviando e decentralizzando interamente la distribuzione del registro e dotati del potere di controllo e consenso;
- Nodi “*light*”, posti a un livello gerarchico inferiore, in grado solamente di consultare il *ledger* e comunicare con i nodi *full* tramite un linguaggio “tradizionale” di tipo *client-server*.

La procedura di funzionamento della *blockchain*, che porterà al già citato meccanismo del consenso, comincia nel momento in cui un nodo desidera effettuare una transazione. Gli altri nodi, ricevuta questa richiesta, effettuano una verifica dell’operazione, iniziando a costruire un blocco che, una volta completo, viene proposto simultaneamente a tutti i nodi *full* presenti sulla rete.

Esso è unico, differenziato rispetto agli altri e viene identificato tramite *hash* crittografico⁽⁷⁾ e la sua posizione- detta anche *blockchain height*⁽⁸⁾, una volta inserito questo blocco nella *blockchain*, ne consente l’individuazione. Ogni nodo che ha costruito un blocco per una singola transazione lo comunica simultaneamente alla rete e, tramite un algoritmo di consenso, viene stabilito a maggioranza quale versione del blocco sarà inserita all’interno della *blockchain*. Negli anni sono stati elaborati diversi tipi di algoritmi di consenso, differenziati in base al grado di decentralizzazione, tra i quali i più utilizzati sono:

⁽⁷⁾ Consente la trasformazione dei dati della transazione di input in una stringa di codice informatico detto *hash*.

⁽⁸⁾ A.M. ANTONOPOULOS, *Mastering Bitcoin: Programming the Open Blockchain*, O’Reilly Media, Stanford, 2017.

- *Proof of capacity and proof of storage*: Sono algoritmi energeticamente efficienti, in quanto, a differenza del proof of work, non sfruttano la potenza di calcolo, bensì la memoria hardware del nodo;
- *Reputation based*: Tali algoritmi danno priorità a quei nodi ritenuti autorevoli, sulla base dell'intensità e del numero delle interazioni eseguite nella rete con gli altri nodi⁽⁹⁾
- *Proof of authority*: è l'algoritmo che sembra avere i risvolti pratico-giuridici più interessanti. Esso, infatti, consente la possibilità di aggiunta di blocchi nella blockchain solo a nodi verificati, precedentemente autorizzati e, di conseguenza, non anonimi⁽¹⁰⁾.

La *blockchain*, così come strutturata e funzionante, è dotata di alcune caratteristiche che la rendono, potenzialmente, estremamente utile anche in ambito giuridico. Essa, infatti, garantisce la decentralizzazione, la tracciabilità, l'immutabilità, la trasparenza e la verificabilità dei dati presenti.

La decentralizzazione offre un elevato grado di sicurezza, rendendo i registri digitali praticamente inviolabili, in quanto le informazioni presenti sono dislocate in modo crittografato su un numero altissimo di nodi i quali, nel caso di tentativi di furto, dovrebbero essere attaccati tutti contemporaneamente. Risulta lapalissiano affermare che questa operazione avrebbe una scarsissima probabilità di successo quasi prossima allo zero nell'ipotesi in cui fosse una singola entità a perpetrare l'attacco⁽¹¹⁾.

La tracciabilità consente un controllo meticoloso e certo di ogni transazione effettuata sulla *blockchain* e, nel caso di reti private, con nodi autenticati, rende possibile l'individuazione dei soggetti agenti e, di conseguenza, l'eventuale addebito di responsabilità in caso di azioni illecite.

L'immutabilità della *blockchain*, poi, deriva dall'intrinseca caratteristica di

⁽⁹⁾ F. GAI, B. WANG, W. DENG, W. PENG, *Proof of Reputation: A Reputation-based Consensus Protocol for Peer-to-Peer Network*, in International Conference on Database Systems for Advanced Applications, Springer, 2018, pp. 666-681.

⁽¹⁰⁾ N. ALICIA, *Why Blockchain Needs Proof of Authority Instead of Proof of Stake*, 2017, disponibile in cointelegraph.com/news/why-blockchain-needs-proof-of-authority-instead-of-proof-of-stake.

⁽¹¹⁾ A. WRIGHT, P. DE FILIPPI, *Decentralized Blockchain Technology and the Rise of Lex Cryptographia*, in ssrn.com/abstract=2580664.

essere un registro *add-only*, ovvero che consente l'aggiunta di nuovi dati e informazioni ma non l'eliminazione o la modifica della catena. Un blocco, una volta inserito nel registro, rimarrà ancorato alla catena, legandosi indissolubilmente al blocco precedente e andando a costituire la base per il blocco successivo.

La trasparenza e la verificabilità dei dati derivano dalla pubblicità della *blockchain*, liberamente consultabile dai nodi.

3. — *Dalla blockchain agli smart contracts.*

Nonostante la *blockchain* sia stata sviluppata, come precedentemente affermato, al fine di garantire il corretto funzionamento delle criptovalute, le potenzialità di questa tecnologia hanno trovato applicazione anche in altri ambiti. Su tutti, lo sviluppo degli *smart contracts* è uno dei campi che può riservare maggiori vantaggi e funzionalità pratiche e che può maggiormente impattare la sfera giuridica dell'individuo.

Gli *smart contracts* sono un'evoluzione del protocollo Bitcoin in cui, al ricorrere di una condizione informaticamente verificabile, il sistema esegue in via automatica una determinata prestazione. Lo schema di funzionamento è basato sull'assunto logico del "*If-then*": nel momento in cui si verifica la condizione di partenza *if* la prestazione finale *then* sarà immediatamente eseguita dalla macchina, senza che sia necessario alcun intervento esterno.

Traslando lo stesso schema in un contesto applicativo giuridico, nel momento in cui verrà eseguita la prestazione negoziale non sarà possibile, per la controparte, non adempiere al proprio obbligo, in quanto esso sarà dipendente dall'algoritmo precedentemente impostato⁽¹²⁾.

L'algoritmo, poi, non deve necessariamente riferirsi a condizioni già previamente espresse nello *smart contract* stesso (come, ad esempio, il termine di scadenza del pagamento), bensì può ricomprendere anche elementi esterni e

⁽¹²⁾ K. WERBACH-N. CORNELL, *Contracts ex machina*, in *Duke Law Journal*, vol. LXVII, 2017, p. 332: «*With a smart contract, complete execution of the agreement, including any transfer of value, occurs without any such opportunity to interrupt*».

variabili (come l'indice delle quote azionarie) monitorati tramite i cosiddetti *Oracles*⁽¹³⁾.

Appare logico pensare che la blockchain, in grado di registrare qualsiasi tipo di informazione con un elevato grado di sicurezza, si presti particolarmente allo sviluppo di questi strumenti che, anche in senso non prettamente giuridico, sono dei canali per la conclusione di accordi.

Il procedimento di formazione di uno *smart contract* può essere sintetizzato in quattro fasi:

- Elaborazione del contenuto ad opera delle parti;
- Inserimento nella blockchain;
- Esecuzione;
- Esaurimento della sua efficacia.

Una volta inserito lo *smart contract* nella *blockchain* creando un nuovo blocco, quindi, varranno per esso tutte le regole e le caratteristiche già analizzate, tipiche di quest'ultima. Ciò, oltre a dotare lo *smart contract* di innegabili vantaggi, quali la totale automatizzazione dell'adempimento, la trasparenza, la pubblicità e l'estrema protezione da contraffazioni, fa sorgere numerose problematiche relative all'inquadramento giuridico di tale strumento.

Ci si è domandati, all'inizio della presente trattazione, se la terminologia scelta per dare il nome a questo programma informatico (*smart contract*) potesse fare intendere che si trattasse di un vero e proprio contratto riconducibile, con qualche sforzo interpretativo, nell'Istituto tradizionale disciplinato dal libro quarto del codice civile.

La necessaria e doverosa premessa da fare è che questo strumento nasce negli ordinamenti di *Common Law*, ove per contratto si intende «a promise or agreement recognized by the law»⁽¹⁴⁾ oppure «an exchange relationship created by oral or written agreement between two or more persons, containing at least one promise, and recognized in law as enforceable»⁽¹⁵⁾. Lo *smart*

⁽¹³⁾ G. CASTELLANI, *Smart contracts e profili di diritto civile*, in www.comparazionedirittocivile.it.

⁽¹⁴⁾ M. CHEN-WISHART, *Contract Law*, Oxford, 2018, p. 4 ss.

⁽¹⁵⁾ B. BLUM, *Contracts*, New York, 2007, p. 2. Questo autore peraltro riconosce che

contract non è, come si vedrà, un accordo o una promessa, bensì un *software* informatico. Nonostante il tema sia ancora dibattuto in dottrina, quindi, l'opinione più diffusa⁽¹⁶⁾, che appare condivisibile è che i “contratti intelligenti” non possano, allo stato, essere definiti come contratti in senso giuridico del termine.

Una prima analisi, infatti, sembra ricondurre la fattispecie in esame fuori dalla categoria dei contratti così come inquadrata dall'art. 1321 c.c. e non consente di considerare lo *smart contract* come un contratto atipico nei termini fissati dall'art. 1322 c.c., poiché non ha un contenuto precettivo prefissato ex ante o comunque ricorrente per prassi commerciale a cui le parti si affidano per soddisfare una specifica esigenza (come invece accade, per esempio, per il *franchising*).

Approfondendo la disamina, considerando le fasi di creazione ed esistenza dello *smart contract* sintetizzate in precedenza, si nota come l'elaborazione del contenuto sostanziale che andrà poi trascritto in linguaggio informatico è senza dubbio la fase più delicata del procedimento.

Il contenuto, infatti, andrà concordato precedentemente tra le parti, che avranno, di conseguenza, già raggiunto un accordo tramite lo scambio di proposta, eventuale controproposta e accettazione. Ciò comporta che il contratto sia già concluso ex art. 1326, 1° comma, c.c.⁽¹⁷⁾ ancora prima che qualcosa sia stato inserito in linguaggio macchina, in ragione del principio consensualistico vigente nel nostro sistema e codificato nell' art. 1376 c.c.⁽¹⁸⁾.

A prescindere che si tratti di contratti ad effetti reali o ad effetti obbligatori, infatti, il trasferimento della proprietà di un determinato bene, la costi-

nel lessico comune l'utilizzo di termini giuridici «is likely to be less exacting than the legal definition».

⁽¹⁶⁾ Tra gli altri si veda M. MAUGERI, *Smart contracts e disciplina dei contratti*, Bologna, 2021, p. 30.

⁽¹⁷⁾ Art. 1326, 1° comma, c.c.: «Il contratto è concluso nel momento in cui chi ha fatto la proposta ha conoscenza dell'accettazione dell'altra parte».

⁽¹⁸⁾ Art. 1376 c.c.: «Nei contratti che hanno per oggetto il trasferimento della proprietà di una cosa determinata, la costituzione o il trasferimento di un diritto reale ovvero il trasferimento di un altro diritto, la proprietà o il diritto si trasmettono e si acquistano per effetto del consenso delle parti legittimamente manifestato».

tuzione o il trasferimento di un diritto si perfezionerebbero con il semplice consenso legittimamente espresso dalle parti. Ci si troverebbe, piuttosto, di fronte, a un contratto già concluso prima ancora di aver creato uno *smart contract*, che diverrebbe, quindi, un “semplice” *software* in grado di favorire l’esecuzione delle condizioni e limitare i rischi di inadempimento.

La traduzione del contenuto concordato in linguaggio macchina, poi, fa sorgere notevoli complicazioni. L’operazione di conversione, infatti, necessita di operatori estremamente qualificati, in grado sia di padroneggiare la scrittura informatica che di comprendere appieno tutte le sfumature di significato ed interpretazione che una clausola contrattuale spesso contiene. Il rischio di errore, in sintesi, sarebbe molto elevato e, inoltre, una volta avviato il processo di esecuzione dello *smart contract* (o, ancora prima, una volta trascritto nella *blockchain*) esso non potrebbe essere più modificato o eliminato.

Va sottolineato, in aggiunta, che nessuna delle quattro fasi di vita dello *smart contract* prevede un controllo delle clausole in esso presenti. Anche la procedura di inserimento in *blockchain*, tramite il già analizzato procedimento di creazione del blocco e meccanismo del consenso, non entra nel merito dei profili contenutistici, limitandosi a verificare la correttezza informatica dei dati per i quali il nodo ha richiesto la creazione del blocco stesso. Questa assenza di controllo del contenuto delle clausole, unitamente all’esecuzione automatica dello *smart contract* una volta verificatasi la condizione iniziale, pone delle serie problematiche nel caso in cui, ad esempio, siano presenti delle cause di annullabilità del contratto a tutela del contraente debole. Si pensi, oppure, a un contratto contrario a norme imperative e, come tale, da considerarsi illecito: *ex lege* sarebbe da ritenersi senz’altro nullo, ma una volta trasposto in uno *smart contract* e inserito in *blockchain* si avvierebbe comunque il processo che porterebbe all’esecuzione automatizzata delle prestazioni negoziali.

Al fine di risolvere tali questioni sarebbe utile utilizzare delle *blockchain* chiuse, con utenti regolarmente registrati e individuabili, anche tramite pseudonimo. Tale soluzione, però, non interverrebbe *ex ante* a impedire l’inserimento e l’esecuzione di contratti nulli o annullabili, né sarebbe utile per bloccarne l’esecuzione automatizzata. Si interverrebbe solamente *ex post* per individuare le responsabilità e sarebbe comunque necessario ricorrere alla

tutela giudiziaria, inficiando, di fatto, tutti quei vantaggi tipici del *software smart contract* che dovrebbero snellire le fasi contrattuali.

Appare necessario, quindi, un intervento regolatore del Legislatore.

Il legislatore italiano è intervenuto, tra i primi in Europa, al fine di porre chiarezza e regolamentare la disciplina con il d.l. 14 dicembre 2018, n. 135, convertito con modificazioni dalla l. 11 febbraio 2019, n. 12 (c.d. «Decreto semplificazioni»). L'articolo 8-ter, infatti, è interamente dedicato alle tecnologie basate su registri distribuiti e *smart contracts*. Nel 1° comma vengono definite le tecnologie basate sui registri distribuiti come «tecnologie e protocolli informatici che usano un registro condiviso, distribuito, replicabile, accessibile simultaneamente, architetturealmente decentralizzato su basi crittografiche, tali da consentire la registrazione, la convalida, l'aggiornamento e l'archiviazione di dati sia in chiaro che ulteriormente protetti da crittografia verificabili da ciascun partecipante, non alterabili e non modificabili»; il 2° comma, invece, dedicato allo *smart contract*, lo individua come «programma per elaboratore che opera su tecnologie basate su registri distribuiti e la cui esecuzione vincola automaticamente due o più parti sulla base di effetti predefiniti dalle stesse».

Per quanto sia mirabile la celerità e l'attenzione posta dal Legislatore sul tema, tali definizioni presentano delle problematiche potenzialmente in grado di rendere vani gli sforzi regolatori attuati. Il 1° comma dell'art. 8-ter, infatti, si propone di definire tutto il *genus* delle tecnologie basate su registri distribuiti, dando però la definizione di *blockchain*, che altro non è se non una *species* delle stesse. Inoltre, per quanto analizzato nelle pagine precedenti, le *blockchain* che più si prestano ai fini di una applicazione pratico-giuridica sono quelle chiuse, con utenti verificati e tra i quali sussiste una differenziazione tra nodi *full* – in grado di aggiungere, validare e registrare i blocchi – e nodi *light*, che accedono al registro solo ai fini della consultazione. Tale differenziazione non viene specificata nel testo di legge che, prevedendo che tutti i nodi abbiano gli stessi poteri di azione, esclude totalmente la fattispecie delle *blockchain* private, lasciando un buco legislativo proprio per i registri maggiormente in grado di apportare dei vantaggi all'ordinamento. Nel caso in cui, quindi, l'interpretazione del 1° comma dovesse portare ad escludere dalla disciplina le *blockchain* private, il 2° comma andrebbe a definire gli *smart*

contracts come strumenti basati su *blockchain* aperte, pubbliche. Sarebbe praticamente impossibile, se così fosse, regolamentare gli scambi, le transazioni e il contenuto delle clausole ivi inserite o rintracciare i soggetti cui addebitare le responsabilità, in fase giudiziaria, per fatti illeciti. Verrebbero, in altre parole, esclusi dalla disciplina quegli *smart contracts* in grado, potenzialmente, di essere definiti a tutti gli effetti come contratto: gli *smart legal contracts*⁽¹⁹⁾, particolare categoria nella quale, all'interno del *software* sono soddisfatti tutti i requisiti contrattuali previsti dall'ordinamento. Non è chiaro, infatti, come potrebbe accertarsi la sussistenza, ad esempio, dell'accordo tra le parti nel caso in cui le stesse parti non siano rintracciabili e identificabili.

Uno *smart contract* basato su di una *blockchain* privata, con utenti limitati e identificati, infatti, offrirebbe infinite possibilità di controllo (anche *ex ante*, tramite algoritmi, enti o soggetti in grado di verificare la liceità delle clausole inserite) e regolamentazione del fenomeno.

Il legislatore, in realtà, a dispetto delle imprecisioni terminologiche, pare volersi muovere in questa direzione.

Sempre nell'art. 8-ter del d.l. n. 135/2018, al 3° e 4° comma, infatti, è possibile rinvenire la volontà di creare degli standard tecnici⁽²⁰⁾ necessari affinché una tecnologia basata su registri distribuiti possa produrre gli effetti giuridici della validazione temporale elettronica, così come previsto nell'art. 41 del reg. UE n. 910/2014 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 luglio 2014⁽²¹⁾. A distanza di anni, però, non sembrano essere stati fatti passi avanti in tal senso.

⁽¹⁹⁾ Cfr. M. MAUGERI, *Smart contracts e disciplina dei contratti*, cit., p. 33; A. M. BENEDETTI, *Contratto, algoritmi e diritto civile transnazionale: cinque questioni e due scenari*, in *Riv. dir. civ.*, 2021, p. 58.

⁽²⁰⁾ L'individuazione di detti standard spetta all'Agenzia per l'Italia digitale.

⁽²¹⁾ L'art. 41 del reg. UE n. 910/2014 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 luglio 2014 recita che: «1. Alla validazione temporanea elettronica non possono essere negati gli effetti giuridici e l'ammissibilità come prova in procedimenti giudiziari per il solo motivo della sua forma elettronica o perché non soddisfa i requisiti della validazione temporanea elettronica qualificata. / 2. Una validazione temporale elettronica qualificata gode della presunzione di accuratezza della data e dell'ora che indica e di integrità dei dati ai quali tale data e ora sono associate. / 3. Una validazione temporale elettronica rilasciata in uno

4. — *Conclusioni.*

Nonostante le difficoltà di inquadramento e regolamentazione è innegabile che lo *smart contract* sia uno strumento sempre più diffuso, i cui effetti sui mercati non possono essere ignorati⁽²²⁾.

Il mondo del diritto, storicamente, si è sempre adeguato, a volte celermente, a volte con più reticenza, al progresso tecnologico, reinterpretando Istituti storici o creandone di nuovi. Volendo citare un esempio affine all'oggetto della trattazione, anche con l'avvento del commercio elettronico e del contratto telematico vi erano state numerose perplessità circa la possibilità di ricomprendere tale pratica nell'alveo delle categorie dogmatiche del contratto. Anche in quell'occasione, infatti, in un primo momento la dimensione tecnico-informatica aveva messo fortemente in discussione aspetti fondamentali quali la conclusione e l'esecuzione del contratto; tuttavia, con un'attenta riflessione incentrata sulla funzione che lo strumento informatico svolgeva in tale contesto⁽²³⁾ la dottrina aveva recuperato e ritrovato le categorie civilistiche tradizionali nella nuova realtà telematica, interpretando i bisogni e gli interessi che andavano emergendo e che richiedevano tutela da parte dell'ordinamento⁽²⁴⁾.

Stato membro è riconosciuta quale validazione temporale elettronica qualificata in tutti gli Stati membri».

⁽²²⁾ Numerosi sono i report e gli studi che affrontano proprio il profilo delle conseguenze derivanti dalle applicazioni degli *smart contracts* soprattutto in ambito economico. Anche le istituzioni internazionali non si sono tirate indietro commissionando una serie di studi e organizzando seminari e convegni sul tema. Tra questi, si veda, ad esempio, *Modernizing International Trade Law to Support Innovation and Sustainable Development Proceedings* del *Congress of the United Nations Commission on International Trade Law*, Vienna, 4-6 July 2017 e i relativi interventi, tra cui R. DE CARIA, *A Digital Revolution in International Trade? The International Legal Framework for Blockchain Technologies, Virtual Currencies and Smart contracts: Challenges and opportunities*; ID., *Building value with blockchain technology: How to evaluate blockchains benefits*, in www.weforum.org/docs/WEF_Building_Value_with_Blockchain.pdf.

⁽²³⁾ In merito si veda A. M. GAMBINO, *L'accordo telematico*, Milano, 1997; G. PERLINGERI, *Il contratto telematico*, in D. VALENTINO (a cura di), *Manuale del diritto dell'informatica*, Napoli, 2016.

⁽²⁴⁾ *Ex multis*, v. C. SCOGNAMIGLIO, *La conclusione e l'esecuzione del contratto telematico*, in S. SICA (a cura di), *Commercio elettronico e categorie civilistiche*, Milano, 2002, p. 73 ss. che, a propo-

Allo stato dei fatti, tuttavia, in attesa di nuovi e necessari interventi normativi, riassuntivamente, le possibili applicazioni degli *smart contract* potranno essere suddivise in due categorie:

1. Singoli contratti tra privati: lo *smart contract* sarà strumento di esecuzione di un accordo precedentemente intercorso tra le parti. La volontà di contrarre sarà cristallizzata in un contratto standard e, in seguito, tradotta in linguaggio macchina. L'utilità di tale operazione, in verità più complessa, in quanto prevederà un appesantimento del procedimento di formazione contrattuale, avrà il vantaggio di garantire l'adempimento – che sarà automatico all'avverarsi delle condizioni programmate;
2. Contratti standardizzati: la reale potenzialità della tecnologia *smart contracts* potrebbe trovare applicazione in tutti quei contratti standardizzati, specialmente nell'ambito del commercio elettronico di servizi⁽²⁵⁾. In questi contesti, infatti, il contratto si baserà su modelli preimpostati (sicuramente più semplici rispetto a singoli contratti ove la moltitudine di variabili e clausole può rendere macchinosa la traduzione in linguaggio informatico), in grado di soddisfare l'avverarsi della condizione algoritmica *then* basandosi su presupposti *if* ben determinati. In questo caso si potrebbe considerare lo *smart contract* come contratto standard a tutti gli effetti, in grado di snellire le fasi della contrattazione e offrire i vantaggi tipici di questa tecnologia, unitamente a quelli derivanti dall'utilizzo delle reti *blockchain*.

sito del contratto telematico, recupera la dimensione tradizionale delle categorie civilistiche. L'autore condivide l'osservazione secondo la quale, «la disciplina codicistica esibirebbe una sostanziale capacità di tenuta rispetto alle questioni emergenti in materia di commercio elettronico». In generale, tra i tanti, P. SAMMARCO, *I nuovi contratti dell'informatica. Sistema e prassi*, in *Trattato dir. comm. e dir. pubbl. econ.* diretto da Galgano, XLI, Padova, 2006.

⁽²⁵⁾ Un esempio al riguardo è la famosa piattaforma di streaming musicale “*Spotify*”, che attribuisce ad un materiale protetto da copyright un codice informatico al fine di limitare le possibili azioni dell'utente (e consentendo la riproduzione non casuale dei brani *-then-* solo all'utente che rispetti la condizione *-if-* di aver aderito al servizio “*Spotify Premium*”). Sembra agevolmente applicabile la disciplina degli *smart contracts* anche in tema di contratti di assicurazione.

