

Dipartimento di Giurisprudenza

Dottorato di ricerca in “Diritto e Impresa”

Ciclo XXXV

**L’IMPATTO DEGLI *SMART CONTRACTS* SULLA DISCIPLINA DEL
CONTRATTO.**

UNA NUOVA FRONTIERA DELL’AUTONOMIA NEGOZIALE?

CHIAR.MO PROF. ATTILIO ZIMATORE

Tutor

CHIAR.MO PROF. ANTONINO GULLO

Coordinatore Del Dottorato

DOTT.SSA CLAUDIA MASCIOPINTO

Candidata

ANNO ACCADEMICO 2021/2022

A nonno Peppe

INDICE

<i>Premesse</i>	8
-----------------------	---

CAPITOLO PRIMO

GLI *SMART CONTRACTS*: DEFINIZIONE, STRUTTURA E

FUNZIONAMENTO

1. L'elaborazione della figura degli <i>smart contracts</i>	10
2. Una definizione attuale di <i>smart contract</i> alla luce delle sue finalità.	13
3. Le modalità di funzionamento dello <i>smart contract</i>	17
4. I possibili antesignani dello <i>smart contract</i>	19
4.1. La vendita mediante distributori automatici.....	22
4.2. Il contratto telematico.	25
4.3. Il contratto algoritmico.	28
4.4. Differenze tra <i>smart contracts</i> e gli altri modelli contrattuali che utilizzano mezzi informatici.....	34
5. La <i>Distributed Ledger Technology (DLT)</i>	37
6. La <i>blockchain</i> : struttura, funzionamento ed esempi di maggiore diffusione.	40
6.1. <i>Ethereum</i>	47
6.2. Il rapporto tra <i>smart contracts</i> e <i>blockchain</i>	49
7. Il modello <i>smart contract</i> : gli stadi di sviluppo.	52
8. Gli oracoli.	54
9. L'impiego degli <i>smart contracts</i> : benefici e limiti.	57
10. Attuali e potenziali ambiti applicativi degli <i>smart contracts</i>	63
11. Cenni sull'interazione tra <i>smart contract</i> e intelligenza artificiale: possibili sviluppi.....	73

CAPITOLO SECONDO
CLASSIFICAZIONI DEGLI *SMART CONTRACTS*

1. <i>Smart contracts</i> e <i>smart legal contracts</i>	78
2. Lo <i>smart (legal) contract</i> è un contratto <i>ex art. 1321 c.c.</i> ?.....	83
3. Lo <i>smart contract</i> nell'ambito della fattispecie contrattuale.	89
3.1. Lo <i>smart contract</i> come mezzo di conclusione di un contratto tradizionale. .	90
3.2. Lo <i>smart contract</i> come mezzo di esecuzione di un contratto tradizionale. ...	93
3.3. Lo <i>smart contract</i> sostitutivo del contratto tradizionale.....	96

CAPITOLO TERZO
IL DIRITTO POSITIVO IN TEMA DI *SMART CONTRACTS*

Breve introduzione al Capitolo.....	99
-------------------------------------	----

SEZIONE PRIMA
IL DIRITTO INTERNO: L'INTERVENTO DEL LEGISLATORE
NAZIONALE

1. L'art. 8-ter del decreto-legge 14 dicembre 2018, n. 135 convertito dalla legge 11 febbraio 2019, n. 12.	101
2. Le «tecnologie basate su registri distribuiti».	103
3. Lo «smart contract».	105
3.1. Il programma per elaboratore che opera su tecnologie basate su registri distribuiti.	105
3.2. L'esecuzione automaticamente vincolante.	106
3.3. Il requisito della forma scritta.....	109
4. Considerazioni conclusive sulla novella legislativa.	111

SEZIONE SECONDA
LE REAZIONI DEGLI ORDINAMENTI STRANIERI AL
FENOMENO *SMART CONTRACT*

1. La disciplina giuridica degli <i>smart contracts</i> a livello europeo. Il <i>framework</i> normativo di Malta.....	113
2. Gli interventi normativi dell'Unione europea.....	114
3. I principi dell' <i>European Law Institute</i> relativi alla tecnologia <i>blockchain</i> , agli <i>smart contracts</i> e alla protezione dei consumatori.	117
4. Il parere della <i>Law Commission</i> sugli <i>smart legal contracts</i> e il <i>report</i> della <i>UK Jurisdiction Taskforce</i>	125
5. Le legislazioni emanate negli Stati Uniti.	128
6. Il confronto tra <i>common law</i> e <i>civil law</i>	132

CAPITOLO QUARTO
LA DISCIPLINA DEL CONTRATTO E GLI SMART
CONTRACTS

1. Una esegesi della disciplina sul contratto alla luce del fenomeno <i>smart contract</i>	137
2. L'individuazione delle parti.	138
3. Le trattative e la conclusione del contratto. L'accordo.	141
3.1. Il linguaggio di programmazione, le asimmetrie informatiche e la corretta formazione della volontà.....	146
3.2. I vizi del consenso.....	149
4. L'interpretazione dello <i>smart contract</i>	151
5. La forma dello <i>smart contract</i> e i contratti formali.....	154
6. I rimedi contrattuali.	157
7. La tutela dei consumatori e gli <i>smart contracts</i> : una duplice prospettiva.	162

CAPITOLO QUINTO

INQUADRAMENTO GIURIDICO, NORMATIVA APPLICABILE E TUTELE

1. Le questioni irrisolte relative alla rilevanza giuridica dello <i>smart contract</i> . Una lettura del fenomeno con la lente del giurista.	171
2. Eccessivamente “smart” per essere “contract” o ancora troppo “contract” per essere “smart”?	173
2.1. L’apparente forza « <i>disruptive</i> » degli <i>smart contract</i> rispetto al contratto tradizionale.	176
2.2. Gli indici forniti dall’art. 8-ter, comma 2.	178
2.2.1. La previsione espressa della forma scritta dello <i>smart contract</i>	178
2.2.2. Il vincolo contrattuale e l’esecuzione che vincola. L’asserito problema della intangibilità dello <i>smart contract</i>	180
2.2.3. La funzione selettiva e determinativa della fattispecie di cui all’art. 8-ter, comma 2.	184
2.3. La sineddoche “smart contract”.	186
2.4. Non tutti gli accordi giuridicamente rilevanti possono essere declinati in <i>smart contract</i>	187
3. La legge applicabile agli <i>smart contracts</i> . È necessaria una normativa <i>ad hoc</i> ?	188
3.1. Lo <i>smart contract</i> come strumento che avvicina i contraenti al <i>soft law</i>	191
3.2. L’estensione della disciplina del contratto.	194
4. Tentativi di ricondurre il concreto <i>smart contract</i> alle fattispecie normative esistenti.	196
4.1. Contratto necessariamente condizionato.	197
4.2. Contratto reale.	199
4.3. Adempimento e pagamento traslativo.	201
4.4. Autotutela sinallagmatica.	204
5. Il giudice al cospetto degli <i>smart contracts</i> e gli strumenti di tutela alternativi.	206
Conclusioni	213

BIBLIOGRAFIA.....215

***REPORT* DI GRUPPI DI RICERCA**246

Premesse

Lo *smart contract*, da un punto di vista tecnico, è un *software* capace di eseguire automaticamente operazioni, in modo tendenzialmente irreversibile, secondo la logica computazionale «*if this...then that*».

Il concetto di *smart contract* è entrato nel discorso giuridico solo pochi anni fa, eppure ha già ricevuto una notevole attenzione da parte della dottrina civilistica, forse anche in virtù del nome evocativo e dello stretto legame con l'idea dell'automazione dei rapporti contrattuali, tematica anch'essa oggetto di interesse da diversi decenni.

Tuttavia, il successo riscontrato dagli *smart contracts*, nell'ambito del diritto, deve attribuirsi principalmente al loro fortunato incontro con le *distributed ledger technologies* (DLT) e, in particolare, con la *blockchain*. Questo connubio, infatti, ha incrementato le potenzialità di utilizzo degli *smart contracts* giuridicamente rilevanti e li ha resi oggetto di particolare attenzione da parte degli operatori del diritto e dell'economia, che indagano sulla possibilità di coniugare la trasposizione digitale di un contratto con le caratteristiche di decentralizzazione, trasparenza e sicurezza, offerte dalle tecnologie a registro distribuito.

Di tale processo si è fatto interprete, altresì, il legislatore nazionale, il quale, in occasione della conversione del Decreto Semplificazioni (D.L. 14 dicembre 2018, n. 135), ha introdotto la definizione di «smart contract» (art. 8-ter, comma 2), proprio nella stessa disposizione in cui ha definito le «tecnologie basate su registri distribuiti» (art. 8-ter, comma 1).

La questione centrale, tutt'ora controversa e oggetto di dibattito nella dottrina civilistica è quella relativa alla natura degli *smart contracts*. Mentre alcuni ritengono che gli *smart contracts* siano del tutto estranei all'istituto del contratto, altri affermano che questi possono essere pienamente integrati nel diritto contrattuale esistente. Altri ancora osservano che si tratta di un fenomeno che segna l'inizio della fine del diritto contrattuale.

Questa questione si pone all'interno della tematica, di più ampio respiro, relativa al rapporto tra l'istituto del contratto e le nuove tecnologie.

Come autorevole dottrina ha affermato diverso tempo fa, «la storia del contratto non può separarsi dalla storia delle tecnologie, mediante le quali si determinano i rapporti

di scambio»^(*). Tale affermazione acquista decisamente centralità nell'attuale società, in cui gli strumenti tecnologici costituiscono uno dei mezzi più diffusi per l'instaurazione e/o l'esecuzione dei rapporti contrattuali.

La rivoluzione tecnologica, in atto ormai da alcuni decenni, infatti, non ha lasciato indenne il contratto, quale istituto centrale dell'autonomia privata patrimoniale e perno della circolazione della ricchezza.

Lo statuto giuridico generale del contratto contenuto nel Codice civile, esposto ai mutamenti indotti dalla rivoluzione digitale, è sempre stato capace di adattarsi ai nuovi strumenti tecnologici, idonei a conferire allo stesso una maggiore efficienza. Questo risultato è dovuto all'opera degli interpreti, a cui è chiesto di fornire risposte efficaci alle questioni giuridiche, poste dai risvolti applicativi delle innovazioni tecnologiche, sempre più rapide e radicali.

La storia attuale del contratto si confronta con l'operatività degli algoritmi, con le tecnologie basate su registri distribuiti, come la *blockchain*, e con l'intelligenza artificiale, sulla scorta dell'argomento secondo cui la circolazione della ricchezza si avvale delle nuove tecnologie e queste sono idonee a modificare, in modo significativo, gli strumenti utilizzati negli scambi di mercato.

Alla luce di queste considerazioni, l'obiettivo di questa ricerca è quello di fornire un inquadramento giuridico del fenomeno *smart contract*.

In particolare, la tesi si propone di verificare la possibilità di riconoscere natura contrattuale agli *smart contracts* e di individuare la disciplina ad essi applicabile. Pertanto, si indaga, se e in che termini, gli *smart contracts* possano costituire un modello di regolazione di rapporti giuridici patrimoniali *ex art. 1321 c.c.*

La complessità dei quesiti attorno ai quali ruota questo lavoro di ricerca è aggravata dalla laconicità dell'intervento del legislatore in tema di *smart contract* e dalla totale assenza di pronunce giurisprudenziali che esaminano, anche incidentalmente, il fenomeno.

(*) N. IRTI, *Norma e luoghi. Problemi di geo-diritto*, Roma-Bari, 2006, p. 187; ID., *Scambi senza accordo*, cit., p. 364.

CAPITOLO PRIMO

GLI *SMART CONTRACTS*: DEFINIZIONE, STRUTTURA E FUNZIONAMENTO

SOMMARIO: 1. L'elaborazione della figura degli *smart contracts*. – 2. Una definizione attuale di *smart contract* alla luce delle sue finalità. – 3. Le modalità di funzionamento dello *smart contract*. – 4. I possibili antesignani dello *smart contract*. – 4.1. La vendita mediante distributori automatici. – 4.2. Il contratto telematico. – 4.3. Il contratto algoritmico. – 4.4. Differenze tra *smart contracts* e gli altri modelli contrattuali che utilizzano mezzi informatici. – 5. La *Distributed Ledger Technology* (DLT). – 6. La *blockchain*: struttura, funzionamento ed esempi di maggiore diffusione. – 6.1. *Ethereum*. – 7. Il rapporto tra *smart contracts* e *blockchain*. – 8. Il modello *smart contract*: gli stadi di sviluppo. – Gli oracoli. – 9. L'impiego degli *smart contracts*: benefici e limiti. – 10. Attuali e potenziali ambiti applicativi degli *smart contracts*. – 11. Cenni sull'interazione tra *smart contract* e intelligenza artificiale: possibili sviluppi.

1. L'elaborazione della figura degli *smart contracts*

Gli *smart contracts* si basano sull'utilizzo di un codice di programmazione che consente di eseguire un determinato accordo obbligatorio in modo automatizzato e senza l'intervento umano.

Gli *smart contracts* sono stati teorizzati, per la prima volta, da Nicholas J. Szabo, pseudonimo utilizzato da un computer *scientist* e giurista. Nello scritto intitolato “*Smart Contracts*”¹, egli definisce gli *smart contracts* come «*a computerized transaction protocol that executes the terms of a contract*». Tradotto in italiano, lo *smart contract* è un programma

¹ N. SZABO, *Smart Contracts*, in <https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vml.net/smart.contracts.html>, 1994.

informatico di transazione che esegue le clausole di un contratto². Sempre nel lavoro in esame, Szabo ritiene che estendendo il concetto di *smart contract* alla proprietà si potrebbe dar vita alla *smart property* creata incorporando *smart contracts* in oggetti fisici. Questi protocolli incorporati darebbero automaticamente il controllo del funzionamento della proprietà all'agente che ne è legittimamente proprietario, in base ai termini del contratto. L'Autore riconosce però che si tratta di un fenomeno ancora poco tangibile, diversamente dal contante digitale (criptovalute) e dai titoli dematerializzati.

Il concetto di *smart contract* è stato ulteriormente approfondito da Szabo nei due anni successivi.

Nel 1995, all'interno del lavoro *Smart Contracts Glossary*³, lo *smart contract* è definito come un insieme di promesse, compresi i protocolli attraverso i quali le parti eseguono le altre promesse. Inoltre, l'Autore afferma espressamente che lo *smart contract* non implica l'utilizzo dell'intelligenza artificiale. Dunque, questa definizione lascia intendere *a contrario* che non è radicalmente esclusa una possibile interazione tra *smart contract* e l'intelligenza artificiale, pur non essendo quest'ultima necessaria per il funzionamento dello *smart contract*⁴.

Nell'articolo dal titolo "*Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets*" del 1996⁵, Szabo propone un'ulteriore definizione, secondo cui uno *smart contract* è un insieme di promesse, formulate in forma digitale, che include i protocolli attraverso i quali le parti eseguono tali promesse.

² Si riporta qui la definizione per intero: «A smart contract is a computerized transaction protocol that executes the terms of a contract. The general objectives of smart contract design are to satisfy common contractual conditions (such as payment terms, liens, confidentiality, and even enforcement), minimize exceptions both malicious and accidental, and minimize the need for trusted intermediaries. Related economic goals include lowering fraud loss, arbitration and enforcement costs, and other transaction costs».

³ N. SZABO, *Smart Contracts Glossary*, in https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vmlb.net/smart_contracts_glossary.html, 1995: «A set of promises, including protocols within which the parties perform on the other promises. The protocols are usually implemented with programs on a computer network, or in other forms of digital electronics, thus these contracts are "smarter" than their paper-based ancestors. No use of artificial intelligence is implied». Come esempio di *smart contract* lo stesso Szabo cita il POS.

⁴ Su questo tema, si veda *infra*, nel presente Capitolo, il paragrafo 11.

⁵ N. SZABO, *Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets*, in https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vmlb.net/smart_contracts_2.html, 1996: «A smart contract is a set of promises, specified in digital form, including protocols within which the parties perform on these promises».

Nella ricostruzione di Szabo, gli *smart contract* si sostanziano in veri e propri sistemi di sicurezza del rapporto contrattuale, nel senso che ne assicurano l'esecuzione mediante l'utilizzo di protocolli informatici⁶. L'elaborazione del concetto di *smart contract*, dunque, si fonda sull'idea di includere le clausole contrattuali all'interno di un programma automatizzato idoneo ad incrementare il costo dell'inadempimento, con la finalità di rendere la violazione del contratto per il contraente molto gravosa o, talvolta, vietata.

Szabo prende spunto dal funzionamento del distributore automatico che, come noto, consente di eseguire automaticamente la prestazione di consegna dell'oggetto del contratto nel momento in cui viene introdotta al suo interno la quantità necessaria e sufficiente di monete⁷.

Secondo l'Autore, gli *smart contracts* superano il modello del distributore automatico, in quanto numerose clausole contrattuali molto più elaborate della mera consegna di un bene (come garanzie, cauzioni, diritti di proprietà, ecc.) possono essere incorporate nel *software*. Szabo ipotizza sistemi di attuazione *smart* dei contratti diversi tra loro, in base al modello contrattuale che le parti pongono in essere, attraverso i quali qualsiasi tipologia di bene – in quanto oggetto immediato della prestazione e, pertanto, oggetto mediato del contratto – suscettibile di essere gestito da mezzi digitali possa essere incorporato in uno *smart contract*, il cui l'utilizzo persegue sempre l'obiettivo di fornire una maggiore garanzia di esecuzione della prestazione.

⁶ Da un punto di vista prettamente giuridico, nell'ambito di un'analisi volta a vagliare la compatibilità della disciplina del contratto con gli *smart contracts*, alle stesse conclusioni di Szabo giungono K. WERBACH, N. CORNELL, *Contracts ex machina*, in *Duke Law Journal*, 67, 2017, pp. 360 ss.

⁷ La macchina prende le monete e, attraverso un semplice meccanismo, che costituisce un problema di informatica di primo livello nella progettazione di automi finiti, eroga il resto e il prodotto in base al prezzo esposto. Così N. SZABO, *The Idea of Smart Contracts*, in https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_idea.html, 1997, che definisce il contratto mediante distributore automatico come «contract with bearer», nel senso che chiunque abbia monete può partecipare a uno scambio con il venditore.

L'A. fa un esempio di *smart contract* finalizzato alla garanzia di un credito collegato all'acquisto di un'automobile. In particolare, nel caso di inadempimento da parte dell'acquirente, il protocollo di pegno "smart" esclude il debitore dall'utilizzo dell'autovettura attribuendo tale facoltà direttamente alla banca. Si tratterebbe di uno strumento molto più economico ed efficace di un contratto di pegno tradizionale. Ciò con le dovute cautele, in quanto si dovrebbe prevedere anche un sistema che consenta di rimuovere il vincolo quando il prestito è stato estinto, che tenga conto dei vizi originari o sinallagmatici del contratto e che riesca a rilevare l'impossibilità di interrompere l'utilizzo del bene in determinati casi (ad esempio, sarebbe da escludere, in quanto dannoso, la sospensione dell'utilizzo dell'auto mentre sta correndo in autostrada).

Per completezza, occorre precisare che qualche anno dopo, nel 2002, Szabo formalizzò le sue teorie in un ulteriore *paper*⁸, nel quale ipotizza un linguaggio pensato per essere letto anche dai computer, il cui scopo principale è quello di specificare, nel modo più univoco, completo e sintetico possibile, contratti o clausole contrattuali comuni, con particolare riferimento ai contratti finanziari, pegni e altri tipi di garanzie, trasferimenti di proprietà, prestazioni di servizi *online* e contratti concernenti la catena di approvvigionamento.

In conclusione, si può affermare che lo *smart contract* è un protocollo informatico, un programma, un *software* che permette di realizzare un processo negoziale capace di eseguirsi in modo autonomo, senza intervento umano, al verificarsi di determinati eventi, secondo la logica algoritmica dell'«*if this ... then that*». Tali eventi sono predeterminati dalle parti e tradotti in codice dal programmatore⁹ e, se costituiti da circostanze esterne all'ecosistema in cui lo *smart contract* è inserito, la loro verifica è accertata e comunicata allo *smart contract* dai cosiddetti “oracoli”, su cui si dirà più avanti.

2. Una definizione attuale di *smart contract* alla luce delle sue finalità

Sebbene il termine «*smart contracts*», come detto, si sia diffuso in dottrina a partire dagli anni Novanta del secolo scorso, la definizione del concetto resta tuttora controversa¹⁰.

Infatti, più recentemente, la dottrina e altri operatori del diritto e dell'economia si sono notevolmente sbizzarriti nell'elaborazione della definizione di *smart contract*¹¹ ed

⁸ N. SZABO, *A Formal Language for Analyzing Contracts*, in <https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vml.net/contractlanguage.html>, 2002.

⁹ La programmazione costituisce la traduzione o codifica di un algoritmo in un programma, scritto in un linguaggio che può essere eseguito da un calcolatore. In virtù di tale definizione, i sostantivi algoritmo e programma possono essere intesi come sinonimi, rappresentando uno la sostanza, l'altro la forma della sequenza di operazioni.

¹⁰ Si pensi ad esempio alle differenti definizioni adottate nelle prime normative statunitensi sul tema, richiamate in A. WRIGHT, P. DESAI, F. LEWIN, B. VAN ADRICHEM, BENJAMIN L., “*Smart Contracts*” & *Legal Enforceability. Reports. 2*, in <https://larc.cardozo.yu.edu/blockchain-project-reports/2>, 2018, pp. 25 ss.

¹¹ Si sofferma su questo tema R. DE CARIA, *Definitions of Smart Contracts Between Law and Code*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, p. 22.

è questa la ragione per cui, fino all'intervento del legislatore del 2019¹², che si è fatto attendere più di un ventennio dai lavori di Szabo, non esisteva una qualificazione codificata e generalmente adottata.

Ciononostante, tutti i commentatori hanno da sempre concordato su alcune caratteristiche essenziali che connotano lo *smart contract* e hanno colto l'essenza del fenomeno nell'automatizzazione dell'esecuzione delle prestazioni codificate all'interno dello *smart contract*.

L'individuazione del minimo comune denominatore delle definizioni emerse finora, consente di convergere verso una definizione di base, ai sensi della quale lo *smart contract* è un pezzo di codice informatico che assicura il rispetto di un accordo, senza necessità di interventi *ab externo*¹³.

Le recenti definizioni di *smart contracts*, a cui si fa riferimento nel testo, sono: «istruzioni elettroniche auto-esecutive redatte in codice informatico» (R. O'SHIELDS, *Smart Contracts: Legal Agreements for the Blockchain*, in *North Carolina Banking Institute*, 21, 2017, p. 179); «un pezzo di codice informatico in grado di monitorare, eseguire e far rispettare un accordo» (T. HINGLEY and A. ROBINSON, *A Smart New World: Blockchain and Smart Contracts*, in <https://s3.amazonaws.com/documents.lexology.com/2365b5db-eb2c-4972-a91e-ce9ce5131b02.pdf?AWSAccessKeyId=AKLAVYILUYJ754JTDY6T&Expires=1668787270&Signature=UuV08qSU4%2FTqgdsx%2FEZcgR93qYQ%3D>, 2016); «un *software*, con cui il codice informatico lega due, o una pluralità, di parti in vista dell'esecuzione di effetti predefiniti e che è memorizzato su un libro mastro distribuito» (G.O.B. JACCARD, *Smart Contracts and the Role of Law*, in *Jusletter IT*, 23, 2017, p. 4.); «contratti digitali che permettono termini contingenti al consenso decentralizzato che sono auto-applicativi e a prova di manomissione attraverso l'esecuzione automatica» (L.W. CONG, Z. HE, *Blockchain Disruption and Smart Contracts*, *The Review of Financial Studies*, 32, 5, 2019, pp. 1761-1762); «un programma guidato da eventi che gira su un libro mastro distribuito, decentralizzato, condiviso e replicato (*blockchain*) e che può prendere in custodia e trasferire beni sul libro mastro» (J.J. SZCZERBOWSKI, *Place of Smart Contracts in Civil Law*, in *Private College of Economic Studies Znojmo*, p. 333); «contratti che sono rappresentati in codice ed eseguiti da computer» (E. MIK, *Smart contracts: Terminology, technical limitations and real world complexity*, in *Law, Innovation and Technology*, 9, 2, 2017, p. 1); «una nuova generazione di contratti digitali» (P. DE FILIPPI, A. WRIGHT, *Blockchain and the law: the rule of code*, Cambridge, 2018, p. 72); «programmi che eseguono parte degli obblighi contrattuali, e possono contenere ed eseguire condizioni contrattuali, così come invocare rimedi fisici» (E. TJONG TJIN TAI, *Force Majeure and Excuses in Smart Contracts*, in *Tilburg Private Law Working Paper*, 10, 2018, in <http://www.ssrn.com/link/Tilburg-Private-Law.html>, p. 3) ; «il contratto legale intelligente è un accordo implementato in un *software*» (M. SOKOLOV, *Smart Legal Contract as a Future of Contracts Enforcement*, in <https://ssrn.com/abstract=3208292>, 2018).

¹² Si fa riferimento all'art. 8-ter del d.l. 14 dicembre 2018 n. 135 convertito dalla legge 11 febbraio 2019, n. 12. Di tale intervento si dirà *infra*. v. Capitolo Terzo, Sezione Prima.

¹³ Si veda, *ex multis*, L.H. SCHOLZ, *Algorithmic Contracts and Consumer Privacy*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, p. 256; A. CASEY, A. NIBLETT, *Self-Driving Contracts*, in *The Journal of Corporation Law*, 43, 1, 2017, p. 5, che mettono in luce la differenza tra *smart contracts* o *self-executing contracts* e *self-driving contracts*. Secondo gli AA., nei *self-executing contracts*, l'innovazione consiste nel fatto possono innescare l'esecuzione automatica senza un intermediario terzo comportano l'esecuzione automatica della prestazione senza un intermediario terzo; mentre i *contratti self-driving* non eliminano la necessità di ricorrere ai giudici per la loro esecuzione, ma automatizzano la creazione e l'interpretazione delle clausole da far rispettare, utilizzando tecnologie come l'intelligenza artificiale e

Qualche definizione dottrinale più elaborata, invece, definisce gli *smart contracts* come «protocolli transattivi computerizzati che eseguono operazioni in forma automatizzata a mezzo di un *software*, sulla base di una relazione causale a seguito della quale, al verificarsi di un determinato evento di *input*, il programma compie in maniera autonoma una conseguente operazione di *output*. Tali operazioni sono suscettibili, di conseguenza, di rendere esecutivi termini, ovvero clausole, di una relazione contrattuale»¹⁴ o come «protocolli per computer che facilitano, verificano, o fanno rispettare la negoziazione o l'esecuzione di un contratto, o che evitano il bisogno di una clausola contrattuale [che] aspirano ad assicurare una sicurezza superiore alla contrattualistica esistente e a ridurre i costi di transazione associati alla contrattazione»¹⁵.

Dunque, la più importante caratteristica dello *smart contract*, che costituisce anche la principale differenza con il contratto tradizionale¹⁶, è la sua idoneità a garantire l'esecuzione automatizzata di specifici termini di un accordo *ex se*, senza ricorrere a un procedimento giudiziario¹⁷. Infatti, attraverso la scrittura delle clausole contrattuali in un codice informatico, queste sono rese *self-executing*, riducendo in tal modo il rischio di inadempimento e spostando l'intervento della tutela giudiziale ad un momento successivo, in cui verranno verificate le condizioni di validità ed efficacia del contratto o l'eventuale presenza di errori di sistema nell'esecuzione informatica.

Questa caratteristica, inoltre, avvicina gli *smart contracts* ai contratti di garanzia. Tuttavia, un peculiare elemento di difformità e di innovazione rispetto a questi ultimi si rinviene nel fatto che gli *smart contracts* permettono di ottenere l'esecuzione della prestazione non solo in modo automatico, facendo a meno del giudizio, ma anche senza un terzo intermediario quale è il soggetto garante.

Tale esecuzione, automatizzata e garantita senza necessità di ricorrere all'autorità giudiziaria o a terzi, è dovuta anche alle modalità di configurazione di uno *smart*

gli algoritmi di apprendimento per aggiornare i termini che regolano i rapporti tra le parti in base alle contingenze che si verificano (*rebus sic stantibus*).

¹⁴ Questa è la definizione fornita da A. DAVOLA, *Smart Contract*, in Aa. Vv. *Dizionario Legal Tech*, a cura di Perri e Ziccardi, Milano, 2020, p. 876.

¹⁵ M. CHIRIATTI, *Gli Smart Contracts come nuove leggi? Meglio maneggiare con cura*, in <https://www.econopoly.ilsole24ore.com/2015/09/14/gli-smart-contracts-come-nuove-leggi-meglio-maneggiare-con-cura/>, 2015.

¹⁶ P. DE FILIPPI, A. WRIGHT, *Blockchain and the law: the rule of code*, cit., 2018, pp. 72 ss.

¹⁷ M. RASKIN, *The law and legality of smart contracts*, in *Georgetown Law Technology Review*, 1, 2, 2017, p. 306.

contract, che si sostanziano nella riproduzione dei termini di un accordo sotto forma di dati digitali eseguibili tramite *software*. Infatti, la scrittura in codice del contenuto delle prestazioni, quindi, l'utilizzo di un linguaggio di programmazione preciso e formale eseguibile da una macchina, conferisce un maggiore grado di accuratezza e precisione ai termini contrattuali, in quanto non opinabili, rispetto a quello che si ottiene dalle clausole espresse nel linguaggio umano¹⁸.

Da quanto finora esposto è agevole desumere gli obiettivi generali ed economici correlati all'utilizzo dello *smart contract* rispetto al contratto tradizionale: una maggiore certezza della fedele esecuzione dei termini dell'accordo (come, ad esempio, le caratteristiche della prestazione, i termini di pagamento, i vincoli di riservatezza); la riduzione al minimo dei costi di transazione dovuti alla necessità di intermediari di fiducia (ad esempio, il garante c.d. *escrow agent*) e all'erroneo funzionamento del programma contrattuale determinato da cause intenzionali (inadempimento) o accidentali (impossibilità sopravvenuta); la possibilità di incrementare la contrattazione standardizzata.

Nell'elaborazione originale di Szabo, gli *smart contracts* non erano legati alle *distributed ledger technologies* ed erano destinati ad operare sulla base del cosiddetto modello *vending machine*, ossia eseguendo determinate operazioni a seguito di una specifica richiesta. Quindi, originariamente erano pensati come programmi idonei ad evitare l'inadempimento, sottraendo alla parte la facoltà di scelta se adempiere o meno ed affidando alle macchine il compito di vincolare l'adempimento.

In anni più recenti, tuttavia, la riflessione in materia di *smart contract* si è poi legata al dibattito sugli utilizzi e le opportunità offerti dalla tecnologia *blockchain* e, più in generale, dalle tecnologie a registro distribuito, considerando la possibilità di coniugare la trasposizione digitale di un contratto con le caratteristiche di decentralizzazione, trasparenza e sicurezza offerte dalla tecnologia *blockchain*.

Di tale processo si è altresì fatto interprete il legislatore nazionale, il quale, in occasione della conversione del Decreto Semplificazioni (d.l. 14 dicembre 2018, n. 135), ha introdotto la definizione di «*smart contract*» (art. 8-ter, comma 2) – la quale

¹⁸ Si veda, per una chiara rappresentazione della modalità di funzionamento dello *smart contract*, «Fig. 3 Smart contract based on Blockchain main features» in G.M. DI GIUDA ET AL., *The Construction Contract Execution Through the Integration of Blockchain Technology*, Cham, 2020, p. 29.

sarà oggetto di un'approfondita analisi nel Capitolo Terzo – proprio nella stessa disposizione in cui ha definito le «tecnologie basate su registri distribuiti» (art. 8-ter, comma 1).

L'introduzione di una definizione normativa, tuttavia, non è stata risolutiva e chiarificatrice, in quanto continuano a sussistere diversi dubbi, emersi già anteriormente alla novella legislativa, primo fra tutti quello relativo all'idoneità dello *smart contract* ad integrare la fattispecie del contratto tradizionale di cui all'art. 1321 c.c. Al contempo, però, non sussistono incertezze nell'affermare che gli *smart contracts* – soprattutto quando si configurano come protocolli isomorfici rispetto ai termini contrattuali in grado di eseguire la prestazione promessa o di verificarne l'adempimento – rientrino tra le nuove forme di circolazione della ricchezza, la quale si avvale delle tecnologie emergenti per garantire il miglioramento dell'efficienza del mercato. Pertanto, il giurista è chiamato a comprendere se e come le regole tradizionali, applicate alle forme tradizionali di circolazione della ricchezza come il contratto codicistico, siano in grado di disciplinare queste nuove realtà.

La ricerca di soluzioni ai numerosi interrogativi che si pongono in tema di *smart contract* è resa difficoltosa dall'assenza, come si vedrà, di un *framework* giuridico omogeneo di riferimento, in quanto il legislatore italiano si è limitato ad una disposizione meramente definitoria¹⁹. Tale laconicità normativa ha posto numerosi dubbi agli interpreti, i quali, per il momento, possono solo fare riferimento al diritto positivo esistente relativo alla materia contrattuale. Inoltre, tale scenario è aggravato dall'assoluta inesistenza di pronunce giurisprudenziali, in cui venga esaminato – anche solo in via incidentale – questo nuovo fenomeno tecnologico.

3. Le modalità di funzionamento dello *smart contract*

La locuzione *smart contract*, come si è avuto modo di mettere in luce nel precedente paragrafo, è oggi idonea ad individuare dei protocolli (di sicurezza) di transazioni dalla natura proteiforme, potendo riguardare la fase di conclusione ed esecuzione del contratto, la sola fase di esecuzione di un contratto o anche l'esecuzione di protocolli del tutto avulsi da un contratto.

¹⁹ Su cui si veda ampiamente *infra* Capitolo Terzo, Sezione Prima, paragrafi 1 e ss.

Infatti, lo *smart contract* consente di realizzare un processo negoziale in grado di dare esecuzione automatica di una o più previsioni contrattuali mediante l'individuazione di condizioni predefinite e rese intellegibili da un *software*.

Inoltre, lo *smart contract* è un *software* “*event driven*”, ossia è guidato da un evento che lo mette in esecuzione al fine di ottenere un risultato secondo le istruzioni scritte nel *software* stesso²⁰.

In quanto *software*, lo *smart contract* è redatto con linguaggio di programmazione e, pertanto, la sintassi è quella tipica della logica computazionale.

Dunque, ciò che accomuna in un unico *genus* tutte le tipologie di *smart contract* è l'automatizzazione, poiché al verificarsi di determinate condizioni corrisponde un risultato certo. Questa logica riporta alla mente del giurista il giudizio ipotetico utilizzato per descrivere le disposizioni normative sul piano della teoria generale: se A, allora B²¹. Come il giudizio ipotetico normativo è deciso dal legislatore, allo stesso modo le parti della contrattazione hanno il dominio nella determinazione delle condizioni di operatività (*if*) da cui discendono gli effetti dalle stesse voluti (*then*).

Infatti, secondo la logica condizionale *if this, then that* su cui si basa l'esecuzione automatica dei termini dell'accordo, al verificarsi dell'evento X (*if*), l'algoritmo viene impostato per porre in essere l'effetto Y (*then*). Quindi, sia la realizzazione dell'evento “*if this*” che le conseguenze ad esso connesse “*then that*” sono predefinite e automatiche.

Tale caratteristica ha indotto taluno a qualificare lo *smart contract* come contratto necessariamente condizionato²² con la conseguenza che, diversamente da quanto previsto nella disciplina codicistica sul contratto, in cui la condizione è un elemento accidentale, l'elemento condizionale assume il ruolo di elemento esistenziale dello *smart contract*, senza il quale il *software* non potrebbe operare automaticamente. Sulla validità delle argomentazioni di questa tesi si dirà più avanti, quando si analizzerà la possibilità di applicare allo *smart contract* la disciplina codicistica²³ (Capito Quinto).

²⁰ In questo senso, R. BATTAGLINI, P. NICORELLI, *Smart legal contract: dall'idea al codice*, Milano, 2021, p. 8.

²¹ AA. VV., *Dieci lezioni introduttive a un corso di diritto privato, Lezione n. 3 – La fattispecie*, cit., pp. 70 ss.

²² D. FAUCEGLIA, *Il problema dell'integrazione dello smart contract*, in *Contratti*, 5, 2020, pp. 596 ss., il quale afferma che «Ebbene, le clausole *if and then*, in forza delle quali lo *smart contract* opera, altro non sono che condizioni apposte ad un contratto (art. 1353 c.c.)».

²³ Capitolo Quinto, paragrafo 4.1.

È proprio grazie al principio causale della catena *if-then*, sotteso al funzionamento del programma informatico in cui si sostanzia lo *smart contract*, che quest'ultimo rende la sua stessa esecuzione inevitabile.

Allo stesso modo, grazie alle innumerevoli variabili *if-then* codificabili ed eseguibili dal programma informatico, si può neutralizzare il rischio delle sopravvenienze, in quanto lo schema *if-then* non lascia margini per decisioni diverse da quelle previste nel programma informatico²⁴. Infatti, se le parti riescono a predeterminare *ex ante* tutti gli eventuali avvenimenti futuri, possono tradurre in codice un numero pressoché infinito di clausole mediante le quali a determinate circostanze (*if*), corrispondono determinati effetti (*then*).

L'evento (*if this*) può essere presente o futuro. In questo ultimo caso è assimilabile, se è certo, ad un termine iniziale, se è incerto, ad una condizione.

Nei casi di *smart contracts* che girano sulla *blockchain*, l'evento "*if this*" può essere interno al perimetro della *blockchain* (es. l'accredito nel *wallet* collegato allo *smart contract* di un pagamento in criptovaluta) o esterno (un fatto del mondo reale). In tal caso, per l'esecuzione dello *smart contract*, è necessario l'intervento fonte esterna identificata come affidabile, chiamata "oracolo", su cui si dirà più avanti²⁵. Questo è chiamato ad accertare la verifica, fuori dalla *blockchain*, dell'evento "*if this*" e a trasferire tale informazione all'interno della piattaforma *blockchain*.

4. I possibili antesignani dello *smart contract*

La tecnologia è centrale negli *smart contracts*, in quanto il loro funzionamento si basa su un sistema informatico. Pertanto, occorre domandarsi, nell'ottica di individuare la natura dello *smart contract* e la disciplina allo stesso applicabile, se lo *smart contract* possa essere qualificato come una nuova fattispecie contrattuale che si aggiunge, come se ne fosse un'evoluzione informatica, al contratto telematico e al contratto c.d. cibernetico e a cui, pertanto, possa essere applicata la normativa generale in materia di contratto.

²⁴ In questi termini si esprime M. PROTO, *Questioni in tema di intelligenza artificiale e disciplina del contratto*, in Aa. Vv. *Il diritto nell'era digitale. Persona, Mercato, Amministrazione, Giustizia*, a cura di Giordano, Panzarola, Police, Preziosi, Proto, Milano, 2022, p. 184.

²⁵ Si veda il paragrafo 8 di questo Capitolo.

Quella fra contratto e informatica è una relazione ormai di vecchia data, le cui compatibilità e criticità sono state ampiamente sviscerate dalla dottrina e disciplinate dal legislatore, entrambi focalizzandosi su alcuni aspetti di particolare rilievo. In primo luogo, sul procedimento di formazione del contratto, in quanto questa è stata procedimentalizzata e standardizzata dal legislatore a causa del particolare mezzo impiegato²⁶. In secondo luogo, ci si è soffermati sulla forma del contratto informatico, per determinarne la validità ed efficacia probatoria rispetto al contratto stipulato per iscritto nella forma dell'atto pubblico (art. 2699 c.c.) o della scrittura privata (art. 2702 c.c.). La questione è stata poi risolta dall'art. 20 del Codice dell'amministrazione digitale (d.lgs. 7 marzo 2005, n. 82) che, al comma 1-*bis* prevede che, a certe condizioni, «il documento informatico soddisfa il requisito della forma scritta e ha l'efficacia prevista dall'articolo 2702 del Codice civile».

Infine, si sono analizzate e regolate le questioni relative alla tutela della parte debole, l'utente, la cui condizione di disparità rispetto al professionista è aumentata dall'utilizzo del mezzo informatico per la conclusione del contratto.

Il sistema dell'*Electronic Data Interchange (EDI)*, utilizzato, già agli inizi degli anni Settanta, da alcune aziende per scambiare elettronicamente alcune componenti delle transazioni commerciali tradizionali (fatture, ricevute, forniture, ecc.), talvolta utilizzando anche sistemi di crittografia e firma digitale, può essere considerato un primo precursore degli *smart contracts*.

I contratti nell'ambito dell'*EDI*, tuttavia, sono testi contrattuali tradizionali trasposti su un supporto elettronico, comprensibili dall'uomo e la cui esecuzione è affidata a un'azione supplementare ma non automatizzata²⁷.

Diversamente accade per i cosiddetti contratti *data-oriented*, computabili, cioè contratti in cui le parti esprimono uno o più termini e condizioni dell'accordo sotto forma di dati digitali eseguibili da un computer redatti in un linguaggio comprensibile per quest'ultimo e, pertanto, diverso da quello naturale.

²⁶ Il contratto c.d. *point and click*, come si vedrà nel paragrafo 4.2. del presente Capitolo, costituisce oggetto di specifica attenzione del legislatore europeo e, conseguentemente, delle legislazioni speciali finalizzate alla tutela dell'utente e dell'utente/consumatore.

²⁷ Si veda A.H. BOSS, *Electronic data interchange agreements: private contracting toward a global environment*, in *Northwestern Journal of International Law and Business*, 13, 1992, pp. 31 ss.

La rappresentazione del contenuto contrattuale in termini di codice informatico ha aperto la strada all'automazione: è diventato possibile che il *software* stesso intervenga dinamicamente in un rapporto negoziale, sulla base della combinazione di una serie di istruzioni predefinite fornite al programma.

Il vero predecessore degli *smart contracts* su *blockchain* può essere considerato il cosiddetto contratto Ricardiano o *Ricardian contract*²⁸. La figura di contratto Ricardiano è stata elaborata nel tentativo di digitalizzare un contratto²⁹ e si sostanzia in un metodo per registrare gli elementi definitori di un accordo con valore legale. Il formato leggibile dalla macchina ed eseguibile da un *software*, affinché possa essere facilmente estratto per scopi computazionali, è accompagnato da un documento scritto in linguaggio naturale che rende direttamente comprensibile il codice informatico, in modo che gli avvocati e le parti contraenti possano comprendere i termini del contratto.

L'uso di un linguaggio di *markup* incorporato in un documento prevalentemente in prosa legale porta a una riduzione dei costi di transazione, a una più rapida risoluzione delle controversie, a una migliore applicabilità e a una maggiore trasparenza. Tali caratteristiche sono quelle che li accomunano agli *smart contracts*.

Tuttavia, il contratto Ricardiano è finalizzato a delineare i termini contrattuali e a registrare l'accordo prima della sua esecuzione, a differenza dello *smart contract* che serve per eseguire le prestazioni oggetto dell'accordo. Infatti, il contratto Ricardiano, è un modello di progettazione *software* per digitalizzare i documenti e farli partecipare alle transazioni finanziarie, come i pagamenti, senza perdere la connotazione tradizionale contrattuale. Proprio per questa ragione, il contratto Ricardiano si è fatto rientrare nel perimetro del quadro legislativo esistente; gli *smart contract*, invece,

²⁸ Si vedano: I. GRIGG., *The ricardian contract*, in http://iang.org/papers/ricardian_contract.html, 2004, pp. 25 ss; ID., *On the intersection of ricardian and smart contracts*, in http://iang.org/papers/intersection_ricardian_smart.html, 2015; C.D. CLACK, V.A. BAKSHI, L. BRAINE, *Smart Contract Templates: foundations, design landscape and research directions*, in <http://arxiv.org/abs/1608.00771>, 2016, pp. 2, 3, 6.

²⁹ Questo termine è stato coniato a partire dal contratto Ricardo, creato, come parte del sistema di pagamento Ricardo, dal programmatore Ian Grigg, uno dei primi pionieri della crittografia finanziaria. Grigg ha definito il *Ricardian contract* come «un metodo per registrare documenti legalmente validi che contengono tutte le informazioni in testi collegati digitalmente con funzioni di *hash*. Questi documenti sono leggibili dalla macchina e quindi possono essere eseguiti nel software».

scontano l'incertezza che tutt'ora sussiste sul loro esatto inquadramento che si ripercuote inevitabilmente sulla scelta della disciplina loro applicabile.

Altri autori ritengono che gli *smart contracts* rappresentino uno sviluppo dell'automazione negoziale nell'ambito dell'informatica nel diritto, rinvenendo i suoi "antenati" nel fenomeno delle *vending machines* e dei contratti telematici o cibernetici. Sul confronto tra tali modelli di formazione del contratto e *smart contract* ci soffermeremo nei paragrafi seguenti.

In conclusione, si può certamente affermare che tutti questi modelli contrattuali costituiscono l'emblema della tendenza a una spersonalizzazione progressiva del contratto che caratterizza da anni la storia di questo istituto³⁰.

In particolare, il progresso tecnico ed economico permette di attuare in misura sempre maggiore la disumanizzazione del contratto, dando vita ai ben noti fenomeni di standardizzazione, oggettivazione e automazione³¹.

Questa tendenza, al servizio del profitto dell'impresa e del consumo, è finalizzata ad eliminare il rischio dell'incertezza, legata alla volubilità della volontà umana, e ad assicurare la prevedibilità di costi e guadagni di ciascun contratto.

4.1. La vendita mediante distributori automatici

Questa tipologia di transazioni permette di acquistare o fruire dei prodotti o servizi (bevande, *snack*, contenuti musicali) esposti nel distributore automatico mediante l'immissione della esatta quantità di moneta richiesta dall'apparecchio esposto al pubblico (ad esempio, erogatore di bevande o *snack* o junk box)³².

³⁰ Si vedano N. IRTI, *Scambi senza accordo*, in *Rivista Trimestrale di Diritto e Procedura Civile*, 1998, 2, pp. 347 ss.; G. OPPO, *Disumanizzazione del contratto?*, in *Rivista di diritto civile*, 1998, I, p. 525 ss.; N. IRTI, *è vero ma...*, cit., 1999, I, pp. 273 ss.

³¹ A.M. BENEDETTI, *Contratto, algoritmi e diritto civile transnazionale: cinque questioni e due scenari*, in *Rivista di diritto civile*, 3, 2021, p. 412, con riferimento alla tendenza esposta nel testo afferma il «declino inarrestabile dei miti volontaristici classici» e osserva che «il diritto privato di oggi e di domani» si caratterizza per la «tensione tra primato del profitto e diritti delle persone».

³² Una chiara illustrazione del funzionamento dei distributori automatici si trova in PANISI, *Gli "smart contract". Contratti o software?*, in <https://medium.com/tech-mood/gli-smart-contract-contratti-o-software-71caab28c36c>, il quale spiega che i distributori automatici «sulla base degli *input* ricevuti, eseguono operazioni secondo logiche di questo tipo: se è inserito il pagamento (P) e l'item (I) selezionato è disponibile, allora (1) se $P \geq I$ prezzo, distribuisce I; (2) se $P > I$ prezzo, distribuisce resto; (3) altrimenti non eseguire e attendi».

L'invenzione del primo marchingegno per l'erogazione automatica di acqua (sacra) o vino posto presso i templi egiziani si attribuisce ad Erone di Alessandria Egli fu un matematico, ingegnere ed

Un'autorevole dottrina civilistica, a partire dai primi anni del Novecento, si è interessata all'inquadramento giuridico di questo modello di contrattazione³³.

Antonio Cicu ritiene l'automa un meccanismo utile a effettuare l'esecuzione di una prestazione e conclude che ciascun prodotto esposto nel distributore automatico integra una singola offerta al pubblico (che «contenga gli elementi necessari alla sua completezza, l'indicazione cioè della moneta richiesta e della prestazione che vi corrisponde») che viene accettata, mediante l'inserimento della moneta capace di far funzionare l'apparecchio, atto quest'ultimo dal quale «si riconoscerà facilmente la direzione della volontà ad ottenere quell'effetto»³⁴.

Natalino Irti, invece, soffermandosi sugli scambi del mercato capitalista (in cui sono inclusi quelli mediante distributori automatici), osserva che questi si sostanziano in due volontà unilaterali, destinate a rimanere tali, che trovano il loro punto di incontro nella merce o nell'immagine della merce. Questi contratti, infatti, sarebbero caratterizzati dalla mancanza dell'elemento dell'accordo, che è tale solo quando si pone a valle di un «dialogo linguistico» idoneo a conformare il regolamento negoziale³⁵.

inventore della Grecia antica. Tuttavia, la paternità ufficiale dell'invenzione, risalente al 1884, si attribuisce a William Henry Fruen, che ne ha ricevuto il brevetto il 16 dicembre di quell'anno per un distributore di acqua. Con il suo brevetto, l'inventore fondò la "Glenwood-Inglewood Company". Nel 1885 venne apportata la prima modifica alla macchina, grazie alla quale l'acqua nel distributore era rilasciata in bricchi.

Sulla storia della «*Vending Machine*», si veda M. RASKIN, *The law and legality of smart contracts*, cit., pp. 315 ss., in cui emerge che inizialmente il distributore automatico fosse utilizzato per perseguire fini non solo economici, ma anche politici. Si vedano anche: A.L. BONFRANCESCHI, *Il primo distributore automatico*, in <https://www.wired.it/attualita/tech/2013/12/16/primodistributoreautomatico/>, 16.12.2013; D. DI SABATO, *smart contracts: robot che gestiscono il rischio contrattuale*, in *Contratto e impresa*, 2, 2017, p. 391, nota 28; T. BELARDI, *Gli Smart Contract: storia e definizioni di un ibrido contratto/software*, in Aa. Vv. *Blockchain e Smart Contract*, a cura di Giordano e Battaglini, Milano, 2019, pp. 225 ss.

³³ Sul tema A. CICU, *Gli automi nel diritto privato*, in *Il Filangieri*, 8, 1901, pp. 561 ss.; A. SCIALOJA, *L'offerta a persona indeterminata ed il contratto concluso mediante automatico*, Città di Castello, 1902.

³⁴ A. CICU, *Gli automi nel diritto privato*, in *Scritti minori*, II, Milano, 1965, p. 289, afferma che l'automa è un meccanismo utile a effettuare l'esecuzione di una prestazione. Il *quantum* di moneta da inserire nella fessura e la prestazione o il servizio sono indicati all'esterno dell'apparecchio, e pertanto, trattandosi degli «elementi necessari alla sua completezza [...], l'esposizione di un automa costituirà una vera e propria offerta di contratto» e, nell'atto di chi inserisce la moneta, «si riconoscerà facilmente la direzione della volontà ad ottenere quell'effetto».

³⁵ N. IRTI, *Scambi senza accordo*, cit., pp. 352 e 353 e, in particolare, p. 360. Diversamente C.M. BIANCA, *Acontrattualità dei contratti di massa?*, in *Vita notarile*, 2001, p. 1120, il qual aderisce ad una concezione oggettiva del contratto e, pertanto, dà rilievo al significato sociale del comportamento dei soggetti per verificare la sussistenza meno di rapporto contrattuale, svalutando la questione volontaristica.

Pertanto, la vendita tramite distributore automatico è spersonalizzata, perché non necessita né di parole, né di dialogo, né di accordo tra le parti: uno dei contraenti espone i beni all'interno del distributore e l'altro sceglie di comprare uno di essi.

L'accostamento, che spesso propone la dottrina, tra lo *smart contract* e la cc.dd. *vending machine* (distributori automatici), e che induce taluno a ritenere i distributori automatici veri e propri antesignani degli *smart contracts*, si basa su due caratteristiche comuni ad entrambi: sono "macchine" utilizzate per lo svolgimento di un'attività negoziale riferibile in ogni caso all'uomo; il loro utilizzo comporta l'adempimento automatizzato della prestazione contrattuale.

Infatti, nelle *vending machines*, una volta innescato il processo mediante l'inserimento del denaro e la digitazione del codice del prodotto, l'adempimento (l'erogazione del prodotto) è automatico e irreversibile. Allo stesso modo, dopo aver attivato lo *smart contract*, il codice che lo costituisce non è più modificabile ed esegue automaticamente quanto è stato previamente programmato al suo interno.

Tuttavia, questo accostamento è corretto solo in parte.

Infatti, nei contratti conclusi mediante distributore automatico, inserendo una moneta e premendo un bottone per l'acquisto di un bene, le transazioni si perfezionano con semplici e abituali comportamenti (da qui, "scambi senza accordo").

Uno *smart contract*, invece, solo talvolta si conclude *per facta concludentia*, in totale assenza di dialogo (è il modello solo codice, di cui si dirà dopo), ma questa non è la prassi. Lo *smart contract* conosce la fase della trattativa e, anzi, quando è formalizzato risulta maggiormente in linea con la finalità che persegue lo *smart contract*, ossia quella di garantire l'esecuzione. Infatti, attraverso la redazione sotto forma di codice (o di codice e testo) dei termini dello *smart contract* (*rectius*, il protocollo informatico) fatta dalle parti congiuntamente sarebbe più facile evitare fraintendimenti o divergenze tra il voluto e il dichiarato e, quindi, esecuzioni non soddisfacenti dello *smart contract*.

Quindi, in ambito *smart contract*, non è del tutto escluso il «ritorno della parola [...] che restaura il dialogo»³⁶.

³⁶ Così si esprime N. IRTI, *Scambi senza accordo*, cit., p. 357, con riferimento però agli scambi mediante mezzi telematici.

In alcuni scritti, l'erronea convinzione che lo *smart contract* si collochi sempre nel modello di contrattazione definito "scambio senza accordo" sembra fondarsi su un inquadramento sbagliato di questo strumento. Si ritiene, infatti, che il suo funzionamento dipenda da sistemi di intelligenza artificiale e, pertanto, che gli algoritmi da cui è formato operino *ex se*, senza la preventiva decisione volontaria delle parti in tal senso. Al contrario, invece, l'utilizzo dello *smart contract* non dà vita, sempre per dirla con le parole utilizzate da Irti, ad «un sistema, che, in qualche modo, pensa per noi; ed orienta e conforma i nostri rapporti»; o, meglio, è idoneo ad operare in tal modo solo *ex post*, dopo l'attivazione del programma informatico fondata su un accordo delle parti, non *ex ante* eliminando l'accordo.

Pertanto, nel modello di scambio che utilizza lo *smart contract*, la tecnologia spesso segna un ritorno allo scambio linguistico, che talvolta si declina in una lingua non teoretica, ma puramente referenziale ed informativa (ossia le istruzioni, scritte in linguaggio di programmazione, che costituiscono lo *smart contract*).

4.2. Il contratto telematico.

Il contratto telematico³⁷ è un accordo che si caratterizza per essere concluso a distanza, attraverso apparecchiature che utilizzano le tecnologie informatiche, quali *PC* e *smartphone*³⁸.

³⁷ R. CLARIZIA, *Informatica e conclusione del contratto*, Milano, 1985; F. PARISI, *Il contratto concluso mediante computer*, Padova, 1987; M. MAGGIOLO, *Il contratto predisposto*, Padova, 1996; A.M. GAMBINO, *L'accordo telematico*, Milano 1997; S. GIOVA, *La conclusione del contratto via Internet*, Napoli, 2000; G. PERLINGIERI, *Appunti sul contratto telematico*, Napoli, 2000; F. SARZANA DI S. IPPOLITO, *I contratti di Internet e del commercio elettronico*, Milano, 2001; A.M. BENEDETTI, *Autonomia privata procedimentale. La formazione del contratto fra legge e volontà delle parti*, Torino, 2002; F. DELFINI, *Contratto telematico e commercio elettronico*, Milano, 2002; A. FRATERNALE, *I contratti a distanza*, Milano, 2002; E. RUGGIERO, *Il contratto telematico*, Napoli, 2003; L. FOLLIERI, *Il contratto concluso in Internet*, Napoli, 2005; E. TOSI, *Il contratto virtuale. Procedimenti formativi e forme negoziali tra tipicità e atipicità*, Milano, 2005; F. BRAVO, *Contrattazione telematica e contrattazione cibernetica*, Milano, 2007; E. TOSI, *Contratti informatici, telematici e virtuali. Nuove forme e procedimenti formativi*, Milano, 2010; F. BRAVO, *I contratti a distanza nel codice del consumo e nella direttiva 2011/83/UE. Verso un codice europeo del consumo*, Milano, 2013; G. CERDONIO CHIAROMONTE, *Contratto telematico sotto nome altrui Apparenza e regole di imputazione della dichiarazione negoziale*, Napoli, 2018; F. DELFINI, *Forma digitale, contratto e commercio elettronico*, Milano, 2020; M.P. PIGNALOSA, *Il consumatore calcolante*, Napoli, 2021, pp. 31 ss.

Per una sintesi del quadro normativo, si veda *ex multis* R. SACCO, G. DE NOVA, *Il contratto*, Assago, 2016, pp. 125 ss.

³⁸ La letteratura si riferisce allo stesso oggetto con nomi diversi: contratto informatico, contratto telematico, contratto elettronico, contratto digitale o contratto virtuale.

Vi è, peraltro, chi preferisce distinguere il contratto telematico dal contratto informatico, includendo nella seconda categoria quei contratti in cui lo strumento telematico è solo un mezzo per trasmettere

Dunque, chi stipula il contratto telematico per l'acquisto di un bene o di un servizio non ha un diretto contatto con la controparte né la concreta percezione del bene oggetto della controprestazione. Tale circostanza ha comportato la necessità di una disciplina che fornisse a tale contraente una solida tutela sia a monte che a valle della stipula del contratto.

Tuttavia, il peculiare mezzo che veicola la volontà delle parti di addivenire alla stipula dell'accordo, non ha determinato l'accantonamento della disciplina codicistica, in quanto al contratto telematico si applica la normativa contenuta nel Codice civile a cui si affianca il d.lgs. 9 aprile 2003, n. 70, che costituisce attuazione della direttiva 2000/31/CE relativa a taluni aspetti giuridici dei servizi della società dell'informazione nel mercato interno, con particolare riferimento al commercio elettronico. Proprio tale decreto, al primo comma dell'art. 13, fa salva l'applicazione delle norme sulla conclusione dei contratti.

Nell'ottica di una maggiore protezione di chi contrae mediante strumenti informatici, il decreto in esame prevede determinati obblighi informativi in capo al

la volontà contrattuale (ad esempio, i contratti conclusi a mezzo e-mail), senza incidenza sul procedimento di formazione della volontà, come accade invece nel contratto telematico in senso stretto (ad esempio concluso mediante *point and click* su internet). Per una sintesi delle varie distinzioni possibili, si vedano A.M. GAMBINO, A. STAZI, D. MULA, *Diritto dell'informatica e della comunicazione*, Torino, 2019, pp. 159 ss.; E. TOSI, *Diritto privato delle nuove tecnologie*, Milano, 2021, pp. 210 ss.; G. PERLINGIERI, F. LAZZARELLI, *Internet e il contratto*, in Aa. Vv. *Manuale di diritto dell'informatica*, a cura di Valentino, Napoli, 2016, pp. 272 ss., i quali distinguono: i contratti telematici o «virtuali in senso lato», categoria eterogenea, che ricomprende tutti gli accordi che, a prescindere dall'oggetto e dalla modalità di esecuzione vengono conclusi attraverso la rete *internet*; i contratti «virtuali in senso stretto», categoria caratterizzata dall'utilizzo di quel particolare procedimento noto come del «tasto negoziale virtuale» o c.d. *point and click* per la conclusione del contratto; i contratti informatici o ad oggetto informatico, categoria che include tutti quegli accordi che pur potendo essere conclusi in modalità *off line* (negozio fisico) hanno ad oggetto un qualsiasi bene o un qualunque servizio tecnologico.

Inoltre, sempre con riferimento alla problematica definitoria e classificatoria, E. TOSI, *Contratti informatici, telematici e virtuali. Nuove forme e procedimenti formativi*, cit. pone in luce che in una fase iniziale «degli studi in materia contrattuale e informatica» costituiva oggetto di dibattito a quale parte del contratto riferire l'aggettivo «informatico»: una parte della dottrina lo attribuiva all'oggetto del contratto e, quindi, classificava come «contratti informatici» tutti quei contratti che hanno un oggetto che attiene alla sfera informatica (come, ad esempio, l'acquisto di *hardware* oppure la vendita di un determinato *software*); un'altra parte della dottrina inquadrava la natura informatica del contratto nella sua forma: questa seconda accezione deriva da una suddivisione binaria delle modalità con cui un contratto può essere redatto, e cioè con mezzi appartenenti al mondo fisico/analogico (carta e penna) oppure con strumenti elettronici/digitali. L'A. afferma che «con l'affermarsi della rivoluzione telematica, si è utilizzato indistintamente il riferimento ai contratti informatici e telematici tanto per indicare i contratti ad oggetto informatico e telematico quanto a quelli a forma e formazione informatica e telematica». Infatti, ormai si riconosce nella locuzione «contratto informatico» l'accezione di categoria generica, a cui corrispondono diverse sottocategorie contrattuali, ciascuna con la sua peculiarità. (come si può vedere in G. FINOCCHIARO, *Il contratto informatico*, in Aa. Vv., *Diritto Privato*, a cura di Patti, Padova, 2016, pp. 627 ss.).

prestatore prima dell'inoltro dell'ordine da parte del destinatario del servizio, che devono essere adempiuti in maniera chiara, comprensibile ed inequivocabile³⁹. Sono esentati da tale disciplina i contratti conclusi esclusivamente mediante scambio di messaggi di posta elettronica o comunicazioni individuali equivalenti, poiché in questi casi colui che acquista il prodotto o il servizio ha uno scambio dialogico con il fornitore, seppur intermediato dal mezzo telematico.

Inoltre, le clausole e le condizioni generali del contratto proposte al destinatario devono essere messe a sua disposizione in modo che gli sia consentita la memorizzazione e la riproduzione.

La disposizione in esame poi, sempre per perseguire le medesime finalità di tutela di cui si è fatta menzione, procedimentalizza e standardizza la procedura successiva all'inoltro dell'ordine per via telematica: il prestatore deve, senza ingiustificato ritardo e per via telematica, accusare ricevuta dell'ordine del destinatario contenente un riepilogo delle condizioni generali e particolari applicabili al contratto, le informazioni relative alle caratteristiche essenziali del bene o del servizio e l'indicazione dettagliata del prezzo, dei mezzi di pagamento, del recesso, dei costi di consegna e dei tributi applicabili.

I fornitori che stipulano a distanza, esclusivamente mediante scambio di messaggi di posta elettronica o comunicazioni individuali equivalenti, sono esentati anche dall'adempimento di tali obblighi comportamentali.

Una peculiare disciplina del «contratto a distanza che deve essere concluso con mezzi elettronici» è contenuta nell'art. 51 del Codice del consumo, il quale impone al fornitore di adottare una specifica procedura di formazione del contratto, il cui mancato rispetto è sanzionato con la non vincolatività dell'accordo per il consumatore. Infatti, tale disciplina è volta proprio a fornire una consistente tutela all'utente/consumatore, in relazione al quale le asimmetrie informative – che già tipicamente connotano il contratto concluso tra professionista e consumatore – sono

³⁹ Art. 12 rubricato “*Informazioni dirette alla conclusione del contratto*”, in cui sono elencate le seguenti informazioni: le varie fasi tecniche da seguire per la conclusione del contratto; il modo in cui il contratto concluso sarà archiviato e le relative modalità di accesso; i mezzi tecnici messi a disposizione del destinatario per individuare e correggere gli errori di inserimento dei dati; prima di inoltrare l'ordine al prestatore; gli eventuali codici di condotta cui aderisce e come accedervi per via telematica; le lingue a disposizione per concludere il contratto oltre all'italiano; l'indicazione degli strumenti di composizione delle controversie.

accentuate dallo strumento telematico utilizzato per addivenire alla stipula del contratto⁴⁰.

Nel contratto telematico, il dispositivo informatico costituisce mezzo per trasmettere la proposta di un contratto e riceverne l'accettazione.

Nel contratto cibernetico, le parti esprimono la loro volontà attraverso le istruzioni immesse nel *software*, ed è poi l'agente elettronico a definirne il contenuto e a determinarne l'eventuale integrazione o modifica delle condizioni contrattuali⁴¹. Ci si riferisce al caso in cui un algoritmo informatico sia in grado di esercitare la propria signoria su tutte le libertà che rientrano nell'autonomia negoziale (se stipulare il contratto, con chi, il suo oggetto ed altri termini dell'accordo) in totale assenza dell'intervento umano⁴².

4.3. Il contratto algoritmico

Come dimostra il diritto del commercio elettronico analizzato nel precedente paragrafo, la diffusione capillare delle tecnologie informatiche nella vita quotidiana, a cui si fa riferimento con la locuzione "transizione digitale"⁴³, interferisce in misura sempre maggiore con il diritto in generale⁴⁴ e, in particolare, con taluni istituti del diritto privato, primo fra tutti il contratto, in quanto questo è il principale strumento di creazione e trasferimento di ricchezza delle moderne economie di mercato.

⁴⁰ Sul tema si veda *funditus*: F. TRUBIANI, *I soggetti del commercio elettronico: limiti delle attuali definizioni legislative e prospettive future*, in *Saggi di diritto dei consumi*, a cura di Catricalà e Pignalosa, Torino, 2020, pp. 11 ss.; R. MONTINARO, *Il consumatore nei mercati online: la disciplina del commercio elettronico e delle pratiche commerciali scorrette alla prova dell'evoluzione tecnologica*, in *Saggi di diritto dei consumi*, cit., pp. 75 ss.; M.P. PIGNALOSA, *Particolari modalità di conclusione del contratto: contratti negoziati fuori dei locali commerciali e contratti a distanza*, in *Manuale del diritto dei consumatori*, a cura di Catricalà e Pignalosa, Roma, 2013, pp. 173 ss.

⁴¹ In questi termini, si veda A. STAZI, *Smart Contracts and Comparative Law A Western Perspective*, Torino, 2021, p. 90, che espone la differenza tra «electronic contract», «cybernetic contract» e «smart contract».

⁴² Si veda per una trattazione approfondita sul tema M.F. CAMPAGNA, *Gli scambi attraverso algoritmi e il problema del linguaggio. Appunti minimi*, in *Analisi Giuridica dell'Economia*, 1, 2019, pp. 153 ss.

⁴³ Decisamente indicativa della particolare attenzione dedicata alla rivoluzione tecnologica, è stata l'istituzione, con il d.p.c.m. 15 marzo 2021, del ministero senza portafoglio "per l'innovazione tecnologica e la transizione digitale".

⁴⁴ N. IRITI, E. SEVERINO, *Dialogo su diritto e tecnica*, Roma-Bari, 2001.

In questo contesto, si sono sviluppate forme di contrattazione c.d. algoritmica (da qualcuno in dottrina definita cibernetica⁴⁵) la cui trattazione richiede una breve premessa sull'algoritmo e sul suo funzionamento.

Volendo fornire la definizione più essenziale ed immediata, un algoritmo⁴⁶ è il procedimento composto da un insieme di istruzioni semplici in un determinato ordine finalizzato ad ottenere un risultato atteso⁴⁷.

Da questa definizione si deducono i connotati fondamentali dell'algoritmo: atomicità, non ambiguità, determinismo, finitezza, terminazione e effettività.

Pertanto, i passaggi dell'algoritmo devono essere elementari, cioè non possono essere ulteriormente divisibili, non possono essere suscettibili di plurime interpretazioni e ciascuno di essi deve essere ben stabilito. L'algoritmo deve per forza essere svolto in un certo numero di specifici passi e, allo stesso tempo, deve richiedere in ingresso soltanto una determinata quantità di dati. L'esecuzione dell'algoritmo deve terminare entro un certo numero di passi e deve portare a un risultato univoco. Il concetto di

⁴⁵ La definizione nasce per distinguere tale tipologia di contrattazione da quella telematica. Con contratto cibernetico si indica la contrattazione in cui la cui stipulazione è automatica, in quanto avviene tra un soggetto umano e un agente *software* o tra due (o più) agenti *software* come parti contraenti tra loro opposte. In altri termini, tale qualificazione raggruppa i contratti in cui un elaboratore elettronico si ingerisce in modo autonomo nella fase di formazione del contratto. Differisce dal contratto telematico per il ruolo che ricopre lo strumento tecnologico: nella contrattazione telematica il mezzo elettronico viene utilizzato come mero *medium* di per trasmettere le dichiarazioni dei contraenti, in adesione a quanto voluto dagli stessi; nel contratto cibernetico, è lo strumento tecnologico a determinare il contenuto del contratto, sia pure nel rispetto delle istruzioni inserite al momento della programmazione dall'agente *software*, tanto da poter costituire, talvolta, una sorpresa per gli stessi contraenti. Si vedano, sul tema: M. GIULIANO, *La Blockchain e gli smart contracts nell'innovazione del diritto nel terzo millennio*, in *Diritto dell'Informazione e dell'Informatica*, 6, 2018, pp. pp. 1023 ss.; E. PERNICE, *Smart contract: software o contratto? Tentativo di applicazione delle norme sulla teoria generale del contratto*, in *Cyberspazio e diritto*, 23, 70, 1, 2022, p. 53.

⁴⁶ Si tratta di un concetto dalle origini antiche, di cui si trova traccia in documenti risalenti al XVII secolo a.C., conosciuti come i papiri di Ahmes, che contengono una serie di problemi con relativa soluzione. Per una bibliografia essenziale relativa all'algoritmo, si vedano: T. H. CORMEN, C. E. LEISERSON, R. L. RIVEST, C. STEIN, *Introduzione agli algoritmi e strutture dati*, New York, 2010; P. DOMINGOS, *L'algoritmo definitivo*, Torino, 2016; F. LUCCIO, *La struttura degli algoritmi*, Torino, 1982; F. LUCCIO, P. FERRAGINA, *Crittografia. Principi, algoritmi, applicazioni*, Torino, 2001; F. LUCCIO, L. PAGLI, *Algoritmi, divinità e gente comune*, Pisa, 2012; M. MEZZA, *Algoritmi di libertà*, Roma, 2018; B. ROMANO, *Algoritmi al potere. Calcolo giudizio pensiero*, Torino, 2018; C. TOFFALORI, *Algoritmi*, Bologna, 2015; A. VESPIGNANI, R. RIJTANO, *L'algoritmo e l'oracolo*, Milano, 2019; G. ZICCARDI, *Tecnologie per il potere*, Milano, 2019; ID., *Il computer e il giurista*, Milano, 2015; ID., *Internet, controllo e libertà*, Milano, 2015.

⁴⁷ Nel dizionario espressamente dedicato ai principali temi che ruotano attorno al "legal tech", l'algoritmo è definito come «Sequenza finita e ordinata di operazioni elementari e chiare che permettono di risolvere, in maniera deterministica, un problema. Il termine deriva dalla trascrizione latina del nome del matematico persiano Al-Khwarizmi (IX sec. d.C.), autore del sistema di notazione decimale posizionale»; Così, G. POZZATO, *Algoritmo*, in Aa. Vv. *Dizionario Legal Tech*, a cura di Perri e Ziccardi, Milano, 2020, p. 26.

algoritmo nasce nel campo della matematica, ma l'avvento dell'informatica⁴⁸ ne ha aumentato la diffusione.

Infatti, se per ottenere un risultato certo relativo ad un problema matematico esiste un procedimento infallibile, che può essere descritto in modo non ambiguo e che conduce sempre all'obiettivo desiderato in un tempo finito, allora *a fortiori* questo compito può essere svolto da un computer, introducendo l'algoritmo in un programma scritto in un opportuno linguaggio adatto e comprensibile per la macchina.

Come si è già avuto modo di mettere in luce, la rivoluzione tecnologica, in atto ormai da alcuni decenni, non ha lasciato indenne il contratto, istituto centrale dell'autonomia privata patrimoniale e perno delle relazioni economiche. Lo statuto giuridico generale del contratto contenuto nel Codice civile, esposto ai mutamenti indotti dalla rivoluzione digitale, si è sempre adattato ai nuovi strumenti tecnologici, idonei a conferire allo stesso una sempre maggiore funzionalità. Ciò grazie all'opera degli interpreti, a cui si chiede di fornire risposte efficaci alle questioni giuridiche, poste dall'applicazione delle innovazioni tecnologiche sempre più rapide e radicali⁴⁹.

La riprova del fatto che il digitale permea in misura sempre maggiore il contratto si rinviene nell'ingresso dell'algoritmo⁵⁰ nelle relazioni negoziali, consentendo la realizzazione di fasi delle transazioni in automatico, cioè senza l'intervento dell'uomo⁵¹. Infatti, l'algoritmo, talvolta, si erge a regola del rapporto, ancorché

⁴⁸ In informatica, «con il termine “algoritmo” si intende una formula come sopra descritta, inserita in un programma idoneo alla soluzione del problema proposto». G. POZZATO, *Algoritmo*, cit., p. 27.

⁴⁹ Come efficacemente osserva G. ALPER, *Contract law revisited: Algorithmic pricing and the notion of contractual fairness*, *Computer Law & Security Review*, 47, 105741, 2022, p. 1, «contracts have been an essential part of our lives for centuries, and it is only natural that they would be affected by the inflation of technology surrounding us».

⁵⁰ L.H. SCHOLZ, *Algorithmic contracts*, in *Stanford Technology Law Review*, 20, 2, 2017, pp. 128 ss., fornisce una definizione e una nuova tassonomia dei contratti algoritmici.

⁵¹ A.M. BENEDETTI, *Contratto, algoritmi e diritto civile transnazionale: cinque questioni e due scenari*, cit., p. 413, «non si tratta più di affrontare l'impatto di (mere) tecniche formative semplificanti (la conclusione dei contratti), né di ragionare su nuove forme e documenti contrattuali, né di individuare i limiti della predisposizione (...). La nuova frontiera è oltre: la tecnica si fa contratto, fino a “sostituire” gli stessi contraenti-umani con programmi-macchine che gestiscono la formazione, l'esecuzione, le sopravvenienze».

C. AMATO, *La “computerizzazione del contratto” (Smart, data oriented, computable e self-driving contracts. Una panoramica)*, cit., pp. 1281 ss., propone una distinzione tra «algoritmizzazione contrattuale in senso debole», a cui riconduce i casi in cui un soggetto decida di servirsi di sistemi automatizzati di contrattazione; «algoritmizzazione contrattuale in senso forte», che sono fattispecie di contrattazione algoritmica c.d. *black box algorithmic contracts*, in cui gli algoritmi svolgono la funzione di agenti

voluta dalle parti, talaltra, è esso stesso a determinare il perfezionamento dell'accordo, anche se sempre sulla base della scelta iniziale delle parti di affidarsi al *software*.

Un algoritmo funziona secondo la logica «*if, then*», secondo la quale al verificarsi di determinate circostanze si producono i corrispondenti effetti.

Pertanto, si possono definire contratti algoritmici quelli in cui un algoritmo determina gli obblighi delle parti, infatti, l'algoritmo o protocollo informatico è capace di sostituirsi alla volontà o alla condotta delle parti, vuoi in sede di perfezionamento dell'accordo vuoi nella fase della sua esecuzione⁵².

In altri termini, alcuni contratti sono algoritmici perché le parti usano gli algoritmi per addivenire alla stipulazione del contratto, quindi nella fase delle trattative, e gli stessi sono funzionali alla scelta dei termini contrattuali da offrire o accettare⁵³. Altri contratti sono algoritmici perché le parti concordano che un algoritmo da eseguire in un momento successivo alla formazione del contratto servirà a colmare le lacune («*fill the gap*», per questo qualcuno li definisce contratti algoritmici *gap-filler*).

Nei contratti algoritmici negoziali, le parti utilizzano gli algoritmi come negoziatori prima della formazione del contratto. L'algoritmo sceglie quali condizioni offrire o accettare, o con quale azienda concludere il contratto. Un esempio è il *trading* ad alta

costruttori dell'intero regolamento negoziale; e, infine, «algoritmizzazione contrattuale in senso fortissimo», ossia una terza via di recente concettualizzazione, in relazione all'impiego degli algoritmi nella dinamica contrattuale, mediante la loro combinazione con i *Big Data* (c.d. *self-driving contracts*).

⁵² Analizza *funditus* il contratto algoritmico, S. TROIANO, *Il contratto tra analogico e digitale*, in *Pactum Rivista di diritto dei contratti*, 1, 2022, pp. 56 ss.

⁵³ Secondo N. LIU, *The 'contracting problem' revisited: Explaining the formation of algorithmic contracts under the common law*, in Aa. Vv. *Digital Technologies and the Law of Obligations*, a cura di Slakoper e Tot, Londra, 2021, problema della contrattazione algoritmica si pone solo con riferimento ai meccanismi attivi di formazione del contratto («*active contract forming mechanisms*») che eseguono transazioni senza l'intervento umano, non invece con riferimento alla contrattazione algoritmica. L'A. mette in evidenza le incertezze sussistenti in dottrina sulla formazione dei contratti algoritmici e ne analizza il quadro regolatorio, convenzionale e normativo, di *common law*, sostenendo che al di fuori degli Stati Uniti e del Canada, questo non offra soluzioni soddisfacenti. Secondo l'A. il fulcro del problema della contrattazione in esame è il requisito dell'accordo richiesto come elemento essenziale nella contrattazione tradizionale. L'A. ritiene che, per disciplinare in maniera soddisfacente e completa il contratto algoritmico, non sia sufficiente reinterpretare il diritto contrattuale tradizionale, ma sia necessaria una reinterpretazione di quest'ultimo alla luce dei peculiari caratteri che connotano la contrattazione algoritmica.

Secondo L.H. SCHOLZ, *Algorithmic Contracts and Consumer Privacy*, cit., p. 255, i contratti algoritmici che presentano i problemi più significativi per il diritto contrattuale sono quelli che coinvolgono agenti algoritmici «*black-box*», che sono programmi informatici capaci di migliorare le loro prestazioni nel tempo provando una certa soluzione, valutando il risultato e modificando di conseguenza la soluzione per perfezionare i risultati futuri. Questo processo di prova ed errore avviene in modo iterativo e automatico, con l'algoritmo che scrive e modifica il proprio codice durante il processo.

frequenza, di cui si dirà poco più avanti. Nei contratti algoritmici *gap-filler*, le parti concordano che un algoritmo, che opera in un momento precedente o successivo alla formazione del contratto, fungerà da *gap-filler*, determinando alcuni termini del contratto⁵⁴. Un altro esempio è l'acquisto di un bene su da parte di un'azienda su *Amazon.com*, che, pur avendo una forma *standard* di termini e condizioni per tutti i suoi acquirenti, utilizza sofisticati algoritmi funzionali alla determinazione del prezzo esatto del bene in qualsiasi momento per ogni utente.

In questa seconda tipologia di contratti algoritmici, il ruolo svolto dall'algoritmo è assimilabile all'integrazione degli effetti del contratto prevista dall'art. 1374 c.c. per risolvere i problemi posti dalle eventuali lacune della disciplina negoziale, che possono essere colmate da norme dispositive.

Dunque, l'automatismo con cui opera la contrattazione algoritmica, non si rinviene nella volontà delle parti di stipulare il contratto – in termini più semplicistici, non si tratta di una nuova tipologia di stipula del contratto che sostituisce quella originaria dell'incontro degli atti negoziali precontrattuali⁵⁵ di proposta e accettazione (art. 1326 c.c.), ma inerisce alle sole modalità in cui si addivene all'accordo e alla sua successiva esecuzione.

La divergenza dalla disciplina contrattuale si rinviene, invece, sul piano degli effetti e nei soli contratti algoritmici *gap-filler*. Infatti, in base disciplina contrattuale tradizionale, il contratto vincola i contraenti agli effetti voluti dagli stessi, ma anche a tutte le conseguenze che ne derivano secondo la legge, o, in mancanza, secondo gli usi e l'equità (art. 1374 c.c.)⁵⁶; mentre, nel contratto algoritmico *gap-filler*, non vi è

⁵⁴ In questi termini, si esprime L.H. SCHOLZ, *Algorithmic Contracts and Consumer Privacy*, cit., 2020, pp. 254.

⁵⁵ V. ROPPO, *Il contratto*, in *Trattato di diritto privato*, a cura di Iudica e Zatti, Milano, 2011, p. 96. Secondo una prima tesi la proposta e l'accettazione sarebbero atti giuridici in senso stretto e precisamente atti prenegoziali, in quanto anteriormente alla conclusione del contratto essi non producono gli effetti giuridici del contratto ma determinati effetti legali. Con atti prenegoziali si intende qualificare la proposta e l'accettazione non come negozi giuridici ma come atti che precedono il negozio e lo predispongono, caratterizzati essenzialmente dalla revocabilità. In questo senso, si vedano G. MIRABELLI, *Delle obbligazioni. Dei contratti in generale (Artt. 1321-1469)*, in *Commentario del Codice Civile*, Torino, 1980, p. 45; G. BENEDETTI, *Dal contratto al negozio unilaterale*, Milano, 1969, p. 92, il quale sviluppa l'insegnamento di F. SANTORO PASSARELLI, *Dottrine generali del diritto civile*, Napoli, 1966, pp. 209 ss.

Diversamente C.M. BIANCA, *Il contratto*, in *Diritto Civile*, 3, Milano, 2019, pp. 198-199, ritiene che proposta e accettazione siano dichiarazioni contrattuali che integrano il contratto in formazione e qualificabili come manifestazioni di consenso dirette a integrarsi e perfezionarsi nell'accordo.

⁵⁶ V. ROPPO, *Il contratto*, cit., pp. 457 ss.

alcuno spazio per l'eterointegrazione in quanto questa funzione è svolta dall'algoritmo.

L'algoritmo, inoltre, è deterministico, ossia funziona matematicamente processando dati preimpostati mediante la programmazione e, pertanto, obbliga le parti solo a quanto le stesse hanno predisposto nell'"*if*" durante la codificazione – sempre che la programmazione sia esente da errori. Dunque, l'*output* del contratto algoritmico non può essere diverso da quanto previsto *ex ante* a causa di elementi esterni alla volontà delle parti come espressa nel codice.

Tale affermazione potrebbe essere oggetto di ripensamento nel caso in cui l'algoritmo sia così avanzato da consentire al programma di compiere scelte autonome, basate sulla capacità di adeguare le proprie decisioni al contesto circostante ed eventualmente anche apprendere da quello. Questa è una variante più evoluta del contratto algoritmico⁵⁷, definibile anche come "contratto dell'intelligenza artificiale"⁵⁸, su cui si dirà più ampiamente *infra* (paragrafo 11).

L'uso degli algoritmi nella contrattazione è già comune nel *trading* ad alta velocità di prodotti finanziari da parte di banche d'investimento e fondi e si sta affermando principalmente nel mondo bancario, finanziario e assicurativo, trattandosi di mercati in cui tale utilizzo conferisce maggiore efficienza a vantaggio sia delle imprese che operano in tali mercati sia dei relativi consumatori. Infatti, gli algoritmi, per le loro modalità di funzionamento, non solo velocizzano le transazioni, riducendone i costi, ma hanno anche la capacità di fornire al consumatore il prodotto tra quelli offerti dall'impresa che meglio soddisfa le sue esigenze. Ciò in quanto, gli algoritmi operano processando dati matematici e, quindi, se correttamente programmati, sono dotati di maggiore precisione rispetto all'agente umano, ossia il consulente finanziario o assicurativo.

La velocità di negoziazione delle macchine algoritmiche dipende dalla potenza dei processori utilizzati e trova il limite della velocità della luce, rispetto al quale la distanza fisica tra i due nodi della rete di comunicazione incide sul tempo di trasferimento di un dato da un nodo all'altro. Dunque, le imprese che usano questi

⁵⁷ G. SARTOR, F. LAGIOIA, *Le decisioni algoritmiche tra etica e diritto*, in Aa. Vv. *Intelligenza artificiale. Il diritto, i diritti, l'etica*, a cura di Ruffolo, pp. 63 ss

⁵⁸ Così S. TROIANO, *Il contratto tra analogico e digitale*, cit., p. 52.

sistemi algoritmici possono ottenere risultati maggiori in termini di riduzione dei tempi di operatività degli stessi sia dotandosi di *software* e di *hardware* potenti – ciò richiede dei costi elevati, che vengono sostenuti in vista dei risparmi e profitti di cui si è poc'anzi fatta menzione – sia diminuendo le distanze fisiche dai centri di negoziazione per abbattere ulteriormente i tempi di c.d. latenza⁵⁹.

Pertanto, sono stati coniati nuovi termini proprio per fare riferimento all'utilizzo della tecnologia nei mercati finanziario e assicurativo, quali *FinTech*⁶⁰ ed *InsurTech*, che derivano dalla crasi dei termini inglesi *financial-technology* ed *insurance-technology*.

La presa di coscienza da parte degli operatori del diritto della crescente importanza che sta acquisendo la tecnologia, anche in relazione a taluni istituti giuridici, ha indotto taluno a parlare di *LawTech*, per riferirsi alle innovazioni e trasformazioni che la tecnologia apporta al settore dei servizi legali e al sistema giudiziario⁶¹.

4.4. Differenze tra *smart contracts* e gli altri modelli contrattuali che utilizzano mezzi informatici

È bene mettere subito in evidenza che le differenze che sussistono tra gli *smart contracts* e tutti gli altri strumenti di contrattazione informatica esaminati nei paragrafi precedenti sono relative, in quanto sono individuabili in base alla qualificazione che si attribuisce allo *smart contract* e ai casi concreti che conseguentemente si fanno rientrare all'interno di tale categoria.

Sull'esatto inquadramento giuridico degli *smart contracts* ci si soffermerà approfonditamente più avanti, in questo momento serve darne un accenno per cogliere la portata delle divergenze in esame.

Aderendo alla tesi che nega allo *smart contract* la qualificazione di contratto, ritenendolo piuttosto uno strumento di mera esecuzione di un rapporto contrattuale

⁵⁹ Si veda J.J. ANGEL, *When finance meets physics: the impact of the speed of light on financial markets and their regulation*, in *The financial review*, 2014, p. 273.

⁶⁰ Per un'accurata disamina sul *Trading* algoritmico si veda F. DI CIOMMO, *Smart contract e (non-) diritto. Il caso dei mercati finanziari*, cit., pp. 272 ss., che si sofferma sulla contrattazione nei mercati finanziari, affermando che gli *smart contract* da tempo hanno trovato nel settore delle transazioni finanziarie il loro naturale ambito di sviluppo e applicazione, sotto forma di *Algorithmic Trading (AT)* e *High Frequency Trading (HFT)*.

⁶¹ Si veda M.F. CAMPAGNA, *Gli scambi attraverso algoritmi e il problema del linguaggio. Appunti minimi*, cit., p. 154, e M. DE FELICE, *Decisione robotica negoziale. Nuovi «punti di presa» sul futuro*, in *Decisione Robotica*, a cura di Carleo, Bologna, 2019, p. 180.

originato dall'accordo delle parti⁶², la differenza dagli altri strumenti di contrattazione informatica dovrebbe rinvenirsi esclusivamente nella fase contrattuale in cui lo stesso si colloca, quella degli effetti e non quella della conclusione. Infatti, invece di costituire un *medium* per addivenire alla stipula dell'accordo, realizzerebbe un'automatizzazione dell'esecuzione, sottratta alla sfera dell'intervento umano delle parti⁶³: la prestazione si autoesegue.

Seguendo, invece, l'orientamento dottrinale che qualifica lo *smart (legal) contract* come contratto *ex art. 1321 c.c.*⁶⁴, si dovrebbe ritenere che lo *smart contract* che fa uso di un *ledger* come la tecnologia *blockchain* conferisca al contratto una totale disintermediazione dal fattore umano, attraverso il *database* condiviso, decentralizzato, distribuito e criptato, che ne garantisce l'esecuzione (automatica).

Infatti, nelle forme di contrattazione per via telematica di cui ai paragrafi precedenti, lo strumento informatico costituisce soltanto il mezzo attraverso cui si conclude un rapporto contrattuale tradizionale e, conseguentemente, l'intervento dell'uomo si manifesta nella fase dell'esecuzione. Lo *smart contract* che fa uso della tecnologia *blockchain*, invece, è capace di proiettare il contratto in una dimensione che neutralizza l'interferenza umana, la quale perde ogni tipo di signoria sul rapporto contrattuale: non è richiesta perché il rapporto abbia esecuzione e non può neppure provocarne l'inadempimento, grazie alla impermeabilità della *blockchain* a qualsiasi iniziativa volta a mutarne il contenuto.

L'analisi svolta sulla contrattazione algoritmica, invece, è funzionale a comprendere la perimetrazione del fenomeno *smart contract*. Infatti, quando il termine «*smart contract*» viene utilizzato al di fuori della comunità (di informatici) che lo ha ideato, senza un termine di paragone con cui porlo a confronto, potrebbe essere facilmente confuso con un negozio giuridico bilaterale legalmente vincolante, ossia con un contratto vero e proprio e, pertanto, qualificato sempre come tale.

In realtà, solo al ricorrere di determinate circostanze l'identificazione tra *smart contract* e contratto è corretta e, in questi casi, i due fenomeni, contrattazione algoritmica e

⁶² R. PARDOLESI, A. DAVOLA, «*Smart contract*: lusinghe ed equivoci dell'innovazione purbessia», in *Foro Italiano*, 4, 2019, pp. 203 ss.; DI CIOMMO, *Smart contract e (non-) diritto. Il caso dei mercati finanziari*, in *Nuovo diritto civile*, 2019, 1, pp. 270.

⁶³ Così in particolare S.A. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, in *Banca Borsa Titoli di Credito*, 3, 2020, pp. 371-372.

⁶⁴ M. MAUGERI, *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, Bologna, 2021, p. 33.

smart contract, danno vita entrambi ad una automatizzazione del rapporto contrattuale inteso in senso ampio.

Altrimenti, fuori da tali ipotesi, questi fenomeni sono posti su piani differenti, potendo solo in parte intersecarsi, e il rapporto tra i due si lascerebbe descrivere graficamente attraverso l'immagine di due cerchi che si intersecano.

Infatti, mentre il contratto algoritmico identifica sempre un rapporto contrattuale giuridicamente vincolante *ex art. 1321 c.c.*, la cui stipulazione o esecuzione è affidata ad un algoritmo, non tutti gli *smart contract* hanno necessariamente rilevanza giuridica⁶⁵. Gli *smart contracts* che hanno rilevanza giuridica occupano l'area di intersezione dei due insiemi.

Dunque, l'elaborazione teorica del contratto algoritmico si è resa necessaria per descrivere i rapporti contrattuali automatizzati che sono legalmente vincolanti e per distinguere questi ultimi dalla figura più generale di *smart contract*.

In altre parole, la locuzione «contratto algoritmico» descrive l'accordo legale vincolante (*rectius*, un vero e proprio contratto) che, se necessario, potrebbe essere azionato in giudizio; il termine «*smart contract*» descrive, invece, il *software* o il codice che supporta l'esecuzione di prestazioni, indipendentemente dal fatto che gli accordi sottostanti abbiano rilevanza giuridica, come talvolta pure accade.

Inoltre, l'assimilabilità tra contratto algoritmico e *smart contract*, dovuta alla caratteristica comune ad entrambi dell'interferenza di un *software* che opera automaticamente senza l'intervento dell'uomo, è superabile anche grazie ad un ulteriore elemento. Infatti, lo *smart contract* costituisce un'evoluzione del contratto algoritmico (o cibernetico) grazie all'utilizzo delle tecnologie basate su registri distribuiti, che lo permea delle sue caratteristiche.

Per questo motivo, il successo riscontrato dagli *smart contracts*, sul piano del diritto, deve attribuirsi non tanto alla loro capacità di automazione dell'esecuzione di prestazioni, quanto piuttosto al loro fortunato incontro con la *distributed ledger technology (DLT)*. Questo connubio, infatti, ha incrementato le potenzialità di utilizzo degli *smart contract* giuridicamente vincolanti e, per questo motivo, li ha resi oggetto di particolare attenzione da parte degli operatori del diritto.

⁶⁵ È estremamente chiara, nel distinguere il «contratto algoritmico» dallo «*smart contract*», L.H. SCHOLZ, *Algorithmic Contracts and Consumer Privacy*, cit., p. 256.

5. La *Distributed Ledger Technology (DLT)*

La particolare relazione che intercorre tra *smart contracts* e *distributed ledger technologies* rende doveroso soffermarsi, dopo averne dato la definizione, sulle caratteristiche principali e sul funzionamento di quest'ultima.

La *Distributed Ledger technology (DLT)*⁶⁶, la cui traduzione è tecnologia del libro mastro distribuito o, con una terminologia più adatta all'italiano, tecnologia di registro distribuito e condiviso, è un *database* presente contemporaneamente su molteplici computer, ognuno dei quali è perfettamente sincronizzato sui medesimi contenuti⁶⁷.

Questa definizione permette di distinguere il *distributed ledger*, dagli altri due modelli di *ledger*, ossia il *centralized ledger* ed il *decentralized ledger*. Il primo è un registro centralizzato, chiuso e con accesso riservato ai partecipanti, basato sulla presenza di un'autorità centrale, a cui è affidata la sua gestione e che gode della fiducia degli utenti; il secondo è un registro distribuito a livello locale (per questo è chiamato decentralizzato) ma che si fonda sempre su una logica centralizzata di coordinamento⁶⁸.

Un registro distribuito, invece, è un registro di transazioni o di documenti dislocato in differenti luoghi e presso differenti soggetti e, allo stesso tempo, privo di un'autorità centrale che mantenga il controllo sul registro e fornisca un presidio contro le possibili manipolazioni. Per tali ragioni, in tali strutture si assiste ad un'elevata decentralizzazione che aumenta proporzionalmente all'espansione del *network*.

⁶⁶ Per una bibliografia essenziale, si vedano: S. CAPACCIOLI, M.T. GIORDANO, *Distributed ledger technology, criptoattività, blockchain e GDPR*, in *Manuale di diritto alla protezione dei dati personali*, a cura di Tilli, Maglio, Pollini, Santarcangelo di Romagna, 2019; H. NATARAJAN, S.K. KRAUSE, H.L. GRADSTEIN, *Distributed Ledger Technology (DLT) and blockchain*, *FinTech note, no. 1* Washington, D.C.: World Bank Group, in <https://documents1.worldbank.org/curated/en/134831513333483951/pdf/WP-PUBLIC-Distributed-Ledger-Technology-and-Blockchain-Fintech-Notes.pdf>, 2017; M. RAUCHS, A. GLIDDEN, B. GORDON, G. PIETERS, M. RECANATINI, F. ROSTAND, K. VAGNEUR, B. ZHANG, *Distributed Ledger Technology Systems a Conceptual Framework*, Cambridge Centre for Alternative Finance, 2018.

⁶⁷ Nel dizionario *Legal Tech*, la *Distributed Ledger Technologies* è definita da S. CAPACCIOLI, *Distributed Ledger Technologies*, in Aa. Vv. *Dizionario Legal Tech*, a cura di Perri e Ziccardi, Milano, 2020, p. 358, «un sistema di registrazione e di conservazione di dati attraverso multipli archivi di dati (*ledger*), in cui ogni “punto” contiene gli stessi dati che sono collettivamente mantenuti e controllati da una rete di computer distribuiti, chiamati nodi».

⁶⁸ *Funditus* su tale distinzione, si veda A. CONTALDO, F. CAMPARA, *Blockchain, criptovalute, smart contract, industria 4.0. Registri digitali, accordi giuridici e nuove tecnologie*, Pisa, 2019, pp. 4-5.

La tecnologia in esame permette ai dati digitali sincronizzati di essere replicati, condivisi e distribuiti geograficamente su più luoghi, paesi o istituzioni, assicurando al contempo immediatezza, trasparenza e sicurezza, che si ottiene anche grazie all'utilizzo di chiavi crittografiche.

Si tratta di un sistema, dunque, che crea una rete *peer-to-peer* attraverso la quale il *database* è distribuito tra diversi dispositivi/computer, cosiddetti nodi della rete, che possono salvare una medesima copia del *database*, conoscere le informazioni registrate sullo stesso e modificarlo, in modo indipendente gli uni dagli altri, mediante algoritmi definiti di consenso⁶⁹.

Il vantaggio principale di tale tecnologia consiste nell'assenza di un'autorità centrale che ne cura la gestione, eliminando in tal modo un elemento di vulnerabilità. Infatti, la presenza del registro (per l'appunto, distribuito) in numerosi luoghi comporta che le transazioni concluse al suo interno non possano essere facilmente manomesse. Per questo motivo, il livello di sicurezza del *ledger* aumenta al crescere della sua diffusione. Inoltre, un ulteriore elemento chiave che rende ardua una sua manipolazione è il meccanismo di consenso sulla registrazione; infatti, mentre nei sistemi centralizzati è compito del gestore effettuare o validare le singole transazioni, nella *distributed technology* deve necessariamente essere individuato un meccanismo di consenso ad opera della rete di computer degli utenti.

Quando si verifica un aggiornamento del libro mastro, ogni nodo registra la nuova transazione che deve essere validata dalla maggioranza dei nodi.

In particolare, ciascun nodo della rete elabora ogni singola transazione e giunge alle proprie conclusioni, esprimendole con una votazione. Quindi, i nodi votano, mediante l'algoritmo di consenso, la copia corretta e, una volta raggiunto il consenso della maggioranza sulla transazione, tutti gli altri nodi si aggiornano con la nuova copia del registro e mantengono una propria copia identica rispetto a quella degli altri nodi.

I registri distribuiti sono suscettibili di molteplici classificazioni, sulla base di alcune differenze che intercorrono tra gli stessi.

⁶⁹ La *DLT* è definita come “a consensus of replicated, shared, and synchronized digital data geographically spread across multiple sites, countries, and/or institutions” in INTERNATIONAL ORGANIZATION OF SECURITIES COMMISSION, *IOSCO Research Report on Financial Technologies (Fintech)*, in <https://www.iosco.org/library/pubdocs/pdf/IOSCOPD554.pdf>, p. 47.

In primo luogo, i registri possono essere autorizzati o non autorizzati, in base alle categorie di soggetti abilitati ad eseguire le transazioni. Nel primo caso, l'accesso è concesso a chiunque; nel secondo solo a chi sia stato pre-approvato. Nei registri c.d. *Permissionless DLT* o *PDLT*, ogni partecipante può diventare un nodo senza alcuna autorizzazione, ma solamente mediante l'utilizzo di un determinato *software* connesso alla rete. In questi casi, chiunque può prendere parte o uscire dalla rete, avere copia integrale del registro, partecipare al meccanismo di consenso senza che il sistema subisca alcuna conseguenza. Quando, invece, l'accesso alla rete richiede un'autorizzazione (c.d. *Permissioned DLT* o *Authorized DLT* o *ADLT*), i nodi abilitati a partecipare alla rete e validare le transazioni sono preselezionati e corrispondono a computer identificabili sulla base di criteri predeterminati o delle scelte del gestore della rete. La fiducia, in questa tipologia di reti, deve essere riposta sui criteri di scelta dei nodi autorizzati o sul gestore della rete.

In secondo luogo, i registri variano anche in base all'algoritmo utilizzato per esprimere il consenso sulle transazioni. I meccanismi di consenso sono numerosi, pertanto, mi limiterò a menzionare i più usati dalle diverse piattaforme che utilizzano la tecnologia del registro distribuito: *Proof of Work (PoW)*, *Proof of Stake (PoS)* e *Proof of Authority (PoA)*.

Un esempio di piattaforma che si basa sul sistema *DLT*, che si distingue anche per la sua particolare notorietà è la *blockchain*, che da qualche anno ormai costituisce oggetto di notevole interesse da parte non solo di studiosi dei settori più disparati – in particolare quello informatico, economico-finanziario e giuridico – ma anche di imprese ed utenti che già utilizzano la piattaforma o vorrebbero farne uso.

Dunque, la *blockchain* costituisce una *species* di un *genus* molto più ampio. L'elemento di specializzante della *blockchain* è che questa richiede il consenso cumulativo da parte di tutti i nodi, mentre le *DLT* diverse dalla *blockchain* possono ottenere il consenso senza dover convalidare l'intera rete.

Ulteriori tipologie di *DLT* non *blockchain* sono le criptovalute distribuite o le infrastrutture su cui vengono archiviati o condivisi dati privati o pubblici.

6. La *blockchain*: struttura, funzionamento ed esempi di maggiore diffusione

La *blockchain*⁷⁰, la cui traduzione è “catena dei blocchi”, è una tipologia di *DLT* e si sostanzia in un *database* (registro) di transazioni⁷¹, condiviso dagli utenti (c.d. nodi) di una rete, validato dalla rete stessa e finalizzato alla gestione di transazioni che avvengono tra gli stessi⁷².

Le principali caratteristiche del database sono la tracciabilità da parte di tutti i partecipanti alla rete e l'immutabilità e la sicurezza.

⁷⁰ Secondo la voce inserita nel dizionario *Legal Tech* da S. CAPACCIOLI, *Blockchain*, in Aa. Vv. *Dizionario Legal Tech*, a cura di Perri e Ziccardi, Milano, 2020, p. 120, «da *blockchain* si propone di innovare il sistema delle relazioni sociali ed economiche attraverso piattaforme che permettano l'interazione tra soggetti sconosciuti: è stata definita come “una rete dove nessuno deve fidarsi di nessuno, ma dove ognuno ha l'opportunità di dimostrare la propria buona fede”. Da intendersi come “catena dei blocchi”, è – dal punto di vista tecnico – un sistema di tenuta delle transazioni attraverso blocchi di dati legati l'uno all'altro da sistemi crittografici e finalizzati all'inalterabilità cronologica».

L. FOTI, *Capire Ethereum Smart Contract ICO e DApp: Una panoramica sulle nuove tecnologie che stanno rivoluzionando internet e tanti esempi pratici della loro applicazione*, Independently published, 2018, definisce la *blockchain* come «una rete di registri separati tra loro dove non esiste un registro principale; nella rete vengono utilizzate delle procedure che trattano i dati con delle tecnologie crittografiche e di sicurezza al fine di avere un sistema che non fa errori, nel quale i dati non vengono persi o modificati in modo errato e, infine, dove nessuno può accedere alle informazioni per le quali non ha l'autorizzazione».

⁷¹ Si pensi, ad esempio, al Catasto per gli immobili, il PRA per le automobili o al registro che memorizza tutte le operazioni di compravendita delle azioni per la Borsa.

⁷² Per una bibliografia essenziale; P. DE FILIPPI, A. WRIGHT, *Blockchain and the law: the rule of code*, cit., ID., *Decentralized blockchain technology and the rise of Lex Cryptographia*, in https://Papers.Ssrn.Com/Sol3/Papers.Cfm?Abstract_Id=2580664, 2015; N. TRAVIA, *La tecnologia blockchain*, in *Diritto privato digitale*, a cura di Battelli, Torino, 2022, pp. 289 ss.; R. BATTAGLINI, M. T. GIORDANO, *Blockchain e smart contract. Funzionamento, profili giuridici e internazionali, applicazioni pratiche*, Milano, 2019; S. CAPACCIOLI, *Blockchain*, in *Tecnologia e Diritto*, a cura di Ziccardi e Perri, II, Milano, 2019; S. CAPACCIOLI, M.T. GIORDANO, *Distributed ledger technology, criptoattività, blockchain e GDPR*, cit.; M. CASTELLANI, P. POMI, C. TRIBERTI, A. TURATO, *Blockchain. Guida pratica tecnico giuridica all'uso*, Firenze, 2019; G. CHIAP, J. RANALLI, R. BIANCHI, *Blockchain. Tecnologia e applicazioni per il business*, Milano, 2019; M. CHIERICI, *La blockchain: una lettura giuridica per uno sguardo verso il futuro*, in *Cyberspazio e Diritto*, 3, 2018; A.M. GAMBINO, C. BOMPRESZI, *Blockchain e protezione dei dati personali*, in *Diritto dell'Informazione e dell'Informatica*, 3, 2019; R. GARAVAGLIA, *Tutto su Blockchain. Capire la tecnologia e le nuove opportunità*, Milano, 2018; M. GIULIANO, *La Blockchain e gli smart contracts nell'innovazione del diritto nel terzo millennio*, cit., pp. 989-1039; A. P. JOSHI, M. HAN, YAN WANG, *A survey on security and privacy issues of blockchain technology*, in *Mathematical Foundations of Computing American Institute of Mathematical Sciences*, 1, 2, 2018; H. NATARAJAN, S.K. KRAUSE, H.L. GRADSTEIN, *Distributed Ledger Technology (DLT) and blockchain*, *FinTech note, no. 1 Washington, D.C. : World Bank Group*, cit., 2017; M.L. PERUGINI, *Distributed ledger technologies e sistemi di Blockchain: digital currency, smart contract e altre applicazioni*, Milano, 2018; L. PIATTI, *Dal Codice Civile al codice binario: blockchain e smart contracts*, in *Cyberspazio e Diritto*, 17, 56, 3, 2016, pp. 325-344; L. PIATTI, *Blockchain, decentralizzazione e privacy: un nuovo approccio del diritto*, in *Cyberspazio e Diritto*, 1, 2, 2018; F. RAMPONE, *I dati personali in ambiente blockchain tra anonimato e pseudonimato*, in *Cyberspazio e Diritto*, 3, 2018; A. RAZZINI, *Blockchain e protezione dei dati personali alla luce del Regolamento europeo*, in *Cyberspazio e Diritto*, 1, 2, 2018; F. SARZANA DI S. IPPOLITO, M. NICOTRA, *Diritto della blockchain, intelligenza artificiale e IoT*, Milano, 2018; UK GOVERNMENT OFFICE FOR SCIENCE REPORT, *Distributed Ledger Technology: beyond blockchain*, 2015.

Si tratta di un sistema di registrazione e di archiviazione di dati su cui è possibile raggiungere il consenso in forma decentralizzata, dato che i blocchi di transazioni possono essere solamente aggiunti, ma mai modificati o eliminati.

Le transazioni sono raggruppate in blocchi che sono concatenati in ordine cronologico e la cui integrità è garantita attraverso sistemi crittografici.

La struttura è immutabile⁷³ dato che il suo contenuto è difficilmente modificabile o eliminabile, a meno di non invalidare l'intera struttura. La *blockchain* è altresì un registro trasparente, poiché ogni transazione è tracciata, sempre rintracciabile e liberamente consultabile da chiunque, ferma la mancanza di un obbligo per le parti di identificarsi mediante il proprio vero nome (pseudonimato)⁷⁴.

Gli elementi rilevanti della *blockchain*, l'analisi dei quali segue questa elencazione, sono: la presenza o meno di un ente centrale di controllo con il potere di gestire il sistema di scrittura e di distribuzione (non, invece, la memorizzazione o conservazione dei dati); le modalità di accesso alla piattaforma, che può essere controllato e autorizzato o meno sia nella scrittura sia nella lettura; il livello di fiducia, totalmente assente nei sistemi “*trustless*” o riposta su alcuni o su tutti i nodi; il livello di segretezza dell'identità dei partecipanti, che può essere nota (quando siano identificabili o identificati) o pseudo-anonima (c.d. anonimato di fatto, in quanto è possibile individuare l'indirizzo informatico delle parti, ma non la loro identità); la tipologia di meccanismo di consenso utilizzato; la qualità dell'*asset* gestito, virtuale o meno; e, infine, i diritti di proprietà intellettuale relativi al sistema, vale a dire la natura *open source* o meno del *software*.

Si può distinguere, in base al carattere maiuscolo o minuscolo della “b” iniziale, la *Blockchain* dalla *blockchain*. La prima si riferisce all'originario registro distribuito e condiviso su cui si basa la criptovaluta *Bitcoin*. Questa è stata la prima applicazione a

⁷³ 16) Assumiamo, per semplicità, che la blockchain sia immodificabile. In realtà la caratteristica dell'immodificabilità non è strutturale, cioè intrinseca alla tecnologia *blockchain*, bensì congiunturale, cioè dipende da determinate variabili, prima fra tutte, il livello di espansione del *network*. Infatti, l'utilizzo di una catena con un numero elevatissimo di nodi rende irrealizzabile, nella pratica, la modifica di un blocco inserito nella catena, data l'impossibilità che tutti i nodi simultaneamente apportino la modifica. Un'altra variabile rilevante è quella del possesso di macchine con capacità computazionale sufficiente ad intervenire su catene di blocchi sempre più lunghe.

⁷⁴ L'utilizzo della *blockchain* solleva anche delicati problemi di coordinamento con la vigente normativa europea in materia di privacy (Reg. 27 aprile 2016, n. 679, c.d. *GDPR*). Per approfondimenti, si veda G. CORVI, *Smart contract, la sfida del GDPR*, in *Insurance review*, 2019, pp. 24-25.

fare uso della tecnologia *blockchain*, la quale, tuttavia, è suscettibile di ulteriori e numerosi impieghi. L'espressione *blockchain* con la "b" minuscola costituisce una sottocategoria di *distributed ledger technology*, poiché il registro (*ledger*) distribuito e condiviso si caratterizza per la sua peculiare struttura a catena di blocchi. Dunque, la *blockchain* come appena definita è l'infrastruttura tecnologica su cui si fondano sistemi differenti rispetto a *Bitcoin*.

Il *database* della *blockchain* è geograficamente distribuito, condiviso tra i vari nodi, criptato, e attribuisce certezza, verificabilità e conoscibilità a ciò che viene sullo stesso registrato⁷⁵, perché viene aggiornato dagli utenti che vi hanno accesso. Proprio tale caratteristica garantisce agli utenti che non ci siano errori, che i dati non vengano persi o modificati e che nessuno possa accedere alle informazioni per le quali non ha l'autorizzazione.

Il registro condiviso si compone di sottoinsiemi di dati chiamati "blocchi", ognuno dei quali rappresenta un numero di transazioni la cui provenienza e ora di esecuzione sono attribuite in modo indelebile e immutabile, attraverso un meccanismo di crittografia a chiave asimmetrica e una marcatura temporale (il c.d. *time-stamping*).

Ogni blocco contiene informazioni su un certo numero di transazioni, un riferimento al blocco precedente della catena e una risposta a un complesso problema matematico che viene utilizzato per convalidare i dati associati a quel blocco, secondo le "regole del consenso" stabilite nella singola *blockchain*.

Più in particolare, tutte le operazioni eseguite sulla *blockchain* sono validate attraverso un'impronta digitale creata per mezzo di una particolare operazione algoritmica, cosiddetta funzione di *hash*, che viene utilizzata per comprimere le informazioni relative alle transazioni in uno specifico formato e per creare un collegamento tra tutti i blocchi, inserendo l'*hash* del blocco precedente nel blocco successivo della catena. In tal modo, ciascun blocco è collegato irreversibilmente a quello precedente, dando vita ad una catena di blocchi accessibile e consultabile da tutti i nodi della rete, ed il mutamento di dati in un determinato blocco ha quale conseguenza il cambiamento di ogni blocco successivo.

⁷⁵ J.E. MULHALL, *Blockchain and The Future of Finance*, in <https://www.forbes.com/sites/kpmg/2018/09/11/blockchain-and-the-future-of-finance/?sb=7a9b9228620f>, 2018; DELOITTE, *Blockchain: Legal implications, questions, opportunities and risks*, in <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/legal/articles/2022-legal-blockchain.html>, 2022.

A prescindere dalle regole fissate per lo specifico protocollo del consenso, prima di essere aggiunto alla catena, ogni blocco è controllato, validato e crittografato da alcuni nodi cosiddetti *miner*, tramite la risoluzione di un'operazione matematica finalizzata alla validazione della transazione. Il primo che tra questi nodi perviene alla soluzione del problema computazionale ha diritto a convalidare il blocco e riceve una remunerazione per il lavoro compiuto attraverso l'emissione di criptovalute o *criptoasset* che variano a seconda della piattaforma di riferimento.

Nel momento in cui un'informazione è inserita in un blocco ed è accettata da tutti i nodi diviene unilateralmente inalterabile e può essere modificata solo con il consenso della maggior parte dei partecipanti.

Con riferimento alle modalità attraverso cui pervenire al consenso distribuito, questo deve essere consono rispetto agli obiettivi da realizzare tramite la *blockchain* ed in linea con il grado di apertura della rete. I protocolli di consenso, nonostante le loro diversità, sono tutti accomunati dalla medesima finalità di raggiungere un'unica versione di verità verso cui converge la maggioranza di consensi.

Proprio per questi motivi, hanno particolare rilevanza le modalità in cui avviene il processo di validazione della *blockchain*, ossia delle singole transazioni che avvengono sulla stessa. Questo processo si sostanzia nella verifica e nell'approvazione della catena attraverso l'impiego di ingenti risorse computazionali rese disponibili dagli utenti del *network*, mediante la risoluzione di problemi matematici complessi o *puzzle* crittografici. Si parla, a tal proposito, di meccanismi di formazione del consenso all'interno della rete e, più in particolare, il protocollo di consenso distribuito costituisce l'insieme delle regole condivise da ciascun nodo per stabilire gli equilibri del sistema *blockchain* in cui il protocollo opera.

Il più comune dei meccanismi di consenso è chiamato *Proof of Work*, che richiede l'impiego di un'ingente quantità di risorse computazionali: è la prova – mediante risoluzione di un problema complesso – che consente ai nodi *miner* di dimostrare a tutti gli altri nodi la validazione del blocco e che permette loro di ottenere la ricompensa. Il consenso si rinviene nel fatto che i restanti nodi hanno certezza della soluzione data al problema, avendo comportato un notevole dispendio di risorse.

Le piattaforme *Bitcoin* ed *Ethereum* utilizzano questo meccanismo di consenso, che non è esente da profili critici, in quanto consuma molta energia. Infatti, *Ethereum* presto sostituirà il sistema *Proof of Work* con il sistema *Proof of Stake*⁷⁶.

Ci sono altri tipi di meccanismi di consenso attualmente in fase di sviluppo e diffusione, come la *Proof of Stake* o la *Proof of Authority*. Questi meccanismi di consenso richiedono una minore intensità dal punto di vista computazionale e, quindi, un minore dispendio energetico per convalidare i blocchi, rispetto alla *Proof of Work*. Infatti, si tratta di protocolli che non richiedono alcuna potenza di calcolo specifica, ma i diritti di voto dipendono dalla quantità di risorse, ad esempio criptovalute, rispettivamente detenute dai computer connessi alla rete.

Nella *Proof of Stake*, i nodi validatori che detengono una maggiore partecipazione nel *network*, espressa in termini di maggiore disponibilità di *criptoasset* sono incentivati ad agire nel proprio interesse; quindi, l'interesse del *miner* nel preservare il sistema è direttamente proporzionale alla propria quota di partecipazione: il primo diventa sempre più consistente quanto più cresce la seconda.

Il sistema basato sulla *Proof of Authority* rappresenta, invece, un meccanismo di consenso alternativo, in cui i nodi che convalidano i blocchi sono solo quelli esplicitamente autorizzati. Questo meccanismo, invece di puntare solo sul valore della quota di criptovaluta posseduta, considera anche l'identità del nodo validatore, che viene verificata da un soggetto terzo, attraverso la corrispondenza tra l'identificazione personale del *miner* con la documentazione ufficialmente rilasciata per la stessa persona.

Tornando alle modalità di funzionamento della *blockchain*, a prescindere dal meccanismo di consenso utilizzato, una volta che si aggiunge un blocco (*rectius*, registrata una transazione), di regola, non può più essere eliminato. Pertanto, le transazioni in essa contenute sono accessibili e verificabili da chiunque faccia parte della rete, ma nessuno è in grado di modificare il *database*.

Tale caratteristica rende la piattaforma *blockchain* un registro permanente, che tutti i computer della rete possono usare per coordinare un'attività o accertare la verifica di un evento.

⁷⁶ Il cambiamento di *Ethereum* da *Proof of Work* a *Proof of Stake* dovrebbe abbattere del 99% il consumo di energia.

Tale tecnologia, quindi, in linea di principio, fornisce un mezzo decentralizzato, distribuito, veloce, flessibile e tendenzialmente sicuro per registrare qualsiasi tipo di transazione e, quindi, per conservare in un ordine cronologico le transazioni avvenute.

Si tratta, inoltre, di un sistema grazie al quale gli utenti, che tra loro non si conoscono, raggiungono il consenso sul verificarsi di una specifica transazione, in assenza di un'autorità di controllo o di qualsivoglia terzo intermediario, su cui fare affidamento per la correttezza delle operazioni poste in essere dai partecipanti alla rete⁷⁷.

Dunque, la grande rivoluzione della *blockchain* si sostanzia nell'introduzione della fiducia all'interno di internet per il trasferimento di informazioni, dati o proprietà digitalizzate in modo sicuro, protetto e immutabile.

Occorre, tuttavia, mettere in luce che i vantaggi derivanti dalla stessa, quali decentralizzazione e disintermediazione, devono essere bilanciati con le sue onerosità e inefficienze. Infatti, proprio l'ambiente decentralizzato va a discapito del raggiungimento del consenso, comportando costi elevati e lentezza dei procedimenti. Ulteriori elementi distintivi tra le diverse tipologie di *blockchain* sono quelli relativi alla presenza o assenza di una terza parte “*trusted*”, che identifica e seleziona i partecipanti, e alle modalità di accesso alla *blockchain*, condizionato o libero. Inoltre, si distinguono le *blockchain permissioned* e *blockchain permissionless*, a seconda che possano eseguire le transazioni sul *ledger* solo i soggetti specificamente autorizzati o meno.

Con riferimento al modello di *governance* adottato dall'infrastruttura, si possono distinguere tre tipologie di *blockchain*: private, consortili e pubbliche. All'interno di quest'ultima categoria rientrano *Bitcoin* ed *Ethereum*.

Le *blockchain* private (*Fully Private Systems*) sono accessibili da un numero limitato di nodi di rete appartenenti a una determinata organizzazione, come ad esempio una società o un'associazione, in quanto un'entità centrale “*trusted*” assegna le autorizzazioni ad accedere al *ledger* a soggetti noti.

⁷⁷ In questo senso si veda A. STAZI, *Automazione contrattuale e “contratti intelligenti”*, Torino, 2019, pp. 140-141.

Nelle *blockchain* pubbliche (*Fully Public Systems*), chiunque può leggere e scrivere transazioni sul *ledger*, partecipando come membro della rete alla loro verifica e convalida in qualità di *miner*.

Le *blockchain* consortili (*Hybrid/Consortium Systems*) sono generalmente utilizzate per condividere informazioni tra le organizzazioni. Il processo di validazione del consenso è attuato da nodi selezionati appartenenti alle diverse istituzioni che formano il consorzio (ad esempio, un consorzio di istituti finanziari clienti di un'azienda, noti e preselezionati da un'entità terza “*trusted*”⁷⁸).

Mentre le *blockchain* pubbliche sono in grado di fornire una vera decentralizzazione tra soggetti che non si conoscono l'un l'altro, le *blockchain* private e consortili hanno, dal canto loro, il vantaggio di ridurre i tempi e i costi di validazione, poiché i nodi della rete si conoscono tra loro. Inoltre, poiché i diritti di lettura possono essere controllati, forniscono una maggiore *privacy*. Infine, va sottolineato che in caso di emergenza (ad esempio attacchi di *hacker*, *bugs*) questi due ultimi tipi di *blockchain* potrebbero essere facilmente modificati o riportati ad uno stato precedente facendo concordare tutti i nodi della rete su una versione precedente della *blockchain*.

Come si può desumere da quanto finora esposto, la *blockchain* ha una natura proteiforme, dunque, per un'indagine completa è necessario analizzare le varie piattaforme e comprenderne le differenze, individuandone gli attori, le dinamiche interattive e l'interfaccia con gli utenti. Infatti, ogni elemento differenziale tra le piattaforme *blockchain* genera profonde distinzioni di funzionamento, come si può facilmente immaginare se si riflette sulle criticità e vulnerabilità che caratterizzano tutte quelle *blockchain* connotate da elementi che comportano centralizzazione e controllo.

La prima e più importante applicazione della tecnologia *blockchain* ha riguardato, a partire dal 2009, la moneta virtuale *Bitcoin*, che ha ad oggetto trasferimenti di valuta. Ma la tecnologia *blockchain* ha implicazioni giuridiche al di fuori della sua applicazione come moneta virtuale.

Vi sono, infatti, *blockchain* che processano linguaggi di programmazione idonei a supportare gli *smart contracts* aventi ad oggetto beni digitali (*token*), che possono

⁷⁸ In questo senso, si veda R. GARAVAGLIA, *Tutto su Blockchain. Capire la tecnologia e le nuove opportunità*, cit., (*e-book*).

rappresentare ogni tipo di *asset*. Un esempio è *Ethereum*, nata nel 2014, che permette transazioni più complicate e la cui attività principale è quella di implementare gli *smart contracts*. Si tratta di una *blockchain permissionless*, in cui chiunque può accedere e assumere il ruolo di nodo del *network* e, quindi, inviare transazioni, aggiornare il *ledger*, partecipare al procedimento di creazione dei blocchi e creare *smart contract*. I beni e i diritti codificati nella *blockchain* sono definiti “*smart properties*” e sono trasferibili attraverso lo *smart contract*.

6.1. *Ethereum*

«Smart contracts are simply computer programs living on the Ethereum blockchain», secondo quanto riporta il sito ufficiale di *Ethereum*⁷⁹.

Ethereum, pertanto, è una piattaforma decentralizzata che utilizza la tecnologia *blockchain* e costituisce l'ambiente all'interno del quale vengono scritti ed eseguiti *smart contracts*.

L'idea di *Ethereum* risale al 2013, anno in cui Vitalik Buterin, un programmatore appassionato di *Bitcoin*, pubblicò un documento contenente un progetto di una piattaforma che estendeva di molto le funzionalità di quella *Bitcoin*. Infatti, la *blockchain Bitcoin*, a cui si deve l'introduzione del concetto di criptomoneta, è stata il primo libro mastro completamente decentralizzato e distribuito, è stata progettata principalmente per il trasferimento di beni digitali, ma non è Turing-completa, mentre la *blockchain Ethereum* è in grado supportare un linguaggio contrattuale completo di Turing, consentendo la creazione di *smart contracts* più sofisticati⁸⁰. Pertanto, se *Bitcoin* è l'internet del denaro, *Ethereum* è il denaro programmabile.

Con *Ethereum* si passa dal concetto di *database* distribuito che è alla base della *Blockchain* di *Bitcoin* al concetto di “*Distributed Computing*”. La diversità si esprime nella capacità di consentire la creazione di un microcodice molto simile a quello

⁷⁹ Si veda: <https://ethereum.org/en/what-is-ethereum/>.

⁸⁰ In tal senso si esprime B. RODRIGUES ET AL., *A Blockchain-Based Architecture for Collaborative DDoS Mitigation with Smart Contracts*, in *Security of Networks and Services in an All-Connected World*, Cham, 2017, p. 18.

Gli *smart contracts*, nella loro accezione di programmi idonei a funzionare su una *blockchain* come *Ethereum*, costituiscono denaro programmabile. D. CARBONI, *Dagli smart contract alle ICO: la blockchain non dorme mai*, immutable.today, 2017, p. 20, afferma che uno *smart contract* non si sostanzia in un *software* che gestisce denaro, ma piuttosto un denaro che contiene il suo *software*.

previamente descritto di *Bitcoin*, ma molto più potente, al punto da potergli conferire l'appellativo di “moneta altamente programmabile”, sulla falsariga di quanto si è anticipato nel paragrafo precedente.

Ethereum è un tipo di *blockchain* progettata per essere una piattaforma programmabile capace di dare vita a diverse tipologie di applicazioni decentralizzate (c.d. *DApp*) non necessariamente limitate alla sola gestione delle transazioni in criptovaluta.

L'uso delle risorse computazionali di *Ethereum* è remunerato con una speciale criptovaluta denominata “*Ether*”.

Qualsiasi transazione per essere eseguita ha bisogno di una certa quantità di “Gas”, che indica un *internal transaction pricing mechanism* le cui funzioni sono l'ottimizzazione delle risorse presenti nel *network*, attraverso un'allocatione proporzionata ed in linea con le richieste, nonché la prevenzione di eventuali *spam*. Questo Gas può essere acquistato in cambio di *Ether*. Quindi, *Ether* è la moneta di scambio su *Ethereum* e il Gas è il “carburante” di *Ethereum*.

Pertanto, ogni transazione sulla *blockchain* di *Ethereum* necessita di un certo quantitativo di “carburante” e l'esecuzione della transazione cessa nel momento in cui il carburante si esaurisce. In questo modo, il Gas costituisce il mezzo per ostacolare l'attuazione di un ciclo di contratti infinito.

L'ambiente per lo sviluppo e la gestione degli *smart contracts* su *Ethereum* è *Ethereum Virtual Machine (EVM)*. Questo è il “motore” di *Ethereum* ed opera in modo protetto, ossia separato rispetto al *network*. Il codice gestito dalla *Virtual Machine* non ha accesso alla rete e gli stessi *smart contract* generati sono autonomi e indipendenti nonché separati da altri *smart contracts*.

I linguaggi di programmazione con cui sono sviluppati gli *smart contracts* su *Ethereum* sono principalmente tre: *Solidity*, che è il linguaggio più usato e supportato dalla comunità *Ethereum*, *Serpent* e *LLL*.

Nel 2016 *Ethereum* è stata divisa in due diverse *blockchain*: *Ethereum Foundation*⁸¹ ed *Ethereum Classic*⁸².

⁸¹ *Ethereum Foundation* rappresenta la versione “ufficiale” della *blockchain* ed è gestita e aggiornata dagli sviluppatori che l'hanno ideata e realizzata. L'organizzazione ha come obiettivo la gestione di tutte le attività di sviluppo, di ricerca e di supporto della piattaforma. In particolare, è *network* che, nelle intenzioni dei suoi promotori, resta pienamente compatibile con la tecnologia *Ethereum*, ma aggiunge una serie di servizi pensati per aumentarne la sicurezza e l'utilizzabilità.

Questa scissione è dipesa da uno specifico evento di hackeraggio che ha colpito un famoso progetto implementato su *Ethereum* (“*The DAO*”) e che ha determinato la comunità a cambiare il codice della *blockchain* per rimediare alle conseguenze negative di questo attacco. Si è creata così una biforcazione della originaria *blockchain* mediante la modifica del codice originario (c.d. *fork*), generando una nuova versione della *blockchain* e mantenendo al contempo in vita la precedente versione. Questa divisione ha posto gli sviluppatori davanti a un bivio e i cosiddetti “puristi” hanno scelto di continuare a operare sulla vecchia versione.

Il *fork* su *Ethereum* ha aperto una frattura molto profonda sul concetto stesso di *blockchain*, in quanto, da un lato, i sostenitori di un modello di *e-democracy* accettano che le regole del protocollo possano essere cambiate se la maggioranza della comunità è d’accordo, dall’altro, c’è sostiene che le regole del protocollo non possono essere cambiate e che la *blockchain* deve essere saldamente protetta da qualsiasi forma di manomissione.

6.2. Il rapporto tra *smart contracts* e *blockchain*

Sulla *blockchain* si possono implementare servizi di pagamento, ma anche transazioni più articolate e complesse, di cui proprio gli *smart contracts* sono un esempio.

Infatti, il potenziale delle *blockchain* va oltre il loro utilizzo come moneta, in quanto possono essere funzionali all’esecuzione decentralizzata degli *smart contracts*, senza la necessità di intermediari come siti di *e-commerce*, società bancarie o tribunali.

Come si è avuto modo di accennare, la ragione principale dell’effettiva ascesa degli *smart contracts* è stata proprio la loro interazione con le *distributed ledger technologies*, ossia archivi di dati geograficamente delocalizzati e sincronizzati, di cui il principale e più importante esempio è la *blockchain*⁸³.

⁸² *Ethereum Classic* è una *blockchain* che partendo da *Ethereum* si pone come una sua evoluzione o come una sua alternativa, infatti, opera oggi come versione parallela. Mira allo sviluppo di una *blockchain* non attaccabile e ha dato vita ad una strategia di emissione dei *token* in proporzione allo sviluppo della rete nel corso del tempo, allo scopo di limitare i rischi di contrazione della criptovaluta.

⁸³ Singnificative, in tal senso, sono le voci correlate a quella «*Smart contract*» nel Dizionario Legal Tech, ossia «*Blockchain*» e «*Distributed Ledger Technologies*», di A. DAVOLA, *Smart Contract*, cit., p. 876.

Occorre subito chiarire che lo *smart contract* può anche non girare su *DLT* e, infatti, gli *smart contracts* teorizzati da Szabo non facevano alcun riferimento alle *distributed ledger technologies*⁸⁴.

Gli *smart contracts*, dunque, non sono figli della *blockchain*, alla quale non sono necessariamente collegati⁸⁵, potendo operare del tutto indipendentemente dalla stessa, visto che ogni sistema informatico può dotarsi di tecnologie in grado di attribuire un certo grado di certezza e verificabilità ai contenuti di un'operazione negoziale. Infatti, l'automatismo nell'esecuzione delle pattuizioni contrattuali al verificarsi di eventi predeterminati dalle parti e iscritti nel codice non dipende dall'utilizzo della *blockchain*, ma è conseguenza della condivisione che le parti fanno di un sistema informatico automatizzato, al quale rimettono l'esecuzione del rapporto in forza dell'accordo (che secondo qualcuno integra la fattispecie di un contratto-quadro) concluso precedentemente⁸⁶.

La prova dell'indipendenza degli *smart contracts* rispetto alla *blockchain* si rinviene nell'esperienza maturata, a partire dalla seconda metà degli anni Novanta del secolo scorso, nel settore delle transazioni finanziarie. In tale ambito, infatti, ci si avvale, in misura sino ad oggi sempre crescente, degli automi (*rectius*, algoritmi) e delle reti telematiche per raccogliere informazioni, pianificare strategie, assumere decisioni di *trading* ed eseguire operazioni sui mercati, in via del tutto avulsa dalla *blockchain*⁸⁷.

Tuttavia, l'incontro con la tecnologia *blockchain* ha trasformato gli *smart contract* da uno strumento più tradizionale – semplici protocolli computerizzati per effettuare transazioni – ad uno completamente dirompente, suscettibile di un'applicazione del tutto innovativa.

⁸⁴ Secondo M. MAUGERI, *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, cit., p. 33, gli *Smart Contracts* che girano su *DLT* (e consentono sia la conclusione della transazione che l'esecuzione) si definiscono *Smart legal Contracts* per distinguerli dagli *Smart Code Contracts*.

⁸⁵ Così DI CIOMMO, *Smart contract e (non-) diritto. Il caso dei mercati finanziari*, cit., p. 270. Nello stesso senso si veda anche M. MAUGERI, *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, cit., p. 23, secondo cui «gli *Smart Contracts* possono girare sulle *Blockchain*» (corsivo mio).

⁸⁶ Tanto è vero che nella prassi solo una frazione delle operazioni economiche automatizzate realizzate in Internet, o comunque tramite strumenti telematici, si avvale della *blockchain*, mentre tutti gli altri *smart contracts* utilizzano altri congegni (la cui conformazione ed operatività dipende dalle scelte degli operatori interessati e dalle capacità dei sistemi tecnici coinvolti) per garantire la certezza della data, l'affidabilità e la verificabilità delle informazioni trattate in automatico, l'immodificabilità dei contenuti e più in generale la sicurezza dell'operazione.

⁸⁷ Come osserva M. MAUGERI, *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, cit., p. 30.

Infatti, il ricorso alla tecnologia *blockchain* da parte degli *smart contracts* costituisce, come è stato rilevato con un'espressione particolarmente efficace «il passaporto per la rivoluzione culturale che lo *smart contract* promette di portare»⁸⁸, in quanto la tecnologia *blockchain* fornisce agli *smart contracts* un'infrastruttura tecnologica completamente decentralizzata, che consente a questi di sfruttare tutto il loro potenziale di automazione.

Infatti, la combinazione tra *blockchain* e *smart contract* garantisce all'utilizzatore, oltre all'automazione della sua esecuzione e all'immutabilità delle condizioni poste a fondamento della sua operatività – caratteristiche queste che, come si è avuto modo di mettere in evidenza, sono già insite nella tecnologia *smart contract* –, la disintermediazione totale dei rapporti negoziali e il superamento dell'elemento fiduciario.

In altri termini, gli *smart contracts* eseguiti su una *blockchain* ereditano da quest'ultima, le proprietà di decentralizzazione, di archiviazione permanente dei dati e di affidabilità, essendo ostacolata la manipolazione delle transazioni registrate grazie alla crittografia e all'operatività dei meccanismi di consenso di cui si serve la *blockchain*. Un nodo che partecipa alla *blockchain* attua uno *smart contract* eseguendo il suo *script*, convalidando il risultato dello *script* e memorizzando il contratto e il suo risultato in un blocco.

Di qui deriva l'affermazione secondo la quale lo *smart contract* azzerava il rischio di inadempimento ed il costo della sfiducia nel comportamento della controparte, che altrimenti imporrebbe la negoziazione di opportune garanzie o quantomeno l'adozione di strumenti di controllo sull'adempimento.

È proprio per le caratteristiche suddette e i benefici alle stesse correlati che gli *smart contracts* operanti su tecnologie basate su registri distribuiti suscitano una maggiore attenzione da parte della dottrina⁸⁹.

Tuttavia, occorre mettere in luce che la totale disintermediazione e il superamento dell'elemento fiduciario sono obiettivi il cui raggiungimento, fino a questo momento, costituisce frutto di elaborazione dottrinale piuttosto che un dato realistico⁹⁰.

⁸⁸ Si esprime in questi termini S.A. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, cit., p. 379.

⁸⁹ Sul tema, ampiamente, V. PASQUINO, *Smart contracts: caratteristiche, vantaggi e problematiche*, in *Diritto e Processo*, 2017, pp. 243 ss.

⁹⁰ Secondo D. AQUARO, *Smart contract: cosa sono (e come funzionano) le clausole su blockchain*, in <https://www.ilsole24ore.com/art/smart-contract-cosa-sono-e-come-funzionano-clausole-blockchain-ACsDo2P>, 2019, e

Infatti, nonostante l'inserimento di una transazione nella *blockchain* comporti una gestione del rapporto affidata totalmente al *software*, nella maggior parte dei casi, l'evento "if this" dipende da un fattore esterno alla catena, tale da rendere necessario il ricorso ad un oracolo (di cui si dirà nel paragrafo 8), che introduce elementi di centralizzazione e fiducia.

Inoltre, anche guardando alla fase di redazione dello *smart contract*, caratterizzata dall'utilizzo di un linguaggio sconosciuto ai più, si rinviene la presenza di un ulteriore livello di intermediazione, rappresentato dall'esperto chiamato a redigere i codici, che traducono in linguaggio informatico le clausole predisposte dalle parti o dai loro legali.

7. Il modello *smart contract*: gli stadi di sviluppo

Un corretto inquadramento giuridico del fenomeno *smart contract* presuppone una breve disamina del suo sviluppo da un punto di vista informatico. Di regola, possono distinguersi quattro stadi⁹¹: la fase di elaborazione del contenuto ad opera delle parti o di una di esse; la fase di implementazione (trascrizione) sulla *blockchain*; la fase di esecuzione; la fase di esaurimento dell'efficacia.

La prima fase consiste nella redazione dell'accordo in linguaggio informatico (*coding*) e avviene scrivendo, sotto forma di codice, le istruzioni per il funzionamento dello *smart contract*, inteso qui come mero *software*. È una fase molto delicata sia perché occorre tradurre il linguaggio umano in linguaggio di programmazione, che è appannaggio di pochi e spesso sconosciuto anche ai giuristi che assistono i contraenti, sia perché questo stadio è il primo e unico in cui è possibile apportare modifiche o correzioni al contenuto, prima che lo *smart contract* diventi totalmente imm modificabile una volta trascritto sulla *blockchain*⁹².

S.A. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, cit., p. 380, osservano che le transazioni su *blockchain* non sono disintermediate bensì «diversamente intermedie».

⁹¹ Sul tema si veda S.A. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, cit., pp. 375 ss.; D. ALESSI, *Smart contract: disciplina giuridica e questioni aperte*, *Smart contract: disciplina giuridica e questioni aperte*, in *Diritto di internet*, 3, pp. 84-85.

⁹² Oggi è di fatto impossibile modificare una transazione inserita in una *blockchain* (al riguardo, si veda la nota 70), ma non può escludersi che in futuro lo divenga; nè che, proprio allo scopo di assicurare adeguata tutela alle parti di uno *smart contract*, si prevedano opportuni meccanismi di intervento da parte di soggetti terzi (ad esempio, il giudice al quale venga chiesto di inibire l'esecuzione di uno *smart contract* viziato) sulle transazioni inserite nelle *blockchain*.

Si deve, inoltre, tenere in considerazione che uno *smart contract*, dovendo essere scritto in linguaggio di programmazione, è composto dall'insieme di codice (*rectius*, funzioni) e dati (*rectius*, stati), ossia parametri misurabili e suscettibili di elaborazione algoritmica. Dunque, occorre costruire delle clausole attraverso la definizione di parametri, che può apparire semplice per quelle previsioni che afferiscono ad eventi o elementi numericamente certi (un termine, l'applicazione di un interesse, il pagamento di una somma, ecc.). Questa metodologia, però, non è applicabile a contenuti ed espressioni, propri del nostro ordinamento giuridico, che fanno riferimento a clausole generali, come la buona fede, o ad altri concetti giuridici indeterminati. Questi, pertanto, non si possono inserire nello *smart contract* perché non sono computabili da parte di una macchina, in quanto richiedono un intervento interpretativo ed una sensibilità tipicamente umana⁹³.

Tuttavia, si potrebbe aumentare la complessità dei parametri per tentare di riportare in un linguaggio eseguibile dalla macchina le intenzioni delle parti, in modo da renderle automaticamente eseguibili⁹⁴. Così mentre alcuni parametri potrebbero essere considerati come “dati primitivi” altri potrebbero avere natura più complessa, fino a poter contenere vere e proprie espressioni. Questa operazione potrebbe portare allo sviluppo di un linguaggio formale uniforme per la stesura dei contratti che devono essere tradotti in codice per essere eseguiti da *software (smart contract)*, contribuendo a rendere più agevole la trasposizione delle regole contrattuali in codice. Rimarrebbe, comunque il problema della varietà semantica propria dei contratti tradizionali, a cui potrebbe fare da contrappeso l'eliminazione delle ambiguità insite nel linguaggio naturale e la riduzione dei costi di transazione grazie all'aumento della standardizzazione.

La fase di attestazione sulla *blockchain* è articolata in molteplici passaggi predisposti dal redattore dello *smart contract*, in cui le funzioni e gli stati (cioè il “testo” dello *smart contract*) vengono importati nella *blockchain* e firmati dalle parti ricorrendo, ad esempio, ad un sistema di crittografia a chiave doppia asimmetrica, ma possono essere

⁹³ Le macchine oggi sicuramente non possiedono queste capacità intellettive. Non si può escludere, tuttavia, che in un futuro, con il supporto dei sistemi di *machine learning*, ci saranno *software* che, analizzando le varie decisioni assunte dalle autorità giudiziarie in cui si è fatto uso di tali clausole generali, in grado di svolgere un'attività interpretativa alla stregua dell'uomo.

⁹⁴ In questo senso, F. SARZANA DI S. IPPOLITO, M. NICOTRA, *Diritto della blockchain, intelligenza artificiale e IoT*, cit., p. 105.

utilizzati anche altri metodi. Lo *smart contract* viene quindi inserito in un blocco identificato da un codice *hash*, che, dopo essere stato controllato e validato, è aggiunto in maniera permanente e imm modificabile alla *blockchain*, accompagnato da una marca temporale che identifica in modo univoco la data e l'ora della transazione. Il controllo si sostanzia in una verifica sui presupposti della transazione (*if this*), gestita dallo *smart contract* (ad esempio, ove si tratti del trasferimento di un diritto, di cui il cedente sia effettivamente titolare, il cessionario, tenuto al pagamento del corrispettivo, dispone nel *wallet* associato allo *smart contract* della somma richiesta per adempiere alla sua controprestazione).

La terza fase è quella dell'attivazione del *software*, che comporta l'efficacia dello *smart contract* (*then that*), al ricorrere dei presupposti di esecuzione (*if this*) previsti nel codice. Nella quarta ed ultima fase, lo *smart contract* si disattiva e, quindi, cessa definitivamente di avere efficacia, alla pari di un contratto completamente eseguito da entrambe le parti. Tuttavia, essendo stato implementato sulla *blockchain*, lo *smart contract* esaurito resta registrato *sine die* all'interno del blocco in cui era stato originariamente inserito, salvo che il programmatore non abbia previsto all'interno del codice una apposita funzione denominata *kill* (o *suicide* o *selfdestruct code*)⁹⁵.

8. Gli oracoli

L'evento (*if this*) può consistere, se è certo, in un termine iniziale o finale oppure, se è incerto, in una condizione interna al perimetro della *blockchain* (ad esempio, l'accredito nel *wallet* collegato allo *smart contract* di un pagamento in criptovaluta) o esterna (un fatto del mondo reale), in tal caso accertato da una fonte esterna identificata come affidabile, chiamata "oracolo"⁹⁶.

Il termine "oracolo" non può non richiamare alla mente la mitologia greca, nella quale l'*oraculum* rappresenta il responso che viene dato da una divinità a una domanda riguardante sia cose ignote sia la giusta maniera di agire in determinate circostanze. Chi ha fatto gli studi classici, ma non solo, non può non ricordare l'oracolo di Delfi che, per gli antichi greci, si avvicinava ad una autorità religiosa soprannaturale, infatti,

⁹⁵ Su tale funzione si veda *infra*: Capitolo Quarto, paragrafo 6.

⁹⁶ Per un'ampia disamina sul tema si veda M.T. GIORDANO, *Il problema degli oracoli*, in Aa. Vv. *Blockchain e Smart Contract*, a cura di Giordano e Battaglini, Milano, 2019, pp. 255 ss.

ai suoi consigli le città-Stato greche conformavano spesso la loro linea d'azione politica.

Tale premessa aiuta a capire la ragione dell'aver preso in prestito questo termine dall'antichità, poiché, con riferimento agli *smart contracts*, l'oracolo è lo strumento utilizzato per riempire una carenza di informazioni a cui la *blockchain ex se* non ha accesso. Si tratta dei dati che non sono sulla *blockchain (off-chain)* e che per entrare all'interno della stessa necessitano di una porta di ingresso. Proprio questa è la funzione assolta dall'oracolo, che costituisce un ponte di collegamento tra due mondi, quello *on-chain* e quello *off-chain*.

L'oracolo si definisce, infatti, come uno *script* che prende informazioni esterne alla *blockchain* e le inserisce al suo interno.

Dunque, nei casi in cui l'attivazione dello *smart contract* è subordinata alla realizzazione di un determinato evento che si verifica *off-chain*, è l'oracolo che fornisce i dati idonei a comunicare *on-chain* l'avveramento della condizione necessaria per eseguire le istruzioni presenti nel codice informatico (come il pagamento di un servizio o la consegna di un bene)⁹⁷.

Esistono tre diverse categorie di oracoli, ossia oracoli utenti, oracoli *software* e oracoli *hardware*.

Nell'oracolo utente, i dati o le informazioni sono forniti allo *smart contract* da una persona fisica o giuridica, per esempio una società di certificazione o un istituto di credito. L'oracolo – persona fisica può corrispondere ad un'unica persona, per esempio, un professionista come un notaio o un avvocato, o ad un gruppo, sulla base del principio della saggezza della folla⁹⁸.

Gli oracoli *software* generalmente estraggono informazioni o dati dal *web* o da altre *blockchain* e li inviano allo *smart contract*. Rientrano in questa tipologia i programmi che

⁹⁷ R. GARAVAGLIA, *Tutto su Blockchain. Capire la tecnologia e le nuove opportunità*, cit., (e-book), definisce gli oracoli come «ponte tra il mondo reale e la *blockchain*; in sostanza sono dei *software* che verificano il rispetto delle condizioni degli Smart Contract».

⁹⁸ La saggezza della folla (o intelligenza della folla) è una teoria sociologica e statistica secondo la quale, solo in determinate condizioni, la media delle valutazioni date da una massa di individui inesperti indipendenti sarebbe in grado di fornire una risposta più adeguata e valida di un qualsiasi parere di esperto. Il termine “folla” si riferisce ad un gruppo non necessariamente coeso di individui, che possono anche non conoscersi o non condividere le medesime idee.

Il tema è stato affrontato J. SUROWIECKI, *La saggezza delle folle*, 2007.

ricercano o analizzano dati *online* o i *software* gestionali utilizzati all'interno di una società.

Gli oracoli *hardware* sono sensori utilizzati per raccogliere dati dal mondo fisico, come la posizione, la velocità, la temperatura, il peso. Questi sfruttano l'*Internet of Things* e sono solitamente protetti dalla crittografia per tutelare la correttezza dei dati che trasmettono allo *smart contract*⁹⁹.

Un'ulteriore distinzione è quella tra gli oracoli in entrata (*inbound*) e quelli in uscita (*outbound*). I primi sono impiegati per inserire informazioni nella *blockchain*, mentre gli oracoli in uscita sono usati per riflettere, nel mondo reale, uno stato della *blockchain*.

Per combinare, attraverso un esempio, le due classificazioni appena menzionate si potrebbe qualificare come oracolo *hardware* in uscita quello idoneo a far sbloccare automaticamente un armadietto intelligente a seguito del pagamento di una somma in una transazione avvenuta sulla *blockchain*.

Il ruolo degli oracoli è estremamente importante, poiché il loro errato funzionamento potrebbe avere conseguenze negative. Per questo motivo, esistono alcune società, come *Oracelize*, che certificano l'autenticità dei dati (ad esempio, recuperati da risorse web), a fronte del pagamento di un corrispettivo.

La parte che desidera avere maggiori garanzie potrebbe affidarsi a più di un oracolo e lasciare che lo *smart contract* attivi il trasferimento solo quando un cambiamento di stato variabile è confermato dalla maggioranza degli oracoli. In questo modo, ad un oracolo difettoso sarebbe impedito di trasmettere informazioni non corrette sulla *blockchain* dall'operatività degli altri oracoli.

Le modalità di funzionamento dell'oracolo pongono tre questioni di non semplice soluzione: in primo luogo, l'accordo dei contraenti deve necessariamente riguardare anche la scelta dell'oracolo, quindi le parti devono concordare dall'inizio che accetteranno le informazioni fornite dall'oracolo prescelto e dalla sua fonte di dati; in secondo luogo, la necessità di fare affidamento su oracoli e fonti di dati esterne sminuisce il carattere decentralizzato delle *blockchain* pubbliche (c.d. paradosso degli oracoli)¹⁰⁰; infine, occorre considerare la possibilità di fallimento del funzionamento

⁹⁹ In questo senso si veda R. BATTAGLINI, P. NICORELLI, *Smart legal contract: dall'idea al codice*, cit., p. 22.

¹⁰⁰ Così ritiene A. EGBERTS, *The Oracle Problem - An Analysis of how Blockchain Oracles Undermine the Advantages of Decentralized Ledger Systems*, in <https://ssrn.com/abstract=3382343>, 2017, secondo il quale

oracolo¹⁰¹. Infatti, anche gli *smart contracts* più sicuri e ben sviluppati potrebbero produrre risultati – intesi come conclusione del contratto o esecuzione dello stesso – diversi da quelli desiderati dalle parti, se mediante un oracolo difettoso venissero inserite informazioni sbagliate nella *blockchain* (c.d. problema del *single point of failure*).

9. L'impiego degli *smart contracts*: benefici e limiti

Si possono adesso passare in rassegna i punti di forza e di debolezza derivanti dall'impiego della tecnologia *smart contract* che gira su DLT come *blockchain*.

I vantaggi derivanti dall'utilizzo degli *smart contracts* sono molteplici. In primo luogo, il loro impiego garantisce una maggiore sicurezza alle transazioni, in quanto il loro funzionamento si basa sull'utilizzo della crittografia a chiave asimmetrica.

Ulteriori benefici si hanno in termini di trasparenza, considerato che qualsiasi soggetto che accede alla catena può verificare il contenuto della stessa, se lo *smart contract* è eseguito su una *blockchain*. Inoltre, gli *smart contracts* comportano un incremento della rapidità degli scambi e dell'economicità degli stessi, poiché sono elisi i costi di transazione legati alle trattative necessarie per addivenire alla stipula del

insieme all'aumento dell'interesse per le criptovalute e i libri contabili decentralizzati, si sono sviluppati numerosi casi in cui tali tecnologie vengono utilizzate per gli *smart contracts*, la maggior parte dei quali dipende da informazioni “reali” che devono essere trasmesse in anticipo alla *blockchain* in modo che gli *smart contracts* possano operare in risposta ad esse. Ciò richiede che un Oracle, ossia una terza parte fidata, trasmetta i dati sulla *blockchain*. L'A. sostiene che le soluzioni proposte finora per questo problema non risolvono, ma di fatto spostano solo la necessità di fiducia su una terza parte esterna e non sono quindi sufficienti nel contesto di molti casi d'uso della *blockchain* che si caratterizza per la sua decentralizzazione. Si veda anche M.T. GIORDANO, Il problema degli oracoli, cit. pp. 262 ss., il quale osserva che «nel momento stesso in cui si ha la necessità di collegare alla *blockchain* ed al codice degli *smart contract* un elemento esterno, recuperabile dal mondo reale, l'eliminazione del *single point of failure* si interrompe. Quando riceve dati da un oracolo, infatti, lo *smart contract* torna a dipendere dalla verità delle informazioni fornite». E poiché «gli oracoli e le fonti esterne di dati sembrano essere soggetti al problema del *single point of failure*» è evidente che essi reintroducono nell'intero ecosistema *blockchain* la necessità di fiducia. Secondo l'A., questa circostanza «contraddice fortemente i vantaggi della tecnologia *blockchain*: la struttura decentralizzata consentirebbe, infatti, di eliminare il problema del “*single point of failure*” e introdurrebbe la capacità di eliminare la necessità di fiducia, facilitando le transazioni su base globale».

¹⁰¹ Si veda, in questo senso P. CUCCURU, *Blockchain ed automazione contrattuale. Riflessioni sugli smart contract*, in *Nuova Giurisprudenza Civile Commentata*, 1, 2017, p. 111, in quale ritiene che «il meccanismo degli *oracles* ha, tuttavia, l'inevitabile svantaggio di reintrodurre un grado di incertezza nel sistema. Il rapporto formalizzato è, difatti, esposto al rischio di disfunzioni o manomissione delle fonti di informazione esterne sulle quali fa affidamento». Anche M.T. GIORDANO, Il problema degli oracoli, cit., p. 270, sostiene che la maggior parte dei servizi di fornitura di oracoli attualmente implementati sembra essere affetta dal problema del c.d. “*single point of failure*”, in quanto essi potrebbero agire in modo non veritiero o essere soggetti a manipolazione. Da tale problematica discende la necessità che gli utenti ripongano la propria fiducia nell'esecuzione fedele e sicura degli oracoli.

contratto, quando gli *smart contracts* sono idonei a sostituire anche questa fase, e all'intervento di terzi (come, ad esempio, il mediatore o il notaio).

Ancora, la prevedibilità e quasi certezza dell'esecuzione, impedita solo dalla sussistenza di errori nel programma informatico utilizzato per dar vita allo *smart contract*, determina l'impossibilità per una parte di decidere unilateralmente di non adempiere e, pertanto, l'utilizzo massiccio degli *smart contracts* potrebbe ridurre sia il rischio relativo alla mancata esecuzione del contratto sia, conseguentemente, il contenzioso relativo alla stessa. In questo senso, c'è chi ritiene che gli *smart contracts* costituiscano una forma di autotutela, in deroga alla regola generale, secondo cui l'ordinamento giuridico non permette ai singoli di farsi giustizia da sé¹⁰². Sempre su questa scia, c'è chi considera gli *smart contracts* uno strumento funzionale a guidare l'allocazione del rischio¹⁰³.

Inoltre, il codice informatico, incorporando in esso le clausole contrattuali, rende la loro interpretazione vincolante, eliminando possibili disparità tra i contraenti – con particolare riferimento ai contratti *B2C* – nell'interpretazione e nell'attuazione dell'accordo¹⁰⁴. Questo grazie alla redazione del contratto sotto forma di codice che elimina le esternalità negative legate all'ambiguità del linguaggio naturale e alle carenze redazionali proprie del contratto tradizionale, che possono essere talvolta utilizzate dalle parti in maniera abusiva.

Vi è poi chi promuove l'utilizzo degli *smart contracts* nei commerci internazionali¹⁰⁵ per la loro particolare praticità giuridica, che si sostanzia nel consentire transazioni più fluide e veloci tra le parti contraenti rispetto ai contratti tradizionali. Questo dipende

¹⁰² Come è noto, la tutela arbitraria delle proprie ragioni costituisce reato (artt. 392 e 393 c.p.), pertanto, l'autotutela è consentita soltanto nei casi espressamente previsti (artt. 748 comma 4, 975 comma 2, 1106, 1011, 1152, 1502, comma 2, 2, 2235, 2756, 2794, 2803 c.c.), in cui il legislatore ritiene vi siano ragioni speciali che giustifichino una tutela particolarmente forte del creditore, tale da derogare al principio del divieto di autotutela nel diritto privato. In questo senso, A. TORRENTE, P. SCHLESINGER, *Manuale di diritto privato*, Milano, 2021, p. 524.

¹⁰³ C.L. REYES, *A Unified Theory of Code Connected Contracts*, in *The Journal of Corporation Law*, 46, 2021, pp. 981 ss.

¹⁰⁴ A. STAZI, *Smart Contracts and Comparative Law A Western Perspective*, cit., pp. 79-80.

¹⁰⁵ S. HOURANI, *Cross-Border Smart Contracts: Boosting International Digital Trade through Trust and Adequate Remedies*, UNCITRAL Congress on Modernizing International Trade Law to Support Innovation and Sustainable Development, 04-07 July 2017, Vienna, in https://eprints.mdx.ac.uk/23958/6/11-HOURANI-Cross-Border_Smart_Contracts.pdf; T. KOROYE, *The comparative nature of smart contracts to traditional contracts in contemporary international commercial transactions*, in https://www.academia.edu/41912515/THE_COMPARATIVE_NATURE_OF_SMART_CONTRACT_S_TO_TRADITIONAL_CONTRACTS, 2020.

dai quattro connotati tipici degli *smart contracts*, che si sostanziano nell'autonomia, decentramento, rapidità e sicurezza.

Gli *smart contracts* implementati su una *blockchain* potrebbero, inoltre, essere impiegati per la risoluzione delle controversie; in particolare, secondo una parte della dottrina straniera, sarebbero funzionali all'applicazione delle decisioni delle *Online Dispute Resolution (ODR)*¹⁰⁶.

Infine, vi è chi ritiene che gli *smart contracts*, analizzati alla luce della *Transaction Cost Economics (TCE)*¹⁰⁷, possano, dare la stura ad una contrattazione pubblica dal regime potenziato grazie all'abbassamento dei costi delle transazioni¹⁰⁸.

Tuttavia, l'impiego dello strumento innovativo oggetto di esame non è del tutto immune da pregiudizi per le parti, ponendo numerose questioni e nuove sfide per il diritto e per la prassi commerciale.

In primo luogo, si possono osservare, specularmente a quanto si è detto poco fa relativamente ai vantaggi dell'utilizzo del linguaggio di programmazione, gli aspetti negativi che comporta l'eliminazione del linguaggio umano. Infatti, le parole hanno spesso molteplici significati e interpretazioni e, in molti casi, questo conferisce una certa flessibilità contenutistica all'accordo contrattuale, capace di adattarsi alle circostanze del caso concreto mediante l'attività di interpretazione. Tali caratteristiche del linguaggio naturale rendono più semplice stipulare il contratto, in quanto i contraenti non devono impiegare una notevole quantità di tempo nell'elaborazione del testo della convenzione, consapevoli che il rapporto contrattuale viene conformato, in concreto, anche dall'attività ermeneutica. Diversamente, se i contraenti devono delineare *ex ante* le regole operative e i risultati voluti per poi trasporre le loro volontà in un codice a cui è affidata l'esecuzione automatica, l'attenzione nella definizione dei termini dell'accordo è maggiore e,

¹⁰⁶ In questo senso, si veda A.R. KOULU, *Blockchains and Online Dispute Resolution: Smart Contracts as an Alternative to Enforcement*, in *SCRIPTed - A Journal of Law, Technology & Society*, 13, 1, 2016, pp. 67 ss.

¹⁰⁷ La "*Transaction cost theory*" sostiene che la struttura organizzativa ottimale è quella che raggiunge l'efficienza economica minimizzando i costi di scambio.

¹⁰⁸ H. HALABURDA, N. LEVINA, S. MIN, *Understanding Smart Contracts as a New Option in Transaction Cost Economics Completed Research Paper*, in *SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3506223>*, 2019. Gli AA. mettono in evidenza, tuttavia, che l'impiego dello strumento innovativo oggetto di esame non sia del tutto immune da pregiudizi per le parti, ponendo anche nuove numerose questioni e sfide per il diritto e la prassi commerciale.

conseguentemente, la conclusione della transazione richiede tempistiche più lunghe che comportano immobilizzazioni delle ricchezze.

Inoltre, sempre in un'ottica speculare a quanto si è esposto relativamente ai vantaggi consistenti nell'eliminazione di abusi e disparità tra i contraenti grazie alla codificazione, si devono fare i conti con l'opacità con cui opera l'algoritmo (c.d. *black box*). L'impossibilità di comprendere fino in fondo le modalità operative dell'algoritmo determina difficoltà nel riconoscere difetti del loro funzionamento o della programmazione. Questo tema della difficoltà dell'intelligibilità del codice fa emergere alcuni aspetti problematici dell'utilizzo degli *smart contracts* relativi agli eventuali squilibri tra i contraenti.

Ancora, la necessità di codificare il contenuto del contratto comporta che la sua redazione non possa avvenire in via esclusiva ad opera del giurista/avvocato, in quanto il suo lavoro deve necessariamente essere affiancato o integrato da un informatico/programmatore. Pertanto, i costi della transazione fuoriusciti dalla porta, mediante l'eliminazione della figura del terzo intermediario o garante, rientrerebbero, almeno in parte, dalla finestra per le spese legate all'attività di programmazione¹⁰⁹.

Ulteriori costi di transazione, che contribuirebbero ad appesantire le spese legate all'utilizzo dello *smart contract*, sono quelli legati alla scelta di un ente verificatore del corretto funzionamento dell'oracolo, come è stato spiegato nel paragrafo precedente.

Un altro aspetto da tenere in considerazione è quello relativo alla tipologia di contratti (*rectius*, obbligazioni) che gli *smart contracts* sono idonei a supportare, data l'estrema difficoltà di codificare termini contrattuali elastici, che necessitano di essere interpretati in base al caso concreto mediante un giudizio, talvolta anche discrezionale, e difficili da declinare univocamente in un codice crittografico. Quindi, per il momento è molto difficile e poco probabile l'espansione degli *smart contracts* in

¹⁰⁹ L. FLORIDI, *La quarta rivoluzione. Come l'infosfera sta trasformando il mondo*, cit., p. 40, con una metafora descrive come gli individui si rapportano alle nuove tecnologie: «al pari di una classica casa rinascimentale, abitano al piano nobile, il piano più elevato, senza neppure sapere cosa accade al di sotto di noi, dove ronzano le tecnologie che sbrigano il lavoro nelle stanze di servizio. Tranne il caso in cui qualcosa non funzioni correttamente, potremmo non accorgerci della presenza di tale tecnologia. Ma se qualcosa va storto, c'è bisogno di uno specialista che si prenda cura di entrambi i lati dell'interfaccia, con il risultato che gli specialisti sono i nuovi sacerdoti nel tempio di Giano [in quanto nelle pagine precedenti l'A. qualifica il dio romano Giano, soggetto bifronte perché dotato di due facce, come il dio di tutte le tecnologie, che sono per definizione bifronti: una faccia guarda all'utente e l'altra faccia connette la tecnologia con il suo suggeritore], destinati a diventare tanto più potenti ed influenti quanto più facciamo affidamento su tecnologie di ordine elevato».

ambiti che richiedono clausole più complesse, ossia il loro utilizzo per l'esecuzione di contratti diversi da quelli semplici *if-then* o da quelli a tempo determinato, come quelli che prevedono diritti e obblighi più ampi rispetto a quelli binari e standardizzati.

Sempre sullo stesso piano, si può osservare che l'uso degli *smart contract* oltre a richiedere che i termini contrattuali siano abbastanza semplici, non ammette l'operatività di clausole generali¹¹⁰, come la buona fede (art. 1375 c.c.), data l'impossibilità di essere tradotte in codice binario¹¹¹, e impone alle parti di definire esattamente il contenuto delle prestazioni¹¹². Entrambi gli aspetti si riverberano negativamente sulla funzionalità del rapporto sotteso allo *smart contract*. Infatti, per quanto riguarda le clausole generali, queste svolgono un ruolo fondamentale nei rapporti contrattuali tradizionali, intervenendo come regola di condotta tesa a valutare se i comportamenti delle parti siano conformi alle disposizioni del contratto

¹¹⁰ Sulla problematica della compatibilità dello *smart contract* con le clausole generali, efficacemente osserva M. PROTO, *Questioni in tema di intelligenza artificiale e disciplina del contratto*, cit., p. 184, che «l'interprete [...] deve domandarsi quale sia il residuo ambito riservato alla clausola generale di buona fede, la cui cogenza non è posta in discussione, ma il cui ampio contenuto e i cui incerti confini appaiono difficilmente compatibili – almeno attualmente con il rigido linguaggio binario del codice che compone lo *smart contract*». Nello stesso senso, si esprime D. FAUCEGLIA, *Il problema dell'integrazione dello smart contract*, cit., p. 607. La non riducibilità del linguaggio umano a mero codice è espressa, seppure con riferimento ad una tematica diversa da quella dello *smart contract*, è espressa in questi termini da G. ZACCARIA, *Figure del giudicare: calcolabilità, precedenti, decisione robotica*, in *Rivista di diritto civile*, 2, 2020, p. 292, secondo il quale «le idee e le emozioni umane, connotate come sono da innumerevoli sfumature, hanno paradossalmente il loro punto di forza proprio nell'imperfezione».

¹¹¹ Si potrebbe anche ipotizzare che il giudizio interpretativo sotteso all'applicazione delle clausole generali entri a far parte dello *smart contract* mediante un oracolo, *subspecie* di oracolo utente. Questo, infatti, potrebbe essere in grado di comunicare allo *smart contract*, sotto forma di istruzioni eseguibili, le valutazioni soggettive o l'applicazione di standard conseguenti alla concretizzazione, nel caso di specie, delle consuete clausole generali del diritto (buona fede, correttezza, diligenza, etc.) o quelle di natura valoriale. Queste si tradurrebbero in regole oggettive che possono essere eseguite da una macchina. Tuttavia, la necessità del giudizio di un soggetto terzo a cui fa capo l'oracolo utente dà luogo ad un aumento dei costi di transazione, legati alla remunerazione del soggetto "oracolo", e alla riduzione della decentralizzazione, poiché farebbero nuovamente ingresso fattori fiduciari. Entrambe le conseguenze menzionate rientrano proprio tra gli aspetti delle transazioni che l'utilizzo degli *smart contracts* su *blockchain* mira ad eliminare.

¹¹² Questo aspetto è messo in luce da M.P. PIGNALOSA, *Il consumatore calcolante*, cit., p. 31, che tuttavia ammette anche l'efficienza e la calcolabilità che tale caratteristica può assicurare. Si veda anche H. HALABURDA, N. LEVINA, S. MIN, *Understanding Smart Contracts as a New Option in Transaction Cost Economics Completed Research Paper*, cit., pp. 3 ss. secondo cui sostituire l'esecuzione dei contratti normativamente prevista con un programma in esecuzione sul computer può avere dei limiti pratici, poiché la maggior parte dei contratti è incompleta a causa della razionalità limitata degli agenti. Pertanto, secondo gli AA., gli *smart contracts* possono sostituire solo quei contratti tradizionali in cui i termini possono essere facilmente specificati e monitorati senza ambiguità.

Anche K. WERBACH, N. CORNELL, *Contracts ex machina*, cit., pp. 365 ss., ritengono che spesso sia impossibile esprimere alcuni termini contrattuali attraverso la logica formale sottesa al linguaggio di programmazione. Ad esempio, i programmi informatici non sono in grado di misurare se una controparte ha fatto il massimo sforzo.

e a definire con maggiore precisione le modalità dell'esecuzione. Invece, il valore che assume la parziale indeterminazione del contenuto del contratto – grazie alla presenza di clausole contrattuali che per la loro ambiguità necessitano di un procedimento interpretativo per la determinazione del loro esatto ambito applicativo – si rinviene nella maggiore efficienza dei rapporti contrattuali, perché li rende più elastici e adattabili alle circostanze concrete, nella logica del *rebus sic stantibus*.

Questo si pone in stretta correlazione con l'ulteriore problema, di difficile soluzione, relativo alla pressoché immutabilità degli *smart contracts*, che ha diverse ripercussioni negative.

In primo luogo, la difficile se non impossibile governabilità degli effetti e delle sopravvenienze contrattuali da parte dei contraenti se, da un lato, come si è visto costituisce, proprio la caratteristica che induce i soggetti a adottare gli *smart contracts*, dall'altro, può tornare a loro discapito, nel caso in cui si verificano circostanze sopravvenute che renderebbero necessario lo scioglimento del rapporto affidato ad uno *smart contract* o, quantomeno, una sua modificazione.

L'immodificabilità che connota lo *smart contract* sarebbe ancora più dannosa nel caso in rapporti asimmetrici, poiché la parte debole (come il consumatore o l'impresa che si trova in una situazione di dipendenza economica) potrebbe essere vincolata da condizioni del rapporto pregiudizievoli insuscettibili di modifica.

Qualcuno in dottrina ritiene che si possa ovviare alla immodificabilità ed irrettabilità dell'operatività degli *smart contracts* conseguenti alla sua attivazione, mediante una preventiva gestione del rischio ad opera dei contraenti, attuabile al momento della programmazione con la scelta di uno specifico tipo contrattuale e/o con l'inserimento di specifici termini contrattuali. Si richiederebbe, pertanto, ai contraenti di pronosticare *ex ante* tutte gli eventuali avvenimenti idonei a perturbare il rapporto e di scrivere il codice dello *smart contract* in maniera tale che quest'ultimo possa reagire in maniera congrua e soddisfacente al verificarsi di tali avvenimenti. In altri termini, i contraenti dovranno prevedere clausole condizionali contenenti nel “*this*” l'evento futuro e incerto integrante una sopravvenienza e nel “*then*” il conseguente mutamento dell'*output* dello *smart contract*.

Infine, ai vantaggi derivanti dalla capacità della programmazione di riequilibrare il dislivello contrattuale dei contraenti, ponendoli su un piano paritario, si contrappone

il problema dell'applicabilità delle discipline finalizzate alla tutela del contraente debole nei contratti tra parti diseguali, che sarà analizzato *funditus* più avanti¹¹³. Si dubita infatti che, a monte dell'utilizzo di uno *smart contract*, possano essere rispettati gli obblighi di informazione, che rivestono una particolare funzione protettiva proprio nei contratti a distanza conclusi con mezzi elettronici (come spesso avviene con gli *smart contracts*). Allo stesso modo, è difficile rinvenire la sussistenza di una seria ed effettiva trattativa, necessaria ad escludere il giudizio di vessatorietà delle clausole inserite nei contratti *B2C* ex art. 33 e ss. cod. cons. (d.lgs. 6 settembre 2005, n. 206). Infine, nel contratto asimmetrico, il carattere dell'immutabilità dello *smart contract* dà la stura a questioni giuridiche ancora più complicate di quelle che pone sul piano generale; infatti, la facoltà di esercizio del diritto di recesso, sempre garantita al consumatore ex art. 51 cod. cons., è quasi impraticabile negli *smart contracts*, in cui la conclusione di regola coincide con la completa esecuzione.

Quest'ultimo aspetto critico si pone all'interno della più generale problematica relativa dell'inapplicabilità dei rimedi contrattuali – nullità, annullabilità, risoluzione – agli *smart contracts*, sulla quale pure si dirà oltre¹¹⁴, in tutte quelle ipotesi in cui, ad esempio, si verifica una circostanza imprevista o il codice contiene informazioni non corrette.

10. Attuali e potenziali ambiti applicativi degli *smart contracts*

Come è stato rilevato, gli *smart contracts* sono protocolli informatici di esecuzione, i quali possono o esprimere una volontà contrattuale o eseguire una volontà altrove dichiarata.

Per questo motivo, all'interno della categoria *smart contracts* si fanno rientrare differenti tipologie di *software* autoeseguibili.

Il più ampio utilizzo di *smart contracts* si rinviene nei settori bancario, finanziario e assicurativo¹¹⁵.

¹¹³ Capitolo Quarto, paragrafo 7.

¹¹⁴ Capitolo Quarto, paragrafo 6.

¹¹⁵ Per una trattazione delle applicazioni concrete degli *smart contract* nel sistema bancario e assicurativo, in cui si pongono in luce le potenzialità e i limiti che caratterizzano tale strumento, si vedano: C. ROBUSTELLA, C.E. PAPADIMITRIU, *Spunti ricostruttivi in tema di smart contracts, tra innovazione tecnologica e regola giuridica*, in *P.A. Persona e Amministrazione*, 10, 1, 2022, pp. 983 ss.

Con riguardo al mercato bancario e finanziario¹¹⁶, l'impiego di *smart contracts* comporta notevoli cambiamenti in senso migliorativo¹¹⁷.

Il *retail banking*¹¹⁸ può beneficiare dell'adozione degli *smart contracts*, che garantirebbero alle banche commerciali un risparmio tra l'11 e il 22% dei costi per l'accensione di un mutuo¹¹⁹, in quanto contribuiscono ad eliminare le lungaggini procedurali concernenti la valutazione e documentazione su carta, a ridurre il tempo necessario per le verifiche sulle informazioni relative alle parti coinvolte e ad abbreviare i processi legati al trasferimento della proprietà.

¹¹⁶ L'efficienza che in tali settori deriva dall'utilizzo degli *smart contracts* è testimoniata dalla recente sottoscrizione di un protocollo (Memorandum of Understanding - MoU) tra la Banca d'Italia – Eurosystem, l'Università Cattolica del Sacro Cuore e l'Università degli Studi Roma Tre, che si propone di avviare un'attività di ricerca, con approccio interdisciplinare e con orizzonte internazionale, sulle caratteristiche degli *smart contracts* utilizzati dalle infrastrutture a registro distribuito per l'erogazione di servizi bancari, finanziari e assicurativi. L'approccio utilizzato mira a favorire le relazioni fra diversi stakeholder, soggetti privati e pubblici con l'obiettivo di attuare un'attività strategica di definizione di standard condivisi e linee guida rivolte agli operatori, in un ambito, come quello della *blockchain*, connotato da forte innovazione e grande complessità. L'iniziativa (relativamente alla quale si può consultare https://secondotempo.cattolicanews.it/news-smart-contract-protocollo-d-intesa-tra-banca-d-italia-cattolica-e-universita-di-roma-tre?utm_medium=Social&utm_source=LinkedIn#Echobox=1667214325) dà seguito a quanto prospettato nella Comunicazione della Banca d'Italia del 15 giugno 2022, in materia di tecnologie decentralizzate nella finanza e crypto-attività (reperibile su <https://www.bancaditalia.it/media/approfondimenti/2022/crypto/index.html?dotcache=refresh>) ed il suo scopo principale è quello di definire buone prassi da offrire come punto di riferimento agli operatori di mercato, inclusi i fornitori tecnologici e gli sviluppatori di algoritmi.

¹¹⁷ L. CASALINI, *Blockchain and smart contracts. What changes lie ahead for Banking and Financial Law?*, in *Rivista di Diritto del Risparmio*, 9, 2019, pp. 1 ss.; A. LIELACHER, *A Cost-Benefit Analysis of Using Smart Contracts in Banking*, in <https://crypto.news/a-cost-benefit-analysis-of-using-smart-contracts-in-banking/>, 2017; A. CASALI, *Quanto si risparmia usando gli smart contract nelle banche e nelle assicurazioni*, in <https://www.blockchain4innovation.it/mercati/legal/smart-contract/quanto-si-risparmia-usando-gli-smart-contract-nelle-banche-e-nelle-assicurazioni/>, 2016; F. GRECO, *Smart Contracts in the financial sector*, in *Rivista di diritto bancario*, 2021, pp. 613 ss.

¹¹⁸ Sulla *Retail payments strategy* si veda F. GRECO, *Gli smart contract nel settore bancario e finanziario*, in Aa. Vv. *Il diritto nell'era digitale. Persona, Mercato, Amministrazione, Giustizia*, a cura di Giordano, Panzarola, Police, Preziosi, Proto, Milano, 2022, p. 196, il quale afferma che tale strategia si fonda su una constatazione fattuale, secondo la quale le modalità di pagamento devono rappresentare un settore trainante nell'evoluzione digitale. Inoltre «è incentrata su quattro diversi ambiti di sviluppo (ovverosia, soluzioni di pagamento sempre più digitali e istantanee con portata paneuropea; mercati dei pagamenti al dettaglio innovativi e competitivi; sistemi di pagamento al dettaglio efficienti e interoperabili e altre infrastrutture di supporto; pagamenti internazionali efficienti, comprese le rimesse). L'adozione di soluzioni di pagamento sempre più istantanee, che prescindono da qualsivoglia retaggio di materialità, descrivono appieno la vocazione competitiva e innovativa, nonché la promozione di nuove e diverse dinamiche mercatali».

¹¹⁹ P. SOLDAVINI, *Il contratto si fa smart*, in <https://nova.ilsole24ore.com/progetti/il-contratto-si-fa-smart/>, 2016, secondo il quale «le banche devono “pensare digitale” per conservare e aumentare la quota di mercato delle transazioni». Il rapporto cui l'A. fa riferimento calcola che la maggior efficienza potrebbe valere tra 3 e 11 miliardi di dollari per le procedure solamente in Stati Uniti ed Europa.

Si pone sulla stessa scia la tecnologia finanziaria, ormai nota a tutti come *FinTech*¹²⁰, che si sostanzia nell'innovazione dell'attività finanziaria resa possibile dall'innovazione tecnologica e che si traduce in nuovi modelli di *business*, nuovi procedimenti o nuovi prodotti ed anche nuovi operatori di mercato.

Dunque, l'offerta di servizi e prodotti finanziari attraverso innovative tecnologie digitali offre una valida alternativa ai clienti rispetto alle tradizionali forme di erogazione di servizi nel settore¹²¹.

L'ambito in cui lo *smart contract* trova maggiore diffusione è quello della finanza decentralizzata o *Decentralized Finance (DeFi)*¹²². Si tratta di un ambiente decentralizzato che abilita gli scambi finanziari tra gli utenti, senza autorità centrale, in un'ottica *peer-to-peer*, in cui lo *smart contract* permette di creare piattaforme in grado di garantire lo scambio di valore costante tra utenti¹²³. Il successo riscontrato in questo contesto, che ha consentito ad ingenti capitali di entrare in questi circuiti (con i relativi rischi) è dovuto al basso costo di partecipazione, che si sostanzia nelle *fee* versate ai nodi che gestiscono la *blockchain*.

Inoltre, in dottrina, taluno ritiene un terreno d'elezione per lo sviluppo degli *smart contracts*, come forma di evoluzione tecnologica delle modalità di cristallizzazione e di esecuzione delle volontà contrattuali, quello dei contratti derivati negoziati al di fuori

¹²⁰ *Relazione sulla tecnologia finanziaria: l'influenza della tecnologia sul futuro del settore finanziario* 28.4.2017 - (2016/2243(INI)), *considerando A*, in https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2017-0176_IT.html, definisce la *Fintech* «un'attività finanziaria resa possibile o offerta attraverso le nuove tecnologie, che interessa l'intero settore finanziario in tutte le sue componenti, dal settore bancario a quello assicurativo, i fondi pensione, la consulenza in materia di investimenti, i servizi di pagamento e le infrastrutture di mercato».

¹²¹ Sull'argomento si vedano: F. DI CIOMMO, *Smart contract e (non-) diritto. Il caso dei mercati finanziari*, cit., pp. 273 ss.; E. BATTELLI, E.M. INCUTTI, *Gli smart contracts nel diritto bancario tra esigenze di tutela e innovativi profili di applicazione*, in *Contratto e impresa*, 3, 2019, pp. 925 ss. e, in particolare, da pp. 935 ss.; E. BATTELLI, *IA e smart contract nel diritto bancario e assicurativo*, in Aa. Vv. *INTERNET CONTRATTO E PERSONA Quale futuro?*, a cura di Clarizia, Pisa, 2021, pp. 65 ss.; A. ZOPPINI, *Considerazioni generali sul contratto e nuove tecnologie*, in Aa. Vv. *INTERNET CONTRATTO E PERSONA Quale futuro?*, a cura di Clarizia, Pisa, 2021, pp. 29 ss.; F. GRECO, *Gli smart contract nel settore bancario e finanziario*, cit., pp. 189 ss., in particolare da pp. 196 ss.

¹²² Si veda, sul tema, M. FENWICK, E.P. VERMEULEN, *The Historical Significance of Blockchain and Smart Contracts*, in Aa. Vv. *Smart Contracts: Technological, Business and Legal Perspectives*, a cura di Compagnucci, Fenwick e Wrška, Oxford, 2021, pp. 161 ss.

¹²³ L. PIATTI, *Gli smart contract*, in Aa. Vv. *Competenze digitali per il giurista. Tecnologia e diritto. Informatica giuridica. Data governance, protezione dei dati e GDPR, mercato unico digitale, blockchain, Pubblica Amministrazione digitale*, a cura di Ziccardi e Perri, II, Milano, 2019, p. 281.

dei mercati regolamentati o di sistemi multilaterali di scambio, noti nel gergo finanziario come *over the counter (OTC)*¹²⁴.

Un altro mercato in cui gli *smart contracts* proliferano è quello delle assicurazioni¹²⁵. Anche in questo caso, i benefici derivano dalla maggiore efficienza operativa, ottenuta grazie alla notevole speditezza nei controlli sui dati forniti dagli assicurati, nei pagamenti dei premi e negli adempimenti indennitari, alla contestuale diminuzione delle pratiche cartacee e delle interazioni tra assicuratore e danneggiato e all'inserimento in un'unica piattaforma di tutte le componenti della *value chain* assicurativa, quali assicurati, compagnie e periti.

È stata ipotizzata una polizza assicurativa basata su uno *smart contract* impostata in modo che, allorquando avvenga una cancellazione o un ritardo prolungato alla partenza di un mezzo di trasporto, a prescindere dalla causa che ha determinato tale evento, si attivi automaticamente il pagamento di un indennizzo a favore del passeggero¹²⁶.

In particolare, un frequente esempio attiene agli *smart contracts* progettati per integrare polizze collegate all'acquisto di biglietti aerei a copertura della cancellazione o di un certo ritardo del volo. Questi sarebbero finalizzati a concedere ai passeggeri un

¹²⁴ D. DAVICO, *Gli smart contract applicati alle transazioni in derivati "OTC"*, in Aa. Vv. *Blockchain e Smart Contract*, a cura di Giordano e Battaglini, Milano, 2019, pp. 537 ss.

¹²⁵ E. BATELLI, *IA e smart contract nel diritto bancario e assicurativo*, in *INTERNET CONTRATTO E PERSONA Quale futuro?*, cit., pp. 60 ss.

¹²⁶ In una prospettiva critica N. GUGGENBERGER, *The Potential of Blockchain for the Conclusion of Contracts*, in *Contracts for the Supply of Digital Content: Regulatory Challenges and Gaps*, a cura di Schulze, Staudenmayer, Lohsse, Baden-Baden, 2017, p. 83, osserva che l'indennizzo per il ritardo o la cancellazione del volo non sempre discende da azioni legali sufficientemente semplici tali da essere decise sulla base di criteri oggettivi, poiché in alcune circostanze la relativa normativa (Regolamento CE sulla compensazione legata ai voli aerei 261/2004) prevede che la compagnia aerea sia esonerata dal corrispondere l'indennizzo, come nel caso in cui la cancellazione del volo è «dovuta a «circostanze eccezionali che non si sarebbero comunque potute evitare anche se fossero state adottate tutte le misure del caso» (art. 5, par. 3, del Regolamento). In questa come in altre ipotesi, nella fattispecie sono presenti concetti indeterminati che metterebbero in discussione, a parere dell'A., l'assunto secondo cui il contratto possa essere eseguito del tutto autonomamente.

In realtà ritengo che tale critica possa essere superata da una duplice soluzione alternativa. In primo luogo, si potrebbe sostenere che nell'ipotesi polizza suddetta, come in altri casi, l'utilizzo dello *smart contract* consenta di derogare la normativa esistente, nella parte in cui questa rinvia a concetti giuridici indeterminati, i quali non possono essere elaborati da *software*. Altrimenti, si potrebbe ipotizzare che l'oracolo collegato allo *smart contract*–assicurazione sul biglietto aereo rientri nella categoria, di cui si è parlato nel paragrafo 8, di oracolo utente che è in grado di attribuire un determinato significato al concetto giuridico indeterminato che viene in rilievo. Tuttavia, questa soluzione comporta l'effetto negativo, di cui pure si è detto, legato alla perdita dei vantaggi derivanti dall'utilizzo di uno strumento tecnologico *trustless*, poiché la fiducia tornerebbe ad essere riposta in una persona fisica o giuridica.

indennizzo forfettario, a prescindere dalla causa dell'evento, che potrebbe anche essere riconducibile a circostanze eccezionali.

È stato ritenuto che, in tale ambito è possibile realizzare *smart contracts* basati su una logica binaria *if-then*, in cui non vi è necessità di qualsivoglia intervento umano¹²⁷: se si verifica la cancellazione o il ritardo del volo, accertato mediante *hardware* integranti *oracles* in entrata, allora viene automaticamente pagato all'assicurato l'indennità prestabilita senza la necessità di aprire alcuna procedura di indennizzo¹²⁸.

Proprio con riferimento all'assicurazione per viaggi aerei, Axa, multinazionale del campo assicurativo, ha lanciato tra il 2017 e il 2019 il progetto "*Fizzy*", che si sostanzia in uno *smart contract* sulla piattaforma *blockchain Ethereum* finalizzato a gestire i pagamenti degli indennizzi ai consumatori che abbiano subito un ritardo o cancellazione dei voli aerei. Il progetto "*Fizzy*" si è concretizzato in due *smart contracts*: la versione di settembre 2017 *FizzyContract*¹²⁹, e la versione di maggio 2019, *FizzyCrypto*. Quest'ultimo si differenzia dal primo prototipo per due rilevanti caratteristiche: in primo luogo, l'oracolo che fornisce le informazioni relative ai voli è un soggetto terzo; in secondo luogo, l'utente può effettuare i pagamenti in EHT, la moneta di *Ethereum*, poiché il *wallet* stesso che rappresenta l'utente sulla piattaforma può acquistare la polizza.

FizzyCrypto rientra nell'architettura del Modello Esterno di *smart legal contract*, di cui si discuterà più avanti, e rappresenta un'importante evoluzione a dimostrazione del

¹²⁷ M. BRIGNARDELLO, *Prospettive di utilizzo degli smart contracts per la tutela dei diritti dei passeggeri in caso di cancellazione o ritardo del volo*, in *Rivista del diritto della navigazione*, 2, 2019, pp. 452 ss., la quale propone un'analisi di fattibilità dell'impiego di *smart contracts* da parte delle compagnie aeree in caso di cancellazione o ritardo del volo e, più in generale, approfondisce la tematica dell'utilizzo di *smart contracts* nel settore dei trasporti.

¹²⁸ A.U. JANSSEN, F.P. PATTI, *Demistificare gli smart contracts*, in *Osservatorio del diritto civile e commerciale*, 1, 2020, p. 37.

¹²⁹ Tramite il sito, oggi non più attivo, era possibile sottoscrivere un contratto assicurativo tradizionale a copertura dei ritardi di almeno due ore e di cancellazione dei voli aerei. La conclusione del contratto elettronico attraverso il sito internet attivava lo *smart contract*, al quale inviava una serie di dati (dettagli del volo, orario di arrivo a destinazione previsto, premio versato dal viaggiatore, entità dell'indennità dovuta, identificativo del prodotto assicurativo acquistato). Lo *smart contract*, dunque, avrebbe gestito con modalità automatizzate la fase esecutiva del contratto assicurativo, avendo il compito di tracciare legami tra voli aerei e polizze Axa. Infatti, nel caso di ritardo uguale o superiore alle due ore o cancellazione del volo, il *FizzyContract* avrebbe ricevuto tale informazione da un oracolo e, conseguentemente, avrebbe inviato una notifica ad Axa, affinché quest'ultima pagasse l'indennizzo. Il primo prodotto *Fizzy* non ha raggiunto i suoi obiettivi commerciali, in particolare perché questo prodotto non era ancora abbastanza appetibile il mercato e non sono stati trovati i giusti canali di distribuzione (si veda <https://www.artificiallawyer.com/2020/10/08/axa-scraps-fizzy-insurance-smart-contract-but-still-interested-in-the-tech/>).

concreto utilizzo degli *smart contracts* per le finalità contrattuali proprie dei negozi di cui all'art. 1321 c.c.

Anche con riferimento ad un'altra tipologia di assicurazione, ossia la polizza responsabilità civile autoveicoli (RCA), qualcuno ha ritenuto qualificabile come *smart contract* l'adeguamento del premio assicurativo alla condotta del conducente verificabile attraverso appositi sensori collocati nel veicolo¹³⁰.

Alla luce di quanto finora esposto, è facilmente desumibile la sempre più avvertita esigenza che i contratti relativi ai settori bancario e finanziario in senso lato sfruttino tutte le potenzialità offerte dalle nuove tecnologie. In particolare, l'implementazione di *smart contracts* è auspicabile affinché, in questi settori, le imprese italiane possano conservare un certo *appeal* per gli operatori di tali mercati e sia garantita efficienza, modernità e, al contempo, un alto grado di sicurezza e inclusività.

Una delle applicazioni più note dello *smart contract*, tuttavia, è forse il *non-fungible token* (NFT)¹³¹. Si tratta di un bene digitale, la cui traduzione in italiano è “gettone non fungibile”, che rappresenta, al contempo, un atto di proprietà e un certificato di autenticità, scritto su catena di blocchi, di un bene digitale o fisico¹³². Il *non-fungible*

¹³⁰ Si veda in questo senso M. DUROVIC, A. JANSSEN, *The Formation of Blockchain-based Smart Contracts in the Light of Contract Law*, in *European Review of Private Law*, 26, 6, 2019, p. 759: «[...] the policyholder concludes a car insurance contract with the insurance company. The contract contains a 'pay as you drive-provision', which means the riskier you drive, the higher the premium of the policyholder. For data collection, the policyholder's car has a blockchain interface and the blockchain-based smart (insurance) contract, which adjusts the amount of the payable premium automatically according to the way the insured car is driven».

Altri autori che propongono questo modello di *smart contract* sono A. DJAZAYERI, *Rechtliche Herausforderungen durch Smart Contracts*, in *jurisPR-BKR*, 12, 1, 2016; C. JACOBS, C. LANGE-HAUSSTEIN, *Blockchain und Smart Contracts: zivil- und aufsichtsrechtliche Bedingungen*, in *IT-Rechts-Berater*, 2017, pp. 10, 12; M. KAULARTZ, J. HECKMANN, *Smart Contracts – Anwendung der Blockchain-Technologie*, in *Computer und Recht*, 2016, p. 618.

¹³¹ Si vedano sul tema: G. NAVA, *I non-fungible token*, in Aa. Vv. *Il diritto nell'era digitale. Persona, Mercato, Amministrazione, Giustizia*, a cura di Giordano, Panzarola, Police, Preziosi, Proto, Milano, 2022, pp. 242 ss.; L. PIATTI, *Gli smart contract*, cit., p. 281, che ravvisa il potenziale dello strumento nella praticità di avere istruzioni comuni e nella facilità con cui utenti e prestatori di servizi possono creare, vendere e scambiare *NFT*. In particolare, secondo l'A. «l'approccio standardizzato abilita l'interoperabilità degli oggetti e – quindi – la loro diffusione, con conseguente aumento di valore».

¹³² Il *Non-Fungible Token* è unico e non può essere scambiato come le criptovalute o altri *asset* digitali (come altre tipologie di *token*) perché rappresenta, in formato digitale, un bene infungibile. Questa categoria di *token* si differenzia da quella dei *fungible token* (*FT*), che è sono gettoni, che fanno parte di un insieme replicato un numero definito di volte.

Il contesto dove maggiormente viene utilizzato l'*NFT* è quello artistico e, in particolare, il collezionismo; infatti, l'elenco delle opere artistiche digitalizzate e collegate a un gettone digitale è veramente ampio. Risale all'11 marzo 2021 la vendita per quasi 70 milioni di dollari di un certificato collegato a un'opera dell'artista *Beeple*.

token è collegato a questo bene mediante le istruzioni contenute nello *smart contract*, che svolge, pertanto, un ruolo centrale: le regole per la creazione (c.d. *minting*), il trasferimento e la distruzione di un *token* sono scritte nel codice del contratto. Infatti, nonostante il bene a cui il certificato è collegato è spesso esterno al sistema digitale in cui opera lo *smart contract*, le sorti del *token*, essendo codificate nello *smart contract*, dipendono da quanto previsto nelle istruzioni di quest'ultimo. Pertanto, la sicurezza del diritto garantito dal *token* è assicurata tanto dalla solidità del codice dello *smart contract*, quanto dalla bontà del registro su cui quest'ultimo è implementato.

Gli *smart contract*, ancora, sono utilizzati per il funzionamento delle applicazioni decentralizzate (*Decentralized Application* o *DApp*). Queste divergono dalle normali applicazioni, in quanto il motore che esegue le operazioni non è centrale, ma è decentralizzato e si sostanzia in uno o più *smart contracts* eseguiti dai nodi di una rete *peer-to-peer*¹³³.

Un altro contesto, emerso di recente, in cui è possibile il concreto utilizzo di *smart contracts* sono le *Decentralized Autonomous Organization (DAO)*¹³⁴. Si tratta di organizzazioni che utilizzano uno *smart contract* complesso o un insieme di *smart contracts* in cui sono codificate le loro regole di *governance* e di gestione del capitale espresso in criptovaluta.

Un altro settore in cui gli *smart contracts* sembrano prendere piede è quello dell'industria alimentare, da qualcuno definita "*agrifood*"¹³⁵ o "*agri-tech*"¹³⁶. Qui lo scopo a cui è finalizzato l'utilizzo di *smart contracts* è quello di creare una rete di dati comune della filiera produttiva¹³⁷ connotata da veridicità, trasparenza ed immutabilità. Tale rete consente ai *software* gestionali delle singole imprese di attingere

Ulteriori applicazioni degli *NFT* si rinvencono in biglietti per assistere a eventi, *avatar* per partecipare a giochi virtuali o titoli rappresentativi di diritti su luoghi virtuali.

¹³³ Sul tema si vedano: L. FOTI, *Capire Ethereum Smart Contract ICO e DApp: Una panoramica sulle nuove tecnologie che stanno rivoluzionando internet e tanti esempi pratici della loro applicazione*, cit., e L. PIATTI, *Gli smart contract*, cit., p. 283.

¹³⁴ Si veda, sul tema, M. FENWICK, E.P. VERMEULEN, *The Historical Significance of Blockchain and Smart Contracts*, cit., pp. 161 ss.

¹³⁵ Così R. GARAVAGLIA, *Tutto su Blockchain. Capire la tecnologia e le nuove opportunità*, cit. p. 37 (*e-book*).

¹³⁶ M. RAO, L. LEZZI, A.R. GERMANI, *Blockchain e smart contracts: sfide e opportunità di un futuro già presente*, in *Diritto Mercato Tecnologia*, 2021, p. 6.

¹³⁷ M. RAHMAN, F. BAIARDI, L. RICCI, *Blockchain Smart Contract for Scalable Data Sharing in IoT: A Case Study of Smart Agriculture*, in https://www.researchgate.net/publication/349207080_Blockchain_Smart_Contract_for_Scalable_Data_Sharing_in_IoT_A_Case_Study_of_Smart_Agriculture, 2020.

alla stessa e di condividere dati relativi alla catena dei passaggi produttivi che precedono l'arrivo della merce sullo scaffale dei negozi.

Gli *smart contract* nel settore agroalimentare renderebbero semplice la tracciabilità di filiera, consentendo di ricostruire tutti i passaggi della produzione e il processo informativo che segue il prodotto da monte a valle. Infatti, gli *smart contracts*, mediante i quali avvengono le transazioni lungo la filiera, e i relativi contenuti restano registrati sulla *blockchain*.

A tal fine, è stato sviluppato un progetto pilota¹³⁸ da Gelati PEPINO S.p.a.¹³⁹ per l'adozione della *blockchain* e degli *smart contract* da parte della propria filiera di produzione. L'attuazione di tale progetto è finalizzata ad ottenere alcuni vantaggi, quali: l'incremento della collaborazione tra le aziende e della loro apertura verso tutti gli attori della filiera grazie alla fruizione dei dati condivisi, immutabili e certi; l'automatizzazione grazie agli *smart contract* delle operazioni tra gli attori della filiera; la perenne tracciabilità dei vari passaggi, produttivi e di trasformazione, di un *asset* fisico senza costi ricorrenti; l'agevolazione nella presentazione della prova legale dei vari passaggi di realizzazione e vendita di un prodotto.

Un'altra tipologia di *smart contract* è quella che si sviluppa nell'ambito dei rapporti di utenza di energia elettrica e permette lo scambio di energia tra privati¹⁴⁰. Infatti,

¹³⁸ Per una dettagliata esposizione del progetto si veda <https://www.ui.torino.it/notizia/82875/disponibili-le-slide-nono-webinar-dellufficio/download/56378/>.

¹³⁹ Gelati Pepino è una storica impresa di produzione di gelati nata nel 1884. Si tratta di una società di trasformazione, in cui la qualità dei prodotti dipende dalla qualità delle materie trasformate.

¹⁴⁰ D. FAUCEGLIA, *Il problema dell'integrazione dello smart contract*, in *Contratti*, cit., pp. 610 ss., secondo cui lo *smart contract* è frequentemente utilizzato nei settori bancario ed energetico. Con particolare riferimento a quest'ultimo, l'A. rileva che, con l'avvento della c.d. "*smart energy*", lo *smart contract* costituisca lo strumento principale per regolare la somministrazione di energia elettrica, in quanto consente di creare un rapporto diretto tra utente e produttore.

Inoltre, sul tema si vedano: L. GABRIELE, *Conversazione su #blockchain e contratti intelligenti: uno sguardo al mercato dell'energia*, in Aa. Vv. *Aspetti della transizione: il teleriscaldamento, la #blockchain e i contratti intelligenti. Atti degli atelier aiden*, a cura di Bruti Liberati, De Focatiis, Travi, Padova, 2019, pp. 79 ss.; L. PAROLA, *Blockchain e contratti intelligenti: uno sguardo al mercato dell'energia*, in Aa. Vv. *Aspetti della transizione: il teleriscaldamento, la #blockchain e i contratti intelligenti. Atti degli atelier aiden*, a cura di Bruti Liberati, De Focatiis, Travi, Padova, 2019, pp. 108 ss.

Su questo tipo di *smart contract* si veda anche L. FOTI, *Capire Ethereum Smart Contract ICO e DApp: Una panoramica sulle nuove tecnologie che stanno rivoluzionando internet e tanti esempi pratici della loro applicazione*, cit.; M. MAUGERI, *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, cit., pp. 79 ss., la quale ritiene che l'applicazione della tecnologia DLT e degli *smart contracts* al settore energetico possa rendere più efficaci, veloci e sicuri gli scambi di energia tra i partecipanti ad una stessa piattaforma. Inoltre, l'A. menziona alcuni progetti attivi di utilizzo di DLT e *smart contracts* nel settore dell'energia, come *Enerchain*, *Power ledger*, e *Microgrid*.

L'avvento delle fonti rinnovabili ha consentito a chiunque di produrre energia elettrica che, riversata nella rete elettrica e compensando quella consumata, fornisce al produttore un risparmio sul costo dell'energia. Diversamente da ciò che avviene nel sistema tradizionale, in cui il consumatore ha rapporti solo con il fornitore che opera al dettaglio, la tecnologia *blockchain* consente di creare un rapporto diretto tra utente e produttore. In particolare, l'implementazione all'interno della *blockchain* di *smart contracts* permette di iniziare o interrompere l'erogazione di energia in base alle condizioni definite nel contratto digitale, in modo tale che l'utente può gestire in un modo autonomo il flusso di distribuzione dell'energia¹⁴¹. L'energia prodotta in eccesso, ma non utilizzata dall'utente, può essere ceduta ad altri, su un piano paritario (*peer-to-peer*) con gli altri nodi della rete. Questo sistema trasforma l'utente/consumatore in un'auto produttore di energia che può essere scambiata con altri consumatori; da qui deriva l'utilizzo del termine *prosumer*, inglesismo nato dalla crasi di *consumer* e *producer*¹⁴². Come dice la parola stessa, infatti, gli aderenti alla rete sono allo stesso tempo produttori e consumatori.

¹⁴¹ L'impiego delle tecnologie in esame nel mercato energetico è una tematica oggetto di interesse anche a livello dell'Unione Europea. Infatti, nella parte della *Risoluzione del Parlamento europeo del 3 ottobre 2018 sulle tecnologie di registro distribuito e blockchain: creare fiducia attraverso la disintermediazione* (2017/2772(RSP)). in <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A52018IP0373>, dedicata a “DLT, decentramento e applicazioni”, vi sono alcuni punti relativi alle “Applicazioni a basso consumo energetico e rispettose dell'ambiente”, in cui il Parlamento testualmente:

«4. sottolinea che la DLT può trasformare e democratizzare i mercati dell'energia, consentendo alle utenze domestiche di produrre energia rispettosa dell'ambiente e di scambiarla tra pari; evidenzia che tali tecnologie offrono scalabilità e flessibilità a operatori di impianti, fornitori e consumatori;

5. sottolinea che la DLT può sostenere la produzione e il consumo di energia verde e potrebbe migliorare l'efficienza degli scambi energetici; rileva che la DLT può trasformare il funzionamento della rete elettrica e consentire a comunità e singoli di fornire servizi di rete e di integrare le risorse rinnovabili in modo più efficace; sottolinea inoltre che la DLT può creare alternative ai programmi di investimenti sulle energie rinnovabili sponsorizzati dallo Stato;

6. rileva che la DLT può agevolare le infrastrutture di trasmissione e distribuzione dell'energia e creare un nuovo ecosistema per le transazioni riguardanti i veicoli elettrici; sottolinea che la DLT migliora le comunicazioni in materia di energia e consente una precisa tracciatura dei certificati relativi all'energia rinnovabile o alle emissioni di carbonio;

7. sottolinea che la DLT può sostenere l'elettrificazione delle comunità rurali indigenti mediante meccanismi alternativi di pagamento e donazione».

¹⁴² Sulla figura del *prosumer* e sulla sua tutela, si veda M. MAUGERI, *Elementi di criticità nell'equiparazione, da parte dell'AEEGSI, dei prosumer ai consumatori e ai clienti finali*, in *Nuova Giurisprudenza Civile Commentata*, II, 2015, pp. 406 ss. e ID., *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, cit., pp. 83 ss, in cui l'A. rivedendo la posizione assunta nel primo scritto menzionato, ritiene attribuibile al *prosumer* la stessa tutela offerta al consumatore grazie al sopravvenuto intervento legislativo.

L'esempio più noto di rete alternativa di produzione e distribuzione dell'energia elettrica è quello della “*Brooklyn Microgrid*”, che permette ai gestori dei sistemi fotovoltaici posti sui tetti di Brooklyn di inviare al microgrid l'energia “verde” prodotta in eccesso dai pannelli e non consumata dai legittimi proprietari per poterla redistribuire. In cambio, i proprietari dei pannelli fotovoltaici ricevono un compenso economico con una modalità di pagamento digitale basato sulla *blockchain*¹⁴³. I due scopi principali sono quindi quello ecologico, creando incentivi finanziari e modelli di *business* che incoraggino la comunità ad investire sulla produzione di energie rinnovabili, e quello di rendere la comunità indipendente dai grossi fornitori di rete elettrica principale, quali *Enel* o *Acea*.

Infine, l'utilizzo degli *smart contracts* si prospetta con riferimento all'*Internet of Things* (*IoT*), in italiano “Internet delle cose o degli oggetti”, un sistema in cui ad ogni oggetto dotato di tale tecnologia viene assegnato un identificativo e questo gli permette di dialogare con le altre “cose”. Un primo esempio è quello dell'automobile che, dopo un certo numero di chilometri percorsi, acquista autonomamente l'olio per il motore o prenota il tagliando dal meccanico. Un altro esempio, caso di studio, è quello della lavatrice in grado di ordinare il detersivo quando sta per finire. Infine, un ultimo esempio è quello di una sveglia che, capace di consultare la situazione del traffico, determina, sulla base di quest'ultima, l'orario in cui far partire l'allarme.

Più in particolare, determinati oggetti o soggetti condividono dati e informazioni (*input*) con altri oggetti (macchine, edifici, automobili, ecc.) che, a seguito della ricezione delle stesse, reagiscono in modo autonomo e appropriato (*output*). Dunque, il funzionamento dell'*IoT* si basa sulla comunicazione di dati tra gli oggetti che, attraverso *smart contracts*, compiono operazioni in automatico, realizzando una riduzione dei tempi e dei costi delle transazioni.

¹⁴³ La creazione di un mercato di piccoli fornitori di energia comporta la riduzione dei costi per i consumatori.

11. Cenni sull'interazione tra *smart contract* e intelligenza artificiale: possibili sviluppi

Gli *smart contracts*, in quanto protocolli di transazione basati su algoritmi, rappresentano un fenomeno distinto da quello dell'intelligenza artificiale.

È importante mettere in luce questa differenza perché è frequente, nella dottrina italiana, che la locuzione *smart contracts* venga tradotta come contratti intelligenti¹⁴⁴, ingenerando confusione circa l'impiego dei sistemi di intelligenza artificiale per il funzionamento degli *smart contracts*¹⁴⁵.

Sono tecnologie “intelligenti” tutti i programmi e le applicazioni in grado di semplificare operazioni complesse, di interagire con l'uomo, di apprendere e di autocorreggersi (c.d. *machine learning*). Dunque, l'intelligenza artificiale permette alle macchine che ne fanno utilizzo di operare con un certo livello di versatilità, autonomia e adattabilità al contesto, riducendo o escludendo la necessità dell'intervento umano.

Le menzionate proprietà dell'intelligenza artificiale distinguono chiaramente quest'ultima dagli *smart contracts*¹⁴⁶.

¹⁴⁴ Della notevole diffusione dell'impiego della locuzione “contratti intelligenti” nella traduzione dell'espressione “*smart contracts*” è prova anche la versione italiana di due Risoluzioni del Parlamento europeo relative ai servizi digitali e alla *blockchain* (*Risoluzione del Parlamento europeo del 20 ottobre 2020 recante raccomandazioni alla Commissione sulla legge sui servizi digitali: migliorare il funzionamento del mercato unico (considerando lett. O; punti 32, 33, 35, 36)*, in in https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2020-0273_IT.html#title1; *Risoluzione del Parlamento europeo del 13 dicembre 2018 sulla blockchain: una politica commerciale lungimirante* (2018/2085(INI)) (punto 29)), in https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2018-0528_IT.html. – sulle quali ci si soffermerà nel Capitolo Terzo, Sezione Seconda, paragrafo 2 –, nelle quali si traduce con “contratti intelligenti” il termine “*smart contracts*” presente nella versione inglese delle Risoluzioni.

¹⁴⁵ Sottolineano l'erroneità del riferirsi agli *smart contracts* come contratti intelligenti A. STAZI, *Automazione contrattuale e “contratti intelligenti”*, cit., pp. 123-124, in quanto «il termine *smart* non implica, invece, l'uso di intelligenza artificiale»; M. MAUGERI, *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, cit., pp. 32 e 33, afferma che «*Smart contracts*, intelligenza artificiale e *Machine learning* sono cose diverse da non sovrapporre». Efficacemente osserva Non tutti i contratti algoritmici sono, dunque, contratti – propriamente – “intelligenti” (*smart*), termine che andrebbe piuttosto riservato per i soli contratti incentrati sull'impiego di programmi di intelligenza artificiale».

Si veda sul tema anche R. BATTAGLINI, P. NICORELLI, *Smart legal contract: dall'idea al codice*, cit., p. 5.

¹⁴⁶ DI GIOVANNI F., *Sui contratti delle macchine intelligenti*, in Aa. Vv. *Intelligenza Artificiale - Il Diritto, I Diritti, L'etica*, a cura di Ruffolo, pp. 260 ss., che si sofferma sulla differenza tra *smart contract* e utilizzo dell'intelligenza artificiale, efficacemente sintetizzata con l'espressione «dall'“automazione” (propria degli *smart contracts*) all'“autonomia” delle macchine intelligenti».

Lo *smart contract* non è “intelligente” in senso proprio, perché non dispone di alcuna capacità di imparare, autodeterminarsi, adattarsi a mutamenti della realtà, cambiare, migliorare.

Infatti, se si guarda ad alcuni caratteri tipici dello *smart contract*, come quello dell’immutabilità, di “intelligente” c’è ben poco. Siffatta affermazione risulta corroborata se tale caratteristica viene confrontata con quanto è invece previsto nella disciplina contrattuale codicistica.

Nel Codice civile il principio *pacta sunt servanda* – o “sanctity of contract” in *common law* – codificato espressamente dall’art. 1372 c.c.¹⁴⁷ non è assoluto, ma soggetto ad eccezioni che giustificano il mancato adempimento dell’obbligazione contrattuale da parte di uno dei contraenti. Queste eccezioni si sostanziano negli eventi perturbativi del rapporto contrattuale che si verificano durante l’esecuzione e che prendono il nome di sopravvenienze¹⁴⁸. Le sopravvenienze legalmente tipiche, così definite perché previste e disciplinate dal codice, trovano fondamento nelle norme che disciplinano l’impossibilità sopravvenuta della prestazione, di cui agli artt. 1256 – 1259 c.c. (nelle obbligazioni in generale) e 1463 – 1466 c.c. (nei contratti a prestazioni corrispettive)¹⁴⁹ e nella eccessiva onerosità sopravvenuta *ex art.* 1467 c.c.

Queste eccezioni al carattere essenzialmente irretrattabile del vincolo contrattuale sono espressione di una regola generale, secondo la quale il contratto è vincolante *rebus sic stantibus*¹⁵⁰, ossia a condizione che permangano sostanzialmente inalterati i

¹⁴⁷ Il comma 1 della norma, rubricata “Efficacia del contratto” recita «Il contratto ha forza di legge tra le parti. Non può essere sciolto che per mutuo consenso o per cause ammesse dalla legge».

¹⁴⁸ Da un punto di vista empirico, è possibile classificare le sopravvenienze in tre categorie: sopravvenienze che rendono – sul piano naturalistico o giuridico – l’esecuzione del contratto, incidendo in modo oggettivo e definitivo sulla possibilità di eseguire una o entrambe le prestazioni contrattuali; sopravvenienze che frustrano la causa in concreto del contratto: le prestazioni sono ancora possibili sia sul piano naturalistico che su quello giuridico, ma viene meno la loro idoneità a realizzare lo scopo del contratto e, così a soddisfare in concreto gli interessi perseguiti dalle parti; sopravvenienze che alterano l’equilibrio economico normativo del contratto: le prestazioni sono ancora possibili e in sé idonee a realizzare lo scopo perseguito con il contratto, ma l’equilibrio tra le stesse è stato turbato dal verificarsi di fatti o circostanze che hanno reso particolarmente difficile o eccessivamente onerosa l’una delle due prestazioni rispetto all’altra, alterando il rapporto sinallagmatico come originariamente considerato dalle parti.

In questi termini F. CARINGELLA, *Manuale ragionato di diritto civile*, Roma, 2020, pp. 1106-1107.

¹⁴⁹ Il principio giuridico espresso dal brocardo «*impossibilium nulla est obligatio*», la cui origine si rinviene già nel diritto romano: *Corpus Iuris Civilis, Digesta* 50.17.185 (533) (Celsus lib. 8 digest.).

¹⁵⁰ Si tratta di una clausola elaborata nel periodo medioevale da glossatori e canonisti, si veda J. GORDLEY, A.T. VON MEHREN, *An Introduction to the Comparative Study of Private Law: Readings, Cases, Materials*, Cambridge, 2009, pp. 503, 513. Se ne trova traccia già nella glossa al *Decretum Magistri*

presupposti fattuali e giuridici in presenza e sulla base dei quali la convenzione è stata stipulata.

In sintesi, dal bilanciamento dei due opposti principi, *pacta sunt servanda* e *rebus sic stantibus* – inteso, in generale, con riferimento al tema delle sopravvenienze – deriva che il contratto è vincolante fra le parti, fintanto che non si verificano eventi (quali, l'eccessiva onerosità sopravvenuta della prestazione o il venir meno dello scopo del contratto), che determinano un mutamento delle circostanze di fatto esistenti al momento della sua stipula e ne impediscono la regolare esecuzione (difetto funzionale).

Tale digressione è funzionale allo scopo di mettere in evidenza l'incapacità di uno *smart contract* di adattarsi al concreto contesto fattuale e giuridico, diversamente da ciò che avviene per il contratto tradizionale.

A testimonianza di quanto appena rilevato, in caso di sopravvenuta ed imprevedibile eccessiva onerosità di una prestazione di un contratto con prestazioni corrispettive di durata o ad esecuzione differita l'art. 1467 c.c., inserito nell'ambito della disciplina rimedi contrattuali, prevede la facoltà del contraente svantaggiato di ottenere la risoluzione o il mutamento dei termini contrattuali ad opera della controparte.

Invece, uno *smart contract*, una volta attivato, non sarebbe in grado di sospendere autonomamente l'esecuzione di una prestazione¹⁵¹, se non in presenza di una specifica istruzione inserita *ex ante* al momento della sua redazione – quando ancora non sussisteva alcun sensore della verifica dell'evento perturbatorio sopravvenuto e imprevedibile – o di un oracolo, che disponga una disattivazione del *software* o imponga una rinegoziazione dei termini contrattuali. Probabilmente il problema dell'inflessibilità degli *smart contracts* potrebbe risolversi proprio grazie all'adozione delle Intelligenze Artificiali; peraltro, il loro utilizzo comporta un

Gratiani (1139-1142 ca.) Gratianus, *Decretum dicta Gratiani ante*, in *Corpus iuris canonica*, E. Friedberg ed., 1876, C. 22, q. 2, c. 14. Sul tema G. OSTI, *La così detta clausola «rebus sic stantibus» nel suo sviluppo storico*, in *Riv. dir. civ.*, 1912, p. 13; ID., *Clausola rebus sic stantibus*, in *Noviss. dig. it.*, IV, Torino, 1959, p. 353.

¹⁵¹ In questi termini, si vedano S.A. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, cit., pp. 373 e 374, e T. PELLEGRINI, *Gli smart contract*, in *Diritto privato digitale*, a cura di Battelli, Torino, 2022, pp. 269-270.

notevole margine di errore difficilmente conciliabile con la rigidità propria della tecnologia *blockchain*¹⁵².

Comunque, al momento, lo *smart contract* non è dotato di alcuna intelligenza, ma si sostanzia in un programma informatico (*software*) auto-eseguibile, che opera in conformità alle istruzioni sotto forma di dati che riceve (*input*), restituendo un risultato predeterminato (*output*).

Dunque, l'aggettivo “*smart*” si giustifica per l'uso comune del termine *smart*, che viene oggi associato al mondo della tecnologia in generale e sancisce la collocazione dello *smart contract* entro il perimetro delle nuove tecnologie. Inoltre, va riferito anche al suo funzionamento, che si caratterizza per essere facile, veloce, efficiente, così come avviene per gli oggetti che si qualificano *smart*, come *smartphone*, *smartwatch*, *smart TV*, *smart car*, *smart shop*.

Tuttavia, il fenomeno *smart contracts* è solo agli inizi. Per questo, se oggi gli stessi possono essere utilizzati esclusivamente per l'esecuzione di obbligazioni oggettive, chiare e semplici, non può escludersi che in un futuro, non così lontano¹⁵³, la loro interazione con altre tecnologie, come proprio l'intelligenza artificiale, possa renderli capaci di attuare obbligazioni complesse e stratificate, in linea con le prospettive illustrate anche dalla Risoluzione del Parlamento Europeo del 2017 relativa al diritto civile della robotica¹⁵⁴.

L'applicazione dell'intelligenza artificiale o di sistemi di capacità adattiva allo *smart contract* ne amplificherebbe notevolmente le sue potenzialità¹⁵⁵. Infatti, diverrebbe uno strumento capace di assumere autonomamente decisioni, rispondendo a stimoli esterni non previsti in fase di programmazione.

¹⁵² Mette in rilievo questo aspetto MIRAGLIA C., V. ORSINI, *Gli smart contract tra falsi miti e teoria generale*, in Aa. Vv. *Tem di diritto civile*, a cura di Miraglia, Goytacazes RJ, 2019, p. 143, nota 82.

¹⁵³ Si veda, a tal proposito, D. WALLIS, *Visions of Future: Smart Contracts, Blockchain, and Artificial Intelligence*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 359 ss.

¹⁵⁴ *Risoluzione del Parlamento europeo del 16 febbraio 2017 recante raccomandazioni alla Commissione concernenti norme di diritto civile sulla robotica (2015/2103(INL))*, in <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52017IP0051&from=DE>.

¹⁵⁵ Si vedano, per un'analisi delle capacità future degli *smart contracts*, tenendo anche in considerazione l'incidenza dell'AI: R. BROWNSWORD, *Smart Transactional Technologies, Legal Disruption, and the Case of Network Contracts*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 313 ss.; B. PASA, L.A. DI MATTEO, *Observations on the Impact of Technology on Contract Law*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 334 ss.

Di fronte a tale fenomeno sarà forse opportuno interrogarsi sulla natura giuridica dello *smart contract*. In altri termini, occorrerà analizzare se possa ritenersi ancora sussistente un rapporto contrattuale fra parti umane, gestito con strumenti altamente sofisticati, o se gli automi, in quanto capaci di autodeterminazione, siano in tutto e per tutto soggetti e dunque parti del negozio¹⁵⁶.

In conclusione, si può certamente affermare che, nel corso della c.d. quarta rivoluzione¹⁵⁷ industriale, la storia attuale del contratto si confronta con l'operatività degli algoritmi, con le tecnologie basate su registri distribuiti, come la *blockchain*, e con l'intelligenza artificiale, seppure la relazione tra quest'ultima e il contratto si trovi ancora in uno stadio embrionale.

¹⁵⁶ Con riguardo al tema della responsabilità, osserva efficacemente G. FINOCCHIARO, *Riflessioni sugli smart contract e sull'intelligenza artificiale*, in *giustiziacivile.com*, 11, 2020, pp. 3-4 «che abbia senso interrogarsi sulla soggettività giuridica negli *smart contract* e, più in generale, dei programmi di intelligenza artificiale, solo nel caso in cui il discorso giuridico sia strettamente collegato alla formulazione di un nuovo modello di responsabilità. Altrimenti, rischia di ridursi un esercizio di grande fascino intellettuale, spesso condotto con sapiente retorica e fortemente evocativo, al quale tuttavia non è riconducibile una chiara funzione nell'ambito dell'ordinamento giuridico». Si veda anche ID., *Il contratto nell'era dell'intelligenza artificiale*, in *Rivista trimestrale di diritto e procedura civile*, 2, 2018, pp. 459-460.

¹⁵⁷ Utilizza la locuzione “quarta rivoluzione” L. FLORIDI, *La quarta rivoluzione. Come l'infosfera sta trasformando il mondo*, Milano, 2017, p. 105, proprio con riferimento all'avvento di macchine autonome/dispositivi digitali in grado di superare l'uomo nella capacità di processare informazioni dal punto di vista logico e di agire in modo più efficiente dell'uomo ogniquale fosse richiesto di processare informazioni per assolvere un determinato compito. Secondo l'A. il padre della quarta rivoluzione deve essere considerato Alan Turing, grazie al quale «la parola computer perse la sua accezione antropologica e divenne sinonimo di macchina programmabile».

CAPITOLO SECONDO

CLASSIFICAZIONI DEGLI *SMART CONTRACTS*

SOMMARIO: 1. *Smart contracts* e *smart legal contracts*. – 2. Lo *smart (legal) contract* è un contratto *ex art. 1321 c.c.*? – 3. Lo *smart contract* nell'ambito della fattispecie contrattuale. – 3.1. Lo *smart contract* come mezzo di conclusione di un contratto tradizionale. – 3.2. Lo *smart contract* come mezzo di esecuzione di un contratto tradizionale. – 3.3. Lo *smart contract* sostitutivo del contratto tradizionale.

1. *Smart contracts* e *smart legal contracts*

Come anticipato in precedenza, l'espressione "*smart contract*" fa riferimento a programmi per elaboratori idonei ad eseguire operazioni, suscettibili di assumere natura contrattuale, in forma automatizzata.

Ciò che accomuna in un unico *genus* tutte le tipologie di *smart contract* è l'automatizzazione, poiché al verificarsi di determinate condizioni corrisponde un determinato risultato, secondo la logica condizionale *if this, then that*, che ricorda quella sottesa al giudizio ipotetico se A, allora B che connota il precetto giuridico¹⁵⁸.

Lo *smart contract*, secondo una definizione onnicomprensiva, è un *software* automatizzato, che garantisce la certezza del risultato predeterminato nel programma tramite l'esecuzione del codice informatico. In quanto tale, non è giuridicamente vincolante né fa sorgere obblighi contrattuali, tuttavia, per la sua natura proteiforme, può riguardare protocolli di transazioni che si riferiscono alla fase di conclusione ed esecuzione del contratto, alla sola fase di esecuzione di un contratto o anche protocolli del tutto avulsi da un contratto.

Dal punto di vista giuridico, gli *smart contracts* si presentano quale risorsa astrattamente idonea a verificare ed eseguire digitalmente una prestazione connessa

¹⁵⁸ AA. VV., *Dieci lezioni introduttive a un corso di diritto privato, Lezione n. 3 – La fattispecie*, Torino, 2006, pp. 70 ss.

alla fase di negoziazione ovvero di esecuzione di un contratto, senza alcun intervento delle parti o di terzi, in maniera tracciabile ed irreversibile (se non viene predisposta *ex ante* l'esecuzione di un'operazione di segno opposto). Dunque, l'applicazione degli *smart contracts* al rapporto contrattuale inteso in senso lato è possibile, soprattutto con riferimento a contratti che non richiedono particolari formalità e non includono obbligazioni complesse – nonostante si auspichi *pro futuro* di estenderne il campo applicativo in ambito contrattuale (si veda, in riferimento a questo argomento, il Capitolo I, paragrafo 9).

Il tema della relazione tra *smart contract* e contratto tradizionale ha indotto una parte degli studiosi del fenomeno a ritenere che la locuzione *smart contract* sottenda due differenti fenomeni, lo *smart contract code* e lo *smart legal contract*¹⁵⁹, nell'ottica di chiarire la distinzione tra il fenomeno informatico e quello rilevante in senso giuridico.

Tuttavia, nonostante nell'ambito chi sostiene la citata bipartizione si sia diffuso il termine *smart legal contract* per differenziarlo dallo *smart contract*, non si ravvisa un'uniformità di vedute riguardo l'esatta perimetrazione dei due concetti.

Secondo alcuni autori¹⁶⁰, lo *smart contract code* si riferisce al codice informatico che, quando viene eseguito, utilizza la logica condizionale per valutare se una o più condizioni predefinite sono soddisfatte e, in caso affermativo, esegue automaticamente compiti specifici. Questo processo viene talvolta definito logica *if/then* o *if this then that* o programmazione *IFTTT*, dove il “this” è la condizione o l'*input* e il “that” è l'attività che viene eseguita o l'*outcome*. Lo *smart contract code* può avere, talvolta, anche rilevanza contrattuale o legale. Ciò accade nei casi in cui il *software* che esegue il codice informatico è idoneo ad integrare misure per l'adempimento di un obbligo (ad esempio, il rimborso di un prestito) o per l'esercizio

¹⁵⁹ Per l'adozione di tale terminologia si veda C.D. CLACK, V.A. BAKSHI, L. BRAINE, *Smart Contract Templates: foundations, design landscape and research directions*, cit., p. 3.

¹⁶⁰ Si vedano, in questo senso: J. STARK, *Making Sense of Blockchain Smart Contracts*, in *Coindesk*, 2016, in www.coindesk.com/making-sense-smart-contracts/; C.D. CLACK, V.A. BAKSHI, L. BRAINE, *Smart Contract Templates: foundations, design landscape and research directions*, cit., pp. 2 ss., i quali danno una definizione generale di *smart contract* che ritengono riferibile sia gli *smart legal contracts*, dove l'accordo ha rilevanza giuridica ed è, almeno in parte, implementabile in un *software* sia allo *smart contract code*, ossia un *software* automatizzato che può non essere necessariamente collegato a un accordo formalmente legale (contratto); M. KAULARTZ, J. HECKMANN, *Smart Contracts - Anwendungen der Blockchain-Technologie*, cit., p. 618; A.U. JANSSEN, F.P. PATTI, *Demistificare gli smart contracts*, cit., pp. 34-35; CLIFFORD-CHANCE, *Smart Contracts: Legal Framework and Proposed Guidelines for Lawmakers*, in <https://www.ebrd.com/documents/legal-reform/pdf-smart-contracts-legal-framework-and-proposed-guidelines-for-lawmakers.pdf>, 2018, p. 6.

di diritti (ad esempio, l'invio di una notifica di risoluzione di un contratto di locazione) o per il trasferimento della proprietà di beni (ad esempio, se aggiorna il registro di proprietà di un immobile). Tuttavia, non è necessario che lo *smart contract code* abbia rilevanza sul piano giuridico e non deve necessariamente riferirsi a un contratto giuridicamente rilevante.

Il termine *smart legal contract*, invece, indicherebbe proprio la modalità in cui i contratti giuridicamente e con effetti vincolanti, possono essere espressi ed eseguiti attraverso il *software*¹⁶¹.

Lo *smart legal contract* è una sottocategoria di *smart contract* in cui si combinano lo *smart contract code* e il linguaggio giuridico tradizionale. Quindi, con tale termine ci si riferisce ad uno *smart contract* che è o che è parte di un contratto tradizionale, anche se l'accordo è intervenuto fuori dalla *DLT*. Dunque, le obbligazioni di fonte contrattuale, indipendentemente dalla circostanza che il contratto sia stato stipulato *on-chain* o *off-chain*, sono adempiute automaticamente, in quanto l'esecuzione delle prestazioni è posta in essere dal *software*¹⁶².

Altra parte della dottrina precisa gli *smart legal contract* sono *smart contracts* con natura contrattuale *ex art. 1321 c.c.* che girano su *DLT* e «consentono sia la conclusione della transazione che l'esecuzione»¹⁶³.

Gli *smart legal contract* o, per coloro che non aderiscono a tale distinzione, gli *smart contracts* con effetti giuridicamente rilevanti sollevano alcune questioni sul loro inquadramento giuridico. Ciò a maggior ragione laddove si ritenga, come taluno ha sostenuto¹⁶⁴, che il processo espansivo della categoria *smart contract* sia destinato a prefigurare un vero e proprio percorso di assorbimento della logica del sinallagma

¹⁶¹ R. BATTAGLINI, P. NICORELLI, *Smart legal contract: dall'idea al codice*, cit., p. 22.

¹⁶² Il concetto di «smart legal contract» indica proprio la modalità in cui i contratti giuridicamente rilevanti possono essere espressi ed eseguiti attraverso il *software* secondo A. STAZI, *Automazione contrattuale e "contratti intelligenti"*, cit., p. 122; C.D. CLACK, V.A. BAKSHI, L. BRAINE, *Smart Contract Templates: foundations, design landscape and research directions*, cit., p. 2.

¹⁶³ In questi termini si esprime M. MAUGERI, *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, cit., p. 33. Anche l'EU BLOCKCHAIN OBSERVATORY AND FORUM, *Legal and Regulatory Framework of Blockchains and Smart Contracts*, in https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/report_legal_v1.0.pdf, p. 23, definisce gli *smart legal contracts* come «smart contracts on a blockchain that represent - or that would like to represent - a legal contract».

¹⁶⁴ Così R. PARDOLESI, A. DAVOLA, *«Smart contract»: lusinghe ed equivoci dell'innovazione purchasea*, cit., p. 196.

contrattuale all'interno del fenomeno tecnologico¹⁶⁵, mediante una progressiva conversione del linguaggio naturale in linguaggio macchina.

Si è ritenuto possibile, coerentemente con tale prospettiva, riversare la totalità dei termini negoziali in un *software* connesso ad un elaboratore che presieda all'esecuzione del contratto e, perciò, sia in grado di garantire il rispetto degli impegni assunti dalle parti. Attraverso un contratto redatto in linguaggio computazionale (spesso gli *smart contract* sono comunque accompagnati da una traduzione *User Friendly*), infatti, le parti sono in grado di concordare che, al verificarsi di condizioni predeterminate, si producano effetti giuridici, siglando il medesimo mediante lo scambio di volontà tra due o più utenti dell'infrastruttura digitale ove lo *smart contract* viene redatto.

Inoltre, lo *smart legal contract*, essendo un contratto giuridicamente inteso parzialmente o interamente eseguito da un *software*, può presentarsi in tre differenti forme: *Solely Code Model*, *Internal Model* ed *External Model*¹⁶⁶.

Il “modello solo codice” consiste in uno *smart contract* che è espresso solo in codice informatico. Dunque, il consenso delle parti si forma su un codice binario, che ha ad oggetto obbligazioni concordate tra le parti direttamente in linguaggio di programmazione, e viene implementato ed eseguito sulla *blockchain*. In questo modello, la forma del contratto corrisponde allo *smart contract*, non essendoci alcuna versione, né scritta né orale, in linguaggio naturale. Questo modello costituirà oggetto di specifica trattazione più avanti sempre in questo Capitolo (paragrafo 3.3.).

Il “modello interno” è un documento scritto contemporaneamente in linguaggio umano e in codice informatico in modo da essere comprensibile sia per le parti sia

¹⁶⁵ In maniera particolarmente pregnante osserva S. A. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, cit., p. 379, che «il ricorso allo *smart contract* determini una inversione della normale dinamica nel rapporto fra l'uomo e la tecnologia: mentre finora ci si è mossi nella direzione di «umanizzare» la macchina, rendendone le logiche di funzionamento intelleggibili all'utente attraverso l'intermediazione di interfacce *user-friendly* che «parlano» in linguaggio umano, permettendo quindi la creazione e la condivisione di accordi negoziali classici attraverso gli strumenti tecnologici, il ricorso allo *smart contract* [...] che sia l'uomo a «robotizzarsi» apprendendo (o al limite utilizzando grazie all'aiuto di esperti) il linguaggio informatico; con tutto ciò che ne discende anche in termini di limiti intrinseci a questo».

¹⁶⁶ Questa tripartizione a proposta da due report centrali in tema di *smart contract*: UK JURISDICTION TASKFORCE, *Legal statement on cryptoassets and smart contracts*, in https://35z8e83m1ib83drye280o9d1-npengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2019/11/6.6056_JO_Cryptocurrencies_Statement_FINAL_WEB_111119-1.pdf, 2019 pp. 33, 35 e 36, punti 145, 150-152; LAW COMMISSION, *Smart Legal Contracts*, in <https://s3-eu-west-2.amazonaws.com/lawcom-prod-storage-11jsxou24ny7q/uploads/2021/11/Smart-legal-contracts-accessible.pdf>, 401, 2021, pp. 29-30, punti 2.78 ss. In dottrina, invece, si veda R. BATTAGLINI, P. NICORELLI, *Smart legal contract: dall'idea al codice*, cit., p. 10.

per la macchina. Tuttavia, l'esecuzione del codice e, conseguentemente, delle prestazioni hanno luogo sulla *blockchain*, come accade nel “modello solo codice”, ma a differenza di quest'ultimo per la redazione di questo modello i costi sono maggiori a causa del notevole lavoro redazionale che richiede. Dunque, questo modello dà vita ad un contratto ibrido¹⁶⁷ che, nella prassi, si sostanzia in un contratto con forma (scritta o orale) espressa in linguaggio naturale con una o più disposizioni espresse solo in codice o sia in codice che in linguaggio umano.

Il “modello esterno” consiste in un contratto tradizionale, redatto interamente in linguaggio naturale, che include l'accordo delle parti ad utilizzare uno o più *smart contract* nell'esecuzione di alcune disposizioni. Quindi, lo *smart contract* è un mero strumento di automatizzazione, a supporto del contratto tradizionale. Questo modello si distingue dal “modello interno” in quanto consta di due contratti separati, uno in linguaggio naturale (orale o redatto per iscritto) e un altro in linguaggio di programmazione. Con riferimento a quest'ultima categoria, viene da chiedersi se la traduzione in linguaggio informatico del contratto concluso in modo tradizionale costituisca una peculiare ipotesi di ripetizione del contratto in una forma diversa, qui necessaria per la sua attuazione¹⁶⁸. Tuttavia, da un punto di vista patologico, occorre chiedersi quale sia la sorte dello *smart contract*, il cui contenuto precettivo sia difforme da quanto le parti avevano previsto nel linguaggio naturale, e quali siano gli strumenti

¹⁶⁷ Questo è il modello che gli studi legali continuano a consigliare ai propri clienti, come si può vedere in CLIFFORD CHANCE, *Are Smart Contracts Contracts?*, in <https://www.cliffordchance.com/content/dam/cliffordchance/briefings/2017/08/are-smart-contracts-contracts.pdf>, dicembre 2017, pp. 6 ss. Anche M. DUROVIC, A. JANSSEN, *The Formation of Blockchain-based Smart Contracts in the Light of Contract Law*, cit., p. 780, ritengono che, al momento, questa sia la migliore soluzione. In particolare, gli AA. si esprimono nel senso che è preferibile affiancare agli *smart contracts*, un “involucro” finalizzato a garantire che siano avvenute un'offerta e un'accettazione valide. Questi ibridi di codice e contratto, uniscono uno *smart contract* e un contratto tradizionale che riconosce quello *smart*, sono forse. A tal fine sarebbe sufficiente prevedere un procedimento che incorpori i requisiti legali per l'esecuzione elettronica dei contratti tradizionali non automatizzati, una sorta di «*point and click*» piuttosto che affidarsi a interpretazioni speculative delle disposizioni di legge grazie alle quali gli *smart contracts* sarebbero validi. Tuttavia, la stesura dell'“involucro” potrebbe richiedere qualcosa di più del semplice “accetto di essere vincolato dal risultato dello *smart contract*”, poiché una clausola del genere potrebbe essere inapplicabile per incompletezza o incertezza. Tuttavia, gli AA. auspicano che, nel lungo periodo, l'efficienza che guida il mondo degli affari spinga il sistema legale a creare una certezza giuridica nello *smart contract* in quanto tale idonei ad evitare costosi ibridi “codice-contratto”. Nello stesso senso si veda anche NORTON ROSE FULBRIGHT, *Arbitrating smart contract disputes from international arbitration report*, <http://www.nortonrosefulbright.com/knowledge/publications/157162/arbitrating-smart-contract-disputes>, 2017, pp. 21–24.

¹⁶⁸ In senso affermativo a tale questione risponde S.A. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, cit., p. 386.

a tutela della parte pregiudicata. Potrebbe, a tal fine, ipotizzarsi l'applicazione della disciplina sull'errore ostativo di cui all'art. 1433 c.c., come si dirà più avanti (vedi *infra*, paragrafo 3.2.).

2. Lo *smart (legal) contract* è un contratto *ex art. 1321 c.c.*?

Come autorevole dottrina ha affermato diverso tempo fa, «da storia del contratto non può separarsi dalla storia delle tecnologie, mediante le quali si determinano i rapporti di scambio»¹⁶⁹. Tale affermazione acquista decisamente centralità nella società attuale, in cui gli strumenti tecnologici costituiscono il mezzo più diffuso per l'instaurazione e/o l'esecuzione dei rapporti contrattuali.

Dunque, proprio perché la tecnologia e il contratto e, più in generale, il diritto non devono porsi in antitesi, la principale questione che si pone con riferimento agli *smart contracts* è se gli stessi possano integrare la figura del contratto tradizionalmente inteso e, conseguentemente, se agli stessi siano applicabili, in tutto o in parte, le norme che disciplinano i primi.

Se, infatti, l'art. 8-ter, introdotto dal legislatore nazionale, sembra fornire una prima parziale risposta al tema della forma del contratto (art. 1350 c.c.), permangono incertezze in merito al rispetto dei requisiti di determinatezza ovvero determinabilità dell'oggetto del contratto *ex art. 1346 c.c.*, ogniqualvolta lo stesso sia il risultato di un'elaborazione computazionale ad opera del programma, nonché con riferimento all'applicabilità della disciplina del consenso (art. 1427 c.c.) e dei rimedi riconducibili allo spettro delle invalidità (nullità e annullabilità), a fronte della vincolatività ed automatica esecuzione delle operazioni trascritte in uno *smart contract*.

La dottrina civilistica si è, pertanto, interrogata sull'effettiva portata di tale strumento, in particolare, con riferimento alla sua dirompenza nell'ordinamento giuridico, ai possibili vantaggi derivanti dal suo utilizzo e alle eventuali minacce all'applicabilità del diritto positivo.

La questione centrale, tutt'ora oggetto di dibattito, riguarda l'esatto inquadramento giuridico dello *smart contract*. In particolare, ci si chiede se lo *smart contract* sia o meno un contratto, inteso quale modello di regolazione di rapporti giuridici patrimoniali.

¹⁶⁹ N. IRTI, *Norma e luoghi. Problemi di geo-diritto*, Roma-Bari, 2006, p. 187; ID., *Scambi senza accordo*, cit., p. 364.

Il dubbio relativo alla natura contrattuale dello *smart contract* è strettamente correlato all'ulteriore questione che si pone con riguardo al fenomeno in esame, ossia quella relativa alla disciplina ad esso applicabile. In particolare, le speculazioni sul tema hanno prospettato diversi scenari, sintetizzabili come segue: si propone di applicare agli *smart contract* le discipline già esistenti che regolano il contratto "tradizionale", con un approccio c.d. "*wait and see*", secondo cui sarebbe sufficiente monitorare gli sviluppi delle nuove tecnologie, senza intervenire con leggi, che oltre a diventare presto obsolete correrebbero il rischio di comprimere i vantaggi legati allo strumento tecnologico innovativo; si afferma l'opportunità di introdurre una normativa *ad hoc*, che possa tenere in considerazione le peculiarità dello strumento; infine, si prospetta la possibilità di un'autoregolamentazione proveniente dagli operatori del mercato che utilizzano lo strumento in esame.

Con particolare attenzione, per il momento, al quesito relativo alla sussumibilità dello *smart contract* all'interno della fattispecie di cui all'art. 1321 c.c. e, quindi, la sua idoneità ad integrare l'accordo «per costituire, regolare o estinguere tra loro un rapporto giuridico patrimoniale», la dottrina, che finora si è espressa sul tema, risulta divisa.

Secondo una prima tesi, allo stato, nella categoria *smart contract* «vi confluisce tutto ciò che parla un linguaggio di bit e vanta attinenza, da un minimo sino alla soglia di equipollenza, a una qualche nozione di contratto»¹⁷⁰ e, proprio questa estrema eterogeneità ne rende estremamente difficile e poco utile un inquadramento giuridico. Tuttavia, i sostenitori di questo orientamento escludono tassativamente che lo *smart contract* possa integrare un contratto in senso tradizionale nei casi in cui i protocolli automatizzati governino frammenti o passaggi di una più articolata vicenda contrattuale, in quanto «la parte, per quanto sofisticata o scintillante, non sta per il tutto»¹⁷¹.

¹⁷⁰ Questa tesi è sostenuta da R. PARDOLESI, A. DAVOLA, «*Smart contract*: lusinghe ed equivoci dell'innovazione *purchase*», cit., p. 205, che sono scettici sulla «diffusione di "supercontratti", davvero capaci di gestire in automatico la sconfinata pluralità di aspetti che possono caratterizzare il rapporto negoziale».

¹⁷¹ Sempre R. PARDOLESI, A. DAVOLA, «*Smart contract*: lusinghe ed equivoci dell'innovazione *purchase*», cit., p. 203.

Secondo un'altra teoria¹⁷², la *ratio* del fenomeno *smart contract* sarebbe quella di fornire un'alternativa al diritto dei contratti, data la sua necessità di una maggiore flessibilità regolatoria. Pertanto, lo *smart contract* sarebbe proprio uno strumento finalizzato a fuoriuscire dall'ambito del diritto e a creare regole sue proprie mediante autoregolamentazione, che meglio rispondano alle concrete esigenze delle interazioni tra mercato e nuove tecnologie (c.d. *lex informatica* o *cryptographia*¹⁷³ alla stregua della nota *lex mercatoria*). Questa tesi, che riprende l'idea di Lessig “*Code is Law*”¹⁷⁴, si fonda sul duplice argomento, secondo cui lo *smart contract* non può mai presentare problemi di mancata esecuzione e che, nel caso in cui presenti vizi di invalidità, non può contare su un apparato remediale che sia idoneo ad incidere in modo coercitivo sulla *blockchain*.

Appare largamente condiviso poi il diverso orientamento secondo il quale, gli *smart contract* non sono contratti (in senso giuridico), ma programmi informatici che consentono di eseguire delle operazioni. Tuttavia, gli *smart contract*, anche se non suscettibili di rientrare nella categoria del contratto disciplinata dal Codice, neppure nella forma di un contratto atipico *ex art. 1322 c.c.*, potrebbero integrare atti della vicenda contrattuale, laddove gli algoritmi che li costituiscono siano programmati per il compimento di atti che costituiscono fasi di conclusione o esecuzione di un

¹⁷² Si vedano A. SAVELYEV, *Contract Law 2.0: «Smart» Contracts As the Beginning of the End of Classic Contract Law*, in *Information & Communications Technology Law*, 26, 2, 2017, pp. 123, 127 ss.; P. DE FILIPPI, S. HASSAN, *Blockchain Technology as a Regulatory Technology. From Code is Law to Law is Code*, 2016, in *First Monday*, 21, 12, 2016; R. PISELLI, *Autonomia negoziale, potere e blockchain. La rivoluzione del contratto*, in Aa. Vv. *Blockchain e autonomia privata. Fondamenti giuridici*, a cura di Nuzzo, Roma, 2019, pp. 51 ss.

¹⁷³ La locuzione si rinviene in J. REIDENBERG, *Lex Informatica: The Formulation of Information Policy Rules through Technology*, in *Tex Law Rev*, 76, 1997, p. 55.

¹⁷⁴ La formula risale a L. LESSIG, *Code and other laws of cyberspace*, New York, 1999, p. 24 e ID., *Code and other Laws of Cyberspace*, New York, 2006, p. 2, si riferisce all'architettura degli albori di *internet*. Al riguardo, si veda: C.B. GRABER, *Internet Creativity, Communicative Freedom and a Constitutional Rights Theory Response to «Code is Law»*, in *Transnational Culture in the Internet Age*, a cura di Candeub, Cheltenham, 2012, pp. 135 ss.

La formula ha ingenerato equivoci e letture riduttive sul senso reale della «*Lessig's disruption*», si veda, in tal senso, R.H. WEBER, «*Rose is a rose is a rose is a rose*» - *what about code and law?*, in *Computer Law & Security Review*, 2018, p. 701. La convinzione, di alcuni autori, secondo cui solo il codice è la legge applicabile alla tecnologia in esame e la legge è obsoleta per gli *smart contract*, non ha ottenuto un sostegno sufficiente, poiché il diritto contrattuale, come si dirà più avanti in questo scritto, continua a svolgere un ruolo importante per gli *smart contract*. Si veda in tal senso, M. DUROVIC, A. JANSSEN, *The Formation of Blockchain-based Smart Contracts in the Light of Contract Law*, cit., p. 758, nota 22.

contratto¹⁷⁵. Secondo questa tesi, pertanto, lo *smart contract* si sostanzierebbe in uno strumento per l'esercizio dell'attività negoziale, che le parti possono utilizzare in via esclusiva o non esclusiva per negoziare, concludere o eseguire un contratto, che si pone a valle di un accordo stipulato in maniera tradizionale dai contraenti¹⁷⁶.

L'esclusione dello *smart contract*, astrattamente considerato, dal perimetro del contratto, inteso quale modello con il quale le parti regolano un rapporto giuridico patrimoniale, è fondata su una duplice argomentazione. In primo luogo, lo *smart contract* non sarebbe idoneo ad integrare una fattispecie contrattuale tipica, socialmente tipica o atipica, perché non dotato di un contenuto precettivo stabilito preventivamente dai contraenti o, comunque, ideato dalla prassi commerciale per soddisfare interessi specifici. Inoltre, gli elementi costitutivi dello *smart contract* non sarebbero idonei ad integrare i profili sostanziali della dinamica negoziale di cui all'art. 1325 c.c., ma solo quelli formali o funzionali¹⁷⁷.

Una specificazione di questa tesi è stata elaborata da quegli autori che identificano un collegamento contrattuale tra un contratto sottostante (contratto-quadro), di regola in forma scritta e completo dei requisiti per esso previsti dalla legge, e il codice dello *smart contract*, deputato alla gestione della fase esecutiva dell'accordo¹⁷⁸.

¹⁷⁵ D. DI SABATO, *Gli smart contracts: robot che gestiscono il rischio contrattuale*, cit., pp. 378 ss., P. CUCCURU, *Blockchain ed automazione contrattuale. Riflessioni sugli smart contract*, cit., 107 ss.; I.A. CAGGIANO, *Il Contratto nel mondo digitale*, in *Nuova Giurisprudenza Civile Commentata*, 7-8, 2018, p. 1154; L. PAROLA, P. MERATI, G. GAVOTTI, *Blockchain e smart contract: questioni giuridiche aperte*, in *Contratti*, 6, 2018, p. 685; S. CAPACCIOLI, *Smart contracts: traiettoria di un'utopia divenuta attuabile*, in *Cyberspazio e diritto*, 17, 55, 1, 2016, pp. 34 ss. Si veda S. ORLANDO, *Profili definitivi degli "smart contracts"*, p. 52, il quale sostiene una tesi peculiare. Infatti, l'A. afferma che, laddove c'è asimmetria informatica – carenza di conoscenza di linguaggio informatico che si sostanzia in una carenza cognitiva dei contraenti, non può esserci un accordo giuridicamente inteso, ma «lo smart contract eventualmente attivato tra due parti dovrà intendersi semplicemente come programma software inteso a dare esecuzione in tutto o in parte ad un contratto dichiarato altrove».

Nella letteratura straniera, si veda M. RASKIN, *The law and legality of smart contracts*, cit., p. 309.

¹⁷⁶ Si vedano, in questo senso: G. NAVA, *I non-fungible token*, cit., p. 249; G. CASTELLANI, *Smart contracts e profili di diritto civile*, in *Comparazione e Diritto Civile*, 2019, p. 2, che afferma «A dispetto del nome, dunque, gli *smart contracts* non sono necessariamente contratti in senso tecnico, rappresentando piuttosto uno strumento volto alla negoziazione e all'esecuzione automatica dei termini di un contratto»:

¹⁷⁷ In questo senso, si veda: S.A. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, cit., p. 378, che, dopo aver analizzato gli elementi costitutivi dello *smart contract*, afferma che esso «non è in sé un modello contrattuale bensì un'infrastruttura tecnologica attraverso cui le parti possono esplicare la propria libertà negoziale». Secondo l'A. le fasi di un rapporto negoziale che possono essere governate ricorrendo ad uno *smart contract* sono le trattative, la conclusione e l'esecuzione.

¹⁷⁸ Così F. DI CIOMMO, *Smart contract e (non-) diritto. Il caso dei mercati finanziari*, cit., p. 261, e A.M. BENEDETTI, *Contratto, algoritmi e diritto civile transnazionale: cinque questioni e due scenari*, cit., p. 416. La stessa tesi è sostenuta da M.F. CAMPAGNA, *Gli scambi attraverso algoritmi e il problema del linguaggio. Appunti*

Secondo una tesi mediana, gli *smart contract* costituiscono una forma di autotutela preventiva esecutiva, e sarebbero finalizzati non a sostituire il diritto contrattuale, ma a gestire il rischio derivante dal rapporto contrattuale, poiché l'esecuzione automatizzata ed immediata tutela il privato dall'inadempimento contrattuale di controparte¹⁷⁹. Diverso è invece lo scopo del diritto contrattuale che non è quello di garantire l'adempimento *ex ante*, ma di regolare le doglianze che possono sorgere *ex post*¹⁸⁰.

Infine, secondo un'ulteriore teoria gli *smart legal contracts* sono contratti veri e propri. Questo orientamento, tuttavia, soffre di una spaccatura al suo interno. Vi è chi include nella categoria *smart legal contract* non solo gli *smart contract* impiegati per esprimere accordi legalmente vincolanti *ex art.* 1321 c.c. sotto forma di righe di codice informatico, ma anche tutti gli *smart contract* che sono utilizzati, in qualche modo, nella vicenda negoziale, anche per eseguire contratti già esistenti fondati su accordi nati fuori dalla *DLT*¹⁸¹.

minimi, cit., che mira a distinguere la negoziazione algoritmica dallo *smart contract*, recuperando la separazione concettuale che sussiste tra la fase di negoziazione e la fase di esecuzione del rapporto contrattuale.

¹⁷⁹ Così affermano L.A. DI MATTEO, M. CANNARSA, C. PONCIBÒ, *Smart Contracts and Contract Law*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, p. 4.

¹⁸⁰ Questo è quello che sostengono brillantemente K. WERBACH, N. CORNELL, *Contracts ex machina*, cit., p. 318 e pp. 360 ss., i quali ritengono che gli *smart contracts* non siano, nemmeno teoricamente, sostituti del diritto contrattuale. Gli A.A. sostengono tale tesi sulla base dell'argomento secondo cui il diritto contrattuale e gli *smart contracts* hanno funzioni differenti. Il primo è un istituto riparatore, il cui scopo non è quello di assicurare l'adempimento *ex ante*, ma di risolvere le eventuali controversie, che sorgono *ex post* nel caso di fallimento del rapporto contrattuale. Sono proprio gli *smart contracts* che mettono in evidenza questa funzione del diritto contrattuale, in quanto il loro scopo è invece quello di prevenire *ex ante* la violazione delle previsioni contrattuali, eliminando completamente qualsivoglia attività riparatoria *ex post*. Dunque, nel migliore dei casi, l'utilizzo degli *smart contracts* potrebbero ridurre il numero delle controversie contrattuali; tuttavia, ciò non significa che la funzione svolta dagli *smart contracts* sia uguale a quella propria del diritto contrattuale con risultati migliori. Per confutare la tesi contraria gli A.A. fanno un paragone che, a mio parere, coglie nel segno, mettendo in evidenza l'erroneità nel ritenere che la funzione dei messaggi di testo sostituiscano quella di leggere le espressioni facciali nella misura in cui la adozione dei primi potrebbe rendere i secondi non necessari. Dunque, secondo gli A.A., gli *smart contracts* costituirebbero una modalità completamente diversa rispetto al contratto tradizionale, ma non chiaramente superiore. Nello stesso senso, si veda anche A. KARAMANLIOĞLU, *Concept of Smart Contracts – A Legal Perspective*, in *KOSBED*, 2018, 35, pp. 28 ss.

¹⁸¹ G. FINOCCHIARO, C. BOMPRESZI, *A legal analysis of the use of blockchain technology for the formation of smart legal contracts*, in *Rivista di diritto dei media*, 2, 2020, pp. 115 ss. mettono in relazione i requisiti contrattuali con gli *smart contract* basati su *blockchain* e analizzano come interpretare le norme sulla formazione dei contratti per estendere l'applicazione del diritto contrattuale agli *smart contract* basati su *blockchain*.

Diversamente, un orientamento più rigoroso, che si pone in linea di continuità con quanto previsto dal legislatore nazionale, qualifica *smart legal contract* solo quelli che vengono conclusi ed eseguiti su *DLT* e a questi attribuisce la natura contrattuale¹⁸².

A prescindere da questa divisione interna sull'esatta delimitazione della categoria *smart (legal) contract*¹⁸³, l'orientamento che riconosce allo *smart contract* la natura contrattuale si fonda sull'argomento secondo cui tutte le evoluzioni tecnologiche finora impattanti sul diritto civile non hanno mai messo in dubbio la compatibilità dei nuovi schemi contrattuali creati dalla prassi con il diritto dei contratti. Inoltre, alcuni tra i suoi sostenitori fanno leva sul principio della libertà contrattuale – che nel nostro ordinamento potrebbe avere anche un riconoscimento costituzionale indiretto nell'art. 41 Cost. – che permette ai contraenti, nel rispetto delle norme imperative, di scegliere liberamente gli strumenti a cui ricorrere nell'esercizio della loro autonomia negoziale. Pertanto, la circostanza che le transazioni realizzate sotto forma di *smart contract* soddisfano tutti i requisiti previsti dalla legge per il contratto in generale (art. 1325 c.c.) e per la tipologia di contratti in cui rientra lo *smart contract* è una *quaestio facti*, che dipende dal complessivo comportamento delle parti che emerge dallo stesso rapporto contrattuale, proprio come avviene per qualsiasi altro contratto¹⁸⁴.

¹⁸² M. MAUGERI, *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, cit., p. 33, gli *smart legal contracts* sono idonei ad integrare accordi fra due o più parti volti a costituire un rapporto giuridico patrimoniale ex art. 1321 c.c.

¹⁸³ Da quanto appena esposto, si ricava che la categoria *smart legal contract* non è una categoria legislativa, ma dottrinale e tutt'ora dai confini incerti, per questo motivo, nel presente scritto, mi riferisco ad essa inserendo il termine *legal* tra parentesi.

¹⁸⁴ In questo senso M. DUROVIC, F. LECH, *The Enforceability of Smart Contracts*, in *The Italian Law Journal*, 5, 2, p. 496, i quali, nell'ambito dell'indagine sull'inquadramento giuridico degli *smart contracts* alla luce del diritto contrattuale inglese fanno leva sul principio di libertà contrattuale, affermano che gli *smart contract*, in virtù sia della flessibilità del diritto contrattuale inglese sia del loro processo di formazione, sono in grado di assurgere a contratti legalmente validi, quindi, sono «*truly contracts*» azionabili davanti ai giudici. Gli AA. mettono in luce che negare tale natura «would be [...] contrary to the fundamental principle of freedom of contract [...] which entitles also freedom to choose any kind of form for contractual relationships». Più precisamente, M. DUROVIC, *What are smart contracts? An attempt at demystification*, in *Digital Technologies and the Law of Obligations*, a cura di Slakoper e Tot, Londra, 2022, (e-book) afferma che gli *smart contracts* «are not legal contracts at all [...] they are just a form of new technology that is used to execute promises established through a legal contract», tuttavia, possono avere una vera e propria natura contrattuale se, nel caso concreto, soddisfano tutti i requisiti richiesti ex lege per qualsiasi tipo di contratto tradizionale o in linguaggio naturale.

3. Lo *smart contract* nell'ambito della fattispecie contrattuale

Tutti gli orientamenti sopra esposti rendono evidente che sull'inquadramento giuridico del fenomeno *smart contract* ci sono ancora molti dubbi, in quanto costituisce oggetto di forte contrasto l'attribuzione ad esso della natura contrattuale¹⁸⁵.

Inoltre, l'impatto che gli *smart contract* potrebbero avere in un futuro non lontano sta portando alla proliferazione di pubblicazioni finalizzate a fornire eventuali soluzioni alla questione della riducibilità delle nuove figure alle categorie tradizionali¹⁸⁶.

A parere di chi scrive, una conclusione a cui può giungersi con certezza è che lo *smart contract* (*rectius*, il codice, l'algoritmo in cui lo stesso si sostanzia) non integra un contratto, quando è impiegato dalle parti in un frammento del rapporto contrattuale inteso in senso ampio (dalle trattative al termine dell'esecuzione).

Tuttavia, escludendo le ipotesi di *smart contracts* che non hanno alcuna rilevanza sul piano giuridico, i casi in cui uno *smart contract* che partecipa ad una fase della vicenda negoziale assume valore legale non sono frutto di un'elaborazione dottrinale unanime. Infatti, quando si considerano le possibili interazioni tra uno *smart contract* e un contratto tradizionale, gli scenari prospettati sono i più disparati; in particolare, se la maggior parte degli studiosi concorda che gli *smart contracts* possono riferirsi alla fase dell'esecuzione del contratto, non tutti aderiscono all'idea che lo stesso sia idoneo ad intervenire nella fase di conclusione dell'accordo o a sostituire *in toto* il contratto¹⁸⁷.

¹⁸⁵ La questione sulla natura contrattuale dello *smart contract* è oggetto di approfondimento nel Capitolo Quinto.

¹⁸⁶ Particolarmente critici nei confronti di questa tendenza R. PARDOLESI, A. DAVOLA, «*Smart contract*: lusinghe ed equivoci dell'innovazione purchessia», cit., pp. 205-206, che essi ritengono un verosimile «esercizio di stile», inidoneo a «condurre nei fatti ad una maggiore comprensione della tecnologia concretamente in gioco, né alla predisposizione di un paradigma interpretativo adeguato, posto che, al di là degli slogan trionfalistici, difficilmente si potrà prescindere, nel valutarne caratteri e implicazioni, dal riscontro di come effettivamente tale tecnologia si svilupperà e di quale tipo di opportunità essa potrà rendere disponibile». Infatti, suggeriscono un'indagine più mirata «sulle ricadute del singolo fenomeno in ordine a specifici aspetti giuridici (ad esempio, i problemi di tutela del consumatore che la diffusione di queste tecnologie [...] pongono)», biasimando la tendenza di alcuna dottrina di «affrettare il passo», in quanto – ricordano gli AA. – «non c'è necessaria coincidenza tra innovazione tecnologica, eventuali rischi ch'essa comporta e mutamento giuridico».

¹⁸⁷ Si veda B. CARRON, V. BOTTERON, *How smart can a contract be?*, in *Blockchains, Smart Contracts, Decentralised Autonomous Organisations and the Law*, a cura di Kraus, Obrist, Hari, Cheltenham, 2019, pp. 111 ss., secondo i quali, per il diritto svizzero, un contratto ha rilevanza giuridica quando le parti si scambiano una reciproca manifestazione di volontà sugli elementi essenziali di un contratto ed intendono essere legalmente vincolate dal loro accordo (articoli 1 e 2 del Codice delle obbligazioni).

Provando a ricondurre ad unità le differenti tesi dottrinali, emerge che uno *smart contract* (*rectius*, il codice, l'algoritmo in cui lo stesso si sostanzia) non assume valore legale quando si inserisce in una o più fasi del rapporto contrattuale *latu sensu* inteso (dalle trattative alla fase dell'esecuzione), valore che al contrario assume quando costituisce esso stesso, da solo, il contratto.

Questa conclusione a cui sono giunta credo sia la più idonea, anche alla luce dei caratteri dello *smart contract* (alla cui analisi è dedicato il Capitolo Quarto), a descrivere l'intera casistica di *smart contracts* che si inseriscono nella vicenda negoziale, secondo quanto emerso finora nella prassi e quanto probabilmente si manifesterà nel breve periodo.

Pertanto, nell'analisi che segue propongo una tripartizione, che giova anche ai fini di una maggiore chiarezza espositiva, relativa alle possibili interazioni del software *smart contract* con il contratto tradizionalmente inteso. Queste si possono scindere in tre macrocategorie: *smart contract* come mezzo di conclusione del contratto tradizionale, *smart contract* come mezzo di esecuzione di un contratto tradizionale e *smart contract* sostitutivo del contratto tradizionale.

Le tre menzionate modalità in cui uno *smart contracts* partecipa alla dinamica negoziale, non vanno confuse con l'ipotesi in cui l'utilizzo dello *smart contract*, inteso come mero *software*, non abbia alcuna implicazione con un compiuto progetto di autonomia privata¹⁸⁸ (si pensi, ad esempio, a procedure di voto eseguite con *smart contract* per vari scenari decisionali interni ad un ente o istituzione).

3.1. Lo *smart contract* come mezzo di conclusione di un contratto tradizionale

Come si è avuto modo di vedere nel Capitolo Primo, i privati hanno la possibilità di concludere contratti a distanza attraverso l'utilizzo di mezzi elettronici. Si tratta di contratti tradizionali *inter absentes*, la cui unica peculiarità rispetto al modello

Pertanto, quando si considerano le possibili interazioni tra uno *smart contract* e un contratto tradizionale, si considerano due possibili scenari: il contratto tradizionale precede lo *smart contract*, oppure lo *smart contract* viene utilizzato nella fase dell'esecuzione di un contratto tradizionale per l'adempimento delle prestazioni oggetto dello stesso.

¹⁸⁸ Con riferimento a questa ipotesi di *smart contract*, R. PARDOLESI, A. DAVOLA, «*Smart contract*: lusinghe ed equivoci dell'innovazione purchessia», cit., p. 204, affermano testualmente che si tratta di «una tessera digitale di un mosaico variegato; e non merita particolare attenzione».

codicistico *ex art.* 1326 c.c. si rinviene nel mezzo telematico utilizzato in ciascuna fase della negoziazione, dal primo contatto fino alla conclusione del contratto compresa. Il mezzo elettronico utilizzato dai contraenti rende le dichiarazioni di proposta e accettazione, entrambe o una sola delle due, dematerializzate.

Le peculiari insidie che cela lo strumento utilizzato per la formazione dell'accordo, dovute alla distanza tra le parti, aggravata dalla velocità in cui avviene la transazione, hanno spinto il legislatore ad intervenire sul procedimento di formazione del contratto, che viene procedimentalizzato e, al contempo, formalizzato, in misura ancora più stringente nel caso in cui si tratti di un contratto stipulato tra un professionista e un consumatore¹⁸⁹.

Poiché anche lo *smart contract* si inserisce nelle vicende negoziali, la cui esecuzione è gestita da un'infrastruttura tecnologica (nel caso dello *smart contract*, si tratta di un algoritmo o, meglio, di un programma informatico), ci si può chiedere se questo possa essere utilizzato come mero veicolo di comunicazione fra le parti nel corso

¹⁸⁹ La disciplina sul commercio elettronico (contenuta nel d.lgs. n. 70/2003 di attuazione della direttiva 2000/31/CE) contiene diverse disposizioni espressamente considerate inderogabili nel caso in cui il contraente rivesta lo status di consumatore, sicché anche in tale corpus normativo è dato rinvenire specifiche disposizioni di rilevante interesse consumeristico. Tra queste meritano una particolare attenzione quelle contenenti: a) una più rigorosa enunciazione del diritto del consumatore alla documentazione delle informazioni precontrattuali, che si estende anche alle clausole e alle condizioni generali del contratto, da rilasciarsi in favore del contraente prima che questi sia vincolato dal contratto medesimo, *ex art.* 12, commi 1 e 3, d.lgs. n. 70/2003; b) specifici obblighi informativi concernenti le varie fasi tecniche da seguire per la conclusione del contratto, il modo in cui il contratto concluso sarà archiviato e le relative modalità di accesso, i mezzi tecnici messi a disposizione per individuare e correggere gli errori di inserimento dei dati prima di inoltrare l'ordine al prestatore, gli eventuali codici di condotta a cui si aderisce e le modalità per accedervi telematicamente, le lingue disponibili per concludere il contratto oltre all'italiano, l'indicazione degli strumenti di composizione delle controversie; c) l'obbligo di «accusare la ricevuta dell'ordine», prevista a conferma della conclusione del contratto e, nelle norme di attuazione della direttiva 2000/31/CE, anche dell'assolvimento degli obblighi di informazione e di documentazione precontrattuali (nella ricevuta dell'ordine, infatti, l'art. 13 del d.lgs. n. 70/2003 chiede anche che vi sia un riepilogo delle condizioni generali e particolari applicabili al contratto, le informazioni relative alle caratteristiche essenziali del bene o del servizio e l'indicazione dettagliata del prezzo, dei mezzi di pagamento, del recesso, dei costi di consegna e dei tributi applicabili). Ulteriori obblighi di informazione e documentazione sono previsti dagli artt. 7, comma 1, e 8. L'art. 7, comma 1, ad esempio, prevede che le informazioni generali obbligatorie ivi contemplate siano rese «facilmente accessibili» dal prestatore ai destinatari dei servizi della società dell'informazione e alle autorità competenti «in modo diretto e permanente», il che richiede di necessità l'uso di un supporto durevole o la presenza permanente di dette informazioni sul sito internet del prestatore.

Con il processo di attuazione delle direttive comunitarie, a partire dagli anni Ottanta e Novanta, sono state introdotte specifiche misure a tutela del consumatore relativamente ai contratti a distanza contenute nel codice del consumo (d.lgs. 6 settembre 2005, n. 206). La direttiva 2011/83/UE (che abroga la direttiva la direttiva 97/7/CE) attuata con d.lgs. 21 febbraio 2014, n. 21, interviene con norme specifiche in materia di commercio elettronico, in particolare, con riguardo agli obblighi informativi e al diritto di recesso.

delle trattative e per manifestare il consenso alla stipula di un contratto tradizionale. In tal caso, il protocollo *smart contract* fungerebbe da semplice veicolo funzionale ad esternare la volontà delle parti e a far incontrare la proposta e l'accettazione, alla stregua del sito *online* su cui avviene la conclusione c.d. "*point and click*".

La dottrina che si è espressa sul punto dà risposta positiva al quesito.

In astratto è certamente possibile che uno *smart contract* o più *smart contract* siano programmati in maniera tale da individuare quando coincidono le richieste di due o più parti ai fini della conclusione di un contratto¹⁹⁰. Ad esempio, un protocollo può essere programmato per vendere o acquistare un certo tipo di bene una volta che il prezzo offerto o richiesto raggiunga una certa soglia o ulteriori condizioni vengano soddisfatte (secondo la sequenza dell'*if – then*).

Tuttavia, nella pratica, un utilizzo dello *smart contract* finalizzato alla mera conclusione del contratto sembra difficilmente realizzabile¹⁹¹. La *ratio* di tale affermazione si rinviene nella constatazione che un impiego siffatto non sia in grado di apportare alcun vantaggio alle transazioni, in termini di tempistiche e costi, *a fortiori* se si pone a confronto con gli altri strumenti utilizzati nella contrattazione telematica.

Infatti, i consueti mezzi di comunicazione telematica e le piattaforme *online*, attraverso le quali si può concludere un contratto a distanza, permettono di scambiarsi informazioni, dichiarazioni e documenti in linguaggio umano.

Diversamente, lo *smart contract* impone l'utilizzo del linguaggio macchina e, quindi, una parte che vuole avvalersi di uno *smart contract*, come mezzo di comunicazione con la controparte, per proporre la conclusione di un contratto, si imbatte immediatamente nell'ostacolo linguistico. Infatti, la proposta dovrebbe essere tradotta (normalmente con l'ausilio di un tecnico) in linguaggio informatico.

Questo comporterebbe un aumento significativo e ingiustificato dei tempi e delle spese della sola trattativa. Tali aspetti negativi sarebbero certamente aggravati dalla circostanza per cui, in questo caso, l'esecuzione dello *smart contract* non avrebbe neppure la consueta funzione di garantire l'adempimento automatico delle prestazioni contrattuali, ma integrerebbe un mero accordo idoneo a far sorgere un

¹⁹⁰ I.A. CAGGIANO, *Il Contratto nel mondo digitale*, cit., p. 1154.

¹⁹¹ Si esprime in senso negativo sulla praticità dell'utilizzo dello *smart contract* in esame S.A. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, cit., pp. 383 ss.

rapporto obbligatorio tra le parti, che sarà eseguito secondo le normali modalità, salvo che nel codice (proposta) sia previsto diversamente.

Inoltre, cambiando punto di vista e guardando alla posizione dell'oblato, si può osservare che anche quest'ultimo si troverebbe di fronte al medesimo duplice ostacolo: in primo luogo, sarebbe costretto a dover decodificare la proposta, ricevuta in linguaggio di programmazione, per poterla comprendere (e, di regola, è necessario un programmatore); inoltre, se interessato a stipulare il contratto, sarebbe obbligato a trasmettere a sua volta l'accettazione redatta sotto forma di codice, in modo tale da attivare lo *smart contract* del proponente. Proprio per questo, la proposta non potrebbe prevedere un differente modo di accettazione da parte dell'oblato, in quanto è il codice inserito dell'oblato contenente l'accettazione (*if this*) a determinare la conclusione del contratto (*then that*).

3.2. Lo *smart contract* come mezzo di esecuzione di un contratto tradizionale

Come si è rilevato poc'anzi, la dottrina è decisamente divisa riguardo al tema dell'esatto inquadramento giuridico del fenomeno *smart contract*, tuttavia, uno dei pochi aspetti su cui quasi tutti gli studi convergono è che la fase di esecuzione di un contratto rappresenti il terreno elettivo di utilizzo dello *smart contract* in ambito negoziale. Per la verità, che l'esecuzione del contratto costituisca proprio l'«alveo naturale»¹⁹² degli *smart contracts* in ambito giuridico, lo affermava Szabo già nel 1994¹⁹³, il quale lo inquadrava come uno strumento informatico deputato ad eseguire le clausole di un contratto.

Inoltre, l'utilizzo dello *smart contract* come strumento per automatizzare l'esecuzione di obbligazioni, esprimibili in logica computazionale, contenute in un contratto tradizionale, consente anche di fornire facilmente una soluzione alla questione relativa all'inquadramento giuridico del fenomeno. Infatti, quando il contratto che si intende eseguire attraverso lo *smart contract* sia concluso dalle parti secondo le regole tradizionali, lo *smart contract* costituisce, sul piano giuridico, un mezzo di

¹⁹² Così, F. BENATTI, *Un nuevo paradigma contractual: el caso de los smart contracts*, cit., p. 276, nota 3; S.A. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, cit., p. 385.

¹⁹³ Vedi Capitolo Primo, paragrafo 1.

adempimento dell'obbligazione, la cui disciplina è dettata dagli artt. 1176 e ss. c.c. e non assume, evidentemente, alcuna valenza contrattuale.

La modalità dell'adempimento può essere indicata nel titolo, dunque, in tal caso, le parti devono aver concordato che tutte o alcune delle prestazioni dedotte in contratto saranno adempiute mediante l'utilizzo di *smart contract*. Se i contraenti non hanno previsto nulla relativamente alle modalità di adempimento, ciascuna delle parti potrà eseguire la sua prestazione mediante *smart contract*, purché tale modalità di esecuzione sia compatibile con la prestazione oggetto dell'obbligazione e non rechi pregiudizio alla controparte *ex art. 1175 c.c.*

Ponendoci nella prospettiva del meccanismo operativo tipico dello *smart contract*, vale a dire la logica “*if-then*”, l'evento (*if this*) funge soltanto da presupposto per l'adempimento dell'altrui prestazione di un contratto che, si badi bene, non è sospensivamente condizionato¹⁹⁴, ma pienamente efficace. Ad esempio, il compratore pagherà il prezzo (*then that*) solo una volta avvenuta la consegna da parte del venditore (*if this*).

L'esclusione della natura contrattuale dello *smart contract* “esecutivo” lascia comunque spazio ad una serie di problematiche giuridiche non secondarie.

Una prima questione, che si pone nell'utilizzo dello *smart contract* per eseguire un contratto tradizionale, messo in luce anche nel paragrafo precedente, è quella relativa al linguaggio. Infatti, è necessario che le obbligazioni assunte dalle parti con il contratto tradizionale vengano tradotte in linguaggio informatico per essere inserite nella *blockchain*, con il rischio di errori di programmazione o fraintendimenti. Infatti, mentre l'esecuzione dell'obbligazione ad opera dell'uomo è modificabile nel caso in cui non sia conforme a quanto previsto nel contratto, l'attivazione dello *smart contract* implementato sulla *blockchain* esclude qualsivoglia possibilità di modifica del codice.

Tuttavia, l'errore nella programmazione dello *smart contract* potrebbe essere assimilato all'ipotesi dell'errore ostativo che, secondo la definizione che ne offre l'art. 1433 c.c., è l'errore «che cade sulla dichiarazione» o sulla trasmissione della dichiarazione, quando cioè la dichiarazione, correttamente espressa dalla parte interessata, è stata inesattamente trasmessa dalla persona (*nuncius*) o dall'ufficio che ne era stato

¹⁹⁴ Come sostenuto da parte della dottrina, si veda FAUCEGLIA, *Il problema dell'integrazione dello smart contract*, cit., pp. 596 ss. La tematica verrà trattata più avanti (Capitolo Quinto, paragrafo 4.1).

incaricato; nel caso dello *smart contract*, dal programmatore che ha tradotto in codice quanto previsto dalle parti in linguaggio naturale. Pertanto, una soluzione al caso in cui la codificazione che non rispecchi l'effettivo intento di una o entrambe le parti si potrebbe rinvenire nel rimedio dell'annullabilità *ex art. 1433 c.c.*¹⁹⁵

Un altro aspetto problematico si ravvisa nella inidoneità dello *smart contract* ad eseguire tutte le tipologie di obbligazioni, a causa delle peculiarità tecniche dello strumento. Dunque, occorre delimitare l'ambito applicativo dello *smart contract* esecutivo.

Per quanto concerne le obbligazioni di fonte contrattuale, sono da escludere tutti i contratti ad esecuzione istantanea con contestuale esaurimento delle prestazioni reciproche, salvo che residuino obbligazioni ulteriori, ad esempio, un'obbligazione accessoria di garanzia. Per questa potrà farsi ricorso ad uno *smart contract*, la cui attivazione (*then that*) dipenderà dall'eventuale esercizio del diritto potestativo sotteso alla garanzia (*if this*). Si pensi, ad esempio, ad una compravendita con pagamento immediato, dove nulla più si deve eseguire; tuttavia, il venditore, essendo tenuto alla garanzia per vizi (art. 1490), deposita una somma pari al corrispettivo pagato in un *wallet*, in modo tale che, se il compratore denuncia i vizi entro il termine di decadenza previsto *ex lege* ed esercita l'azione di risoluzione nel termine di prescrizione (art. 1495 c.c.), l'eventuale scioglimento del contratto (*if this*) non fa sorgere obblighi restitutori che rischiano di rimanere inadempiti, ma la somma depositata dal venditore viene trasferita direttamente ad un *wallet* facente capo al compratore (*then that*).

Per quanto riguarda, invece, l'oggetto dell'obbligazione, non potrà farsi uso di uno *smart contract* per eseguire obbligazioni di fare o di dare beni materiali. L'utilizzo di uno *smart contract*, di contro, è ammissibile ogniqualvolta la prestazione dell'obbligazione di dare abbia ad oggetto il pagamento di somme o il trasferimento di beni dematerializzati, come sono tipicamente i beni digitali. Si pensi, ad esempio,

¹⁹⁵ Non si ritiene, invece, condivisibile la tesi sostenuta da S. CAPACCIOLI, *Smart contracts: traiettoria di un'utopia divenuta attuabile*, cit., p. 42, e S.A. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, cit., p. 383, secondo i quali l'errore nella traduzione in linguaggio macchina sarebbe assimilabile al caso in cui la parte contrattuale che si avvalga di un intermediario (per esempio un istituto di credito) per eseguire una determinata prestazione dedotta in un contratto: qualora vi sia una errata o imprecisa trasposizione dell'obbligazione nel linguaggio informatico, con conseguente difettosa esecuzione da parte dello *smart contract*, sarà il «redattore» di questo ad essere responsabile delle conseguenze in termini risarcitori.

ad uno *smart contract* che liquida una somma (*then that*) in caso di ritardo di un mezzo di trasporto (*if this*) oppure ad uno *smart contract* che blocca il funzionamento di un macchinario, di un veicolo, di un programma (*then that*), in assenza del pagamento del canone periodico (*if this*)¹⁹⁶.

Per quanto concerne le caratteristiche della prestazione oggetto delle obbligazioni automatizzate tramite *smart contract*, queste dovrebbero essere legate a dati oggettivi, tali da escludere profili di soggettività che creerebbero una maggiore difficoltà nella gestione di un automatismo informatico.

Dobbiamo, pertanto, pensare a uno *smart contract* come un codice informatico molto semplice, che soddisfa solamente condizioni di tipo *if-then*. Per esempio, nel caso di uno *smart contract* utilizzato per pagare un libro ordinato via Internet, il pagamento verrà effettuato dallo *smart contract* (*then that*) solo quando: il corriere lo ha consegnato (*if this 1*), ha avuto esito positivo la verifica circa la corrispondenza del bene consegnato a quello ordinato e l'assenza di vizi (*if this 2*) e siano scaduti i termini per l'esercizio del diritto di recesso (*if this 3*). Infatti, un *software* (in cui si sostanzia lo *smart contract* meramente esecutivo) può accertare, in modo inconfutabile, il verificarsi di tali eventi.

3.3. Lo *smart contract* sostitutivo del contratto tradizionale

L'ultimo stadio della rilevanza legale dello *smart contract* che si inserisce all'interno della dinamica negoziale è quello in cui lo *smart contract* giunge all'integrale sostituzione del contratto.

Il lettore attento noterà che, in questa sede, si sta facendo riferimento al “modello solo codice” di *smart legal contract*, di cui si è detto in precedenza (paragrafo 1), in cui il consenso delle parti si forma su un codice binario, che ha ad oggetto obbligazioni concordate tra le parti direttamente in linguaggio di programmazione e viene implementato ed eseguito sulla *blockchain*. In questo modello, dunque, non essendoci

¹⁹⁶ L. PAROLA, P. MERATI, G. GAVOTTI, *Blockchain e smart contract: questioni giuridiche aperte*, cit., p. 685, correttamente osservano, che, in tali ipotesi, lo *smart contract* integrerebbe uno schema idoneo a collocarlo nell'ambito delle diverse forme di autotutela previste nel nostro ordinamento, quali, ad esempio, l'eccezione di inadempimento *ex art. 1460 c.c.*, il potere di sospendere l'esecuzione in caso di mutamento delle condizioni patrimoniali di controparte *ex art. 1461 c.c.*, e il diritto di ritenzione previsto dagli artt. 2756 e 2761 c.c.

alcuna versione, né scritta né orale, in linguaggio naturale, lo *smart contract* (*rectius*, il codice informatico) corrisponde alla forma e alla sostanza di un accordo contrattuale. Infatti, il testo dello *smart contract* rappresenta il veicolo di esteriorizzazione del contratto¹⁹⁷ e, pertanto, costituisce esso stesso il contratto che le parti stipulano¹⁹⁸.

Tale conclusione è avvalorata dalla considerazione secondo la quale, nel linguaggio comune, ma talvolta anche nelle espressioni utilizzate dal legislatore, il termine contratto si presta ad indicare sia l'atto di autonomia privata, cioè l'accordo, sia il testo del documento contrattuale, ove esistente, nel quale è versato l'accordo, sia il regolamento contrattuale che da quell'accordo discende e, quindi, il rapporto giuridico su cui l'accordo interviene¹⁹⁹.

Dunque, se il contenitore di un accordo (il documento che lo esteriorizza) diviene esso stesso, per metonimia, il suo contenuto, allora il foglio di carta, il documento informatico, il supporto durevole²⁰⁰ o lo *smart contract* sono il contratto.

Occorre tuttavia fare due precisazioni.

In primo luogo, nei casi eccezionali, in cui la legge impone che il contratto abbia una determinata veste esteriore per la sua validità (forma richiesta *ad substantiam*), in deroga al generale principio di libertà della forma, la validità dell'accordo stipulato sotto forma di codice è subordinata al rispetto delle condizioni affinché lo *smart contract* possa soddisfare il requisito formale²⁰¹.

¹⁹⁷ D. DI SABATO, *Gli smart contracts: robot che gestiscono il rischio contrattuale*, cit., p. 391 ss., dopo aver svolto un'ampia disamina sulle diverse forme già pacificamente qualificate come automazione nel perfezionamento dell'accordo e nell'esecuzione del rapporto contrattuale (distributori automatici, sportelli *bancomat*), afferma che lo *smart contract* non sarebbe altro che una «estremizzazione» delle stesse (p. 397).

¹⁹⁸ Questa possibilità è prospettata da S.A. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, cit., p. 389, il quale osserva correttamente che «la sfida per studiosi, operatori e ordinamenti dovrebbe essere non di negare cittadinanza e vietare, ma trovare un punto di equilibrio fra libertà e autonomia privata, da un lato, e autorità dello Stato, dall'altro».

¹⁹⁹ R. ALESSI, *La disciplina generale del contratto*, Torino, 2015, p. 6.

²⁰⁰ Questo è il nome dato dal legislatore alla veste formale del contratto alternativa al documento cartaceo, nel dettare le regole di forma all'interno delle direttive c.d. di seconda generazione più recenti ed attuali. Si vedano gli artt. 51, comma 7 e 71 cod. cons. e art. 125-*bis* Tub.

Tuttavia, il supporto duraturo o durevole è equivalente solo sul piano funzionale al documento cartaceo, in quanto è uno strumento di riproduzione, «fissazione» e conservazione del contenuto del contratto. Quindi, non è necessario a soddisfare i requisiti della scrittura privata o dell'atto pubblico, se e quando richiesti a fini di validità (o a fini di prova). Si veda, in tal senso, la sentenza della Corte di Giustizia (sent. 5-7-2012, causa C-49/11, in <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A62011CJ0049>).

²⁰¹ Il tema sarà trattato più avanti. Si vedano: Capitolo Terzo, paragrafo 3.3; Capitolo Quarto, paragrafo 5.

Inoltre, tale facoltà di sostituire un contratto tradizionale con uno *smart contract* sarebbe concessa in un numero estremamente limitato di casi, selezionati in base alle caratteristiche delle obbligazioni che nascono dall'accordo. Infatti, soltanto obbligazioni binarie e oggettive potrebbero sorgere da uno *smart contract*, che, a certe condizioni, può divenire il mezzo attraverso cui viene manifestata l'esistenza di un contratto, che in esso trova la sua veste esteriore.

CAPITOLO TERZO

IL DIRITTO POSITIVO IN TEMA DI *SMART CONTRACTS*

Breve introduzione al Capitolo

Arrivati a questo punto della trattazione, giova ripetere che i quesiti a cui questa ricerca ambisce a fornire risposta sono quelli relativi all'esatto inquadramento giuridico degli *smart contracts* e alla disciplina normativa applicabile agli stessi.

Per fornire risposte soddisfacenti a tali quesiti si impone un percorso logico e analitico che parte dal diritto positivo nazionale in tema di *smart contract*, in quanto è il legislatore che conferisce rilevanza giuridica ai fenomeni sociali, mediante la creazione di fattispecie che descrivono tali fatti.

Occorre, tuttavia, mettere subito in evidenza che l'intervento del legislatore italiano non può dirsi del tutto soddisfacente, in quanto non ha sciolto i dubbi, già emersi in dottrina, relativi alla natura contrattuale o meno dello *smart contract*.

Dunque, la laconicità del dato normativo interno impone che l'analisi sul diritto positivo nazionale in tema di *smart contract* non resti isolata, ma si accompagni ad un'indagine comparatistica con altri ordinamenti giuridici che hanno conosciuto e affrontato il tema *smart contract*²⁰². Infatti, l'approccio normativo adottato dagli altri ordinamenti può essere un utile riferimento, da cui trarre spunti di riflessione. Inoltre – ed è questo il motivo principale dell'esigenza della comparazione – il fenomeno *smart contract*, in quanto basato su tecnologie avanzate, è per sua natura destinato a superare i confini nazionali²⁰³. Infatti, taluno, in dottrina, giunge a ritenere che gli *smart contracts* siano mezzi tecnologici idonei a consentire la diffusione globale di

²⁰² Propone tale approccio A. STAZI, *Smart Contracts and Comparative Law A Western Perspective*, cit.; ID., *Automazione contrattuale e "contratti intelligenti"*. *Gli smart contracts nel diritto comparato*, cit., pp. 129 ss.

²⁰³ Infatti, la semplicità e rapidità con cui circolano i codici informatici che costituiscono lo *smart contract*, lo rendono uno strumento a spiccata valenza transnazionale, il cui utilizzo non solo gioverebbe ai commerci internazionali, ma costituirebbe anche un veicolo per la circolazione e armonizzazione dei modelli giuridici di scambio.

modelli contrattuali, in misura tale da rendere necessario un approccio normativo sovranazionale²⁰⁴.

Pertanto, oltre ad analizzare la normativa italiana sugli *smart contracts* (Sezione Prima), che costituisce il nostro punto di partenza, si esamineranno anche le legislazioni emanate in altri Paesi (Sezione Seconda).

Si comincerà dall'analisi dell'approccio metodologico di Malta, per due ragioni: in primo luogo, è stato il primo Paese dell'Unione Europea ad aver elaborato e adottato la definizione di *smart contract*; inoltre, ha un sistema giuridico peculiare, perché rappresenta una sintesi tra *civil law* e *common law*.

Si proseguirà poi con un'indagine relativa all'approccio adottato negli atti emanati dalle istituzioni dell'Unione Europea per giungere a quello dei sistemi di *common law*. Pertanto, a tal fine, verranno esaminati i testi pubblicati da alcune Istituzioni del Regno Unito che, sollecitate dal relativo legislatore, hanno condotto una ricerca sul tema *smart (legal) contract* e sulla necessità di un intervento normativo al riguardo.

In seguito, si darà uno sguardo oltreoceano, con l'esame delle normative emanate in alcuni Stati federati degli Stati Uniti d'America, che hanno inteso prendere posizione rispetto al nuovo fenomeno tecnologico²⁰⁵.

Alla fine di questo percorso, si propone un confronto tra i sistemi giuridici di *civil law* e quelli di *common law*, finalizzato a trarre delle suggestioni utili per fornire una soluzione ai quesiti di cui sopra, mediante un'attenta analisi della reazione che l'innovazione tecnologica in esame incontra nei vari ordinamenti.

²⁰⁴ L.M. TSHIBENDE, *Smart Contracts: Issues of Property and Security Rights*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, p. 250.

²⁰⁵ Una disamina delle legislazioni emanate in tema di *smart contract* N. TRAVIA, *Profili internazionali del diritto degli smart contract*, in Aa. Vv. *Blockchain e Smart Contract*, a cura di Giordano e Battaglini, Milano, 2019, pp. 389 ss.

SEZIONE PRIMA

IL DIRITTO INTERNO: L'INTERVENTO DEL LEGISLATORE NAZIONALE

SOMMARIO: 1. L'art. 8-ter del decreto-legge 14 dicembre 2018, n. 135 convertito dalla legge 11 febbraio 2019, n. 12. – 2. Le «tecnologie basate su registri distribuiti». – 3. Lo «smart contract». – 3.1. Il programma per elaboratore che opera su tecnologie basate su registri distribuiti. – 3.2. L'esecuzione automaticamente vincolante. – 3.3. Il requisito della forma scritta.

1. L'art. 8-ter del decreto-legge 14 dicembre 2018, n. 135 convertito dalla legge 11 febbraio 2019, n. 12

Dopo più di un ventennio dal primo lavoro di Szabo, in cui sono stati teorizzati per la prima volta gli *smart contracts*, il legislatore italiano ha introdotto una disposizione ad essi dedicata, forse per evitare di sembrare indifferente all'ondata di notorietà che da qualche anno ormai accompagna il fenomeno.

Il legislatore, tuttavia, non è intervenuto con un'intera disciplina speciale, ma con una sola disposizione meramente definitoria. Pertanto, è sorto il dubbio sulla *ratio* di questo “*self-restraint*”. Certo non può escludersi che il legislatore italiano non fosse ancora così “smart” da intervenire su questo tema o che attendesse una più compiuta disciplina da parte del legislatore europeo. Non si può neppure escludere che abbia ritenuto, senza farne menzione espressa, che il fenomeno *smart contract* sia riconducibile ad istituti già esistenti e che, pertanto, sia applicabile la relativa disciplina. Questo non ci è dato sapere. L'unica certezza che abbiamo è che la norma introdotta non ha risolto le questioni che attanagliavano la dottrina prima della sua emanazione; anzi, ne ha fatte sorgere nuove, data la sua formulazione criptica.

La norma in questione è l'art. 8-ter, rubricato «Tecnologie basate su registri distribuiti e smart contract»²⁰⁶, inserito dalla legge 11 febbraio 2019, n. 12 di conversione del

²⁰⁶ Sul tema si veda: S. RIGAZIO, *Smart contracts e tecnologie basate su registri distribuiti nella L. 12/2019*, in *Il diritto dell'informazione e dell'informatica*, 2, 2021, pp. 369 ss.; M. MANENTE, *Studio 1_2019 DI – Legge*

D.L. 14 dicembre 2018 n. 135 recante “Disposizioni urgenti in materia di sostegno e semplificazione per le imprese e per la pubblica amministrazione” (D.L. Semplificazioni). Il comma 2 di questa disposizione ha fornito una prima, ma ancora parziale e opinabile, nozione di *smart contracts*, mentre il comma 1 definisce le tecnologie basate su registri distribuiti.

Questo intervento ha suscitato un acceso dibattito tra gli interpreti, i quali hanno espresso non pochi dubbi in merito alle soluzioni normative adottate²⁰⁷.

In particolare, le opinioni critiche hanno riguardato sia l’approccio metodologico del legislatore italiano, che si è limitato ad introdurre una definizione di *DLT* e *smart*

12/2019 – *Smart contract e tecnologie basate su registri distribuiti – Prime note*, in <https://notariato.it/wp-content/uploads/S-1-2019-DI.pdf>; M. NICOTRA, *L’Italia prova a normare gli smart contract, ecco come: pro e contro*, in *Agenda Digitale*, 2019; M. NICOTRA, F. SARZANA DI S. IPPOLITO, *Blockchain, ecco l’efficacia in Italia dopo il decreto semplificazioni*, in *Agenda Digitale*, 2018; M. NICOTRA, F. SARZANA DI S. IPPOLITO, *Il decreto semplificazioni aiuterà la blockchain in Italia, ecco perché*, in *Agenda Digitale*, 2018; E. BATTELLI, E. M. INCUTTI, *Gli smart contracts nel diritto bancario tra esigenze di tutela e innovativi profili di applicazione*, cit., pp. 930 ss.; M. GIACCAGLIA, *Considerazioni su blockchain e smart contracts (oltre le criptovalute)*, in *Contratto e Impresa*, 3, 2019, pp. 945 ss.; M. GALLI, L. GAROTTI, *Blockchain e smart contract: le novità previste dal Decreto semplificazioni*, in *Quotidiano Giuridico Pluris*, 2019; R. BATTAGLINI, *La normativa italiana sugli smart contract*, in Aa. Vv. *Blockchain e Smart Contract*, a cura di Giordano e Battaglini, Milano, 2019, pp. 375 ss.

²⁰⁷ Molti Autori si sono espressi in senso critico nei confronti della disposizione in esame. Si veda L. D’AGOSTINO, R. PISELLI, *La definizione di tecnologia a registro distribuito e di smart contract nella legge di conversione del “decreto semplificazioni”. Un primo commento critico*, in Aa. Vv. *Blockchain e autonomia privata. Fondamenti giuridici*, a cura di Nuzzo, Roma, 2019, p. 18, secondo cui «sarebbe forse stato più corretto inquadralo come vero e proprio contratto redatto in linguaggio computazionale, trascritto ed eseguito mediante tecnologie basate su registri distribuiti, con cui le parti concordano che, al verificarsi di alcune condizioni, si produrranno determinati effetti giuridici».

Secondo M. GIULIANO, *Blockchain, i rischi del tentativo italiano di regolamentazione*, in *Agenda Digitale*, 2019, l’intervento legislativo definitorio del fenomeno *smart contract* ha diverse lacune e, pertanto, rischia di costituire una fonte di nuovi problemi piuttosto che fornire una soluzione a quelli già esistenti. Sempre nella stessa prospettiva critica, A. CONTALDO, F. CAMPARA, *Blockchain, criptovalute, smart contract, industria 4.0. Registri digitali, accordi giuridici e nuove tecnologie*, cit., pp. 144 ss., i quali rilevano la sussistenza di vari aspetti critici con riferimento sia alla definizione legislativa di «tecnologie basate su registri distribuiti» sia a quella di *smart contract*.

Per ulteriori aspetti critici sull’intervento del legislatore interno si vedano: R. BATTAGLINI, *La normativa italiana sugli smart contract*, cit., p. 387; S. CHIBBARO, *Blockchain e smart contract, i notai: “Ecco i rischi della normativa”*, in *Agenda Digitale*, 2019; M. CAVICCHIOLI, *Alcuni dubbi sulla normativa italiana su blockchain e smart contract*, in *The Cryptonomist*, 2019; D. CARBONI, M. SIMBULA, *Blockchain e smart contract: le debolezze della nuova regolamentazione italiana*, in *Agenda Digitale*, 2019; F. SARZANA DI S. IPPOLITO, *Blockchain nel Ddl Semplificazioni, conseguenze e problemi dell’attuale testo*, in *Agenda Digitale*, 2019.

Altri, invece, sono meno critici rispetto alla normativa italiana. Anzi, secondo M. NICOTRA, F. SARZANA DI S. IPPOLITO, *Il decreto semplificazioni aiuterà la blockchain in Italia, ecco perché*, cit., la norma sarebbe da accogliere positivamente, in quanto dà certezza giuridica a queste tecnologie *DLT* e quindi induce ad incoraggiarne l’utilizzo, sulla scorta dell’esperienza maturata negli anni con le firme elettroniche.

contract, senza provvedere a disciplinarli, sia le imprecisioni e carenze nella formulazione delle disposizioni²⁰⁸.

Nei paragrafi successivi si procederà ad analizzare le due disposizioni, mettendone in evidenza le maggiori criticità.

2. Le «tecnologie basate su registri distribuiti»

Possiamo cominciare da una breve analisi della definizione di «tecnologie basate su registri distribuiti». Infatti, pur non costituendo l'oggetto principale di questa ricerca, rileva ai nostri fini perché lo *smart contract* descritto dal legislatore «opera su tecnologie basate su registri distribuiti» e, quindi, si pone con esse in rapporto di correlazione necessaria.

Il comma 1 dell'art. 8 prevede che «Si definiscono «tecnologie basate su registri distribuiti»²⁰⁹ le tecnologie e i 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».

Già a partire da questa definizione sono stati individuati alcuni aspetti critici di rilievo.

In primo luogo, l'espressione «architetturealmente decentralizzato su basi crittografiche» risulta ambigua ed incoerente per due motivi: non si rinviene in alcuno scritto né informatico né giuridico²¹⁰; la caratteristica della decentralizzazione non afferisce al registro in sé, ma soltanto all'accesso al medesimo, poiché si tratta di un *database* che viene replicato integralmente su ogni computer (c.d. nodo) della rete e non suddiviso in più parti²¹¹. Pertanto, se questa espressione avesse una applicazione letterale, la normativa comprenderebbe solamente quei registri architetturealmente

²⁰⁸ F. BENATTI, *Un nuevo paradigma contractual: el caso de los smart contracts*, in *Derecho y nuevas tecnologías* as. *El impacto de una nueva era*, a cura di Chipana Catala □ n, Lima, 2019, p. 274, nota 3.

²⁰⁹ L. PAROLA, *Blockchain e contratti intelligenti: uno sguardo al mercato dell'energia*, cit., p. 109. mette in evidenza che sarebbe stato più corretto riferirsi a tecnologie basate su registri condivisi, quindi, tradurre l'aggettivo inglese «*distributed*» con il termine italiano «condiviso».

²¹⁰ M. CAVICCHIOLI, *Alcuni dubbi sulla normativa italiana su blockchain e smart contract*, cit.

²¹¹ L. PAROLA, *Blockchain e contratti intelligenti: uno sguardo al mercato dell'energia*, cit., pp. 112.

decentralizzati e, dunque, escluderebbe di fatto tutte le principali *blockchain* (come quelle su cui si basano *Bitcoin* ed *Ethereum*).

Un altro elemento di criticità si rinviene nel silenzio del legislatore sul protocollo di consenso, che, come si è avuto modo di osservare (Capitolo Primo, paragrafi 5 e 6), costituisce un elemento che caratterizza la tecnologia *blockchain* e la differenzia rispetto ai *database* meramente decentrati.

Un terzo elemento di scarsa chiarezza è l'espressione «non alterabili e non modificabili», in quanto si pone in contraddizione con la capacità, pure menzionata dalla norma, di «aggiornamento dei dati»²¹², integrando quest'ultima una forma di modifica.

Inoltre, mettere in evidenza l'inalterabilità e l'immodificabilità è rischioso per tre ragioni, una delle quali è di notevole importanza per lo strumento *smart contract*. Innanzitutto, trattandosi di una tecnologia in rapida evoluzione, la disposizione normativa potrebbe presto non essere più conforme alla realtà; inoltre, i protocolli attualmente disponibili consentono la modificabilità dei dati mediante il raggiungimento del consenso della maggioranza dei nodi, essendo preclusa l'alterazione unilaterale da parte del singolo nodo; infine, sancire espressamente l'immodificabilità senza eccezioni del registro su cui operano gli *smart contracts* pone particolari problemi dal punto di vista della compatibilità con la disciplina dei rimedi contrattuali, finalizzati ad eliminare un vizio genetico o funzionale del rapporto sotteso allo *smart contract* (sul tema si veda *infra* Capitolo Quarto).

Infine, la definizione normativa sembra riguardare unicamente i registri *permissionless*, escludendo di fatto le tipologie di registri in cui è richiesta un'autorizzazione, in quanto prevede che i dati del registro siano «verificabili da ciascun partecipante».

Inoltre, la confusione tra il concetto di «verifica», che concerne la pubblicità o meno del registro e quello di «partecipante», relativo alla necessità o meno di un'autorizzazione per registrare transazione, rende oscura la reale portata della norma²¹³.

²¹² M. CAVICCHIOLI, *Alcuni dubbi sulla normativa italiana su blockchain e smart contract*, cit.

²¹³ In questo senso, si veda CONTALDO, F. CAMPARA, *Blockchain, criptovalute, smart contract, industria 4.0. Registri digitali, accordi giuridici e nuove tecnologie*, cit., p. 146.

3. Lo «smart contract»

Parimenti a quanto osservato in ordine alla definizione di tecnologie basate su registri distribuiti, anche la nozione di *smart contract* appare non esente da profili di criticità.

L'ari. 8-ter, comma 2, primo periodo definisce lo *smart contract*²¹⁴ come «un 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». La disposizione prosegue precisando che gli *smart contract* «soddisfano il requisito della forma scritta, previa identificazione informatica delle parti interessate, attraverso un processo avente i requisiti fissati dall'Agenzia per l'Italia digitale con linee guida da adottare entro novanta giorni dalla data di entrata in vigore della legge di conversione del presente decreto».

L'analisi della disposizione di cui all'art. 8-ter consente di individuare tre aspetti dello *smart contract*, come definito dal legislatore: le sue caratteristiche tecniche, i suoi effetti e i presupposti affinché esso possa assolvere il requisito formale.

3.1. Il programma per elaboratore che opera su tecnologie basate su registri distribuiti

Il legislatore utilizza il predicato nominale «programma per elaboratore» per definire lo *smart contract*. Inoltre, lo connota ulteriormente mediante la previsione secondo cui opera su registri distribuiti.

Grazie a questa parte prettamente “tecnica” della definizione, viene circoscritta la rilevanza giuridica dello *smart contract* ai *software* che girano su *DLT*²¹⁵.

Questa specificazione però non è esente da criticità, dal momento che può risultare fuorviante, ingenerando confusione tra i concetti di *blockchain* e *smart contract*.

Infatti, giova qui ripetere quanto si è già avuto modo di osservare ampiamente nel Capitolo Primo, che le *DLT* non sono le uniche dimensioni in cui si può manifestare

²¹⁴ Da tale norma possono ricavarsi «due nozioni legali di smart contract», secondo la lettura di S. ORLANDO, *Profili definitivi degli “smart contracts”*, in Aa. Vv. *INTERNET CONTRATTO E PERSONA Quale futuro?*, a cura di Clarizia, Pisa, 2021, pp. 48 ss.: la prima si riferisce al programma per elaboratore impiegato soltanto per l'esecuzione, totale o parziale, di un contratto; la seconda si riferisce, invece, al programma per elaboratore impiegato per definire, in parte o *in toto*, il contenuto di un contratto.

²¹⁵ Una parte della dottrina, infatti, riferisce solo ai programmi per elaboratore che operano su *DLT* l'appellativo di *smart legal contract*.

uno *smart contract*, a ritenere il contrario si cadrebbe in un'erronea sovrapposizione di concetti e non si coglierebbe l'essenza del fenomeno.

Lo *smart contract*, infatti, può essere eseguito, cioè elaborare le istruzioni di un programma informatico, su meri strumenti informatici. L'accostamento alle *DLT* (tra cui la *blockchain*, in particolare) deriva dal fatto che quest'ultima trasferisce agli *smart contracts* tutte le sue caratteristiche di autonomia, diffusione e sicurezza, nell'esecuzione automatica delle trasposte all'interno di un *software*.

Forse sarebbe stato più opportuno riferirsi espressamente allo *smart contract* come ad un programma per elaboratore che «può» operare su *DLT* e che «può» rappresentare la forma di un contratto a cui due o più parti si vincolano.

Tuttavia, questa specificazione normativa, se da un lato limita il campo di applicazione giuridica dello *smart contract*, dall'altro ha il pregio di dirimere le incertezze, pur manifestatesi in dottrina, relative alla delimitazione del fenomeno *smart contract* rispetto alla contrattazione algoritmica²¹⁶ o ad operazioni svolte da programmi per elaboratore senza l'utilizzo di *DLT*, costituenti mere fasi o segmenti di transazioni.

3.2. L'esecuzione automaticamente vincolante

Un altro elemento della disposizione in esame, su cui si è acceso il dibattito nella dottrina civilistica, concerne l'utilizzo del lemma «esecuzione».

In particolare, il legislatore, dopo aver definito lo *smart contract* dal punto di vista tecnico, ne statuisce gli effetti, prevedendo testualmente che la sua «esecuzione vincola automaticamente due o più parti sulla base di effetti predefiniti dalle stesse».

I dubbi ermeneutici, che si risolvono in incertezze applicative, derivano dal significato del termine «esecuzione», ossia se lo stesso debba intendersi in senso giuridico o informatico.

Pertanto, dal significato che si conferisce al concetto di «esecuzione» dipende l'intero tenore della disposizione.

²¹⁶ Su tema vedi *supra* Capitolo Primo, paragrafi 4.3 e 4.4.

Un'esegesi alla luce della disciplina codicistica, secondo cui il termine «esecuzione» si deve riferire all'adempimento delle prestazioni²¹⁷, non spiegherebbe perché le parti siano vincolate non già nel momento in cui hanno validamente prestato il proprio consenso, ma soltanto in un momento successivo. Infatti, l'attribuzione di un tale significato sarebbe inopportuna, in quanto, in virtù del principio consensualistico, il contratto si perfeziona con il consenso delle parti, ad eccezione di alcuni casi.

Per questo, è ritenuto unanimemente in dottrina che il termine «esecuzione» debba essere inteso secondo il linguaggio informatico, quindi, come avvio/elaborazione informatica del programma, ossia la lettura da parte del *software* delle istruzioni (*rectius*, clausole contrattuali) trasposte in codice e la loro memorizzazione sulla *DLT*.

Inoltre, anche il testo offre un duplice indizio in tal senso.

In primo luogo, il pronome relativo «la cui», presente nel testo della norma, introducendo la proposizione dipendente, si mette in relazione all'antecedente della proposizione principale che è il «programma per elaboratore», non essendo presente alcun riferimento alle prestazioni.

In secondo luogo, nella definizione di «predefinito» che fornisce il vocabolario Treccani, si legge «agg. Nel linguaggio informatico, in riferimento a programmi applicativi, riguardante un'opzione di funzionamento predeterminata dal costruttore e impostata nel sistema». Quindi, si potrebbe ritenere che, per una coerenza interna alla disposizione, entrambi i termini «esecuzione» e «predefiniti» appartengano al linguaggio informatico²¹⁸.

Conseguentemente, il vincolo che si crea sarebbe riferito alla immutabilità del registro distribuito su cui sono registrati i dati relativi allo *smart contract*, una volta che viene attivato²¹⁹.

²¹⁷ Si veda *infra* Capitolo Quinto, paragrafo 4.2, relativamente ai risvolti applicativi di una tale interpretazione.

²¹⁸ *Contra* S.A. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, cit., p. 393, il quale interpreta l'espressione «effetti predefiniti», nel senso che l'accordo sugli effetti intervenga in un momento antecedente a quello in cui lo *smart contract* vincola le parti.

²¹⁹ Qualcuno in dottrina mette in luce l'inopportunità di far discendere dalla macchina le vicende contrattuali delle parti perché ciò negherebbe il principio di autonomia contrattuale. Così CONTALDO, F. CAMPARA, *Blockchain, criptovalute, smart contract, industria 4.0. Registri digitali, accordi giuridici e nuove tecnologie*, cit., p. 146, che pongono in luce che sarebbe stato più opportuno specificare che lo *smart contract* costituisce un programma per elaboratore che agisce a supporto delle parti contraenti anziché come vincolo. Nello stesso senso, si veda F. SARZANA DI S. IPPOLITO, *Blockchain nel Ddl Semplificazioni, conseguenze e problemi dell'attuale testo*, cit.

Tuttavia, un vincolo così inteso finirebbe comunque per coincidere con quello a cui dà vita il contratto, che ha forza di legge tra le parti (art. 1372 c.c.), distinguendosi esclusivamente per il grado di intensità del vincolo, che nello *smart contract* è irretrattabile²²⁰.

Inoltre, il collegamento con il contratto, inteso quale atto di autonomia negoziale a contenuto patrimoniale di cui agli art. 1321 e ss., si può rinvenire anche dal dato testuale. Infatti, per come è stata formulata la nozione di *smart contract*, sembra che il legislatore si sia ispirato proprio a quella del contratto dettata dal legislatore del 1942, essendo menzionati il termine “esecuzione”, l’espressione “due o più parti” e il verbo “vincola”. Questa tendenza si ravvisa anche nel secondo periodo del comma in esame, in cui si fa riferimento alla “forma scritta”, che ricorda quanto disposto dall’art. 1325, n. 4 c.c. (come si dirà nel paragrafo successivo).

Tuttavia, si tratta di una mera assonanza rispetto alle disposizioni codicistiche, perché non vi è alcun coordinamento tra la definizione di *smart contract* e la disciplina civilistica in materia di contratti.

Il legislatore ha preferito rimanere generico, in quanto, se avesse voluto circoscrivere l’espressione *smart contract* solo all’ambito contrattuale tradizionale, avrebbe potuto definire lo *smart contract* come un contratto espresso nella forma di un programma per elaboratore e capace di eseguirsi automaticamente²²¹. In tal modo, ha lasciato all’interprete i compiti più ardui di delimitare il campo applicativo dello strumento, di definirne la natura e di individuare la disciplina ad esso applicabile.

Restano alcuni dubbi che il procedimento esegetico relativo ai termini della fattispecie «esecuzione» e «vincola» non ha risolto. In particolare, non è chiaro se sia possibile includere nel perimetro della disposizione in esame, con conseguente riconoscimento della qualifica di *smart contract* con rilevanza giuridica (determinata dall’esistenza di una fattispecie normativa) i programmi per elaboratore impiegati per l’esecuzione totale o parziale delle condizioni di un contratto tradizionalmente inteso o per la conclusione di un contratto secondo parametri prestabiliti (ipotesi che

²²⁰ Su questo aspetto, si veda in particolare *infra* Capitolo Quinto, paragrafo 2.2.2.

²²¹ In questi termini, si esprime C. BOMPRESZI, *Commento in materia di Blockchain e Smart contract alla luce del nuovo Decreto Semplificazioni*, cit.

appartengono rispettivamente alla fase di esecuzione e a quella di formazione dell'accordo).

3.3. Il requisito della forma scritta

Se le questioni esposte nei paragrafi precedenti sono state oggetto di biasimo perché foriere di incertezze applicative, la previsione della forma scritta dello *smart contract*, contenuta nel secondo periodo dell'art. 8-ter, comma 2 ha costituito un vero e proprio bersaglio delle critiche dottrinali, in quanto ritenuta pressoché inutile.

In particolare, la disposizione prevede che «gli *smart contract* soddisfano il requisito della forma scritta previa identificazione informatica delle parti interessate, attraverso un processo avente i requisiti fissati dall'Agenzia per l'Italia digitale con linee guida da adottare entro novanta giorni dalla data di entrata in vigore della legge di conversione» del decreto.

Salta all'occhio un dato testuale che è emblematico dell'incertezza che connota fenomeno *smart contract(s)*: il legislatore usa il termine inglese “smart contract” al plurale, senza la “s” finale (con cui si declina il plurale in inglese), come del resto fa gran parte della dottrina italiana. Tuttavia, la locuzione corretta sembrerebbe essere “smart contracts”, in quanto Szabo, a cui si deve la teorizzazione del fenomeno nel *paper* “*Smart Contracts*”, utilizza questa distinzione²²².

A parte questa digressione di carattere linguistico, pertinente se consideriamo che «alla legalità linguistica corrisponde la legalità giuridica delle azioni»²²³, le critiche a tale disposizione sono fondate prevalentemente su un confronto con alcune disposizioni del Codice dell'Amministrazione Digitale (CAD) di cui al d.lgs. 5 marzo 2005, n. 82, in cui l'art. 20, comma 1-*bis* prevede che il documento informatico soddisfa il requisito della forma scritta quando presenta particolari requisiti di sicurezza, integrità e immodificabilità.

Secondo una parte della dottrina, la norma appare assolutamente opportuna, in quanto lo *smart contract* è un programma per elaboratore e potrebbero sorgere dubbi,

²²² Infatti, l'Accademia della Crusca ha affermato che il forestierismo si deve utilizzare al plurale, senza il morfema finale «-s», solo allorquando sia acquisito stabilmente e da tempo nell'italiano; laddove, invece, si tratti di un neologismo recente o un termine fortemente specialistico (come può certamente qualificarsi il termine *smart contract*), è consigliabile utilizzare il plurale della lingua d'origine.

²²³ N. IRTI, *Riconoscersi nella parola*, Bologna, 2020, p. 14.

in assenza di un'espressa previsione, circa la sua conformità al requisito dell'immodificabilità di cui all'art. 3, comma 2, del DPCM 13 novembre 2014; anche secondo quanto previsto dall'art. 4, comma 3 del DPCM 22 febbraio 2013 secondo cui non può considerarsi immodificabile un documento informatico che contiene macroistruzioni o codici eseguibili (questi ultimi contenuti, per definizione, in uno *smart contract*)²²⁴.

L'obiezione che può muoversi a questo orientamento è che non prende in considerazione il comma 1 della norma in esame, il quale attribuisce espressamente alla *DLT* il requisito della immodificabilità. Poiché lo *smart contract*, come definito dal legislatore, opera su *DLT* si compenetra con essa e ne acquisisce le relative caratteristiche, tra cui quella dell'immodificabilità.

Altri ritengono superflua norma di cui all'art.8-ter, comma 2, secondo periodo ²²⁵, in quanto si sarebbe potuta ricavare l'efficacia di forma scritta dello *smart contract* in via interpretativa dall'art. 20 comma 1-bis, secondo periodo del CAD.

Questa considerazione si fonda sull'argomento che lo *smart contract* che opera su *DLT* costituisce un documento informatico²²⁶ (art. 1, comma 1, lett. p CAD) e, in base al combinato disposto dei commi 1 e 2 dell'art. 8-ter, è anche connotato dalla caratteristica dell'immodificabilità, prevista espressamente dal legislatore per la *DLT*. Nonostante la validità delle argomentazioni, questa critica non merita di essere accolta, in quanto si focalizza sull'efficacia probatoria dello *smart contract* "alias" documento informatico, allontanandosi dal dato testuale del art. 8-ter comma 2.

Inoltre, l'erroneità di questa tesi emerge proprio dal confronto, che essa stessa propone, con l'art. 20 comma 1-bis del CAD.

²²⁴ NICOTRA, *L'Italia prova a normare gli smart contract, ecco come: pro e contro*, cit.; M. MAUGERI, *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, cit., p. 46.

²²⁵ A.M. GAMBINO, A. STAZI, D. MULA, *Diritto dell'informatica e della comunicazione*, cit., pp. 182 ss.

Inoltre, C. BOMPRESZI, mette in evidenza che la norma in esame si pone in conflitto anche con il principio di neutralità tecnologica, essendo drasticamente ridotte per le *DLT* le ipotesi di soddisfacimento del requisito della forma scritta rispetto a tutte le altre tecnologie utilizzate, per le quali rimarrebbero operanti le regole generali.

²²⁶ Lo *smart contract* può essere considerata una rappresentazione informatica di dati giuridicamente rilevanti, rientrando così non solo nella definizione di documento informatico descritta all'articolo 1 lettera d) D.lgs. n. 82/2005 (CAD), ma anche nella accezione di "documento elettronico" introdotta dal Regolamento EU n. 910/2014 (eIDAS): «qualsiasi contenuto conservato in forma elettronica [...]». Secondo L. PIATTI, *Dal Codice Civile al codice binario: blockchain e smart contracts*, cit., p. 336, nota 42.

Infatti, mentre quest'ultimo (come altre disposizioni, ad esempio, l'art. 2705 c.c.) prevede che il documento informatico «soddisfa il requisito della forma scritta e ha l'efficacia prevista dall'articolo 2702», l'art. 8-ter, comma 2, secondo periodo si limita a prevedere che gli *smart contract* «soddisfano il requisito della forma scritta», senza fare menzione dell'efficacia probatoria.

Pertanto, sembrerebbe corretto ritenere che il requisito della forma scritta normativamente previsto si riferisca alle ipotesi in cui è richiesto *ad substantiam actus*, non *ad probationem*, alla stregua di quanto previsto dall'art. 1325, n. 4 c.c.

Anche questo riferimento alla forma scritta, inoltre, costituisce un indice della ricostruzione secondo cui allo *smart contract* possa essere attribuita natura contrattuale. In conclusione, quindi, se proprio deve rilevarsi una criticità relativamente alla parte della disposizione in esame, questa si rinviene nel ruolo cruciale attribuito all'AgID, alla quale il legislatore ha attribuito l'arduo compito di anticipare i tempi di un processo che dovrebbe essere affrontato in un'ottica quantomeno europea e auspicabilmente internazionale, con l'elaborazione di standard condivisi e di sistemi interoperabili, data la più volte ricordata vocazione sovranazionale dello strumento *smart contract*. Tanto è vero, che l'AgID, al momento in cui si scrive, non ha ancora emanato le linee guida.

4. Considerazioni conclusive sulla novella legislativa

La portata dell'intervento normativo lascerebbe desumere che la *ratio* ispiratrice sia stata quella di favorire (almeno formalmente) l'innovazione tecnologica e connotare l'ordinamento italiano come *blockchain friendly*²²⁷, alla stregua di quanto avvenuto in altri ordinamenti, come si dirà a breve.

Seppur lodevole nelle intenzioni, tuttavia, l'intervento normativo non può ritenersi soddisfacente, per tutti gli aspetti messi in evidenza nei paragrafi precedenti.

Infatti, il giudizio complessivo sulla normativa è assai critico per l'imprecisione delle definizioni e la superfluità di alcune disposizioni a fronte dell'applicabilità del regime giuridico vigente. Qualcuno addirittura sostiene che la normativa in esame rischia di

²²⁷ C. BOMPRESZI, *Commento in materia di Blockchain e Smart contract alla luce del nuovo Decreto Semplificazioni*, in <https://www.dimt.it/news/breve-commento-alla-legge-11-febbraio-2019-n-12-di-conversione-del-decreto-legge-14-dicembre-2018-n-135-recante-disposizioni-urgenti-in-materia-di-sostegno-e-semplificazione-per-le-impese-e-per-la-pu/>.

disincentivare, anziché assecondare, lo sviluppo e l'utilizzo di tali tecnologie, a causa delle incertezze applicative a cui ha dato vita.

Pertanto, forse il legislatore italiano avrebbe fatto meglio a limitarsi ad indicare la natura giuridica dello *smart contract*, per permettere all'interprete di individuarne la disciplina applicabile, piuttosto che fornire una descrizione "tecnica" approssimativa.

Ciò spiace, in quanto è stata sprecata un'occasione per fornire risposte soddisfacenti ai tormentati quesiti che aleggiavano negli scritti di gran parte della dottrina civilistica.

Tuttavia, per spezzare una lancia in favore del legislatore, occorre mettere in evidenza la difficoltà che egli riscontra nel dettare normative relative a strumenti tecnologici di recente emersione e connotati da notevole portata innovativa. Infatti, la *Distributed Ledgers Technology*, nonché la *blockchain* e gli *smart contracts* sono fenomeni tecnologici che, per definizione, mutano e si evolvono rapidamente. Tale caratteristica complica l'elaborazione di una normativa organica²²⁸ per un duplice ordine di ragioni: in primo luogo, le lunghe tempistiche della produzione normativa contrastano con la rapida evoluzione di questi fenomeni tecnologici e, quindi, la legislazione emanata potrebbe divenire presto obsoleta, intervenendo quando il fenomeno è già mutato; inoltre, un intervento normativo precoce e affrettato, volto a circoscriverne il perimetro "dall'alto", potrebbe avere l'effetto negativo di ridurre il potenziale innovativo, piuttosto che ampliarlo. Infine, la portata sovranazionale che caratterizza lo strumento *smart contract*, come dimostrano gli innumerevoli scritti della dottrina straniera, richiede forse interventi che possano garantire soluzioni armonizzate a livello europeo o globale.

A valle di tali considerazioni, occorre comunque mettere in luce che le criticità riguardo all'art. 8-ter, comma 2 non impediscono all'interprete di sfruttare l'unico dato positivo in tema di *smart contract* per svolgere un'indagine, attraverso il procedimento esegetico, sulla sua natura giuridica, come si vedrà nel Capitolo Quinto.

²²⁸ Formulare fattispecie per dare rilevanza giuridica a fatti che riguardano le nuove tecnologie è un compito estremamente complesso, data la difficoltà che sussiste nel descrivere un modello di una classe di fatti possibili relativi a fenomeni, che non solo sono in continuo mutamento ma il cui funzionamento è oscuro ai più.

SEZIONE SECONDA

LE REAZIONI DEGLI ORDINAMENTI

STRANIERI AL FENOMENO *SMART*

CONTRACT

SOMMARIO: 1. La disciplina giuridica degli *smart contracts* a livello europeo. Il *framework* normativo di Malta. – 2. Gli interventi normativi dell’Unione europea. – 3. I principi dell’*European Law Institute* relativi alla tecnologia *blockchain*, agli *smart contracts* e alla protezione dei consumatori. – 4. Il parere della Law Commission sugli *smart legal contracts* e il report della *UK Jurisdiction Taskforce*. – 5. Le legislazioni emanate negli Stati Uniti. – 6. Il confronto tra *common law* e *civil law*.

1. La disciplina giuridica degli *smart contracts* a livello europeo. Il *framework* normativo di Malta

In molti Paesi europei, il fenomeno *smart contract* ha suscitato notevole interesse degli studiosi, ma stenta ad essere preso in considerazione dal legislatore.

Infatti, in Paesi quali Francia, Spagna e Germania, solo la dottrina si è espressa sul tema in esame, mentre risulta del tutto assente qualsivoglia intervento normativo²²⁹.

Inoltre, la Repubblica di San Marino, la Svizzera, il Liechtenstein e Gibilterra hanno introdotto normative, più o meno ampie, relative alla *blockchain* e agli *asset* digitali, senza fare alcun riferimento allo *smart contract*.

Quindi il legislatore italiano, seppur largamente criticato come si è avuto modo di osservare, è stato particolarmente innovatore.

Predecessore dell’intervento italiano è stato, a livello europeo, il Parlamento maltese, che ha adottato una completa e corposa disciplina in materia di *DLT*, *blockchain*, *ICO*, *token* e *criptoasset* in generale, tanto da meritarsi l’appellativo di “*Blockchain Island*”.

²²⁹ La Francia e la Germania sono intervenute solo relativamente al riconoscimento giuridico della tecnologia *blockchain* per determinate applicazioni, in particolare quella delle valute virtuali.

Con specifico riferimento agli *smart contract*, l'art. 2 del “*Virtual Financial Asset Act*” (*VFAA*)²³⁰, emanato nel 2018, ha introdotto la definizione di *smart contract*.

In particolare, lo *smart contract* è una forma di accordo tecnologico innovativo che consiste in: un protocollo informatico e/o un accordo concluso in tutto o in parte in forma elettronica, che è automatizzabile ed eseguibile mediante l'esecuzione di codice informatico, sebbene alcune parti possano richiedere l'*input* e il controllo umano e che può essere anche eseguibile con metodi giuridici ordinari o con una combinazione di entrambi²³¹.

2. Gli interventi normativi dell'Unione europea

La notevole dirompenza dei fenomeni tecnologici emergenti ha imposto all'ordinamento unionale la redazione di diverse proposte legislative, con riferimento non solo agli *smart contracts* ma anche, più in generale, a tutte le tecnologie innovative che presentano già o potrebbero presentare implicazioni con i diritti della cui tutela è competente l'Unione²³².

Tuttavia, gli studi giuridici su *blockchain* e *smart contracts* non sono ancora del tutto maturi, complice anche la continua evoluzione del fenomeno.

Per tale ragione, rispetto al fenomeno *smart contract*, l'Unione Europea non è ancora intervenuta con una disciplina omogenea, ma ha preferito assumere un atteggiamento di *self restraint* e attendista (c.d. *wait-and-see approach*) soprattutto per evitare che i notevoli vantaggi insiti nel loro impiego negli scambi sovranazionali possano essere

²³⁰ ACT No. XXX of 2018, disponibile al seguente indirizzo: <https://www.mfsa.mt/wp-content/uploads/2018/12/fintech-main-legislation.pdf>.

²³¹ Si riporta il testo in lingua originale: «“*smart contract*” means a form of innovative technology arrangement consisting of: (a) a computer protocol; and, or (b) an agreement concluded wholly or partly in an electronic form, which is automatable and enforceable by execution of computer code, although some parts may require human input and control and which may be also enforceable by ordinary legal methods or by a mixture of both».

Questa definizione è ripetuta anche dal “*Malta Digital Innovation Authority Act*” (*MDIAA*) del 2018, con cui è stata istituita la *Malta Digital Innovation Authority*, un'Autorità finalizzata a sostenere lo sviluppo e favorire l'innovazione tecnologica. ACT No. XXXI of 2018, (disponibile al seguente indirizzo: <https://legislation.mt/eli/cap/591/eng/pdf>) che estende le competenze di tale Autorità anche agli *smart contracts*, che sono ritenuti strumenti per dar vita ad accordi tecnologici innovativi.

²³² Le proposte legislative riguardano: la regolamentazione della *governance* dei dati (*Data Governance Act*), i *cripto-asset* (*Digital Finance Package*), l'intelligenza artificiale (*Artificial Intelligence Act*), i servizi digitali (*Digital Services Act*), il mercato digitale (*Digital Market Act*) e la condivisione dei dati (*Data Act*) le misure contro il riciclaggio di denaro e il finanziamento del terrorismo.

ridimensionati da un'eccessiva regolamentazione che vada a comprimere il potenziale della tecnologia avanzata che li connota.

Concentrandosi, più in generale, sui benefici che possono derivare dall'implementazione e dall'utilizzo delle *DLT* e della *blockchain*²³³, l'UE ha affermato che, al momento, i contratti intelligenti potrebbero non essere sufficientemente maturi per essere considerati giuridicamente vincolanti nel quadro di una qualsiasi normativa settoriale e che, pertanto, è necessaria un'ulteriore valutazione dei rischi derivanti dal loro impiego²³⁴. Tale statuizione consente di ritenere che, argomentando *a contrario*, nei settori in cui non si riscontrano particolari profili di rischio, possa essere riconosciuta agli *smart contract* una vincolatività sul piano giuridico.

Inoltre, il Parlamento europeo è intervenuto, con riferimento agli *smart contracts*, nella Risoluzione del 20 ottobre 2020²³⁵, e ha messo in luce che il loro utilizzo in numerosi settori avviene in assenza di un adeguato quadro giuridico, dando luogo ad incertezze, in merito alla legittimità di tali contratti e la loro applicabilità in situazioni transfrontaliere.

Pertanto, ha chiesto alla Commissione di valutarne lo sviluppo e l'utilizzo, segnatamente le questioni di legittimità ed esecuzione degli stessi in situazioni transfrontaliere, e di presentare proposte per un appropriato quadro giuridico.

È importante osservare che gli interventi richiesti dal Parlamento europeo, volti a fornire orientamenti in materia di «contratti intelligenti», sono espressamente diretti a

²³³ Risoluzione del Parlamento europeo del 3 ottobre 2018 sulle tecnologie di registro distribuito e blockchain: creare fiducia attraverso la disintermediazione (2017/2772(RSP)), cit.: «l'Unione dispone di un'eccellente opportunità per divenire leader mondiale nel campo delle DLT ed essere un attore credibile nel guidarne lo sviluppo e i mercati livello globale, in collaborazione con i partner internazionali».

²³⁴ Risoluzione del Parlamento europeo del 13 dicembre 2018 sulla blockchain: una politica commerciale lungimirante (2018/2085(INI)), cit. Al punto 29: «sottolinea i benefici che la *blockchain* potrebbe apportare alle PMI rendendo possibili la comunicazione *peer-to-peer*, fornendo strumenti di collaborazione e pagamenti sicuri, agevolando l'attività d'impresa e riducendo il rischio di mancato pagamento e i costi legati alla procedura giuridica per l'adempimento dei contratti tramite l'utilizzo di contratti intelligenti; riconosce la necessità di garantire che lo sviluppo della *blockchain* nel commercio internazionale includa le PMI».

²³⁵ Risoluzione del Parlamento europeo del 20 ottobre 2020 recante raccomandazioni alla Commissione sulla legge sui servizi digitali: migliorare il funzionamento del mercato unico (2020/2018(INL)), cit.

Considerando Lett. O, in cui gli *smart contracts* sono definiti come «“contratti intelligenti”, basati su tecnologie di registro distribuito, comprese le *blockchain*, che consentono la tenuta dei registri decentrata e interamente tracciabile e l'auto-esecuzione».

I Punti 32-41 della Risoluzione sono dedicati ai «contratti intelligenti».

garantire la certezza del diritto per imprese e consumatori e l'applicazione della disciplina consumeristica di tutela del contraente debole²³⁶.

Infatti, ha domandato alla Commissione di esaminare le modalità per garantire un adeguato equilibrio e parità tra le parti dei «contratti intelligenti», tenendo conto delle preoccupazioni private della parte più debole. In questo ambito, in particolare, ha chiesto di chiarire i contratti intelligenti siano contemplati dall'eccezione di cui all'articolo 3, paragrafo 3, lettera l) della direttiva 2011/83/UE sui diritti dei consumatori e di chiarire la questione del diritto di recesso.

L'eccezione a cui fa riferimento il Parlamento europeo è quella relativa ai contratti conclusi tramite distributori automatici o locali commerciali automatizzati.

È opportuno precisare, sul punto, che non appare condivisibile l'esclusione dell'applicazione della direttiva sul commercio a distanza, nel caso di utilizzo degli *smart contracts*, mediante l'equiparazione di essi ai distributori automatici.

Infatti, sebbene Szabo abbia utilizzato l'esempio del distributore automatico per spiegare il funzionamento dello *smart contract* e qualcuno in dottrina ritenga il primo un predecessore del secondo, le caratteristiche degli *smart contracts* sono molto diverse da quelle di un distributore automatico.

La *ratio* secondo la quale il Parlamento propone l'esenzione dall'applicazione della direttiva citata agli *smart contract*, potrebbe essere ravvisata nella finalità di evitare di appesantire le transazioni che utilizzano gli *smart contracts* con i gravosi obblighi informativi, che caratterizzano i contratti a distanza conclusi tra professionisti e consumatori (art. 49 cod. cons.), oltre alla difficoltà pratica di dare attuazione a tali obblighi.

L'analisi degli atti dell'UE menzionati rende evidente che la normativa, di cui il legislatore europeo auspica l'adozione²³⁷, persegue obiettivi diversi rispetto ad una regolamentazione generale del fenomeno *smart contract*.

²³⁶ Punti 35 e 36 della Risoluzione.

²³⁷ Al Punto 40 della Risoluzione il Parlamento europeo conclude «che dovrebbero essere trovate soluzioni legislative a tali questioni a livello dell'Unione qualora non appaia realizzabile un'azione a livello internazionale o qualora sussista il rischio che tale azione richieda troppo tempo per concretizzarsi».

Questi obiettivi si sostanziano nel fornire un'adeguata tutela ai consumatori/utenti e a garantire che le imprese si dotino degli strumenti giuridici per utilizzare in maniera corretta ed efficiente gli *smart contracts*.

3. I principi dell'*European Law Institute* relativi alla tecnologia *blockchain*, agli *smart contracts* e alla protezione dei consumatori

La necessità di fornire quantomeno un nucleo essenziale di regole comuni agli Stati, per evitare utilizzi distorti delle tecnologie emergenti e per non rimanere troppo indietro rispetto sia agli interventi legislativi dei singoli Stati membri sia dei Paesi extra-UE, è stata avvertita dall'*European Law Institute (ELI)*.

Proprio per questo, di recente, l'8 settembre 2022, l'Istituto ha emanato il *Draft* dei "Principles on Blockchain Technology, Smart Contracts and Consumer Protection"²³⁸, alla cui elaborazione ha cominciato a lavorare dal 2018, per fornire una guida pratica nel campo dello sviluppo giuridico delle nuove tecnologie nell'ordinamento europeo, nell'ottica di fornire soluzioni armonizzate almeno tra gli Stati membri e di rafforzare l'integrazione giuridica europea con riferimento all'utilizzo delle stesse²³⁹.

I *Reporters* hanno tentato di sviluppare quel *framework* giuridico sinora mancante in ambito europeo, similmente quanto fatto dalla *Law Commission* con il parere fornito al Governo il 25 novembre 2021, secondo il quale l'attuale quadro giuridico dell'Inghilterra e del Galles è certamente in grado di rendere agevole e favorire l'uso degli *smart legal contracts*. Infatti, dalla lettura del *Draft* emerge una certa somiglianza sia contenutistica che strutturale al suddetto parere²⁴⁰, sul quale ci si soffermerà ampiamente nel Capitolo successivo.

²³⁸ Il documento è disponibile al sito: https://www.europeanlawinstitute.eu/fileadmin/user_upload/p_eli/Publications/ELI_Principles_on_Blockchain_Technology_Smart_Contracts_and_Consumer_Protection_Council_Draft.pdf.

Per una disamina dei Principi si veda E. STABILE, *Gli ELI Principles on Blockchain Technology, Smart Contracts and Consumer Protection*, in *Persona e Mercato*, 3, 2022, pp. 512-515.

²³⁹ Principio 1, la lett. b) chiarisce che il *Framework* intende stabilire una concezione comune di *blockchain* e *smart contracts*, guidare i professionisti nell'applicazione delle norme esistenti in materia, stimolare ulteriori sviluppi sull'argomento e informare il pubblico delle *best practices* di settore. Ovviamente, tali obiettivi impongono un coordinamento con le normative eventualmente esistenti in materia.

²⁴⁰ Che l'*ELI* abbia seguito le orme del *report* della *English Law Commission* sugli *Smart Legal Contracts* è confermato dal richiamo che il *Draft* europeo (p. 35) fa al *report* inglese.

Questo documento ha particolare rilevanza per le finalità che questa persegue, in quanto stabilisce senza incertezze che, al ricorrere di determinate condizioni, gli *smart contracts* costituiscono contratti giuridicamente vincolanti.

Analizzando più nel dettaglio il *Draft*, questo contiene un ristretto numero di principi²⁴¹ e si focalizza anch'esso, come i sopra menzionati atti delle Istituzioni dell'Unione, sul tema della tutela dei consumatori.

Il *Framework* segue un approccio basato sulla neutralità tecnologica²⁴² e sull'equivalenza funzionale²⁴³ e propone soluzioni giuridiche basate sul concreto funzionamento delle tecnologie *blockchain* e *smart contracts* (c.d. *Use-Case Approach*).

Inoltre, il *Draft* perimetra espressamente il suo ambito applicativo alle transazioni realizzate tramite la *blockchain* e gli *smart contracts*, nella misura in cui queste possono essere qualificate di natura contrattuale e, quindi, integrano accordi giuridicamente vincolanti²⁴⁴. Tale qualificazione presuppone un'indagine caso per caso, basata sulla natura delle parti coinvolte e sulla tipologia di *smart contract* utilizzata²⁴⁵.

Proprio a tal fine, il Principio 2 lett. a) distingue le tipologie di *smart contracts* in: 1) meri codici privi di valore giuridicamente vincolante (transazioni intese in senso meramente tecnico); 2) strumenti per eseguire accordi raggiunti al di fuori di una *blockchain* (di seguito *off-chain*); 3) dichiarazioni di volontà giuridicamente vincolante, come un'offerta o un'accettazione, o un contratto legalmente vincolante (entrambi i negozi giuridici sono costituiti esclusivamente dal codice informatico); 4) una fusione tra *smart contract* e contratto tradizionale stipulato *off-chain*.

²⁴¹ Il *Framework* è diviso in due parti: la prima dedicata ai principi di carattere generale; la seconda alla tutela dei consumatori coinvolti in *smart contracts*. Ogni Principio, a sua volta, si articola in una *black letter rule* e in note esplicative.

²⁴² Il rispetto del principio della neutralità tecnologica comporta che la regolazione non imponga né introduca discriminazioni a favore dell'impiego di un tipo particolare di tecnologia affinché non sia ristretta la libertà delle persone e delle organizzazioni di scegliere la tecnologia più adeguata ai loro bisogni.

²⁴³ Equivalenza funzionale significa che un accordo vincolante concluso *offline* deve avere lo stesso valore giuridico di uno concluso sulla *blockchain*.

²⁴⁴ Si vedano: il Principio 1, lett. c) «*These PRINCIPLES only deal with the transactional aspects of BLOCKCHAINS and SMART CONTRACTS in as far as these can be qualified as being of a contractual nature*» ed il Principio 2, lett. c) «*The PRINCIPLES focus on SMART CONTRACTS as a legally binding declaration (such as an offer or acceptance) and on SMART CONTRACTS as a legal agreement*».

²⁴⁵ Si veda, in tal senso, il Principio 3.

In quest'ultimo caso, in cui l'accordo legale esiste contemporaneamente sia sulla *blockchain* (di seguito *on-chain*) che *off-chain*, le parti devono stabilire in quale delle due categorie vogliono far rientrare il contratto²⁴⁶.

Sul piano del diritto internazionale privato, il *Draft* prevede che alle transazioni giuridicamente rilevanti realizzate sulla *blockchain* si applichino le stesse norme applicabili ai rapporti contrattuali tradizionali (*off-chain*) (Principio 4, lett. a))²⁴⁷. Tuttavia, la mera circostanza che la transazione avvenga tra i nodi di una rete che per definizione è decentralizzata non costituisce un presupposto sufficiente per applicare il diritto internazionale privato, essendo comunque necessario un elemento di transnazionalità, c.d. criterio di collegamento (Principio 4, lett. c)).

La questione principale riguardante la rilevanza giuridica degli *smart contracts* è se uno *smart contract* possa, in quanto tale (quindi senza un rapporto giuridicamente vincolante sottostante già esistente tra le parti), integrare un contratto giuridicamente vincolante.

Per rispondere a tale quesito, i *Reporters* si sono basati sul *Draft Common Frame of Reference (DCFR)*²⁴⁸, utilizzato come quadro normativo di riferimento.

Inoltre, sono partiti dall'assunto secondo cui sia i soggetti coinvolti (persone fisiche e giuridiche) sia l'oggetto della transazione devono essere chiari, poiché un processo automatizzato di per sé, in cui non siano indicati con precisione i soggetti e l'oggetto, non può produrre atti giuridicamente vincolanti.

Ancora, secondo i *Reporters*, la risposta al quesito in esame può essere diversa a seconda che nello *smart contract* sia coinvolto un consumatore – *B2C (business to consumer)* e *G2C (government to consumer)* – o un professionista – *B2B (business to business)* o *B2G (business to government)* o *G2G (government to government)*.

Infatti, la posizione di un consumatore è diversa da quella delle imprese che negoziano tramite algoritmi, poiché è un soggetto che, per la sua forza contrattuale diseguale nei confronti di una parte professionale, ha diritto a specifiche informazioni

²⁴⁶ Principio 2, lett. a), n. 4).

²⁴⁷ Principio 4, lett. a) Di conseguenza, e□ ammissibile pure la scelta di legge e del Foro competente (Principio 4, lett. b)).

²⁴⁸ Il *Draft Common Frame of Reference* (“progetto di un quadro comune di riferimento”), pubblicato nel 2008 e aggiornato nel 2009, è un progetto di uniformazione del diritto contrattuale che offre alcune proposte su un futuro codice europeo delle obbligazioni o addirittura un vero e proprio Codice civile europeo.

precontrattuali e a determinate prestazioni durante il rapporto contrattuale. È indubbio che una efficace tutela del consumatore è resa difficoltosa dal fatto che la tecnologia in esame rende impossibile la piena comprensione dell'aspetto tecnico della transazione (c.d. *black box*).

Pertanto, la tutela del consumatore che tiene conto della specifica natura algoritmica di una transazione può essere garantita in due modi: o negando l'esistenza di un rapporto contrattuale in quanto tale, dato che gli algoritmi non sono leggibili né comprensibili se non dagli sviluppatori di *software* e dai programmatori di computer, o accettando che, pur essendo stato concluso un contratto, il consumatore ha comunque diritto a una tutela remediale, ad esempio il diritto di annullare una clausola o il diritto di recesso. Le modalità e le forme necessarie a far valere tali rimedi richiedono, tuttavia, un adattamento all'ambiente tecnologico in cui i suddetti diritti potestativi devono essere resi effettivi. In entrambi gli approcci proposti, dunque, il diritto dei consumatori dell'UE²⁴⁹ deve essere valutato alla luce del funzionamento dello *smart contract*.

Allo stesso tempo, per l'attribuzione di effetti giuridicamente rilevanti ad uno *smart contract* dovrebbe essere irrilevante l'analisi delle varie fasi tecniche, così come avviene per il commercio elettronico in generale, in cui non si pone in dubbio che un contratto possa essere concluso utilizzando un *software*, indipendentemente dal fatto che questo si sostanzi in un negozio *online* o in una casella di posta elettronica.

Il Principio 6 prevede che il momento in cui una transazione *on-chain* diventa efficace è stabilito dall'accordo tra le parti o, in mancanza, è quello in cui il destinatario della dichiarazione contrattuale viene a conoscenza di quest'ultima oppure la transazione è registrata sulla *blockchain*.

Il Principio 7 è dedicato ai requisiti formali della transazione e si basa sui concetti di equivalenza funzionale e neutralità tecnologica²⁵⁰.

La forma scritta è agevolmente replicabile sulla *blockchain* o negli *smart contracts*. Nei casi in cui, invece, sia necessaria l'apposizione di una firma o il rispetto di una forma

²⁴⁹ Su cui si veda <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/it/sheet/47/misure-di-protezione-dei-consumatori>.

²⁵⁰ il Principio 7, alla lett. a), stabilisce che laddove un ordinamento imponga dei requisiti di forma per un accordo, che siano replicati anche online, si deve ritenere che tali requisiti siano stati rispettati. Le successive lett. b) e c) del Principio in esame richiamano la nota distinzione tra "*text form*", ossia atto scritto, e "*written form*", ossia atto scritto e firmato, nata nel Codice civile tedesco, il *BGB*.

solenne, il Principio 7, lett. c) stabilisce che questi possano essere soddisfatti, qualora la transazione: i) garantisca le stesse tutele previste per un contratto *off-chain*; ii) raggiunga l'obiettivo per cui sono stati imposti i requisiti formali e iii) per quanto riguarda le firme elettroniche, soddisfi i requisiti previsti dal Regolamento *eIDAS* o di un quadro normativo equivalente.

Le parti hanno la facoltà di scegliere la lingua di una transazione (Principio 8) e, in caso di contrasto tra la versione *on-chain* e *off-chain* di un accordo, prevale la versione *off-chain* (Principio 9).

Il Principio 10 si occupa della risoluzione delle transazioni prevedendo che, laddove la legge applicabile preveda il diritto di risoluzione, il suo esercizio si sostanzia in una transazione invertita («*Reverse Transaction*»), tale cioè da neutralizzare gli effetti giuridici patrimoniali prodotti da quella che si desidera risolvere, a meno che la piattaforma *blockchain* utilizzata non consenta la modifica dei blocchi.

Il Principio 11 prevede che le imprese parti di una transazione possono stipulare accordi finalizzati a devolvere eventuali controversie ad arbitri o a procedure alternative di gestione delle controversie implementati nello *smart contract* di esecuzione (ad esempio, come “commento” al codice in cui si identifica lo *smart contract*). Tali accordi potrebbero essere non solo stipulati ma anche eseguiti *on-chain*. Sebbene tale soluzione sia stata sostenuta anche nel *report* relativo alle “*Digital Dispute Resolution Rules*” della *UK Jurisdictional Taskforce*, di cui si dirà più avanti, permangono alcuni interrogativi al riguardo, soprattutto laddove la normativa applicabile alla transazione richieda la tradizionale forma scritta della clausola compromissoria (artt. 807 e 808 c.p.c.).

Il Principio 12 prevede che le parti deboli di una transazione debbano godere della medesima tutela a cui avrebbero diritto in caso di accordo intervenuto *off-chain*, poiché la transazione *on-chain* non può costituire un mezzo per ridurre le tutele dei consumatori.

La Parte II del *Draft* detta una serie di principi dedicati proprio alla tutela dei consumatori.

Le norme di protezione sono state elaborate con riferimento al consumatore persona fisica, ma nulla vieta che esse possano applicarsi anche nei rapporti tra imprese, quando queste – soprattutto quelle medio-piccole – si trovino in una situazione

equiparabile a quella dei consumatori, ossia di debolezza, nei propri rapporti commerciali.

Il Principio 13 prevede che i consumatori hanno diritto alla medesima protezione per le transazioni concluse *on-chain* e *off-chain*²⁵¹ e, pertanto, l'utilizzo della *blockchain* o di uno *smart contract* non deve ridurre i diritti dei consumatori, nonostante le peculiari caratteristiche che contraddistinguono tali tecnologie, come quella dell'immutabilità.

Di conseguenza, le imprese che utilizzano gli *smart contracts* nell'esercizio della loro attività economica devono garantire che la soddisfazione dei diritti dei consumatori possa avvenire anche *on-chain* (ad esempio, tramite la predisposizione *ex ante* di un'operazione di segno opposto o *smart contracts* modificabili). Infatti, la notevole difficoltà di implementare un rimedio giuridico sulla *blockchain* non può andare a detrimento della tutela dei consumatori.

Inoltre, le pattuizioni *off-chain* tra l'impresa controparte e soggetti terzi non vincolano i consumatori in buona fede che ne sarebbero pregiudicati, qualora questi ultimi abbiano fatto affidamento sulle condizioni contenute in una precedente transazione avvenuta *on-chain* tramite *smart contract*. Tale impostazione tiene conto del fatto che le transazioni a distanza concluse con mezzi elettronici sono spesso meno trasparenti e controllabili rispetto a quelle *off-chain*.

Il Principio 14 conferisce alle parti libera scelta sulla legge regolatrice della transazione e sul Foro competente a risolvere eventuali controversie dalla stessa nascenti, con il solo limite che non siano lesi i diritti dei consumatori.

Il Principio 15 stabilisce che gli *smart contracts* tra imprese e consumatori devono sempre essere tradotti in linguaggio naturale, leggibile e comprensibile per il consumatore. La *ratio* sottesa a tale previsione è duplice ed è diretta a tutelare sia il consumatore sia l'impresa controparte. Infatti, si vuole evitare, da un lato, che la transazione, per la sua oscurità o incomprensibilità, pregiudichi i diritti o gli interessi del consumatore²⁵², dall'altro, che, attraverso l'*escamotage* secondo cui il consumatore

²⁵¹ Questo Principio costituisce un'estrinsicazione dei criteri di neutralità tecnologica ed equivalenza funzionale.

²⁵² Il *Draft* propone due modalità cumulative per verificare se lo *smart contract* pregiudichi gli interessi dei soggetti deboli. La prima si sostanzia in un *test* astratto, che impone l'obbligo di accertare che lo *smart contract*, prima del suo utilizzo, in modo da certificare lo Smart Contract non violi alcun diritto fondamentale dei consumatori. A questo si può aggiungere un *test* più concreto, ispirato alla Direttiva 93/13/CEE concernente le clausole abusive. L'articolo 5 di questa direttiva stabilisce, ad esempio, che

non è in grado di comprendere il codice informatico, lo stesso non sia mai vincolato dalla transazione conclusa mediante *smart contract*²⁵³.

Il Principio 16, anch'esso ispirato ai criteri di neutralità tecnologica ed equivalenza funzionale, dispone che i consumatori parti di una transazione hanno diritto alle stesse informazioni precontrattuali e post contrattuali che avrebbero avuto se avessero concluso un contratto *off-chain*. Inoltre, il Principio disciplina anche la forma dell'informazione²⁵⁴, prevedendo che le informazioni al consumatore debbano sempre essere sempre disponibili *off-chain*, in un linguaggio naturale, semplice e comprensibile.

I consumatori hanno diritto anche ad una traduzione e ad un documento esplicativo delle previsioni dello *smart contract* in un linguaggio naturale, semplice, comprensibile, che devono essere aggiornati ogni volta che lo *smart contract* viene modificato. La traduzione deve essere resa disponibile sia su un supporto durevole sia pubblicamente sul sito web del professionista. Se il professionista non osserva gli obblighi di traduzione e spiegazione, il consumatore non è vincolato dallo *smart contract*; se invece l'inadempimento concerne l'obbligo di aggiornamento, il contratto può essere risolto.

Se le condizioni che si applicano una volta che il contratto è stato concluso si discostano dalle informazioni fornite nel documento esplicativo, prevale quest'ultimo; se invece la difformità riguarda le caratteristiche essenziali del contratto, questo può essere impugnato.

Il Principio 17 è dedicato al diritto di ripensamento e recesso.

“nel caso di contratti in cui tutte o alcune clausole proposte al consumatore sono scritte, tali clausole devono sempre essere redatte in un linguaggio chiaro e comprensibile. In caso di dubbio sul significato di una clausola, prevale l'interpretazione più favorevole al consumatore”.

²⁵³ Tuttavia, i consumatori debbano conoscere e comprendere come gli algoritmi regolano il loro rapporto contrattuale con un professionista ogni volta che la formazione del contratto avviene con l'uso di *software* e, a maggior ragione, di *smart contracts*. Un primo intervento in tale direzione si rinviene direttiva 2011/83/UE sui diritti dei consumatori, che accorda una tutela rafforzata per i contratti conclusi a distanza (e fuori dei locali commerciali) incrementando gli obblighi informativi, quelli di documentazione e di predisposizione tecnologica e disciplinando in maniera più significativa il diritto di recesso e le conseguenze del suo esercizio. Inoltre, sono dettate particolari disposizioni per i contratti conclusi tramite tecnologie telematiche.

²⁵⁴ Con tale espressione si intende al modo in cui gli obblighi informativi devono essere adempiuti. Si veda sul tema, M.P. PIGNALOSA, *Educazione e informazione*, in *Manuale del diritto dei consumatori*, a cura di Catricalà e Pignalosa, Roma, 2013, pp. 43 ss.

Il consumatore deve essere informato dell'esistenza, in suo favore, del diritto a un periodo di ripensamento (*«the right to a cooling-off period»*), che deve essere codificato nello *smart contract*, e di eventuali diritti e obblighi connessi all'esercizio del diritto di recesso, qualora previsti dalla normativa applicabile.

Il consumatore può esercitare ogni diritto connesso al diritto di ripensamento sia *on-chain* che *off-chain*. Per far sì che il diritto al periodo di ripensamento sia effettivo, lo *smart contract* può produrre effetti solo quando, decorso tale arco temporale, il consumatore non abbia esercitato il diritto di ripensamento (lett. b) del Principio 17).

Lo *smart contract* deve essere programmato in modo tale che l'esercizio del diritto di recesso da parte del consumatore determina *ex se* una transazione inversa, che sostanzialmente neutralizza gli effetti giuridici patrimoniali prodotti dalla precedente e della cui realizzazione il consumatore deve essere informato. Se la natura della prestazione impedisce una transazione invertita, il diritto di recesso non viene codificato nello *smart contract* e il consumatore ha diritto ad un risarcimento pari all'equivalente monetario del valore della transazione (lett. c) del Principio 17).

Il Principio 18, infine, è dedicato alla protezione dei consumatori contro le clausole abusive, che deve essere equivalente per le transazioni concluse *on-chain* o *off-chain* (lett. a) del Principio 18). Pertanto, il consumatore ha il diritto di risolvere un contratto *on-chain* (oltreché *off-chain*), se questo è stato concluso tramite *smart contract*, altrimenti la protezione riconosciutagli non sarebbe effettiva.

Il Principio in commento alla lett. b), inoltre, precisa che la previsione per cui un contratto può essere concluso solo in modalità digitali (ossia *on-chain*, utilizzando gli *smart contracts*) non è, di per sé, vessatoria.

Il *Draft* fornisce un'indicazione molto utile alla lett. d) del Principio 18, chiarendo che le disposizioni della Direttiva 93/13/CEE sulle clausole abusive e l'*acquis* comunitario sviluppato con riferimento alla stessa restano applicabili con riferimento ai parametri del giudizio di vessatorietà di una clausola di uno *smart contract* e alle conseguenze dell'accertamento dell'abusività. Lo *smart contract* giuridicamente vincolante non dovrà, quindi, contenere clausole abusive. Nel caso in cui la clausola vessatoria sia nella parte autoesecutiva dello *smart contract*, il consumatore ha diritto alla ricodifica finalizzata all'eliminazione della clausola.

La lett. e) del Principio 18, infine, stabilisce che laddove una clausola sia stata dichiarata vessatoria in una *class action*²⁵⁵, il professionista deve riformulare tutti gli *smart contract* contenenti la clausola abusiva, che vengono epurati dalla stessa.

4. Il parere della *Law Commission* sugli *smart legal contracts* e il *report* della *UK Jurisdiction Taskforce*

La *Law Commission* è un organismo indipendente, istituito dal *Law Commissions Act* del 1965 per monitorare il diritto dell'Inghilterra e del Galles e formulare proposte di riforma laddove necessario. L'organizzazione è guidata da un presidente e quattro commissari di legge. L'obiettivo della Commissione è quello di garantire che la legislazione sia: equa, moderna, snella, economica ed efficace²⁵⁶.

Il lavoro della Commissione è particolarmente pregnante ai nostri fini, in quanto la stessa si è occupata di analizzare in maniera approfondita il fenomeno *smart legal contract*, nell'ambito del suo «*Thirteenth Programme of Law Reform*». Infatti, le conclusioni a cui questa Commissione è giunta, precedute dalle statuizioni provenienti *UK Jurisdiction Taskforce (UKJT)*, costituiscono un importante punto di riferimento per fornire una risposta esaustiva ai quesiti oggetto della mia ricerca – di cui si è detto all'inizio del presente Capitolo – pur tenendo in considerazione la differente cultura giuridica rispetto alla nostra, visto che il lavoro della *Law Commission* si basa su un sistema giuridico di *common law*.

Infatti, la Commissione, guidata dalla Professoressa Sarah Green, ha dato vita ad un progetto di ricerca finalizzato ad individuare la legge applicabile agli *smart legal contracts*²⁵⁷.

La Commissione afferma che la necessità di avviare questo progetto è fortemente sentita dal Governo per l'incremento esponenziale dell'utilizzo delle tecnologie emergenti, come i *ledger* distribuiti, per creare *smart contracts*, definiti come programmi informatici che vengono eseguiti, in tutto o in parte, automaticamente, senza bisogno dell'intervento umano.

²⁵⁵ Come l'azione inibitoria, prevista dall'art. 37 cod. cons.

²⁵⁶ Si veda <https://www.lawcom.gov.uk/> e <https://www.lawcom.gov.uk/about/who-we-are/>.

²⁵⁷ Si veda <https://www.lawcom.gov.uk/project/smart-contracts/>.

Pertanto, la *Law Commission* propone un'analisi casistica del fenomeno *smart contract* che si basa sul loro utilizzo: gli *smart contracts* possono eseguire transazioni su mercati di criptovalute decentralizzati, facilitare le operazioni o i giochi speculativi e realizzare lo scambio di oggetti da collezione tra i partecipanti su un libro mastro distribuito; inoltre, gli *smart contracts* possono anche essere utilizzati per definire ed eseguire le obbligazioni di un contratto legalmente vincolante. È proprio questa seconda *species* del più ampio *genus* “*smart contract*”, che la Commissione qualifica come *smart legal contract* e che, come si è già anticipato, costituisce l'oggetto specifico della sua analisi.

Secondo la Commissione, gli *smart legal contracts* possono assumere una varietà di forme, a cui corrispondono diversi gradi di automazione, che fanno sorgere differenti questioni giuridiche, in particolare relative al procedimento di formazione dell'accordo, all'interpretazione e ai rimedi. Inoltre, la Commissione mette in luce altre due questioni giuridicamente rilevanti che gli *smart legal contracts* pongono: la prima, derivante dal loro utilizzo da parte delle imprese nei loro rapporti contrattuali con i consumatori e relativa all'individuazione degli strumenti per garantire un'adeguata tutela del contraente debole; la seconda, concernente la capacità delle corti di Inghilterra e Galles nel giudicare le controversie relative agli *smart legal contracts*.

In realtà, prima che la Commissione iniziasse la sua indagine, nel novembre 2019, la *UK Jurisdiction Taskforce (UKJT)*, istituita per contribuire allo sviluppo e alla trasformazione del settore legale del Regno Unito attraverso la tecnologia, ha pubblicato un *report* “*Legal Statement on Crypto Assets and Smart Contracts*”²⁵⁸, in cui è espressamente statuito che gli *smart contracts* sono in grado di dare origine a obblighi giuridici vincolanti.

Inoltre, la *UKJT* sostiene l'erroneità nel ritenere la disciplina tradizionale sul contratto inapplicabile solo perché un potenziale contratto è uno *smart contract*. Tale disciplina è applicabile nella misura in cui uno *smart contract* sia qualificabile come contratto. Dunque, la questione centrale è se e in quali circostanze uno *smart contract* è in grado di dare origine ad obbligazioni legali vincolanti, che trova risposta definendo le

²⁵⁸ Il documento è consultabile al sito https://35z8e83m1ih83drye280o9d1-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2019/11/6.6056_JO_Cryptocurrencies_Statement_FINAL_WEB_111119-1.pdf.

condizioni in cui le parti che utilizzano uno *smart contract* siano in grado di raggiungere un accordo oggettivo sui termini, di creare un rapporto giuridicamente vincolante e di eseguire le prestazioni promesse²⁵⁹.

Il punto di vista della *Taskforce* è stato confermato dalla *Law Commission*. Questa, infatti, ha avviato i lavori il 17 dicembre 2020, pubblicando una *call for evidence* relativa agli *smart contracts* con l'obiettivo di avviare una consultazione sul tema²⁶⁰, al termine della quale, in data 31 marzo 2021, sono state pubblicate le risposte dei partecipanti alla fase consultiva²⁶¹. Sulla base di tali risposte, il 25 novembre 2021 è stato pubblicato il parere della Commissione rivolto al Governo relativo agli *smart legal contracts*²⁶².

Nel *report* la Commissione ha affermato, a valle di un confronto tra l'istituto del contratto tradizionale ed i principi ad esso applicabili con gli *smart legal contracts*, che questi ultimi possono soddisfare i requisiti di un contratto tradizionale. Per questo motivo, ha ritenuto privo di giustificazione, quindi, inutile un intervento del legislatore volto a sancire la rilevanza giuridica degli *smart contracts*²⁶³.

Inoltre, la *Law Commission* si è determinata nel senso che, per rendere agevole e supportare l'uso degli *smart legal contracts*, non sia necessaria una riforma legislativa, poiché l'attuale quadro giuridico dell'Inghilterra e Galles è certamente idoneo a tal

²⁵⁹ UK JURISDICTION TASKFORCE, *Legal statement on cryptoassets and smart contracts*, cit., p. 32, punto 141, «there is no reason why the normal rules should not apply just because a potential contract is a smart contract. It follows that the question of whether, and under what circumstances, a smart contract is capable of giving rise to binding legal obligations turns on the question of whether, and under what circumstances, parties engaged in smart contracting are capable of reaching objective agreement as to terms, of intending to create a legally binding relationship, and of satisfying the requirement of consideration».

²⁶⁰ Il documento relativo alla “*Smart contracts call for evidence*” è disponibile al sito <https://s3-eu-west-2.amazonaws.com/lawcom-prod-storage-11jsxou24uy7q/uploads/2020/12/Smart-Contracts-summary.pdf>. Per un documento di sintesi della *call for evidence*, si veda <https://s3-eu-west-2.amazonaws.com/lawcom-prod-storage-11jsxou24uy7q/uploads/2020/12/Smart-Contracts-summary.pdf>.

²⁶¹ Il documento è disponibile al sito <https://s3-eu-west-2.amazonaws.com/lawcom-prod-storage-11jsxou24uy7q/uploads/2021/12/211208-Smart-Contracts-Compiled-Responses-redacted-final.pdf>.

²⁶² Il *paper* contenente il parere per il Governo è disponibile al link <https://s3-eu-west-2.amazonaws.com/lawcom-prod-storage-11jsxou24uy7q/uploads/2021/11/Smart-legal-contracts-accessible.pdf>. Per una sintesi, invece, si veda https://s3-eu-west-2.amazonaws.com/lawcom-prod-storage-11jsxou24uy7q/uploads/2021/11/6.7776_LC_Smart_Legal_Contracts_2021_Final.pdf.

²⁶³ LAW COMMISSION, *Smart Legal Contracts*, cit., p. 73, punto 3.146 «Given our conclusion that smart legal contracts can satisfy the requirements for a contract, a legislative statement that smart contracts are capable of being legally enforced (or to confirm that a contract is not unenforceable merely because it is a smart legal contract) seems unnecessary. In the absence of a real need for legislation, we do not think it would be justified».

fine, grazie alla flessibilità che connota la *common law*. Secondo la Commissione, i principi giuridici esistenti che si applicano ai contratti tradizionali possono estendersi anche agli *smart legal contracts*, nonostante questi ultimi talvolta possano dare origine a questioni giuridiche inedite e a scenari fattuali nuovi. Pertanto, la Commissione ritiene sufficiente una limitata evoluzione della *common law*, con riferimento agli *smart contracts*, che riguardi soltanto aspetti specifici e mirati; un esempio potrebbe essere quello di una disciplina *ad hoc* per fornire una soluzione al problema dell'interpretazione del codice informatico sostitutivo del linguaggio naturale proprio del contratto tradizionale²⁶⁴.

5. Le legislazioni emanate negli Stati Uniti

Negli Stati Uniti, l'*Electronic Signatures in Global and National Commerce Act (ESIGN)*²⁶⁵ contiene una disposizione imperativa in base alla quale i contratti conclusi in forma elettronica possiedono la medesima efficacia giuridica degli equivalenti cartacei. Tale disposizione, di natura sovraordinata e inderogabile rispetto agli statuti interni dei singoli Stati federati, è integrata dalla disciplina opzionale dettata dall'*Uniform Electronic Transactions Act (UETA)*²⁶⁶, che è stata adottata da alcuni legislatori statali al

²⁶⁴ LAW COMMISSION, *Smart Legal Contracts*, cit., p. 5, punto 1.26 «Our findings conclude that the current legal framework is clearly able to facilitate and support the use of smart legal contracts. Current legal principles can apply to smart legal contracts in much the same way as they do to traditional contracts, albeit with an incremental and principled development of the common law in specific contexts.11 In general, difficulties associated with applying the existing law to smart legal contracts are not unique to them, and could equally arise in the context of traditional contracts. In addition, even though some types of smart legal contract may give rise to novel legal issues and factual scenarios, existing legal principles can accommodate them».

²⁶⁵ Il documento è disponibile al seguente indirizzo: <https://uscode.house.gov/view.xhtml?path=/prelim@title15/chapter96&edition=prelim>. PUBLIC LAW 106–229—JUNE 30, 2000. 15 USC 7001, SEC. 101. GENERAL RULE OF VALIDITY. «(a) IN GENERAL. – Notwithstanding any statute, regulation, or other rule of law (other than this title and title II), with respect to any transaction in or affecting interstate or foreign commerce – (1) a signature, contract, or other record relating to such transaction may not be denied legal effect, validity, or enforceability solely because it is in electronic form; and (2) a contract relating to such transaction may not be denied legal effect, validity, or enforceability solely because an electronic signature or electronic record was used in its formation ». 15 USC 7006, SEC. 106. DEFINITIONS. «For purposes of this title: (...) (4) ELECTRONIC RECORD. – The term “electronic record” means a contract or other record created, generated, sent, communicated, received, or stored by electronic means. (5) ELECTRONIC SIGNATURE. – The term “electronic signature” means an electronic sound, symbol, or process, attached to or logically associated with a contract or other record and executed or adopted by a person with the intent to sign the record».

²⁶⁶ Documento disponibile al seguente indirizzo: <https://www.uniformlaws.org/committees/community->

precipuo fine di attribuire rilevanza giuridica agli *smart contracts* in alcuni ambiti di propria competenza.

La rilevanza e la validità giuridica dei contratti elaborati o eseguiti tramite un codice informatico di uno *smart contract* è espressamente riconosciuta dalle legislazioni di alcuni Stati, in particolare dalle leggi di Arizona, North Dakota, New York, Ohio, Florida, Tennessee, Wyoming, Arkansas e California²⁶⁷.

Il primo Stato che ha riconosciuto l'efficacia giuridica degli *smart contracts* è stato l'Arizona²⁶⁸, che equipara gli *smart contracts* ai contratti tradizionali. In particolare, consente l'uso degli *smart contract* nel commercio – in un numero limitato di materie previste dalla norma stessa – e vieta che ad un documento relativo a una transazione venga negata efficacia legale, validità o esecutività per il solo fatto che contenga una clausola relativa all'utilizzo di uno *smart contract*.

La normativa in esame definisce lo *smart contract* come un programma guidato da eventi, che funziona su un libro mastro distribuito, decentralizzato, condiviso e replicato e che può prendere in custodia e ordinare il trasferimento di beni su tale libro mastro.

Lo sforzo del legislatore dell'Arizona ha ispirato la produzione legislativa degli altri Stati federati.

Infatti, diversi provvedimenti che ricalcano la normativa dell'Arizona sono stati introdotti negli *Statutes* del North Dakota²⁶⁹ e di New York²⁷⁰.

home/librarydocuments?communitykey=2c04b76c-2b7d-4399-977e-d5876ba7e034&tab=librarydocuments. «(a) A record or signature may not be denied legal effect or enforceability solely because it is in electronic form. (b) A contract may not be denied legal effect or enforceability solely because an electronic record was used in its formation. (c) If a law requires a record to be in writing, an electronic record satisfies the law. (d) If a law requires a signature, an electronic signature satisfies the law».

²⁶⁷ Si veda A. WRIGHT, P. DESAI, F. LEWIN, B. VAN ADRICHEM, BENJAMIN L., “*Smart Contracts*” & *Legal Enforceability. Reports*. 2, cit., pp. 25 ss., richiama tutte le differenti definizioni adottate nelle prime normative statunitensi sul tema.

²⁶⁸ Arizona House Bill 2417 del 29 marzo 2017, in <https://legiscan.com/AZ/text/HB2417/2017>. Arizona Revised Statutes, Title 44 - Trade and Commerce, § 44-7061 Signatures and records secured through blockchain technology; smart contracts; ownership of information; definitions «C. Smart contracts may exist in commerce. A contract relating to a transaction may not be denied legal effect, validity or enforceability solely because that contract contains a smart contract term» 2. «E. For the purposes of this section: [...] “Smart contract” means an event-driven program, with state, that runs on a distributed, decentralized, shared and replicated ledger and that can take custody over and instruct transfer of assets on that ledger».

²⁶⁹ North Dakota House Bill 1045 del 24 aprile 2019, in <https://legiscan.com/ND/text/1045/2019>.

Nello Stato del Nevada, invece, disposizioni simili erano state previste nel testo del disegno di legge²⁷¹, tuttavia, sono state espunte nel corso dell'*iter* di approvazione e non sono contenute nel testo adottato²⁷², che disciplina unicamente la tecnologia *blockchain*.

Anche in Ohio²⁷³ e in Florida²⁷⁴ sono stati introdotti testi normativi per dare riconoscimento giuridico agli *smart contracts*, anch'essi riproduttivi della disciplina dell'Arizona.

Lo Stato del Tennessee²⁷⁵, ha introdotto la definizione di *DLT*²⁷⁶ e *smart contracts* e ha riconosciuto valore giuridico al loro utilizzo nelle transazioni, con una disciplina in parte coincidente con quelle adottate negli Stati sopra esaminati, contemplando però alcune possibili funzionalità aggiuntive dello strumento.

In particolare, gli *smart contracts* sono definiti come programmi informatici basati su eventi, eseguiti su un registro elettronico, distribuito, decentralizzato, condiviso e replicato, ed utilizzati per automatizzare le transazioni, incluse le transazioni che: custodiscono o trasferiscono *assets* sul registro; creano e distribuiscono *assets* elettronici; sincronizzano informazioni; gestiscono l'identità e l'accesso degli utenti alle applicazioni. La disposizione specifica che si tratta di un elenco meramente esemplificativo. Inoltre, gli effetti del riconoscimento estendono espressamente agli *smart contracts* il requisito della forma elettronica.

²⁷⁰ New York Senate Bill 4142 del 1 marzo 2019, in <https://legiscan.com/NY/text/S04142/id/1941061>.

²⁷¹ Nevada Senate Bill 398, in <https://legiscan.com/NV/text/SB398/id/1568948>.

²⁷² Nevada Senate Bill 398 del 5 giugno 2017, in <https://legiscan.com/NV/text/SB398/id/1626453>.

²⁷³ Ohio Senate Bill 300 del 2017, Sec. 1306.06, in <https://legiscan.com/OH/bill/SB300/2017>.

²⁷⁴ Florida House Bill 1357 del 2018, in <https://legiscan.com/FL/text/H1357/id/1676376>.

²⁷⁵ TN SB 166 2 del 26 marzo 2018, in <https://legiscan.com/TN/bill/SB1662/2017>. State of Tennessee, Public Chapter No. 591, Senate Bill No. 166, 2, 47-10-201(2) (2018). Il bill definisce gli *smart contracts* come «an event-driven computer program, that executes on an electronic, distributed, decentralized, shared, and replicated ledger that is used to automate transactions, including, but not limited to, transactions that: (A) Take custody over and instruct transfer of assets on that ledger; (B) Create and distribute electronic assets; (C) Synchronize information; or (D) Manage identity and user access to software applications». Il bill ne determina il riconoscimento giuridico prevedendo che «no contract relating to a transaction shall be denied legal effect, validity, or enforceability solely because that contract contains a smart contract term».

²⁷⁶ Sono, inoltre, tutelati i diritti di proprietà di alcune informazioni memorizzate dalla *distributed ledger technology*.

In merito alla loro validità, la disposizione chiarisce genericamente che essi devono ritenersi validi e che non si può negare efficacia legale ad un contratto unicamente perché eseguito tramite uno *smart contract*.

Espressi riferimenti agli *smart contract* e alla *blockchain* si rinvengono altresì in provvedimenti normativi assunti dal Wyoming²⁷⁷, che ha adottato un approccio parzialmente divergente da quelli esposti finora. Infatti, definisce gli *smart contract* come transazioni automatiche o qualcosa di analogo che sia costituito da codice, script o linguaggio di programmazione che esegue i termini di un accordo e che può includere la presa in custodia e il trasferimento di un bene o l'emissione di istruzioni eseguibili per queste azioni, in base al verificarsi o meno di condizioni specifiche.

Anche l'Arkansas²⁷⁸ ha introdotto una disciplina di *smart contract* sintetica, ma al contempo di notevole interesse. Lo *smart contract* è definito alternativamente o come nucleo (*core*) di elaborazione (sotto forma di codice sorgente) che rende operativa un'applicazione e che gira su una *blockchain* oppure come programma *software* che memorizza le regole su un libro mastro condiviso e replicato e utilizza le regole memorizzate per: negoziare i termini di un contratto, verificare automaticamente il contratto, eseguire i termini di un contratto.

Inoltre, la disposizione attribuisce espressamente allo *smart contract* la natura di contratto commerciale. Infine, anch'essa ripete quanto previsto nelle legislazioni degli altri Stati, circa l'impossibilità di negare gli effetti legali, la validità o l'applicabilità di un contratto che contiene una clausola di *smart contract* riferibile ad una transazione.

²⁷⁷ Senate Bill 125 del 26 febbraio 2019, in <https://legiscan.com/WY/text/SF0125/2019>.

Si veda R.T. ISHAM, *Wyoming's Digital Assets Amendments: Marked Out or Missed Out? A Review of Recent Amendments to Article 9 of the Wyoming UCC*, in *Business Law Today*, 2019.

«(B) A smart contract created by a secured party which has the exclusive legal authority to conduct a transaction relating to a digital asset. As used in this subparagraph, “smart contract” means an automated transaction, as defined in W.S. 40-21-102(a)(ii), or any substantially similar analogue, which is comprised of code, script or programming language that executes the terms of an agreement, and which may include taking custody of and transferring an asset, or issuing executable instructions for these actions, based on the occurrence or nonoccurrence of specified conditions».

²⁷⁸ 2019 Arkansas Code, Title 25 - State Government, Chapter 32 - Uniform Electronic Transactions Act, § 25-32-122. Signatures and Records Secured Through Blockchain Technology – Definitions, in <https://law.justia.com/codes/arkansas/2019/title-25/chapter-32/section-25-32-122/>.

«(3) “Smart contract” means: (A) Business logic that runs on a blockchain; or (B) A software program that stores rules on a shared and replicated ledger and uses the stored rules for: (i) Negotiating the terms of a contract; (ii) Automatically verifying the contract; and (iii) Executing the terms of a contract. [...] (d) (1) A smart contract shall be considered a commercial contract. (2) A contract that contains a smart contract term and relates to a transaction shall not be denied legal effect, validity, or enforceability».

Per completare questa analisi, occorre menzionare anche la California²⁷⁹ che ha direttamente equiparato lo *smart contract*, ovvero il documento che contiene anche solo uno “*smart contract term*”, al contratto tradizionale.

6. Il confronto tra *common law* e *civil law*

A valle dell'analisi svolta finora sugli interventi legislativi e sugli studi di Istituzioni e gruppi di ricerca, in tema di *smart contract*, nei sistemi giuridici di *civil law* e *common law*, è utile porre a confronto i due diversi approcci per indagare se, nonostante le divergenze già individuate, si rinvengano punti di contatto.

Proprio da tali punti di contatto si possono trarre argomentazioni per rispondere ai quesiti centrali di questa ricerca, di cui si è detto nel paragrafo introduttivo del Capitolo, ma che vale la pena ripetere qui: se agli *smart contracts* sia attribuibile natura contrattuale e, in caso affermativo, quale sia la disciplina normativa ad essi applicabile.

In ordine alle reazioni dei diversi sistemi giuridici al fenomeno *smart contract* ed alla relativa rottura con gli schemi consolidati, queste appaiono assai variegate nei diversi ordinamenti richiamati nei paragrafi precedenti, in quanto oscillano tra l'accoglimento consapevole e quello inconsapevole, l'adattamento della prassi e del diritto interno ed il rifiuto.

A quanto rappresentato nei precedenti paragrafi, si può aggiungere che la *UK Jurisdiction Taskforce* (su cui v. paragrafo 4 di questo Capitolo), ha pubblicato, nell'aprile 2021, un *report* intitolato “*Digital Dispute Resolution Rules*” relativo agli arbitrati nelle controversie digitali²⁸⁰, che guarda con favore l'arbitrato in un ambiente basato su *blockchain* e *smart contract*. Nella regola 3, il *report* prevede che l'insieme di regole dallo stesso dettate possano essere incorporate in un contratto, mediante l'inclusione delle regole selezionate nel testo, che può essere in forma elettronica o

²⁷⁹ *California Civil Code, Section 1633.2* (modificata il 28 settembre 2018) in <https://legiscan.com/CA/text/AB2658/id/1776109>: «e) “Contract” means the total legal obligation resulting from the parties’ agreement as affected by this title and other applicable law. ‘Contract’ includes a smart contract. [...] p) “Smart contract” means an event-driven program that runs on a distributed, decentralized, shared, and replicated ledger that can take custody over, and instruct transfer of, assets on that ledger».

²⁸⁰ Il documento è consultabile al sito https://35z8e83m1ih83drye280o9d1-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2021/04/Lawtech_DDRR_Final.pdf.

codificata. Questa regola, sebbene in maniera abbastanza pragmatica, è idonea a far desumere la natura contrattuale del codice (informatico), che è, pertanto, capace di creare relazioni giuridicamente vincolanti.

La possibilità che gli *smart contracts* siano giuridicamente vincolanti si rinviene anche in un *report* di settembre 2019 dell'*EU Blockchain Observatory and Forum* dal titolo “*Legal and Regulatory Framework of Blockchains and Smart Contracts*”²⁸¹, che analizza vari aspetti degli *smart contracts* alla luce del diritto contrattuale esistente negli Stati membri. Oltre ad affermare che uno *smart legal contract* può configurare un contratto tradizionale, questo testo esprime la necessità di fornire una definizione condivisa di *blockchain* e *smart contract* nell’ordinamento unionale, in quanto l’operatività di questi strumenti in un vuoto giuridico è foriera di gravi incertezze nella circolazione della ricchezza.

Lo stesso approccio si ritrova nello “*Study on blockchains: legal, governance and interoperability aspects*” preparato per la Commissione europea, in cui si afferma che gli *smart contracts*, sebbene non sempre si possano qualificare come contratti²⁸², possono integrare tale categoria nei casi in cui soddisfano la definizione di contratto valido nella legislazione nazionale²⁸³.

Con riferimento al conseguenziale interrogativo relativo alla disciplina applicabile agli *smart contracts*, nello studio in esame, sono due le principali indicazioni. Da una parte, si afferma con certezza che gli istituti propri del diritto contrattuale tradizionale si applicano agli *smart contract*, a condizione che questi si qualifichino effettivamente come *smart legal contracts*²⁸⁴; dall’altra si osserva che la questione concernente la regolazione del fenomeno ha scarsa rilevanza per i principali *stakeholders* e, perciò, ritenendo che nell’attuale fase di utilizzo delle tecnologie in esame non sia necessario intraprendere alcuna azione di regolazione specifica, si suggerisce alla Commissione di adottare un approccio attendista (*wait-and-see approach*).

²⁸¹ Il documento è consultabile al sito https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/report_legal_v1.0.pdf.

²⁸² Inoltre, se ne mettono in evidenza le potenziali opportunità che offrono sul piano della tutela dei consumatori.

²⁸³ E. TENGE, M. SCHÄFFNER, P. YPMA ET AL., *Study on blockchains: legal, governance and interoperability aspects*, in <https://data.europa.eu/doi/10.2759/4240>, Luxembourg, 2020, pp. 5; 57 ss.; 117 ss.

²⁸⁴ E. TENGE, M. SCHÄFFNER, P. YPMA ET AL., *Study on blockchains: legal, governance and interoperability aspects*, cit. p. 58.

Quello che sembra emergere, dunque, considerando anche tutto quanto esposto nei paragrafi precedenti, è che la rilevanza giuridica delle operazioni realizzate mediante gli *smart contract* può definirsi variabile a seconda dell'approccio utilizzato dal legislatore.

Il confronto tra i due sistemi giuridici lascia emergere comunque un'unitaria visione sul tema *smart contract*, che è così sintetizzabile: l'attivazione di transazioni, di fasi di transazioni, eseguite su una *blockchain*, può equivalere ad una proposta, a un'accettazione o a qualsiasi altra dichiarazione contrattuale laddove, a seconda della natura specifica dello *smart contract*, l'attivazione possa essere ragionevolmente intesa come una dichiarazione di volontà e sia attribuibile alla parte interessata.

In altri termini, al ricorrere di determinate circostanze, che dipendono dal caso concreto, uno *smart contract* può essere qualificato come contratto, se è sussumibile all'interno delle fattispecie che disciplinano il contratto previste dal diritto nazionale (*civil law* o *common law*) di riferimento nel caso di specie.

La visione unitaria sulla qualificazione dello *smart contract* si ripercuote anche sull'approccio regolatorio adottato nei sistemi giuridici di *common law* e *civil law*: si rinvia, espressamente o implicitamente, alla disciplina sul contratto tradizionale propria di ciascun ordinamento, nazionale o sovranazionale.

Infatti, nessun ordinamento tra quelli analizzati sembrerebbe aver ceduto ad eventuali spinte centrifughe rispetto al sistema giuridico esistente, cui talvolta danno luogo le dinamiche socioeconomiche e le elaborazioni dottrinali relative agli strumenti frutto delle tecnologie emergenti. Quest'ultimo riferimento è alla tesi sintetizzata dalla locuzione "*Code is Law*", secondo la quale l'utilizzo di uno *smart contract* comporta l'applicazione di regole proprie del codice informatico, ponendolo totalmente fuori dal perimetro applicativo della normativa statale.

Sempre sul piano legislativo, le uniche divergenze che si rinvencono tra i due sistemi giuridici sono quelle concernenti la scelta se intervenire o meno con fattispecie *ad hoc* relative agli *smart contracts*.

Negli ordinamenti degli Stati appartenenti all'area geografica europea, come nel diritto dell'UE²⁸⁵, non si è provveduto a regolamentare o a descrivere dettagliatamente il fenomeno. Tuttalpiù qualche Stato – come l'Italia e Malta –, spinto forse dal timore di mostrarsi troppo retrogrado rispetto ad altri ordinamenti giuridici e dalla volontà di essere qualificato come “*smart contract friendly*”, per non perdere *appeal* nei confronti di investitori interni ed internazionali, ha introdotto nel proprio sistema legislativo disposizioni basilari dedicate al fenomeno *smart contract*.

Il legislatore europeo, invece, come è possibile desumere dagli atti finora emanati, ambisce a garantire la tutela del consumatore/utilizzatore più che a dettare una disciplina specifica del fenomeno *smart contract* in generale.

Negli USA, la logica del *laissez-faire*, che connota da sempre il legislatore statunitense, si percepisce anche nell'approccio al fenomeno *smart contract*; tuttavia, come si è avuto modo di vedere, diversi Stati sono intervenuti con norme dirette soltanto ad ammettere espressamente l'utilizzo dello strumento, delineandone i connotati.

Come emerge dagli scritti della dottrina e dall'introduzione di leggi speciali che garantiscono l'esecutività degli *smart contracts*, assumono fondamentale importanza le questioni relative a come gli *smart contracts* si inseriscono nel quadro esistente del diritto dei contratti e qual è la legge loro applicabile. Infatti, il concreto utilizzo degli *smart contract* da parte dei soggetti del mercato dipende proprio dalla legge loro applicabile.

Quanto appena detto spiega anche la *ratio* del diverso approccio legislativo nelle varie giurisdizioni, in quanto i caratteri dell'intervento normativo sono intimamente legati alla volontà alternativa di contribuire ad uno sviluppo e ad un maggiore impiego dello strumento *smart contract* o di contenere il fenomeno. Il timore che aleggia nei Paesi di *civil law*, secondo cui tale strumento potrebbe causare l'erosione della disciplina tradizionale del contratto, che ha condotto ad interventi isolati e scarni, non si rinviene negli Stati federati dell'USA precedentemente menzionati, in cui si è data primaria importanza al proficuo impiego degli *smart contracts* per il miglior funzionamento del mercato e, proprio a tal fine, ci si è affrettati a conferire un

²⁸⁵ Il ritardo dell'Unione Europea è posto in luce da M. MAUGERI, *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, cit., pp. 41 ss.; anche se un importante passo avanti è rinvenibile nelle *Risoluzioni* analizzate nel paragrafo 2 di questo Capitolo.

espreso riconoscimento normativo al fenomeno. Infatti, la delimitazione dei contorni del fenomeno *smart contract* in via legislativa, precisandone gli elementi costitutivi e i limiti di operatività, costituisce un notevole ausilio ed incentivo per gli operatori del mercato, facilitandone un ottimale utilizzo.

Inoltre, questa osservazione può essere accompagnata da un'ulteriore considerazione, secondo la quale, dal punto di vista della libertà contrattuale, il terreno delle giurisdizioni di *common law* è più favorevole agli *smart contracts* rispetto alle giurisdizioni di *civil law*. Questo è dovuto al fatto che, nelle discipline sul contratto dei sistemi di *common law*, sono presenti meno norme imperative relative ai requisiti del contratto o alle condotte dei contraenti (ad esempio, è assente un principio generale di buona fede nel diritto contrattuale), rendendo così più semplice l'applicazione concreta degli *smart contract*²⁸⁶. Le complicazioni sono maggiori nei casi di transazioni tra imprese e consumatori, dove i requisiti normativi sono molto più stringenti, si pensi a quelli relativi all'equità e alla trasparenza delle clausole contrattuali.

²⁸⁶ Si veda, in tal senso, M. DUROVIC, *What are smart contracts? An attempt at demystification*, in *Digital Technologies and the Law of Obligations*, cit., (e-book).

CAPITOLO QUARTO

LA DISCIPLINA DEL CONTRATTO E GLI SMART CONTRACTS

SOMMARIO: 1. Una esegesi della disciplina sul contratto alla luce del fenomeno *smart contract*. – 2. L'individuazione delle parti. – 3. Le trattative e la conclusione del contratto. L'accordo. – 3.1. Il linguaggio di programmazione, le asimmetrie informatiche e la corretta formazione della volontà. – 3.2. I vizi del consenso. – 4. L'interpretazione dello *smart contract*. – 5. La forma dello *smart contract*. – 6. La praticabilità dei rimedi contrattuali. – 7. Problemi di tutela del consumatore. Applicabilità della disciplina consumeristica.

1. Una esegesi della disciplina sul contratto alla luce del fenomeno *smart contract*

A seguito dell'analisi svolta nel Capitolo precedente, relativa al diritto positivo esistente sul tema *smart contract*, risulta chiara l'assenza di un intervento normativo finalizzato a regolare il fenomeno. Infatti, né il legislatore italiano né quello europeo hanno provveduto, per il momento, a dettare una disciplina organica o comunque ad indicare, tra le disposizioni normative esistenti, quelle applicabili agli *smart contracts*.

Il legislatore nazionale, infatti, si è limitato a prevedere gli effetti dello *smart contract* e i presupposti affinché questo soddisfi il requisito della forma scritta.

Pertanto, nel silenzio della legge, non possiamo fare altro se non indagare sulla compatibilità dello *smart contract* con la disciplina del contratto, intesa in senso ampio, ossia inclusiva delle disposizioni dettate in materia di tutela del consumatore, di commercio elettronico, di documenti digitali, quindi, in tutti quegli ambiti interessati dal fenomeno²⁸⁷.

²⁸⁷ Nella dottrina straniera un simile approccio è stato adottato da M. RUDANKO, *Smart Contracts and Traditional Contracts: Views of Contract Law*, in Aa. Vv. *Smart Contracts: Technological, Business and Legal Perspectives*, a cura di. Compagnucci, Fenwick e Wrba, Oxford, 2021, pp. 59 ss.

A qualcuno potrebbe sembrare contraddittorio valutare la compatibilità tra *smart contract* e contratto, in un contesto dove, per dirlo con le parole di Lessig, “code is law”. In realtà, un’analisi del concreto utilizzo della tecnologia *smart contract* non può non considerare le sue conseguenze in ambito giuridico e i mezzi che gli operatori del diritto hanno per fronteggiarle: per esempio, uno *smart contract* potrebbe avere conseguenze inattese dalle parti o contenere clausole illegittime e sarebbe, quindi, necessario l’intervento di un Tribunale.

Inoltre, la circostanza che l’impiego dello *smart contract* all’interno della dinamica negoziale implichi l’utilizzo di algoritmi informatici eseguiti dalla macchina non confligge con la materia contrattuale. Infatti, la libertà negoziale, sancita dall’art. 1322 c.c. e indirettamente riconosciuta, a livello costituzionale, dall’art. 41 Cost., costituisce uno dei principi cardine del diritto dei contratti e impone che, di regola, le parti siano libere di stipulare i loro accordi in qualsiasi forma e in qualsiasi lingua vogliano, incluso quindi l’utilizzo di codici informatici e linguaggio di programmazione.

Ancora, si potrebbe obiettare che, non essendovi certezza sulla natura contrattuale dello *smart contract*, non vi sarebbe ragione di tentare di applicare gli istituti relativi alla disciplina del contratto.

Tale obiezione non coglie nel segno, in quanto solo la disciplina sul contratto può essere un corretto punto di riferimento nelle ipotesi, di cui si è detto nel Capitolo Secondo, nelle quali lo *smart contract* costituisce esso stesso il contratto o si inserisce all’interno di una fase del rapporto contrattuale.

Per i motivi esposti, questo capitolo è dedicato alla verifica dell’adattabilità del diritto dei contratti agli *smart contracts*, attraverso un’attenta analisi, guidata dai criteri dell’art. 12 delle Preleggi, dei singoli istituti afferenti al rapporto contrattuale, comprensivo della fase patologica.

2. L’individuazione delle parti

A dispetto di ciò che si è indotti a pensare quando si fa riferimento a termini come codici, programmazione, “smart” o ad espressioni come esecuzione automatica, lo

Tuttavia, tale approccio è criticato da chi ritiene che questo dia la stura ad una lettura riduttiva del fenomeno *smart contract*, come si vedrà nel Capitolo Quinto.

smart contract non abbandona l'idea di parte contrattuale, intesa quale centro di interesse a cui risale il regolamento contrattuale.

Infatti, una questione che assume un ruolo di primaria importanza è quella relativa all'individuazione delle parti.

Il profilo di criticità è rappresentato dalle modalità con le quali individuare le parti dello *smart contract*.

Trattandosi di un protocollo informatico che opera su *DLT*, il problema è risolto nell'«ecosistema» *blockchain* mediante il ricorso a meccanismi di firma, come la firma crittografica a chiave doppia asimmetrica, che consentono di associare univocamente una transazione ad un firmatario.

Sul punto, inoltre, si deve ricordare che, con l'art. 8-ter, comma 2, secondo periodo D.L. 135/2018, il legislatore nazionale ha incaricato l'AgID di emanare linee guida relative ai requisiti del processo di identificazione informatica delle parti dello *smart contract*, entro novanta giorni dalla data di entrata in vigore della legge di conversione del decreto. Tuttavia, il legislatore ha finalizzato questo procedimento di riconoscimento all'attribuzione del requisito della forma scritta allo *smart contract*, non all'individuazione delle parti. In tal senso, fa riferimento alla «identificazione informatica», utilizzando la stessa espressione che si ritrova nell'art. 20, comma 1-bis CAD, a proposito del requisito per attribuire la paternità di un documento informatico.

Tuttavia, conoscere con certezza l'identità fisica dell'altro contraente e non soltanto quella informatica, può essere rilevante, ai fini della conclusione di uno *smart contract*. Ciò non è sempre agevole, in quanto si tratta di un contesto in cui è frequente che l'identità della persona fisica o giuridica sia celata con meccanismi di pseudonimizzazione, che danno vita ad un anonimato di fatto. Ciò in quanto è possibile individuare l'indirizzo informatico delle parti, ma non la loro identità.

È vero che, nel diritto dei contratti, non si pongono problemi giuridici nella conclusione di un contratto fra due parti che usino lo pseudonimo (fintantoché non si tratti di usare un nome falso o altrui), come è vero che l'identificazione delle parti non è un requisito essenziale, anzi, moltissime operazioni della vita quotidiana ne prescindono (si pensi agli anche solo agli acquisti in un supermercato).

Il problema giuridico che si pone con riferimento all'identificazione delle parti contrattuali concerne la sussistenza della capacità delle stesse di concludere il contratto, visto che il contraente di uno *smart contract* potrebbe essere privo di capacità di agire (minore, interdetto, inabilitato, beneficiario dell'amministrazione di sostegno o soggetto che si trova in una situazione di incapacità di intendere o di volere). Problematica questa a cui si collegano le questioni relative alla validità dello *smart contract* e alla praticabilità degli strumenti idonei a garantire una tutela adeguata a questi soggetti, primo fra tutti, l'azione di annullamento *ex art.* 1425 c.c.

Inoltre, non varrebbe, al fine di sostenere l'irrilevanza della questione della capacità delle parti, addurre che le parti contraenti di uno *smart contract* non siano, a livello tecnico, individui, ma solo chiavi private crittografiche che rappresentano i soggetti che le possiedono, in quanto le chiavi private non agiscono da sole, ma sono "istruite" da esseri umani (che sono le parti degli *smart contracts*)²⁸⁸.

Fatta questa precisazione, innanzitutto, occorre mettere in evidenza che la questione dell'identificazione delle parti di uno *smart contract*, ai fini della loro capacità, non pone alcun problema di validità, nell'ipotesi in cui questo sia utilizzato esclusivamente a fini esecutivi di un contratto tradizionale. In questo caso, la questione emerge con riferimento all'esatta realizzazione della prestazione dovuta, in quanto l'identità del soggetto attivo o passivo dell'adempimento rileva per l'applicazione degli artt. 1188, 1189²⁸⁹, 1190 e 1191 c.c. e per l'esperibilità di eventuali azioni di indebito. Con particolare riferimento all'applicabilità delle norme menzionate, si può osservare che l'identificazione, ai fini dell'individuazione della capacità dei soggetti del rapporto obbligatorio di fonte contrattuale (tradizionale) ed eseguito mediante *smart contract*, rileva solo *ex latere creditoris o accipientis* e non per il debitore²⁹⁰.

Da quanto appena esposto emerge che l'identificazione delle parti per valutarne la sussistenza della capacità rileva, ai fini della validità dello *smart contract*, quando questo integri un contratto vero e proprio.

²⁸⁸ M. DUROVIC, A. JANSSEN, *The Formation of Blockchain-based Smart Contracts in the Light of Contract Law*, cit., p. 768.

²⁸⁹ Per esempio, nel caso in cui il creditore lamenti di non aver ricevuto la prestazione e il debitore affermi che essa è stata regolarmente eseguita dallo *smart contract*, salvo poi scoprire che essa sia stata rivolta a beneficio di un terzo erroneamente identificato come il creditore all'interno dello *smart contract*.

²⁹⁰ Su questo aspetto ci si soffermerà più avanti, al Capitolo Quinto, paragrafo 4.3.

Infatti, i rapporti contrattuali richiedono naturalmente che le parti abbiano la capacità di agire.

Ethereum e, di fatto, la maggior parte delle altre piattaforme *blockchain* disponibili non verificano tuttavia la piena capacità di agire. In linea di principio, chiunque può aprire un conto, senza avere la capacità di agire idonea a porre in essere un'operazione analoga nel mondo reale. Dunque, i soggetti che nel mondo reale non avrebbero la capacità di stipulare un contratto potrebbero potenzialmente farlo sulla piattaforma *blockchain*. Quindi, gli *smart contracts* non avendo strumenti per verificare la capacità di agire, possono essere sottoscritti da incapaci legali o naturali.

Tuttavia, la parte incapace potrebbe invalidare il trasferimento di qualsiasi bene *ex post*, mediante l'azione di annullamento, che successivamente vedremo (paragrafo 6) come si declina nel contesto *smart contract*.

Quello che preme mettere in evidenza, in questa sede, è la problematicità dell'esperibilità del rimedio dell'annullamento, legata non solo allo strumento *smart contract* – su cui si dirà più avanti – ma alla difficoltà di identificare la controparte.

Infatti, nel regno degli utenti che utilizzano pseudonimi con stringhe crittografiche di lettere e numeri casuali, è spesso difficile identificare contro chi agire.

Le considerazioni svolte tuttavia, ci consentono di affermare, in maniera speculare, che chi invece possiede la capacità giuridica può stipulare *smart contracts* legalmente vincolanti.

3. Le trattative e la conclusione del contratto. L'accordo

La circostanza che il contratto possa concludersi a distanza non è una novità.

Anzi è proprio il Codice civile a disegnare la vicenda che conduce alla formazione dell'accordo contrattuale sulla fattispecie del contratto tra persone lontane (*inter absentes*).

Si tratta dello schema generale per la conclusione del contratto di cui all'art. 1326 c.c. (come integrato dall'art. 1335 c.c.), il quale presuppone che le parti comunichino a distanza scambiandosi missive. L'integrazione di questo modello oggi è meno frequente, seppur presente, nella prassi degli affari.

Con l'avvento dei nuovi sistemi di comunicazione telematica, infatti, si assiste ormai ad innumerevoli ipotesi di transazioni che si perfezionano tramite il *web*, la cui unica caratteristica differenziale dal modello codicistico è la dematerializzazione della proposta e dell'accettazione (o di una delle due).

In relazione agli *smart contracts*, le trattative devono rispettare i principi di correttezza e buona fede, che assumono notevole importanza in questa sede, considerata l'"asimmetria informatica" che potrebbe connotare una delle parti. La violazione dell'obbligo di buona fede darebbe luogo ad una responsabilità precontrattuale ai sensi dell'art. 1337 c.c.²⁹¹.

Quindi, la fase iniziale di un procedimento di formazione dello *smart contract* può essere connotata dalla sussistenza delle trattative, se le parti concordano i termini dello *smart contract*; tuttavia, uno *smart contract* può anche essere predisposto unilateralmente da una delle parti, alla stregua di quanto avviene nei c.d. contratti *standard* (artt. 1341 e 1342 c.c.).

Le regole codicistiche sulla proposta e sull'accettazione non rappresentano, di per sé, un ostacolo al riconoscimento degli *smart contract* della natura contrattuale.

In primo luogo, la dottrina ha ritenuto che l'offerta, l'accettazione e, più in generale, il comportamento delle parti, sono valutati in modo oggettivo. Pertanto, l'invio delle chiavi private crittografiche tra le parti, finalizzato ad impegnare le risorse in uno *smart contract* basato su *blockchain* è la prova di un impegno²⁹².

La registrazione del contratto sulla piattaforma *blockchain* prescelta appare configurabile come una proposta, che la controparte può accettare attraverso l'utilizzo della propria chiave crittografica²⁹³.

Analogamente a quanto avviene nell'ambito della contrattazione elettronica, a seconda delle circostanze, la pubblicazione del messaggio da parte del proponente sulla *blockchain* può costituire un invito ad offrire o una vera e propria proposta,

²⁹¹ S.A. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, cit., p. 392.

²⁹² K. WERBACH e N. CORNELL, *Contracts ex machina*, cit., p. 368.

²⁹³ G. FINOCCHIARO, C. BOMPRESZI, *A legal analysis of the use of blockchain technology for the formation of smart legal contracts*, cit., pp. 117 ss.; DUROVIC M., JANSSEN A., *The Formation of Blockchain-based Smart Contracts in the Light of Contract Law*, in *European Review of Private Law*, cit., p. 762.

laddove sia completo, ossia contenga tutti gli elementi necessari e sufficienti per identificare il futuro *smart contract*, almeno nei suoi aspetti essenziali²⁹⁴.

Inoltre, la pubblicazione della proposta, a seconda delle caratteristiche della *blockchain* e di come venga registrata dal proponente, può essere privata, se rivolta ad un destinatario specifico (diretta, quindi, al portafoglio digitale o al profilo dell'utente oblatore), o pubblica, integrando un'offerta al pubblico *ex art. 1336 c.c.*²⁹⁵.

La proposta è seguita dall'accettazione di una controparte²⁹⁶.

Secondo una parte della dottrina²⁹⁷, l'accettazione, di regola, avviene attraverso un comportamento concludente che sia idoneo a manifestare inequivocabilmente la volontà di accettare²⁹⁸, come avviene quando l'oblatore inserisce nello *smart contract* un bene digitale (*digital asset*), una somma di una criptovaluta o una rappresentazione digitale di un bene finisco (c.d. *token*).

²⁹⁴ GAMBINO A.M., A. STAZI, D. MULA, *Diritto dell'informatica e della comunicazione*, cit., pp. 157 ss.

²⁹⁵ F. BENATTI, *Un nuovo paradigma contractual: el caso de los smart contracts*, cit., pp. 275 ss. *Contra* si veda S. ORLANDO, *Profili definitivi degli "smart contracts"*, cit., p. 53, che argomenta la generale inconfigurabilità dello *smart contract* come offerta al pubblico *ex art. 1336 c.c.*, in quanto le asimmetrie informatiche – intese come carenze nella conoscenza del linguaggio informatico – rendono inammissibile la conclusione di un accordo in senso giuridico.

²⁹⁶ S.A. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, cit., p. 391, propone diverse tipologie di conclusione di uno *smart contract*, che, secondo l'A., si può configurare: come l'accettazione di una proposta predisposta in via unilaterale dalla controparte in linguaggio informatico, eventualmente in base a condizioni generali già esistenti in forma analogica o digitale; l'avvio di una trattativa nel mondo reale che sfoci nella redazione, ad opera delle parti (verosimilmente adiuuate dall'assistenza di tecnici informatici), delle stringhe di codice ed eventualmente di testo che compongono l'accordo; la sottoscrizione di un contratto preliminare o di altro accordo di natura preparatoria in cui si predispongono che il modello per i futuri negozi è lo *smart contract*.

Inoltre, sappiamo che la dichiarazione di accettazione deve essere conforme alla proposta, altrimenti equivale a controproposta *ex art. 1326*, comma 5 c.c. Negli *smart contracts*, si pone il problema dell'immutabilità della tecnologia *blockchain*, che impedisce al codice dello *smart contract* di essere modificato.

²⁹⁷ M. MAUGERI, *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, cit., p. 46; A. STAZI, *Smart Contracts and Comparative Law A Western Perspective*, p. 111; G. FINOCCHIARO, C. BOMPRESZI, *A legal analysis of the use of blockchain technology for the formation of smart legal contracts*, cit., p. 8, i quali affermano che l'accettazione non deve soddisfare alcun requisito specifico.

²⁹⁸ Sembra che lo *smart contract* si ponga in linea di continuità con la tesi secondo la quale la fattispecie descritta dall'art. 1327 c.c. si debba qualificare, sotto il profilo strutturale, come negozio di attuazione (F. SANTORO PASSARELLI, *Dottrine generali del diritto civile*, cit., p. 137). Infatti, nel caso dello *smart contract*, l'inizio di esecuzione, pur non essendo riconducibile ad una vera e propria accettazione, nemmeno tacita, avrebbe comunque valore negoziale, con la sola peculiarità che la volontà non è dichiarata ma attuata. Si avrebbe, quindi, sempre un accordo ma a struttura leggera, che si forma con modalità più semplici rispetto al tradizionale scambio tra proposta e accettazione.

Altra parte della dottrina²⁹⁹, invece, esclude la configurabilità di uno *smart contract per facta concludentia*, rilevando che l'assenza di un accordo formalizzato sia ontologicamente incompatibile con la necessaria redazione di un testo in forma di codice, che costituisce il programma per elaboratore, elemento tipico dello *smart contract*.

Questi messaggi di dati vengono inviati e ricevuti utilizzando gli indirizzi elettronici, ossia gli account che ogni utente deve creare per partecipare alla *blockchain* e per inviare transazioni³⁰⁰.

Inoltre, si possono distinguere diverse situazioni, a seconda che lo *smart contract* sulla *blockchain* sia l'unico contratto esistente, in quanto le parti non hanno raggiunto un accordo orale o stipulato un documento scritto, oppure esista un accordo orale o scritto insieme allo *smart contract* o che include lo *smart contract*.

Nel primo caso, il codice informatico rappresenta l'unica prova di una relazione giuridicamente rilevante tra le parti (*Solely Code Model*) e l'intero procedimento di formazione avviene solo sulla *DLT*.

Questo accordo è considerato valido in base al principio della libertà della forma. Tuttavia, si potrebbe porre la questione relativa all'effettiva comprensione del contenuto, come si dirà nel successivo paragrafo.

Nel caso in cui esiste una versione dell'accordo orale o cartacea, insieme allo *smart contract* (*External Model*) o che include lo *smart contract* (*Internal Model*), si afferma che il primo debba prevalere su quello espresso nel codice informatico³⁰¹.

²⁹⁹ S.A. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, cit., p. 392, secondo il quale, inoltre, è possibile concludere uno *smart contract* secondo lo schema previsto dall'art. 1333 c.c., cioè in assenza di accettazione, nella misura in cui, sulla *DLT*, sia tecnicamente consentito ad una sola parte di impartire istruzioni che eseguano le prestazioni dedotte a beneficio di un altro soggetto che non abbia formalizzato il suo consenso. Nello stesso senso S. ORLANDO, *Profili definitivi degli "smart contracts"*, cit., p. 53, che argomenta la generale inammissibilità per gli *smart contracts* del procedimento di conclusione del contratto attraverso inizio di esecuzione (art. 1327 c.c.) sulla base dell'asimmetria informatica che contraddistingue lo *smart contract* (vedi nota 295).

Semberebbe, tuttavia, più opportuno valorizzare l'asimmetria informatica sul piano dei rimedi, quale vizio di nullità strutturale ex artt. 1418, comma 2 e 1325, n. 1 c.c. o vizio del consenso *sub specie* di errore ex art. 1429 c.c. presupposto dell'azione di annullamento, come si dirà nel paragrafo successivo.

³⁰⁰ Secondo G. FINOCCHIARO, C. BOMPRESZI, *A legal analysis of the use of blockchain technology for the formation of smart legal contracts*, cit., p. 10, non vi sarebbe alcuna differenza con il commercio elettronico, dove l'offerta e l'accettazione vengono inviate da un indirizzo elettronico o ricevute da un indirizzo elettronico sotto forma di messaggi di dati. Per questo motivo, le norme sulla presunzione di conoscenza (art. 1335 c.c.), devono essere interpretate allo stesso modo.

³⁰¹ ALLEN JG, *Wrapped and stacked: 'Smart Contracts' and the interaction of natural and formal languages*, in *Eur Rev Contract Law*, 14, 2018, pp. 307 ss.; GIANCASPRO, *Is a 'smart contract' really a smart idea? Insights from a*

Qualcuno ritiene che la coesistenza con un contratto *off-chain* dovrebbe diventare una prassi ogni volta che il rapporto contrattuale abbia una certa rilevanza economica³⁰². In questo modo, le parti e, eventualmente, il giudice, possono verificare con precisione il contenuto dello *smart contract* su cui viene dato il consenso. Tuttavia, questa “doppia redazione”, soprattutto se applicata a transazioni più semplici, avrebbe il rischio di ridurre i vantaggi dell’uso degli *smart contracts*, in termini di velocità e risparmio dei costi di transazione³⁰³.

Per quanto riguarda il requisito dell’incontro delle volontà, secondo la presunzione di conoscenza (art. 1335 c.c.), il contratto è concluso quando la transazione di accettazione raggiunge il nodo del proponente, che può dimostrare di non averne avuto conoscenza per motivi non dipendenti da sua colpa³⁰⁴. Un’altra parte della dottrina ritiene che la firma crittografica di entrambe le parti sia sufficiente ad integrare il requisito dell’accordo *ex art.* 1325, n. 1 c.c.³⁰⁵.

A valle di questa analisi sull’adattabilità delle norme di diritto contrattuale sulla formazione del contratto agli *smart contract*, si può concludere con una considerazione. Talvolta le parti, nell’impiegare uno *smart contract*, pongono in essere il tradizionale procedimento di formazione del contratto, comprensivo del dialogo precedente all’accordo.

Maggiori problemi di coordinamento con la disciplina contrattuale si pongono quando questo *iter* non è rispettato, ossia nei casi in cui la conclusione dello *smart contract* avviene mediante un comportamento concludente. In questa ipotesi, lo *smart contract* sarebbe paragonabile al distributore automatico.

legal perspective, in *Computer Law & Security Review*, 33, 2017, p. 834; M. MAUGERI, *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, cit., p. 61.

Tesi confermata dal Principio 9 del Draft dei “*Principles on Blockchain Technology, Smart Contracts and Consumer Protection*” (Capitolo Terzo, Sezione Seconda, paragrafo 3).

³⁰² E. PERNICE, *Smart contract: software o contratto? Tentativo di applicazione delle norme sulla teoria generale del contratto*, cit., p. 53.

³⁰³ M. DUROVIC, A. JANSSEN, *The Formation of Blockchain-based Smart Contracts in the Light of Contract Law*, cit., p. 771, ritengono che, nel lungo periodo, dato che il mondo degli affari è guidato dall’efficienza, il sistema legale dovrebbe creare certezza giuridica in modo da evitare costosi ibridi “codice-contratto”.

³⁰⁴ G. FINOCCHIARO, C. BOMPRESZI, *A legal analysis of the use of blockchain technology for the formation of smart legal contracts*, cit., p. 11.

³⁰⁵ JACCARD, *Smart Contracts and the Role of Law*, cit., p. 23; A. STAZI, *Smart Contracts and Comparative Law A Western Perspective*, p. 110, secondo i quali, la conclusione del contratto, può considerarsi avvenuta nel momento in cui lo *smart contract* viene firmato crittograficamente da entrambe le parti, non quando viene registrato sulla DLT (regola della spedizione adottata nei sistemi di *common law*).

Tuttavia, i requisiti di proposta e accettazione richiesti dal diritto contrattuale per un contratto valido sarebbero soddisfatti anche in questa ipotesi di formazione dello *smart contract*, in quanto per il perfezionamento della transazione è sufficiente l'incontro delle volontà delle parti.

Pertanto, se entrambe le parti sono in grado di leggere e comprendere i termini scritti in un codice informatico (eventualmente con l'ausilio di esperti informatici), non c'è nessun contrasto con le norme sulla formazione del contratto tradizionale³⁰⁶.

3.1. Il linguaggio di programmazione, le asimmetrie informatiche e la corretta formazione della volontà

Le conclusioni del paragrafo precedente ci conducono ad analizzare la questione relativa alla comprensibilità, per la parte, del linguaggio utilizzato nello *smart contract*³⁰⁷, che è strettamente correlata a quella della valida espressione della sua volontà.

Ovviamente si fa riferimento agli *smart contract* rientranti nelle categorie “modello solo codice” e “modello interno”, visto che nel “modello esterno” si giova della prosa legale allegata.

Il linguaggio di programmazione è utilizzato dall'uomo per impartire istruzioni alla macchina ed è costituito da un insieme di segni codificati, attraverso i quali è possibile esprimere le azioni dell'algoritmo. Questo linguaggio³⁰⁸ costituisce l'interfaccia tra l'uomo e la macchina ed è composto da un sistema alfanumerico e da parole chiave.

Il computer lavora in un proprio linguaggio esclusivamente numerico, il c.d. linguaggio macchina, che è collegato e sottostante al linguaggio di programmazione.

³⁰⁶ M. DUROVIC, A. JANSSEN, *The Formation of Blockchain-based Smart Contracts in the Light of Contract Law*, cit., p. 764, i quali giungono a simili conclusioni, ma la loro normativa di riferimento è il diritto inglese.

³⁰⁷ Sulla «barriera semantica» che crea il linguaggio di programmazione si veda M.P. PIGNALOSA, *Il consumatore calcolante*, cit., p. 28.

³⁰⁸ I linguaggi di programmazione sono universalmente standardizzati. Ad esempio, *Ethereum* utilizza il linguaggio di programmazione *Solidity*.

S.A. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, cit., p. 401, osserva che «al pari di un linguaggio c.d. naturale, il linguaggio di programmazione ha un insieme di regole di struttura per formulare correttamente le frasi (sintassi) e ogni parola, così come ogni frase, ha un suo significato (semantica). A differenza del linguaggio c.d. naturale, ove domina la polisemia, i linguaggi di programmazione devono essere però univoci (in questo senso gli informatici dicono che sono linguaggi formali)».

Dunque, lo *smart contract* si caratterizza non per un peculiare contenuto, ma per il suo aspetto redazionale, in quanto è elaborato mediante l'utilizzo di linguaggio informatico invece che linguaggio umano.

Ciò consente di mettere in evidenza la differenza che intercorre tra questo strumento e i contratti conclusi attraverso piattaforme telematiche, che presentano un'interfaccia di comunicazione fra uomo e macchina “*user-friendly*”, cioè un linguaggio comprensibile all'uomo.

La questione, tuttavia, attiene non tanto all'aspetto formale dell'accordo, ma alla valida espressione della volontà. Infatti, la circostanza che lo *smart contract* sia espresso con il linguaggio del codice, che, di regola, è incomprensibile per l'utente medio³⁰⁹, implica domandarsi se la volontà della parte non redattrice si sia correttamente formata.

Sebbene qualcuno potrebbe essere indotto a ritenere che, nella conclusione di contratti telematici c.d. *point and click*, nessuno metta in dubbio la valida espressione del consenso, anche se l'utente non abbia la minima idea di come funzioni il *software* che invia la proposta al gestore o quello che esegue il pagamento, occorre da subito mettere in evidenza che la questione della conclusione di un contratto scritto in codice è più complessa.

Infatti, esiste una differenza sostanziale tra l'acquisto su un sito *e-commerce* e la sottoscrizione di uno *smart contract*³¹⁰.

Nei contratti telematici c.d. “*point and click*”, la macchina converte le istruzioni telematiche in linguaggio umano sul terminale dell'utente, che pertanto è in grado di comprendere i termini del negozio. Diversamente, l'attività negoziale condotta utilizzando uno *smart contract* viene espressa soltanto in linguaggio informatico nativo, a causa dell'utilizzo necessario e diretto delle parti del protocollo *blockchain*³¹¹.

³⁰⁹ L. PIATTI, *Dal Codice Civile al codice binario: blockchain e smart contracts*, cit., p. 337, propone diverse «soluzioni all'alfabetizzazione», come inserire nello script dei commenti in un linguaggio comprensibile per le parti o la scissione tra codice e linguaggio giuridico in due documenti informatici separati ma connessi con qualche espediente o, infine, la traduzione simultanea di quanto voluto dalle parti (linguaggio giuridico) e quanto redatto nello *smart contract* (codice), affidandone a un *software* la traduzione immediata.

³¹⁰ L. PIATTI, *Dal Codice Civile al codice binario: blockchain e smart contracts*, cit., p. 336.

³¹¹ Sul punto S.A. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, cit., p. 379, efficacemente osserva che «il ricorso allo *smart contract* determin[a] una inversione della normale dinamica nel rapporto fra l'uomo e la tecnologia: mentre finora ci si è mossi nella direzione di «umanizzare» la

Inoltre, in caso di contratti per adesione *online* (ma anche per quelli cartacei vale la stessa regola), è necessario fornire alla controparte le condizioni generali del contratto in una versione chiara e comprensibile per l'uomo medio, che, di regola, sono contenute in apposite sezioni del sito.

Nel modello di *smart contract* “solo codice”, invece, queste informazioni spesso sono contenute nello stesso testo codificato.

Tuttavia, il solo fatto che il contratto sia espresso in codice informatico non è sufficiente ad escludere la volontà contrattuale o ritenerla viziata, nell'ottica di tutela dell'affidamento del proponente, che potrebbe ignorare la difficoltà di comprensione della controparte.

Un punto di equilibrio si potrebbe rinvenire nell'applicare allo *smart contract* la disciplina del cosiddetto “secondo contratto”, onerando la parte che redige il contratto di obblighi informativi più ampi di quelli di cui all'art. 1338 c.c. Pertanto, il proponente dovrebbe adottare misure ragionevoli³¹² per garantire alla controparte la comprensione dei termini dello *smart contract*, al momento della stipula del contratto o in precedenza.

L'estensione della tutela consumeristica allo *smart contract*, che si propone in questa sede, è fondata sull'argomento secondo cui la *ratio* sottesa alla disciplina del contratto del consumatore si rinvia anche nello *smart contract*: gli effetti dell'asimmetria informativa, che interferisce nella formazione della volontà del consumatore, sono gli

macchina, rendendone le logiche di funzionamento intelleggibili all'utente attraverso l'intermediazione di interfacce *user-friendly* che «parlano» in linguaggio umano, permettendo quindi la creazione e la condivisione di accordi negoziali classici attraverso gli strumenti tecnologici, il ricorso allo *smart contract* richiede [...] che sia l'uomo a «robotizzarsi» apprendendo (o al limite utilizzando grazie all'aiuto di esperti) il linguaggio informatico; con tutto ciò che ne discende anche in termini di limiti intrinseci a questo, come ad esempio l'impossibilità di tradurre in istruzioni eseguibili le consuete clausole generali del diritto (buona fede, correttezza, diligenza, etc.) o quelle di natura valoriale che – implicando valutazioni soggettive o l'applicazione di standard piuttosto che di regole oggettive – non possono essere oggi eseguite da una macchina».

³¹² Per questi motivi, sarebbe opportuno *ex art.* 1337 c.c. che il proponente accompagnasse il codice con una versione in linguaggio naturale dei termini dello *smart contract*, in modo chiaro e comprensibile. R. O'SHIELDS, *Smart Contracts: Legal Agreements for the Blockchain*, cit., p. 186, suggerisce la possibilità di fornire un pulsante “Accetto”. S.A. MCKINNEY, R. LANDY, R. WILKA, *Smart contracts, blockchain, and the next frontier of transnational law*, in *Washington Journal of Law, Technology & Arts*, 13, 2018, p. 326, propongono una casella di controllo o un pulsante “Esegui”.

stessi che il linguaggio informatico potrebbe avere sull'utilizzatore dello *smart contract* (perciò potremmo parlare di "asimmetria informatica"³¹³).

Pertanto, nella conclusione di uno *smart contract*, questo *deficit* di comprensibilità del linguaggio dovrebbe essere sempre tenuto in considerazione, non soltanto negli *smart contracts* "per adesione".

Tuttavia, questa maggiore tutela proposta per l'utente accettante uno *smart contract* non consentirebbe a quest'ultimo di assumere un contegno passivo, essendo comunque tenuto ad informarsi *ex art.* 1337 c.c., prima di accettare la proposta di conclusione di uno *smart contract*.

Pertanto, se, alla luce delle circostanze che hanno preceduto la conclusione del contratto e delle qualità dell'accettante, emerge che quest'ultimo non abbia avuto modo di comprendere i termini dello *smart contract* a causa del linguaggio in codice, si deve far riferimento alla disciplina dei rimedi. Infatti, si potrebbero verificare ipotesi di dissenso occulto, cioè di dichiarazioni (sotto forma di codice) apparentemente conformi, ma intese da ciascuna parte in modo diverso o di oggettiva divergenza tra proposta e accettazione. In questi casi si dovrà indagare, sulla scorta dell'interpretazione della volontà delle parti *ex artt.* 1362 e ss. c.c., se si è formato l'accordo e, in caso negativo, dichiarare la nullità³¹⁴ *ex artt.* 1418, comma 2 e 1325, n. 1) c.c.

In alternativa, si potrebbe far riferimento alla disciplina dei vizi della volontà³¹⁵, in particolare quella dell'errore *ex art.* 1429 c.c., in cui parrebbe rientrare l'errore di comprensione del contenuto dell'accordo, da cui discende il rimedio dell'annullabilità.

3.2. I vizi del consenso

Le conclusioni del precedente paragrafo consentono di sostenere l'applicabilità, agli *smart contracts*, delle norme codicistiche relative ai casi in cui la volontà si sia formata

³¹³ Locuzione utilizzata anche da S. ORLANDO, *Profili definitivi degli "smart contracts"*, cit., p. 52. Tuttavia, l'A. utilizza questa locuzione per affermare che la stessa sia ostativa alla conclusione di un accordo in senso giuridico su un programma contrattuale; quindi, per escludere che lo *smart contract* sia un programma per elaboratore impiegato per definire, in tutto o in parte, il contenuto di un contratto.

³¹⁴ Sul rimedio della nullità si veda *infra* paragrafo 6.

³¹⁵ Infatti, il legislatore non si occupa del tema della lingua del contratto nella disciplina codicistica ad esso dedicata, lasciando che siano le parti a operare la scelta più adeguata.

in maniera anormale, per l'influenza di elementi perturbatori che abbiano indotto il soggetto a porre in essere un atto che non avrebbe altrimenti compiuto.

Infatti, elemento comune a tutte le forme di conclusione dell'accordo è la sussistenza di una volontà attendibile e correttamente formata delle parti di accettare un determinato regolamento negoziale.

I vizi a cui la legge attribuisce rilevanza sono l'errore, il dolo e la violenza (art. 1427 c.c.), prevedendo che i contratti conclusi da un contraente il cui consenso sia stato dato per errore, estorto con violenza o carpito con dolo possano essere annullati su richiesta del medesimo contraente, alle condizioni di cui agli artt. 1427 ss. c.c.

Nello *smart contract* verrebbero in rilievo due ipotesi di errore essenziale che, nei contratti tradizionali, ricorrono con meno frequenza³¹⁶: da un lato, come si è avuto modo di spiegare nel paragrafo precedente, verrebbe in rilievo la mancata comprensione del contenuto del contratto (che può essere essenziale ai sensi dei nn. 1 e 2 dell'art. 1429 c.c.) per ignoranza o difettosa conoscenza del linguaggio informatico utilizzato nella redazione dello *smart contract*: è chiaro che non può ritenersi validamente prestato il consenso da una parte che non ne abbia compreso il significato.

Dall'altro lato, potrebbe venire in rilievo l'errore nella programmazione dello *smart contract*, che rientrerebbe nella fattispecie prevista nell'art. 1433 c.c. Si tratta dei casi in cui la codificazione non rispecchia l'effettivo intento di una o entrambe le parti, poiché la sua esteriorizzazione nel codice (dichiarazione codificata) o la sua trasmissione da parte del programmatore non corrisponde alla volontà formatasi nel foro interiore.

L'unico problema che parrebbe emergere, per l'applicabilità della disciplina dell'errore in ambito *smart contract*, si sostanzia nella circostanza che le condizioni che il legislatore codicistico pone per la rilevanza dell'errore sono due: non è sufficiente, infatti, l'essentialità di esso per la parte che ne è pregiudicata, ma è necessario che tale errore sia riconoscibile dall'altro contraente *ex art.* 1431 c.c.

³¹⁶ M. PROTO, *Questioni in tema di intelligenza artificiale e disciplina del contratto*, cit., p. 182.

Pertanto, in un sistema decentralizzato, come quello in cui operano gli *smart contract*, se non si pongono particolari problemi relativamente al requisito dell'essenzialità, maggiore difficoltà si rinviene nella valutazione del requisito della riconoscibilità.

Questo andrebbe a discapito del contraente pregiudicato dall'errore, in quanto, nel caso di errore essenziale, ma non riconoscibile dall'altro contraente, le conseguenze della dichiarazione trasmessa in modo inesatto restano, secondo la disciplina generale, in capo a chi abbia assunto il rischio connesso alle disfunzioni del mezzo di trasmissione.

Nell'ipotesi in cui, invece, l'errore nella (trasmissione della) dichiarazione si possa ritenere, oltre che essenziale, riconoscibile dall'altro contraente, lo *smart contract* sarà annullabile alle condizioni e ai limiti di cui si dirà più avanti, nel paragrafo 6 dedicato ai rimedi.

4. L'interpretazione dello *smart contract*

Il titolo di questo paragrafo potrebbe sembrare ossimorico. Si può interpretare un codice³¹⁷?

Come è noto, il Codice civile detta alcune norme (artt. 1362 ss. c.c.) sull'interpretazione del contratto, che indicano i criteri del procedimento ermeneutico finalizzato a determinare il significato giuridicamente rilevante da riconoscere alla dichiarazione negoziale.

Il procedimento di interpretazione del contratto non va inteso come diretto alla ricostruzione storica della concreta e contingente volontà che ciascuna delle parti ha ritenuto di manifestare nell'atto, infatti, questa potrebbe essere divergente per le due parti, non riconoscibile o irrilevante per risolvere i problemi pratici a cui può dar luogo l'esecuzione del negozio. Peraltro, l'interpretazione in esame non va neppure intesa come diretta all'accertamento del significato che, al momento della stipulazione, ciascuna delle parti attribuiva all'atto³¹⁸.

³¹⁷ Sul tema dell'interpretazione dello *smart contract*, si vedano M. CANNARSA, *Contract Interpretation*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 102 ss.; F.G. CALDANA, C. COLOSIO, *Smart Contracts: problemi interpretativi*, in https://www.academia.edu/61711548/Smart_contracts.

³¹⁸ In questo senso, A. TORRENTE, P. SCHLESINGER, *Manuale di diritto privato*, cit., p. 602.

Dunque, l'esegesi del negozio giuridico è volta ad «accertare il contenuto del testo linguistico, sciogliendo, con le tecniche suggerite dall'esperienza o prescritte dalla legge (artt. 1362-1371 c.c.), i dubbi e le ambiguità della parola»³¹⁹.

In particolare, l'art. 1362 c.c. consente all'interprete di non arrestarsi al testo negoziale, poiché la lettera è necessaria ma non sufficiente, e fornisce il principio di complessità³²⁰. Secondo questo principio, l'analisi ermeneutica deve avere ad oggetto, oltre al testo, anche il contesto verbale del negozio (il complesso delle parole) e il contesto situazionale, ossia il contegno complessivo delle parti.

Sintetizzata la disciplina normativa in tema di interpretazione negoziale – non essendo possibile, in questa sede, dilungarsi oltre – occorre precisare che l'analisi che segue è limitata ai casi di *smart contract*, con rilevanza contrattuale, che seguono il modello “solo codice” o il modello “interno”, ibrido composto da codice e linguaggio naturale.

Difatti, è agevole ritenere che lo *smart contract*, a cui è allegata una versione in linguaggio naturale o in prosa legale, sia soggetto alle regole comuni sull'interpretazione. L'unica particolarità di questa ipotesi si rinviene nella circostanza secondo la quale la traduzione in linguaggio di programmazione costituirebbe un ulteriore strumento interpretativo del contenuto del testo, che potremmo definire come “contesto digitale”.

Inoltre, si fa un'ulteriore precisazione, che potrebbe apparire superflua, ma è necessaria per garantire maggiore chiarezza al lettore.

Il problema dell'interpretazione non si pone neppure rispetto agli *smart contracts* che non hanno rilevanza contrattuale *ex art. 1321 c.c.*, ossia quando sono *software* utilizzati nell'esecuzione di un accordo già intervenuto al di fuori della rete (*off-chain*).

In questo secondo caso, l'oggetto dell'attività ermeneutica è il contesto testuale, verbale e situazionale del mondo sensibile. Tuttavia, le linee di codice che costituiscono lo *smart contract* non dovrebbero ritenersi del tutto irrilevanti ai fini ermeneutici. Infatti, rappresentano sia una traduzione, in linguaggio di

³¹⁹ N. IRTI, *Testo e contesto*, Padova, 1996, p. 141.

³²⁰ L'art. 1362 c.c. spinge l'interprete fuori dal testo verso l'analisi dei contegni delle parti. Si parla, in tal senso, del principio di letteralità, che si determina e conclude nel principio di complessità, che soddisfa l'esigenza di considerare la continuità del contegno. Si veda, in tal senso, N. IRTI, *Testo e contesto*, cit., pp. 2, 18 e 69.

programmazione, di parole già scelte in precedenza, rilevante *ex art.* 1362, comma 1 c.c., sia un comportamento posteriore alla conclusione del contratto, a cui fa riferimento l'articolo 1362, comma 2 c.c. Pertanto, lo *smart contract* impiegato nell'esecuzione costituisce un ulteriore strumento di interpretazione, che, anche in questo caso, si potrebbe indicare come “contesto digitale”, idoneo a rafforzare o a delegittimare il risultato ermeneutico raggiunto grazie all'esegesi svolta nel “contesto reale”.

Svolte queste premesse, possiamo finalmente affrontare la questione principale, che riguarda l'interpretazione di uno *smart contract* a rilevanza contrattuale. In particolare, ci si interroga sull'adeguatezza del linguaggio informatico ad essere interpretato alla stregua di un contratto tradizionale.

La ragione della difficoltà di applicare la disciplina normativa sull'interpretazione al caso in esame è agevole. Lo *smart contract* (*rectius*, il *software*) corrisponde al contratto e, quindi, costituisce esso stesso l'oggetto dell'interpretazione. Il modello “solo codice”, infatti, si caratterizza per la totale assenza di un testo contenente parole in linguaggio naturale, a cui consegue l'assenza di un contesto verbale, e per il fatto che il comportamento complessivo dei contraenti si dissolve nel sistema informatico, in cui si conclude lo *smart contract* e vengono eseguite automaticamente le prestazioni.

Pertanto, secondo taluno, le regole codicistiche sull'interpretazione del contratto sarebbero inapplicabili allo *smart contract* che ha rilevanza contrattuale, in quanto le istruzioni fornite dalle parti allo *smart contract* (tramite la programmazione) sarebbero idonee ad obliterare del tutto l'attività ermeneutica, ergendosi esse stesse a criteri interpretativi³²¹.

Tuttavia, non sembra che questa tesi sia condivisibile per un duplice ordine di ragioni.

In primo luogo, se è vero che le clausole contrattuali nascono e si esauriscono all'interno di un unico contesto virtuale, prive di un riscontro nel mondo sensibile, ciò avrebbe il pregio di evitare tutte le complessità proprie dei testi scritti, prima tra tutte la polisemia, che connota un numero notevole di parole del linguaggio verbale.

³²¹ F.G. CALDANA, C. COLOSIO, *Smart Contracts: problemi interpretativi*, cit., pp. 6-7.

Inoltre, nonostante l'art. 1362 c.c. faccia esplicito riferimento all'uso delle parole, questo non impedirebbe una sua applicazione analogica, laddove gli accordi siano conclusi mediante altri contegni.

Infatti, come ricorda un maestro del diritto, «l'assenza di parole non impedisce l'applicazione analogica (*analogia legis* dell'art. 1362 c.c.), poiché la *ratio* della norma non sta nell'uso delle parole, ma nella fruizione interpretativa del contegno delle parti: fruizione compatibile anche con l'uso di mezzi diversi dalla parola [...] La *ratio* dell'art. 1362 c.c. sta nel non isolare il segmento dell'accordo (come che siansi esternate le decisioni delle parti) e nell'utilizzare a scopo conoscitivo il contegno precontrattuale e post-contrattuale»³²².

Dunque, alla luce di tali argomentazioni teleologiche, sembrerebbe potersi ammettere un'attività ermeneutica, avente ad oggetto uno *smart contract* con rilevanza contrattuale, appartenente alla categoria del modello "solo codice", svolta secondo i canoni normativi di interpretazione, primo fra tutti, il principio di complessità dettato dall'art. 1362 c.c.

5. La forma dello *smart contract* e i contratti formali

Com'è noto, il nostro ordinamento, in tema di contratti, si ispira al principio della libertà della forma³²³. Infatti, qualsiasi modalità espressiva è ammessa ed è idonea alla formazione di un valido vincolo contrattuale, purché palesi in modo inequivocabile la volontà delle parti. Solo in via eccezionale e in vista del perseguimento di particolari finalità legate alla natura e all'oggetto del contratto, è richiesta l'adozione di una forma prescritta dalla legge. In questi casi, la forma è vincolata e costituisce un elemento essenziale del contratto *ex art.* 1325 n. 4 c.c., la cui assenza comporta l'irrilevanza giuridica della volontà contrattuale espressa con modalità diverse da quella richiesta dalla legge.

³²² N. IRTI, *Testo e contesto*, cit., p. 69.

³²³ Il moderno principio di libertà della forma contrattuale si contrappone al diverso principio del diritto romano classico, per il quale la volontà contrattuale doveva essere manifestata secondo rigide formule rituali. Il principio di libertà della forma si deve al pensiero giusnaturalista che, con la sua esaltazione del momento volontaristico, ha comportato l'affermarsi dell'idea secondo cui la volontà dei soggetti non può essere mortificata e costretta nella gabbia di tecniche di comunicazione sociale rigidamente predeterminate.

Le principali funzioni della forma richiesta *ex lege* sono quella di favorire la ponderazione dei contraenti, di promuovere la certezza del rapporto contrattuale fra le parti e di garantire la certezza delle situazioni giuridiche nei confronti dei terzi.

Inoltre, nella legislazione recente, sono previsti obblighi formali “di protezione”, ossia posti a tutela di una delle parti e aventi lo scopo di richiamare l’attenzione del contraente sul contratto che stipula. Un esempio di forma di protezione è presente, peraltro, anche all’interno del Codice civile, all’art. 1341, comma 2, c.c. che dispone la specifica approvazione per iscritto delle «clausole vessatorie» contenute nei contratti *standard*.

Fatte queste premesse, quello che rileva in questa sede è indagare se, in tutti i casi in cui la legge prescrive il rispetto di una determinata forma, questa possa essere soddisfatta mediante lo *smart contract*.

Senza dubbio questa questione si pone solo nei casi in cui sia lo stesso *smart contract* (inteso quale programma per elaboratore) a costituire la fonte del vincolo negoziale, non accompagnato da nessun altro atto scritto.

Per rispondere al quesito esposto, occorre avere chiaro in cosa consiste il requisito della forma prescritta affinché questa possa dirsi rispettata.

Il requisito della scrittura può soddisfarsi con due diverse modalità: quella più leggera, la scrittura privata, e quella solenne, l’atto pubblico. La scrittura privata si sostanzia nel documento che contiene il contratto sottoscritto dalle parti.

Inoltre, poiché l’evoluzione tecnologica ha reso possibili dichiarazioni contrattuali emesse con mezzi informatici e trasmesse con mezzi telematici, il legislatore ha previsto (art. 20, comma 1-*bis* del Codice dell’amministrazione digitale) che anche il documento informatico soddisfa il requisito della forma scritta quando vi è apposta una firma digitale, altro tipo di firma elettronica qualificata o una firma elettronica avanzata o, comunque, è formato, previa identificazione informatica del suo autore, attraverso un processo avente i requisiti fissati dall’AgID ai sensi dell’articolo 71 con modalità tali da garantire la sicurezza, integrità e immodificabilità del documento e, in maniera manifesta e inequivoca, la sua riconducibilità all’autore. Il Codice definisce il documento informatico come «il documento elettronico che contiene la rappresentazione informatica di atti, fatti o dati giuridicamente rilevanti» (art. 1, lett. p) CAD).

Quanto appena esposto induce taluno ad affermare che lo *smart contract* sia idoneo a soddisfare il requisito della forma scritta, in quanto, costituendo una rappresentazione informatica di dati giuridicamente rilevanti, rientrerebbe nella definizione di documento informatico³²⁴.

Altri, invece, pur escludendo che lo *smart contract* sia un documento informatico, ritengono che l'importazione e la sottoscrizione digitale dello *smart contract* sulla *blockchain* conferiscano ad esso la forma scritta ai sensi degli artt. 20 e 21 CAD³²⁵.

Parrebbe, tuttavia, più opportuno fare riferimento al dato normativo, in quanto il legislatore prevede espressamente se e a quali condizioni lo *smart contract* soddisfa il requisito della forma scritta.

In particolare, la norma, come già si è avuto modo di osservare, dispone che «gli *smart contract* soddisfano il requisito della forma scritta previa identificazione informatica delle parti interessate, attraverso un processo avente i requisiti fissati dall'Agenzia per l'Italia digitale con linee guida».

È vero, infatti, che lo *smart contract* è costituito da linee di codice in cui è contenuta una manifestazione di volontà, ma non è linguaggio scritto a cui corrisponde la forma della scrittura, ma linguaggio informatico a cui corrisponde la forma del «documento informatico» che, a certe condizioni, soddisfa il requisito della forma scritta.

Tuttavia, nel caso dello *smart contract* che opera su *blockchain*, a prescindere dalla sua qualificazione come documento informatico, il legislatore ha previsto espressamente che il requisito della forma scritta può essere soddisfatto solo previa identificazione informatica delle parti interessate, attraverso un processo avente i requisiti fissati dall'Agenzia per l'Italia digitale con linee guida.

³²⁴ L. PIATTI, *Dal Codice Civile al codice binario: blockchain e smart contracts*, cit., p. 336, nota 42; C. BOMPRESZI, *Commento in materia di Blockchain e Smart contract alla luce del nuovo Decreto Semplificazioni*, cit.; CONTALDO, F. CAMPARA, *Blockchain, criptovalute, smart contract, industria 4.0. Registri digitali, accordi giuridici e nuove tecnologie*, cit., pp. 150-151.

Per una più ampia esposizione di questa tesi e dell'orientamento ad essa contrario si veda Capitolo Terzo, paragrafo 3.3.

³²⁵ In particolare, S.A. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, cit., p. 390, ritiene che quanto nel testo dello *smart contract*, oltre alle linee di codice, si inseriscono anche apposite righe di testo che riportano, in lingua umana, le porzioni di contratto che non consistono in istruzioni (per esempio, le premesse o le definizioni), si avrebbe un ibrido, in parte *smart contract* ed in parte qualcosa probabilmente qualificabile come documento informatico *ex art. 1, comma 1, lett. p) CAD*. In questo modo, l'A. esclude implicitamente che lo *smart contract* sia qualificabile *ex se* come documento informatico.

Non essendo ancora state adottate tali linee guida, parrebbe corretto affermare l'impossibilità, ad oggi, di ricorrere allo *smart contract* per stipulare qualsiasi contratto per cui la legge richieda il requisito della forma scritta, quantomeno nei casi in cui tale requisito sia richiesto per la validità dell'atto.

6. I rimedi contrattuali

Dopo aver ripercorso i principali istituti della disciplina codicistica sul contratto, occorre valutare l'applicabilità dei rimedi tradizionali³²⁶ allo *smart contract* che presenti un vizio genetico o funzionale.

Questa questione presuppone che lo *smart contract* conosca una fase patologica.

Abbiamo menzionato, infatti, nei paragrafi addietro le ipotesi in cui uno *smart contract* presenti dei vizi che, nell'ambito del contratto tradizionale, determinano l'esperibilità di alcuni rimedi, quali la nullità (artt. 1418 ss. c.c.) o l'annullabilità (artt. 1425 ss. c.c.).

Inoltre, lo *smart contract*, come sappiamo, è caratterizzato dall'automatismo e stabilità, da cui conseguono la sua irrettrabilità, immodificabilità e inarrestabilità, che hanno il pregio di ridurre, per il creditore, il rischio di inadempimento.

Tuttavia, questo rischio non è del tutto escluso, infatti, non sempre lo *smart contract* garantisce il corretto adempimento. Potrebbe esserci un *bug* nel funzionamento del *software* o errori nella programmazione del codice oppure l'oracolo potrebbe comunicare un'informazione errata e, quindi, la corretta esecuzione del *code* non corrisponde alla corretta esecuzione del contratto, come preventivata dalle parti al momento della codifica dello *smart contract*. In questi casi, sempre con riferimento all'ambito del contratto tradizionale, la parte pregiudicata da tali accadimenti avrebbe diritto al rimedio della risoluzione (artt. 1453 ss. c.c.).

³²⁶ Per un'accurata disamina sull'adattabilità dell'apparato remediale codicistico agli *smart contracts*, si vedano: PONCIBÒ C., DI MATTEO L.A., *Smart Contracts: Contractual and Noncontractual Remedies*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 118 ss.; N. GENTILE, *Vicende patologiche del contratto in forma di smart contract*, in Aa. Vv. *Blockchain e Smart Contract*, a cura di Giordano e Battaglini, Milano, 2019, pp. 315 ss., il quale tratta, i casi di patologia genetica e funzionale e i conseguenti rimedi, calandoli nella specifica realtà dello *smart contract*, inteso come diversa forma di redazione di un contratto, sulla base dell'ulteriore assunto di fondo – annunciato dall'A. anche nell'introduzione dello scritto – che «lo *smart contract*, qualora contenga determinati elementi, può essere considerato un contratto».

Peraltro, il classico rimedio contrattuale esperibile a fronte di vizi funzionali è poco adatto al contesto *smart contract*, in cui non vi è la possibilità di adeguare o modificare i termini contrattuali, al fine di ottimizzare le prestazioni, mitigare le perdite o mantenere in vita la relazione contrattuale con qualche mutamento.

Per questo motivo, lo *smart contract* fa gravare sulle parti il rischio di sopportare un onere maggiore rispetto a quello preventivato, salvo che vi sia un'esplicita previsione convenzionale di gestione delle sopravvenienze³²⁷. I contraenti, infatti, potrebbero inserire nello *smart contract* clausole convenzionali volte alla regolazione del rischio *ex ante*³²⁸ (ad esempio, clausole di adeguamento automatico), sotto forma di codice, operanti anch'esse in base alla logica funzionale, *if this-then that* o mediante oracoli³²⁹.

Predeterminare già all'interno del codice algoritmico anche le reazioni (ad esempio, esecuzione o risoluzione) ad azioni o ad inadempimenti predefiniti esclude ogni margine di discrezionalità valutativa delle parti e qualsiasi tipo di coinvolgimento di organi terzi. In tal senso, l'automazione dell'esecuzione dello *smart contract* sarebbe simmetrica ai rimedi di autotutela previsti dal Codice civile, quali, ad esempio, la clausola risolutiva espressa *ex art.* 1456 c.c. o la sospensione dell'esecuzione in caso di mutamento delle condizioni patrimoniali di controparte *ex art.* 1461 c.c.

In questo modo, la concezione dello *smart contract* come autonomo, ossia capace di autoeseguirsi in funzione delle istruzioni che sono state fornite dalle parti contraenti all'interno del codice informatico, può avere un senso non solo nella fase fisiologica, ma anche in quella patologica.

³²⁷ G. OSTI, *La così detta clausola "rebus sic stantibus" nel suo sviluppo storico*, cit., p. 1, ID., *Appunti per una teoria della "sopravenienza"*. *La così detta clausola "rebus sic stantibus" nel diritto contrattuale odierno*, in *Riv. dir. civ.*, 1913, pp. 471 e 647; M. BESSONE, *Adempimento e rischio contrattuale*, Milano, 1970, pp. 343 ss.; G. ALPA, M. BESSONE, E. ROPPO, *Rischio contrattuale e autonomia privata*, Napoli, 1982; G. ALPA, *Rischio (dir. rig.)*, in *Enc. dir.*, XL, Milano, 1989, p. 1044; F. DELFINI, *Autonomia privata e rischio contrattuale*, Milano, 1999; F. MACARIO, *Sopravenienze e gestione del rischio nell'esecuzione del terzo contratto*, in *Il terzo contratto*, a cura di Gitti e Villa, Bologna, 2008, pp. 179 ss.; A. ZIMATORE, *Eventi esterni e rischi di demolizione del contratto. Il contratto 'aperto' all'adattamento: meccanismi e clausole*, in *Luis Law Review*, 2, 2021, pp. 50 ss.

³²⁸ M.N. TEMTE, *Blockchain Challenges Traditional Contract Law: Just How Smart Are Smart Contracts?*, in *Wyoming Law Review*, 19, 1, 2019, pp. 110-111; T. KOROYE, *The comparative nature of smart contracts to traditional contracts in contemporary international commercial transactions*, cit., p. 9.

³²⁹ Infatti, il vantaggio che lo *smart contract* ha, rispetto ad un contratto non autoeseguibile, è quello di poter contenere un'"azione inversa" o qualsiasi altro rimedio a fronte di un suo malfunzionamento o ad un vizio che lo colpisca. Tuttavia, nel caso della nullità per contrarietà a norme imperative, l'autore di uno *smart contract* nullo ben si guarderà dal programmare egli stesso il suo *smart contract* in modo tale che, riconosciuto nullo, esso riduca in pristino i propri effetti e cessi di avere efficacia, perché la sua intenzione, con ogni probabilità, è esattamente quella di conseguire, a mezzo del contratto, un risultato contrario a norme di legge.

Un impedimento ad accogliere la ricostruzione appena menzionata potrebbe essere costituito dalla difficoltà, se non impossibilità, di prevedere e codificare in anticipo tutte le possibili patologie e conseguenti reazioni.

Infatti, l'allocazione dei rischi può essere programmata dalle parti solo al momento fisiologico della conclusione dello *smart contract* (ad esempio, mediante la scelta del tipo contrattuale e l'inserimento di clausole condizionale sospensive o risolutive e disponendo reciproche restituzioni).

Pertanto, in assenza di pattuizioni specifiche, i rimedi contrattuali tradizionali, sia manutentivi che eliminatori del vincolo contrattuale, sarebbero difficilmente applicabili agli *smart contract* che operano su *blockchain*, perché il contenuto dei blocchi della catena, una volta che questi siano stati validati, non è modificabile. Inoltre, oltre a non essere tecnicamente possibile modificare *ex post* il *database* della *blockchain*, risulterebbe anche del tutto distonico rispetto al funzionamento della stessa (per le garanzie di certezza e immodificabilità ad essa sottese).

Tuttavia, questa criticità potrebbe essere superata dalla previsione della funzione cosiddetta “*kill*” o *kill code*, prevista da alcune *blockchain* più evolute per l’“autodistruzione” dello *smart contract*, al fine di migliorare le prestazioni attraverso l’eliminazione di programmi eventualmente non più utilizzati.

Si tratta di una funzione capace di rimuovere definitivamente il blocco dalla catena e potrebbe, pertanto, costituire un surrogato dei rimedi contrattuali (nullità, annullabilità, rescissione, risoluzione),

La funzione potrebbe essere inserita su accordo delle parti nello *smart contract*, magari disciplinando, in un patto *off-chain*, le ipotesi di attivazione.

Questa, inoltre, può essere attivata solamente dalle parti che hanno generato il contratto, registrando sulla *DLT (blockchain)* il relativo codice sottoscritto con la propria firma elettronica. Inoltre, può essere attivata congiuntamente o dalla parte che abbia fatto valere vittoriosamente le proprie ragioni in giudizio.

In tal modo, in caso di inadempimento della prestazione, la parte adempiente potrebbe adire l'autorità giudiziaria per la risoluzione del contratto e per l'eventuale eliminazione dello stesso dalla *blockchain* tramite l'utilizzo della funzione *kill*.

Quanto appena detto consente di svolgere una considerazione relativa agli effetti della risoluzione, in relazione al contratto tradizionale e in riferimento agli *smart contract*.

Mentre, infatti, la risoluzione *ex art.* 1453 e ss. c.c. è idonea a far venir meno gli effetti del contratto, in ambito *blockchain* ciò non avviene automaticamente. L'eventuale risoluzione del contratto (così come pronunce di nullità o annullabilità), richiedono alla parte, ove predisposta la funzione *kill*, di attivarla. Pertanto, la pronuncia giudiziale deve contenere un obbligo di *facere* e, se del caso, una condanna al pagamento di una penalità di mora per l'eventuale ritardo.

Inoltre, è evidente che la funzione *kill* è un "rimedio" puramente tecnico che non ha alcuna corrispondenza con l'apparato rimediabile tradizionale.

Pertanto, in assenza della funzione *kill*, i rimedi codicistici sarebbero inadeguati ad impedire l'esecuzione del contratto o a farne venire meno l'esistenza *ab origine*, stante l'irreversibilità delle transazioni eseguite automaticamente dallo *smart contract*.

Un'altra soluzione proposta per rimediare ad un difetto fattuale (errori di codifica) o giuridico (vizi genetici o funzionali del contratto in versione *smart*), da ultimo accolta anche nel *Draft* redatto dall'*European Law Institute*³³⁰, è quella di predisporre una transazione invertita, tale cioè da neutralizzare gli effetti giuridici patrimoniali prodotti da quella che si desidera risolvere, a meno che la piattaforma *blockchain* utilizzata non consenta la modifica dei blocchi. Tuttavia, una transazione inversa può solo riavvolgere di fatto il contratto, ma non legalmente, in quanto una transazione nulla potrebbe rimanere sulla *blockchain* perché i blocchi sono immutabili.

Nel caso in cui la *blockchain* non renda possibile la sua modificazione o una parte si rifiuti di creare di uno *smart contract* idoneo a eseguire una transazione inversa rispetto a quella precedente, sembrerebbe che gli unici rimedi che possono essere invocati sono quelli al di fuori della *blockchain*, di natura restitutoria o risarcitoria per equivalente³³¹.

³³⁰ Di cui si è trattato nel Capitolo Terzo, Sezione Seconda, paragrafo 3.

³³¹ Secondo D. FAUCEGLIA, *Il problema dell'integrazione dello smart contract*, cit., p. 604; M. CRISAFULLI, *L'era degli Smart Contracts: potenzialità e limiti di uno strumento rivoluzionario*, in *Diritto Mercato Tecnologia*, 2021, p. 22, l'esecuzione di uno *smart contract*, in tal caso, sarebbe assimilabile ad un contratto a cui è apposta la clausola *solve et repete* (art. 1462 c.c., in virtù di tale clausola, ciascuna delle parti è tenuta ad eseguire la propria prestazione nonostante l'inadempimento dell'altra o il mutamento delle sue condizioni patrimoniali). Gli AA. sostengono che, dopo l'esecuzione del contratto, le parti possono

Sono rimedi che non intervengono sull'atto o sul rapporto contrattuale, già completamente eseguito, ma sugli effetti prodotti dallo stesso.

Pertanto, il contraente che ritenga di essere danneggiato dall'esecuzione automatizzata del contratto deve far valere le sue ragioni in sede giudiziale o davanti ad arbitri.

Qualcuno, tuttavia, osserva, in modo critico, che se i rimedi successivi e ripristinatori non creano attriti con il diritto dei contratti, quando il negozio è affetto da un vizio funzionale, lo stesso non può dirsi nel caso di sussistenza dei vizi genetici che costituiscono causa di nullità³³². Infatti, questa tesi afferma che l'esecuzione automatizzata e irreversibile dello *smart contract* nullo contrasta con l'invalidità e l'inefficacia *ab origine* che connotano il contratto nullo.

Questa tesi, tuttavia, non merita di essere accolta, in quanto confonde l'efficacia giuridica dell'atto (*quid iuris*) dalla sua esecuzione (*quid facti*). È vero che il contratto nullo non produce alcun effetto giuridico, ma questo non significa che non possa essere materialmente eseguito. Può accadere, infatti, che un atto nullo ed inefficace venga in tutto o in parte attuato. Inoltre, nella disciplina della nullità è previsto proprio espressamente il diritto alla restituzione delle prestazioni eseguite in attuazione del contratto nullo dall'art. 1422 c.c.

Più corretta sarebbe l'obiezione³³³ secondo cui, l'esclusività del rimedio restitutorio (che spesso costituisce una scelta necessitata in ambito *smart contract*) creerebbe una notevole disparità tra le parti di contratti tradizionali e quelle di *smart contracts*, con riferimento all'azione di nullità, in quanto quest'ultima è imprescrittibile, a differenza del rimedio restitutorio che è soggetto all'ordinario termine di prescrizione.

accordarsi per ripristinare la situazione esistente anteriormente alla conclusione dello *smart contract*, disponendo le reciproche restituzioni.

³³² A. STAZI, *Automazione contrattuale e "contratti intelligenti"*, cit., pp. 121, 178, 186.

³³³ Si vedano K. WERBACH e N. CORNELL, *Contracts ex machina*, cit., p. 164 e M. MAUGERI, *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, cit., pp. 86 ss.

7. La tutela dei consumatori e gli *smart contracts*: una duplice prospettiva

Alla fine di questo esame sui rapporti tra disciplina del contratto e *smart contract*, non si può prescindere dall'analisi delle implicazioni giuridiche che questi ultimi hanno, dal punto di vista della protezione del consumatore³³⁴.

Infatti, la disciplina dei contratti del consumatore³³⁵ occupa un posto fondamentale nell'ambito dello studio del contratto, data la sempre maggiore standardizzazione delle condizioni contrattuali, su cui si basa la contrattazione di massa a livello nazionale ed internazionale.

Com'è noto, il contratto tra professionista e consumatore costituisce oggetto di una disciplina speciale (cosiddetto secondo contratto). Questa è volta a fornire tutela al consumatore, il quale versa in una fisiologica e strutturale condizione di disparità contrattuale rispetto al professionista, determinata da asimmetrie informative (intese come maggiore disponibilità, sia in termini qualitativi che quantitativi, di informazioni da parte del professionista).

Pertanto, tale disparità di potere contrattuale, che vale a qualificare il consumatore come contraente debole e bisognoso di uno strumentario di tutela specifico, ha

³³⁴ Sul tema si vedano A. STAZI, *Automazione contrattuale e "contratti intelligenti"*, cit., pp. 170 ss.; ID. in *Tutela dei contraenti deboli negli smart contracts*, in Aa. Vv. *Saggi di diritto dei consumi*, a cura di Pignalosa e Catricalà, Torino, 2020, pp. 169 ss.; M. MAUGERI, *Smart Contracts, Consumer Protection, and Competing European Narratives of Private Law*, in *German Law Journal*, 23, 2022, pp. 900 ss.; ID. *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, cit., pp. 60 ss.; T. CUTTIS, *Smart Contracts and Consumers*, in *LSE Law, Society and Economy Working Papers*, 1, 2019, pp. 1 ss.; C. PONCIBÒ, *Smart contract: un breve viaggio nel futuro del diritto dei consumatori*, in *Annuario di Diritto Comparato e di Studi Legislativi*, Napoli, 2020, pp. 1 ss.; O. BORGOGNO, *Usefulness and Dangers of Smart Contracts in Consumer Transactions*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 288 ss.; ID., *Smart Contracts as the (new) Power of the Powerless? The Stakes for Consumers*, in *European Review of Private Law*, 26, 6, 2019, pp. 885 ss.; E. PERNICE, *Smart contract: software o contratto? Tentativo di applicazione delle norme sulla teoria generale del contratto*, cit., pp. 54 ss.; A. SIGNORELLI, *La tutela del consumatore in blockchain: nuovi sistemi di scambio, smart contract e neoformalismo giuridico*, in Aa. Vv. *Blockchain e autonomia privata. Fondamenti giuridici*, a cura di Nuzzo, Roma, 2019, pp. 67 ss.; B. SIRGIOVANNI, *La tutela del cliente-consumatore nel mercato unico digitale*, in Aa. Vv. *Il diritto nell'era digitale. Persona, Mercato, Amministrazione, Giustizia*, a cura di Giordano, Panzarola, Police, Preziosi, Proto, Milano, 2022, pp. 415 ss.; J.A.T. FAIRFIELD, *Smart Contracts, Bitcoin Bots, and Consumer Protection*, in *Washington and Lee Law Review Online*, 71, 2, 2014, pp. 35 ss.; M. GIACCAGLIA, *Gli Smart Contracts. Vecchi e nuovi(?) paradigmi contrattuali nella prospettiva della protezione dei consumatori*, in *Diritto Mercato Tecnologia*, 2020, pp. 22.

³³⁵ Si vedano A. CATRICALÀ, M.P. PIGNALOSA, *Manuale del diritto dei consumatori*, Roma, 2013; AA. VV., *Diritto dei consumatori*, a cura di Alpa e Catricalà, Bologna, 2016; AA. VV., *Saggi di diritto dei consumi*, a cura di Catricalà e Pignalosa, Torino, 2020.

indotto il legislatore, prima europeo e poi nazionale, ad intervenire adottando regole speciali che costituiscono lo “statuto protezionistico del consumatore”.

La disciplina consumeristica, contenuta all’interno del Codice del Consumo (d.lgs. 6 settembre 2005, n. 206), si caratterizza per la previsione di numerosi obblighi di comportamento e informativi, gravanti sul professionista, in particolar modo nella fase precontrattuale, e per l’attenuazione del valore del vincolo contrattuale, dovuta all’attribuzione al consumatore del rimedio del recesso di pentimento.

Fatte queste premesse sulla tutela consumeristica, occorre mettere in luce che, mentre molti autori ritengono che i contratti tra professionisti e consumatori costituiranno proprio l’ambito elettivo di utilizzo degli *smart contract*³³⁶, altri sostengono che lo *smart contract* si presti bene a essere utilizzato nei rapporti B2B, dove probabilmente il divario di alfabetizzazione informatica fra le parti è più ridotto e l’assenza delle esigenze tipiche di tutela del consumatore rendono più flessibili le dinamiche negoziali³³⁷.

Tuttavia, a prescindere dall’orientamento a cui si ritenga di aderire, è bene osservare che non si può escludere l’utilizzo degli *smart contracts* nei rapporti contrattuali tra professionisti e consumatori.

Proprio per questa ragione, occorre analizzare i rapporti della disciplina consumeristica con gli *smart contracts* da un duplice e speculare punto di vista.

In primo luogo, bisogna vagliare la compatibilità della disciplina di protezione con l’utilizzo degli *smart contracts*, in particolare, chiedendoci se questi possano creare ostacoli al rispetto degli obblighi informativi, gravanti sul professionista, e all’esercizio del diritto di recesso di pentimento, attribuito al consumatore.

In secondo luogo, si deve indagare sulla possibilità che lo *smart contract* costituisca uno strumento di *favor* per il consumatore, in quanto potenzialmente idoneo ad eliminare le disuguaglianze sostanziali che connotano le parti del c.d. secondo contratto.

Per quanto concerne la prima questione, si rilevano alcune criticità nell’applicabilità agli *smart contracts* della disciplina consumeristica, che, nei contratti a distanza – come

³³⁶ Tjong Tjin Tai E., *Challenges of Smart Contracts: Implementing Excuses*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, p. 100.

³³⁷ Contra A. Saveljev, *Contract Law 2.0: «Smart» Contracts As the Beginning of the End of Classic Contract Law*, cit., p. 132; S.A. Cerrato, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, cit., p. 395.

tipicamente sono gli *smart contracts* che operano su *DLT* – prevede misure ancora più stringenti a tutela del consumatore

Innanzitutto, un problema, che si è già avuto modo di trattare in termini generali, è quello del linguaggio di programmazione e della sua comprensibilità da parte del consumatore.

Nel caso in cui allo *smart contract* non sia allegata una traduzione in linguaggio naturale, si pone il problema del rispetto dell'art. 51, comma 1 cod. cons.³³⁸, in cui è previsto che, nei contratti a distanza, il professionista è tenuto a fornire o mettere a disposizione del consumatore le informazioni precontrattuali in un linguaggio semplice e comprensibile.

Questo problema potrebbe essere superato mediante la predisposizione, da parte del professionista., di una traduzione in linguaggio naturale³³⁹, allegata allo *smart contract*.

Tuttavia, in mancanza di una soluzione idonea a superare il *deficit* informativo del consumatore sulle condizioni del contratto, l'accordo non sarebbe vincolante per quest'ultimo *ex* art. 51, comma 2 cod. cons. Infatti, questa norma dispone che, se un contratto a distanza deve essere concluso con mezzi elettronici, il professionista ha l'obbligo di comunicare in modo chiaro ed evidente, al consumatore, le informazioni relative agli elementi principali del contratto, direttamente prima che il consumatore inoltri l'ordine. Se il professionista non adempie questo obbligo, il consumatore non è vincolato dal contratto o dall'ordine.

Un altro elemento di conflitto tra gli *smart contracts* e la protezione delle parti più deboli, laddove non si tratti di contratti standardizzati predisposti dal professionista, concerne i costi iniziali elevati, legati alle infrastrutture e alle conoscenze specialistiche necessarie per redigere e stipulare *smart contracts*. Infatti, l'accesso ad essi potrebbe non essere paritario, ma limitato solo a chi ha la possibilità di dotarsi di

³³⁸ Art. 51. “Requisiti formali per i contratti a distanza”

«1. Per quanto riguarda i contratti a distanza il professionista fornisce o mette a disposizione del consumatore le informazioni di cui all'articolo 49, comma 1, in modo appropriato al mezzo di comunicazione a distanza impiegato in un linguaggio semplice e comprensibile. Nella misura in cui dette informazioni sono presentate su un supporto durevole, esse devono essere leggibili».

³³⁹ Questa è la soluzione che è stata proposta nei Principi elaborati dall'*European Law Institute* (Principio 15), come vedremo nel Capitolo Terzo, paragrafo 3.

hardware molto potenti ed è esperto di *coding* o in grado di assumere un programmatore³⁴⁰.

Inoltre, si pone il problema dell'applicabilità della disciplina sulla vessatorietà delle clausole di cui agli artt. 33 e ss. cod. cons., in quanto questa presupporrebbe, secondo una parte della dottrina, l'esistenza di una clausola contrattuale abusiva in forma testuale, non sussistente nel caso di clausole scritte sotto forma di codice.

Tuttavia, questo rilievo non trova conferma nel testo di legge, che non fa menzione della forma in cui devono essere scritte le clausole, affinché le stesse siano suscettibili del giudizio di vessatorietà. Infatti, ai fini di questo giudizio è necessario e sufficiente che la clausola, in qualsiasi forma essa si presenti, abbia comportato «un significativo squilibrio dei diritti e degli obblighi derivanti dal contratto» ex art. 33, comma 1 cod. cons.

Inoltre, l'esclusione, dall'oggetto del giudizio di vessatorietà, delle clausole espresse in linguaggio di programmazione potrebbe incentivare comportamenti fraudolenti da parte dei professionisti, che sarebbero indotti ad utilizzare gli *smart contracts* proprio per dar vita a rapporti contrattuali squilibrati.

A conferma di quanto appena menzionato, può essere richiamato l'art. 34 cod. cons., che delimita l'oggetto del giudizio di vessatorietà e detta i criteri di valutazione del carattere vessatorio della clausola.

Questa disposizione, al comma 1, dispone che «la vessatorietà di una clausola è valutata tenendo conto della natura del bene o del servizio oggetto del contratto e facendo riferimento alle circostanze esistenti al momento della sua conclusione ed alle altre clausole del contratto medesimo o di un altro collegato o da cui dipende».

Come è evidente, la norma in esame non fa alcun riferimento alla forma della clausola idonea ad essere sottoposta al giudizio di vessatorietà. Inoltre, prevede un giudizio complessivo, che va oltre la singola clausola, estendendosi all'intero contratto o ai contratti ad essa collegati. Quindi, una clausola abusiva espressa in forma di codice contenuta in uno *smart contract*, che costituisce parte di una più ampia operazione negoziale tra professionista e consumatore, se anche si ritenesse insuscettibile di un giudizio di vessatorietà per la sua forma codificata, sarebbe

³⁴⁰ Tuttavia, occorre porre in evidenza che anche se esistono, ad oggi, alcune *startup* che permettono ai “non addetti ai lavori” di redigere i propri *smart contracts*.

comunque presa in esame nell'ambito del giudizio complessivo sullo squilibrio del rapporto contrattuale in cui si inserisce.

Inoltre, sempre l'art. 34, nel prevedere, al comma 2, che dall'ambito del giudizio di vessatorietà sono escluse le clausole relative all'oggetto del contratto e al corrispettivo dei beni e dei servizi purché siano chiare e comprensibili, assume notevole rilievo proprio in tema di *smart contract*. Infatti, in questa tipologia di transazioni, i termini contrattuali inerenti all'oggetto del contratto e al corrispettivo ben potrebbero essere oscuri per il consumatore e, quindi, soggetti al giudizio di vessatorietà.

Infine, si può ricordare la disciplina di *favor* per il consumatore, contenuta nell'art. 35, comma 1 cod. cons., la cui formulazione lo rende certamente applicabile anche alle clausole contrattuali formulate sotto forma di codice informatico. Infatti, questa disposizione prevede che «nel caso di contratti di cui tutte le clausole o talune clausole siano proposte al consumatore per iscritto, tali clausole devono sempre essere redatte in modo chiaro e comprensibile. In caso di dubbio sul senso di una clausola, prevale l'interpretazione più favorevole al consumatore».

Un ulteriore problema che si pone, con riferimento all'applicabilità della disciplina consumeristica agli *smart contracts*, è quello relativo al diritto di recesso dal contratto, negoziato a distanza o fuori dei locali commerciali, attribuito al consumatore.

L'art. 52 cod. cons. prevede, infatti, che il consumatore, entro quattordici giorni dalla conclusione del contratto, può recedere³⁴¹, senza dover fornire alcuna motivazione e senza dover sostenere nessuna spesa, salve alcune eccezioni³⁴².

È facilmente intuibile la difficoltà di garantire tale rimedio, a fronte di un rapporto già completamente eseguito, come tipicamente avviene mediante l'utilizzo dello *smart contract*.

Parte della dottrina propone che una possibile soluzione al problema potrebbe rinvenirsi applicando la disciplina di cui all'art. 59 cod. cons., che, elencando le eccezioni al diritto di recesso, lo esclude relativamente alla «fornitura di contenuto

³⁴¹ Per un'ampia trattazione sul diritto di recesso, si veda M.P. PIGNALOSA, *Contratti a distanza e recesso del consumatore*, Milano, 2016.

³⁴² Il professionista non è tenuto a rimborsare i costi supplementari, qualora il consumatore abbia scelto espressamente un tipo di consegna diversa dal tipo meno costoso di consegna offerto dal professionista (art.56, comma 2 cod. cons). Il consumatore è responsabile unicamente della diminuzione del valore dei beni risultante da una manipolazione dei beni diversa da quella necessaria per stabilire la natura, le caratteristiche e il funzionamento dei beni (art. 57, comma 2 cod. cons.).

digitale mediante un supporto non materiale se l'esecuzione è iniziata con l'accordo espresso del consumatore e con la sua accettazione del fatto che in tal caso avrebbe perso il diritto di recesso» (lett. o)). Tuttavia, l'orientamento in esame riconosce i limiti derivanti dall'applicazione di tale disciplina: in primo luogo, è difficile acquisire, all'interno di uno *smart contract*, l'accordo espresso dal consumatore e la sua accettazione relativa alla perdita del diritto di recesso; in secondo luogo, l'applicabilità di questa norma sarebbe circoscritta all'ipotesi dello *smart contract* avente ad oggetto un bene digitale³⁴³.

Inoltre, è opportuno mettere in luce che l'eventuale applicazione dell'art. 59, comma 1, lett. o) cod. cons. sarebbe volta ad escludere il diritto di recesso, creando un *vulnus* nella tutela del consumatore.

Dunque, per attuare il diritto di recesso, qualcuno propone di programmare lo *smart contract* in modo tale che la sua esecuzione rimanga sospesa entro i primi quattordici giorni dalla conclusione del contratto³⁴⁴. Trascorso questo termine, un oracolo potrebbe verificare se sussiste la volontà del consumatore di esercitare il diritto di recesso e, in caso negativo, lo *smart contract* darebbe luogo all'esecuzione automatica.

Un'ulteriore soluzione potrebbe essere quella di programmare una transazione invertita all'interno dello *smart contract*, eseguibile entro i quattordici giorni dalla conclusione del contratto, mediante l'*input* di un oracolo esterno idoneo ad accertare la volontà del consumatore³⁴⁵.

Tuttavia, qualcuno osserva, in maniera critica³⁴⁶, che tale impalcatura rischierebbe di appesantire notevolmente il sistema degli *smart contract*.

Inoltre, questa soluzione potrebbe rivelarsi problematica perché distonica rispetto alle esigenze a cui risponde l'utilizzo degli *smart contracts*, ossia di garantire la certezza dell'esecuzione.

Resterebbe, anche in questo caso, come si è visto trattando più in generale dei rimedi contrattuali, la possibilità per il consumatore di far valere il suo diritto al di fuori della *DLT*. Questa soluzione, tuttavia, andrebbe a discapito dell'efficacia del rimedio che,

³⁴³ M. MAUGERI, *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, cit., p. 63.

³⁴⁴ In questo senso si è espresso A. STAZI, *Tutela dei contraenti deboli negli smart contracts*, cit., p. 189.

³⁴⁵ Questa è la soluzione che è stata proposta nei Principi elaborati dall'*European Law Institute* (Principio 17), come vedremo nel Capitolo Terzo, paragrafo 3.

³⁴⁶ M. MAUGERI, *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, cit., p. 63.

pensato per favorire il consumatore, finirebbe per pregiudicarlo. Infatti, al consumatore verrebbe addossato non solo l'onere di adempiere, ma anche quello di attivarsi per recuperare quanto versato³⁴⁷.

Dall'analisi svolta finora, emerge che il punto di maggiore criticità del rapporto tra la tutela consumeristica e gli *smart contract* sia costituito dal diritto di recesso, essendo estremamente difficile operare un bilanciamento che non vada ad intaccare le potenzialità di nessuno dei due strumenti.

Proprio questi problemi, probabilmente, hanno indotto il Parlamento europeo (Risoluzione 20 ottobre 2020), come si è visto nel Capitolo precedente, a chiedere alla Commissione di rivedere «la questione del diritto di recesso»³⁴⁸.

Sempre sulla base delle considerazioni svolte finora, un orientamento dottrinale mette in dubbio la ragionevolezza di continuare ad applicare discipline pensate per contesti ben diversi da quello che si configura mediante l'utilizzo di *smart contracts*. Tuttavia, questo orientamento è diviso tra chi ritiene che solo alcune regole della disciplina consumeristica debbano necessariamente essere modificate e chi, in maniera più radicale, afferma che l'intero statuto di disposizioni relative al diritto dei consumatori è inapplicabile agli *smart contract*³⁴⁹.

Questa conclusione ci permette di passare alla seconda questione posta all'inizio del paragrafo, ossia se gli *smart contracts* possano costituire uno strumento che avvantaggia i consumatori.

Infatti, secondo alcuni studiosi, l'inapplicabilità della disciplina consumeristica tradizionale deriverebbe proprio dalla circostanza che lo *smart contract* sia di per sé idoneo a migliorare l'effettività dei diritti dei consumatori.

Secondo un orientamento dottrinale, l'automatizzazione e la disintermediazione sarebbero funzionali al ripristino dell'equilibrio dei poteri contrattuali a favore dei consumatori, in quanto consentirebbero a questi ultimi di cercare e concludere

³⁴⁷ M. MAUGERI, *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, cit., p. 64, afferma che il diritto di recesso declinato come descritto nel testo risulterebbe depotenziato e gravoso.

³⁴⁸ *Punto 36 della Risoluzione del Parlamento europeo del 20 ottobre 2020*.

³⁴⁹ In questi termini, si veda A. SAVELYEV, *Contract Law 2.0: «Smart» Contracts As the Beginning of the End of Classic Contract Law*, cit., pp. 131-132.

contratti *online* per loro conto, evitando i termini standard degli intermediari di *e-commerce* e scegliendo condizioni negoziali *consumer-oriented*³⁵⁰.

Sotto un secondo profilo, altri autori, ritengono che lo *smart contract* potrebbe contribuire a migliorare l'effettività dei diritti dei consumatori, riducendo o addirittura eliminando i costi della giustizia sulla rete *blockchain*³⁵¹, grazie ad una «standardizzazione estrema»³⁵² delle condizioni generali di contratto e alla esecuzione automatica degli impegni contrattualmente assunti dall'impresa a costo zero per il consumatore. In altri termini, gli *smart contracts* avrebbero il potenziale di agevolare la tutela dei contraenti deboli, in quanto possono automatizzarla, evitando che i professionisti possano giovare della loro inerzia nell'attivazione dei propri diritti³⁵³. Al riguardo, si riportano gli esempi delle assicurazioni basate su *smart contracts*, legate ad un contratto di trasporto aereo o ferroviario, che prevedono la liquidazione rapida e automatica, senza richiesta, dell'indennizzo ai viaggiatori assicurati, che abbiano subito una cancellazione o un ritardo superiore a un certo termine³⁵⁴.

Tuttavia, a questi orientamenti che, pur sulla base di diverse argomentazioni, guardano con favore il possibile avvento degli *smart contracts* negli scambi consumeristici, si contrappongono quelli previamente esposti che paventano i rischi legati al processo di automazione del contratto, derivanti dall'incapacità del consumatore di comprendere i termini contrattuali e, conseguentemente, di esprimere consapevolmente un valido consenso.

In conclusione, è difficile affermare l'effettivo spazio che lo *smart contract* potrà trovare nell'ambito dei rapporti *B2C*.

³⁵⁰ Tanto da indurre qualcuno a domandarsi se lo *smart contract*, nei rapporti *B2C*, possa configurare un "quarto contratto" (l'espressione fa riferimento alla nota nomenclatura, invalsa ormai da qualche anno, che, sulla base delle peculiarità che connotano la disciplina di alcuni contratti in base allo *status* dei contraenti, qualifica: il contratto disciplinato dal codice civile tra parti con eguale potere contrattuale come "primo contratto"; il contratto tra professionista e consumatore come "secondo contratto"; il contratto tra imprese, in cui una delle due si trova in una condizione di dipendenza economica rispetto all'altra come "terzo contratto"). Si veda, in tal senso, A. SIGNORELLI, *La tutela del consumatore in blockchain: nuovi sistemi di scambio, smart contract e neoformalismo giuridico*, cit., pp. 91-92.

³⁵¹ T. CUTTIS, *Smart Contracts and Consumers*, cit.;

³⁵² C. PONCIBÒ, *Smart contract: un breve viaggio nel futuro del diritto dei consumatori*, cit., p. 7.

³⁵³ O. BORGOGNO, *Smart contracts as the (new) Power of the Powerless? The Stakes for Consumers*, in *European Review of Private Law*, 2019, pp. 892 ss.; A. STAZI, *Tutela dei contraenti deboli negli smart contracts*, cit., p. 185.

³⁵⁴ C. PONCIBÒ, *Smart contract: un breve viaggio nel futuro del diritto dei consumatori*, cit., p. 11.

Se è vero che lo sviluppo delle nuove tecnologie, talvolta, può dar vita a mezzi di scambio insidiosi per il consumatore, non devono essere dimenticati i vantaggi che lo stesso consumatore trae dalla digitalizzazione. Si pensi all'avvento del commercio elettronico, che oggi permette al consumatore di concludere contratti con la massima flessibilità di tempi, luoghi e modalità.

Tuttavia, i benefici che il consumatore potrebbe ottenere dall'utilizzo degli *smart contracts* non possono costituire un elemento sufficiente per obliterare la disciplina consumeristica.

Pertanto, sarebbe opportuno, in attesa di ulteriori interventi dell'Unione Europea, che non tarderanno ad arrivare (Capitolo Terzo, paragrafo 2), continuare ad applicare la vigente disciplina protezionistica. Questa, infatti, come si è avuto modo di osservare, non pone particolari problemi di compatibilità con la struttura generale dello *smart contract*, fatte salve le criticità relative al diritto di recesso, tuttavia, non insuperabili.

CAPITOLO QUINTO

INQUADRAMENTO GIURIDICO, NORMATIVA APPLICABILE E TUTELE

SOMMARIO: 1. Le questioni irrisolte relative alla rilevanza giuridica dello *smart contract*. Una lettura del fenomeno con la lente del giurista. – 2. Eccessivamente “smart” per essere “contract” o ancora troppo “contract” per essere “smart”? – 2.1. L’apparente forza «disruptive» degli *smart contract* rispetto al contratto tradizionale. – 2.2. Gli indici forniti dall’art. 8-ter, comma 2. – 2.2.1. La previsione espressa della forma scritta dello *smart contract*. – 2.2.2. Il vincolo contrattuale e l’esecuzione che vincola. L’asserito problema della intangibilità dello *smart contract*. – 2.2.3. La funzione selettiva e determinativa della fattispecie di cui all’art. 8-ter, comma 2. – 2.3. La sineddoche “*smart contract*”. – 2.4. Non tutti gli accordi giuridicamente rilevanti possono essere *smart contract*. – 3. La legge applicabile agli *smart contracts*. È necessaria una normativa *ad hoc*? – 3.1. Lo *smart contract* come strumento che avvicina i contraenti al *soft law*. – 3.2. L’estensione della disciplina del contratto. – 4. Tentativi di ricondurre il concreto *smart contract* alle fattispecie normative esistenti. – 4.1. Contratto necessariamente condizionato. – 4.2. Contratto reale. – 4.3. Adempimento e pagamento traslativo. – 4.4. Autotutela sinallagmatica. – 5. Il giudice al cospetto degli *smart contracts* e le tutele alternative.

1. Le questioni irrisolte relative alla rilevanza giuridica dello *smart contract*. Una lettura del fenomeno con la lente del giurista

Alla luce dei due precedenti Capitoli, in cui si sono analizzati i possibili adattamenti degli *smart contracts* alla disciplina contrattuale contenuta nel Codice civile e nel Codice del consumo, occorre analizzare, in questa sede, la questione fondamentale relativa alla loro rilevanza giuridica. In altri termini, occorre rispondere alle seguenti domande: quali sono gli *smart contracts* che hanno rilevanza giuridica? questa rilevanza

giuridica permette di qualificarli come accordi fra due o più parti volti a costituire, regolare o estinguere un rapporto giuridico patrimoniale *ex art. 1321 c.c.* e di applicare ad essi la relativa disciplina?

Come è stato osservato³⁵⁵, si tratta di quesiti tuttora irrisolti, nonostante l'introduzione, nel 2019, della definizione normativa di *smart contract* da parte del nostro legislatore, che non è stata risolutiva.

Il problema nasce perché non tutti gli *smart contracts*, che comportano l'esecuzione automatica di operazioni, sono giuridicamente rilevanti. Infatti, come informatici ed economisti hanno dimostrato in diverse occasioni, è possibile parlare del fenomeno *smart contract* senza nemmeno considerare la questione della loro natura giuridica³⁵⁶. Ciò in quanto essi, nonostante il *nomen* che contiene il termine "contract", non attengono necessariamente al piano del diritto³⁵⁷.

Uno *smart contract*, infatti, può essere utilizzato per lo svolgimento di un processo non contrattuale, ad esempio una procedura di voto online oppure per prevedere l'esecuzione di una prestazione come il pagamento di una criptovaluta in base a un accordo già intervenuto al di fuori della rete (*off-chain*).

Sussistono per dei casi in cui lo *smart contract* può rappresentare esso stesso un contratto tradizionalmente inteso concluso ed eseguito sulla *DLT (on-chain)* o, laddove si avvalga di algoritmi basati sull'intelligenza artificiale, dare luogo esso stesso alla definizione, modifica o integrazione del contenuto contrattuale (questa ipotesi, tuttavia, non costituisce oggetto del presente scritto³⁵⁸).

³⁵⁵ Per le posizioni della dottrina sul punto si veda il Capitolo Secondo

³⁵⁶ Si veda A. STAZI, *Automazione contrattuale e "contratti intelligenti"*, cit., p. 121.

³⁵⁷ In proposito, si vedano: V. ZENO ZENCOVICH, "Smart Contracts", "Granular Norms" and Non-Discrimination, cit., pp. 264 ss.; R. PARDOLESI, A. DAVOLA, «Smart contract: lusinghe ed equivoci dell'innovazione purchase», cit., pp. 297 ss.; F. DI CIOMMO, *Smart contract e (non-) diritto. Il caso dei mercati finanziari*, cit., p. 257 ss.; G. CASTELLANI, *Smart contracts e profili di diritto civile*, cit., p. 4; P. CUCCURU, *Blockchain ed automazione contrattuale. Riflessioni sugli smart contracts*, cit., pp. 110 s.; A.J. KOLBER, *Not-So-Smart Blockchain Contracts and Artificial Responsibility*, in *Stanford Technology Law Review*, 21, 2, p. 214 ss. Rilevante, in tal senso, è quanto specificava MONAX, *Smart Contracts*, in https://monax.io/learn/smart_contracts/, accesso effettuato in data 22 gennaio 2019, «To begin with, smart contracts are neither particularly smart nor are they, strictly speaking, contracts».

Particolarmente efficace è poi anche l'affermazione di M.K. WOEBBEKING, *The Impact of Smart Contracts on Traditional Concepts of Contract Law*, in *JIPITEC*, 10, 2019, p. 109., secondo il quale «[...] smart contracts, although they include the wording "contract", are not necessarily seen as a legal issue, at least with regard to the blockchain»

³⁵⁸ Si veda al riguardo il Capitolo Primo, paragrafo 11.

Nelle ultime due ipotesi menzionate, lo *smart contract* rappresenta un accordo contrattuale giuridicamente rilevante, non un mero atto di esecuzione come nella seconda ipotesi, in cui l'automazione interessa l'intero contratto dalla conclusione alla esecuzione.

Quindi, non tutti gli *smart contracts* sono giuridicamente rilevanti, ma alcuni certamente lo sono, quando non si limitano all'esecuzione condizionale. E proprio sulla base di tali considerazioni, appare riduttivo ritenere gli *smart contract* come un'alternativa autonoma e auto-esecutiva ai contratti tradizionali che, invece, richiedono l'esecuzione da parte di un tribunale³⁵⁹.

Pertanto, per evitare questa lettura riduttiva e cogliere l'essenza giuridica del fenomeno *smart contract* occorre procedere iniziando dall'indagine sia della natura *smart* che di quella legale (*contract*).

2. Eccessivamente “smart” per essere “contract” o ancora troppo “contract” per essere “smart”?

«The term smart contract is a misnomer»³⁶⁰.

La denuncia relativa all'utilizzo improprio del termine *smart contract* – sintetizzata nella frase in lingua inglese virgolettata – si rinviene nella maggior parte degli scritti provenienti dalla dottrina straniera in tema di *smart contract*. Si afferma, infatti, che allo *smart contract*, come lo conosciamo oggi, è attribuito un *nomen* che non deriva dalla legge applicabile, in quanto non è contratto in senso giuridico³⁶¹. Pertanto, la scelta di questo nome per il concetto di accordo autoesecutivo e codificato al computer si ritiene infelice perché idonea a creare confusione³⁶².

³⁵⁹ Questo è quello che sostengono K. WERBACH, N. CORNELL, *Contracts ex machina*, cit., p. 119.

³⁶⁰ Si esprimono così: C. LIM, T.J. SAW, C. SARGEANT, *Smart Contracts: Bridging the Gap Between Expectation and Reality*, in *Oxford Business Law Blog*, 2016; M. DUROVIC, A. JANSSEN, *The Formation of Blockchain-based Smart Contracts in the Light of Contract Law*, cit., p. 757.

³⁶¹ Per demitizzare le forse eccessive preoccupazioni che sono emerse nella dottrina, non solo giuridica, che si è occupata di *smart contract*, occorre richiamare quanto affermato da Vitalik Buterin, fondatore di *Ethereum*, il quale a fronte dell'attenzione dedicata a questi protocolli informatici ha dichiarato via *Twitter*: «To be clear, at this point I quite regret adopting the term "smart contracts". I should have called them something more boring and technical, perhaps something like "persistent scripts"» (<https://twitter.com/vitalikbuterin/status/1051160932699770882>).

³⁶² Tuttavia, C. LIM, T.J. SAW, C. SARGEANT, *Smart Contracts: Bridging the Gap Between Expectation and Reality*, cit., affermano che esistono alcune analogie teoriche tra gli *smart contract* e i contratti legali, nella misura in cui entrambi sono quadri di riferimento per regolare l'interazione tra entità diverse.

Inoltre, questa avversione per l'utilizzo della terminologia in esame ha indotto taluno a qualificare, in maniera provocatoria, il contratto tradizionale come “*dumb*” *contract*³⁶³ (contratto stupido) per contrapporlo allo “*smart*” *contract* e per mettere in luce la fallacia del considerare quest'ultimo un contratto “intelligente”. Infatti, si osserva che, al momento, gli *smart contracts* non sono in grado di regolare i rapporti negoziali complessi e di adattarsi alle circostanze concrete (*rebus sic stantibus*), capacità, invece, proprie dei contratti tradizionali “*dumb*”. Ed è questa la ragione del perdurante utilizzo e della spiccata preferenza per il contratto tradizionale, almeno nei rapporti complessi e di lunga durata³⁶⁴.

Questa critica appare largamente condivisa anche dalla dottrina italiana, la quale sostiene che, nell'ordinamento interno, lo *smart contract* non abbia natura contrattuale, ma costituisca uno strumento per l'esercizio dell'attività negoziale che le parti possono utilizzare in via esclusiva o non esclusiva per negoziare, concludere o eseguire un contratto.

In particolare, si condanna l'erroneo utilizzo del termine, in quanto si ritiene che il procedimento sotteso al fenomeno a cui si dà il nome di *smart contract* non sia né “*smart*” né “*contract*”.

Non sarebbe “*smart*” in quanto il funzionamento dello *smart contract* si basa sull'utilizzo di un *software* che esegue istruzioni inserite in forma di codice, mediante la programmazione. Non è dotato di sistemi di autoapprendimento, ma svolge un'attività meramente esecutiva sulla base delle regole codificate dalle parti. Quindi, dal punto di vista informatico, il termine “*smart*” è una definizione operativa, che

³⁶³ J.M. LIPSHAW, *The Persistence Of “Dumb” Contracts*, in *Stanford Journal Of Blockchain Law & Policy*, 2.1, 2019, p. 8 ss. mette in evidenza le problematiche dell'inserimento dello *smart contract* nella realtà sociale degli scambi, con ciò mostrando che questo non è poi così “*smart*”. Infatti, l'A. mette in luce che se si ritiene che il contratto “stupido” sia uno strumento che rappresenta una realtà antecedente, non più al passo con i tempi, non si può, allo stesso tempo, non notare che quello intelligente configuri una realtà a sé non ancora istituzionalizzata e, pertanto, di difficile diffusione nella prassi. L'A., infatti, sostiene che ciò che identifica la capacità dei contratti di essere “intelligenti” piuttosto che più “stupidi” è la misura in cui transazioni complesse e concetti giuridici indeterminati sono in grado di essere inseriti in programmi informatici. Conseguentemente, almeno fino a quando non ci saranno prove più evidenti che la tecnologia sia così evoluta da rendere questi risultati possibili, non si potrà parlare di contratto con riferimento allo *smart contract*.

³⁶⁴ Così si esprime M. LIPSHAW, *The Persistence Of “Dumb” Contracts*, cit., p. 9, che, contrapponendo «the finite regress of code» dello *smart contract* al «infinite regress of human judgment» proprio del contratto tradizionale (“*dumb*”), afferma che «Human-like judgment continues to have an advantage over machine-like judgment [...] Hence, for the time being, dumb contracts and situation sense will persist».

indica l'utilizzo di algoritmi e programmi per elaboratore e riflette la circostanza che il codice dello *smart contract* garantisce che alcuni elementi siano automatici ed auto-eseguiti in base a condizioni predefinite.

Non sarebbe “contract” perché non integra gli elementi previsti *ex lege* di accordo con il quale le parti regolano un rapporto giuridico patrimoniale, neppure nella forma di un contratto atipico *ex art. 1322, comma 2 c.c.* Pertanto, il termine “contract”, indica che essi sono utilizzati ai fini di rispettare determinati obblighi, esercitare determinati diritti o assumere il controllo di determinati beni all'interno di un registro distribuito³⁶⁵.

Tuttavia, nonostante le aspre critiche, il termine «smart contract» non è caduto in desuetudine, anzi ha fatto ingresso in numerosi testi normativi, tra cui quello emanato dal legislatore italiano, come si è avuto modo di vedere nel Capitolo Terzo.

Inoltre, in dottrina non manca chi, nel definire gli *smart contract*, li qualifica come contratti tradotti in programmi informatici che ne consentono l'autoesecuzione.

Tali premesse consentono di svolgere alcune considerazioni finalizzate ad individuare se la locuzione *smart contract* sia completamente avulsa dalla realtà del fenomeno a cui è riferita e si spiega con la mancanza, nella lingua, di un termine specifico³⁶⁶ o se piuttosto il suo impiego costituisca una *sineddoche*, dove il riferimento al “contract”, inteso come contratto vero e proprio, non esaurisce il fenomeno “*smart contract*”, ma ne rappresenta esclusivamente una modalità applicativa.

³⁶⁵ Così K. WERBACH, N. CORNELL, *Contracts ex machina*, in *Duke Law Journal*, 67, 2017, pp. 360 ss., i quali ritengono che gli *smart contracts* non siano, nemmeno teoricamente, sostituti del diritto contrattuale. Gli A.A. sostengono tale tesi sulla base dell'argomento secondo cui il diritto contrattuale e gli *smart contracts* hanno funzioni differenti. Il primo è un istituto riparatore, il cui scopo non è quello di assicurare l'adempimento *ex ante*, ma di risolvere le eventuali controversie, che sorgono *ex post* nel caso di fallimento del rapporto contrattuale. Sono proprio gli *smart contracts* che mettono in evidenza questa funzione del diritto contrattuale, in quanto il loro scopo è invece quello di prevenire *ex ante* la violazione delle previsioni contrattuali, eliminando completamente qualsivoglia attività riparatoria *ex post*. Dunque, nel migliore dei casi, l'utilizzo degli *smart contracts* potrebbero ridurre il numero delle controversie contrattuali; tuttavia, ciò non significa che la funzione svolta dagli *smart contracts* sia uguale a quella propria del diritto contrattuale con risultati migliori. Per confutare la tesi contraria gli A.A. fanno un paragone che, a mio parere, coglie nel segno, mettendo in evidenza l'erroneità nel ritenere che la funzione dei messaggi di testo sostituiscano quella di leggere le espressioni facciali nella misura in cui la adozione dei primi potrebbe rendere i secondi non necessari.

Dunque, secondo gli A.A., gli *smart contracts* costituirebbero una modalità completamente diversa rispetto al contratto tradizionale, ma non chiaramente superiore.

³⁶⁶ Siamo in presenza, se volessimo utilizzare una figura retorica, di una *catacresi*.

In particolare, nei paragrafi successivi, si forniscono alcuni elementi di valutazione per dare soluzione ai quesiti relativi alla natura degli *smart contract* e alle norme ad essi applicabili.

In altri termini, il contratto è un istituto davvero così vetusto da rendere ossimorica l'associazione allo stesso dell'attributo “*smart*”? O, in senso speculare, la formulazione in termini computabili e l'autoesecuzione dello *smart contract* lo rendono così “*smart*” da non poter in alcun modo essere ricondotto alla fattispecie tradizionale di contratto?

2.1. L'apparente forza «disruptive» degli *smart contract* rispetto al contratto tradizionale

Per rispondere alla prima domanda, si deve porre in luce l'erroneità che sussiste nell'obliterare totalmente l'istituto del contratto e la sua disciplina³⁶⁷ (contenuta nel Titolo II del Libro IV), ritenendola inidonea a regolare le nuove forme di circolazione della ricchezza, invalse nella prassi dei commerci, che fanno un utilizzo sempre più articolato delle nuove tecnologie. Infatti, l'incompatibilità di alcune disposizioni contenute nella disciplina sul contratto con le modalità operative dello *smart contract* non impediscono certamente di qualificarlo come contratto.

Infatti, le tesi che escludono la natura contrattuale dello *smart contract* facendo leva sull'inapplicabilità allo stesso della disciplina dei rimedi non colgono nel segno, in quanto l'ineffettività rimediale non incide sul giudizio di sussunzione nella fattispecie

³⁶⁷ M. DUROVIC, A. JANSSEN, *The Formation of Smart Contracts and Beyond: Shaking the Fundamentals of Contract Law?*, in https://www.researchgate.net/publication/327732779_The_Formation_of_Smart_Contracts_and_Beyond_Shaking_the_Fundamentals_of_Contract_Lawsecondo, 2018, p. 27, i quali ritengono che non bisogna temere le sfide di diritto contrattuale poste dai degli *smart contracts*; infatti, questi non comportano né la fine della formazione dei contratti come la conosciamo né la fine del diritto contrattuale in quanto tale. ID., *Formation of Smart Contracts under Contract Law*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, p. 79, che hanno esaminato la compatibilità degli *smart contract* con il diritto contrattuale inglese. Gli AA. hanno affermato che, in base all'attuale diritto inglese, le transazioni commerciali confezionate sotto forma di *smart contract* possono essere fatti valere davanti ai giudici, come i contratti tradizionali, se soddisfano tutti i requisiti esistenti necessari per l'applicazione di quest'ultimo. Per questo motivo, gli AA. non ritengono necessarie modifiche al diritto inglese per garantire l'efficacia degli *smart contract*. M. FENWICK, E.P. VERMEULEN, *The Historical Significance of Blockchain and Smart Contracts*, cit., pp. 161 ss., affermano addirittura che la continua rilevanza del diritto contrattuale come strumento di regolazione delle transazioni commerciali in cui si utilizzano *smart contracts* sia un'affermazione sembra ovvia e non controversa.

contrattuale dell'art. 1321 c.c. e si pone a valle di una qualificazione (anche negativa, nel caso della nullità³⁶⁸) come contratto di un determinato fatto storico.

Come si è avuto modo di analizzare nel capitolo precedente, la struttura e le modalità di funzionamento degli *smart contracts* non mettono realmente in discussione le disposizioni esistenti che regolano l'istituto del contratto³⁶⁹, tuttalpiù si tratterebbe di trovare una soluzione ai casi di incompatibilità tra disciplina del contratto “tradizionale” e *smart contract* che integra una fattispecie contrattuale.

Infatti, i problemi derivanti dalla difficoltà di applicare alcune norme codicistiche con le modalità operative della tecnologia sottesa agli *smart contracts* o dalla legislazione speciale di protezione per il consumatore possono essere superati attraverso una duplice soluzione cumulativa. La prima è quella dell'adattamento del diritto positivo allo *smart contract*, laddove possibile. Non si tratta di stravolgere il significato delle disposizioni, ma solo di interpretare queste alla luce delle peculiarità dello *smart contract*³⁷⁰. Nel caso in cui il procedimento ermeneutico non consenta l'estensione della disciplina sul contratto e sia necessario colmare la lacuna normativa per esigenze di ordine pubblico o di certezza del diritto, basterebbe un intervento “sartoriale” del legislatore su aspetti specifici e circoscritti del fenomeno (ad esempio, la tutela del consumatore).

In conclusione, nonostante il contratto sia un istituto risalente al diritto romano arcaico³⁷¹, la sua flessibilità ha reso i modelli di fatti descritti dalle fattispecie che lo regolano sempre capaci di adattarsi agli strumenti innovativi utilizzati negli scambi commerciali per una maggiore rapidità e riduzione dei costi. Questo è avvenuto, per

³⁶⁸ Se si aderisce alla tesi secondo cui la categoria dell'inesistenza coincide con l'inqualificabilità di un determinato fatto come contratto, mentre quella della nullità si sostanzia in una qualificazione negativa da parte dell'ordinamento giuridico. Tuttavia, pare più corretto ritenere un negozio nullo un atto inqualificato e dunque irrilevante sul piano giuridico, che non integra lo schema giuridico-formale del fatto ma è un *quid facti* a livello materiale che non può svolgere quella funzione mediatrice tra norma ed effetto giuridico che è propria della fattispecie 8si veda, in tal senso, F. GAZZONI, *Manuale di diritto privato*, Napoli, 2017, p. 995).

³⁶⁹ In dottrina, si esprimono nel senso di non ritenere gli *smart contracts* «disruptive» R. PARDOLESI, A. DAVOLA, «*Smart contract*»: *lusinghe ed equivoci dell'innovazione purchasesia*, cit., p. 206.

³⁷⁰ Si veda, nello stesso senso A.M. BENEDETTI, *Contratto, algoritmi e diritto civile transnazionale: cinque questioni e due scenari*, cit., pp. 416-417, il quale propone di ricondurre lo *smart contract* al contratto tradizionale e alla sua disciplina e osserva, al riguardo, che «non si tratta di reinterpretare formalisticamente realtà troppo dinamiche da cristallizzare in categorie; si tratta, semmai, di garantire che la tecnica possa rendersi compatibile con i principi e le garanzie, quelli si immutabili anche se declinati in ambienti del tutto nuovi».

³⁷¹ In particolare, nelle obbligazioni *ex contractu vel ex delicto*.

esempio, con l'ingresso dei mezzi elettronici ed informatici nella fase delle trattative e/o in quella esecutiva; infatti, con riferimento ai contratti telematici o ai contratti di fornitura di contenuto digitale, non è stata mai posta in dubbio la loro natura contrattuale e l'applicabilità della relativa disciplina. Pertanto, l'assenza di rigidità e la capacità di conformare alla sua fattispecie e alla sua disciplina anche le innovative tecnologie di cui i soggetti si avvalgono nelle transazioni³⁷² sono caratteristiche che rendono l'istituto del contratto tutt'altro che “*dumb*”, ma anzi decisamente “*smart*”.

2.2. Gli indici forniti dall'art. 8-ter, comma 2

Per rispondere alla seconda domanda occorre confrontare l'art. 8-ter, comma 2 introdotto dal legislatore per dare riconoscimento giuridico allo *smart contract* con la disciplina generale sul contratto, che costituisce il nostro punto di riferimento per qualificare un determinato fatto storico come negozio giuridico bilaterale a contenuto patrimoniale (contratto).

Pertanto, si procederà prendendo in considerazione tre aspetti della normativa di nuova introduzione: la forma scritta riconosciuta, a certe condizioni, allo *smart contract*; il vincolo originato dall'esecuzione; infine, su un piano di teoria generale, si svolgeranno alcune considerazioni relative proprio alla circostanza che sia stata introdotta una fattispecie *ad hoc*.

2.2.1. La previsione espressa della forma scritta dello *smart contract*

In primo luogo, occorre analizzare la disposizione con cui il legislatore italiano ha introdotto la definizione di *smart contract*, ossia l'art. 8-ter D.L. 135/2018. Anche se non brilla per chiarezza, come si è già rilevato, consente di svolgere due osservazioni utili alla nostra causa.

³⁷² Si veda N. IRTI, E. SEVERINO, *Dialogo su diritto e tecnica*, cit., in cui Natalino Irti sostiene che il diritto è in grado di regolare la tecnica, nonostante l'immane potenza di quest'ultima.

La norma, nonostante esordisca qualificando lo *smart contract* come un programma per elaboratore, prosegue, al secondo periodo, prevedendo le condizioni alle quali «gli smart contract soddisfano il requisito della forma scritta»³⁷³.

La forma è un requisito previsto eccezionalmente dalla legge per determinati atti ed è giustificato da varie esigenze di certezza, di conoscibilità, di ponderazione di un atto.

Quello che è importante mettere in luce in questa sede è che la forma può costituire un requisito di contratto, laddove richiesto dalla legge *ex art.* 1325 n. 4 c.c., non di un programma per elaboratore.

Dunque, occorre domandarsi per quale ragione il legislatore abbia previsto espressamente i presupposti affinché uno *smart contract* possa avere forma scritta, visto che l'ordinamento, di regola, non impone rigidi formalismi per riconoscere effetti giuridici agli atti dei privati.

L'unica spiegazione logica è quella di ritenere tale previsione finalizzata a consentire allo *smart contract* di adempiere all'obbligo di forma contrattuale, quando previsto *ex art.* 1325, n. 4 c.c.; a voler ritenere altrimenti, questa previsione della forma scritta dello *smart contract* risulta di incerta utilità.

Pertanto, da un'interpretazione *a contrario* dell'art. 8-ter comma 2, secondo periodo, si può ricavare che lo *smart contract* è idoneo, quando è sussumibile all'interno della fattispecie di cui all'art. 1321 c.c., ad integrare il modello contrattuale codicistico.

In conclusione, si può affermare che qui la legge *minus dixit quam voluit*, in quanto il tenore della norma che si ricava dalla disposizione in commento è il seguente: lo *smart contract* è un programma per elaboratore che opera su tecnologie basate su registri distribuiti che può, talvolta, integrare la fattispecie contrattuale codicistica e, in tal caso, è idoneo a soddisfare il requisito della forma scritta *ex art.* 1325 n. 4 c.c., al ricorrere dei requisiti (non ancora) fissati dalle Linee Guida emanate dall'AgID.

³⁷³ Questo aspetto è enfatizzato da F. RAMPONE, *Linee Guida AgID e il paradosso della forma scritta*, in <https://associazioneblockchain.it/wp-content/uploads/2020/02/20.02.14-Le-Linee-Guida-dell'AgID-su-smart-contract.pdf>, 2020, p. 2, ma per sostenere una tesi che va in una direzione opposta rispetto a quella che si propone in questo scritto.

2.2.2. Il vincolo contrattuale e l'esecuzione che vincola. L'asserito problema della intangibilità dello *smart contract*

Un'ulteriore considerazione, sempre fondata sull'interpretazione del diritto positivo, può essere utile ad avvalorare quanto sostenuto finora.

L'art. 8-ter, nel prevedere che l'esecuzione dello *smart contract* operante su tecnologie basate su registri distribuiti «vincola le parti agli effetti predefiniti dalle stesse», ricorda il testo di due disposizioni relative alla disciplina generale del contratto, ossia gli artt. 1372, comma 1, primo periodo e 1374 c.c., inserite nel Capo V del Titolo II del Libro IV dedicato agli «effetti del contratto».

In primo luogo, per quanto riguarda l'art. 1372 c.c., il riferimento alla «forza di legge» del contratto si risolve nel vincolo contrattuale, quindi, nella soggezione delle parti agli effetti del loro contratto, cioè alle modificazioni determinate dal contratto nelle posizioni giuridiche delle parti, che le subiscono per come il contratto le determina³⁷⁴. Pertanto, ciò che scaturisce dall'art. 1372 c.c. è l'idea di vincolatività del contratto, caratteristica per cui il contratto, una volta validamente concluso, impegna (vincola) le parti a tenere comportamenti e subire risultati coerenti con l'attuazione del programma contrattuale, quindi, prima di tutto, impedisce loro di sciogliersi dall'impegno concordato, di respingere da sé gli effetti del contratto.

Il senso del vincolo contrattuale si scompone in tre diversi significati.

Il primo significato è la resistenza del contratto al pentimento della parte, in quanto il vincolo non si scioglie per volontà del singolo contraente. Questo il significato più rilevante del vincolo, tanto è vero che solo ad esso fa espresso richiamo la seconda parte dell'art. 1372, comma 1 («Non può essere sciolto per mutuo dissenso»). Gli altri due significati si sostanziano nell'immodificabilità del regolamento contrattuale ad opera di una sola parte e nell'irretrattabilità degli effetti contrattuali consumati.

La *ratio* del vincolo contrattuale è prevalentemente funzionale e si sostanzia nel rafforzamento della certezza e dell'effettività dei diritti sorti dal contratto, a loro volta legati alla stabilità degli effetti contrattuali, che grazie al vincolo non restano esposti all'arbitrio di controparte; altrimenti, il sistema economico-sociale ne uscirebbe distrutto.

³⁷⁴ Si veda V. ROPPO, *Il contratto*, cit., p. 499.

Quanto esposto finora lascia spazio a una duplice argomentazione, volta a riconoscere la natura contrattuale allo *smart contract*.

Un primo argomento, di natura testuale, concerne l'evidente assonanza tra il testo dell'art. 1372 c.c. e quello dell'art. 8-ter, comma 2 c.c.; infatti, la formula «il contratto ha forza di legge» vuole significare, come si è detto, che il contratto vincola le parti, allo stesso modo in cui è espressamente disposto che l'esecuzione dello *smart contract* «vincola le parti». Pertanto, non si può escludere che il legislatore abbia voluto implicitamente qualificare l'esecuzione dello *smart contract* che gira su *DLT* come contratto, ossia come «l'accordo di due o più parti per costituire, regolare o estinguere tra loro un rapporto giuridico patrimoniale» ex art. 1321 c.c. Anche se, giova qui ricordarlo, la vincolatività dello *smart contract* (effetto di «forza di legge» fra le parti) non discende dalla conclusione ma dalla «esecuzione», da intendersi, come detto, nel senso tecnico della validazione del *software* sulla *blockchain*.

Un secondo argomento di ordine logico, induce a guardare con occhio critico tutte quelle tesi che ravvisano nel carattere dell'assoluta immutabilità, tipica dello *smart contract*, una delle principali ragioni per cui a quest'ultimo non possa essere riconosciuta natura contrattuale.

Se è vero che l'immutabilità del contratto tradizionale è solo relativa, ciò non basta per escludere la natura contrattuale allo *smart contract*.

Infatti, i vincoli contrattuali, lungi da presentarsi sempre omogenei, si dispongono lungo una scala d'intensità molto graduata fra l'estremo di un vincolo fortissimo e quello di un vincolo assai tenue.

Pertanto, su una linea immaginaria che misura l'intensità del vincolo contrattuale, lo *smart contract* si collocherebbe al punto più estremo, in quanto dà vita ad un vincolo fortissimo, insuscettibile di subire adattamenti *rebus sic stantibus*. Tale vincolo, se, da una parte, si pone in antitesi con la disciplina delle sopravvenienze contrattuali, dall'altra, non esclude ma anzi rafforza la tesi della natura contrattuale dello *smart contract*.

Infatti, se il contratto è un mezzo insostituibile di organizzazione e funzionamento dei rapporti sociali ed economici, che svolge queste funzioni proprio sul presupposto del suo valore vincolante per le parti, la vincolatività fortissima garantita dall'esecuzione dello *smart contract* non può fare altro che incrementare l'efficienza

della funzione del contratto. Questo perchè il suo utilizzo può minimizzare l'insorgenza di rischi non preventivati dipendenti dalla condotta delle parti, gestendo l'alea normale in maniera preventiva, con la scelta dello schema contrattuale da adoperare e, quindi, di un modello di allocazione ottimale del rischio.

Certamente il vincolo contrattuale sorto dallo *smart contract* potrebbe apparire particolarmente duro, ma ciò si giustifica, oltre che per i motivi sinora esposti, per un'altra ragione: il contratto, anche quello attraverso *smart contract*, non nasce se non c'è accordo (volontà comune) delle parti, pertanto, il vincolo contrattuale fortissimo sorge per volontà della stessa parte che lo subisce. In altri termini, la parte è libera di non utilizzare uno *smart contract*, ma se lo fa è vincolata ai suoi effetti, e di un tale vincolo non può dolersi, perché lo ha assunto volontariamente e liberamente.

Qualcuno, però, potrebbe affermare che, secondo un'analisi realistica del fenomeno giuridico, il vincolo sia nella disponibilità dello stesso contraente vincolato – decidendo, semplicemente, di non adempiere (e così spingendo la controparte a far valere la risoluzione del contratto), egli potrebbe sempre determinare lo scioglimento del vincolo stesso³⁷⁵. Tuttavia, bisogna pur sempre ricordare che, sciolto il vincolo in conseguenza della decisione di non rispettarlo, la parte inadempiente è esposta a responsabilità per il suo inadempimento *ex art* 1218 c.c. e questa responsabilità si fonda proprio sul vincolo e sulla sua forza legale.

³⁷⁵ Sostenere che il contratto non vincola la parte, bensì la mette in condizione di scegliere se adempiere oppure risarcire il danno del proprio inadempimento implica una pesante degradazione del valore del vincolo. Tale prospettiva è portata alle estreme conseguenze con la teoria del c.d. «inadempimento efficiente», secondo la quale l'inadempimento, che corrisponde alla violazione del vincolo, va approvato e incoraggiato, tutte le volte che la sua conseguenza economica, e cioè il risarcimento per equivalente a carico dell'obbligato, determini un'allocazione delle risorse più efficiente di quella che deriverebbe dal fedele adempimento: il contratto non vincola la parte, bensì la mette in condizione di scegliere se adempiere oppure risarcire il danno del proprio inadempimento, infatti, le due opzioni sono, astrattamente, sullo stesso piano. Si tratta di una teoria proposta da cultori dell'analisi economica del diritto, che costituisce uno dei suoi prodotti più controversi. La teoria dell'inadempimento efficiente, "*efficient breach*" dà corpo alla intuizione di O. W. HOLMES, JR., *The Path of the Law*, in *Harv. L. Rev.*, 10, 1897, pp. 457, 462. secondo cui l'impegno assunto col contratto è, nel sistema di common law, quello di «risarcire i danni se non lo si esegue e nulla più». Si vedano P. TRIMARCHI, *Il contratto: inadempimento e rimedi*, Milano, 2010, pp.83 ss.; R. PARDOLESI, *Tutela specifica e tutela per equivalente nella prospettiva dell'analisi economica del diritto: trent'anni dopo*, in *Processo e tecniche di attuazione dei diritti: omaggio a Salvatore Mazzamuto a trent'anni dal convegno palermitano*, a cura di Grisi, Napoli, 2019, pp. 741.

Alla luce di quanto esposto, pertanto, non è il carattere dell'immodificabilità "fortissima" dello *smart contract* l'elemento idoneo a distinguere nettamente quest'ultimo dal contratto tradizionale.

Dunque, le reali differenze tra lo *smart contract* e il contratto tradizionale si rinvergono, oltre che nella disciplina dei rimedi, come si è avuto modo di rilevare nel precedente Capitolo, nella disciplina dell'integrazione del contratto.

L'integrazione del contratto è la costruzione del regolamento contrattuale ad opera di fonti eteronome, cioè diverse dalla volontà delle parti. È un fenomeno complesso e differenziato al proprio interno: in ragione delle finalità che lo animano, si distingue tra integrazione suppletiva e integrazione cogente; in ragione dei modi in cui si attua, si distingue fra integrazione legale e integrazione giudiziale.

La principale base normativa dell'integrazione è l'art. 1374 c.c., ai sensi del quale «il contratto obbliga le parti non solo a quanto è nel medesimo espresso, ma anche a tutte le conseguenze che ne derivano secondo la legge o, in mancanza, secondo gli usi e l'equità».

Confrontando il testo di questa disposizione con l'art. 8-ter, comma 2, in cui si prevede che l'esecuzione dello *smart contract* «vincola automaticamente due o più parti sulla base di effetti predefiniti dalle stesse», emergono due aspetti tra loro in apparente contrasto: l'assonanza formale del testo dei due articoli e la differenza sostanziale delle fonti del regolamento contrattuale ivi previste. Infatti, l'art. 8-ter, comma 2, sembrerebbe non lasciare spazio alle fonti eteronome, attribuendo la signoria degli effetti contrattuali esclusivamente alle parti. Diversamente, l'accordo (la volontà) delle parti *ex art.* 1321 c.c., che verte su un determinato contenuto (dimensione contenutistica dell'accordo) è la fonte primaria del loro regolamento contrattuale, ma non quella esclusiva. Infatti, il limite della conformità contenutistica degli effetti del contratto all'accordo è costituito dal fenomeno dell'integrazione, che apre la strada ad effetti del contratto che non corrispondono all'accordo delle parti, perché attengono a parti del regolamento non coperte dall'accordo (integrazione dispositiva) o coperte da un accordo che cede ai diversi contenuti della fonte imperativa (integrazione cogente).

Di qui, le tesi secondo cui allo *smart contract* si dovrebbe negare la natura contrattuale, perché esso non lascerebbe spazio all'integrazione del programma contrattuale.

Infatti, si ritiene che l'attuazione di uno *smart contract*, per le sue modalità operative, renda impossibile sia l'integrazione suppletiva – talvolta necessaria per sostenere l'autonomia privata monca o claudicante, permettendole di realizzare i suoi obiettivi altrimenti compromessi dalle lacune del regolamento ed evitando lo stallo dell'operazione programmata – sia, ed è questo l'aspetto considerato più grave, l'integrazione cogente, che non supplisce un accordo mancante, ma si sovrappone a un accordo esistente fra le parti, ma disapprovato dall'ordinamento giuridico perché violatore di interessi o valori preminenti.

Tuttavia, si può obiettare che, diversamente dal contratto algoritmico, lo *smart contract* riconosciuto e disciplinato dal legislatore è quello «che opera su tecnologie basate su registri distribuiti». Queste tecnologie, come si ricorderà, possono utilizzare degli strumenti c.d. oracoli capaci di mettere in collegamento lo *smart contract* con il mondo reale e, aggiungerei, con l'ordinamento giuridico.

Pertanto, i contenuti disapprovati possono essere espulsi dal regolamento contrattuale grazie all'oracolo³⁷⁶, idoneo ad attuare il meccanismo di integrazione cogente, sacrificando gli «effetti predefiniti» dalle parti, in nome di interessi superiori agli interessi individuali di cui le parti dispongono con lo *smart contract*.

Alla luce delle considerazioni svolte, è evidente che non coglie nel segno l'orientamento che, adducendo l'impossibilità di intervenire sullo *smart contract*, nega a quest'ultimo la natura contrattuale.

2.2.3. La funzione selettiva e determinativa della fattispecie di cui all'art. 8-ter, comma 2

L'ultimo argomento utile al fine di rispondere alla domanda relativa alla possibilità di un contratto “smart” di avere rilevanza giuridica è quello dogmatico.

Infatti, in termini di teoria generale, la norma giuridica, che si lascia descrivere come un giudizio ipotetico, secondo lo schema “se A, allora B”, è composta da due

³⁷⁶ D. FAUCEGLIA, *Il problema dell'integrazione dello smart contract*, cit., p. 611, secondo l'integrazione degli *smart contract* è possibile grazie alla «presenza dei c.d. “oracoli” (*oracles*). Essi, essendo esterni alla *Blockchain*, non sono caratterizzati da una eccessiva rigidità e forniscono al sistema informatico il materiale di supporto per rendere non solo operative le condizioni contrattuali, ma anche per completare o correggere il programma contrattuale».

elementi: il fatto eventuale il cui accadere è ipotizzato (la fattispecie) e la conseguenza predisposta in relazione a quell'accadere (l'effetto).

La fattispecie è la descrizione di un fatto eventuale e funge da criterio di rilevanza dei fatti, in quanto solo i fatti (naturali o umani) riconducibili ad una fattispecie assumono rilevanza per il diritto e, pertanto, ricevono la qualifica di fatti giuridici (c.d. rilevanza interna)³⁷⁷. Inoltre, la norma, come abbiamo detto, non descrive solo fatti ma anche effetti da annettere a quei fatti e, per questo, si dice che è il motore degli effetti³⁷⁸. Gli effetti giuridici costituiscono sempre il risultato di una valutazione fatta dalla norma, laddove valutare significa assumere un fatto nella prospettiva di apprezzamento e attribuirgli un certo connotato.

La fattispecie, pertanto, ha una funzione determinativa e selettiva al tempo stesso. Mentre la funzione selettiva ha ad oggetto la rilevanza dei fatti, la funzione determinativa riguarda la produzione degli effetti.

Calando in termini concreti le nozioni di teoria generale esposte finora, si può rilevare che l'art. 8-ter, comma 2 svolge una funzione selettiva, nel senso che il legislatore ha previsto tale fattispecie con l'intento di dare rilevanza giuridica al fenomeno *smart contract*.

Pertanto, l'introduzione della normativa in esame ha reso sterili tutte le speculazioni relative alla rilevanza giuridica dello *smart contract*. Infatti, si deve ricordare che il fatto nasce neutro e la sua giuridicità è un portato della norma.

Inoltre, sempre con riferimento alla rilevanza interna della fattispecie in esame, si deve mettere in luce che il legislatore, ha fatto riferimento esclusivamente al programma per elaboratore «che opera su tecnologie basate su registri distribuiti». Sono, quindi, esclusi dall'ambito di applicazione i contratti algoritmi o cibernetici che, come è stato osservato, non girano su *DLT*.

Infine, svolgendo un ulteriore passaggio concernente il piano degli effetti della norma, si può affermare, anche sulla scorta delle argomentazioni esposte nei due paragrafi precedenti, che il risultato del giudizio valutativo contenuto nell'art. 8-ter,

³⁷⁷ Si veda AA. VV., *Dieci lezioni introduttive a un corso di diritto privato, Lezione n. 3 – La fattispecie*, cit., pp. 70 ss.

³⁷⁸ Si veda AA. VV., *Dieci lezioni introduttive a un corso di diritto privato, Lezione n. 5 – L'effetto*, cit., pp. 126 ss.

comma 2, che attribuisce determinati connotati allo *smart contract* (in termini di effetti), è lo stesso risultato del giudizio valutativo contenuto nell'art. 1321 c.c.

In conclusione, lo *smart contract* a cui il legislatore ha voluto dare rilevanza giuridica è quello che rappresenta un accordo contrattuale.

2.3. La sineddoche “*smart contract*”

Tirando le somme di quanto esaminato nei tre paragrafi precedenti, si può ragionevolmente affermare che l'esecuzione dello *smart contract* che opera su tecnologie basate su registri distribuiti può produrre gli stessi effetti che la legge riconduce all'accordo delle parti di cui all'art. 1321 c.c., ossia far sorgere un rapporto obbligatorio patrimoniale tra le parti *ex art.* 1173 c.c., il cui oggetto è predeterminato dalle stesse sotto forma di codice.

La tecnologia che permette a stringhe di codice di autoeseguirsi sulle *DLT* secondo la logica computazionale “*if this-then that*” non sono così tanto “smart” da rivoluzionare completamente i tradizionali rapporti di scambio e, quindi, da impedire il giudizio di sussunzione del fatto storico alla fattispecie dell'art. 1321 c.c.

Infatti, se l'esecuzione dello *smart contract* – ossia la verifica dell'evento “*if this*” che permette al programma informatico di eseguire le istruzioni predisposte dalla comune volontà delle parti – produce l'effetto di far sorgere un vincolo giuridico di carattere patrimoniale (“*then that*”), rileva come negozio giuridico bilaterale a contenuto patrimoniale (contratto), ossia come conforme alla disposizione di cui all'art. 1321 c.c. (in termini di teoria generale, si parla di rilevanza esterna del fatto).

Pertanto, al giudizio di sussunzione del fatto storico “esecuzione dello *smart contract*” alla fattispecie dell'art. 1321 c.c. consegue l'applicabilità, al rapporto tra le parti dello *smart contract*, del modello di condotta previsto dalle norme dettate in materia di contratto (requisiti soggettivi e oggettivi, regime di responsabilità e rimedi).

Inoltre, la conformità del fatto storico “esecuzione dello *smart contract*” alla norma giuridica sul contratto non può essere esclusa solo perché viene in rilievo uno strumento “smart”, in cui la tecnologia prevale sul comportamento umano.

In altri termini, quando un incontro di due volontà dà vita ad uno *smart contract* (o *smart legal contract*, secondo taluno), che ha le caratteristiche descritte nell'art. 8-ter,

comma 2 d.l. 135/2018 ed è idoneo a dar vita ad un vincolo giuridico di carattere patrimoniale, è qualificato come contratto e gli si applica la relativa disciplina.

Pertanto, si può affermare che il termine “*smart contract*” sia una sineddoche, in quanto si riferisce: a strumenti informatici meramente esecutivi di operazioni del tutto irrilevanti sul piano giuridico; a programmi per elaboratore meramente esecutivi di accordi conclusi *off-chain*; a programmi per elaboratore conclusi ed eseguiti su *DLT* (ex art. 8-ter, comma 2), che, opportunamente programmati, producono degli effetti diretti a modificare, creare o estinguere un rapporto giuridico suscettibile di valutazione economica (art. 1321 c.c.), tanto nel mondo digitale quanto, per il tramite di opportuni collegamenti tecnici, nel mondo reale.

Che poi questi ultimi accordi possano essere considerati validi è una questione diversa, su cui ci si è soffermati nel precedente Capitolo.

2.4. Non tutti gli accordi giuridicamente rilevanti possono essere declinati in *smart contract*

La conclusione a cui si è giunti nel paragrafo precedente è che lo *smart contract* può essere un accordo contrattuale redatto e attuato attraverso un codice informatico operante su una *DLT*. Tale accordo implica la creazione di obblighi giuridici per le parti. Una volta che l'accordo è codificato e attivato, gli algoritmi garantiscono l'esecuzione delle promesse.

Occorre, tuttavia, mettere in evidenza che, al momento, lo strumento *smart contract* certamente non è in grado di costituire un valido sostituto per alcuni tipi di rapporti contrattuali, come quelli piuttosto complessi dal punto di vista delle obbligazioni ad essi sottese o quelli di lunga durata, tuttavia, può essere un sostituto particolarmente efficiente di relazioni negoziali semplici e standardizzate.

Ma non solo. Vi sono una serie di clausole contrattuali non programmabili ed non eseguibili attraverso il codice informatico, in quanto ambigue o interpretabili, come ad esempio correttezza e buona fede, diligenza, ecc.³⁷⁹.

³⁷⁹ M. GIULIANO, *La Blockchain e gli smart contracts nell'innovazione del diritto nel terzo millennio*, cit., p. 1027; M. GIANCASPRO, *Is a 'smart contract' really a smart idea? Insights from a legal perspective*, cit., p. 832; E. MIK, *Smart contracts: Terminology, technical limitations and real world complexity*, cit., p. 292; E. TJONG TJIN TAI, *“Formalizing contract law for smart contracts”*, cit.; ID., *Force Majeure and Excuses in Smart Contracts*, Tilburg

Ancora, un codice informatico non terrà conto delle norme la cui violazione comporta la nullità, a meno che non venga istruito in tal senso. Al contrario, il suo sistema si basa sulle sue stesse regole ed esegue l'accordo solo secondo la configurazione dei suoi algoritmi, a prescindere dalle norme giuridiche.

Pertanto, in ipotesi in cui sono violate norme imperative o sussistono altre cause di nullità e, quindi, lo *smart contract* integra un fenomeno giuridico che l'ordinamento qualifica in termini negativi, si renderà necessario il successivo ricorso alla tutela giurisdizionale (o a rimedi ad essa equiparati negli effetti)³⁸⁰.

3. La legge applicabile agli *smart contracts*. È necessaria una normativa *ad hoc*?

Fornita una risposta affermativa al quesito relativo alla riconducibilità di uno *smart contract* che gira su *DLT* alla fattispecie contrattuale *ex art. 1321 c.c.*, è fondamentale adesso affrontare la questione dell'incertezza relativa alla loro disciplina.

Non sarebbe errato osservare che inquadrato il fenomeno *smart contract* come contratto, ciò significa anche applicare allo stesso la relativa normativa.

Tuttavia, non è sempre semplice applicare la normativa dedicata al contratto tradizionale ad uno strumento tecnologico così complesso ed eterogeneo, come si è avuto modo di vedere nel Capitolo Quarto.

Proprio per questo motivo, l'emanazione di discipline specifiche potrebbe rivelarsi utile non per travolgere il diritto dei contratti, ma per renderlo meno distonico con la nuova realtà disciplinata rispetto a quanto lo fosse prima.

La centralità e la rilevanza della questione hanno dato la stura ad un intenso dibattito, relativo all'opportunità di introdurre normative *ad hoc* e alle modalità e tempistiche di un tale intervento, che ha visto coinvolti studiosi nazionali, stranieri e le Istituzioni e i

Private Law Working Paper Series, cit.; ID., *Challenges of Smart Contracts: Implementing Excuses*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 80 ss. In particolare, quest'ultimo autore nei suoi scritti propone un metodo per formalizzare il diritto dei contratti, al fine di renderlo il più possibile adatto all'incorporazione negli *smart contract*. L'A. qualifica il diritto dei contratti come un insieme di regole per risolvere le controversie, che protegge al contempo gli interessi delle parti., e osserva che la formalizzazione dello stesso è complicata da diverse questioni che derivano dalle aspettative dei non addetti ai lavori riguardo agli *smart contract*.

³⁸⁰ In questi termini, si esprime A. STAZI, *Automazione contrattuale e "contratti intelligenti"*, cit., p. 122.

gruppi di studio di cui si è fatta menzione nel Capitolo Terzo. Tuttavia, tale dibattito è sfociato in orientamenti contrastanti.

Secondo taluno, l'approccio più efficiente è quello della *self regulation* ad opera degli operatori del mercato che utilizzano gli *smart contracts*, data la conoscenza diretta del fenomeno che questi hanno, diversamente del legislatore. Poi ci sono orientamenti dottrinali che si ostinano a promuovere una regolazione "dall'alto" del fenomeno *smart contract*, a cui si contrappongono approcci più attendisti³⁸¹.

Le critiche a questo approccio attendista, volto perlopiù ad estendere i principi tradizionali e le norme esistenti del diritto contrattuale, si possono sintetizzare in una espressione (tratta dalla Bibbia) utilizzata in senso metaforico da uno studioso: «*no one puts new wine into old wineskins*»³⁸², che, tradotto in italiano, significa «nessuno mette vino nuovo in otri vecchi».

Qualcuno³⁸³, in particolare, osserva che ricondurre lo *smart contract* all'accordo contrattuale tradizionale e continuare ad applicare il diritto contrattuale esistente, ritenendo inutile l'introduzione di nuove discipline, abbia quale effetto – volontario o intenzionale – quello di sminuire l'importanza di queste tecnologie e oscurare il loro potenziale di trasformazione del mercato.

Si condanna, pertanto, l'applicazione della disciplina tradizionale sul contratto allo *smart contract*, ritenendolo un approccio incompleto che oblitera il loro pieno potenziale, in quanto la circostanza che le tecnologie innovative, come gli *smart contracts*, siano suscettibili di apportare benefici potenziali ma significativi alle imprese e ai mercati, rende auspicabile che gli ordinamenti creino un ambiente favorevole all'utilizzo delle stesse.

³⁸¹ I tra approcci sono efficacemente sintetizzati da M. DUROVIC, *What are smart contracts? An attempt at demystification*, in *Digital Technologies and the Law of Obligations*, cit., (e-book), in questi termini: «The approach towards smart contracts also includes three policy options from the perspective of contract law: Keeping contract law as it is – traditional contract law is sufficient and adequate to address smart contracts, so no changes are needed. Revising contract law – the existing contract law needs to be modified and adapted to address challenges brought by smart contracts. Contract law will become redundant – this is in line with the principle 'code as law', in the sense that code (software) is replacing the law».

Sul tema si veda anche M. MAUGERI, *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, cit., pp. 91 ss.

³⁸² In questo senso si è espresso L.M. TSHIBENDE, *Smart Contracts: Issues of Property and Security Rights*, cit., p. 240. La citazione del passo biblico è St Matthew, Chapter 9: 16–17, in *The Bible* (King James Version).

³⁸³ Questo è l'approccio suggerito da M. FENWICK, E.P. VERMEULEN, *The Historical Significance of Blockchain and Smart Contracts*, cit., pp. 161 ss.

I sostenitori di questa tesi “interventista” auspicano, infatti, nell’assunzione di un ruolo attivo da parte del governo, in particolare del ramo legislativo, quale promotore e facilitatore delle nuove tecnologie, mediante l’introduzione di basi giuridiche adeguate.

Infatti, si ritiene che la sussistenza all’interno dell’ordinamento di normative favorevoli agli *smart contracts* possa offrire un vantaggio competitivo, in quanto incoraggia modelli di *business* innovativi basati sugli stessi e ne evita, al contempo, utilizzi abusivi³⁸⁴.

L’ultimo argomento che questo orientamento adduce a favore dell’intervento normativo, che costituisce il punto di maggiore rottura con l’approccio attendista, è quello relativo alle tempistiche dell’intervento. Infatti, si ritiene che la legislazione *ad hoc* debba essere emanata immediatamente nella fase iniziale dell’innovazione, affinché gli operatori del mercato possano immediatamente beneficiare della certezza che la regolamentazione può fornire³⁸⁵.

Sulla base di queste argomentazioni, si suggerisce l’approccio dell’intervento normativo, meglio se sovranazionale, mediante l’introduzione di nuove norme, al rispetto delle quali subordinare la validità degli *smart contract*, o la previsione di deroghe specifiche a quelle esistenti (ad esempio, per scopi di protezione dei consumatori).

Questa spinta all’innovazione legislativa è finalizzata ad escludere che il parametro di giudizio sulla compatibilità dello *smart contract* con l’ordinamento sia costituito dal diritto dei contratti esistente, la cui applicazione è ritenuta inadeguata ad incentivare le diverse funzioni che gli *smart contract* potrebbero svolgere in diversi campi dell’economia e del diritto.

Le prospettate opportunità si sostanzierebbero in una maggiore efficienza degli scambi commerciali, in un impulso all’aggiornamento del diritto contrattuale

³⁸⁴ A. SAVELYEV, *Contract Law 2.0: «Smart» Contracts As the Beginning of the End of Classic Contract Law*, cit., pp. 133-134.

³⁸⁵ In questo senso si esprimono H. HALABURDA, N. LEVINA, S. MIN, *Understanding Smart Contracts as a New Option in Transaction Cost Economics Completed Research Paper*, cit., p. 10, secondo i quali leggi ben concepite sono in grado di promuovere l’utilizzo degli *smart contracts* e di indurre e sostenere le aziende che cercano di impiegarli in maniera conforme alla legge.

esistente³⁸⁶ e, volendo spingersi leggermente oltre quello che è il fulcro di questa ricerca, in una evoluzione del diritto di proprietà (se solo si pensa agli *asset* digitali, quali *token* e criptovalute).

Tuttavia, all'interno dell'orientamento che sostiene la necessità di un intervento normativo non c'è unanimità di vedute, con riferimento alle modalità e alle tempistiche dell'auspicato intervento. Secondo taluno è necessario un approccio normativo a livello sovranazionale, visto che si tratta di regolare un fenomeno che, per sua natura, è proiettato a superare i confini tra gli stati³⁸⁷.

Inoltre, le iniziative finalizzate ad un intervento normativo sono ancora in fase embrionale.

3.1. Lo *smart contract* come strumento che avvicina i contraenti al *soft law*

Dopo aver analizzato l'orientamento che ritiene necessario un intervento legislativo, si propone un ulteriore approccio che si pone a metà strada tra la *self regulation* e l'introduzione di strumenti di regolazione.

Questo parte dal presupposto che gli accordi, anche se si basano sull'utilizzo di *smart contract*, sono essenzialmente istituzioni sociali, non prodotti da un'autorità centrale ma risultati dell'esercizio libero e decentralizzato dell'autonomia individuale. Inoltre, se a ciò si aggiunge la caratteristica dell'esecuzione automatica degli *smart contracts*, si comprende il fenomeno generale dell'incremento delle regole e delle istituzioni private.

Attenzione, queste considerazioni non vogliono assolutamente avallare tendenze proiettate ad un impiego ridotto del diritto statale, determinandone una graduale perdita di rilevanza.

³⁸⁶ In questo senso si esprimono M. DUROVIC, A. JANSSEN, *The Formation of Smart Contracts and Beyond: Shaking the Fundamentals of Contract Law?*, cit., p. 27, i quali gli *smart contracts* possono essere visti come una cartina di tornasole per il diritto dei contratti e come una opportunità per riflettere se sia ancora adatto alle sfide del ventunesimo secolo.

³⁸⁷ In questo senso si è espresso L.M. TSHIBENDE, *Smart Contracts: Issues of Property and Security Rights*, cit., p. 250.

Infatti, sarebbe errato ritenere che, grazie a strumenti come lo *smart contract*, la tecnologia emerga quale strumento di regolazione degli interessi delle parti e venga, pertanto, considerata alternativa al diritto contrattuale e/o all'intervento giudiziario. Espressione di questa tendenza è la riproposizione dell'adagio "*Code is law*". Proposto in dottrina a partire dagli anni Novanta del secolo scorso, oggi ha trovato nuovo vigore, in quanto si ritiene che l'emersione di tecnologie, come gli *smart contract*, rendano possibile la realizzazione dell'idea sottesa alla formula, ossia la sostituzione della regolamentazione statale con l'autoregolamentazione mediante codici informatici.

Tuttavia, per quanto affascinante possa apparire questa tesi, la tecnica non può certamente obliterare l'applicazione del diritto.

Al contrario l'applicazione delle norme è necessaria per conferire certezza, quella tipica della giuridicità alle transazioni, anche quando basate sugli *smart contracts*.

Una regolamentazione del fenomeno, infatti, non influirebbe negativamente sulla natura decentralizzata degli *smart contract*, al contrario sarebbe idonea a creare un sistema centralizzato per il loro riconoscimento e la loro applicazione.

Infatti, per un utilizzo su larga scala degli *smart contracts*, sarebbe auspicabile un'unificazione delle normative applicabili, a livello transfrontaliero, per dar vita a standard comuni applicabili in tutti i Paesi.

Tuttavia, gli Stati, al momento, non sembrerebbero pronti ad emanare discipline comuni sugli *smart contracts*, come si ricava dalle norme introdotte dai diversi legislatori nazionali, che sono meramente definitorie e, talvolta, connotate da aspetti controversi.

Pertanto, quello che si propone è l'elaborazione di modelli di normative di *soft law*, finalizzate ad essere applicate agli *smart contract*, su scelta delle parti (*opt-in*).

In altri termini, sarebbe auspicabile che gruppi di studio, a livello europeo o internazionale, dessero vita ad un insieme di norme modello sugli *smart contract*, come i *PECL*³⁸⁸, i *Principi Unidroit*³⁸⁹ o la *CISG*³⁹⁰, idonee a fondare le decisioni dei giudici, nel dirimere le controversie delle parti.

³⁸⁸ I Principi di diritto europeo dei contratti sono il risultato del lavoro della Commissione europea di diritto dei contratti, costituita e presieduta da Ole Lando. Si tratta di un progetto di codice europeo del

Infatti, grazie all'elaborazione di questi strumenti di *soft law* si potrebbe raggiungere un duplice scopo.

In primo luogo, uno strumento di regolazione congiunto, a livello europeo o internazionale, costituito da un insieme di norme applicabili agli *smart contract*, risponderebbe a quelle esigenze di certezza, postulate da parte della dottrina e, talvolta, dagli operatori del mercato.

Al contempo, trattandosi di uno strumento di *soft-law*, le parti che impiegano uno *smart contract* nelle loro relazioni di scambio sarebbero libere di scegliere se fare o meno riferimento alle norme modello. In caso negativo, lo *smart contract* sarebbe regolato dal diritto nazionale, in particolare, dalla disciplina sul contratto, in linea con quanto si dirà nei paragrafi successivi.

Infine, si può mettere in luce che questa esigenza è stata avvertita dall'Istituto UNIDROIT³⁹¹ e dall'UNCITRAL³⁹², i quali hanno dato vita ad un gruppo di lavoro comune³⁹³ (nel 2019³⁹⁴ e nel 2020³⁹⁵) sugli *smart contracts* per elaborare una tassonomia

contratto e dell'obbligazione, che intende apprestare una disciplina comune ai cittadini europei, equidistante da ciascuna delle parti di un contratto, quale che sia il loro ordinamento di origine. Non si tratta di un testo normativo imposto da un potere legislativo, essi sono affidati alla scelta di parti che, nell'esercizio della loro autonomia, intendano trarne la disciplina del loro rapporto.

³⁸⁹ Questa raccolta di principi del diritto del commercio internazionale è stata elaborata in seno all'UNIDROIT. La prima edizione dei Principi è risalente al 1994, è seguita una seconda edizione nel 2004 e nel 2010 una terza

I redattori dei Principi hanno perseguito l'ambizioso obiettivo di raccogliere in un unico testo scritto una disciplina organica dei contratti in generale, pensata e rivolta agli scambi commerciali internazionali e dunque slegata dai particolarismi giuridici dei singoli ordinamenti nazionali. Per ciascun aspetto, è stata adottata la soluzione che nella prassi del commercio o nelle realtà dei diversi ordinamenti giuridici è parsa essere la più convincente per disciplinare gli aspetti comuni ai contratti commerciali internazionali.

³⁹⁰ La Convenzione sui contratti per la vendita internazionale di beni mobili (*Convention on Contracts for the International Sale of Goods*) è un trattato internazionale adottato nell'ambito delle Nazioni Unite, e, in particolare, preparato dalla Commissione delle Nazioni Unite per il diritto commerciale internazionale, che disciplina i contratti di vendita di beni mobili stipulati da parti che risiedono in Stati diversi.

³⁹¹ L'UNIDROIT (*Institut international pour l'unification du droit privé* o Istituto internazionale per l'unificazione del diritto privato), è un'organizzazione internazionale che persegue l'armonizzazione del diritto internazionale privato.

³⁹² L'UNCITRAL (*United Nations Commission on International Trade Law* o Commissione delle Nazioni Unite per il diritto commerciale internazionale) è stata creata con risoluzione 2205(XXI) il 17 dicembre 1966 dall'Assemblea generale delle Nazioni Unite al fine di promuovere la progressiva armonizzazione e unificazione del diritto commerciale internazionale.

³⁹³ La descrizione dei *workshops* si trova al seguente link: <https://www.unidroit.org/law-technology/>.

³⁹⁴ *Joint UNCITRAL/UNIDROIT Workshop Rome, Seat UNIDROIT 6 and 7 May 2019, Summary of the Discussion and Conclusions*, in <https://www.unidroit.org/english/news/2019/190506-unidroit-uncitral-workshop/conclusions-e.pdf>, il cui oggetto di indagine è «legal issues arising from the use of smart contracts, artificial intelligence (AI) and distributed ledger technology (DLT)».

giuridica. L'esito dei due incontri ha condotto il Consiglio direttivo dell'*UNIDROIT* ad approvare, a settembre 2020, il progetto per il Programma di lavoro triennale 2020-2022, definito progetto ad alta priorità, che mira a fornire una guida legislativa e a sviluppare principi relativi alla natura giuridica e all'utilizzo delle nuove tecnologie, in cui sono compresi gli *smart contracts*³⁹⁶.

3.2. L'estensione della disciplina del contratto

Da ultimo occorre analizzare l'approccio definito del "*wait and see*", che consiste nel monitorare gli sviluppi degli *smart contracts* senza intervenire, continuando, nelle more, ad applicare il diritto esistente³⁹⁷.

Questo sembra essere l'approccio adottato finora nel nostro ordinamento, poiché la norma definitiva introdotta dal legislatore italiano più volte menzionata (art. 8-ter, comma 2 D.L. 135/2018) non può ritenersi un vero e proprio intervento regolatorio (per quanto si è osservato nel Capitolo Terzo, a cui, in questa sede, si rinvia).

Uno dei principali argomenti a sostegno dell'approccio attendista³⁹⁸ è quello secondo cui, nell'affrontare qualunque innovazione, tecnologica o di altra natura, il giurista dovrebbe sempre muovere da un principio generale di libertà (o *presumption of liberty*)³⁹⁹. Questo principio, nell'orientare l'interpretazione del diritto esistente, dovrebbe dissuadere dall'idea che sia sempre necessario un intervento normativo o regolatorio per consentire la legittima operatività di fenomeni che dovrebbero essere, invece, già di per sé perfettamente leciti, salvo eventuali norme contrarie.

³⁹⁵ *United Nations Commission on International Trade Law* Fifty-third session New York, 6–17 July 2020, *Exploratory work on legal issues related to the digital economy – reports of events*, in <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/LTD/V20/025/69/PDF/V2002569.pdf?OpenElement>.

³⁹⁶ Tutti i documenti si trovano al link: <https://www.unidroit.org/work-in-progress/digital-assets-and-private-law/#1456405893720-a55ec26a-b30a>.

³⁹⁷ Questa tesi è accolta, in particolare, da M. DUROVIC, *What are smart contracts? An attempt at demystification*, in *Digital Technologies and the Law of Obligations*, cit., (e-book).

³⁹⁸ In questi termini si vedano R. PARDOLESI, A. DAVOLA, «*Smart contract*»: *lusinghe ed equivoci dell'innovazione purchase*, cit., p. 206; R. DE CARIA, *Blockchain e smart contract: questioni giuridiche e risposte regolatorie tra diritto pubblico e privato dell'economia*, in Aa. Vv. *Blockchain e Smart Contract*, a cura di Giordano e Battaglini, Milano, 2019, pp. 219 ss.

³⁹⁹ Si vedano sul tema: SIR J. LAWS, *The Rule of Law: The Presumption of Liberty and Justice*, in *Judicial Review*, 22, 4, 2017, p. 365; R.E. BARNETT, *Restoring the Lost Constitution: The Presumption of Liberty*, Princeton, 2003.

Inoltre, si ritiene che gli *smart contracts* non siano idonei a mettere in discussione la disciplina tradizionale del contratto⁴⁰⁰, come pure sostenuto in questo scritto in qualche paragrafo addietro.

È vero che ci sono delle caratteristiche dello “*smart contracting*” che fanno sorgere delle criticità nell’applicazione del diritto contrattuale tradizionale, come si è avuto modo di notare nel Capitolo Quarto. Infatti, la natura rigida e auto-applicativa degli *smart contracts* è in conflitto con il concetto di contratti flessibili ed eseguiti dalle parti. Inoltre, è difficile allineare l’“autotutela” automatizzata fornita *ex ante* degli *smart contracts* con i rimedi tradizionali del diritto contrattuale che intervengono *ex post* e richiedono, di regola, un ricorso giurisdizionale. Un ulteriore punto di criticità si rinviene nel fatto che gli *smart contracts* si sostanziano in codici informatici, mentre i contratti tradizionali sono redatti sul linguaggio naturale, comprensibile dalle parti ed eventualmente dal giudice. Infine, lo *smart contract* mette in discussione anche alcune tutele proprie del diritto dei consumatori, come il diritto di recesso del consumatore dal contratto.

Tuttavia, queste tensioni tra gli *smart contracts* e il diritto dei contratti, non escludono l’applicazione di quest’ultimo.

Alla luce di tali considerazioni, dunque, sembrerebbe opportuno rifuggire da tutte quelle tesi che insistono sull’esistenza di un peculiare “diritto cibernetico”, in cui “*code is law*”⁴⁰¹.

L’approccio più corretto sembrerebbe quello di continuare ad applicare la disciplina dei contratti, almeno fino a quando non ci saranno le basi tecniche e sociali per introdurre una normativa *ad hoc*. Questo approccio evita che l’innovazione *smart contract* sia depotenziata o compressa, ad opera di nuovi interventi regolatori affrettati, e, al contempo, garantisce che il fenomeno non resti privo di qualsivoglia disciplina.

⁴⁰⁰ Questo è vero almeno finché gli algoritmi vengono impiegati esclusivamente come semplici strumenti e non come “agenti artificiali” che non solo eseguono ma concludono contratti, ma non è il caso degli *smart contracts*, come si è osservato nel Capitolo Primo.

⁴⁰¹ Come efficacemente osserva A. STAZI, *Automazione contrattuale e “contratti intelligenti”*, cit., p. 119, secondo il quale, anche se «il codice informatico di uno *smart contract* possa essere considerato una sorta di regolazione *sui generis*, in quanto le sue regole operative ricordano nei loro effetti quelle giuridiche, il diritto ed il codice formano sistemi diversi, che si evolvono autonomamente in termini di normatività e logica, regolando il primo i rapporti sociali e l’altro un sistema informatico».

Centrale, pertanto, è il ruolo del giurista che non si deve snaturare di fronte alla tecnica, ma deve applicare la disciplina contrattuale se, nell'esaminare lo *smart contract* del caso concreto, ravvisa che sia sussumibile alla fattispecie di cui all'art. 1321 c.c. In questo caso, il procedimento ermeneutico costituisce lo strumento fondamentale per coordinare armonicamente le norme esistenti con le regole tecniche, in modo tale da valorizzarne le rispettive peculiarità.

4. Tentativi di ricondurre il concreto *smart contract* alle fattispecie normative esistenti

Dopo aver trattato il tema relativo alla disciplina applicabile allo *smart contract* e aver espresso la preferenza per un approccio *wait and see*, con applicabilità nelle more del diritto esistente, occorre analizzare all'interno di quali fattispecie si può sussumere il fenomeno *smart contract* per come si presenta nel caso concreto.

Questa indagine richiede un duplice passaggio.

In primo luogo, lo *smart contract* deve presentare gli elementi descritti all'art. 8-ter, comma 2 D.L. 135/2018.

Tuttavia, questa disposizione introdotta dal legislatore nazionale fornisce la definizione di *smart contract*, ne determina gli effetti e prevede i requisiti al ricorrere dei quali allo stesso possa riconoscersi la forma scritta, ma non dice nulla con riferimento alla disciplina applicabile.

Per questo motivo, si rende necessario un secondo passaggio, in cui l'interprete sceglie, nell'ambito della disciplina contrattuale, le norme da applicare, in base alle caratteristiche strutturali e funzionali dello *smart contract* del caso concreto.

L'indagine è di tutto rilievo, considerato che se è vero che l'esecuzione in senso stretto dello *smart contract* è garantita dal sistema di *blockchain* e non risponde a particolari requisiti di legittimità, bisogna tenere a mente che la coercizione e la validità legale dello stesso, invece, sono strettamente legate alla natura riconosciutagli all'interno del contesto normativo in cui viene inquadrato⁴⁰².

Pertanto, nei paragrafi successivi si procederà alla verifica delle diverse possibilità che l'ordinamento giuridico ci offre per inserire lo *smart contract* del caso concreto

⁴⁰² In questo senso, L. PIATTI, *Dal Codice Civile al codice binario: blockchain e smart contracts*, cit., p. 335.

all'interno della cornice rappresentata dalla disciplina codicistica relativa ad obbligazioni e contratti.

In altri termini, si cerca di rileggere la realtà utilizzando il vocabolario giuridico.

4.1. Contratto necessariamente condizionato

La logica condizionale *if this-then that* che caratterizza lo *smart contract* ha indotto taluno, in dottrina, come si è già avuto modo di accennare, a ritenere che questo debba essere qualificato come contratto necessariamente condizionato⁴⁰³, in quanto il prodursi dei suoi effetti sarebbe sempre subordinato al verificarsi dell'evento dedotto nella condizione *if this*⁴⁰⁴. Tale orientamento porrebbe lo *smart contract* in antitesi con la disciplina generale del contratto, in cui la condizione integra un elemento accidentale per la sussistenza di un accordo giuridicamente qualificabile come contratto. Essa consiste in un evento futuro e incerto, dal quale le parti fanno dipendere la produzione di effetti del negozio a cui è apposta oppure l'eliminazione di effetti che il negozio ha già prodotto (artt. 1353 e ss. c.c.).

Secondo questa tesi, l'evento "*if this*" integra una condizione sospensiva dell'esecuzione del programma, ai sensi di quanto previsto dall'art. 1353 c.c.

⁴⁰³ D. FAUCEGLIA, *Il problema dell'integrazione dello smart contract*, cit., pp. 596 ss., in particolare, a p. 611, l'A. afferma che «l'elemento della condizione (art. 1353 c.c.) assume un duplice significato: esso indica sia la clausola condizionale e sia il "fatto condizionante". Alla condizione come fatto si riferisce proprio il codice quando all'art. 1353 c.c. parla di "avvenimento futuro e incerto" cui le parti possono subordinare l'efficacia o la risoluzione del contratto o del singolo patto».

⁴⁰⁴ Analizza *funditus* la declinazione dell'istituto condizionale negli *smart contracts*, G. MARCHETTI, *Lineamenti evolutivi della potestatività condizionale: dal contratto allo smart contract*, in *Rivista di diritto civile*, 1, 2022, pp. 121 ss. Nell'ambito di un'indagine più generale relativa alla condizione potestativa, l'A. si interroga (pp. 129 ss.) se e in che limiti tale istituto possa operare nell'ambito degli *smarts contract* e, ribaltando la domanda, se tali strumenti tecnologici siano idonei ad attuare una condizione potestativa. Con riferimento al primo quesito, ritiene ammissibile l'operatività di una condizione potestativa in cui l'evento dipendente dalla parte si sostanzia in un fatto oggettivamente verificabile, qualora lo *smart contract* sia dotato di un meccanismo che consenta all'oracolo esterno di accertare la volontà della parte dedotta in condizione e inviare il relativo *input*. Tuttavia, esclude la compatibilità della condizione risolutiva potestativa con lo *smart contract*, in quanto il primo è un istituto che «per sua natura distonico rispetto alla logica dell'automatizzazione dell'esecuzione del programma contrattuale, della modificabilità di questo e della indipendenza dalla volontà delle parti» propria del secondo.

Relativamente alla seconda questione, si mette in luce il rischio che lo *smart contract* finisca in concreto per dare attuazione a una condizione meramente potestativa vietata dall'art. 1355 c.c. Infatti, il limite intrinseco del linguaggio informatico impedisce di tradurre in istruzioni eseguibili le clausole generali come la buona fede che implicano valutazioni soggettive o l'applicazione di *standard*. Pertanto, l'assenza di qualsivoglia controllo circa la rispondenza a buona fede dell'esercizio del potere attribuito dalla clausola condizionale non impedisce al programma contenente una condizione meramente potestativa di avere esecuzione; ferma restando la possibilità di richiedere *ex post* l'intervento dell'autorità giudiziaria.

Tale qualificazione giuridica comporta l'applicazione della disciplina della condizione. Pertanto, taluno sostiene che le parti potrebbero concedersi anche il diritto potestativo di recesso, prevedendolo sotto forma (codificata) di una condizione risolutiva meramente potestativa, ammissibile *ex art. 1355 c.c.*⁴⁰⁵.

Questa tesi, tuttavia, non appare convincente e l'inquadramento giuridico dello *smart contract* che propone non appare condivisibile, in quanto confonde il piano giuridico con quello dell'informatica. Quello che, da punto di vista informatico, viene identificato come un elemento condizionale (*if this*), che innesca un processo causalmente orientato (*then*) ad un determinato effetto (*that*), corrisponde, dal punto di vista del diritto, alla integrazione della fattispecie (*if this-then that/se A*) da cui discendono determinati effetti legali (allora B).

Quindi, in termini di teoria generale, si tratterebbe di un fatto storico che ha rilevanza esterna, ossia sussumibile all'interno della fattispecie contrattuale, ma inefficace, per l'assenza di un elemento necessario (*if this*), in quanto non produce effetti per le parti prima della realizzazione dell'evento *if-this*. Sotto questo profilo, lo *smart contract* può ritenersi certamente assimilabile alla condizione, che è un elemento preclusivo dell'efficacia di un fatto storico rilevante rispetto alla fattispecie contrattuale.

Diverso però è qualificare lo *smart contract* come contratto necessariamente condizionato, in quanto ciò comporta l'errore di effettuare il giudizio di sussunzione del fatto storico "*smart contract*" rispetto alla fattispecie di contratto condizionato con la conseguente applicazione della relativa disciplina.

In sintesi, siamo sicuramente fuori dal perimetro della condizione perché l'evento non incide sugli effetti del contratto, bensì sull'esecuzione automatica (informatizzata) delle prestazioni oggetto dello *smart contract*.

Ciò non esclude, tuttavia, che le parti siano libere di dedurre condizione un fatto futuro e incerto, alla cui verifica condizionare la produzione degli effetti dello *smart contract*.

⁴⁰⁵ Taluni riconducono la condizione meramente potestativa risolutiva all'istituto del recesso, nei limiti della cui disciplina sarebbe ammissibile. Così S. MAIORCA, *Condizione*, in *Digesto disc. priv., Sez. civ.*, IV, Torino, 1988, p. 300.

4.2. Contratto reale

L'art. 8-ter, comma 2, nel definire lo *smart contract* prevede che la sua esecuzione vincola automaticamente due o più parti sulla base di effetti predefiniti dalle stesse.

Come già è stato rilevato, il termine «esecuzione» è foriero di dubbi e incertezze interpretative che si ripercuotono sull'inquadramento giuridico dello strumento *smart contract*.

Infatti, nonostante la maggior parte della dottrina che si è espressa sull'interpretazione di questa disposizione ha ritenuto che il termine debba essere inteso come riferito all'esecuzione sul piano informatico, ossia del *software* in cui si sostanzia lo *smart contract*, non vi è certezza su tale risultato esegetico.

Infatti, la fattispecie indica l'esecuzione dello *smart contract* quale presupposto necessario e sufficiente dell'effetto consistente nella creazione automatica del vincolo tra due o più parti.

La locuzione «esecuzione», pertanto, può significare come accennato, elaborazione delle istruzioni contenute nello *smart contract*, essendo quest'ultimo – nella sua accezione tecnica – un programma per elaboratore.

Tuttavia, se si legge il termine «esecuzione» con la lente del giurista e non con quella dell'informatico, il termine non può che richiamare alla mente l'esecuzione della prestazione oggetto dell'obbligazione.

Inoltre, l'esecuzione “informatica” e quella “giuridica” potrebbero realizzarsi in due momenti distinti e non coincidenti, dato che l'esecuzione in senso informatico di uno *smart contract* non comporta necessariamente l'esecuzione delle prestazioni oggetto dello stesso. Infatti, è possibile che nonostante lo *smart contract* sia stato attivato (*rectius*, al termine della programmazione il *software* è reso operativo) non si sia ancora realizzato l'evento “*if this*” in esso previsto, da cui discende l'esecuzione delle prestazioni (*then that*).

La ripercussione in termini qualificatori dell'incertezza ermeneutica si comprende se si ha riguardo alla nascita del vincolo contrattuale nella disciplina tradizionale, che coincide con l'avvenuta formazione del contratto.

La maggior parte dei contratti, c.d. consensuali, si formano col semplice consenso (accordo) delle parti, senza bisogno della consegna. Quest'ultima, invece, è necessaria

a far sorgere il vincolo nei contratti c.d. reali, il cui schema di formazione prevede che il contratto si conclude con il consenso seguito dalla consegna materiale della cosa (*traditio*).

Pertanto, poiché il legislatore collega la nascita del vincolo tra le parti all'«esecuzione», se questo termine viene inteso come attuazione della prestazione, lo *smart contract* dovrebbe essere inserito nell'ambito dei contratti reali⁴⁰⁶.

In quest'ottica, uno *smart contract*, nella sua accezione di programma per elaboratore, fino al momento in cui non siano eseguite le prestazioni in esso previste, non vincolerebbe le parti (art. 1372 c.c.), ma soprattutto non troverebbe ingresso nel mondo giuridico, in quanto il contratto, inteso in senso tradizionale, non si è ancora perfezionato.

Pertanto, non sarebbe neppure possibile esperire i rimedi a tutela del vincolo contrattuale, nel caso in cui il programma per elaboratore non abbia eseguito le prestazioni e, quindi, manchi l'elemento materiale della consegna (*datio*).

Questo problema rilevarebbe nell'ipotesi di un rapporto sinallagmatico, in cui una prestazione deve essere eseguita *on-chain* e una *off-chain*. Se la parte tenuta alla prestazione tramite *smart contract* non esegue la sua prestazione (perché, ad esempio, non dispone sul suo *wallet* delle risorse a ciò necessarie), il contratto non si forma, in quanto non viene attuato alcun trasferimento. Pertanto, la controparte che, confidente nello *smart contract*, abbia già eseguito la prestazione “nel mondo reale” non avrebbe accesso ai rimedi sinallagmatici, proprio perché il contratto non si è perfezionato.

Tuttavia, questa ricostruzione dello *smart contract* come contratto reale deve essere respinta, alla luce di un'interpretazione letterale del dato testuale, il quale conduce a ritenere l'«esecuzione» riferita al programma per elaboratore («la cui esecuzione»)⁴⁰⁷, non attribuendo alcun rilievo alla esecuzione, intesa come *traditio*, ai fini dell'automatica vincolatività e, quindi, per la formazione del contratto.

⁴⁰⁶ Così M. NICOTRA, *L'Italia prova a normare gli smart contract, ecco come: pro e contro*, cit.

⁴⁰⁷ Il pronome relativo «la cui», presente nel testo della norma, introducendo la proposizione dipendente, si mette in relazione all'antecedente della proposizione principale che è il «programma per elaboratore».

4.3. Adempimento e pagamento traslativo

Come è stato ripetuto più volte, gli *smart contracts* si basano sulla logica “*if this then that*”, pertanto, una volta soddisfatte le condizioni descritte nel codice si attivano automaticamente delle specifiche azioni che non possono essere interrotte.

Dunque, il codice e il contratto al quale esso si riferisce, può solo essere modificato o cancellato, secondo le istruzioni previste *ex ante* nel codice stesso.

Questa considerazione fa emergere la differenza che intercorre tra *smart contract* e contratti tradizionali, in cui la parte, nell’esercizio del suo libero arbitrio, ha la facoltà (non giuridica, ma di fatto) di scelta tra adempiere le obbligazioni dedotte nel contratto o rendersi inadempiente ed andare incontro alle relative conseguenze (ad esempio, sospensione della controprestazione, risoluzione per inadempimento, ecc.). Tale “facoltà di scelta” è totalmente esclusa nello *smart contract*, in cui l’adempimento della prestazione è □ automatizzato e subordinato unicamente al verificarsi di determinati eventi sottratti alla signoria delle parti.

Proprio da questa caratteristica deriva l’accostamento, fatto largamente in dottrina, tra lo *smart contract* e la c.d. *vending machine* (distributori automatici)⁴⁰⁸, in cui una volta innescato il processo, mediante l’inserimento del denaro e la digitazione del codice prodotto, l’adempimento (l’erogazione del prodotto) è □ automatico e irreversibile.

Gli *smart contracts*, infatti, a meno che non ci sia un errore nella programmazione, non possono rimanere inadempiti, in quanto la loro esecuzione è “resistente alle manomissioni” c.d. *tamper proof*⁴⁰⁹.

L’adempimento automatico di uno *smart contract* è □ in linea con le teorie non negoziali dell’adempimento⁴¹⁰, secondo cui è irrilevante l’*animus solvendi* per la produzione dell’effetto tipico consistente nell’attuazione della prestazione solutoria⁴¹¹. Quello che rileva a tal fine, infatti, è solo l’idoneità obiettiva della

⁴⁰⁸ Su questo tema si veda *retro* Capitolo Primo, paragrafo 4.1.

⁴⁰⁹ G. RINALDI, *Smart contract: meccanizzazione del contratto nel paradigma della blockchain*, in Aa. Vv. *Diritto e intelligenza artificiale*, a cura di Alpa, Pisa, 2020, p. 356.

⁴¹⁰ A. DI MAJO, *Dell’adempimento in generale. Art. 1177-1200*, in *Commentario del Codice Civile Scialoja-Branca*, a cura di Galgano, Bologna, 1994, p. 385; R. NICOLÒ, *Raccolta di scritti*, I, Milano, 1980, p. 568, 580; M. GIORGIANNI, *L’obbligazione*, 1, Milano, 1968, pp. 328-329; F. GAZZONI, *Manuale di diritto privato*, cit., p. 580.

⁴¹¹ Le tesi negoziali di derivazione tedesca della fine dell’800, si basano sul rilievo che se l’atto di adempimento non fosse sorretto da un *animus solvendi* rimarrebbe neutro e, dunque, potrebbe collegarsi a ragioni diverse del tutto svincolate dall’esistenza di una obbligazione. Queste costituiscono

prestazione eseguita ed il fatto che la prestazione è rivolta all'esterno nei confronti del creditore o di chi appare tale. Tale tesi è avvalorata dal fatto che l'adempimento, giuridicamente parlando, è un atto necessitato: il debitore deve adempiere e l'inadempimento è sanzionato con il risarcimento *ex art. 1218 c.c.*⁴¹².

Questa qualificazione dell'adempimento come atto giuridico in senso stretto – che necessita della volontà dell'atto ma non dell'effetto, producendosi quest'ultimo *ex lege*, con la corrispondenza della prestazione eseguita rispetto a quella dedotta in obbligazione – permette di far rientrare in questa fattispecie il caso in cui lo *smart contract* è il mezzo di esecuzione di un contratto tradizionale (Capitolo Secondo, paragrafo 3.2.).

Quindi, a tale categoria di *smart contract* sarebbe applicabile la disciplina dell'adempimento contenuta nel Capo II del Titolo I del Libro IV del Codice civile (artt. 1176 e ss. c.c.).

Tale qualificazione giuridica permette di superare, per questa tipologia di *smart contract*, il problema della capacità della parte, in quanto è irrilevante ogni tipo di incapacità, atteso che ciò che viene in evidenza è solo l'aspetto oggettivo del comportamento del debitore e dell'esattezza della prestazione.

Tuttavia, esistono delle eccezioni in cui l'adempimento si sostanzia in un negozio, come accade nell'ipotesi peculiare in cui l'adempimento si inserisce nell'ambito di un procedimento più ampio che necessita una pluralità di negozi, l'ultimo dei quali attua il progetto che è stato fissato a monte nel negozio programmatico. Ciò avviene, in particolare, con il negozio a monte e il pagamento traslativo. Si tratta del caso in cui l'autonomia negoziale decide di scindere tra *titulus acquirendi* e *modus acquirendi*, dando vita ad un negozio traslativo con causa esterna, che persegue lo scopo di adempiere ad un'obbligazione a monte⁴¹³.

il portato del “dogma della volontà”, secondo cui non sarebbe concepibile alcun effetto giuridico che non sia il frutto della libera volontà soggettiva.

⁴¹² Pertanto, l'adempimento si qualifica come atto dovuto, e si pone agli antipodi dell'atto negoziale, che è atto libero anche in termini giuridici.

Inoltre, a conferma della teoria non negoziale dell'adempimento si richiama anche il dato testuale; infatti, l'art. 1191 c.c. sancisce l'irrelevanza della capacità del debitore adempiente e, pertanto, è incompatibile con una struttura negoziale.

⁴¹³ A fronte del tradizionale orientamento negativo che ha caratterizzato i primi anni successivi all'entrata in vigore del codice del 1942, la dottrina oggi del tutto maggioritaria riconosce pacificamente l'ammissibilità del pagamento traslativo convenzionale.

La vicenda traslativa, in questo caso, è modellata sulla falsariga del prototipo austriaco e tedesco⁴¹⁴ e, in deroga al principio del consenso traslativo *ex art.* 1376 c.c.⁴¹⁵, disarticolata in due atti negoziali: un negozio contrattuale a monte, con cui le parti programmano il trasferimento della proprietà di un bene, e un negozio a valle dalla natura meramente solutoria.

Dunque, il pagamento traslativo è pagamento perché è atto solutorio senza causa propria ed è traslativo in quanto l'atto adempitivo non è una mera consegna (dare materiale), ma un negozio che trasferisce il diritto (dare traslativo).

Questa digressione è utile a fornire una soluzione relativamente all'esatto inquadramento dello *smart contract* quando è qualificabile come contratto *ex art.* 1321 c.c., aderendo a quelle tesi secondo cui il fattore di legittimazione di questa tecnica di costruzione del contratto è «l'accordo sulla tecnica, cioè sulla struttura peculiare che si vuole conferire al contratto che salva la natura negoziale del «prodotto» della tecnica stessa. Un contratto sul contratto»⁴¹⁶. Diversamente da quanto ritenuto dalla dottrina che ravvisa nello stesso *smart contract*, e in esso solo, l'accordo di due o più parti per costituire un rapporto giuridico patrimoniale⁴¹⁷.

Infatti, lo *smart contract* potrebbe rappresentare il risultato dell'esercizio del potere dell'autonomia privata delle parti di incidere sulla formazione del contratto e di derogare convenzionalmente al principio consensualistico, che permette di disarticolare la vicenda traslativa due distinti atti negoziali. In altri termini, il fenomeno *smart contract* si potrebbe qualificare come pagamento traslativo.

⁴¹⁴ Com'è noto, a differenza dell'impostazione romanistica che ammetteva la scissione tra *titulus adquirendi* e *modus adquirendi*, il nostro ordinamento prevede – alla luce del principio consensualistico di cui all'art. 1376 c.c. e in ossequio a ragioni di concentrazione – che il negozio sia al contempo titolo e modo di trasferimento della proprietà o di altro diritto reale. Pertanto, la vicenda traslativa è normalmente partorita in via unitaria e immediata con l'incontro di consensi.

⁴¹⁵ A differenza di quanto avviene nell'ordinamento francese, il principio consensualistico nel nostro sistema, non è principio imperativo di ordine pubblico e, come tale, può essere convenzionalmente derogato dalle parti. Si veda V. ROPPO, *Il contratto*, cit., p. 485.

⁴¹⁶ In questi termini si esprime A.M. BENEDETTI, *Contratto, algoritmi e diritto civile transnazionale: cinque questioni e due scenari*, cit., p. 416, che, tuttavia, propone un differente inquadramento giuridico: «*smart contract* può significare sia il sistema automatico-algoritmico cui si affida la vita di un contratto; sia l'accordo (configurativo, di tipo normativo) con cui le parti concordano di servirsene, considerando preferibili (conforme ai loro «interessi») le certezze dell'automatismo alle incertezze (o all'incalcolabilità, nella prospettiva irtiana) del rito contrattuale tradizionale». Pertanto, «il sintagma *smart contract* designa una struttura contrattuale (sulla falsariga di: contratti reali, contratti formali, contratti con effetti reali etc.) la cui natura risiede non nei contenuti ma in una particolare architettura del contratto (sia nella sua dimensione di atto che in quella di rapporto)».

⁴¹⁷ M. MAUGERI, *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, cit., p. 33.

Infatti, quando le parti utilizzano lo *smart contract*, la vicenda negoziale si manifesta in due distinti negozi: uno a monte, di natura programmatica, che decide il trasferimento del diritto mediante *smart contract* e ne contiene, pertanto, il titolo e uno a valle, lo *smart contract*, di natura solutoria che realizza il trasferimento programmato, adempiendo all'obbligazione di dare "giuridico" sorta con il negozio a monte.

4.4. Autotutela sinallagmatica

Abbandonando il piano strutturale, a cui sono stati dedicati i tre paragrafi precedenti, passiamo ad un'indagine funzionale. Pertanto, in questo paragrafo, si prendono in considerazione gli scopi perseguiti mediante l'utilizzo di uno *smart contract* per valutare se esiste, nella disciplina tradizionale del contratto, un istituto improntato ai medesimi fini, a cui lo *smart contract* può essere ragguagliato.

Come è stato ampiamente osservato, lo *smart contract* è volto ad assicurare, salvo la sussistenza di errori di programmazione, la certezza dell'esecuzione⁴¹⁸.

Questa certezza non connota, invece, i tradizionali rapporti negoziali, in cui l'adempimento è rimesso all'arbitrio del contraente (ferma la sua responsabilità *ex art.* 1218 c.c.).

Tuttavia, il nostro ordinamento, talvolta, offre alle parti alcuni strumenti che garantiscono l'adempimento della parte debitrice.

Infatti, le parti possono prevedere, in via negoziale, l'attivazione di strumenti di tutela del credito stragiudiziali, come, ad esempio, un contratto di garanzia a prima richiesta.

Sono previste poi alcune forme di autotutela, che sono eccezionali nel diritto privato, quindi, ammissibili soltanto nei casi e nelle forme tassativamente previste dalla legge⁴¹⁹. Si tratta di ipotesi in cui il legislatore ha ritenuto le ragioni di tutela del credito particolarmente forti, tali da giustificare una deroga al divieto di autotutela.

⁴¹⁸ Questa caratterizzazione funzionale, in base alla quale grazie allo *smart contract* «si eliminano sia il divario temporale fra le due prestazioni connesse, sia qualsiasi possibilità di volontario inadempimento delle parti», ha indotto A. CONTALDO, F. CAMPARA, *Blockchain, criptovalute, smart contract, industria 4.0. Registri digitali, accordi giuridici e nuove tecnologie*, cit., p. 36, a paragonare lo *smart contract* ad un deposito presso terzi, dove questo opererebbe come autonomo deposito di informazioni e valori di natura digitale.

⁴¹⁹ Per regola generale, l'ordinamento giuridico non permette ai singoli di farsi giustizia da sé; anzi, come è noto, la tutela arbitraria delle proprie ragioni costituisce reato (artt. 392 e 393 c.p.).

Queste sono: il diritto di ritenzione previsto dagli artt. 2756 e 2761 c.c., i recessi di autotutela, come quello di cui all'art 1385 c.c. in ambito di caparra confirmatoria, il potere di sospendere l'esecuzione in caso di mutamento delle condizioni patrimoniali di controparte *ex art. 1461 c.c.* e l'eccezione di inadempimento *ex art. 1460 c.c.*

Con particolare riferimento a quest'ultima, l'*exceptio inadimpleti contractus*⁴²⁰ si sostanzia nella facoltà concessa ad un contraente di rifiutare di eseguire la prestazione, se l'altra parte non adempie o non offre contemporaneamente di adempiere quanto da essa dovuto, secondo il brocardo *inadimplenti non est adimplendum*. Come è evidente, questa eccezione può utilmente operare solo a favore della parte che è tenuta ad eseguire la prestazione contemporaneamente o successivamente all'altra parte.

L'esame di questo mezzo di tutela lascia emergere le somiglianze con la dinamica funzionale propria dello *smart contract*.

Infatti, in tutte le ipotesi in cui uno *smart contract* è "istruito" affinché l'esecuzione di una prestazione (*then that*) sia subordinata alla previa o contestuale esecuzione dell'altra (*if this*), potrebbe essere qualificato come una variante, negoziata *ex ante*, dell'eccezione di inadempimento.

Ad esempio, lo *smart contract* (*rectius*, il *software*) può essere istruito nel senso che, accertata (se del caso, mediante un oracolo) la mancata consegna di un bene fisico o digitale (NO "*if this*", laddove "*if this*" corrisponde all'avvenuta consegna), non viene eseguita la controprestazione, ossia il trasferimento della somma prevista a titolo di corrispettivo (NO *then that*).

Tuttavia, possono cogliersi due differenze strutturali tra l'eccezione *ex art. 1460 c.c.* e lo *smart contract*.

La prima riguarda il momento in cui la parte manifesta la volontà di "reagire" all'inadempimento.

Infatti, tale manifestazione di volontà è successiva al verificarsi dell'inadempimento nella fattispecie prevista dall'art. 1460 c.c., mentre la logica dell'algoritmo «*if this-then that*» rende necessaria la previsione dell'operatività del meccanismo di tutela in esame al momento della stipula, quando l'inadempimento è solo eventuale.

⁴²⁰ BIGLIAZZI GERI, *Risoluzione per inadempimento*, in *Commentario del Codice Civile Scialoja-Branca*, a cura di Galgano, Libro quarto, *Delle obbligazioni (art. 1460-1462)*, 2, Bologna-Roma, 1988, sub *art. 1460*.

Inoltre, lo *smart contract* non subisce il limite della «buona fede» espressamente previsto dall'art. 1460, comma 2 c.c. Infatti, la mera previsione nel codice di reagire all'altrui inadempimento, con la non esecuzione della prestazione a proprio carico, è sufficiente per l'operatività del meccanismo all'interno del *software*.

Un controllo giudiziale sulla non contrarietà alla buona fede del meccanismo messo in atto con lo *smart contract* potrà essere effettuato solo a valle dell'esecuzione dello *smart contract*, ossia quando gli effetti dallo stesso prodotti sono ormai esauriti.

Dunque, la scrittura delle clausole contrattuali sotto forma di codice informatico le rende *self-executing* e, conseguentemente, non solo è ridotto il rischio di inadempimento ma è anche spostato in avanti il momento del ricorso alla tutela giudiziale. Infatti, l'intervento del giudice, volto a vagliare le condizioni di validità dei termini contrattuali sottesi allo *smart contract* o l'eventuale presenza di errori di sistema nell'esecuzione informatica o di programmazione, è possibile solo a seguito dell'esecuzione dello *smart contract*.

5. Il giudice al cospetto degli *smart contracts* e gli strumenti di tutela alternativi

In questo paragrafo conclusivo del presente lavoro, a valle delle molteplici considerazioni sulla disciplina applicabile agli *smart contracts*, giova trattare un tema a quest'ultimo connesso, ossia quello relativo alla tutela delle posizioni giuridiche originate dall'esecuzione dello *smart contract*, quando si presenta nella forma e nella sostanza di contratto vero e proprio.

È vero che più volte abbiamo osservato che lo *smart contract* può essere inquadrato come uno strumento di autotutela che in astratto garantisce l'esecuzione e, quindi, si potrebbe ipotizzare che non siano necessari strumenti di tutela a valle dello *smart contract*. Al contempo, tuttavia, trattando dei rimedi, nel capitolo precedente, abbiamo notato come nella pratica l'esito degli *smart contracts* può divergere dalle intenzioni delle parti⁴²¹.

⁴²¹ Le parti potrebbero prevedere tutti i possibili eventi le correlate conseguenze, attraverso plurimi schemi causali “*if-this, then that*”, ma è probabile che alcuni *smart contracts* non siano ben progettati, anche se ogni parte si sia impegnata in tal senso. Infatti, anche i sistemi sofisticati basati su *software* possono

Lo *smart contract*, infatti, non garantisce l'adempimento in concreto, in quanto si possono verificare ipotesi di difetti nella programmazione o nell'esecuzione del programma informatico o può accadere che il *wallet* (portafoglio elettronico) di una parte dello *smart contract* non abbia fondi sufficienti per eseguire la prestazione a cui essa è tenuta.

L'idea che gli *smart contracts* evitino del tutto il sorgere di controversie, infatti, è eccessivamente ottimistica, data la considerazione empirica per cui la corretta esecuzione del "codice" non sia sempre sovrapponibile alla corretta esecuzione del contratto. Pertanto, residua sempre un'area, per quanto limitata, di inadempimento o di ulteriori vizi funzionali o sinallagmatici che necessitano di un *enforcement* giudiziale o stragiudiziale⁴²².

In queste ipotesi, dunque, viene messa in crisi la funzione degli *smart contracts* di garantire l'esecuzione *ex-ante*.

Questo accade perché gli *smart contracts* coinvolgono soggetti del mondo reale, non agenti informatizzati, e, pertanto, è impossibile evitare del tutto che si verifichino vizi comuni ai contratti tradizionali⁴²³. Infatti, la possibilità dell'errore umano non può essere eliminata, finché gli esseri umani sono coinvolti nella programmazione degli *smart contracts* sulle DLT.

Per questi motivi, occorre analizzare quali sono le tutele esperibili da chi è pregiudicato da un evento patologico che colpisce lo *smart contract* (inteso sia quale *software* sia quale rapporto negoziale ad esso sotteso)⁴²⁴.

È opportuno, tuttavia, precisare, che le questioni relative alla giurisdizione e alla legge applicabile, nell'ipotesi in cui i soggetti che utilizzano lo *smart contract* risiedano in Stati diversi⁴²⁵, si pone al di fuori del perimetro di questa trattazione, ma si tratta

presentare errori e *bug*. Si stima che la piattaforma di *smart contract* Ethereum, al suo interno, abbia 100 errori ogni 1000 linee di codice.

⁴²² M. CLEMENT, *Smart Contracts and the Courts*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 285 ss.

⁴²³ In questo senso, M.A. GÓMEZ, *The chimera of smart contracts*, in *Research handbook on international commercial contracts*, a cura di Hutchison e Myburgh, Cheltenham, 2020, pp. 328 ss.

⁴²⁴ Si veda sul tema SPARANO R., *Smart contract e risoluzione delle controversie*, in Aa. Vv. *Il diritto di internet nell'era digitale*, a cura di Cassano e Previti, Milano, 2020, pp. 66a ss.

⁴²⁵ La tematica è affrontata da A. STAZI, *Automazione contrattuale e "contratti intelligenti"*, cit., pp. 136 ss.; C. PONCIBÒ, *Profili di legge applicabile e scelta del foro*, in Aa. Vv. *Blockchain e Smart Contract*, a cura di Giordano e Battaglini, Milano, 2019, pp. 347 ss.

certamente di aspetti non secondari per la vocazione transnazionale del fenomeno *smart contract*.

Brevemente, si può osservare che non appare particolarmente problematica l'applicazione delle norme di diritto internazionale privato⁴²⁶ e dei Regolamenti dell'UE⁴²⁷ che disciplinano questi aspetti. Piuttosto, si potrebbe discutere se i criteri di collegamento ivi previsti siano idonei ad essere adattati al fenomeno *smart contract*. Infatti, l'esecuzione automatizzata e la decentralizzazione che connotano gli *smart contracts* potrebbero rendere piuttosto difficile trovare un collegamento, per l'individuazione del foro competente o della legge applicabile, alla luce dei criteri forniti dalle normative menzionate.

Quale che sia il foro competente o la legge applicabile, quello che interessa analizzare in questa sede è la possibilità di fornire adeguata tutela (giudiziale o stragiudiziale) ai soggetti che utilizzano gli *smart contracts*.

In particolare, occorre verificare se vi sia la possibilità di azionare in giudizio uno *smart contract* e se lo strumentario attuale della classe giudiziaria renda i giudici effettivamente capaci di trattare e risolvere una controversia che abbia ad oggetto uno *smart contract*. Inoltre, si deve valutare la praticabilità di nuovi modelli di risoluzione delle controversie, maggiormente adattabili alla struttura e alle modalità di funzionamento dello *smart contract*.

Per quanto riguarda l'accesso alla tutela giurisdizionale, secondo taluno, l'utilizzo di *smart contracts*, darebbe vita ad una propria giurisdizione al di fuori dei sistemi giuridici⁴²⁸.

Come già si è avuto modo di mettere in luce, questa tesi deve essere respinta, in quanto la natura decentralizzata dello *smart contract* non lo svincola in alcun modo dal rispetto delle norme esistenti e dai sistemi di tutela forniti dall'ordinamento giuridico.

⁴²⁶ Legge 31 maggio 1995, n. 218, che “determina l'ambito della giurisdizione italiana, pone i criteri per l'individuazione del diritto applicabile e disciplina l'efficacia delle sentenze e degli atti stranieri».

⁴²⁷ Regolamento (UE) n. 1215/2012 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 12 dicembre 2012, concernente la competenza giurisdizionale, il riconoscimento e l'esecuzione delle decisioni in materia civile e commerciale («Bruxelles I»); Regolamento (CE) n. 593/2008 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 17 giugno 2008, sulla legge applicabile alle obbligazioni contrattuali («Roma I»).

⁴²⁸ Una delle conseguenze di questa tendenza sarebbe una ridefinizione delle modalità di progettazione, attuazione e applicazione di leggi e regolamenti, secondo quanto prospettato da A. WRIGHT, P. DE FILIPPI, *Decentralized blockchain technology and the rise of lex cryptographia*, cit., pp. 44 ss.

Pertanto, il ricorso al giudice non viene escluso dall'utilizzo di uno *smart contract*. Tuttavia, si pone la questione dell'*expertise* dei giudici con riferimento agli *smart contract*, in quanto si tratta di strumenti diversi dai contratti tradizionali, non solo per la loro operatività, ma anche per la loro forma, che potrebbe causare difficoltà nella comprensione del testo. Infatti, come abbiamo osservato, non sempre allo *smart contract* è allegata una traduzione in linguaggio naturale ed è difficile immaginare che il giudice riesca a trattare e a decidere una controversia basata su linee di codice, complice anche l'attuale modello di formazione dei giudici che non consente una preparazione su materie quali *coding*, programmazione, *blockchain*.

Dunque, ci si aspetta che il sistema giudiziario sviluppi soluzioni adeguate a tali problematiche, ad esempio, prevedendo l'aggiornamento dei giudici in tali ambiti o la collaborazione di tecnici, quali periti, a supporto del giudice, relativamente alle controversie concernenti *smart contracts*.

Inoltre, un supporto al giudice può provenire anche dagli avvocati che hanno assistito le parti durante la redazione delle clausole in modo compatibile al linguaggio della macchina. Questi, infatti, potrebbero fornire al giudice, in sede di giudizio, la traduzione in linguaggio naturale.

Questi problemi legati alla tutela giudiziale dei diritti potrebbero essere risolti inserendo nel contratto una clausola arbitrale, finalizzata a dirimere eventuali questioni relative alla responsabilità contrattuale. Infatti, in tal caso la scelta degli arbitri potrebbe ricadere su avvocati esperti delle nuove tecnologie e del «*coding for lawyers*».

Tuttavia, l'esecuzione della decisione arbitrale⁴²⁹, come quella giudiziale, richiederebbe sempre un procedimento esecutivo. Questo implica il dover affrontare il farraginoso *iter* processuale, che costituisce proprio uno dei rischi che l'impiego di uno *smart contract* mira ad evitare.

Per questo motivo, la dottrina si interroga sulla questione della presunta autosufficienza degli *smart contract* rispetto ai tradizionali strumenti di risoluzione delle

⁴²⁹ A. SANTOSUOSSO, *Intelligenza artificiale e diritto. Perché le tecnologie di IA sono una grande opportunità per il diritto*, Milano, 2020, il quale ritiene che l'arbitrato formatosi in ambito *blockchain/smart contract* abbia delle insufficienze legate alla modalità di decisione, che non ha una spiegazione in quanto proveniente da una votazione effettuata da oracoli, e ai limiti intrinseci legati alla lunghezza e ai costi. Inoltre, osserva che la circostanza per cui l'esecuzione della decisione degli arbitri richieda comunque di adire il giudice tradizionale, ne faccia venir meno ogni vantaggio.

controversie. In particolare, si ritiene che questi, se correttamente impostati, sarebbero in grado di gestire, senza dover abbandonare il mondo digitale, anche i problemi relativi alle dispute tra le parti dovute a “malfunzionamenti” dell’esecuzione⁴³⁰.

Su questa scia, qualcuno si è spinto ad affermare che l’unica tutela soddisfacente per le parti di uno *smart contract* sia quella che avviene *on-chain*⁴³¹, cioè sulla stessa *DLT* dove è stato registrato lo *smart contract*, che consentirebbe di non perdere i vantaggi di decentralizzazione e di garanzia dell’esecuzione.

Infatti, lo sviluppo della tecnologia nell’ambito in esame⁴³² ha dato origine a nuove forme di risoluzione delle controversie⁴³³, che includono anche l’esecuzione della

⁴³⁰ M. RASKIN, *The law and legality of smart contracts*, cit., p. 306; ma anche, *ex multis*, P. ORTOLANI, *Self-enforcing online dispute resolution: lessons from bitcoin*, in *Oxford journal of legal studies*, 2016, pp. 529 ss.; A.R. KOULU, *Blockchains and Online Dispute Resolution: Smart Contracts as an Alternative to Enforcement*, cit., pp. 66, 68, secondo la quale gli *smart contract* potrebbero essere utilizzati anche per la risoluzione delle controversie, il che potrebbe fornire una soluzione al problema dell’applicazione delle decisioni delle ODR. L’A. mette in evidenza che l’esecuzione autonoma propria degli *smart contracts* accompagnata al *private enforcement* adottato da vari siti di *e-commerce* cambiano la nostra concezione delle modalità volte ad assicurare l’adempimento delle obbligazioni assunte: l’uso della coercizione per imporre il rispetto delle norme non è più limitato al monopolio dello Stato nazionale. L’A., tuttavia, mette in luce il pericolo che, in tal modo, l’esecuzione forzata si allontanerebbe dal controllo sul giusto processo da parte dello Stato-giurisdizione.

⁴³¹ M. DUROVIC, *How to Resolve Smart Contract Disputes – Smart Arbitration as a Solution*, in *Oxford Business Law Blog*, 2018; A. SANTOSUOSSO, *Intelligenza artificiale e diritto. Perché le tecnologie di LA sono una grande opportunità per il diritto*, cit., il quale porta come esempio il sistema JUR sviluppatosi nel 2019, che si sostanzia in un giudizio arbitrale decentralizzato, ma la decisione è scritta e viene revisionata dal sistema. Si veda anche A.G. CARDOSO, *Smart contracts, autotutela e tutela jurisdictional*, in https://www.academia.edu/66594893/Smart_contracts_autotutela_e_tutela_jurisdictional?email_work_card=view-paper, pp. 185 ss.

Più in generale, è critico vero una tendenza alla totale meccanizzazione, G. ZACCARIA, *Figure del giudicare: calcolabilità, precedenti, decisione robotica*, cit., p. 294, secondo il quale, «da tecnica che non è sufficiente ad istituire e ad esaurire in sé stessa il sociale e il giuridico» e, per questo motivo «pur nella sempre più irrinunciabile e quotidiana coesistenza e interazione tra l’uomo e il digitale, il mito della delega alle macchine va dunque demistificato.

Critico, invece, A.M. GAMBINO, *I sette vizi capitali dei giudici-robot (tra blockchain e AI)*, in *Agenda Digitale*, 2018, il quale mette in evidenza «le carenze un sistema giudiziario basato su decisioni/sanzioni robotiche per definizione aliene da quell’atteggiamento unico e per certi versi compassionevole che appartiene soltanto a chi giudica i suoi simili».

⁴³² P. SIRENA, F.P. PATTI, *Blockchain and contract law: Smart contract*, in Aa. Vv. *Blockchain and Public Law*, a cura di Pollicino e De Gregorio, Cheltenham, 2021, p. 202 ss.

⁴³³ Una disamina relativa alla risoluzione delle controversie mediante l’utilizzo delle nuove tecnologie è svolta da R. KOULU, *Law, Technology and Dispute Resolution. Privatisation of Coercion*, Oxon, 2019 (*e-book*), la quale propone una lettura del fenomeno molto interessante. In particolare, l’A. osserva che le moderne tecnologie applicata alla gestione dei conflitti, come le *online dispute resolution (ODR)* e gli *smart contracts* che operano su *DLT*, consentono nuove forme di coercizione. In particolare, queste si inseriscono all’interno di un *trend* di crescente privatizzazione della coercizione, passato per lo più inosservato, poiché la maggior parte di questi meccanismi di esecuzione privata riguardano controversie civili di basso valore, in cui l’autonomia delle parti è tradizionalmente ampia. L’A. poi

decisione, come avviene nella “*smart arbitration*”. Si tratta di un meccanismo di risoluzione delle controversie implementato sulla stessa *DLT* su cui opera lo *smart contract*, in grado sia di risolvere la controversia sia di provvedere all’esecuzione della decisione⁴³⁴, il quale richiede una stretta collaborazione tra avvocati ed esperti di informatica.

Questo sistema permetterebbe di sostituire i tradizionali procedimenti giudiziari di risoluzione delle controversie, che sono tipicamente lunghi e spesso seguiti da ritardi nell’esecuzione. Inoltre, la *smart arbitration* potrebbe consentire direttamente la condivisione di documenti e memorie utilizzando la *DLT*, come meccanismo di verifica.

Tuttavia, non dovrebbero essere sottovalutati i problemi relativi alle modalità di esercizio del diritto di difesa delle parti. In particolare, occorre valutare se questi sistemi consentano alle parti di difendersi da sole o se resti comunque necessaria la presenza di legali. In questo secondo caso, dovrebbero essere regolate le modalità di partecipazione dei difensori delle parti sulla piattaforma *blockchain*, per evitare disuguaglianze o limitazioni al pieno esercizio del diritto di difesa.

pone in luce che per comprendere la tendenza generale alla coercizione privatizzata attraverso gli strumenti forniti dalle nuove tecnologie rappresenta una delle intersezioni tra diritto, tecnologia e società, la cui dirompenza è il risultato di complesse reazioni sociali, economiche, politiche e giuridiche legate alla digitalizzazione complessiva della società.

L’A., inoltre, mette in evidenza che meccanismi di esecuzione privata consentiti dalle nuove tecnologie, a causa della loro portata generalizzata e della mancanza di alternative effettive, si differenziano da altre forme di *governance* privata e rappresentano uno degli esempi dell’affievolimento della funzione del monopolio dello Stato sulla risoluzione delle controversie. In particolare, l’A. afferma che il monopolio dello Stato sulla risoluzione delle controversie è stato precedentemente messo in discussione dalle inefficienze della giustizia statale che, ha condotto all’introduzione di meccanismi deflattivi, tra cui strumenti di risoluzione extragiudiziale delle controversie. Tuttavia, questi meccanismi di risoluzione privata delle controversie si giustificano in quanto è mantenuto il potere finale dei tribunali sull’esecuzione. Diversamente, i meccanismi di risoluzione delle controversie attraverso l’utilizzo delle nuove tecnologie è un fenomeno più dirompente, in quanto non comporta soltanto la pluralità della risoluzione delle controversie, ma anche la pluralità dell’esecuzione, in quanto in alcuni contesti tecnologici, come ad esempio le *DLT* su cui operano gli *smart contracts*, l’esecuzione pubblica è diventata superflua. Infine, l’A. fa una critica alle tesi che sostengono la dimensione normativa del codice – secondo cui «il codice è legge» e, quindi, il *design* tecnologico potrebbe assumere qualità normative ed impedire le controversie attraverso meccanismi di *governance* –, in quanto ritiene che si tratti di una eccessiva semplificazione computazionale della complessità del diritto affidare nel potere della tecnologia di risolvere i problemi dell’interazione umana: l’infrastruttura *software* può indirizzare il comportamento e prevenire i conflitti, ma, poiché è impossibile prevedere tutte le interazioni, la necessità della valvola di sicurezza di meccanismi di risoluzione delle controversie non viene obliterata.

⁴³⁴ Gli sviluppi recenti in questo senso includono nuove piattaforme decentralizzate di risoluzione delle controversie, come *CodeLegit*, che ha condotto il primo arbitrato *smart contract* basato su *blockchain*.

Infine, si deve osservare che, per il carattere dell'immutabilità che connota gli *smart contract* che operano su *DLT*, sia necessario definire, fin dall'inizio, il metodo di risoluzione delle controversie prescelto, magari mediante un accordo codificato nello stesso *smart contract*⁴³⁵, che garantisca che la procedura di risoluzione della controversia venga svolta sulla *blockchain*. A questo proposito, è importante che lo *smart contract*, in cui è incorporata la clausola arbitrale sia valido, in base alle norme di diritto nazionale applicabile allo stesso. Altrimenti, la sua invalidità travolgerebbe anche la clausola compromissoria.

Come emerge dalle considerazioni svolte finora, siamo ancora agli albori dello sviluppo di questi sistemi di tutela e, quindi, non si possono trarre ancora dati certi in termini di una maggiore efficienza rispetto ai tradizionali sistemi giudiziari e giurisdizionali.

Pertanto, l'approccio più corretto sembrerebbe quello di continuare ad applicare la disciplina dei contratti, almeno fino a quando non ci saranno le basi tecniche e sociali per introdurre una normativa *ad hoc*. Questo approccio evita che l'innovazione *smart contract* sia depotenziata o compressa, ad opera di nuovi interventi regolatori affrettati, e, al contempo, garantisce che il fenomeno non resti privo di qualsivoglia disciplina.

⁴³⁵ Una delle questioni che si pone per l'applicazione dello *smart arbitration* è se esso possa essere previsto come unico metodo per risolvere una controversia. Sicuramente nei contratti dei consumatori si tratterebbe di una clausola vessatoria, in base all'art. 33 lett. v-bis) cod. cons. e alla giurisprudenza della Corte di giustizia europea (Sentenza CGUE (Prima Sezione) 26 ottobre 2006 Causa C-168/05 Elisa María Mostaza Claro contro Centro Móvil Milenium SL, in <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A62005CJ0168>).

Conclusioni

Alla fine di questo lavoro di ricerca, emerge che la locuzione *smart contract* indica un fenomeno dalla natura proteiforme, che va dall'irrelevanza giuridica alla sussumibilità nella fattispecie di cui all'art. 1321 c.c.

Proprio per questi motivi, le questioni relative alla sua natura giuridica e alla disciplina ad esso applicabile sono tutt'ora controverse, nella dottrina nazionale ed internazionale.

Il diritto positivo in tema di *smart contract*, da cui non si può prescindere ai fini dell'inquadramento giuridico di un fenomeno del mondo reale, non è risolutivo.

Il nostro legislatore, infatti, a differenza di quanto avvenuto in altri ordinamenti, è intervenuto con una norma meramente definitoria, inidonea fornire una risposta netta alle questioni oggetto di questa ricerca.

Questo mi ha indotta ad indagare sull'approccio adottato in altri ordinamenti, al fine di trarre, mediante la comparazione, spunti di riflessione sulla natura giuridica del fenomeno.

Da quest'analisi è emerso che tutti i sistemi giuridici che hanno disciplinato il fenomeno lo qualificano come uno strumento con funzione e natura bifronte. Infatti, gli è attribuita natura informatica, laddove abbia una funzione meramente esecutiva di operazioni, mentre se ne afferma la natura contrattuale e, quindi, la rilevanza giuridica, quando è idoneo a regolare un rapporto giuridico patrimoniale.

Questa conclusione mi ha portata a svolgere una "prova di resistenza" della disciplina codicistica del contratto al fenomeno *smart contract*. Dall'esito di questa indagine parrebbe emergere l'assenza di impedimenti strutturali all'applicazione della disciplina contrattuale allo *smart contract*, salvo alcune eccezioni. Queste dipendono dal fatto che alcuni istituti, come i rimedi contrattuali e il recesso di pentimento consumeristico, mal si conciliano con le caratteristiche di immutabilità ed irreversibilità degli effetti che connotano lo *smart contract* che opera su *DLT*.

Alla fine di questo affascinante viaggio di ricerca nel futuro del diritto contrattuale e dell'autonomia negoziale, sembrerebbe ragionevole affermare la natura contrattuale dello *smart contract*, quando l'incontro di due volontà è espresso in forma di codice

informatico e l'esecuzione automatica di quest'ultimo è idonea a costituire, regolare o estinguere un rapporto giuridico patrimoniale.

Solo in questa ipotesi, per rispondere al quesito posto dal titolo di questa tesi, lo *smart contract* sarebbe idoneo a costituire una nuova frontiera dell'autonomia negoziale, in quanto sussumibile all'interno della fattispecie di cui all'art. 1321 c.c.

Questo tema di ricerca ha rappresentato anche un'opportunità per analizzare come deve porsi il giurista innanzi ai mutamenti della società, dovuti allo sviluppo delle nuove tecnologie, che sembrano, talvolta, stravolgere le categorie tradizionali.

Con particolare riferimento al fenomeno *smart contract*, occorre porre in luce che il giurista non deve conformare lo *smart contract* ad immagine e somiglianza del contratto tradizionale, ma neppure rifiutare l'idea che possa integrare un rapporto di scambio, riconducibile alla fattispecie contrattuale.

In altri termini, ritengo che, dinnanzi a questo nuovo fenomeno tecnologico, il giurista, non debba essere né eccessivamente entusiasta né troppo severo, ricusandone qualsiasi punto di contatto con gli istituti tradizionali, come il contratto. Il giurista, infatti, come afferma un maestro del diritto, è «tenuto a farsi testimone delle cose» ed è «chiamato a descrivere i fenomeni, quando accadono e come accadono»^(*).

(*) N. IRTI, «È vero ma...» (Replica a Giorgio Oppo), in *Rivista di diritto civile*, 1999, 2, p. 273.

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV., *Dieci lezioni introduttive a un corso di diritto privato*, Torino, 2006;
- AA. VV., *Smart Legal Contracts: Computable Law in Theory and Practice*, a cura di Allen e Hunn, Oxford, 2022;
- AHMADISHEYKHSARMAST S., SONMEZ R., *A smart contract system for security of payment of construction contracts*, in *Automation in Construction*, 120, 2020, pp. 1 ss.;
- AIELLO G., *Blockchain law: analisi tecnico-giuridica delle reti blockchain e degli smart contracts*, in *Diritto Mercato Tecnologia*, 2020;
- ALESSI D., *Smart contract: disciplina giuridica e questioni aperte*, *Smart contract: disciplina giuridica e questioni aperte*, in *Diritto di internet*, 3, pp. 77 ss.
- ALESSI R., *La disciplina generale del contratto*, Torino, 2015;
- ALLEN J.G., *Wrapped and stacked: 'Smart Contracts' and the interaction of natural and formal languages*, in *Eur. Rev. Contract Law*, 14, 2018, pp. 307 ss.;
- ALPA G., *Rischio (dir. vig.)*, in *Enc. dir.*, XL, Milano, 1989, p. 1044 ss.;
- ALPA G., BESSONE M., ROPPO E., *Rischio contrattuale e autonomia privata*, Napoli, 1982;
- ALPER G., *Contract law revisited: Algorithmic pricing and the notion of contractual fairness*, in *Computer Law & Security Review*, 47, 105741, 2022, pp. 1 ss.;
- AMATO C., *La "computerizzazione del contratto" (Smart, data oriented, computable e self-driving contracts. Una panoramica)*, in *Europa e diritto privato*, 4, 2020, pp. 1259 ss.;
- ANGEL J.J., *When finance meets physics: the impact of the speed of light on financial markets and their regulation*, in *The financial review*, 2014, pp. 273 ss.;
- AQUARO D., *Smart contract: cosa sono (e come funzionano) le clausole su blockchain*, in <https://www.ilsole24ore.com/art/smart-contract-cosa-sono-e-come-funzionano-clausole-blockchain-ACsDo2P>, 2019;
- ARYA A., *Law Commission's Work on Smart Legal Contracts*, in *Oxford Business Law Blog*, 2021;
- BARNETT R.E., *Restoring the Lost Constitution: The Presumption of Liberty*, Princeton, 2003;
- BARTON T.D., HAAPIO H., PASSERA S. AND HAZARD J.G., *Successful Contracts: Integrating Design and Technology*, in Aa. Vv. *Legal Tech, Smart Contracts and Blockchain*, a cura di Corrales, Fenwick, Haapio, pp. 63 ss.;

BATTAGLINI R., *La normativa italiana sugli smart contract*, in Aa. Vv. *Blockchain e Smart Contract*, a cura di Giordano e Battaglini, Milano, 2019, pp. 375 ss.;

BATTAGLINI R., NICORELLI P., *Smart legal contract: dall'idea al codice*, Milano, 2021;

BATTELLI E., INCUTTI E.M., *Gli smart contracts nel diritto bancario tra esigenze di tutela e innovativi profili di applicazione*, in *Contratto e impresa*, 3, 2019, pp. 925 ss.;

BATTELLI E., *IA e smart contract nel diritto bancario e assicurativo*, in Aa. Vv. *INTERNET CONTRATTO E PERSONA Quale futuro?*, a cura di Clarizia, Pisa, 2021, pp. 65 ss.;

ID., *Le nuove frontiere dell'automatizzazione contrattuale tra codici algoritmici e "big data": gli "smart contracts" in ambito assicurativo, bancario e finanziario*, in *Giustizia civile*, 2020, pp. 681 ss.;

BELARDI T., *Gli Smart Contract: storia e definizioni di un ibrido contratto/software*, in Aa. Vv. *Blockchain e Smart Contract*, a cura di Giordano e Battaglini, Milano, 2019, pp. 225 ss.;

BELLINI M., *Smart Contracts: che cosa sono, come funzionano quali sono gli ambiti applicativi*, in <https://www.blockchain4innovation.it/mercati/legal/smart-contract/blockchain-smart-contracts-cosa-funzionano-quali-gli-ambiti-applicativi/>, 2018;

BELLOMIA V., *Il contratto intelligente: questioni di diritto civile*, in *Judicium*, 2020;

BENATTI F., *Un nuevo paradigma contractual: el caso de los smart contracts*, in *Derecho y nuevas tecnologías. El impacto de una nueva era*, a cura di Chipana Catalàn, Lima, 2019, pp. 275 ss.;

BENEDETTI A.M., *Contratto, algoritmi e diritto civile transnazionale: cinque questioni e due scenari*, in *Rivista di diritto civile*, 3, 2021, pp. 411 ss.;

ID., *Autonomia privata procedimentale. La formazione del contratto fra legge e volontà delle parti*, Torino, 2002;

BENEDETTI G., *Dal contratto al negozio unilaterale*, Milano, 1969;

BERTOLI P., *Smart (Legal) Contracts: Forum and Applicable Law Issues*, in Aa. Vv. *Blockchain, Law and Governance*, a cura di Cappiello e Carullo, Cham, 2021, pp. 181 ss.;

BESSONE M., *Adempimento e rischio contrattuale*, Milano, 1970;

BETTI E., *Teoria generale delle obbligazioni*, III, 2-IV, Milano, 1955;

ID., *Teoria generale dell'interpretazione*, I, Milano 1955;

ID., *Teoria generale delle obbligazioni*, I, Milano, 1953;

ID., *Teoria generale del negozio giuridico*, in Aa. Vv. *Trattato di diritto civile italiano*, diretto da Vassalli, XV, 2, Torino, 1950, pp. 152 ss.;

BIANCA C.M., Cesare Massimo, *Diritto Civile*, V. *La responsabilità*, Milano, 2012;

ID., *Acontrattualità dei contratti di massa?*, in *Vita notarile*, 2001, pp. 1120 ss.;

ID., *Diritto Civile*, 3 *Il contratto*, 3, Milano, 2000;

ID., *Diritto Civile*, 4 *L'obbligazione*, 4, Milano, 1995;

BIGLIAZZI GERI, *Risoluzione per inadempimento*, in *Commentario del Codice Civile Scialoja-Branca*, a cura di Galgano, Libro quarto, *Delle obbligazioni (art. 1460-1462)*, 2, Bologna-Roma, 1988, sub *art. 1460*;

BILLI A., *Blockchain e smart contract: commento all'attuale normativa italiana DLT e rilievi comparati*, in *Diritto e Processo*, 2021, pp. 416 ss.;

BIVONA E., *Tutele preventive e tutele successive negli smart contracts*, in *Pactum Rivista di diritto dei contratti*, 3, 2022, pp. 475 ss.;

BOMPRESZI C., *Commento in materia di Blockchain e Smart contract alla luce del nuovo Decreto Semplificazioni*, in <https://www.dimt.it/news/breve-commento-alla-legge-11-febbraio-2019-n-12-di-conversione-del-decreto-legge-14-dicembre-2018-n-135-recante-disposizioni-urgenti-in-materia-di-sostegno-e-semplificazione-per-le-imprese-e-per-la-pu/>;

BONFRANCESCHI A.L., *Il primo distributore automatico*, in <https://www.wired.it/attualita/tech/2013/12/16/primodistributoreautomatico/>, 16.12.2013;

BOSS A.H., *Electronic data interchange agreements: private contracting toward a global environment*, in *Northwestern Journal of International Law and Business*, 13, 1992, pp. 31 ss.;

BORGOGNO O., *Usefulness and Dangers of Smart Contracts in Consumer Transactions*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 288 ss.;

ID., *Smart contracts as the (new) Power of the Powerless? The Stakes for Consumers*, in *European Review of Private Law*, 2019, pp. 885 ss.;

BOURQUE S., FUNG LING TSUI S., *A Lawyer's Introduction to Smart Contracts*, in *Scientia Nobilitat*, 2014, pp. 4 ss.;

BRAVO F., *I contratti a distanza e il mercato digitale*, in Aa. Vv. *Diritto dei consumatori*, a cura di Alpa e Catricalà, Bologna, 2016, pp. 367 ss.;

ID., *I contratti a distanza nel codice del consumo e nella direttiva 2011/83/UE. Verso un codice europeo del consumo*, Milano, 2013;

ID., *Contrattazione telematica e contrattazione cibernetica*, Milano, 2007;

BRIGNARDELLO M., *Prospettive di utilizzo degli smart contracts per la tutela dei diritti dei passeggeri in caso di cancellazione o ritardo del volo*, in *Rivista del diritto della navigazione*, 2, 2019, pp. 452 ss.,

BROWNSWORD R., *Smart Transactional Technologies, Legal Disruption, and the Case of Network Contracts*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 313 ss.;

BRUCCOLERI M., *Introduzione alla Blockchain e agli Smart Contract*, Independently published, 2022;

BUONO P., LISI G., *Blockchain, token, smart contracts*, in Aa.Vv. *La circolazione della ricchezza nell'era digitale*, a cura di Cuocci, Lops e Motti, Pisa, 2020, pp. 23 ss.;

CAGGIANO I.A., *Il Contratto nel mondo digitale*, in *Nuova Giurisprudenza Civile Commentata*, 7-8, 2018, pp. 1152 ss.;

CALDANA F.G., COLOSIO C., *Smart Contracts: problemi interpretativi*, in https://www.academia.edu/61711548/Smart_contracts;

CAMPAGNA M.F., *Sul negoziare algoritmico*, in Aa.Vv. *La circolazione della ricchezza nell'era digitale*, a cura di Cuocci, Lops e Motti, Pisa, 2020, pp. 101 ss.;

ID., *Gli scambi attraverso algoritmi e il problema del linguaggio. Appunti minimi*, in *Analisi Giuridica dell'Economia*, 1, 2019, pp. 153 ss.;

CANNARSA M., *Contract Interpretation*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 102 ss.;

CAPACCIOLI S., *Blockchain*, in Aa. Vv. *Dizionario Legal Tech*, a cura di Perri e Ziccardi, Milano, 2020, pp. 120 ss.;

ID., *Distributed Ledger Technologies*, in Aa. Vv. *Dizionario Legal Tech*, a cura di Perri e Ziccardi, Milano, 2020, pp. 358 ss.;

ID., *Blockchain*, in *Tecnologia e Diritto*, a cura di Ziccardi e Perri, II, Milano, 2019;

ID., *Smart contracts: traiettoria di un'utopia divenuta attuabile*, in *Cyberspazio e diritto*, 17, 55, 1, 2016, pp. 34 ss.;

ID., *Gli Smart contract costituiscono uno degli argomenti più complicati del panorama FinTech, abbreviazione di Financial Technology intesa quale fornitura di servizi finanziari attraverso le tecnologie dell'informazione*, in *Quotidiano Giuridico*, 2016;

ID., *Bitcoin: le operazioni di cambio con valuta a corso legale sono prestazioni di servizio esenti – commento*, in *Fisco*, 2015, 44, pp. 4270 ss.;

CAPACCIOLI S., GIORDANO M.T., *Distributed ledger technology, criptoattività, blockchain e GDPR*, in *Manuale di diritto alla protezione dei dati personali*, a cura di Tilli, Maglio, Pollini, Santarcangelo di Romagna, 2019;

CAPPIELLO B., CARULLO G., *Introduction: The Challenges and Opportunities of Blockchain Technologies*, in Aa. Vv. *Blockchain, Law and Governance*, a cura di Cappiello e Carullo, Cham, 2021, pp. 1 ss.;

CAPPIELLO B., *Dallo “smart contract” computer code allo smart (legal) contract. I nuovi strumenti (para) giuridici alla luce della normativa nazionale e del diritto internazionale privato europeo: prospettive de jure condendo*, in *Diritto del commercio internazionale*, 2020, 2, pp. 325 ss.;

CARBONI D., *Smart Contract – Caratteristiche tecniche e tecnologiche*, in Aa. Vv. *Blockchain e Smart Contract*, a cura di Giordano e Battaglini, Milano, 2019, pp. 237 ss.;

ID., *Dagli smart contract alle ICO: la blockchain non dorme mai*, immutable.today, 2017;

CARBONI D., SIMBULA M., *Blockchain e smart contract: le debolezze della nuova regolamentazione italiana*, in *Agenda Digitale*, 2019;

CARDOSO A.G., *Smart contracts, autotutela e tutela jurisdictional*, in https://www.academia.edu/66594893/Smart_contracts_autotutela_e_tutela_jurisdictional?email_work_card=view-paper, pp. 163 ss.;

CARINGELLA F., *Manuale ragionato di diritto civile*, Roma, 2020;

CARRON B., BOTTERON V., *How smart can a contract be?*, in *Blockchains, Smart Contracts, Decentralised Autonomous Organisations and the Law*, a cura di Kraus, Obrist, Hari, Cheltenham, 2019, pp. 111 ss.;

CASALI A., *Quanto si risparmia usando gli smart contract nelle banche e nelle assicurazioni*, in <https://www.blockchain4innovation.it/mercati/legal/smart-contract/quanto-si-risparmia-usando-gli-smart-contract-nelle-banche-e-nelle-assicurazioni/>, 2016;

CASALINI L., *Blockchain and smart contracts. What changes lie ahead for Banking and Financial Law?*, in *Rivista di Diritto del Risparmio*, 9, 2019, pp. 1 ss.;

- CASEY A., NIBLETT A., *Self-Driving Contracts*, in *The Journal of Corporation Law*, 43, 1, 2017, pp. 1 ss.;
- CASSANO J., *What Are Smart Contracts? Cryptocurrency's Killer App*, in *Fast Company*, 2017;
- CASTELLANI G., *Smart contracts e profili di diritto civile*, in *Comparazione e Diritto Civile*, 2019, pp. 1 ss.;
- CASTELLANI M., POMI P., TRIBERTI C., TURATO A., *Blockchain. Guida pratica tecnico giuridica all'uso*, Firenze, 2019;
- CATCHLOVE P., *Smart Contracts: A New Era of Contract Use*, in <https://ssrn.com/abstract=3090226>, 2017;
- CATRICALÀ A., PIGNALOSA M.P., *Manuale del diritto dei consumatori*, Roma, 2013;
- CAVALLO M., MONTAGNANI M.L., *L'industria finanziaria tra fintech e techfin: prime riflessioni su blockchain e smart contract*, in Aa. Vv. *Fintech: diritti, concorrenza, regole : le operazioni di finanziamento tecnologico*, a cura di Finocchiaro e Falce, pp. 329 ss.;
- CAVICCHIOLI M., *Alcuni dubbi sulla normativa italiana su blockchain e smart contract*, in *The Cryptonomist*, 2 Feb 2019;
- CERDONIO CHIAROMONTE G., *Contratto telematico sotto nome altrui Apparenza e regole di imputazione della dichiarazione negoziale*, Napoli, 2018;
- CERRATO S.A., *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, in *Banca Borsa Titoli di Credito*, 3, 2020, pp. 370 ss.;
- CHIAP G., RANALLI J., BIANCHI R., *Blockchain. Tecnologia e applicazioni per il business*, Milano, 2019;
- CHIBBARO S., *Blockchain e smart contract, i notai: "Ecco i rischi della normativa"*, in *Agenda Digitale*, 2019;
- CHIERICI M., *La blockchain: una lettura giuridica per uno sguardo verso il futuro*, in *Cyberspazio e Diritto*, 3, 2018;
- CHIRIATTI M., *Gli Smart Contracts come nuove leggi? Meglio maneggiare con cura*, in <https://www.econopoly.ilsole24ore.com/2015/09/14/gli-smart-contracts-come-nuove-leggi-meglio-maneggiare-con-cura/>, 2015;
- CICU A., *Gli automi nel diritto privato*, in *Il Filangieri*, 8, 1901, pp. 561 ss.;
- ID., *Gli automi nel diritto privato*, in *Scritti minori*, II, Milano, 1965, p. 289 ss.;
- CINQUE A., *La blockchain. Smart contract Cripto-attività Applicazioni pratiche*, Pisa, 2022;

CLACK C.D., BAKSHI V.A., BRAINE L., *Smart Contract Templates: foundations, design landscape and research directions*, in <http://arxiv.org/abs/1608.00771>, 2016, pp. 2 ss.;

CLARIZIA R., *Come cambia il “mercato e la “persona” ai tempi di internet e dell’i.a.*, in Aa. Vv. *INTERNET CONTRATTO E PERSONA Quale futuro?*, a cura di Clarizia, Pisa, 2021, pp. 11 ss.;

ID., *Informatica e conclusione del contratto*, Milano, 1985;

CLEMENT M., *Smart Contracts and the Courts*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 285 ss.;

CLIFFORD-CHANCE, *Smart Contracts: Legal Framework and Proposed Guidelines for Lawmakers*, in <https://www.ebrd.com/documents/legal-reform/pdf-smart-contracts-legal-framework-and-proposed-guidelines-for-lawmakers.pdf>, 2018;

CLIFFORD CHANCE, *Are Smart Contracts Contracts?*, in <https://www.cliffordchance.com/content/dam/cliffordchance/briefings/2017/08/are-smart-contracts-contracts.pdf>, dicembre 2017;

COMELLINI S., VASAPOLLO M. *Blockchain, Criptovalute, I.C.O. E Smart Contract*, Santarcangelo di Romagna, 2019;

CONG L.W., HE Z., *Blockchain Disruption and Smart Contracts*, *The Review of Financial Studies*, 32, 5, 2019, pp. 1761 ss.;

CONTALDO A., CAMPARA F., *Blockchain, criptovalute, smart contract, industria 4.0. Registri digitali, accordi giuridici e nuove tecnologie*, Pisa, 2019;

COPO A. B.V., «*Smart contract*» y *contrato de seguro. una ecuación asimétrica y no algorítmica*, in *Revista de Derecho del Sistema Financiero*, 0, 2020, pp. 119 ss.;

CORMEN T.H., LEISERSON C. E., RIVEST R. L., STEIN C., *Introduzione agli algoritmi e strutture dati*, New York, 2010;

CORRALES M., COMPAGNUCCI M., FENWICK M., HAAPIO H., *Digital Technology, Future Lawyers and the Computable Contract Designer of Tomorrow*, in <https://ssrn.com/abstract=3908370>, 2021;

CORRALES M., FENWICK M., HAAPIO H., VERMEULEN E.P.M., *Tomorrow’s Lawyer Today? Platform-Driven LegalTech, Smart Contracts & the New World of Legal Design*, in *Journal Of Internet Law*, 2019, pp. 3 ss.;

CORVI G., *Smart contract, la sfida del GDPR*, in *Insurance review*, 2019, pp. 24 ss.;

- CRISAFULLI M., *L'era degli Smart Contracts: potenzialità e limiti di uno strumento rivoluzionario*, in *Diritto Mercato Tecnologia*, 2021;
- CUCCURU P., *Blockchain ed automazione contrattuale. Riflessioni sugli smart contract*, in *Nuova Giurisprudenza Civile Commentata*, 1, 2017, pp. 107 ss.;
- CUTTIS T., *Smart Contracts and Consumers*, in *LSE Law, Society and Economy Working Papers*, 1, 2019;
- D'AGOSTINO L., PISELLI R., *La definizione di tecnologia a registro distribuito e di smart contract nella legge di conversione del "decreto semplificazioni". Un primo commento critico*, in Aa. Vv. *Blockchain e autonomia privata. Fondamenti giuridici*, a cura di Nuzzo, Roma, 2019, pp. 15 ss.;
- DALMARTELLO A., *I contratti sull'esecuzione forzata. Appunti*, in *juscivile*, 6, 2020, pp. 1647 ss.;
- DAVICO D., *Gli smart contract applicati alle transazioni in derivati "OTC"*, in Aa. Vv. *Blockchain e Smart Contract*, a cura di Giordano e Battaglini, Milano, 2019, pp. 537 ss.;
- DAVOLA A., *Smart Contract*, in Aa. Vv. *Dizionario Legal Tech*, a cura di Perri e Ziccardi, Milano, 2020, pp. 876 ss.;
- ID., *Blockchain e Smart Contract as a Service: prospettive di mercato a criticità normative delle prestazioni BaaS e SCaaS alla luce di un'incerta qualificazione giuridica*, *Il Diritto Industriale*, 2, 2020, pp. 147 ss.;
- DE CARIA R., *Definitions of Smart Contracts Between Law and Code*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 19 ss.;
- ID., *Blockchain e smart contract: questioni giuridiche e risposte regolatorie tra diritto pubblico e privato dell'economia*, in Aa. Vv. *Blockchain e Smart Contract*, a cura di Giordano e Battaglini, Milano, 2019, pp. 219 ss.;
- ID., *Law and Autonomous Systems Series: Defining Smart Contracts - The Search for Workable Legal Categories*, in *Oxford Business Law Blog*, 2018;
- DE FELICE M., *Decisione robotica negoziale. Nuovi «punti di presa» sul futuro*, in *Decisione Robotica*, a cura di Carleo, Bologna, 2019, pp. 180 ss.;
- DE FILIPPI P., HASSAN S., *Blockchain Technology as a Regulatory Technology. From Code is Law to Law is Code*, 2016, in *First Monday*, 21, 12, 2016;
- DE FILIPPI P., WRIGHT A., *Blockchain and the law: the rule of code*, Cambridge, 2018;

DE GRAAF T.J., *From old to new: From internet to smart contracts and from people to smart contracts*, in *Computer Law and Security Review*, 35, 5, 2019;

DELFINI F., *Blockchain, Smart Contracts e innovazione tecnologica: l'informatica e il diritto dei contratti*, in *Rivista di diritto privato*, 2019, pp. 167 ss.;

ID., *Forma digitale, contratto e commercio elettronico*, Milano, 2020;

ID., *Contratto telematico e commercio elettronico*, Milano, 2002;

ID., *Autonomia privata e rischio contrattuale*, Milano, 1999;

DELOITTE, *Blockchain: Legal implications, questions, opportunities and risks*, in <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/legal/articles/2022-legal-blockchain.html>, 2022;

DE NOVA G., *Il tipo contrattuale*, Napoli, 2014;

DI CIOMMO F., *Gli smart contract e lo smarrimento del giurista*, in *Fintech*, a cura di Fimmanò e Falcone, Napoli, 2019, pp. 158 ss.;

DI CIOMMO F., *Smart contract e (non-)diritto. il caso dei mercati finanziari*, in *Nuovo diritto civile*, 1, 2019, pp. 257 ss.;

DI GIOVANNI F., *Sui contratti delle macchine intelligenti*, in Aa. Vv. *Intelligenza Artificiale - Il Diritto, I Diritti, L'etica*, a cura di Ruffolo, pp. 251 ss.;

DI GIUDA G.M. ET AL., *The Construction Contract Execution Through the Integration of Blockchain Technology*, Cham, 2020;

DI MAIO D., RINALDI G., *Blockchain e la rivoluzione legale degli Smart Contracts*, in *Diritto Bancario*, 2016;

DI MAJO A., *Dell'adempimento in generale. Art. 1177-1200*, in *Commentario del Codice Civile Scialoja-Branca*, a cura di Galgano, Bologna, 1994, p. 385;

DI MATTEO L.A., CANNARSA M., PONCIBÒ C., *Smart Contracts and Contract Law*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 3 ss.;

DI MAURO E. W., *Smart contract: disciplina, criticità e risvolti pratici*, in Aa. Vv. *Annuario 2021 Osservatorio Giuridico sulla Innovazione Digitale*, a cura di Orlando e Capaldo, Roma, pp. 69 ss.;

DI NELLA L., *Smart contract, blockchain e interpretación de los contratos*, in *Revista crítica de derecho privado*, 2020, 17, pp. 191 ss.;

DI SABATO D., *Blockchain e mercato immobiliare: i vantaggi degli smart contract*, in *Agenda Digitale*, 2019;

EAD., *Gli smart contracts: robot che gestiscono il rischio contrattuale*, in *Contratto e impresa*, 2, 2017, pp. 378 ss.;

DJAZAYERI A., *Rechtliche Herausforderungen durch Smart Contracts*, in *jurisPR-BKR*, 12, 1, 2016;

DOMINGOS P., *L'algoritmo definitivo*, Torino, 2016;

DRUMMER D., NEUMANN D., *Is code law? Current legal and technical adoption issues and remedies for blockchain-enabled smart contracts*, in *Journal of Information Technology* 2020, 35, 4, pp. 337 ss.;

DUROVIC M., *What are smart contracts? An attempt at demystification*, in *Digital Technologies and the Law of Obligations*, a cura di Slakoper e Tot, Londra, 2022, (e-book);

ID., *How to Resolve Smart Contract Disputes – Smart Arbitration as a Solution*, in *Oxford Business Law Blog*, 2018;

DUROVIC M., JANSSEN A., *Formation of Smart Contracts under Contract Law*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 61 ss.;

DUROVIC M., JANSSEN A., *The Formation of Blockchain-based Smart Contracts in the Light of Contract Law*, in *European Review of Private Law*, 26, 6, 2019, pp. 753 ss.;

DUROVIC M., JANSSEN A., *The Formation of Smart Contracts and Beyond: Shaking the Fundamentals of Contract Law?*, in https://www.researchgate.net/publication/327732779_The_Formation_of_Smart_Contracts_and_Beyond_Shaking_the_Fundamentals_of_Contract_Lawsecondo, 2018;

DUROVIC M., LECH F., *The Enforceability of Smart Contracts*, in *The Italian Law Journal*, 5, 2, pp. 493 ss.;

EGBERTS, *The Oracle Problem - An Analysis of how Blockchain Oracles Undermine the Advantages of Decentralized Ledger Systems*, in <https://ssrn.com/abstract=3382343>, 2017;

EYERS J., *'Smart contracts' to disrupt lawyers*, in *The Australian Financial Review*, 2016;

FAINI F., *Il diritto nella tecnica: tecnologie emergenti e nuove forme di regolazione*, in *federalismi.it*, 16, 2020, pp. 79 ss.;

FAIRFIELD J.A.T., *Smart Contracts, Bitcoin Bots, and Consumer Protection*, in *Washington and Lee Law Review Online*, 71, 2, 2014, pp. 35 ss.;

FARINA M., *Smart contract tra automazione contrattuale e disumanizzazione dei rapporti giuridici*, in *giustiziacivile.com*, 8, 2020;

FAUCEGLIA D., *Il problema dell'integrazione dello smart contract*, in *Contratti*, 5, 2020, pp. 596 ss.;

ID.; *La moneta privata. le situazioni giuridiche di appartenenza e i fenomeni contrattuali*, in *Contratto e impresa*, 3, 2020, pp. 1254 ss.;

FEDERICO A., *Equilibrio e contrattazione algoritmica*, in *Rassegna di diritto civile*, 2, 2021, pp. 483 ss.;

FELIS F., *L'uso di criptovaluta in ambito societario. Può creare apparenza?*, in *Società*, 2019, 1, pp. 26 ss.;

FENWICK M., VERMEULEN E.P., *The Historical Significance of Blockchain and Smart Contracts*, in Aa. Vv. *Smart Contracts: Technological, Business and Legal Perspectives*, a cura di Compagnucci, Fenwick e Wrba, Oxford, 2021, pp. 161 ss.;

FENWICK M., VERMEULEN E.P., *A Primer on Blockchain, Smart Contracts & Crypto-Assets, How Digital Technologies Solve the Most Pressing Economic, Social, and Humanitarian Problems*, in *Corporate Law & Economics Working Paper*, 3, 2019.;

FERLITO I., «Smart Contract». *Automazione contrattuale ed etica dell'algoritmo*, in *Comparazione e diritto civile*, 2, 2020.;

FERRONETTI F., SACCO V., *Blockchain e smart contract, servono regole chiare: lo scenario*, in *Agenda Digitale*, 2021.;

FILATOVA N., *Smart contracts from the contract law perspective: outlining new regulative strategies*, in *International Journal of Law and Information Technology*, 28, 2020, pp. 217 ss.;

FINOCCHIARO G., BOMPRESZI C., *A legal analysis of the use of blockchain technology for the formation of smart legal contracts*, in *Rivista di diritto dei media*, 2, 2020, pp. 115 ss.;

FINOCCHIARO G., *Riflessioni sugli smart contract e sull'intelligenza artificiale*, in *giustiziacivile.com*, 11, 2020.;

EAD., *Il contratto nell'era dell'intelligenza artificiale*, in *Rivista trimestrale di diritto e procedura civile*, 2, 2018, pp. 441 ss.;

EAD., *Il contratto informatico*, in Aa. Vv., *Diritto Privato*, a cura di Patti, Padova, 2016, pp. 627 ss.;

FIGLIOLI A., CASSANO A.R., *La Rivoluzione Tecnologica Della Blockchain*, in Aa. Vv. *Il diritto di internet nell'era digitale*, a cura di Cassano e Previti, Milano, 2020, pp. 280-281.;

FLORIDI L., *La quarta rivoluzione. Come l'infosfera sta trasformando il mondo*, Milano, 2017.;

FOLLIERI L., *Il contratto concluso in Internet*, Napoli, 2005.;

FORTUNA J., Smart contract, *abuso del diritto e tutela giurisdizionale: spunti di comparazione tra diritto italiano e diritto inglese*, in *Rivista di Diritti Comparati*, 3, 2022, pp. 914 ss.;

FOTI L., *Capire Ethereum Smart Contract ICO e DApp: Una panoramica sulle nuove tecnologie che stanno rivoluzionando internet e tanti esempi pratici della loro applicazione*, Independently published, 2018;

FRATERNALE A., *I contratti a distanza*, Milano, 2002;

GABRIELE L., *Conversazione su #blockchain e contratti intelligenti: uno sguardo al mercato dell'energia*, in Aa. Vv. *Aspetti della transizione: il teleriscaldamento, la #blockchain e i contratti intelligenti. Atti degli atelier aiden*, a cura di Brutti Liberati, De Focatiis, Travi, Padova, 2019, pp. 79 ss.;

GALLI M., GAROTTI L., *Blockchain e smart contract: le novità previste dal Decreto semplificazioni*, in *Quotidiano Giuridico Pluris*, 2019;

GAMBINO A.M., STAZI A., MULA D., *Diritto dell'informatica e della comunicazione*, Torino, 2019, pp. 159 ss.;

GAMBINO A.M., BOMPRESZI C., *Blockchain e protezione dei dati personali*, in *Diritto dell'Informazione e dell'Informatica*, 3, 2019;

GAMBINO A.M., *I sette vizi capitali dei giudici-robot (tra blockchain e AI)*, in *Agenda Digitale*, 2018;

ID., *L'accordo telematico*, Milano 1997;

GARAVAGLIA R., *Tutto su Blockchain. Capire la tecnologia e le nuove opportunità*, Milano, 2018;

GATTESCHI V., LAMBERTI F., DEMARTINI C., *Technology of Smart Contracts*, Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 37 ss.;

GAZZONI F., *Manuale di diritto privato*, Napoli, 2017;

GEMMA A., *L'accordo telematico*, in *I contratti informatici*, a cura di Clarizia, in *Trattato dei contratti*, diretto da Rescigno e Gabrielli, Torino, 2007, pp. 237 ss.;

GENTILE N., *Vicende patologiche del contratto in forma di smart contract*, in Aa. Vv. *Blockchain e Smart Contract*, a cura di Giordano e Battaglini, Milano, 2019, pp. 315 ss.;

GENTILI A., *La volontà nel contesto digitale: interessi del mercato e diritti delle persone*, in *Rivista trimestrale di diritto e procedura civile*, 3, 2022, pp. 701 ss.;

ID., *Senso e consenso*, I, Torino, 2015;

ID., *Senso e consenso*, II, Torino, 2015;

ID., *L'inefficacia del contratto telematico*, in *Riv. dir. civ.*, 2000, I, p. 747 ss.

GHODOOSI F., *Contracting in the Age of Smart Contracts*, in *Washington Law Review*, 96, 1, 2021, pp. 51 ss.;

GIACCAGLIA M., *Il contratto del futuro? Brevi riflessioni sullo smart contract e sulla perdurante vitalità delle categorie giuridiche attuali e delle norme vigenti del Codice civile italiano*, in *Tecnologie e Diritto*, 1, 2021, pp. 113 ss.;

ID., *Gli Smart Contracts. Vecchi e nuovi(?) paradigmi contrattuali nella prospettiva della protezione dei consumatori*, in *Diritto Mercato Tecnologia*, 2020;

ID., *Considerazioni su blockchain e smart contracts (oltre le criptovalute)*, in *Contratto e Impresa*, 3, 2019, pp. 945 ss.;

GIANCASPRO M., *Is a 'smart contract' really a smart idea? Insights from a legal perspective*, in *Computer Law & Security Review*, 33, 2017, pp. 825 ss.;

GIORDANO M.T., *Il problema degli oracoli*, Aa. Vv. *Blockchain e Smart Contract*, a cura di Giordano e Battaglini, Milano, 2019, pp. 255 ss.;

GIORGIANNI M., *L'obbligazione*, 1, Milano, 1968, pp. 328-329;

GIOVA S., *La conclusione del contratto via Internet*, Napoli, 2000;

GITTI G., *La disciplina contrattuale del mercato, dall'autonomia all'automazione*, in *Rivista del diritto commerciale e del diritto generale delle obbligazioni*, 1, 2021, pp. 17 ss.;

GIUDICI P., *ICO e diritto dei mercati finanziari: la prima sentenza americana*, in *Società*, 2019, 1, pp. 55 ss.;

GIULIANO M., *Regolare l'infosfera*, in *Contratto e impresa*, 3, 2021, pp. 885 ss.;

ID., *Blockchain, i rischi del tentativo italiano di regolamentazione*, in *Agenda Digitale*, 2019;

ID., *Blockchain, ecco perché serve un nuovo rapporto tra legge e codice informatico* in *Agenda Digitale*, 2019;

ID., *La Blockchain e gli smart contracts nell'innovazione del diritto nel terzo millennio*, in *Diritto dell'Informazione e dell'Informatica*, 6, 2018, pp. 1023 ss.;

GLEESON S., *Legal Considerations Around Smart Contracts: Contracts Between Computer Programs*, in *Oxford Business Law Blog*, 2021;

GÒMEZ M.A., *(In)fallible Smart Legal Contracts*, in *Legal Challenges in the New Digital Age*, a cura di Rodriguez, Green, Kubica, Leiden, 2021, pp. 29 ss.;

ID., *The chimera of smart contracts*, in *Research handbook on international commercial contracts*, a cura di Hutchison e Myburgh, Cheltenham, 2020, pp. 328 ss.;

GOODENOUGH O.R., *Integrating Smart Contracts with the Legacy Legal System, A US Perspective*, in Aa. Vv. *Blockchain, Law and Governance*, a cura di Cappiello e Carullo, Cham, 2021, pp. 191 ss.;

GORDLEY J., VON MEHREN A.T., *An Introduction to the Comparative Study of Private Law: Readings, Cases, Materials*, Cambridge, 2009;

GRABER C.B., *Internet Creativity, Communicative Freedom and a Constitutional Rights Theory Response to «Code is Law»*, in *Transnational Culture in the Internet Age*, a cura di Candeub, Cheltenham, 2012, pp. 135 ss.

GRECO F., *Gli smart contract nel settore bancario e finanziario*, in Aa. Vv. *Il diritto nell'era digitale. Persona, Mercato, Amministrazione, Giustizia*, a cura di Giordano, Panzarola, Police, Preziosi, Proto, Milano, 2022, pp. 189 ss.;

ID., *Smart Contracts in the financial sector*, in *Rivista di diritto bancario*, 2021, pp. 613 ss.;

GREEN S., *Smart Contracts: Interpretation and Rectification*, in *Lloyd's Maritime and Commercial Law Quarterly*, 2, 10 maggio 2018, pp. 234 ss.;

GREEN S., SANITT A., *Smart Contracts*, in Aa. Vv. *Contents of Commercial Contracts Terms Affecting Freedoms*, a cura di Davies e Raczynska, Oxford, 2020, pp. 191 ss.;

GRIGG I., *On the intersection of ricardian and smart contracts*, in http://iang.org/papers/intersection_ricardian_smart.html, 2015;

ID., *The ricardian contract*, in http://iang.org/papers/ricardian_contract.html, 2004 ;

GUGGENBERGER N., *The Potential of Blockchain for the Conclusion of Contracts*, in *Contracts for the Supply of Digital Content: Regulatory Challenges and Gaps*, a cura di Schulze, Staudenmayer, Lohsse, Baden-Baden, 2017, pp. 83 ss.;

HALABURDA H., LEVINA N., MIN S., *Understanding Smart Contracts as a New Option in Transaction Cost Economics Completed Research Paper*, in SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3506223>, 2019;

HINGLEY T. and A. ROBINSON, *A Smart New World: Blockchain and Smart Contracts*, in <https://s3.amazonaws.com/documents.lexology.com/2365b5db-eb2c-4972-a91e-ce9ce5131b02.pdf?AWSAccessKeyId=AKLAVYILUYJ754JTDY6T&Expires=1668787270&Signature=UuV08qSU4%2FTqgdsx%2FEZcgR93qYQ%3D>, 2016;

- HOLDEN R., MALANI A., *Can Blockchain Solve the Hold-up Problem in Contracts?*, Cambridge, 2021;
- HOLMES O. W., JR., *The Path of the Law*, in *Harv. L. Rev.*, 10, 1897, pp. 457 ss.;
- HOURLANI S., *Cross-Border Smart Contracts: Boosting International Digital Trade through Trust and Adequate Remedies*, UNCITRAL Congress on 'Modernizing International Trade Law to Support Innovation and Sustainable Development, 04-07 July 2017, Vienna, in https://eprints.mdx.ac.uk/23958/6/11-HOURANI-Cross-Border_Smart_Contracts.pdf;
- HSIAO JERRY I-H., "Smart" contract on the blockchain- paradigm shift for contract law?", in *Us-China Law Review*, 14, pp. 685 ss.;
- HU K., ZHU J., DING Y., BAI X., HUANG J., *Smart Contract Engineering*, in *Electronics*, 9, 2020, pp. 2042 ss.;
- IORIO C., *Blockchain e diritto dei contratti: criticita e prospettive*, in *Actualidad Jurídica Iberoamericana*, 16, 2022, pp. 654 ss.;
- IRITIN., *Riconoscersi nella parola*, Bologna, 2020;
- ID., *Per una concezione normativa dell'autonomia privata*, in *Rivista trimestrale di diritto e procedura civile*, 2, 2018, pp. 555 ss.;
- ID., *Il tessitore di Goethe (per la decisione robotica)*, in *Rivista di Diritto Processuale*, 4-5, 2018, pp. 1177 ss.;
- ID., *Un diritto incalcolabile*, *Rivista di diritto civile*, 1, 2015, pp. 11 ss.;
- ID., *Un contratto «incalcolabile»*, *Rivista trimestrale di diritto e procedura civile*, 1, 2015, pp. 17 ss.;
- ID., *La crisi della fattispecie*, in *Rivista di Diritto Processuale*, 2014, 1, pp. 36 ss.;
- ID., *L'uso giuridico della natura*, Roma-Bari, 2013;
- ID., *Il salvagente della forma*, Roma-Bari, 2007;
- ID., *Norma e luoghi. Problemi di geo-diritto*, Roma-Bari, 2006;
- ID., *L'ordine giuridico del mercato*, Roma-Bari, 2003;
- ID., *L'età della decodificazione*, Milano, 1999;
- ID., «È vero ma...» (Replica a Giorgio Oppo), in *Rivista di diritto civile*, 1999, 2, pp. 273 ss.;
- ID., *Scambi senza accordo*, in *Rivista Trimestrale di Diritto e Procedura Civile*, 1998, 2, pp. 347 ss.;
- ID., *Testo e contesto*, Padova, 1996;
- IRITIN., SEVERINO E., *Dialogo su diritto e tecnica*, Roma-Bari, 2001;

ISHAM R.T., *Wyoming's Digital Assets Amendments: Marked Out or Missed Out? A Review of Recent Amendments to Article 9 of the Wyoming UCC*, in *Business Law Today*, 2019;

J.M. LIPSHAW, *The Persistence Of "Dumb" Contracts*, in *Stanford Journal Of Blockchain Law & Policy*, 2.1, 2019, p. 8 ss.;

JACCARD G.O.B., *Smart Contracts and the Role of Law*, in *Jusletter IT*, 23, 2017, pp. 2 ss.;

JACOBS C., LANGE-HAUSSTEIN C., *Blockchain und Smart Contracts: zivil- und aufsichtsrechtliche Bedingungen*, in *IT-Rechts-Berater*, 2017, pp. 10 ss.;

JANSSEN A.U., *Smart Contracting And The New Digital Directives: Some Initial Thoughts*, in *JIPITEC*, 12, 2021, pp. 196 ss.;

JANSSEN A.U., PATTI F.P., *Demistificare gli smart contracts*, in *Osservatorio del diritto civile e commerciale*, 1, 2020, pp. 31 ss.;

JOHARI R., GUPTA K., AND PARIHAR A.S., *Smart Contracts in Smart Cities: Application of Blockchain Technology*, in *Aa. Vv. Innovations in Information and Communication Technologies (IICT-2020)*, a cura di Singh, Polkowski, Tanwar, Kumar, Pandey, Matei, Pirvu, Cham, 2020, pp. 359 ss.;

JUELS A., KOSBA A., SHI E., *The Ring of Gyges: Using Smart Contracts for Crime*, in <http://www.arijuels.com/wp-content/uploads/2013/09/Gyges.pdf>;

KALLENBACH P., BLACKFORD J., WATLING J., *Demystifying Smart Legal Contracts*, in <https://www.minterellison.com/articles/demystifying-smart-legal-contracts>, 2020;

KALLENBACH P., BLACKFORD J., WATLING J., *Unlocking business value with smart legal contracts*, in <https://www.minterellison.com/articles/unlocking-business-value-with-smart-legal-contracts>, 2020;

KALLENBACH P., BLACKFORD J., WATLING J., *Mitigating the risk of automation with smart legal contracts*, in <https://www.minterellison.com/articles/mitigating-the-risk-of-automation-with-smart-legal-contracts>, 2020;

KARAMANLIOĞLU A., *Concept of Smart Contracts – A Legal Perspective*, in *KOSBED*, 2018, 35, pp. 28 ss.;

KAULARTZ M., HECKMANN J., *Smart Contracts – Anwendung der Blockchain-Technologie*, in *Computer und Recht*, 2016, p. 618 ss.;

KOLBER A.J., *Not-So-Smart Blockchain Contracts and Artificial Responsibility*, in *Stanford Technology Law Review*, 21, 2, p. 214 ss.;

KOROYE T., *The comparative nature of smart contracts to traditional contracts in contemporary international commercial transactions*, in https://www.academia.edu/41912515/THE_COMPARATIVE_NATURE_OF_SMART_CONTRACTS_TO_TRADITIONAL_CONTRACTS, 2020;

KOULU A.R., *Law, Technology and Dispute Resolution. Privatisation of Coercion*, Oxon, 2019;

EAD., *Blockchains and Online Dispute Resolution: Smart Contracts as an Alternative to Enforcement*, in *SCRIPTed - A Journal of Law, Technology & Society*, 13, 1, 2016, pp. 67 ss.;

KROGH M., *Transazioni in valute virtuali e rischi di riciclaggio. Il ruolo del notaio*, in *Notariato*, 2018, 2, pp. 155 ss.;

KRONBLAD C., HAAPIO H., *Smart Contracts – Not so Smart Legal Professionals?*, in in: *Jusletter IT*, 2018;

LABELLA E., *Gli smart contract: riflessioni sulle prestazioni “autoesecutive” nel sistema di blockchain*, in *Rivista di diritto dei media*, 3, 2020, pp. 36 ss.;

LAURINI G., *Il notaio e le valute virtuali*, in *Notariato*, 2018, 2, pp. 141 ss.;

LEMME G., *Gli smart contracts e le tre leggi della robotica*, in *Analisi Giuridica dell’Economia*, 1, 2019, pp. 129 ss.;

ID., *Blockchain, smart contracts, privacy, o del nuovo manifestarsi della volontà contrattuale*, in *Privacy digitale. riservatezza e protezione dei dati personali tra gdpr e nuovo codice privacy*, a cura di Tosi, Milano, 2019, pp. 293 ss.;

LESSIG L., *Code and other laws of cyberspace*, New York, 1999;

ID., *Code and other Laws of Cyberspace*, New York, 2006;

LEVI S.D., LIPTON A.B., *An Introduction to Smart Contracts and Their Potential and Inherent Limitations*, 2018;

LICINI C., *Il notaio dell’era digitale: riflessioni gius-economiche*, in *Notariato*, 2018, 2, pp. 142 ss.;

LIELACHER A., *A Cost-Benefit Analysis of Using Smart Contracts in Banking*, in <https://crypto.news/a-cost-benefit-analysis-of-using-smart-contracts-in-banking/>, 2017;

LIM C., SAW T.J., SARGEANT C., *Smart Contracts: Bridging the Gap Between Expectation and Reality*, in *Oxford Business Law Blog*, 2016;

LIU N., *The ‘contracting problem’ revisited: Explaining the formation of algorithmic contracts under the common law*, in *Aa. Vv. Digital Technologies and the Law of Obligations*, a cura di Slakoper e Tot, Londra, 2021;

LONGO A., NICOTRA M., *Rivoluzione PagoPA e in Agid-Team Digitale, ecco che cambia col decreto Semplificazioni*, in *Agenda Digitale*, 2018;

LONGOBUCCO F., *Doveri informativi e neoformalismo negoziale nel contratto on-chain: dalla figura del giurista tradizionale alle nuove frontiere del legal engineering*, in *I problemi dell'informazione nel diritto civile, oggi. Studi in onore di Vincenzo Cuffaro*, a cura di D'Auria, 2022, pp. 201 ss.;

ID., *Smart contract e "contratto giusto": dalla soggettività giuridica delle macchine all'oggettivazione del fatto-contratto. Il ruolo dell'interprete.*, in *Federalismi*, 2, 2021, pp. 106 ss.;

LOPS F.P., *Ritualità e incompletezza dell'atto digitale*, in *Aa.Vv. La circolazione della ricchezza nell'era digitale*, a cura di Cuocci, Lops e Motti, Pisa, 2020, pp. 79 ss.;

LORUSSO D.S., GENTILE N., DE TOTERO I., *Smart contract e patologia contrattuale: l'ipotesi della nullità*, in <https://www.blblex.it/blog.php?id=718&lang=it>, 2018;

LUCCIO F., *La struttura degli algoritmi*, Torino, 1982;

LUCCIO F., FERRAGINA P., *Crittografia. Principi, algoritmi, applicazioni*, Torino, 2001;

LUCCIO F., PAGLI L., *Algoritmi, divinità e gente comune*, Pisa, 2012;

MACARIO F., *Soppravvenienze e gestione del rischio nell'esecuzione del terzo contratto*, in *Il terzo contratto*, a cura di Gitti e Villa, Bologna, 2008, pp. 179 ss.;

MACHEEL T., *Delaware to Push Blockchain, Smart Contract Technologies*, in *American Banker*, 181, 65, pp. 1 ss.;

MACELLARI S., *Blockchain e Smart contracts, che altro?*, in <https://www.theinnovationgroup.it>, 24 novembre 2015;

MACRINICI D., CARTOFEANU C., GAO S., *Smart contract applications within blockchain technology: A systematic mapping study*, in *Telematics and Informatics*, 35, 8, 2018, pp. 2337 ss.;

MAGGIOLO M., *Il contratto predisposto*, Padova, 1996;

MAIO E., *La gestione dell'inadempimento contrattuale negli smart contract*, in *Actualidad Jurídica Iberoamericana*, 16, 2022, pp. 1334 ss.;

MAIORCA S., *Condizione*, in *Digesto disc. priv., Sez. civ., IV*, Torino, 1988, p. 300;

MANCA G., *Blockchain e validazione temporale degli Smart Contract: quali regole in Italia*, in *Agenda Digitale*, 2019;

MANCA G., RICCI A.M., VICARI M., *Blockchain e identità digitale, come gestirla con i registri distribuiti*, in *Agenda Digitale*, 2019;

MANENTE M., *Studio 1_2019 DI – Legge 12/2019 – Smart contract e tecnologie basate su registri distribuiti – Prime note*, in <https://notariato.it/wp-content/uploads/S-1-2019-DI.pdf>;

ID., *Blockchain: la pretesa di sostituire il notaio*, in *Notariato*, 2016, 3, pp. 211 ss.;

MARCHESONI E., *Blockchain e assicurazioni, ecco il ruolo dello smart contract*, in *Agenda Digitale*, 2019;

MARCHETTI G., *Lineamenti evolutivi della potestatività condizionale: dal contratto allo smart contract*, in *Rivista di diritto civile*, 1, 2022, pp. 121 ss.;

MARTONE I., *Gli smart contracts. Fenomenologia e funzioni*, Napoli, 2022;

EAD., *Gli Smart Contracts nell'era dell'Intelligenza Artificiale tra entusiasmo e scetticismo*, in *Corti fiorentine*, 3, 2021, pp. 55 ss.;

MATTHEWS M., *How Smart Contracts are Changing Legal Contracts*, in *Law technology today*, 2020;

MAUGERI M., *Smart Contracts, Consumer Protection, and Competing European Narratives of Private Law*, in *German Law Journal*, 23, 2022, pp. 900 ss.;

EAD., *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, Bologna, 2021;

EAD., *Smart Contracts*, in *Aa. Vv. Enciclopedia del Diritto*, 1, 2021, pp. 1132 ss.;

EAD., *La Risoluzione del Parlamento europeo del 20 ottobre 2020 sugli Smart Contracts nella prospettiva del diritto dei contratti e della concorrenza*, in *Contratto e impresa Europa*, 1, 2021, pp. 25 ss.;

EAD., *Smart contracts e disciplina dei contratti*, in *Osservatorio del diritto civile e commerciale*, 2020, pp. 375 ss.;

EAD., *Elementi di criticità nell'equiparazione, da parte dell'AEEGSI, dei prosumer ai consumatori e ai clienti finali*, in *Nuova Giurisprudenza Civile Commentata*, II, 2015, pp. 406 ss.;

MCKINNEY S.A., LANDY R., WILKA R., *Smart contracts, blockchain, and the next frontier of transnational law*, in *Washington Journal of Law, Technology & Arts*, 13, 2018, pp. 320 ss.;

MEZQUITA Y., VALDEOLMILLOS D., O GONZÁLEZ-BRIONES A., PRIETO J., CORCHADO J.M., *Legal Aspects and Emerging Risks in the Use of Smart Contracts Based on Blockchain*, in *Knowledge Management in Organizations*, a cura di Uden, Ting, Corchado, Cham, 2019, pp. 525 ss.;

MEIER O., SANNAJUST A., *The smart contract revolution: a solution for the holdup problem?*, in *Small Business Economics*, 2021, 57, 2, 25, pp. 1073 ss.;

- MEZZA M., *Algoritmi di libertà*, Roma, 2018;
- MIK E., *Smart contracts: Terminology, technical limitations and real world complexity*, in *Law, Innovation and Technology*, 9, 2, 2017, p. 1 ss.;
- MIRABELLI G., *Delle obbligazioni. Dei contratti in generale (Artt. 1321-1469)*, in *Commentario del Codice Civile*, Torino, 1980, p. 45;
- MIRAGLIA C., ORSINI V., *Gli smart contract tra falsi miti e teoria generale*, in Aa. Vv. *Temì di diritto civile*, a cura di Miraglia, Goytacazes RJ, 2019, pp. 143 ss.;
- MOMOT T., TESLENKO R., TUMIETTO D., *Blockchain e DLT per la pubblica utilità: gli esempi più promettenti e i problemi da risolvere*, in *Agenda Digitale*, 2019;
- MONAX, *Smart Contracts*, in https://monax.io/learn/smart_contracts/;
- MONTI S., *Il contratto dall'uomo alla macchina e... viceversa?*, in *Contratti*, 4, 2021, pp. 452 ss.;
- MORACE PINELLI A., *Il contratto giusto*, in *Rivista di diritto civile*, 3, 2020, pp. 663 ss.;
- MULHALL J.E., *Blockchain and The Future of Finance*, in <https://www.forbes.com/sites/kpmg/2018/09/11/blockchain-and-the-future-of-finance/?sb=7a9b9228620f>, 2018;
- MURINO F., *Il conferimento di token e di criptovalute nelle s.r.l.*, 2019, in *Società*, 1, pp. 26 ss.;
- MYKYTA S., *Smart legal contract as a future of contracts enforcement*, <https://ssrn.com/abstract=3208292>, 2018;
- NASTRI M., *Blockchain, Smart Contracts and New Certainties: What Future for Notaries?*, in Aa. Vv. *Blockchain, Law and Governance*, a cura di Cappiello e Carullo, Cham, 2021, pp. 221 ss.;
- NATARAJAN H., KRAUSE S.K., GRADSTEIN H.L., *Distributed Ledger Technology (DLT) and blockchain, FinTech note, no. 1 Washington, D.C.: World Bank Group*, in <https://documents1.worldbank.org/curated/en/134831513333483951/pdf/WP-PUBLIC-Distributed-Ledger-Technology-and-Blockchain-Fintech-Notes.pdf>, 2017;
- NAVA G., *I non-fungible token*, in Aa. Vv. *Il diritto nell'era digitale. Persona, Mercato, Amministrazione, Giustizia*, a cura di Giordano, Panzarola, Police, Preziosi, Proto, Milano, 2022, pp. 242 ss.;
- NICOLÒ R., *Raccolta di scritti*, I, Milano, 1980;

NICOTRA M., *Gli smart contracts nell'ambito della teoria dei contratti*, in Aa. Vv. *Il diritto di internet nell'era digitale*, a cura di Cassano e Previti, Milano, 2020, pp. 605 ss.;

ID., *L'Italia prova a normare gli smart contract, ecco come: pro e contro*, in *Agenda Digitale*, 2019;

NICOTRA M., SARZANA DI S. IPPOLITO F., *Blockchain, ecco l'efficacia in Italia dopo il decreto semplificazioni*, in *Agenda Digitale*, 2018;

NICOTRA M., SARZANA DI S. IPPOLITO F., *Il decreto semplificazioni aiuterà la blockchain in Italia, ecco perché*, in *Agenda Digitale*, 2018;

O'SHIELDS R., *Smart Contracts: Legal Agreements for the Blockchain*, in *North Carolina Banking Institute*, 21, 2017, pp. 177 ss.;

NUZZO A., *Introduzione. Le ragioni di un'indagine giuridica della blockchain*, in Aa. Vv. *Blockchain e autonomia privata. Fondamenti giuridici*, a cura di Nuzzo, Roma, 2019, pp. 7 ss.;

ID., *Algoritmi e regole*, in *Analisi Giuridica dell'Economia*, 1, 2019, pp. 39 ss.;

OPPO G., *Disumanizzazione del contratto?*, in *Rivista di diritto civile*, 1998, I, p. 525 ss.;

ORLANDO S., *Profili definitori degli "smart contracts"*, in Aa. Vv. *INTERNET CONTRATTO E PERSONA Quale futuro?*, a cura di Clarizia, Pisa, 2021, pp. 41 ss.;

ID., *Blockchain and Smart Contract defined by Italian Law but follow-up guidelines and technical standards still missing*, in *Computer Law & Security Review*, 36, 2020, p. 2;

ORTOLANI P., *Smart Contracts, ODR and the New Landscape of the Dispute Resolution Market*, in Aa. Vv. *Blockchain, Law and Governance*, a cura di Cappiello e Carullo, Cham, 2021, pp. 215 ss.;

ID., *The impact of blockchain technologies and smart contracts on dispute resolution: arbitration and court litigation at the crossroads*, in *Uniform Law Review*, 24, 2, 2019, pp. 430 ss.;

ID., *Self-enforcing online dispute resolution: lessons from bitcoin*, in *Oxford journal of legal studies*, 2016, pp. 529 ss.;

OSTI G., *Clausola rebus sic stantibus*, in *Noviss. dig. it.*, IV, Torino, 1959, pp. 353 ss.

ID., *Appunti per una teoria della "sopravvenienza". La così detta clausola "rebus sic stantibus" nel diritto contrattuale odierno*, in *Riv. dir. civ.*, 1913, pp. 471 ss.;

ID., *La così detta clausola «rebus sic stantibus» nel suo sviluppo storico*, in *Riv. dir. civ.*, 1912, p. 2 ss.;

PANISI, *Gli "smart contract". Contratti o software?*, in <https://medium.com/tech-mood/gli-smart-contract-contratti-o-software-71caab28c36c>;

PARDOLESI R., DAVOLA A., «*Smart contract*»: *lusinghe ed equivoci dell'innovazione purchessia*, in *Foro Italiano*, 4, 2019, pp. 203 ss.;

PARDOLESI R., *Tutela specifica e tutela per equivalente nella prospettiva dell'analisi economica del diritto: trent'anni dopo*, in *Processo e tecniche di attuazione dei diritti: omaggio a Salvatore Mazza*, a cura di Grisi, Napoli, 2019, pp. 739 ss.;

ID., *What Is Wrong in the Debate About Smart Contracts*, in <http://ssrn.com>, 2019;

PARISI F., *Il contratto concluso mediante computer*, Padova, 1987;

PAROLA L., *Blockchain e contratti intelligenti: uno sguardo al mercato dell'energia*, in Aa. Vv. *Aspetti della transizione: il teleriscaldamento, la #blockchain e i contratti intelligenti. Atti degli atelier Aiden*, a cura di Bruti Liberati, De Focatiis, Travi, Padova, 2019, pp. 108 ss.;

ID., *Blockchain e smart contract*, in https://associazioneaiden.it/images/downloads/Aiden_Blockchain_16_aprile_2019_AVV_Lorenzo_Parola.pdf, 2019;

PAROLA L., MERATI P., GAVOTTI G., *Blockchain e smart contract: questioni giuridiche aperte*, in *Contratti*, 6, 2018, pp. 681 ss.;

PASA B., DI MATTEO L.A., *Observations on the Impact of Technology on Contract Law*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 334 ss.;

PASQUINO V., *Smart contracts: caratteristiche, vantaggi e problematiche*, in *Diritto e Processo*, 2017, pp. 239 ss.;

PATTI F.P., *Blockchain, smart contracts e criptovalute*, in Aa. Vv. *Manuale di diritto privato delle nuove tecnologie*, a cura di Magri, Thobani, Martinelli, Torino, 2022, pp. 255 ss.;

PELLECCHIA E., *Profilazione e decisioni automatizzate al tempo della black box society: qualità dei dati e leggibilità dell'algoritmo nella cornice della responsible research and innovation*, in *Le Nuove Leggi Civili Commentate*, 2018, 5, pp. 1209 ss.;

PELLEGRINI T., *Gli smart contract*, in *Diritto privato digitale*, a cura di Battelli, Torino, 2022, pp. 261 ss.;

ID., *Prestazioni auto-esecutive. Smart contract e dintorni*, in *Comparazione e diritto civile*, 3, 2019, pp. 843 ss.;

PERLINGIERI C., *Diritto privato delle nuove tecnologie: contenuti e competenze*, in *Tecnologie e Diritto*, 2021, pp. 75 ss.;

PERLINGIERI G., *Appunti sul contratto telematico*, Napoli, 2000;

PERLINGIERI G., LAZZARELLI F., *Internet e il contratto*, in Aa. Vv. *Manuale di diritto dell'informatica*, a cura di Valentino, Napoli, 2016, pp. 272 ss.;

PERNICE C., *Smart contract e automazione contrattuale: potenzialità e rischi della negoziazione algoritmica nell'era digitale*, in *Diritto del Mercato Assicurativo e Finanziario*, 1, 2019, pp. 117 ss.

PERNICE E., *Smart contract: software o contratto? Tentativo di applicazione delle norme sulla teoria generale del contratto*, in *Cyberspazio e diritto*, 23, 70, 1, 2022, pp. 49 ss.;

PERUGINI M.L., *Distributed ledger technologies e sistemi di Blockchain: digital currency, smart contract e altre applicazioni*, Milano, 2018;

PERUGINI M.L., DAL CHECCO P., *Introduzione agli Smart Contract*, in <http://ssrn.com>, 8 dicembre 2015;

PIATTI L., *Gli smart contract*, in Aa. Vv. *Competenze digitali per il giurista*, a cura di Ziccardi e Perri, Milano, 2022, pp. 277 ss.;

ID. *I contratti informatici e gli smart contract*, in Aa. Vv. *Tecnologia e diritto. Informatica giuridica. Data governance, protezione dei dati e GDPR, mercato unico digitale, blockchain, Pubblica Amministrazione digitale*, a cura di Ziccardi e Perri, II, Milano, 2019, pp. 353 ss.;

ID., *Blockchain, decentralizzazione e privacy: un nuovo approccio del diritto*, in *Cyberspazio e Diritto*, 1, 2, 2018, pp. 325 ss.;

ID., *Dal Codice Civile al codice binario: blockchain e smart contracts*, in *Cyberspazio e diritto*, 3, 2016, pp. 325 ss.;

PIGNALOSA M.P., *Il consumatore calcolante*, Napoli, 2021;

EAD., *Contratti a distanza e recesso del consumatore*, Milano, 2016;

EAD., *Educazione e informazione*, in *Manuale del diritto dei consumatori*, a cura di Catricalà e Pignalosa, Roma, 2013, pp. 43 ss.;

EAD., *Particolari modalità di conclusione del contratto: contratti negoziati fuori dei locali commerciali e contratti a distanza*, in *Manuale del diritto dei consumatori*, a cura di Catricalà e Pignalosa, Roma, 2013, pp. 173 ss.;

- PISELLI R., *Autonomia negoziale, potere e blockchain. La rivoluzione del contratto*, in Aa. Vv. *Blockchain e autonomia privata. Fondamenti giuridici*, a cura di Nuzzo, Roma, 2019, pp. 51 ss.
- PONCIBÒ C., *Smart contract: un breve viaggio nel futuro del diritto dei consumatori*, in *Annuario di Diritto Comparato e di Studi Legislativi*, Napoli, 2020, pp. 1 ss.;
- EAD., *Profili di legge applicabile e scelta del foro*, in Aa. Vv. *Blockchain e Smart Contract*, a cura di Giordano e Battaglini, Milano, 2019, pp. 347 ss.;
- PONCIBÒ C., DI MATTEO L.A., *Smart Contracts: Contractual and Noncontractual Remedies*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 118 ss.;
- POZZATO G., *Algoritmo*, in Aa. Vv. *Dizionario Legal Tech*, a cura di Perri e Ziccardi, Milano, 2020, pp. 26 ss.;
- PROTO M., *Questioni in tema di intelligenza artificiale e disciplina del contratto*, in Aa. Vv. *Il diritto nell'era digitale. Persona, Mercato, Amministrazione, Giustizia*, a cura di Giordano, Panzarola, Police, Preziosi, Proto, Milano, 2022, pp. 175 ss.;
- QUARTA A., SMORTO G., *Diritto privato dei mercati digitali*, Firenze, 2020;
- RAHMAN M., BAIARDI F., RICCI L., *Blockchain Smart Contract for Scalable Data Sharing in IoT: A Case Study of Smart Agriculture*, in https://www.researchgate.net/publication/349207080_Blockchain_Smart_Contract_for_Scalable_Data_Sharing_in_IoT_A_Case_Study_of_Smart_Agriculture, 2020;
- RAMPONE F., *I dati personali in ambiente blockchain tra anonimato e pseudonimato*, in *Cyberspazio e Diritto*, 3, 2018;
- RAMPONE F., *Linee Guida AgID e il paradosso della forma scritta*, in <https://associazioneblockchain.it/wp-content/uploads/2020/02/20.02.14-Le-Linee-Guida-dellAgID-su-smart-contract.pdf>, 2020;
- ID., *Smart contract: né smart, né contract*, in *Rivista di diritto privato*, 2, 2019, pp. 1 ss.;
- RAO M., LEZZI L., GERMANI A.R., *Blockchain e smart contracts: sfide e opportunità di un futuro già presente*, in *Diritto Mercato Tecnologia*, 2021, pp. 6 ss.;
- RASKIN I.M., *The law and legality of smart contracts*, in *Georgetown Law Technology Review*, 1, 2, 2017, pp. 305 ss.;
- ID., *Realm of the Coin: Bitcoin and Civil Procedure* in *Fordham Journal of Corporate & Financial Law*, 20, 4 2015, pp. 969 ss.;

- RAUCHS M., GLIDDEN A., GORDON B., PIETERS G., RECANATINI M., ROSTAND F., RAZZINI A., *Blockchain e protezione dei dati personali alla luce del Regolamento europeo*, in *Cyberspazio e Diritto*, 1, 2, 2018, pp. 197 ss.;
- REIDENBERG J., *Lex Informatica: The Formulation of Information Policy Rules through Technology*, in *Tex Law Rev*, 76, 1997, pp. 55 ss.;
- REMOTTI G., *Blockchain smart contract. Un primo inquadramento*, in *Osservatorio del diritto civile e commerciale*, 1, 2020, pp. 189 ss.;
- REYES C.L., *A Unified Theory of Code Connected Contracts*, in *The Journal of Corporation Law*, 46, 2021, pp. 981 ss.;
- RIET P.L., *Blockchain-Based Smart Contracts for beginners*, in *Rivista di Diritto del Risparmio*, 2, 2020, pp. 1 ss.
- RIGAZIO S., *Smart contracts e tecnologie basate su registri distribuiti nella l. 12/2019*, in *Il diritto dell'informazione e dell'informatica*, 2, 2021, pp. 369 ss.;
- RINALDI G., *Smart contract: meccanizzazione del contratto nel paradigma della blockchain*, in Aa. Vv. *Diritto e intelligenza artificiale*, a cura di Alpa, Pisa, 2020, pp. 343 ss.;
- ROBUSTELLA C., PAPADIMITRIU C.E., *Spunti ricostruttivi in tema di smart contracts, tra innovazione tecnologica e regola giuridica*, in *P.A. Persona e Amministrazione*, 10, 1, 2022, pp. 964 ss.;
- RODRIGUES B. ET AL., *A Blockchain-Based Architecture for Collaborative DDoS Mitigation with Smart Contracts*, in *Security of Networks and Services in an All-Connected World*, Cham, 2017, p. 18 ss.;
- ROMANO B., *Algoritmi al potere. Calcolo giudizio pensiero*, Torino, 2018;
- ROPPO V., *Il contratto*, in *Trattato di diritto privato*, a cura di Iudica e Zatti, Milano, 2011, p. 96;
- RUDANKO M., *Smart Contracts and Traditional Contracts: Views of Contract Law*, in Aa. Vv. *Smart Contracts: Technological, Business and Legal Perspectives*, a cura di Compagnucci, Fenwick e Wrбка, Oxford, 2021, pp. 59 ss.;
- RUNDO F., CONOCI S., *Tecnologia «blockchain»: dagli smart contract allo smart driving. Spunti di riflessione sulla normativa e sulla sostenibilità tecnologica*, in *Sicurezza e giustizia*, 2017, 3, pp. pp. 53 ss.
- RYAN P., *Smart Contract Relations in e-Commerce: Legal Implications of Exchanges Conducted on the Blockchain*, in *Technology Innovation Management Review*, 7, 10, 2017, pp. 10 ss.;

RUGGIERO E., *Il contratto telematico*, Napoli, 2003;

RÜHL R., *Smart (Legal) Contracts, or: Which (Contract) Law for Smart Contracts?*, in Aa. Vv. *Blockchain, Law and Governance*, a cura di Cappiello e Carullo, pp. 159 ss.;

SACCO R., *Autonomia contrattuale e tipi*, in *Rivista Trimestrale di Diritto e Procedura Civile*, I, 1966, pp. 790 ss.;

SACCO R., DE NOVA G., *Il contratto*, Assago, 2016;

SAFFIOTI A., *Smart Contract: quadro normativo e applicazioni, ilmiolibro self publishing*, 2022;

SALITO G., *Smart contract*, in *Digesto delle Discipline Privatistiche - Sezione Civile*, 2019, pp. 393 ss.;

SAMUELS K., *Implementing Blockchain Technology: Understanding Smart Contracts*, in *Business Vancouver*, 2018, p. 25;

SANTORO PASSARELLI F., *Dottrine generali del diritto civile*, Napoli, 1966;

SANTOSUOSSO A., *About Smart Contract Dispute Resolution*, in Aa. Vv. *Blockchain, Law and Governance*, a cura di Cappiello e Carullo, Cham, 2021, pp. 205 ss.;

ID., *Intelligenza artificiale e diritto. Perché le tecnologie di IA sono una grande opportunità per il diritto*, Milano, 2020;

SARTOR G., F. LAGIOIA, *Le decisioni algoritmiche tra etica e diritto*, in Aa. Vv. *Intelligenza artificiale. Il diritto, i diritti, l'etica*, a cura di Ruffolo, pp. 63 ss.;

SARZANA DI S. IPPOLITO F., *Blockchain nel Ddl Semplificazioni, conseguenze e problemi dell'attuale testo*, in *Agenda Digitale*, 2019;

ID., *I contratti di Internet e del commercio elettronico*, Milano, 2001;

SARZANA DI S. IPPOLITO F., NICOTRA M., *Diritto della blockchain, intelligenza artificiale e IoT*, Milano, 2018;

SAVELYEV A., *Contract Law 2.0: «Smart» Contracts As the Beginning of the End of Classic Contract Law*, in *Information & Communications Technology Law*, 26, 2, 2017, pp. 116 ss.;

SCHOLZ L.H., *Algorithmic Contracts and Consumer Privacy*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 256;

EAD., *Algorithmic contracts*, in *Stanford Technology Law Review*, 20, 2, 2017, pp. 128 ss.;

EAD., *Algorithms and Contract Law*, in *The Cambridge Handbook of the Law of Algorithms*, a cura di Barfield, Cambridge, 2020, pp. 141 ss.;

- SCUTIERO F., *Smart contract e sistema di diritto, un connubio tutto da definire*, in *Il Foro napoletano*, 1, 2019, pp. 113 ss.
- SHEHATA I., *Arbitration of Smart Contracts Part 1 – Introduction to Smart Contracts*, in *Kluwer Arbitration Blog*, 2018;
- ID., *Arbitration of Smart Contracts Part 2 – Recommendations for the Future Landscape of Smart Contracts*, in *Kluwer Arbitration Blog*, 2018;
- SCHREPEL T., *Collusion by blockchain and smart contracts*, in *Harvard Journal of Law & Technology*, 33, 1 2019, pp. 117 ss.;
- SCIALOJA A., *L'offerta a persona indeterminata ed il contratto concluso mediante automatico*, Città di Castello, 1902;
- SIGNORELLI A., *La tutela del consumatore in blockchain: nuovi sistemi di scambio, smart contract e neoformalismo giuridico*, in Aa. Vv. *Blockchain e autonomia privata. Fondamenti giuridici*, a cura di Nuzzo, Roma, 2019, pp. 67 ss.;
- SIMONELLI A., *Scambi senza accordo: evoluzione delle invalidità negoziali e ruolo del giudice*, in *Giuricivile*, 1, 31 Gennaio 2019;
- SIR LAWS J., *The Rule of Law: The Presumption of Liberty and Justice*, in *Judicial Review*, 22, 4, 2017, pp. 365 ss.;
- SIRENA P., PATTI F.P., *Blockchain and contract law: Smart contract*, in Aa. Vv. *Blockchain and Public Law*, a cura di Pollicino e De Gregorio, Cheltenham, 2021, pp. 202 ss.;
- SIRENA P., PATTI F.P., *Smart contracts and automation of private relationships*, in *Bocconi legal studies research paper series*, 3662402, 2020;
- SIRGIOVANNI B., *La tutela del cliente-consumatore nel mercato unico digitale*, in Aa. Vv. *Il diritto nell'era digitale. Persona, Mercato, Amministrazione, Giustizia*, a cura di Giordano, Panzarola, Police, Preziosi, Proto, Milano, 2022, pp. 415 ss.;
- SKLAROFF J.M., *Smart Contracts and the Cost of Inflexibility*, in *Columbia law school's blog on corporations and the capital markets*, 2018;
- SOKOLOV M., *Smart Legal Contract as a Future of Contracts Enforcement*, in <https://ssrn.com/abstract=3208292>, 2018;
- SOLDAVINI P., *Il contratto si fa smart*, in <https://nova.ilsole24ore.com/progetti/il-contratto-si-fa-smart/>, 2016;
- SPARANO R., *Smart contract e risoluzione delle controversie*, in Aa. Vv. *Il diritto di internet nell'era digitale*, a cura di Cassano e Previti, Milano, 2020, pp. 649 ss.;

STABILE E., *Gli ELI Principles on Blockchain Technology, Smart Contracts and Consumer Protection*, in *Persona e Mercato*, 3, 2022, pp. 512 ss.;

STARK J., *Making Sense of Blockchain Smart Contracts*, in *Coindesk*, 2016, in www.coindesk.com/making-sense-smart-contracts/;

STAZI A., *Tutela dei contraenti deboli negli smart contracts*, in *Saggi di diritto dei consumi*, a cura di Catricalà e Pignalosa, Torino, 2020, pp. 169 ss.;

ID., *Automazione contrattuale e “contratti intelligenti”*, Torino, 2019;

ID., *Smart Contracts and Comparative Law A Western Perspective*, Torino, 2021;

SUROWIECKI J., *La saggezza delle folle*, 2007;

SZABO N., *A Formal Language for Analyzing Contracts*, in <https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/contractlanguage.html>, 2002;

ID., *Secure Property Titles with Owner Authority*, in *Nick Szabo's Essays, Papers, and Concise Tutorials*, 1998;

ID., *The Idea of Smart Contracts*, in https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_idea.html, 1997;

ID., *Formalizing and Securing Relationships on Public Networks*, in *First Monday*, 2, 9, 1997;

ID., *Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets*, in https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_2.html, 1996;

ID., *Smart Contracts Glossary*, in https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_glossary.html, 1995;

ID., *Smart Contracts*, in *Nick Szabo's Essays, Papers, and Concise Tutorials*, 1995;

ID., *Smart Contracts*, in <https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html>, 1994;

SZCZERBOWSKI J.J., *Place of Smart Contracts in Civil Law*, in *Private College of Economic Studies Znojmo*, pp. 333 ss.;

TEMTE M.N., *Blockchain Challenges Traditional Contract Law: Just How Smart Are Smart Contracts?*, in *Wyoming Law Review*, 19, 1, 2019, pp. 110 ss.;

TJONG TJIN TAI E., *Smart Contracts As Execution Instead of Expression*, in <https://ssrn.com/abstract=3729338>;

ID., *Challenges of Smart Contracts: Implementing Excuses*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 80 ss.;

ID., *Force Majeure and Excuses in Smart Contracts*, *Tilburg Private Law Working Paper*, 10, 2018;

ID., “*Formalizing contract law for smart contracts*”, *Tilburg Private Law Working Paper Series 6*, 2017, in <http://www.ssrn.com/link/Tilburg-Private-Law.html>;

TOFFALORI C., *Algoritmi*, Bologna, 2015;

TORRENTE A., SCHLESINGER P., *Manuale di diritto privato*, Milano, 2021;

TOSI E., *Diritto privato delle nuove tecnologie*, Milano, 2021;

ID., *Contratti informatici, telematici e virtuali. Nuove forme e procedimenti formativi*, Milano, 2010;

ID., *Il contratto virtuale. Procedimenti formativi e forme negoziali tra tipicità e atipicità*, Milano, 2005;

TRAVIA N., *La tecnologia blockchain*, in *Diritto privato digitale*, a cura di Battelli, Torino, 2022, pp. 289 ss.;

ID., *Profili internazionali del diritto degli smart contract*, in Aa. Vv. *Blockchain e Smart Contract*, a cura di Giordano e Battaglini, Milano, 2019, pp. 389 ss.;

TRIMARCHI P., *Il contratto: inadempimento e rimedi*, Milano, 2010;

TROIANO S., *Il contratto tra analogico e digitale*, in *Pactum Rivista di diritto dei contratti*, 1, 2022, pp. 56 ss.;

TRUBIANI F., *I soggetti del commercio elettronico: limiti delle attuali definizioni legislative e prospettive future*, in *Saggi di diritto dei consumi*, a cura di Catricalà e Pignalosa, Torino, 2020, pp. 11 ss.;

TSHIBENDE L.M., *Smart Contracts: Issues of Property and Security Rights*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 240 ss.;

UNSWORTH R., *Smart Contract This! An Assessment of the Contractual Landscape and the Herculean Challenges it Currently Presents for “Self-executing” Contracts*, in Aa. Vv. *Legal Tech*,

- Smart Contracts and Blockchain*, a cura di Corrales, Fenwick, Haapio, Singapore, 2019, pp. 17 ss.;
- VACIAGO G., *Le competenze del giurista del futuro e la nuova didattica dell'informatica giuridica*, in Aa. Vv. *Competenze digitali per il giurista*, a cura di Ziccardi e Perri, Milano, 2022, pp. 215 ss.;
- VAGNEUR K., ZHANG B., *Distributed Ledger Technology Systems a Conceptual Framework*, Cambridge Centre for Alternative Finance, 2018;
- VELLA A., ELLUL K., *Smart Contracts: Are they a Viable Replacement to the Standard Civil Law Contract?*, in <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=8ffc3aa9-8cfd-49ed-a720-1ba21b5a87da>, 2017;
- VERSTRAETE M., *The Stakes of Smart Contracts*, in *Loyola University Chicago Law Journal*, 50, 2018, pp. 743 ss.;
- VESPIGNANI A., RIJTANO R., *L'algoritmo e l'oracolo*, Milano, 2019;
- VULPIANI G., *La nullità del contratto nel diritto civile italiano tra frammentazione, recupero e nuove tecnologie*, in *Actualidad Jurídica Iberoamericana*, 16, 2022, pp. 412 ss.;
- WALLIS D., *Visions of Future: Smart Contracts, Blockchain, and Artificial Intelligence*, in Aa. Vv. *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, a cura di Di Matteo, Cannarsa, Poncibò, I, 1, Cambridge, 2020, pp. 359 ss.;
- WANG J., LEI C., *Will Innovative Technology Result in Innovative Legal Frameworks? – Smart Contracts in China*, *European Review of Private Law*, 6, 2019, pp. 921 ss.;
- WEBER R.H., «Rose is a rose is a rose is a rose» - what about code and law?, in *Computer Law & Security Review*, 2018;
- WERBACH K., CORNELL N., *Contracts ex machina*, in *Duke Law Journal*, 67, 2017, pp. 360 ss.;
- WOEBBEKING M.K., *The Impact of Smart Contracts on Traditional Concepts of Contract Law*, in *JIPITEC*, 10, 2019, pp. 106 ss.;
- WRIGHT A., DESAI P., LEWIN F., VAN ADRICHEM B., BENJAMIN L., «Smart Contracts» & Legal Enforceability. Reports. 2, in <https://larc.cardozo.yu.edu/blockchain-project-reports/2>, 2018, pp. 25 ss.;
- WRIGHT A., DE FILIPPI P., *Decentralized blockchain technology and the rise of lex cryptographia*, in https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2580664, 2015;

- ZACCARIA G., *Figure del giudicare: calcolabilità, precedenti, decisione robotica*, in *Rivista di diritto civile*, 2, 2020, p. 294 ss.;
- ZENO ZENCOVICH V., “*Smart Contract*”, “*Granular Norms*” and *Non-Discrimination*, in *Algorithmic Regulation and Personalized Law*, a cura di Christoph Busch, Monaco di Baviera, 2021, pp. 264 ss.;
- ZICCARDI G., *Il computer e il giurista*, Milano, 2015;
- ID., *Internet, controllo e libertà*, Milano, 2015;
- ID., *Tecnologie per il potere*, Milano, 2019;
- ZIMATORE A., *Eventi esterni e rischi di demolizione del contratto. Il contratto ‘aperto’ all’adattamento: meccanismi e clausole*, in *Luiss Law Review*, 2, 2021, pp. 50 ss.;
- ZOPPINI A., *Considerazioni generali su contratto e nuove tecnologie*, in Aa. Vv. *INTERNET CONTRATTO E PERSONA Quale futuro?*, a cura di Clarizia, Pisa, 2021, pp. 29 ss.;
- ZUMERLE F., BERTI R., *La finanza decentralizzata e □ una naturale evoluzione dei concetti di criptovaluta e di smart-contract, consentendo una disintermediazione di un fenomeno rigidamente regolato come quello della finanza tradizionale*, in *Agenda digitale*, 2021.

REPORT DI GRUPPI DI RICERCA

EU BLOCKCHAIN OBSERVATORY AND FORUM, *Legal and Regulatory Framework of Blockchains and Smart Contracts*, in https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/report_legal_v1.0.pdf;

INTERNATIONAL ORGANIZATION OF SECURITIES COMMISSION, *IOSCO Research Report on Financial Technologies (Fintech)*, in <https://www.iosco.org/library/pubdocs/pdf/IOSCOPD554.pdf>;

LAW COMMISSION, *Smart Legal Contracts Advice to Government*, in <https://s3-eu-west-2.amazonaws.com/lawcom-prod-storage-11jsxou24uy7q/uploads/2021/11/Smart-legal-contracts-accessible.pdf>, 2021;

LAW COMMISSION, *Smart Legal Contracts Summary*, in https://s3-eu-west-2.amazonaws.com/lawcom-prod-storage-11jsxou24uy7q/uploads/2021/11/6.7776_LC_Smart_Legal_Contracts_2021_Final.pdf, 2021;

LAW COMMISSION, *Smart legal contracts Responses to call for Evidence*, in <https://s3-eu-west-2.amazonaws.com/lawcom-prod-storage-11jsxou24uy7q/uploads/2021/12/211208-Smart-Contracts-Compiled-Responses-redacted-final.pdf>;

LAW COMMISSION, *Smart contracts Call for evidence*, in <https://s3-eu-west-2.amazonaws.com/lawcom-prod-storage-11jsxou24uy7q/uploads/2020/12/201216-Smart-contracts-call-for-evidence.pdf>, 2020;

TENGE E., SCHÄFFNER M., YPMA P. ET AL., *Study on blockchains: legal, governance and interoperability aspects*, in <https://data.europa.eu/doi/10.2759/4240>, Luxembourg, 2020;

UK GOVERNMENT OFFICE FOR SCIENCE REPORT, *Distributed Ledger Technology: beyond blockchain*, 2015;

UK JURISDICTION TASKFORCE, *Legal statement on cryptoassets and smart contracts*, in https://35z8e83m1ib83drye280o9d1-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2019/11/6.6056_JO_Cryptocurrencies_Statement_FINAL_WEB_111119-1.pdf, 2019;

UNCITRAL/UNIDROIT *Workshop Rome*, Seat UNIDROIT 6 and 7 May 2019, *Summary of the Discussion and Conclusions*, in

<https://www.unidroit.org/english/news/2019/190506-unidroit-uncitral-workshop/conclusions-e.pdf>,

United Nations Commission on International Trade Law Fifty-third session New York, 6–17 July 2020, *Exploratory work on legal issues related to the digital economy – reports of events*, in <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/LTD/V20/025/69/PDF/V2002569.pdf?OpenElement>.

Infine, mi sia consentito un ringraziamento al Professor Zimatore, tutor del mio percorso di dottorato.

Non ci sono parole sufficienti ad esprimere tutta la mia stima e gratitudine nei confronti del Professore, non solo per gli innumerevoli insegnamenti che mi ha trasmesso durante questi anni di ricerca, ma anche per avermi consentito di far parte di un gruppo accademico stimolante, che ha contribuito alla mia crescita personale e professionale.

Colgo questa occasione per ringraziare il Professore anche per le Sue lezioni dei corsi di Diritto Privato 1 e Diritto Privato 2, nel lontano 2014, di cui ancora custodisco gelosamente gli appunti.

Quelle lezioni hanno dato origine alla mia passione per lo studio del diritto privato, e, pertanto, se non le avessi frequentate, probabilmente, non sarei arrivata fino a qui.