

"Smart contracts e Pubblica Amministrazione: profili giuridici e prospettive di applicazione"

Sommario: *Introduzione; 1. Evoluzione storica e principi giuridici degli smart contracts; 2. Quadro normativo di riferimento; 3. Rapporti smart contracts – PA; 4. Conseguenze derivanti dall'utilizzo degli smart contracts; 5. Prospettive future e sviluppi normativi; Conclusioni.*

Introduzione

La tecnologia ha profondamente trasformato il panorama giuridico, favorendo la comparsa di strumenti capaci di ridefinire le dinamiche contrattuali e i meccanismi di esecuzione delle obbligazioni. Tra le applicazioni più rilevanti della tecnologia blockchain¹, gli smart contracts emergono come strumenti in grado di automatizzare l'adempimento delle prestazioni pattuite, garantendo certezza e trasparenza nelle transazioni². Sebbene inizialmente concepiti per il settore privato, gli smart contracts stanno progressivamente trovando applicazione anche nei rapporti tra soggetti pubblici e privati. La loro integrazione nella contrattualistica pubblica solleva interrogativi di natura giuridica, riguardanti la loro compatibilità con il sistema delle fonti, il ruolo dell'autonomia contrattuale e le implicazioni in materia di responsabilità. Se da un lato questi strumenti possono incrementare l'efficienza amministrativa e ridurre il rischio di inadempimenti, dall'altro pongono sfide legate alla rigidità dei meccanismi auto-esecutivi e alla loro conformità con i principi fondamentali del diritto dei contratti.

Questo contributo si propone di analizzare, da una prospettiva giusprivatistica, le potenzialità e i limiti degli smart contracts nell'ambito della Pubblica Amministrazione, con particolare attenzione alla loro qualificazione giuridica, alle implicazioni normative e alle criticità operative.

Dopo un inquadramento generale, verrà esaminata la compatibilità di questi strumenti con i principi tradizionali del diritto contrattuale, per poi esplorarne le possibili applicazioni nei rapporti tra privati e pubblica amministrazione. Infine, saranno formulate considerazioni sulle prospettive evolutive e sulle eventuali necessità di adattamento normativo, alla luce delle sfide poste dall'innovazione tecnologica.

1. Evoluzione storica e principi giuridici degli smart contracts

L'automatizzazione delle obbligazioni contrattuali non è un fenomeno esclusivamente contemporaneo, ma affonda le sue radici in esperienze giuridiche pregresse che, seppur con strumenti diversi, miravano a garantire certezza ed efficienza nell'esecuzione dei contratti. Già nel diritto romano, la *stipulatio* rappresentava una forma di contratto verbale rigidamente formalizzata, in cui l'obbligazione sorgeva in modo immediato e vincolante sulla base di una precisa sequenza di domande e risposte tra le parti³. Questo strumento, pur non essendo automatizzato in senso tecnologico, garantiva una forma di auto-esecuzione dell'obbligo assunto, riducendo le incertezze legate

¹ REMOTTI G., *Blockchain smart contract. Un primo inquadramento*, in *Osservatorio del diritto civile e commerciale*, Bologna, 2020.

² UDO JANSSEN A., PATTI F.P., *Demistificare gli smart contracts*, in *Osservatorio del diritto civile e commerciale*, Bologna, 2020.

³ BRUTTI M., *Il diritto privato nell'antica Roma*, Torino, 2011.

all'inadempimento⁴. Nel corso dei secoli, la necessità di garantire l'esecuzione automatica di determinate prestazioni ha trovato riscontro in istituti come le lettere di credito e gli strumenti di pagamento condizionato, che anticipano in parte il funzionamento degli smart contracts. Con la rivoluzione industriale e l'avvento dell'informatica giuridica, si è assistito a un progressivo sviluppo di meccanismi volti a minimizzare l'intervento umano nella fase esecutiva delle obbligazioni, fino ad arrivare alla moderna tecnologia blockchain. Dal punto di vista giuridico, l'inquadramento degli smart contracts può essere analizzato attraverso tre criteri interpretativi fondamentali: letterale, sistematico e teleologico. Secondo il criterio letterale, il termine "contratto" potrebbe indurre a considerarli come negozi giuridici a tutti gli effetti, ma la loro natura prettamente esecutiva e la mancanza di una manifestazione di volontà tradizionale sollevano dubbi sulla loro riconducibilità all'art. 1321 c.c.⁵. In un'ottica sistematica, gli smart contracts si inseriscono nel quadro della contrattualistica automatizzata, richiedendo un adattamento dei principi tradizionali dell'autonomia contrattuale e dell'obbligazione civilistica. Infine, sotto il profilo teleologico, la loro funzione è chiaramente orientata a garantire l'automatismo nell'adempimento delle obbligazioni, eliminando l'incertezza legata all'inadempimento e riducendo la necessità di intervento giurisdizionale.

Questa evoluzione storica e interpretativa consente di evidenziare come gli smart contracts non costituiscano una rottura rispetto agli istituti tradizionali, ma piuttosto una loro evoluzione tecnologica. L'analisi dei loro profili giuridici impone una riflessione approfondita sulla compatibilità con le categorie consolidate del diritto contrattuale, in particolare per quanto riguarda la formazione del consenso, la modificabilità dell'accordo e la disciplina dell'inadempimento.

2. Quadro normativo di riferimento

L'inquadramento giuridico degli smart contracts richiede un'analisi articolata che consideri sia le norme interne in materia di contratti e obbligazioni, sia le iniziative di regolamentazione a livello sovranazionale e internazionale. L'obiettivo è verificare la compatibilità di tali strumenti con le categorie tradizionali del diritto privato e comprenderne le implicazioni nei rapporti con la pubblica amministrazione.

A livello nazionale, il Codice Civile italiano non disciplina espressamente gli smart contracts. Tuttavia, i principi generali dell'autonomia contrattuale (art. 1322 c.c.) e della libertà delle forme (art. 1350 c.c., salvo i casi di forma vincolata) costituiscono un primo punto di riferimento per valutarne l'ammissibilità nel nostro ordinamento⁶. La dottrina prevalente riconosce che gli smart contracts, in quanto espressione della volontà negoziale e strumento di esecuzione automatizzata delle obbligazioni, possono essere ricondotti alle categorie tradizionali del contratto, a condizione che rispettino i requisiti essenziali previsti dall'art. 1325 c.c. Restano però aperte questioni interpretative riguardanti la loro idoneità a garantire la tutela delle parti, soprattutto in presenza di sopravvenienze imprevedibili o vizi della volontà.

Sul piano sovranazionale, l'Unione Europea ha mostrato un interesse crescente per la regolamentazione delle tecnologie basate su blockchain e per la promozione della digitalizzazione nei rapporti giuridici. Il Regolamento (UE) 2022/858, che introduce un regime pilota per le infrastrutture di mercato basate sulla tecnologia a registro distribuito (DLT)⁷, rappresenta un esempio concreto della

⁴ TALAMANCA M., *Elementi di diritto privato romano*, a cura di CAPOGROSSI COLOGNESI L., FINAZZI G., Milano, 2013.

⁵ SALITO G., *Digesto italiano, discipline privatistiche, sezione civile, Agg.*, Torino, 2019.

⁶ TOMMASINI M., *Lo smart contract e il diritto dei contratti*, Torino, 2022.

⁷ MAUGERI M., *Smart contracts e disciplina dei contratti*, in *Osservatorio del diritto civile e commerciale*, Bologna, 2020.

volontà del legislatore europeo di integrare gli strumenti automatizzati, sebbene con un focus prevalente sul settore finanziario. Tuttavia, ad oggi manca una normativa organica che disciplini in modo specifico l'impiego degli smart contracts nei rapporti obbligatori e con la pubblica amministrazione. Tale lacuna normativa lascia agli interpreti il compito di individuare criteri di compatibilità con la disciplina generale del contratto e con i principi di trasparenza e imparzialità propri dell'azione amministrativa.

A livello internazionale, diversi ordinamenti hanno avviato iniziative normative per regolare l'uso degli smart contracts. In particolare, negli USA alcuni Stati, come l'Arizona e il Tennessee, hanno riconosciuto esplicitamente la validità giuridica degli smart contracts e delle firme digitali basate su blockchain. Analogamente, il Regno Unito ha sviluppato linee guida che ne confermano l'ammissibilità entro l'impianto del common law, valorizzando la flessibilità di tale sistema nell'adattare i principi tradizionali alle nuove tecnologie. Tali approcci, seppur diversi dal modello giuridico italiano, evidenziano una tendenza globale verso il riconoscimento dell'efficacia legale di questi strumenti, ponendo l'accento sulla loro conformità ai requisiti essenziali del contratto⁸.

Le principali affinità tra i diversi ordinamenti risiedono nell'applicazione dei principi generali del diritto contrattuale agli smart contracts, in particolare riguardo all'autonomia delle parti e alla validità della manifestazione di volontà digitale. Tuttavia, emergono rilevanti divergenze in relazione alla disciplina dei rimedi contrattuali e alla possibilità di intervenire su contratti auto-eseguibili in caso di errore, dolo o altre cause di invalidità. Mentre in alcuni ordinamenti di common law si enfatizza l'efficacia pratica e l'autonomia negoziale, nei sistemi di civil law, come quello italiano, prevale un approccio più cautelativo che pone l'accento sulla necessità di una supervisione giurisdizionale più rigorosa.

Nel contesto della pubblica amministrazione, l'impiego degli smart contracts solleva questioni specifiche legate alla conformità con i principi di legalità, trasparenza e buon andamento (art. 97 Cost.). L'automazione dell'esecuzione contrattuale potrebbe garantire maggiore efficienza e ridurre il rischio di discrezionalità arbitraria, ma al contempo pone sfide significative in termini di controllo e responsabilità. In particolare, la rigidità tipica degli smart contracts può entrare in tensione con la necessità di gestire situazioni imprevedute o di esercitare poteri di autotutela. Tale rigidità, secondo autorevole dottrina⁹, “*non consente di cogliere le sopravvenienze; (ii) inibisce l'operare di rimedi preventivi in autotutela; (iii) rende irreversibili – quando lo smart contract opera su blockchain – gli effetti esecutivi anche di negozi disapprovati dall'ordinamento giuridico; (iv) non consente in alcun modo l'operare di modelli di integrazione*”. Talaltri¹⁰, invece, ne colgono gli effetti positivi di tale automatismo, ritenendo che si garantirebbe sicurezza all'operazione economica, financo a ritenere che i modelli auto-esecutivi siano stati concepiti per porsi al riparo dal controllo operato dalla legge.

Il quadro normativo vigente consente di ricondurre gli smart contracts alle categorie tradizionali del diritto privato, pur in assenza di una disciplina specifica e organica. Tuttavia, l'applicazione di tali strumenti nei rapporti con la pubblica amministrazione richiede un'attenta valutazione dei profili di

⁸ PONCIBÒ C., *Il diritto comparato e la blockchain*, Napoli, 2020.

⁹ D'ADDA A., *Smart contract e diritto generale dei contratti*, in *Osservatorio del diritto civile e commerciale*, p. 107, Bologna, 2022.

¹⁰ LESSIG L., *Codes and Other Laws of Cyberspace*, New York, 1999; Id., *The Law of the Horse: What Cyberlaw Might Teach*, in *Harvard Law Review*, Harvard, 1999; SAVELYEV A., *Contract Law 2.0: «Smart» Contracts as the Beginning of the End of Classic Contract Law*, in *Information and Communications Technology Law*, Londra, 2017.

compatibilità con i principi fondamentali dell'azione amministrativa e un approccio regolatorio capace di bilanciare automazione ed esigenze di tutela giuridica.

3. Rapporti smart contracts - PA

L'introduzione degli smart contracts nei rapporti con la Pubblica Amministrazione solleva questioni giuridiche di particolare complessità sotto il profilo del diritto privato, poiché comporta una trasformazione radicale delle modalità con cui la PA instaura e gestisce rapporti obbligatori con i privati. La possibilità di eseguire automaticamente prestazioni contrattuali tramite protocolli basati su blockchain promette benefici in termini di trasparenza, efficienza e riduzione della discrezionalità nell'adempimento degli obblighi. L'utilizzo degli smart contracts potrebbe, infatti, rivelarsi particolarmente utile in settori come gli appalti pubblici, le concessioni, le forniture e l'erogazione di incentivi economici, nei quali l'automazione delle obbligazioni potrebbe ridurre il rischio di inadempimenti, ritardi e contenziosi¹¹. La programmabilità di tali strumenti consentirebbe, ad esempio, di subordinare i pagamenti all'accertamento oggettivo del raggiungimento di specifici risultati contrattuali, attraverso l'interazione con protocolli digitali o altre forme di verifica automatica, eliminando la necessità di interventi discrezionali della PA in fase di esecuzione.

Tuttavia, questa apparente semplificazione nasconde una serie di criticità giuridiche che impongono un'analisi approfondita. Uno dei principali problemi deriva dalla rigidità dell'esecuzione automatizzata, la quale mal si concilia con le esigenze di adattabilità dei contratti pubblici alle sopravvenienze normative o fattuali¹². La disciplina privatistica riconosce la necessità di strumenti di riequilibrio contrattuale in caso di eccessiva onerosità sopravvenuta, mutamenti imprevedibili delle condizioni economiche o situazioni che rendano ingiustificatamente gravosa l'esecuzione della prestazione. Una parte della dottrina¹³, a tal proposito, ritiene che, essendo la logica degli smart contracts basata sulla struttura condizionale "if/then", ciò permetterebbe alle parti di programmare nel codice un ampio numero di condizioni, facilitando il collegamento tra l'esecuzione delle prestazioni contrattuali e gli eventi reali, anche successivi alla stipula. In questo modo, lo smart contract potrebbe, in modo paradossale, adattarsi ai cambiamenti con maggiore efficienza rispetto ai contratti tradizionali, considerando le persistenti difficoltà nell'affrontare le sopravvenienze e nell'attivare i relativi rimedi giuridici. Altri autori¹⁴ ritengono, al contrario, che tale prospettiva sia, allo stato delle cose, illusoria poiché la programmazione è controllata dalle parti fin quando la prende in carico il codice: da quel momento in poi non vi è la possibilità di recepire altre indicazioni per eventuali correzioni da apportare. La logica "if/then" non è sempre corrispondente al concetto di

¹¹ SARTOR G., *La rappresentazione della conoscenza nelle applicazioni giuridiche dell'intelligenza artificiale*, Firenze, 1989.

¹² POLICE A., *La predeterminazione delle decisioni amministrative. Gradualità e trasparenza nell'esercizio del potere discrezionale*, Napoli, 1997.

¹³ DI SABATO D., *Gli smart contracts: Robot che gestiscono il rischio contrattuale*, in *Contratto e impresa*, Napoli, 2017; FAUCEGLIA D., *Il problema dell'integrazione dello smart contract*, in *I contratti*, Milano, 2020; BENEDETTI A.M., *Contratto, algoritmi e diritto civile transnazionale: cinque questioni e due scenari*, in *Rivista di diritto civile*, Cedam, 2021.

¹⁴ REMOTTI G., *op. cit.*, pp. 205 ss.; D'ADDA A., *op. cit.*, p. 108.

condizione contrattuale¹⁵, in quanto il codice informatico può incidere talvolta sulla consistenza della prestazione dovuta¹⁶ ovvero il tempo dell'adempimento¹⁷.

Nei rapporti con la Pubblica Amministrazione, questa esigenza è ancora più evidente, in quanto il rispetto dell'interesse pubblico impone spesso revisioni contrattuali non programmabili *ex ante*¹⁸. L'automatismo degli smart contracts rischierebbe di cristallizzare rapporti contrattuali che, per loro natura, necessitano di margini di flessibilità, impedendo alla PA di adeguare il contratto a nuove esigenze di interesse generale¹⁹.

Un ulteriore nodo problematico è rappresentato dalla questione della responsabilità per errori di programmazione, malfunzionamenti del codice o conseguenze impreviste derivanti dall'esecuzione automatica del contratto. Nel diritto privato tradizionale, l'inadempimento contrattuale comporta una chiara attribuzione di responsabilità alla parte che non ha adempiuto correttamente ai propri obblighi. Nel caso degli smart contracts, invece, l'autonomia dell'esecuzione può rendere difficile individuare il soggetto responsabile in caso di errore, soprattutto laddove il malfunzionamento dipenda da un vizio del codice, da un problema della piattaforma blockchain o da un'interazione errata con un protocollo digitale. Questo aspetto è particolarmente delicato nei rapporti con la Pubblica Amministrazione, dove la certezza giuridica delle obbligazioni è essenziale e dove la possibilità di contestare l'esecuzione di un contratto deve sempre essere garantita a tutela del privato e dell'interesse collettivo.

Ulteriori criticità emergono in relazione alla compatibilità tra smart contracts e principi inderogabili del diritto privato. I contratti stipulati con la PA devono rispettare vincoli normativi stringenti, finalizzati a garantire la legalità, la trasparenza e la tutela della parte contraente più debole. Il meccanismo auto-esecutivo di uno smart contract, in assenza di correttivi giuridici adeguati, potrebbe generare esecuzioni materialmente valide sotto il profilo tecnico, ma in contrasto con norme imperative o con principi generali dell'ordinamento, senza possibilità di intervento immediato da parte di un'autorità giudiziaria o amministrativa. Il rischio di una esecuzione automatica in contrasto con la legge pone la necessità di individuare meccanismi di controllo *ex ante* e strumenti di revisione giuridica *ex post* che consentano di bilanciare l'automazione con la necessità di tutela giuridica.

Alla luce di queste considerazioni, risulta evidente che l'adozione degli smart contracts nei rapporti tra Pubblica Amministrazione e privati non può avvenire senza un'attenta riflessione giuridica e senza l'introduzione di modelli normativi capaci di coniugare l'efficienza tecnologica con il rispetto dei principi fondamentali del diritto privato. Una possibile soluzione potrebbe essere rappresentata dall'implementazione di smart contracts ibridi, in cui l'esecuzione automatizzata sia subordinata a meccanismi di verifica umana o a clausole programmabili di revisione, che consentano di adattare il contratto a nuove circostanze senza compromettere la certezza giuridica. Un altro aspetto essenziale è la necessità di introdurre strumenti di *override* giurisdizionale, che permettano alle autorità competenti di sospendere, modificare o annullare l'esecuzione di uno smart contract qualora essa

¹⁵ MARCHETTI G., *Lineamenti evolutivi della potestatività condizionale: dal contratto allo smart contract*, in Rivista di diritto civile, Padova, 2022; CERRATO S.A., *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, in Banca Borsa Titoli di credito, Milano, 2020.

¹⁶ RASKIN M., *The law and Legality of Smart Contracts*, in Georgetown Law Technology Review, 2017.

¹⁷ REGAZZONI L., *Alcune questioni in tema di smart contracts «assicurativi» tra istanze di innovazione tecnologica e principi inderogabili dell'ordinamento giuridico*, in Osservatorio del diritto civile e commerciale, Bologna, 2022.

¹⁸ NERI V., *Diritto amministrativo e intelligenza artificiale: un amore possibile*, Milano, 2021.

¹⁹ PAOLANTONIO N., *Il potere discrezionale della pubblica automazione. Sconcerto e stilemi. (Sul controllo giudiziario delle "Decisioni algoritmiche")*, Milano, 2021.

risulti contraria a norme inderogabili o a principi di giustizia contrattuale. Inoltre, il legislatore dovrà disciplinare in modo chiaro la ripartizione delle responsabilità tra le parti coinvolte, stabilendo criteri certi per individuare il soggetto su cui gravano gli effetti di eventuali malfunzionamenti o esecuzioni non conformi all'intento originario delle parti.

L'impiego degli smart contracts nei rapporti con la Pubblica Amministrazione rappresenta una delle sfide più complesse nell'ambito dell'evoluzione del diritto privato, poiché pone il problema di integrare strumenti tecnologici innovativi in un quadro giuridico che richiede necessariamente margini di flessibilità e tutela degli interessi coinvolti. Se da un lato la prospettiva di una maggiore efficienza e certezza nell'esecuzione dei contratti pubblici appare allettante, dall'altro è essenziale evitare che l'automatizzazione pregiudichi i meccanismi di correzione e riequilibrio che il diritto privato e la regolazione pubblica hanno storicamente sviluppato per garantire il corretto funzionamento del mercato e la tutela dei contraenti. Il futuro normativo degli smart contracts applicati alla PA dipenderà dalla capacità del diritto di individuare soluzioni che, pur valorizzando le potenzialità di questi strumenti, ne mitigino le rigidità attraverso un'integrazione armoniosa con i principi fondamentali dell'ordinamento giuridico²⁰.

4. Conseguenze derivanti dall'utilizzo degli smart contracts

L'impiego degli smart contracts nei rapporti contrattuali solleva questioni giuridiche complesse, poiché la loro diffusione incide su principi fondamentali del diritto privato, come l'autonomia contrattuale, la buona fede e l'equilibrio tra le prestazioni. Gli elementi di innovazione, quali l'automazione dell'esecuzione, l'immutabilità delle condizioni e la programmabilità delle prestazioni, offrono vantaggi significativi in termini di efficienza e sicurezza, ma pongono altresì problemi di rigidità e compatibilità con i principi generali dell'ordinamento.

Uno dei principali vantaggi attribuiti agli smart contracts è la riduzione dei costi di transazione e l'aumento della certezza giuridica. L'esecuzione automatizzata riduce il rischio di inadempimento e garantisce il rispetto rigoroso delle scadenze. Inoltre, l'impiego della tecnologia blockchain offre un elevato livello di sicurezza e integrità, poiché le informazioni registrate sono immutabili e verificabili. L'assenza di intermediari permette una maggiore rapidità nelle transazioni, assicurando trasparenza e tracciabilità.

Come affermato da alcuni autori²¹, tuttavia, la rigidità degli smart contracts rappresenta una criticità rilevante: la loro struttura automatizzata, infatti, ostacola la modifica delle condizioni contrattuali in caso di sopravvenienze impreviste o squilibri contrattuali. Nel diritto privato, istituti come la revisione del contratto per eccessiva onerosità sopravvenuta o la risoluzione per cause straordinarie svolgono una funzione essenziale per garantire l'equità dei rapporti giuridici. La mancanza di meccanismi flessibili di intervento nei contratti auto-eseguibili può risultare incompatibile con i principi di buona fede e di equilibrio contrattuale, specie nei casi in cui si renda necessario un intervento correttivo ex post.

²⁰ BENETAZZO C., *Intelligenza artificiale e nuove forme di interazione tra cittadino e pubblica amministrazione*, Roma, 2020.

²¹ D'ADDA A., *op. cit.*

Un ulteriore aspetto critico riguarda l'applicazione dei rimedi contrattuali tradizionali. Nei contratti tradizionali, le parti possono ricorrere a strumenti di tutela come la risoluzione per inadempimento, il risarcimento del danno e l'esecuzione in forma specifica. Negli smart contracts, però, l'automazione riduce la possibilità di intervento giudiziale successivo, limitando l'applicazione di tali rimedi. Questo problema è particolarmente rilevante nei rapporti con la pubblica amministrazione, dove il rispetto dei principi di legalità e di tutela degli interessi pubblici richiede un controllo giurisdizionale più ampio e la possibilità di intervenire per correggere eventuali squilibri o abusi.

Un nodo cruciale riguarda la responsabilità per errori di programmazione, vulnerabilità informatiche o malfunzionamenti del codice. Nei contratti tradizionali, l'inadempimento è imputato alla parte che non ha adempiuto correttamente. Negli smart contracts, invece, l'esecuzione dipende da un codice informatico, sollevando dubbi sulla ripartizione della responsabilità tra sviluppatori, parti contrattuali e gestori delle piattaforme blockchain. La mancanza di una disciplina specifica complica l'attribuzione della responsabilità in caso di esecuzioni errate o non volute, generando incertezze giuridiche e potenziali lacune di tutela.

Altra problematica rilevante riguarda la compatibilità degli smart contracts con le norme imperative e i principi inderogabili del diritto privato. Nel modello contrattuale tradizionale, il giudice ha il potere di intervenire per garantire il rispetto di tali principi e correggere eventuali abusi o squilibri. L'automazione esecutiva, però, limita la possibilità di un controllo successivo, rendendo difficoltosa la protezione della parte debole. Questo aspetto è particolarmente delicato nei settori in cui la legge prevede specifiche garanzie, come nei contratti con i consumatori o in presenza di asimmetrie informative e di potere contrattuale.

Nei rapporti con la pubblica amministrazione, l'adozione degli smart contracts richiede un'attenta valutazione in relazione ai principi di legalità, trasparenza e buon andamento (art. 97 Cost.). Se da un lato l'automazione può migliorare l'efficienza e ridurre il rischio di discrezionalità arbitraria, dall'altro comporta sfide significative in termini di controllo e responsabilità. La rigidità esecutiva può risultare problematica in situazioni che richiedono flessibilità o interventi discrezionali per tutelare l'interesse pubblico o correggere squilibri contrattuali.

Sebbene gli smart contracts offrano indubbi vantaggi in termini di efficienza, sicurezza e riduzione dei costi di transazione, la loro applicazione nei rapporti giuridici, e in particolare nei contratti con la pubblica amministrazione, solleva questioni complesse di compatibilità con i principi fondamentali del diritto privato²². L'assenza di strumenti di revisione, le difficoltà nell'applicazione dei rimedi tradizionali e le incertezze sulla responsabilità impongono un approfondimento normativo. Un quadro giuridico adeguato dovrebbe bilanciare l'innovazione tecnologica con la necessità di garantire un controllo efficace e una tutela piena dei diritti delle parti.

5. Prospettive future e sviluppi normativi

L'evoluzione tecnologica e la crescente diffusione delle soluzioni basate su smart contracts pongono nuove sfide per il diritto privato, rendendo necessaria una riflessione sull'adeguatezza delle categorie

²² FINOCCHIARO G., *Il contratto nell'era dell'intelligenza artificiale*, Milano, 2018.

tradizionali rispetto a questi strumenti. Sebbene l'autonomia contrattuale e i principi generali in materia di obbligazioni consentano, in astratto, di ricondurre gli smart contracts nell'ambito delle figure negoziali esistenti, il loro carattere auto-esecutivo, la programmabilità delle prestazioni e l'immutabilità del codice sollevano questioni di rilevanza giuridica che impongono un intervento normativo mirato.

La prima prospettiva di sviluppo riguarda la necessità di una maggiore certezza giuridica nell'inquadramento degli smart contracts nell'ambito della disciplina generale dei contratti. L'assenza di una regolamentazione specifica comporta difficoltà interpretative riguardo alla loro validità, alla qualificazione giuridica delle obbligazioni assunte e alle modalità di esecuzione e risoluzione. Il rischio principale è quello di un utilizzo di tali strumenti in un contesto privo di criteri di imputabilità della responsabilità e di adeguati meccanismi di correzione, con conseguenze pregiudizievoli per le parti coinvolte.

Un aspetto particolarmente delicato riguarda la possibilità di modificare o risolvere gli smart contracts in presenza di sopravvenienze o di eventi che ne rendano l'esecuzione eccessivamente onerosa per una delle parti. Il diritto privato prevede strumenti volti a garantire l'equilibrio contrattuale, come la revisione per eccessiva onerosità sopravvenuta e la rinegoziazione delle condizioni negoziali, ma la natura automatizzata degli smart contracts potrebbe rendere difficoltosa la loro applicazione. Si pone dunque il problema di individuare modelli normativi idonei a conciliare l'esecuzione automatica con l'esigenza di adattabilità del contratto alle circostanze concrete, evitando rigidità eccessive che potrebbero pregiudicare la parte più debole del rapporto obbligatorio²³.

Ulteriore profilo critico è quello della responsabilità per errori di programmazione o malfunzionamenti del codice. Nel modello contrattuale tradizionale, la violazione di un'obbligazione può essere imputata alla parte inadempiente, con conseguente applicazione dei rimedi previsti dall'ordinamento. Negli smart contracts, invece, l'esecuzione avviene senza margini di discrezionalità umana, il che solleva interrogativi sulla ripartizione della responsabilità tra le parti contrattuali, gli sviluppatori del codice e le piattaforme che ospitano la blockchain. La mancanza di regole chiare in materia potrebbe determinare situazioni di incertezza giuridica e difficoltà nell'individuazione dei soggetti responsabili, con evidenti ripercussioni sulla tutela delle parti.

Da un punto di vista normativo, diversi ordinamenti stanno valutando la possibilità di introdurre discipline ad hoc per gli smart contracts, con l'obiettivo di garantire maggiore certezza giuridica e prevedere meccanismi di controllo e revisione. Nell'ambito dell'Unione Europea, alcuni strumenti legislativi recenti, come il Regolamento *MiCA* sui mercati delle criptovalute e il Regolamento *DLT Pilot Regime*, offrono un primo quadro di riferimento per le tecnologie blockchain, ma non disciplinano in modo specifico l'uso degli smart contracts nei rapporti obbligatori. È plausibile che nei prossimi anni si assista a un intervento normativo più mirato, volto a regolamentare le modalità di validazione, esecuzione e modifica di questi strumenti, al fine di integrarli in modo coerente nel sistema del diritto contrattuale.

Un'ulteriore evoluzione potrebbe riguardare lo sviluppo di modelli ibridi, nei quali gli smart contracts non sostituiscano integralmente i contratti tradizionali, ma ne costituiscano un complemento, limitandosi a eseguire automaticamente determinate obbligazioni senza compromettere la possibilità

²³ LIGUORI F., *Notazioni sulla presunta fine del dualismo tra pubblico e privato*, Napoli, 2014.

di intervento umano²⁴. In questo scenario, si potrebbe ipotizzare la creazione di smart contracts programmabili con meccanismi di sospensione, revisione o controllo giurisdizionale, in modo da bilanciare i benefici dell'automazione con la necessaria flessibilità nell'esecuzione delle obbligazioni. Una riflessione di carattere sistematico deve tendere all'impatto che l'adozione degli smart contracts potrebbe avere sulle categorie tradizionali del diritto privato. L'introduzione di strumenti contrattuali auto-eseguibili potrebbe rendere necessaria una revisione delle norme in materia di obbligazioni, responsabilità contrattuale e invalidità negoziale, con l'obiettivo di garantire un quadro normativo capace di adattarsi all'innovazione tecnologica senza sacrificare i principi fondamentali della teoria del contratto. Le prospettive future si muovono lungo due direttrici principali: da un lato, la necessità di sviluppare modelli normativi specifici per gli smart contracts, capaci di disciplinare gli aspetti più critici, quali la modifica e l'annullamento del contratto, la responsabilità per errori di programmazione e i meccanismi di tutela giurisdizionale; dall'altro, l'opportunità di incentivare lo sviluppo di modelli ibridi, in cui l'automazione sia combinata con strumenti di controllo e revisione, in modo da garantire una maggiore adattabilità del contratto alle esigenze delle parti²⁵.

Conclusioni

L'introduzione degli smart contracts nel panorama giuridico rappresenta un'innovazione significativa, ma la loro integrazione nell'ordinamento richiede un'attenta valutazione critica. Se da un lato l'automazione dell'esecuzione contrattuale offre indubbi vantaggi in termini di efficienza e sicurezza, dall'altro emergono questioni giuridiche di rilievo che non possono essere trascurate. La rigidità intrinseca di questi strumenti rischia di entrare in conflitto con principi fondamentali del diritto privato, come la buona fede, l'equilibrio contrattuale e la tutela della parte debole.

Una delle principali criticità risiede nell'immutabilità del codice²⁶ e nella difficoltà di rinegoziazione del contratto in presenza di eventi sopravvenuti o squilibri contrattuali. A tal proposito, appare necessaria una regolamentazione che preveda meccanismi di revisione e correzione ex post, capaci di garantire un bilanciamento tra l'automazione e la flessibilità contrattuale. Una possibile soluzione potrebbe essere l'introduzione di smart contracts "ibridi", che combinino l'automazione con la possibilità di intervento umano in presenza di circostanze eccezionali, assicurando così una maggiore adattabilità alle esigenze delle parti.

Inoltre, il tema della responsabilità per errori di programmazione o malfunzionamenti richiede una ridefinizione dei criteri di imputazione. Sarebbe opportuno prevedere una disciplina che chiarisca il riparto di responsabilità tra sviluppatori, parti contrattuali e gestori delle piattaforme, tenendo conto della specifica natura automatizzata dello strumento. In questo senso, una regolamentazione dedicata potrebbe stabilire obblighi di diligenza nella programmazione e nella verifica del codice, nonché forme di responsabilità oggettiva per garantire la tutela della parte lesa. Una normativa chiara e articolata dovrebbe contemplare, inoltre, la possibilità per i soggetti coinvolti di richiedere un intervento correttivo immediato in caso di malfunzionamento, evitando l'automatismo cieco che potrebbe ledere i diritti delle parti.

Un altro profilo centrale riguarda la compatibilità degli smart contracts con le norme imperative e i principi inderogabili. L'automazione non dovrebbe mai precludere il controllo giurisdizionale,

²⁴ SARTOR G., *L'informatica giuridica e le tecnologie dell'informazione. Corso di informatica giuridica*, Torino 2010.

²⁵ NANNI A., *Blockchain e smart contract per i contratti pubblici*, Barletta, 2024.

²⁶ SPINA R., *L'ipotesi dello smart contract nella pubblica amministrazione. Aspetti di governance dell'innovazione digitale*, Roma, 2022.

soprattutto in presenza di clausole abusive o di situazioni di asimmetria contrattuale. Per affrontare questa problematica, potrebbe essere utile introdurre procedure di validazione preventiva per i contratti destinati a settori sensibili, come quelli che coinvolgono la pubblica amministrazione o i consumatori, garantendo così un monitoraggio costante della loro conformità all'ordinamento. In tale prospettiva, una soluzione potrebbe essere la creazione di organi di vigilanza specializzati con il compito di valutare ex ante la conformità di tali contratti ai principi di equità e di tutela delle parti deboli, evitando così potenziali abusi e distorsioni del mercato.

Una particolare attenzione merita l'adozione degli smart contracts nei rapporti con la pubblica amministrazione, ambito in cui la discrezionalità amministrativa e la necessità di tutela dell'interesse pubblico devono essere garantite. In questi contesti, l'uso di smart contracts dovrebbe essere limitato a prestazioni standardizzate e ripetitive, mentre per le obbligazioni più complesse o soggette a valutazioni discrezionali, sarebbe preferibile un modello misto che preveda l'intervento umano nei casi in cui l'automatizzazione risulti inadeguata. La predisposizione di protocolli chiari di interoperabilità tra gli smart contracts e i sistemi amministrativi tradizionali potrebbe inoltre facilitare un'integrazione più armonica, preservando la flessibilità e l'adattabilità necessarie.

Gli smart contracts, in conclusione, rappresentano un'opportunità straordinaria per innovare i rapporti obbligatori, ma il loro sviluppo non può avvenire in assenza di un adeguato quadro normativo. Un intervento legislativo mirato, capace di bilanciare automazione e tutela giuridica, è essenziale per coniugare l'efficienza tecnologica con i principi fondamentali del diritto privato.

Solo attraverso un approccio regolatorio flessibile e dinamico sarà possibile valorizzare appieno il potenziale degli smart contracts, senza sacrificare la protezione dei diritti e l'equità nei rapporti negoziali²⁷. La sfida futura risiede nella capacità del legislatore di individuare soluzioni normative che sappiano adattarsi all'evoluzione tecnologica, mantenendo al contempo un saldo ancoraggio ai principi di giustizia sostanziale e di tutela delle parti vulnerabili.

²⁷ FAINI F., *Blockchain e diritto: la «catena del valore» tra documenti informatici, smart contracts e data protection*, Milano, 2020.

Riferimenti bibliografici

- NANNI A., *Blockchain e smart contract per i contratti pubblici*, Barletta, 2024.
- D'ADDA A., *Smart contract e diritto generale dei contratti*, in *Osservatorio del diritto civile e commerciale*, Bologna, 2022.
- MARCHETTI G., *Lineamenti evolutivi della potestatività condizionale: dal contratto allo smart contract*, in *Rivista di diritto civile*, Padova, 2022.
- REGAZZONI L., *Alcune questioni in tema di smart contracts «assicurativi» tra istanze di innovazione tecnologica e principi inderogabili dell'ordinamento giuridico*, in *Osservatorio del diritto civile e commerciale*, Bologna, 2022.
- SPINA R., *L'ipotesi dello smart contract nella pubblica amministrazione. Assetti di governance dell'innovazione digitale*, Roma, 2022.
- TOMMASINI M., *Lo smart contract e il diritto dei contratti*, Torino, 2022.
- BENEDETTI A.M., *Contratto, algoritmi e diritto civile transnazionale: cinque questioni e due scenari*, in *Rivista di diritto civile*, Cedam, 2021.
- NERI V., *Diritto amministrativo e intelligenza artificiale: un amore possibile*, Milano, 2021.
- PAOLANTONIO N., *Il potere discrezionale della pubblica automazione. Sconcerto e stilemi. (Sul controllo giudiziario delle "Decisioni algoritmiche")*, Milano, 2021.
- BENETAZZO C., *Intelligenza artificiale e nuove forme di interazione tra cittadino e pubblica amministrazione*, Roma, 2020.
- CERRATO S.A., *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, in *Banca Borsa Titoli di credito*, Milano, 2020.
- FAINI F., *Blockchain e diritto: la «catena del valore» tra documenti informatici, smart contracts e data protection*, Milano, 2020.
- FAUCEGLIA D., *Il problema dell'integrazione dello smart contract*, in *I contratti*, Milano, 2020.
- MAUGERI M., *Smart contracts e disciplina dei contratti*, in *Osservatorio del diritto civile e commerciale*, Bologna, 2020.
- PONCIBÒ C., *Il diritto comparato e la blockchain*, Napoli, 2020.
- REMOTTI G., *Blockchain smart contract. Un primo inquadramento*, in *Osservatorio del diritto civile e commerciale*, Bologna, 2020.
- UDO JANSSEN A., PATTI F.P., *Demistificare gli smart contracts*, in *Osservatorio del diritto civile e commerciale*, Bologna, 2020.

DI MATTEO L., CANNARSA M., PONCIBÒ C., *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms*, Cambridge, 2019.

SALITO G., *Digesto italiano, discipline privatistiche, sezione civile, Agg.*, Torino, 2019.

DE FILIPPI P., WRIGHT A., *Blockchain and the Law*, Cambridge, 2018.

FINOCCHIARO G., *Il contratto nell'era dell'intelligenza artificiale*, Milano, 2018.

DI SABATO D., *Gli smart contracts: Robot che gestiscono il rischio contrattuale*, in *Contratto e impresa*, Napoli, 2017.

RASKIN M., *The law and Legality of Smart Contracts*, in *Georgetown Law Technology Review*, 2017.

SAVELYEV A., *Contract Law 2.0; «Smart» Contracts as the Beginning of the End of Classic Contract Law*, in *Information and Communications Technology Law*, Londra, 2017.

LIGUORI F., *Notazioni sulla presunta fine del dualismo tra pubblico e privato*, Napoli, 2014.

TALAMANCA M., *Elementi di diritto privato romano*, a cura di CAPOGROSSI COLOGNESI L., FINAZZI G., Milano, 2013.

BRUTTI M., *Il diritto privato nell'antica Roma*, Torino, 2011.

SARTOR G., *L'informatica giuridica e le tecnologie dell'informazione. Corso di informatica giuridica*, Torino 2010.

LESSIG L., *Codes and Other Laws of Cyberspace*, New York, 1999.

LESSIG L., *The Law of the Horse: What Cyberlaw Might Teach*, in *Harvard Law Review*, Harvard, 1999.

POLICE A., *La predeterminazione delle decisioni amministrative. Gradualità e trasparenza nell'esercizio del potere discrezionale*, Napoli, 1997.

SARTOR G., *La rappresentazione della conoscenza nelle applicazioni giuridiche dell'intelligenza artificiale*, Firenze, 1989.