



La *blockchain* nel mercato del lavoro italiano: una struttura non relazionale*

di Nicola Caravaggio

Assegnista in Scienza delle
finanze - Università di Roma Tre

Silvia Ciucciovino

Ordinario di Diritto del lavoro
Università di Roma Tre

Francesco Crespi

Ordinario di Scienza delle finanze
Università di Roma Tre

Michele Faioli

Professore associato di Diritto del lavoro -
Università Cattolica del Sacro Cuore

e Alessandro Toscano

Ordinario di Ingegneria elettronica
Università degli Studi Roma Tre

Abstract [It]: Affinché il mercato del lavoro italiano possa sfruttare le potenzialità di una social blockchain, è necessario gestire i database pubblici attraverso un approccio non relazionale. Nell'articolo verranno dunque mostrate le potenzialità di questo approccio rispetto a quello classico relazionale – o tabellare – prendendo ad esempio un campione delle comunicazioni obbligatorie.

Abstract [En]: In order for the Italian labor market to exploit the potential of a social blockchain, it is necessary to manage public databases through a non-relational approach. The article will therefore show the potential of this approach compared to the classic relational – or tabular one –, using a sample from the labor market's mandatory communications.

Sommario: 1. Introduzione. 2. La *blockchain* e l'avvento degli *smart contract*. 3. La *blockchain* nel mercato del lavoro. 3.1. Una struttura non relazionale. 3.2. BlockchainDB. 4. Considerazioni finali.

1. Introduzione

La tecnologia della *blockchain* sta conoscendo una sempre più rapida diffusione e applicazione in ambiti decisamente differenti da quelli che ne hanno caratterizzato l'iniziale diffusione, ovvero quello delle criptovalute. Alcuni ipotizzano che l'impatto della *blockchain* sulla società potrà essere pari a quello avuto dall'internet negli anni Novanta.¹ Altre posizioni, più caute, pur riconoscendo l'importanza di questa nuova tecnologia, ritengono che ci vorranno ancora anni prima che essa possa dispiegare il suo potenziale.² Seppur la *blockchain* affondi le sue radici negli anni Novanta, la sua concettualizzazione è avvenuta solo a partire dalla crisi del 2008 ad opera di Satoshi Nakamoto³ attraverso la realizzazione della famosa criptovaluta del bitcoin. L'innovazione è stata quella di sfruttare la tecnologia della *blockchain*, ossia una *distributed ledger technology* (DLT) composta da blocchi concatenati, per la realizzazione di un sistema

* Articolo sottoposto a referaggio.

¹ Cfr. L.W. CONG – Z. HE, *Blockchain disruption and smart contracts*, in *The Review of Financial Studies*, 32(5), 2019, pp. 1754-1797.

² Cfr. MCKINSEY & COMPANY, *Blockchain Technology in the Insurance Sector*, in *Proceedings of the Quarterly Meeting of the Federal Advisory Committee on Insurance (FACI)*, 2017.

³ Cfr. S. NAKAMOTO, *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system* in *Manubot*, 2009.

*peer-to-peer*⁴ decentralizzato, trasparente, sicuro ed immutabile. Un sistema, dunque, *trust-less* poiché privo di un soggetto controllore centrale, che ha così permesso la circolazione di una criptovaluta *de facto* sovranazionale.

La *blockchain* non è però un mero strumento finalizzato allo scambio di valute virtuali non soggette alle regolamentazioni statali. Infatti, così come vengono registrate le transazioni di criptovalute sui blocchi di una *blockchain*, così vi possono essere iscritti codici informatici capaci di dar “forma” ai cosiddetti *smart contract*. Una nuova fattispecie contrattuale che espleta le tue finalità al verificarsi di determinate condizioni senza la necessità di un intervento da parte di terzi soggetti tra le parti coinvolte. Sono proprio gli *smart contract* a rappresentare una delle più importanti innovazioni sfruttabili attraverso la *blockchain*.

Le applicazioni della *blockchain* e degli *smart contract* sono potenzialmente illimitate. I settori che ne potrebbero beneficiare, in termini di maggiore efficienza, trasparenza e sicurezza, spaziano dalla finanza alla logistica, dall'*agrifood* ai diritti di proprietà, dall'ambito sanitario fino a quello della Pubblica Amministrazione (PA).⁵ Anche i sistemi previdenziali potrebbero beneficiare di queste nuove tecnologie e, contestualmente, lo stesso mercato del lavoro. Pertanto, il presente saggio, si prefigge di evidenziare quelle che sono le potenzialità dell'applicazione della *blockchain* nell'ambito del mercato del lavoro. L'analisi prenderà ad esempio un campione delle Comunicazioni Obbligatorie (CO) per il quale verrà effettuata una comparazione circa l'attuale gestione e struttura dei dati con una soluzione alternativa più confacente ai fini di una strutturazione di tipo *blockchain* dei dati amministrativi.

2. La *blockchain* e l'avvento degli *smart contract*

Dall'esperienza Bitcoin⁶ sono nate dal 2008 ad oggi numerose altre criptovalute e relative *blockchain*. Tra le più famose, vi è certamente Ethereum, nata nel 2015, anch'essa di tipo pubblico come Bitcoin, ossia *unpermissioned*, e con una propria criptovaluta denominata ether. Tuttavia, mentre Bitcoin è finalizzata alle sole transazioni di bitcoin, Ethereum è stata concepita come una piattaforma per lo sviluppo di *software* decentralizzati su una struttura *blockchain* e ciò ha premesso un contestuale sviluppo degli *smart contract*, dove attualmente sono maggiormente sviluppati. Come per la stessa tecnologia DLT, anche il concetto

⁴ Si definisce come *peer-to-peer* (abbreviata anche come P2P) una rete in cui ciascun soggetto partecipante, collegato per mezzo del proprio computer, ha gli stessi diritti di accesso alle risorse degli altri partecipanti.

⁵ Cfr. S. CIUCCIOVINO – M. FAIOLI, *Blockchain e politiche del lavoro*, in *I quaderni del CNEL*, 2018, pp. 1-49.

⁶ M. FAIOLI – E. PETRILLI – D. FAIOLI, *Blockchain, contratti e lavoro. La ri-rivoluzione del digitale nel mondo produttivo e nella P.A.*, in *Economia & Lavoro*, 50(2), 2016, pp. 139-158 effettuano una sottile ma necessaria distinzione tra il termine Bitcoin (con la 'B' maiuscola), che identifica il sistema *blockchain* creato da Satoshi Nakamoto nel 2008 per scambiare criptovaluta, e il termine bitcoin (con la 'b' minuscola), che rappresenta, invece, il nome della criptovaluta scambiata su tale *blockchain*. In questo lavoro è stata utilizzata la medesima distinzione.

di *smart contract* affonda le sue radici negli anni Novanta, introdotti per la prima volta da Nick Szabo⁷ il quale ne sottolineava la semplice assonanza con i distributori automatici, identificabili come la prima tipologia di *smart contract*.

Uno *smart contract* si configura come un protocollo informatico che digitalmente facilita, verifica e attua contratti sottoscritti da due o più parti all'interno di una *blockchain*.⁸ La loro attivazione è automatica a seconda del verificarsi o meno di specifiche condizioni, pertanto, il codice informatico da cui si sostanziano risponde alla condizione *if-then*. Basandosi su di un consenso decentralizzato, non necessitano della presenza di terze parti perché possano espletare i loro effetti e la sicurezza è data dai sistemi crittografati di cui si compongono.⁹ Un esempio di *smart contract* può essere quello di un'assicurazione automobilistica la quale, al verificarsi di un sinistro – ossia la condizione *if*, immediatamente versa il capitale sul conto corrente dell'assicurato – l'attuarsi della condizione *then*. Un sistema, questo, che potrebbe essere velocizzato dall'introduzione di oggetti proprie dell'*Internet of Things* (IoT), come ad esempio dei sensori all'interno di *smart card* capaci di comunicare immediatamente al sistema di *blockchain* l'entità del sinistro.

Affinché gli *smart contract* possano effettivamente operare, devono essere però acquisite informazioni fuori dalla struttura *blockchain* su cui sono iscritti, ossia nel mondo reale. Ciò avviene attraverso un sistema di servizi chiamato *oracle*.¹⁰ Gli *oracle* possono essere sia *software* che *hardware*, suddivisi poi tra *inbound* e *outbound* a seconda delle loro specifiche funzioni. Quelli *software* solitamente estraggono dati presenti sulla rete mentre quelli *hardware* dal mondo fisico (ad esempio, i sensori IoT). Gli *oracle inbound* inseriscono informazioni nella *blockchain* mentre quelli *outbound* consentono agli *smart contract* di trasmettere informazioni al mondo esterno (ad esempio, lo sblocco di un'autovettura in *car-sharing* una volta verificate le credenziali del soggetto).¹¹

Tuttavia, bisogna sottolineare come gli *smart contract* non siano a tutti gli effetti né dei veri e propri contratti né tantomeno definibili intelligenti. Essi sono infatti ascrivibili come forme a-contrattuali poiché privi

⁷ Cfr. N. SZABO, *Smart contracts: building blocks for digital markets*, in *EXTROPY: The Journal of Transhumanist Thought*, 16, 1996.

⁸ Cfr. S. WANG – L. OUYANG – Y. YUAN – X. NI – X. HAN – F.Y. WANG, *Blockchain-enabled smart contracts: architecture, applications, and future trends*, in *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 49(11), 2019, pp. 2266-2277.

⁹ Agli *smart contract* si aggiungono i *data feeds*, ovvero contratti che permettono la circolazione di informazioni tra gli *smart contract* di una *blockchain*. La metafora di M. FAIOLI – E. PETRILLI – D. FAIOLI, *Blockchain*, cit., p. 140 a tal riguardo è particolarmente efficace: “la *blockchain* è il binario, gli *smart contracts* sono i vagoni, i *data feeds* sono i beni/servizi che circolano.”

¹⁰ Cfr. <http://www.oracalize.it/>

¹¹ Cfr. J. NAJERA, *Blockchain Oracles: What They Are & Why They're Necessary*, in *Medium*, 13 ottobre 2018.

delle caratteristiche tipiche di un negozio giuridico.¹² Inoltre, questi si concretizzano al verificarsi di determinate condizioni rispondendo unicamente alla condizione *if-then*, indubbiamente non sufficiente perché possano essere ascrivibili come intelligenti. Tuttavia, è lecito attendersi che in futuro essi possano effettivamente acquisire una propria intelligenza tale da poter rispondere anche alla condizione *what-if*,¹³ ciò attraverso lo sviluppo dell'Intelligenza Artificiale (IA), del *cognitive computing*¹⁴ e del *reinforcement learning*.¹⁵ L'avvento degli *smart contract* potrà indubbiamente rivoluzionare l'attività quotidiana dei cittadini. Attraverso la tracciabilità delle operazioni avvenute sui registri preposti si garantirà un'elevata trasparenza e fiducia con operazioni automatizzate che potranno rendere molto più efficienti i settori sia pubblici che privati. Sono numerose le possibili applicazioni della tecnologia della *blockchain* assieme a quella degli *smart contract*. L'ambito finanziario è certamente quello che maggiormente sta sperimentando queste nuove tecnologie. Le imprese assicurative, infatti, possono velocizzare la loro intera catena operativa e ridurre i sinistri fraudolenti con una contestuale riduzione dei costi. La compagnia francese AXA, ad esempio, utilizza *smart contract* per rimborsare i voli dei propri clienti.¹⁶ Anche il settore bancario sta investendo in queste tecnologie. Barclays è stata la prima banca a fare una *start-up* Fintech chiamata Wave nonché la prima ad aver effettuato transazioni utilizzando una DLT di tipo *blockchain*.¹⁷ In ambito di proprietà intellettuali, si possono realizzare piattaforme dove verificare l'esistenza e la titolarità di determinati prodotti, oppure scambiare proprietà immobiliari e intellettuali,¹⁸ come su Propy.¹⁹ L'IoT indubbiamente avrà un ruolo fondamentale nello sviluppo e nell'applicazione di *blockchain* e *smart contract* per la realizzazione di *smart home* e *smart city*²⁰ ma anche per il potenziamento dei sistemi logistici. La stessa filiera del prodotto segue questa scia innovativa, con possibilità di tracciabilità sicure e immediate lungo tutto il ciclo di vita dei prodotti, quindi sposando anche i concetti di sostenibilità ed economia circolare. Ad esempio, Walmart, assieme con JD.com e IBM hanno sviluppato un sistema di *blockchain* per il

¹² Cfr. M. FAIOLI, *Sistemi di «social» blockchain, previdenza pubblica e smart contracts*, in *Rivista del Diritto della Sicurezza Sociale*, 18(3), 2018, pp. 489-506.

¹³ Pertanto, non risponderebbero più unicamente alla condizione “se si verifica X allora Y” ma saprebbero rispondere anche a situazioni come “cosa accade se effettuo Z.” Ciò porterebbe indubbiamente gli *smart contract* a modificarsi, evolversi e migliorarsi a seconda delle condizioni esterne nelle quali si trovano ad operare.

¹⁴ Cfr. D.S. MODHA – R. ANANTHANARAYANAN – S.K. ESSER – A. NDIRANGO – A.J. SHERBONDY – R. SINGH, *Cognitive computing*, in *Communications of the ACM*, 54(8), 2011, pp. 62-71.

¹⁵ Cfr. L.P. KAELBLING – M.L. LITTMAN – A.W. MOORE, *Reinforcement learning: A survey*, in *Journal of artificial intelligence research*, 4, 1996, pp. 237-285.

¹⁶ Cfr. S. WANG – L. OUYANG – Y. YUAN – X. NI – X. HAN – F.Y. WANG, *Blockchain-enabled*, cit., pp. 2266-2277.

¹⁷ Cfr. L.W. CONG – Z. HE, *Blockchain*, cit., pp. 1754-1797.

¹⁸ Cfr. J.L. DE LA ROSA – D. GIBOVIC – V. TORRES – L. MAICHER – F. MIRALLES – A. EL-FAKDI – A. BIKFALVI, *On intellectual property in online open innovation for SME by means of blockchain and smart contracts*, in *3rd Annual World Open Innovation Conf. WOIC*, dicembre 2016.

¹⁹ Cfr. <https://propy.com/browse/>

²⁰ Cfr. A. DORRI – S.S. KANHERE – R. JURDAK, *Towards an optimized blockchain for IoT*, in *2017 IEEE/ACM Second International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IoTDI)*, 2017, pp. 173-178.

tracciamento e la distribuzione di cibo.²¹ L'ambito energetico è un altro dei potenziali settori interessati, con la possibilità di ottimizzare ed efficientare l'utilizzo delle risorse. Sulla piattaforma Exergy²² le imprese di consorzio possono scambiare attraverso *smart contract* l'energia elettrica da loro prodotta. Simile, ma con una prospettiva più ampia, è il progetto europeo di Enerchain,²³ che vede coinvolto anche Enel, che punta allo scambio *peer-to-peer* di energia tra utenti. Ancora, con Sun Exchange,²⁴ gli utenti possono acquistare e dare in leasing pannelli solari guadagnare in base all'energia ricavata. Infine, anche per l'*e-government* le potenzialità sono elevate, come miglioramenti nel pagamento delle pensioni o sistemi di voto digitalizzati. A tal riguardo, l'Estonia è certamente uno dei paesi più avveniristici, dove troviamo, ad esempio, i programmi e-Residency e Public Notary, i quali permettono, rispettivamente, di divenire cittadini "digitali" estoni e di certificare contratti, sia pubblici che privati, su di una *blockchain*.²⁵

Per quanto l'entusiasmo che circonda gli *smart contract* sia alquanto elevato, questi sono caratterizzati anche da varie debolezze. Nel giugno 2016, ad esempio, su Ethereum sono stati sottratti 50 milioni di dollari (in ether) da una organizzazione decentralizzata chiamata "The DAO" sfruttando una falla nei loro *smart contract*.²⁶ Pertanto, per quanto la *blockchain* rappresenti una struttura affidabile, quella della sicurezza è una delle principali problematiche inerenti agli *smart contract*. All'epoca di tale attacco circa il 45% degli *smart contract* presenti su Ethereum presentava infatti problemi di vulnerabilità.²⁷ Una vulnerabilità che può verificarsi anche sul fronte "esterno", quello degli *oracle*. Problema, questo, che potrebbe essere affrontando facendo ricorso a più *oracle* contemporaneamente.²⁸ Altre problematiche sono inerenti alla *performance*, dovute ad una limitata scalabilità e latenza proprie della struttura *blockchain*. A ciò si aggiunge l'irreversibilità degli errori: un contratto sbagliato non può essere modificato – se non in casi particolari e su *blockchain* di tipo privato – e può solamente essere aggiornato successivamente o rimpiazzato da un nuovo contratto. Anche la *privacy* rappresenta una questione importante negli *smart contract*. Non a caso è stato realizzato un sistema decentralizzato di *smart contract* denominato Hawk che non rende le transazioni

²¹ Cfr. L.W. CONG – Z. HE, *Blockchain, op.cit.*, pp. 1754-1797.

²² Cfr. <https://exergy.energy/>

²³ Cfr. <https://www.ponton.de/enerchain-p2p-trading-project/>

²⁴ Cfr. <https://thesunexchange.com/>

²⁵ Cfr. <https://tse.bitnation.co/>

²⁶ Il *bug* era quello delle cosiddette *recursive call*. Cfr. O.G. GÜÇLÜTÜRK, *The DAO Hack Explained: Unfortunate Take-off of Smart Contracts*, in *Medium*, 1 agosto 2018.

²⁷ Cfr. L. LUU – D.H. CHU – H. OLICKEL – P. SAXENA – A. HOBOR, *Making smart contracts smarter*, in *Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC conference on computer and communications security*, ottobre 2016, pp. 254-269.

²⁸ Poiché attraverso gli *oracle* vengono immesse informazioni esterne all'interno della *blockchain*, manomettendo quest'ultimi si potrebbero far arrivare informazione mendaci capaci di influenzare l'operato degli *smart contract*. Utilizzando un solo *oracle*, ad esempio, si incorrerebbe in un *single-point failure* qualora venisse attaccato. Utilizzando più *oracle*, invece, si avrebbero le medesime informazioni da più fonti con la possibilità di individuare eventuali anomalie. Cfr. V. GATTESCHI – F. LAMBERTI – C. DEMARTINI – C. PRANTEDA – V. SANTAMARÍA, *Blockchain and smart contracts for insurance: Is the technology mature enough?*, in *Future Internet*, 10(2), 2018, pp. 1-16.

visibili all'interno dei nodi.²⁹ Altre problematiche sono di natura prettamente legale a partire da quale sia l'istituto giuridico applicabile in un contesto difficilmente connotabile come negozio giuridico e quali i relativi rischi, oppure, cosa potrebbe accadere nel caso in cui il risultato di uno *smart contract* sia di fatto illegittimo.³⁰ È certamente da annoverare anche il diritto all'oblio³¹ in ambito legislativo europeo che indubbiamente collide con un registro caratterizzato per sua natura da immutabilità. Pertanto, seppure *blockchain* e *smart contract* si presentino certamente come delle tecnologie valide, si è ancora in una fase di sviluppo e le problematiche da superare – che si trasformano in sfide – sono ancora molte. Se da un lato specialmente soggetti privati investono in queste tecnologie, migliorandole e superando limitazioni di natura prettamente tecnica, sul fronte pubblico vi è certamente la necessità di adattare il piano giuridico al nuovo ecosistema digitale a livello sia nazionale che sovranazionale anche attraverso l'identificazione di comuni *standard* internazionali.

3. La *blockchain* nel mercato del lavoro

L'utilizzo di *blockchain* e *smart contract* potrà auspicabilmente avere un impatto notevole nell'ottica di una riorganizzazione della PA e di una sua maggiore digitalizzazione, dove la recente pandemica dovuta alla COVID-19 ne ha certamente evidenziato la necessità. I benefici potrebbero essere molteplici in termini di maggiore efficienza e di fiducia da parte dei cittadini. A livello europeo vi è notevole interesse per l'applicazione di tali tecnologie in ambito sia privato che pubblico. La Commissione Europea (CE) nel 2018 ha costituito a riguardo uno specifico osservatorio, l'EU Blockchain Observatory and Forum.³² Nello stesso anno, inoltre, è stata creata l'European Blockchain Partnership (EBP)³³ che riunisce tutti i paesi dell'area economica europea³⁴ nell'obiettivo di realizzare una European Blockchain Services Infrastructure (EBSI) per utilizzare servizi pubblici transfrontalieri per mezzo della tecnologia *blockchain*. A livello italiano, il Ministero per lo Sviluppo Economico (MSE) ha costituito un panel di 30 esperti per la realizzazione di un'apposita Strategia italiana³⁵ passata in consultazione pubblica nel luglio 2020. Nelle raccomandazioni, oltre a sottolineare le numerose potenziali implementazioni di *smart contract* e *blockchain*, si suggerisce l'utilizzo di soluzioni DLT per la costituzione di *open data* in ambito di PA nonché la possibilità di digitalizzare e controllare i flussi di lavoro che implementano servizi di *smart contract*. Il

²⁹ Cfr. A. KOSBA – A. MILLER – E. SHI – Z. WEN – C. PAPAMANTHOU, *Hawk: The blockchain model of cryptography and privacy-preserving smart contracts*, in *2016 IEEE symposium on security and privacy*, maggio 2016, pp. 839-858.

³⁰ Cfr. J.D. HANSEN – C.L. REYES, *Legal aspects of smart contract applications*, Seattle, maggio 2017, pp. 1-20.

³¹ Art. 17 reg. UE n. 2016/679.

³² Cfr. <https://www.eublockchainforum.eu/>

³³ Cfr. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/european-countries-join-blockchain-partnership>

³⁴ Oltre ai 28 paesi dell'unione, vi sono anche la Norvegia e il Liechtenstein.

³⁵ Cfr. MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, *Proposte per una Strategia italiana in materia di tecnologie basate su registri condivisi e Blockchain. Sintesi per la consultazione pubblica*, s.l., 2020, pp. 1-32.

mercato del lavoro e il settore previdenziale potrebbero effettivamente beneficiare di queste nuove tecnologie. Vi sono esempi,³⁶ infatti, di come INPS, INAIL e patronati passano opportunamente gestire gli assegni di ricollocazione sfruttando una *blockchain* definibile *social* di tipo *permissioned*. O di come la profilazione dei lavoratori possa efficientare il processo di *matchmaking* tra domanda e offerta di lavoro. Affinché queste modifiche possano attuarsi, vi è però la necessità di ripensare l'intera gestione dei *database* pubblici. Ciascun istituto partecipante ad una *social blockchain* nazionale dovrebbe avere una copia dell'intero *database* così da non possedere più tanti registri centralizzati unici (uno per ciascun istituto, con informazioni indubbiamente disperse), bensì lo stesso registro, comprensivo di tutte le informazioni, contemporaneamente condiviso su più nodi (gli istituti partecipanti). Ad essere ripensata però non è solamente la gestione ma anche la stessa struttura di acquisizione e archiviazione dei dati. Attualmente i tanti *database* "unici" detenuti dalle istituzioni sono strutturati in forma tabellare relazionale. Struttura, questa, che necessita di essere modificata per modellarsi in un sistema DLT. Pertanto, nel successivo paragrafo verrà messo a confronto un *database* di tipo relazionale con un non relazionale, preferibile in ambito di *blockchain*. Volendo tentare un'applicazione in ambito di mercato del lavoro, verrà preso ad esempio un campione delle CO fornito dal Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali (MLPS). Si evidenzieranno le principali differenze e i benefici di una strutturazione differente rispetto a quella corrente di tali dati.

3.1. Una struttura non relazionale

La gestione di grandi *database* può essere generalmente effettuata ricorrendo a due differenti strutture. Nel primo caso si fa solitamente uso di un linguaggio informatico denominato SQL (*Structured Query Language*) utilizzati per *database* basati su di un modello relazionale strutturato secondo i principi RDBSM (*Relational Data Base Management System*). Le informazioni vengono memorizzate in tabelle dove ciascuna riga è ascrivibile ad una specifica osservazione e la presenza di chiavi uniche permette di mettere in relazione le informazioni presenti su differenti tabelle all'interno del medesimo *database*. Nel secondo caso, l'acronimo diviene NoSQL, ad indicare l'assenza di questa strutturazione e quindi dei principi RDBSM. Le informazioni, pertanto, non sono strutturate in maniera fissa bensì variabile, capace dunque di modellarsi a seconda delle esigenze e quindi di gestire anche dati non strutturati, come documenti, e-mail e file multimediali.³⁷ Solitamente in un *database* di tipo non relazionale i dati vengono strutturati in documenti all'interno di quella che viene chiamata una collezione. Nell'alveo dei *software open-source*

³⁶ Cfr. S. CIUCCIOVINO – M. FAIOLI, *Blockchain*, cit., pp. 1-49.

³⁷ Cfr. S. KHAN – V. MANE, *SQL support over MongoDB using metadata*, in *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(10), 2013, pp. 1-5.

RDBSM si può annoverare MySQL, mentre, nel versante NoSQL MongoDB. L'esercizio di seguito presentato farà uso di questi due *software*. Il lavoro svolto dagli autori si è concentrato su di un campione delle CO composto da 17.444.942 osservazioni comprendente un totale 3.674.196 lavoratori.³⁸ Con un approccio SQL si lavora in termini di righe, dove ciascuna di esse rappresenta un'osservazione, dunque un'attivazione avvenuta per uno specifico lavoratore. Ragionando in una struttura NoSQL, ogni singolo lavoratore rappresenta un documento all'interno del *database* in MongoDB, ossia un *file* in formato BSON³⁹ composto da campi, detti *field*, che racchiudono le informazioni di ciascun lavoratore. Un campo di tipo vettoriale, chiamato *array*, raccoglie al suo interno le informazioni riguardanti le attivazioni. Ciascuna attivazione è rappresentata da un oggetto *field*, organizzato gerarchicamente, contenente al suo interno, in vari *field* aggiuntivi, tutte le sue informazioni. Nella Figura 1 è possibile apprezzare graficamente uno stralcio esemplificativo di come il *file* BSON riferito ad uno specifico lavoratore si presenta. Ciascuno individuo in questo *database*, ossia ciascun documento, è caratterizzato da un univoco ID alfanumerico.⁴⁰ Appare evidente come sia più semplice accedere alle informazioni di uno specifico lavoratore nel formato BSON presentato.

Il campione è stato pertanto analizzato in entrambi gli approcci valutandone le *performance* nell'applicazione delle quattro principali operazioni effettuabili su *database*, ossia: inserimento di nuove informazioni (*insert*), la loro selezione (*query*), il loro aggiornamento (*update*), fino alla loro rimozione dal *database* (*delete*). Per miglior *performance* si intende un minor tempo per effettuare una specifica operazione (o più operazioni concatenate).⁴¹ Ciascuna operazione è stata ripetuta considerando un numero crescente di lavoratori: 1, 1.000 e 10.000.⁴² Nello specifico, sono state prese in esame, nel campione, tutte le attivazioni corrispondenti al numero di lavoratori selezionato. Ad esclusione delle operazioni di *insert*, per quelle di *query*, *update* e *delete* sono state effettuate, per ciascun gruppo di lavoratori, due differenti operazioni.⁴³ I risultati del confronto sono riportati nella Figura 2. Nell'operazione di *insert* sono stati

³⁸ Le osservazioni rappresentano le righe presenti nel campione fornito dal MLPS in formato CSV (*Comma-separated values*). Ciascuna osservazione fa riferimento all'applicazione di uno specifico contratto di lavoro. Il campionamento è avvenuto sulla base delle prime quattro cifre del codice fiscale degli individui della popolazione di riferimento. I dati fanno riferimento ad individui dipendenti e parasubordinati per i quali sia stata effettuata almeno una comunicazione UNILAV, aggiornato sino al I trimestre 2020.

³⁹ *Binary JavaScript Object Notation*.

⁴⁰ Identificativo, questo, che supererebbe quello del codice fiscale, comunemente utilizzato in questo genere di *database*, ascrivile (in forma anonimizzata) al campo ID_LAVORATORE nella Figura 1.

⁴¹ La comparazione è stata effettuata in Python 3.7 utilizzando Spyder 4 come *development environment* (cfr. <https://www.anaconda.com/>). Per ciascuna operazione (o più operazioni concatenate) è stata calcolato il tempo intercorso tra l'invio e la risposta da parte del rispettivo *server* (MySQL e MongoDB). Ciascuna operazione è stata ripetuta 1.000 volte, calcolando dunque un tempo medio di risposta, al fine di ridurre l'asimmetria. Maggiori informazioni sulla comparazione effettuata possono essere ottenute previa richiesta.

⁴² Il numero di osservazioni per ciascun insieme di lavoratori è, rispettivamente, di: 1.158, 197.693 e 1.952.387.

⁴³ Le seconde operazioni sono caratterizzate da una maggiore complessità.

inserirli nei *database* contratti lavorativi a partire da tabelle CSV seppur nel caso di MongoDB queste siano state trasformate in formato BSON. Le *performance* dell'approccio SQL sono state superiori rispetto a quelle NoSQL al crescere nel campione. Inoltre, partendo da un format CSV, l'operazione d'inserimento è risultata essere in MongoDB nettamente più lenta rispetto a quella da un formato BSON. Nell'operazione di *query* sono state estratte dal campione informazioni relative ai lavoratori selezionati facendo anche ricorso alla possibile presenza di ipotetici *token* associati ad un sotto-campione casuale del campione originario.⁴⁴ In tutte le operazioni, utilizzando MongoDB si sono ottenute *performance* nettamente migliori e relativamente crescenti al numero di lavoratori considerati e alla complessità delle *query*. Nell'operazione di *update* sono state modificate informazioni relative ai contratti dei lavoratori selezionati. Nuovamente MongoDB si è rivelato più performante rispetto a MySQL. Infine, nell'operazione di *delete* sono stati eliminati dal *database* i gruppi di lavoratori considerati in base a specifiche condizioni tra le quali, ad esempio, il possesso o meno dei *token* sopramenzionati. Anche in questo caso MongoDB si è rivelato decisamente più performante rispetto a MySQL, specie nelle

Figura 1 Esempio di struttura NoSQL in MongoDB

```

  _id: ObjectId("5f5a4b8fd67b7641e83fd631")
  ID_LAVORATORE: "16653329"
  COD_GENERE: "F"
  COD_CITTADINANZA: "233"
  COD_TITOLOSTUDIO: "00"
  COD_COMUNE_DOMICILIO: "C463"
  COD_PROVINCIA_DOMICILIO: "9"
  COD_REGIONE_DOMICILIO: "09"
  ATTIVAZIONI: Array
    0: Object
      ID_DATORELAVORO: "290000"
      COD_COMUNE_LAVORO: "I480"
      DT_INIZIO: 2009-10-13T00:00:00.000+00:00
      DT_FINE: 2009-12-06T00:00:00.000+00:00
      COD_ORARIO: "F"
      COD_SETTORE: "23.13.00"
      COD_CCNL: "168"
      COD_TIPO_CONTRATTO: "A.02.00"
      N_PROROGHE: 1
    1: Object
      ID_DATORELAVORO: "5244798"
      COD_COMUNE_LAVORO: "I480"
      DT_INIZIO: 2012-03-29T00:00:00.000+00:00
      DT_FINE: 2012-03-29T00:00:00.000+00:00
      COD_ORARIO: "F"
      COD_SETTORE: "28.94.30"
      COD_CCNL: "115"
      COD_TIPO_CONTRATTO: "A.02.00"
      N_PROROGHE: 0

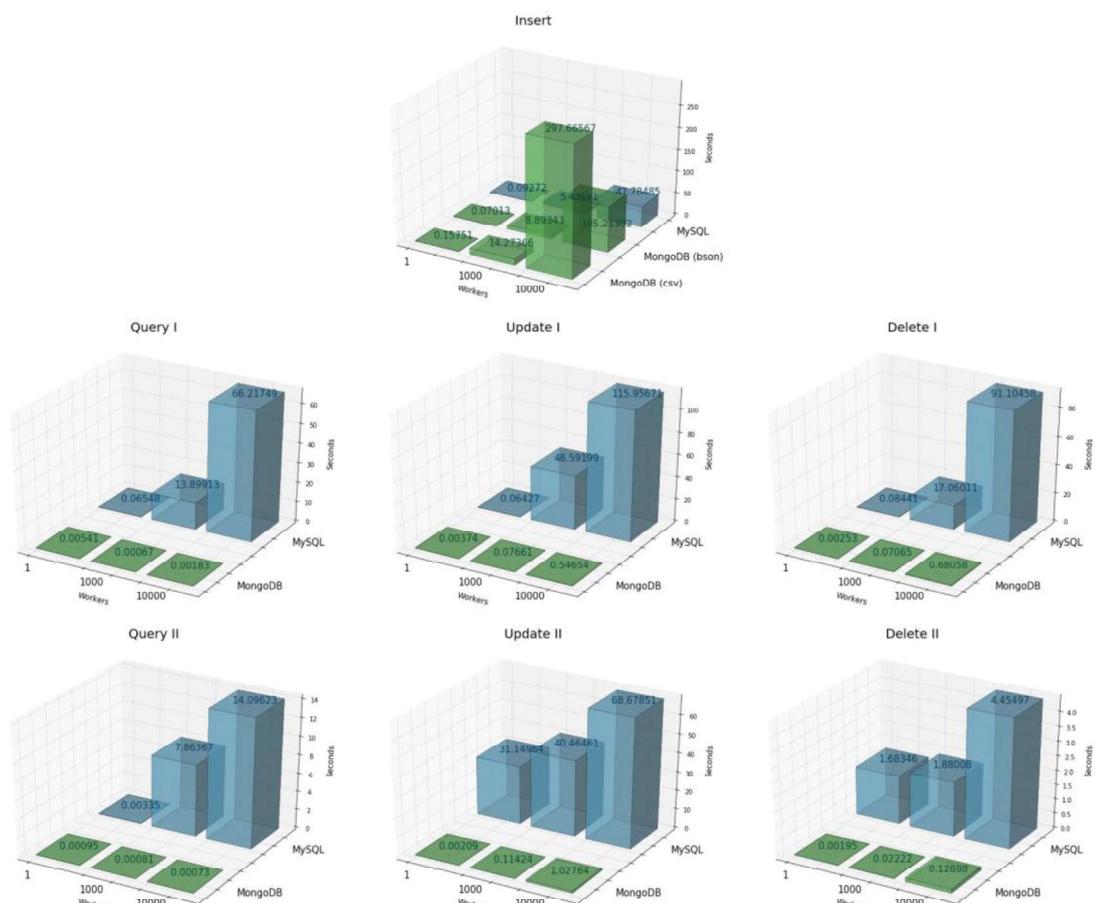
```

operazioni più complesse. Dai test effettuati si delinea una generale migliore *performance* di un approccio

⁴⁴ Nel caso di MongoDB le informazioni relative ai *token* sono direttamente integrate nel documento associato a ciascun lavoratore in un *field* vettore. In MySQL, invece, è stata generata una tabella con le relative associazioni avendo come chiave il codice di ciascun lavoratore.

NoSQL per la gestione dei dati delle CO.⁴⁵ Le operazioni di inserimento dati, tuttavia, risultano essere più rapide se effettuate in MySQL. Un risultato, questo, comprensibile dal momento che i dati originari provengono da un formato tabellare, quello CSV, indubbiamente più accomodante per un approccio SQL. Le operazioni di *insert* con MongoDB potrebbero essere migliorate qualora l'intero sistema delle CO venisse ad essere strutturato in formato NoSQL, dai nodi regionali del sistema sino alle stesse comunicazioni da parte dei datori di lavoro. Tuttavia, il “costo” in termini di tempo per inserire informazioni nel *database* presentato, viene compensato da nette migliori *performance* nelle altre operazioni proposte, dunque in una sostanziale gestione del *database*. Il beneficio è dovuto alla struttura stessa del *database*, dove tutte le informazioni non devono suddividersi su più tabelle bensì essere presenti in ciascun documento del registro. Inoltre, la struttura altamente flessibile di MongoDB permette di modellare le informazioni – quindi ciascun documento – per tutti i soggetti presenti all'interno del *database*. Tra le altre

Figura 2 Risultati di performance tra MySQL e MongoDB



⁴⁵ Tali risultati sono in linea con quanto concluso in esperimenti simili, seppur con *database* differenti. Cfr. Cfr. S. KHAN – V. MANE, *SQL support over MongoDB using metadata*, in *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2013, 3(10), pp. 1-5 e B. DIPINA DAMODARAN – S. SALIM – S.M. VARGESE, *MongoDB vs MySQL: a comparative study of performance in super market management system*, in *International Journal of Computational Science and Information Technology (IJCSITY)*, 4(2), 2016, pp. 31-38.

potenzialità di MongoDB è da sottolineare la sua elevata scalabilità, replicabilità ed elevata potenzialità nelle *query*, particolarmente utili nelle analisi del mercato del lavoro di siffatti *database*.

3.2. BigchainDB

La struttura NoSQL presentata in MongoDB ed applicata alle CO diviene ideale per poter sfruttare le potenzialità del *software* BigchainDB.⁴⁶ Esso si caratterizza per il fondere proprietà tipiche della *blockchain*, quali decentralizzazione, immutabilità e *asset* controllati dai rispettivi proprietari, con quelle dei *database*, ovvero tassi di transizione elevati, bassa latenza, indicizzazione e possibilità di effettuare *query* nel *database* strutturato nella *blockchain*.⁴⁷ Attualmente numerosi *database* delle istituzioni pubbliche, come quelli delle CO, sono identificabili come tipici *database* distribuiti e controllati da un soggetto pubblico centrale. Pertanto, senza rimuovere questo concetto – seppur ripensando radicalmente la struttura del *database* – si andrebbero ad affiancare a ciò, attraverso BigchainDB, le potenzialità tipiche della tecnologia *blockchain*. BigchainDB è oltremodo pensato per *blockchain* di tipo *permissioned*, quindi controllate da uno specifico soggetto (o più soggetti autorizzati),⁴⁸ come sarebbe opportuno strutturare *blockchain* di ambito amministrativo. Inoltre, una struttura del genere comporterebbe dei minori costi di validazione, sia in termini di tempo che di energia necessaria. Attraverso BigchainDB, il *database* d'interesse risulterebbe essere presente interamente su ciascun nodo del *network*, quindi ciascun soggetto partecipante.⁴⁹ Anche qualora venissero ad essere compromessi uno o più nodi, l'intero *database* continuerebbe comunque ad esistere sugli altri nodi del sistema. Ciascun soggetto partecipante autorizzato può inoltre creare degli specifici *asset* da scambiare sulla rete (equivalenti alle più famose criptovalute quali bitcoin ed ether) contraddistinti in modo crittografico. Le applicazioni del *software* BigchainDB sono attualmente molteplici, come nella gestione dei diritti di proprietà, nei sistemi IoT o nella gestione delle identità personali. Quello della *supply chain* è probabilmente uno degli ambiti applicativi più interessanti e dove

⁴⁶ Cfr. <https://www.bigchaindb.com/>

⁴⁷ Cfr. T. MCCONAGHY – R. MARQUES – A. MÜLLER – D. DE JONGHE – T. MCCONAGHY – G. MCMULLEN – R. HENDERSON – S. BELLEMARE – A. GRANZOTTO, *BigchainDB: a scalable blockchain database*, s.l., 2016, pp. 1-65.

⁴⁸ Ciò permette di evitare quello che viene definito come attacco *sybil*, il quale si verifica quando all'interno di una rete uno o più soggetti aggiungono un quantitativo di blocchi tale per cui riescano effettivamente a prendere il "controllo" della rete stessa. Rischio, questo, che ad ogni modo con *blockchain* come quella bitcoin risulterebbe essere estremamente costosa. Cfr. J.R. DOUCEUR, *The sybil attack*, in *International workshop on peer-to-peer systems*, marzo 2002, pp. 251-260.

⁴⁹ I nodi del *network* comunicano tra di loro tramite protocolli Tendermint. Questo rende dunque differente la metodologia del consenso all'interno del sistema *blockchain*. Infatti, mentre nel Bitcoin è richiesto il *proof-of-work* del *miner* (acronimo per identificare i validatori dei blocchi di una *blockchain*), nel caso di Tendermint il sistema è di tipo *proof-of-stake* BFT. L'acronimo BFT sta per *Byzantine Fault Tolerance*, caratteristica dei sistemi *blockchain* che riescono a risolvere il cosiddetto "problema dei generali bizantini" il quale si presenta, in un sistema informatico, quando vi è la necessità di raggiungere il consenso in situazioni in cui è possibile la presenza di errori. Il *mining* delle classiche *blockchain* è però dispendioso in termini energetici e rallentano le operazioni effettuabili sulla rete. Attraverso questi differenti protocolli, si ovviano a questi problemi. Cfr. J. KWON, *Tendermint: Consensus without mining*, in *Draft v.0.6*, 2014.

BigchainDB mostra migliori *performance* rispetto a *blockchain* e sistemi decentralizzati più tradizionali.⁵⁰ Tra le limitazioni di BigchainDB è però da sottolineare l'impossibilità di poter creare e gestire *smart contract* e certificati.⁵¹ Tuttavia, data l'elevata scalabilità e versatilità di BigchainDB, *smart contract* e certificati potrebbero essere realizzati come codice in MongoDB – il quale supporta numerosi linguaggi di programmazione come C++, Java e Python – e quindi integrati nel *database*. Alternativamente, il *database* realizzato con BigchainDB potrebbe essere integrato con altre piattaforme, come Hyperledger Fabric,⁵² solitamente utilizzate proprio per la creazione e gestione di *smart contract* e certificati.

4. Considerazioni finali

Il presente lavoro ha cercato di dare una breve disamina della tecnologia *blockchain* e dei sempre più diffusi *smart contract*. Strumenti, questi, caratterizzati oggi da una frenetica diffusione ma anche da uno spiccato interesse in ambito sia pubblico che privato, europeo quanto italiano. Con particolare attenzione al mercato del lavoro italiano e nell'ottica di una possibile applicazione in esso delle tecnologie DLT, è stato proposto un confronto tra l'attuale gestione dei *database* amministrativi, attraverso un sistema relazionale SQL, ed un approccio non relazionale NoSQL che ben si presta per essere gestito in una struttura *blockchain*. La valutazione è stata effettuata prendendo ad esame un campione delle CO fornite dal MLPS. Il breve esercizio qui mostrato ha pertanto evidenziato come un approccio differente alla "classica" gestione dei *database* centralizzati possa tradursi in un potenziale efficientamento procedurale nonché in una migliore strutturazione e gestione degli stessi *database*.⁵³ Nell'ottica di una possibile trasformazione in chiave *blockchain* del mercato del lavoro italiano, non solo dovrà cambiare l'attuale centralizzazione nella gestione dei *database* ma ad essa dovrà affiancarsi anche un ripensamento della struttura stessa dei dati gestiti. Infatti, per poter propriamente "esistere" in una struttura DLT, i dati, come quelli relativi allo storico dei contratti dei lavoratori, devono preferibilmente rispettare una struttura non semantica e non relazionale, come quella qui presentata in MongoDB. I benefici sarebbero potenzialmente molteplici. Ciascuna istituzione partecipante (ad esempio, MLPS, INPS, ANPAL) a questa *social blockchain* rappresenterebbe un nodo della rete, avrebbe dunque una copia dell'intero registro

⁵⁰ BIGCHAINDB, *BigchainDB 2.0 The Blockchain Database*, maggio 2018, pp. 1-14.

⁵¹ Ciò a causa della mancanza del cosiddetto *business logic layer*.

⁵² Quello di Hyperledger è un progetto di *blockchain* di tipo *open source* avviato dalla Fondazione Linux. La Hyperledger Fabric è una delle quattro piattaforme del progetto, promossa dalla IBM per soluzioni private (cfr. <https://www.hyperledger.org/use/fabric>).

⁵³ Seppur le quattro operazioni selezionate per effettuare il confronto tra MySQL e MongoDB siano piuttosto comuni, vi è comunque la possibilità che i risultati possano essere differenti a seconda dei *database* d'interesse nonché delle stesse operazioni effettuate su di essi. Z. PARKER – S. POE – S.V. VRBSKY, *Comparing NoSQL MongoDB to an SQL DB*, in *Proceedings of the 51st ACM Southeast Conference*, 4 aprile 2013, pp. 1-6, ad esempio, mostrano come non vi sia una sostanziale miglior *performance* di MongoDB rispetto a Microsoft SQL Server Express.

e sarebbe oltremodo un validatore, quindi titolare della possibilità di poter aggiornare il *database* aggiungendovi nuovi blocchi.⁵⁴ Le informazioni inerenti ai soggetti, spesso frammentate tra le diverse istituzioni, risulterebbero essere tutte concentrate in un solo registro condiviso tra più nodi. Quello del mercato del lavoro, e delle istituzioni ivi coinvolte, potrebbe rappresentare uno dei cosiddetti *building block*, ossia un elemento fondante, del processo di trasformazione DLT della PA suggerito dal MSE nelle sue recenti proposte.⁵⁵ Nel registro qui presentato, ciascun individuo verrebbe identificato da una propria chiave crittografica e non più dal codice fiscale e tutte le sue informazioni verrebbero concentrate in un unico documento, il file BSON mostrato in MongoDB. Ciò favorirebbe lo sviluppo di un sistema di identità digitale associata a ciascun cittadino grazie alla presenza di un'opportuna struttura ad essa sottesa ed integrabile con altri sistemi. Paesi come l'Estonia hanno già sviluppato un proprio sistema di identità digitale il quale travalica il concetto stesso di cittadinanza. Lo sviluppo di un sistema di identità digitale, infatti, si instaura come elemento fondamentale negli odierni sistemi digitali dove l'ambiente circostante diviene intelligente, come le *smart city*,⁵⁶ e dove, pertanto, i cittadini devono integrarsi in maniera appropriata. Oltremodo, lo stesso osservatorio europeo sulla *blockchain* ha sottolineato l'importanza di investire e sviluppare un opportuno sistema di identità digitale che sappia integrarsi con sistemi DLT nonché con la regolamentazione europea in ambito di *privacy* (GDPR).⁵⁷ L'importanza dello sviluppo dell'identità digitale in ambito di registri distribuiti per la PA, considerata dimensione essenziale per l'essere umano, è sottolineata nelle stesse recenti proposte del MSE.⁵⁸ Un sistema che andrebbe ad affiancarsi, ed in futuro probabilmente a sostituirsi, a quello degli attuali sistemi centralizzati pubblici, come lo SPID. All'identità digitale si affianca e segue il concetto di "tokenizzazione" del capitale umano, ossia la certificazione di titoli e competenze acquisita dagli individui tramite specifici *token* che ne attestino la veridicità (ad esempio, per un titolo di studio o un corso di perfezionamento). Anche questa idea viene riportata nelle proposte del MSE⁵⁹ dove si sottolinea il beneficio che se ne avrebbe proprio nel mercato del lavoro. Un cittadino potrebbe dunque accedere e visualizzare, tramite la propria identità digitale, un

⁵⁴ La contemporanea condivisione del medesimo registro tra più soggetti evita il verificarsi del cosiddetto *single point of failure*, ossia la possibilità di perdita di informazioni qualora un *database* centralizzato venisse attaccato. In un sistema *blockchain* DLT, invece, anche nel caso di attacco presso uno dei soggetti proprietari, il *database* continuerebbe ad esistere intatto negli altri nodi della rete.

⁵⁵ Cfr. MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, *Proposte*, cit., pp. 1-32.

⁵⁶ Cfr. R. RIVERA – J.G. ROBLEDO – V.M. LARIOS – J.M. AVALOS, *How digital identity on blockchain can contribute in a smart city environment*, in *2017 International smart cities conference (ISC2)*, settembre 2017, pp. 1-4.

⁵⁷ Cfr. EU BLOCKCHAIN OBSERVATORY & FORUM, *Conclusion Workshop Report – Online Video Conference, 6 May, 2020*, 26 maggio 2020.

⁵⁸ Le raccomandazioni sottolineano l'importanza dei principi di *self-sovereign* che devono essere rispettata nei modelli di identità personale: esistenza, controllo, accesso, trasparenza, persistenza, portabilità, interoperabilità, consenso, minimizzazione e protezione.

⁵⁹ Cfr. MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, *Proposte*, op.cit., pp. 1-32.

documento contenente le informazioni riguardanti la propria storia lavorativa, i certificati ottenuti e possibili ulteriori informazioni.⁶⁰ Al contempo, un'agenzia del lavoro, accedendo al medesimo registro, potrebbe selezionare lo stesso cittadino proprio in virtù dei *token* certificanti le sue competenze e delle sue esperienze lavorative. Un processo di profilazione certificata ed accessibile che beneficerebbe il *matchmaking* tra domanda e offerta di lavoro.⁶¹ Gli *smart contract* rappresentano un altro importante tassello integrabile in una siffatta struttura di dati e gestione di registri. Numerose interazioni tra cittadini e PA potrebbero così essere efficientate ed automatizzate in base alla presenza o meno di siffatti requisiti, certificati e verificabili, all'interno del documento rappresentata ciascun cittadino. Infine, va ricordato come una *social blockchain* di tipo *permissioned* come quella proposta permetterebbe, in ultima istanza, anche un possibile intervento forzoso di modifica sugli stessi dati, qualora ciò si rivelasse necessario. Intervento, questo, che ovviamente potrebbe essere effettuato unicamente dai validatori della *blockchain*, ossia le istituzioni amministrative in essa coinvolte.⁶² Per la realizzazione di una siffatta *blockchain*, potrebbe essere presa in considerazione l'idea di utilizzare il *software* BigchainDB, che fonde le proprietà della tecnologia DLT con quelle dei *database*.

Affinché un'effettiva digitalizzazione della PA e del mercato del lavoro in chiave *blockchain* possa avvenire, vi sono almeno cinque elementi determinati. Deve indubbiamente esserci alla base una effettiva volontà istituzionale, dimostrata, questa, dalle recenti proposte strategiche del MSE in materia. L'apparato legislativo dovrà necessariamente adattarsi, specie per poter accogliere nuove forme a-contrattuali come gli *smart contract* che certamente continueranno ad evolversi e diffondersi specie nell'ambito dei cosiddetti *gig jobs*.⁶³ Di particolare importanza sarà la necessità di strutturare una *social blockchain* capace di ottemperare alla salvaguardia dei cittadini. Come precedentemente affermato, la struttura e la modalità di gestione degli attuali *database* amministrativi centralizzati dovrà essere ripensata e a ciò segue la necessità di dotare l'apparato pubblico di competenze idonee. Da ultimo saranno gli stessi cittadini a dover essere in grado di interfacciarsi con una PA auspicabilmente digitalizzata. Tuttavia, i dati dell'ultimo DESI

⁶⁰ X. WANG – L. FENG – H. ZHANG – C. LYU – L. WANG – Y. YOU, *Human resource information management model based on blockchain technology*, in *2017 IEEE symposium on service-oriented system engineering (SOSE)*, 6 aprile 2017 2017, pp. 168-173 mostrano come un sistema di blockchain con la certificazione, tramite *token*, delle competenze degli individui, efficienterebbe l'operato nella selezione del personale, dove gli addetti alle risorse umane spesso si trovano dinanzi *curriculum vitae* contenenti informazioni mendaci.

⁶¹ Come suggerito in S. CIUCCIOVINO – M. FAIOLI, *Blockchain*, *op.cit.*, pp. 1-49.

⁶² Seppur un intervento che vada a modificare i blocchi di una *blockchain* sia contrario al concetto stesso di *blockchain*, nel caso di un utilizzo a fini pubblici, esso rappresenterebbe un elemento di salvaguardia e consenso ultimo nell'operato degli istituti pubblici titolari della *blockchain*.

⁶³ Ciononostante, alcune fattispecie esposte da S. CIUCCIOVINO – M. FAIOLI, *Blockchain*, *op.ult.cit.*, pp. 1-49 dimostrano come applicazioni di *blockchain* e *smart contract* in ambito pubblico possano già collocarsi nell'attuale quadro legislativo nazionale.



(*Digital Economy and Society Index*) della CE⁶⁴ mostrano l'Italia in ritardo rispetto agli altri paesi dell'unione sul fronte servizi pubblici digitali e dunque una bassa propensione all'interazione digitale tra cittadini e PA. Un ritardo, spiegabile anche da una generalizzata mancanza di competenze digitali tra i cittadini italiani.⁶⁵ Pertanto, seppur l'Italia possa non apparire (ancora) pronta per l'impiego della *blockchain* in ambito pubblico, il suo utilizzo può rappresentare un volano per le prossime sfide digitali della nazione.⁶⁶

⁶⁴ Cfr. COMMISSIONE EUROPEA, *Digital Economy and Society Index (DESI) 2020*, s.l., 2020.

⁶⁵ L'Italia è all'ultimo posto nella componente DESI inerente al capitale umano e le competenze digitali.

⁶⁶ Cfr. CENTRO ECONOMIA DIGITALE, *Libro*, cit., pp-1-148.