



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



RESEARCH in BUILDING ENGINEERING
INVESTIGANDO en INGENIERÍA de EDIFICACIÓN

EXCO'18



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESQUILA TÈCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN

INVESTIGANDO en INGENIERÍA de EDIFICACIÓN
RESEARCH in BUILDING ENGINEERING

EXCO'18

RESEARCH in BUILDING ENGINEERING EXCO'18

INVESTIGANDO

en INGENIERÍA de EDIFICACIÓN EXCO'18

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ETS de INGENIERÍA de EDIFICACIÓN

EDITORS Editores:

ALBIOL IBÁÑEZ, José Ramón
MEDINA RAMÓN, Francisco Javier

Universitat Politècnica de València
Universitat Politècnica de València

MAKING Maquetación:

ALBIOL IBÁÑEZ, José Ramón
MARTÍNEZ BENLLOCH, J. Javier

Universitat Politècnica de València
BYPRINT PERCOM, S.L.

PUBLISHER Edita:

edita.me

ACKNOWLEDGMENTS Agradecimientos:



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
INGENIERÍA DE
EDIFICACIÓN



ISBN: 978-84-17098-63-6

©2018, ETS de Ingeniería de Edificación, UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Cover image: pitatatu/bigstock.com

APPLICAZIONE BLOCKCHAIN AGLI SMART CONTRACTS DI MANUTENZIONE

BLOCKCHAIN APPLICATION TO MAINTENANCE SMART CONTRACTS

Nicola Moretti¹ and Fulvio Re Cecconi¹

Department of Architecture, Built environment and Construction engineering, Politecnico di Milano¹



Smart contracts per gestire la manutenzione

Smart contracts for maintenance management

L'utilizzo degli smart contracts permette di incrementare l'efficienza dei processi manutentivi in termini di risparmio di costi e di tempi di esecuzione dei pagamenti relativi all'esecuzione di una data lavorazione o di un pacchetto di lavorazioni. Inoltre, essi forniscono una garanzia aggiuntiva per il raggiungimento dei termini contrattuali.

Da un lato, quando ci si riferisce alle lavorazioni relative alla manutenzione programmata, la misurazione del raggiungimento di un accordo contrattuale appare relativamente semplice. Si pensi ad esempio alla necessità di sostituire parzialmente il rivestimento esterno di una facciata.

Diverso è invece il caso in cui le clausole contrattuali siano in forma discorsiva e non permettano una misurazione quantitativa diretta. A tale scopo potrebbe essere utile sfruttare le potenzialità dei sistemi di machine learning, attraverso i quali, recentemente è stata dimostrata la possibilità di tradurre semplici stringhe di testo leggibili e interpretabili dall'uomo (human readable), in codice machine readable (Perikos e Hatzilygeroudis, 2016).

L'approccio BIM potrebbe anch'esso aumentare l'automazione del processo. Nell'implementazione di tale approccio però sorge un problema di spazio di archiviazione: il modello BIM blockchain riguarda centinaia di transazioni tra decine di utenti, di circa due gigabyte l'una (Turk e Klinc, 2017). Tale inconveniente, potrebbe essere superato attraverso l'utilizzo di una metodologia semplificata per la gestione delle informazioni relative alla manutenzione degli immobili, come l'implementazione di un modello Construction Operations Building Information Exchange (COBie) (BSI, 2014).

Nonostante la ricerca sia ancora nel suo stato iniziale, essa presenta la possibilità di implementare la tecnologia blockchain nell'ambito degli smart contract per la manutenzione immobiliare. Tale approccio, sebbene debba essere validato e applicato ad appropriati casi di studio, deve essere inteso come un ulteriore passo verso la digitalizzazione della gestione immobiliare.

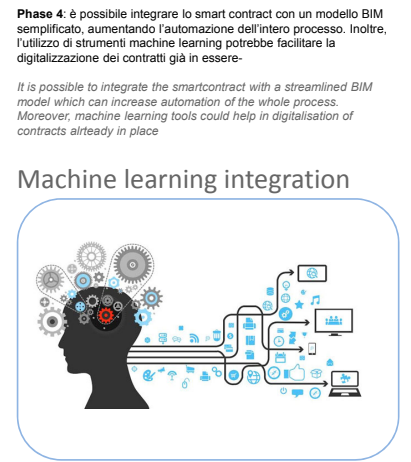
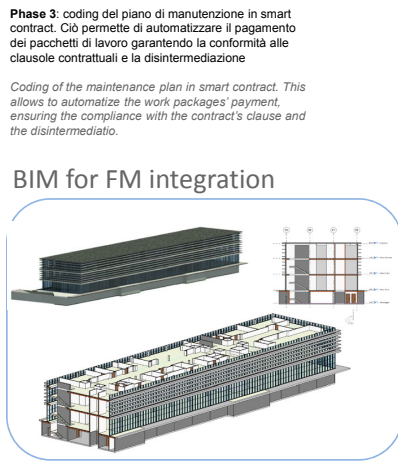
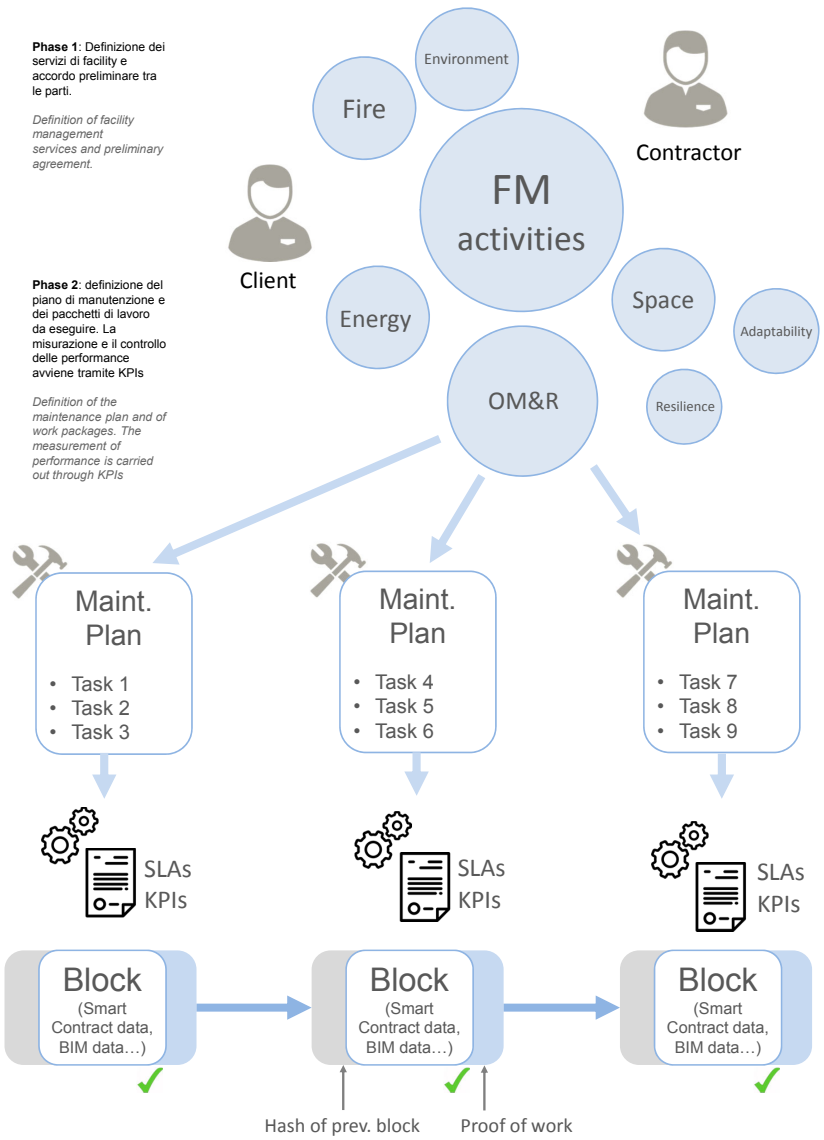
The use of smart contracts increases the efficiency of maintenance processes, both in terms of cost savings and execution times of payments related to the execution of an established work or a work package. In addition, they provide a guarantee for the achievement of the contractual terms.

On the one hand, when the work is related to a scheduled maintenance, the measurement of the achievement of a contractual agreement appears to be relatively simple: when we consider, for example, the need to partially replace the external cladding of a façade.

Having said that, we cannot reach the same conclusions when the contractual clauses are in a discursive form and do not allow a direct quantitative measurement. In this case, it could be useful to exploit the potential of machine learning systems. Recent work has shown that through the use of these system it is possible to translate a simple human readable text in a machine readable code (Perikos and Hatzilygeroudis, 2016).

Furthermore, the BIM approach could increase as well the process automation. In implementing this approach, however, there could rise a storage space issue. The BIM blockchain model covers hundreds of transactions between dozens of users, about two gigabits each (Turk and Klinc, 2017). This problem could be overcome through the use of a simplified methodology for the management of the building maintenance information, such as the implementation of a Construction Operations Building Information Exchange (COBie) model (BSI, 2014).

Although the research is still in its first stage, it presents the possibility to implement the blockchain technology in the field of smart contracting for building maintenance. This approach can be understood as a further step towards the digitization of real estate management, despite it should be validated and applied to appropriate case studies.



Applicazione blockchain agli smart contracts di manutenzione

Blockchain application to maintenance smart contracts

Nicola Moretti

*Department ABC /Politecnico di Milano / nicola.moretti@polimi.it
PhD Student*

Fulvio Re Cecconi

*Department ABC /Politecnico di Milano / fuvio.receconi@polimi.it
Associate Professor*

Abstract

Blockchain is deeply affecting finance procedures and investors behaviour. This technology is gaining momentum also in other disciplinary fields, since it allows to ensure reliability and trust in transaction operations. This paper aims at presenting how blockchain procedure could be applied to maintenance operations, ensuring a lean process and disintermediation between the agreements clauses and the implementation of the Operations Maintenance and Repair (OM&R) interventions. This can be done thanks to the application of the smart contracts to the use phase of the buildings. The research opens to a new scenario in OM&R, disintermediating OM&R contracts from the need for a contracts' supervisor, which typically ensure the compliance with the terms of the contracts when OM&R contracts are defined. This could lead to a fairer and transparent asset management, despite some drawbacks are presented in the conclusion of the paper.

Keywords

Blockchain, Operation Maintenance & Repair, Smart contracts, disintermediation.

Introduzione

L'industria delle costruzioni è caratterizzata dalla compresenza di molteplici attori, che dialogano e interagiscono tra loro, durante tutto il ciclo di vita dell'immobile. Questa peculiare condizione permette di sviluppare, con l'avvento delle nuove tecnologie, della digitalizzazione e della servitizzazione (Moretti *et al.*, 2017), proficue contaminazioni e interazioni tra differenti settori disciplinari. Negli ultimi anni, infatti, si è assistito ad una radicale trasformazione del settore delle costruzioni, sia per quanto riguarda la fase di progettazione e costruzione dell'immobile, sia per quanto riguarda la fase di gestione dello stesso.

L'introduzione delle procedure e della gestione informativa (geometrica e non) afferenti all'ambito del Building Information Modelling (BIM), sta rapidamente modificando non solo i processi di scambio di informazioni e di sviluppo del progetto, ma anche quelli relativi alla gestione dell'asset una volta realizzato (Pärn, Edwards and Sing, 2017). La fase di uso dell'asset (RIBA, 2013), occupa la maggior parte del ciclo di vita dell'immobile e coinvolge un grande numero di professionisti del mondo Architecture, Engineering and Construction (AEC). Tale circostanza provoca, se non gestita in maniera appropriata, ingenti sprechi di risorse di tempo (Pärn, Edwards and Sing, 2017). Se da un lato, infatti, la compresenza di innumerevoli professionisti e stakeholder determina la ricchezza del settore delle costruzioni, dall'altro può causare una sovrabbondanza di vincoli contrattuali e una generale pesantezza del processo che porta alla realizzazione e alla gestione dell'immobile.

Negli ultimi anni, si è assistito ad una vera e propria corsa agli investimenti nelle criptovalute (come ad esempio Bitcoin, Ethereum ecc.). La fortuna di tali prodotti finanziari è dovuta principalmente alla tecnologia blockchain, ovvero una sequenza trasparente e decentralizzata di accordi contrattuali tra le parti. Ogni modifica nella serie viene registrata da migliaia di computer e server con differenti collocazioni fisiche nel mondo. Grazie a questa infrastruttura, la possibilità che la modifica venga falsata o cancellata è prossima allo zero (Saiz and Salazar, 2017).

Lo sviluppo della tecnologia blockchain ha facilitato la diffusione dei cosiddetti *Smart Contracts*, ovvero dei protocolli per la gestione delle transazioni che eseguono automaticamente i termini contrattuali, conseguentemente alla verifica della conformità agli stessi. Tale tipologia di contratti può essere utilizzata per la gestione dei processi di manutenzione programmata, in quanto, al conseguimento di un determinato obiettivo contrattuale definito da uno specifico Service Level Agreement (SLA), il pagamento del pacchetto di lavoro può essere eseguito automaticamente o la fase successiva dell'implementazione del piano di manutenzione può essere inibita. Tale applicazione può ridurre notevolmente i costi di transazione e semplificare il processo di gestione dei contratti di manutenzione. Nei prossimi paragrafi viene illustrato l'approccio proposto e ne vengono evidenziati i pregi e i limiti. L'articolo si chiude con alcune considerazioni in merito ad ulteriori possibili sviluppi dell'approccio proposto e con la discussione dei possibili limiti dell'approccio proposto.

Blockchain e smart contracts

Come brevemente accennato nel paragrafo precedente, blockchain è una tecnologia basata sui principi della digitalizzazione, della decentralizzazione e della trasparenza (Turk and Klinc, 2017). Essa è conosciuta principalmente grazie alla diffusione della cripto valuta Bitcoin (Nakamoto, 2008) ed è identificabile

Introduction

The constructions industry is characterised by the presence of multiple actors, which dialogue and interact together during all the building's life cycle. This peculiar condition allows to develop, together with the exploitation of new technologies such as the digitalisation and the servitization (Moretti *et al.*, 2017), useful interactions between different disciplinary sectors. Thus, in recent years, a radical transformation of the constructions sector has been witnessed, both concerning the design and the construction phase of the building, and concerning the managements phase of the same.

The introduction of procedures and of the informatics management belonging to the field of the Building Information Modelling (BIM), is rapidly transforming not only the processes of exchange of information and of project development, but also the ones related to the management of the finished asset (Pärn, Edwards and Sing, 2017). The phase which concerns the use of the asset (RIBA, 2013) occupies the most part of the life cycle of the building and is of particular importance for most of the Architecture, Engineering and Constructions (AEC) professionals. Its mismanagement can lead to a huge waste of resources and time (Pärn, Edwards and Sing, 2017). If on the one hand, the coexistence of countless professionals and stakeholders determines the wealth of the construction sector, on the other it can cause an overabundance of contractual obligations and a general heaviness of the process that constitute the construction and management of the property.

The last years have been characterized by a rush to the crypto currency investments (see Bitcoin, Ethereum, etc.). The success of these financial products is mainly due to the blockchain technology, which is a transparent and decentralized sequence of contractual agreements between the parties. Every change in the series is recorded by thousands of computers and servers with different physical locations in the world. Thanks to this infrastructure, the possibility that the change is distorted or canceled is close to zero (Saiz and Salazar, 2017).

The development of blockchain technology has facilitated the spread of the so-called Smart Contracts, namely the protocols for the transactions management that automatically execute certain contractual terms, consequently to the compliance verification with the same. This type of contracts can be used in the management of the scheduled maintenance processes, because, after the attainment of a certain contractual objective, defined by a specific Service Level Agreement (SLA), the payment of the service can be automatically executed or the following phase concerning the implementation of the maintenance plan can be inhibited. This application can significantly reduce transaction costs as well as simplify the maintenance contract management process. In the next paragraphs the proposed approach together with its merits and limits will be illustrated. The article will end with some considerations regarding further possible developments of the proposed approach.

Blockchain and smart contracts

As briefly mentioned in the previous paragraph, blockchain is a technology based on the principles of digitization, decentralization and transparency (Turk and Klinc, 2017). This technology is mainly known thanks to

the diffusion of Bitcoin cryptocurrency (Nakamoto, 2008) and it can be identified as a technology

come una tecnologia basata sull'uso di un database decentralizzato, che viene utilizzato tramite una rete: tipicamente Internet. Le transazioni sono trasmesse a tutti i nodi nei quali sono memorizzate in blocchi. Il nodo è considerato valido ed è quindi possibile passare al nodo successivo, solo se tutte le transazioni al suo interno sono riconosciute come valide. I nodi così verificati, forniscono come risultato della procedura la creazione del nodo successivo della catena. La rete marca temporalmente le transazioni fornendo la prova del lavoro svolto attraverso un *hash*. La catena di maggiore lunghezza prova che tutti i nodi sono stati superati correttamente e che il risultato del processo è stato computato da quante più CPU possibili (Nakamoto, 2008) (Immagine 1).

Grazie alla tecnologia blockchain, è possibile implementare gli smart contract. Tale tipologia di contratti è stata definita due decenni fa da Szabo (1997). Essi consistono in un programma informatico che verifica ed esegue le clausole contrattuali, successivamente all'accadimento di alcuni eventi specifici. Se il contratto viene codificato e inserito in un processo basato su blockchain, esso non può essere modificato. Blockchain, dunque, permette che gli smart contract siano eseguiti efficacemente, permettendo di controllare il trasferimento della proprietà digitale, incentivando la disintermediazione tra cliente e fornitore del servizio e con vantaggi in termini di trasparenza, derivanti dalla decentralizzazione dei dati (Giancaspro, 2017).

Smart contracts per la gestione della manutenzione

Per quanto riguarda i contratti di manutenzione degli immobili, l'applicazione di blockchain e degli smart contracts ai processi ad essi sottostanti, appare un tema rilevante, in ambito accademico e professionale. Tipicamente, infatti, la gestione della manutenzione, quando pianificata correttamente, viene effettuata grazie all'operato di una società terza, che garantisce il corretto svolgimento delle operazioni contrattualizzate. Quando il contratto viene definito, la società responsabile del servizio di manutenzione, solitamente una società di Facility Management (FM), vengono definiti dei Service Level Agreements (SLA), misurati attraverso specifici Key Performance Indicators (KPIs). Al raggiungimento di un dato livello del KPI contrattualizzato, la lavorazione o i pacchetti di lavorazioni possono essere saldati, grazie alla procedura di pagamento gestita solitamente da un istituto bancario. L'utilizzo della tecnologia blockchain, congiuntamente agli smart contract possono in parte disintermediare questo processo, con evidenti vantaggi in termini di costi e di tempi. In immagine 2 viene illustrato l'approccio metodologico innovativo, sviluppato tramite l'applicazione degli smart contracts.

Discussioni e conclusioni

L'utilizzo degli smart contracts permette di incrementare l'efficienza dei processi manutentivi in termini di risparmio di costi e di tempi di esecuzione dei pagamenti relativi all'esecuzione di una data lavorazione o di un pacchetto di lavorazioni. Inoltre, forniscono una garanzia aggiuntiva per il raggiungimento dei termini contrattuali. Le parti devono concordare i termini contrattuali (SLA) e modalità di misura degli stessi (KPIs). In merito a tale aspetto, la definizione dei KPI adeguati ed efficaci nella restituzione dei risultati ottenuti dal fornitore

di servizi, appare una fase fondamentale (Dejaco, Re Cecconi and Maltese, 2017).

based on the use of a decentralized database, which is used via a network: typically Internet. Transactions are transmitted to all nodes in which they are stored in blocks. The node is considered valid and it is therefore possible to move to the next node, only if all the transactions are recognized as valid. The validated nodes provide the creation of the next node of the chain as a result of the procedure. The network temporally marks the transactions providing proof of the work done through a hash. The longest chain confirms that all the nodes have been correctly overcome and that the result of the process has been computed from as many CPUs as possible (Nakamoto, 2008). (Image 1)

Thanks to blockchain technology, the so-called Smart contracts can be implemented. This type of contracts were defined two decades ago by Szabo (1997). They consist of an IT program that verifies and executes the contractual clauses after the occurrence of some specific events. If the contract is encrypted and inserted into a blockchain-based process, it cannot be modified. Blockchain allows the efficient execution of these contracts, granting the control of the transfer of the digital property, thus encouraging the disintermediation between the customer and the service provider, with advantages in terms of transparency deriving from the decentralization of data (Giancaspro, 2017).

Smart contracts for maintenance management

The application of the blockchain and of the smart contracts in the maintenance of the buildings ant to its underpinning procedures, is a relevant academic and professional theme. When correctly planned, the maintenance management is carried out thanks to the work of a third-party company that guarantees the correct performance of the contractual transactions. Once the contract is defined, the company responsible for the maintenance service (e.g. a Facility Management (FM) company defines some Service Level Agreements (SLA), which are measured through specific Key Performance Indicators (KPIs). when a certain level of the contracted KPI is reached, work packages or single works can be payed through a procedure which is usually managed by a bank institute. The use of blockchain technology, together with smart contracts, can partly disintermediate this process, being particularly useful in terms of costs and time. In Image 2, this innovative approach, developed through the application of the smarts contracts, is presented.

Discussion and conclusion

The use of smart contracts increases the efficiency of maintenance processes, both in terms of cost savings and execution times of payments related to the execution of an established work or a work package. In addition, they provide a guarantee for the achievement of the contractual terms. The parties must agree both the contractual terms (SLA) and methods of measurement of the same (KPIs). Regarding the latter, the definition of an adequate and effective KPIs, in the return of the results obtained by the service provider, appears to be a fundamental phase (Dejaco, Re Cecconi and Maltese, 2017).

On the one hand, when the work is related to a scheduled maintenance, the measurement of the achievement of a contractual agreement appears to be relatively simple. When we consider, for example, the need to partially replace the external cladding of a façade, it is possible to calculate the square meters of cladding, to define the methods of execution, the cost of materials and means.

Da un lato, quando ci si riferisce alle lavorazioni relative alla manutenzione programmata, la misurazione del raggiungimento di un accordo contrattuale appare relativamente semplice. Si pensi ad esempio alla necessità di sostituire parzialmente il rivestimento esterno di una facciata. In tal caso, sarà possibile calcolare i metri quadri di rivestimento, definire le modalità di esecuzione, il costo dei materiali e dei mezzi, dunque contrattualizzare un prezzo in uno smart contract. Attraverso l'esecuzione del processo in blockchain la procedura di controllo e di pagamento può essere automatizzata e garantita.

Diverso è invece il caso in cui le clausole contrattuali siano in forma discorsiva e non permettano una misurazione quantitativa diretta. A tale scopo potrebbe essere utile sfruttare le potenzialità dei sistemi di machine learning, attraverso i quali, recentemente è stata dimostrata la possibilità di tradurre semplici stringhe di testo leggibili e interpretabili dall'uomo (*human readable*), in codice *machine readable* (Perikos and Hatzilygeroudis, 2016). Tale approccio, potrebbe fornire un'ulteriore possibilità nell'automazione di contratti già in essere.

L'approccio BIM, inoltre, potrebbe aumentare l'automazione del processo. In tale ambito appare di fondamentale importanza un'analisi delle esigenze della committenza, in quanto l'inclusione di un modello BIM all'interno di blockchain, potrebbe risultare problematica. Turk and Klinc (2017) propongono quattro scenari per la gestione del modello BIM in blockchain, in base al livello di decentralizzazione delle informazioni e alle modalità di trasmissione dei dati: dallo scenario "*Chained and very decentralized*" allo scenario "*Blockchain of BIM transactions*", nel quale non viene memorizzato nel sistema l'intero modello BIM, ma solo la sua immagine temporale e i metadati. Nell'implementazione di tale approccio però sorge un problema di dimensione dei file da memorizzare. Se il modello blockchain di Bitcoin, ad esempio, riguarda miliardi di transazioni tra milioni di utenti di circa un kilobite ciascuna, il modello BIM blockchain riguarda centinaia di transazioni tra decine di utenti, di circa due gigabite l'una (Turk and Klinc, 2017). È dunque semplice intuire che il problema relativo allo spazio di archiviazione e alla gestione di tale mole di dati deve essere gestito appropriatamente. Tale problema, potrebbe essere superato attraverso l'utilizzo di una metodologia semplificata per la gestione delle informazioni relative alla manutenzione degli immobili, come l'implementazione di un modello Construction Operations Building Information Exchange (COBie) (BSI, 2014; Maltese *et al.*, 2017).

Nonostante la ricerca sia ancora nel suo stato iniziale, essa presenta la possibilità di implementare la tecnologia blockchain nell'ambito degli smart contract per la manutenzione immobiliare. Tale approccio, sebbene debba essere validato e applicato ad appropriati casi di studio, deve essere inteso come un ulteriore passo verso la digitalizzazione della gestione immobiliare.

Summarizing, it is therefore possible to contract a price in a smart contract. Through the execution of the blockchain process, both the control and payment procedures can be automated and guaranteed.

Having said that, we cannot reach the same conclusions when the contractual clauses are in a discursive form and do not allow a direct quantitative measurement. In this case it could be useful to exploit the potential of machine learning systems. Recent work has shown that through the use of these system it is possible to translate a simple human readable text in a machine readable code (Perikos and Hatzilygeroudis, 2016). This approach could provide a further possibility in the automation of existing contracts.

Furthermore, the BIM approach could increase the process automation. In this context, an analysis of the client's needs is of fundamental importance, since the inclusion of a BIM model within a blockchain could be problematic. Turk and Klinc (2017) proposed four scenarios for the management of the BIM blockchain model, based on the level of information decentralization and data transmission methods: from the "*Chained and very decentralized*" scenario to the "*Blockchain of BIM transactions*" scenario, in which the entire BIM model is not stored in the system, but only its temporal image and metadata.

In implementing this approach, however, there could be an issue concerning the size of the files to be stored. If the blockchain model of Bitcoin, for example, concerns billions of transactions between millions of users of about one kilobite each, the BIM blockchain model covers hundreds of transactions between dozens of users, about two gigabits each (Turk and Klinc, 2017). It is therefore easy to understand that the problem concerning the storage space and the management of this amount of data must be managed appropriately. This problem could be overcome through the use of a simplified methodology for the management of the property maintenance information, such as the implementation of a Construction Operations Building Information Exchange (COBie) model (BSI, 2014; Maltese et al., 2017).

Although the research is still in its initial state, it presents the possibility to implement the blockchain technology in the field of smart contracting for building maintenance. This approach can be understood as a further step towards the digitization of real estate management, despite it should be validated and applied to appropriate case studies.