

Relazione scientifica annuale sull'attività svolta nell'ambito dell'assegno di ricerca "Metodi strumenti e procedure scientifiche innovative e sperimentali per il supporto tecnico al monitoraggio e alla valutazione dei processi di rigenerazione urbana ed efficientamento del patrimonio edilizio esistente"

Assegnista di ricerca: Antonio Magarò

Docente referente: prof. Fabrizio Finucci

Periodo di riferimento della relazione: dal 01.04.2023 al 31.03.2024

Parole chiave

Patrimonio edilizio, *Digital twin*, Simulazione architettonica e urbana, *Building Information Modeling*

1. Stato dell'arte

Nella letteratura europea e all'interno del dibattito nel Vecchio Continente, la rigenerazione urbana e il lessico a essa connesso hanno assunto al contempo univoca definizione e ampiezza di significato. La rigenerazione urbana è certamente l'insieme dei modelli, metodi, strumenti e pratiche rivolte al tessuto della città con lo scopo di rivitalizzare la trama urbana attraverso un approccio integrato che contempli gli interventi fisici, le tecnologie (nuove e tradizionali), gli aspetti sociali, economici, culturali e partecipativi.

Rigenerare il patrimonio edilizio, soprattutto quello delle principali urbanizzazioni europee, come Roma Capitale, assume il significato di dotarsi di visioni e strumenti in grado di incidere sulle strutture (*hardware*) e sulle identità (*software*), individuando nella città e nel suo patrimonio un ecosistema complesso che tende a un equilibrio dinamico, fatto di legami che continuamente si formano e si rompono.

A tale complessità si aggiunge il rapporto con la *governance* dei processi, che deve essere in grado di costituirsi in elemento risolutore e attivatore delle differenti discipline.

Inoltre, lo sviluppo sostenibile, le azioni a basso o nullo impatto ambientale e la necessità di efficientare consumi e risorse energetiche sono tratti ineliminabili della città del futuro, sebbene necessariamente coniugati con il perseguimento del benessere collettivo e del miglioramento della qualità della vita.

Pertanto, la rigenerazione urbana deve ambire a un modello di città in grado di reagire in modo proattivo ed efficace rispetto a ogni stimolo che possa maturare all'interno della collettività o derivare da fattori esterni e non controllabili, legati a rischi naturali, sanitari e/o antropici; una concezione di governance improntata su adattabilità e flessibilità delle soluzioni rispetto alle problematiche da affrontare, secondo un *modus operandi* che, certamente, possa consentire di impiegare, al meglio, le risorse infrastrutturali e tecnologiche e disposizione, ma che, in ogni caso, sia supportata da un correlato processo di maturazione culturale della collettività, resa partecipe e consapevole e disposta a contribuire al perseguimento dell'interesse generale e del bene comune in nome di un effettivo sentimento condiviso.

Le complesse questioni riguardanti la qualità della vita, sia nei centri urbani che all'interno dei sobborghi a essi limitrofi, postulano, è noto, strategie condivise e una visione d'insieme

finalizzata a una accorta pianificazione, inerente, in via puramente esemplificativa, il consumo del suolo, la sicurezza, la mobilità, la sostenibilità, la salvaguardia del patrimonio ambientale e culturale.

È proprio sul territorio, difatti, che si riversano le tensioni della società nel contemperare ambiente, utilizzazione e fruibilità dello spazio entro cui si svolge la vita quotidiana dell'individuo, sviluppo economico e vocazioni sociali, anche perché esso costituisce il "terminale necessario" della gran parte delle attività umane, specie quelle aventi un contenuto economico: in verità, è la disciplina dell'uso del territorio, per gli aspetti in cui interagisce con il sistema economico, a costituire di per sé momento importante di interesse pubblico (Lombardi, 2016).

Si innestano, in quest'ottica, le politiche di "rigenerazione urbana", comprensive di iniziative capaci di incidere non solamente in riferimento al tessuto urbanistico, ma anche sul contesto socio-ambientale del territorio interessato, non limitandosi, quindi, a una mera "riqualificazione" (edilizia), bensì ingenerando un processo di trasformazione che superi preesistenti condizioni di degrado e consenta la riscoperta dei valori sociali e di qualità di vita nella città (Simonati, 2019). È necessario tenere in considerazione che, ormai da anni, la pianificazione urbanistica non prevede più l'approccio all'organizzazione territoriale mediante zonizzazione, nell'ambito di piani gerarchizzati a cascata (Bellomia, 2003) con un atteggiamento del pianificatore quale riferimento dotato di poteri tecnici discrezionali (Ferrara, 2014). Piuttosto, l'azione amministrativa è rivolta alla negoziazione e non al confinamento e rimodellamento della proprietà privata mediante i confini dello spazio pubblico (Graziosi, 2018): la rigenerazione urbana del patrimonio architettonico prevede l'intervento importante dell'iniziativa privata per l'interesse pubblico, superando le sproporzioni tra pubblica amministrazione e cittadini/proprietari (Amorosino, 2019).

Abbandonando la tradizionale concezione di pianificazione urbanistica intesa alla stregua di mera razionalizzazione del territorio mediante l'attribuzione, in primo luogo, di diversificati indici di fabbricabilità, il processo di nuova definizione degli spazi urbani ben può tendere, oggi, al conseguimento dell'obiettivo di ottimizzare il consumo del suolo mediante il ricorso alle moderne tecnologie, così da postulare la maturazione di una "comunità intelligente", capace di garantire iniziative «inclusive intelligenti» (Fracchia e Pantalone, 2015), anche per il tramite dell'implementazione di sistemi di connettività diffusa e di digitalizzazione delle comunicazioni e dei servizi (Midiri, 2018).

Il monitoraggio e la valutazione sono ingredienti ancor più significativi per la gestione dei processi di rigenerazione urbana, perché consentono di modificare e riorientare le scelte attribuendo loro un potere anti-deterministico e garantendone la flessibilità nel tempo.

Il monitoraggio e la valutazione presentano alcune similitudini: si fondano sulla raccolta di informazioni e analizzano un progetto o un programma in termini reali relativi agli effetti diretti sugli utenti, con lo scopo di trarre conclusioni utili.

Le differenze sono altresì sostanziali:

- il monitoraggio è relativo alla fase di attuazione del progetto o del programma di rigenerazione del patrimonio e si propone lo scopo di raccogliere in maniera continua e sistematica una serie di informazioni;

- la valutazione si realizza in una fase avanzata dell'attuazione del progetto o del programma (in itinere) o addirittura successivamente (ex post) con lo scopo di identificare il raggiungimento degli obiettivi prefissati ed eventualmente inserire contromisure di ri-orientamento.

Pertanto, si tratta di famiglie strumenti di supporto al decisore (*Decision Support Systems DSS*) di grande utilità per il raggiungimento della qualità. Questa, nell'ambito della rigenerazione urbana si misura quando i progetti o i programmi sono:

- rilevanti, ovvero rispondono a esigenze prioritarie per gli utenti;
- fattibili, quando sono ben impostati e forniscono benefici sostenibili per la comunità di riferimento;
- efficaci, se sono gestiti in maniera efficiente e, al contempo realizzano le previsioni.

1.1 Il monitoraggio

Le attività di monitoraggio con lo scopo di supportare il decisore nel perseguire la qualità del progetto o del programma sono articolate in almeno tre momenti:

1. revisione del progetto o programma, per acquisire informazioni e riflettere su quanto si sta realizzando e, al contempo, studiare eventuali adattamenti;
2. ri-pianificazione, durante la fase di attuazione di un progetto o programma si verificano sempre scostamenti rispetto le previsioni che rendono le attività obsolete;
3. reportistica aggiornata sui progressi fisici ed economici del progetto o programma, con lo scopo di coinvolgere e attivare tutti gli attori del processo, con particolare riferimento all'ente finanziatore ovvero la pubblica amministrazione.

Attuando politiche concrete di monitoraggio, la fase di attuazione di un programma o di un progetto di rigenerazione urbana del patrimonio si trasforma in un momento prolungato di apprendimento virtuoso, attraverso il quale la pubblica amministrazione impara da quanto pianificato e riversa ricorsivamente quanto imparato sul ri-orientamento del progetto o programma stesso, incrementando le probabilità di successo.

I dati che il monitoraggio deve acquisire sono inerenti a:

- rilevanza e fattibilità del progetto;
- progressi che si stanno ottenendo in relazione agli obiettivi prefissati;
- gestione del processo in relazione soprattutto alla individuazione dei fattori di rischio e degli eventi inattesi;
- eventuali azioni da intraprendere.

1.2 la valutazione

Nella fase di attuazione del progetto o del programma di rigenerazione urbana, la valutazione ha lo scopo di:

1. verificare il conseguimento degli obiettivi;
2. sostenere i processi decisionali relativi alle azioni intraprese e da intraprendere nel periodo immediatamente successivo.

Pertanto, la valutazione è un complesso di azioni puntuali generalmente affidate a organismi esterni alla pubblica amministrazione, soggetto attuatore del progetto o del programma. In tal caso, la valutazione deve considerarsi come attività di "formazione" in quanto è sorgente di

apprendimento dati dalla fase realizzativa, utili a migliorare la qualità futura dell'oggetto stesso o di quelli futuri.

La valutazione necessita di attenersi a una serie di principi:

- imparzialità e indipendenza della funzione valutativa rispetto alle funzioni di indirizzo politico e realizzativo;
- credibilità, garantita dal supporto della ricerca scientifica accademica, ma anche dalla trasparenza dei processi e dalla diffusione dei risultati raggiunti;
- partecipazione di tutti i portatori di interesse a completamento di processi di reale partecipazione che determinino l'apporto di ciascuno;
- utilità in termini di capacità di fornire tempestivamente risultati e raccomandazioni.

2. Delimitazione del problema scientifico

Le ICTs ricoprono un ruolo centrale sia nei processi conoscitivi, di ricerca e divulgazione, sia nei processi di progettazione dove svolgono il ruolo di interfaccia tra competenze tecniche diverse. Queste tecnologie hanno avuto uno sviluppo molto significativo nell'ambito del Patrimonio architettonico nel quale svolgono compiti particolarmente complessi quali la comunicazione e la divulgazione in campi extra-disciplinari.

In presenza di una grande molteplicità di dati, frutto delle attività di monitoraggio e valutazione, con lo scopo di semplificare le fasi di elaborazione, può essere utile attingere al campo delle ICT per sfruttare strumenti informatizzati di supporto al processo decisionale, dotati di moduli quali database, modelli matematici, modelli di simulazione, etc.

Sistemi in grado di integrare tali caratteristiche prendono il nome di Sistemi di Supporto alle Decisioni (DSS).

Il concetto di DSS è estremamente ampio e non esiste una definizione unica dello stesso: alcuni sostengono che non può esistere [Keen, 1980]. Tuttavia, molti autori in letteratura cercano di fornire definizioni a livello tecnico, sia in modo concettuale che concreto.

Una definizione generale prevede che i DSS siano sistemi basati sull'ausilio dello strumento informatico per il supporto al processo decisionale [Finlay, 1994]. In maniera più accurata, si può definire un DSS come un sistema, basato sull'utilizzo del computer, interattivo, flessibile e adattabile, sviluppato principalmente, ma non solo, per supportare la soluzione di un processo decisionale non strutturato [Turban, 1995].

Verso la fine degli anni Novanta tali sistemi si diffondono, ancora una volta in contemporanea con la diffusione dei personal computer. Allo stesso tempo la definizione diventa sempre più complessa e comprensiva. I DSS si possono definire come sistemi informativi, interattivi, concepiti per assistere le attività del decisore, aiutando i manager a trovare, sintetizzare e analizzare informazioni importanti, aumentando e velocizzando il processo decisionale e tramite i quali le persone apprendono e comunicano le decisioni [Power, 1997]. Pertanto, un DSS può essere sia un processo sia uno strumento per risolvere problemi troppo complessi per l'uomo e troppo qualitativi per il computer [Magarò, 2020]. Obiettivi multipli possono ulteriormente complicare il compito del decisore qualora siano in contrasto tra loro. Come un processo, un DSS è un modo sistematico per guidare decisori e stakeholders verso l'obiettivo di considerare tutte le possibili alternative, valutando le eventuali opzioni per determinare la soluzione che meglio

risolve il problema. Come strumento, il DSS include funzionalità per la determinazione di alternative e meccanismi per la loro analisi comparativa, la determinazione di priorità e la scelta sulla base di criteri, obiettivi e vincoli imposti dall'utente. Un approccio partecipativo, che coinvolga utenti, pianificatori e i decisori a ogni livello, è visto come un fattore di successo per un DSS.

Infatti, gli utenti spesso non sono in grado di specificare, in prima approssimazione, tutti i requisiti e le aspettative del processo decisionale e un loro continuo coinvolgimento permette di valutare correttamente il problema e contribuire alla sua risoluzione [Magarò, 2020].

3. Obiettivi

La ricerca si propone di supportare il processo programmatico, progettuale e attuativo, relativo alle trasformazioni di rigenerazione urbana, recupero, razionalizzazione ed efficientamento del patrimonio edilizio esistente. Obiettivo del programma è l'implementazione di un sistema di monitoraggio e valutazione dei processi di rigenerazione urbana e di efficientamento energetico del patrimonio edilizio esistente.

Tale sistema dovrà basarsi su una piattaforma informatica implementabile e aggiornabile. L'attività prevista dal programma di ricerca prevede due fasi principali e parallele: una fase di studio, analisi critica e repertoriazione dei principali metodi e tecniche di monitoraggio dei processi di rigenerazione; una fase di proposta applicativa di una metodologia su piattaforma informatica.

Gli obiettivi generali della ricerca sono:

- creare di una base comune di conoscenza di parte del patrimonio edilizio di Roma Capitale, con riferimento a quegli immobili del Novecento in stato di degrado e obsolescenza;
- introdurre elementi di razionalità nei processi decisionali attraverso la formalizzazione di sequenze logiche e articolate di step, con lo scopo di definire protocolli operativi per il monitoraggio e la valutazione;
- creare le condizioni per la partecipazione attiva ai processi di trasformazione per la rigenerazione urbana, individuando o creando strumenti di diffusione e informazione;
- sviluppare un substrato informatizzato per la condivisione dei dati che possa essere implementato quale standard per la pubblica amministrazione.

4. Risultati conseguiti

Oltre ad aver partecipato alle attività che hanno comportato il raggiungimento di una molteplicità di traguardi, tra cui le attività di supporto alla ri-progettazione di immobili afferenti al patrimonio architettonico del Novecento, l'Assegnista ha lavorato per il conseguimento di una serie di risultati specifici.

In particolare, si elencano i seguenti prodotti:

- elaborazione di linee guida per la creazione di una piattaforma informatizzata di monitoraggio e valutazione dei progetti e dei programmi di rigenerazione urbana;
- definizione di una serie di indicatori quali-quantitativi misurabili per la descrizione dei processi e dei progetti di rigenerazione urbana;

- creazione di un modello implementabile di raccolta dati da utilizzare nella fase di monitoraggio, basato sul rilievo geometrico e materico dell'edificio, riportato in un sistema BIM, il cui database possa essere interfacciabile con sistemi relazionali open-source interrogabili da altri software;
- divulgazione di alcuni risultati nell'ambito di diversi convegni e seminari.

5. Ulteriori sviluppi

La ricerca, della durata di un anno, terminerà il 31.03.2024. Alla data in cui si scrive, i risultati raggiunti sono quelli prefissati per la durata dell'assegno di ricerca. Tuttavia, ancora molti sono i possibili sviluppi che la ricerca può portare avanti nei diversi scenari che si prefigurano.

In particolare, si ritiene che sia necessario il passaggio dal modello di piattaforma implementabile alla programmazione e alle attività di testing della medesima, in applicazione delle linee guida redatte.

Al contempo, con lo scopo di valutare le reali potenzialità del sistema, si ritiene utile individuare uno o più casi di studio da modellare all'interno della piattaforma, quali gemelli digitali, per poterne valutare gli esiti in progressione con le attività di servizio.

Si ritiene sia possibile ricreare un cosiddetto sistema cyber-fisico (*Cyber-Physic System - CPS*), ovvero un sistema informatico in grado di interagire in modo continuo e dinamico con il sistema fisico in cui opera e con il mondo reale che lo circonda. Esso è dotato di capacità continue di computazione, comunicazione e controllo, in modo che dati reali e simulati possano convergere e interagire fornendo informazioni utili ai processi decisionali.

La costruzione di un CPS completo si basa sull'implementazione dei cosiddetti "gemelli digitali". Un *Digital Twin* (DT) è una simulazione digitale di processi o prodotti afferenti al mondo reale, utilizzabile per prevedere, monitorare e gestire i comportamenti di persone e oggetti durante l'implementazione reale, preventivamente o contemporaneamente a essa, in modo da facilitare la manutenzione e incrementare la qualità e le prestazioni. Un DT si compone dei seguenti ambiti:

- modelli di dati, ovvero la descrizione digitale di processi e oggetti reali;
- analitiche, ovvero gli algoritmi di analisi dello svolgimento del processo, della risposta dell'oggetto o del comportamento dell'essere umano e/o dell'ambiente in cui un oggetto viene prodotto o un essere umano opera. Si tratta di una previsione che può abbracciare interi cicli di vita e che comprende le interazioni con gli esseri umani a tutti i livelli, dalla progettazione alla produzione all'uso;
- conoscenza, ovvero la raccolta strutturata e soprattutto continua di dati, al fine di provvedere al miglioramento continuo.

In definitiva il DT costituisce la sintesi tra due visioni legate alla simulazione della realtà che finora erano antitetiche: una basata sulla creazione di modelli teorici per la descrizione di particolari fenomeni, contro una relativa esclusivamente alla loro descrizione su base esperienziale, fondata sulla raccolta di dati reali.

Nel primo caso, l'unico modo di validare un modello teorico è quello di verificarlo confrontandolo con il sistema reale, nel secondo caso, la mole di dati raccolti deve essere collegata a un sistema semplificato allo scopo di fornire una lettura d'insieme, perdendo, di contro, dettagli che potrebbero influire sulla correttezza della simulazione.

In tal senso, le potenzialità dei DT sono infinite, dal miglioramento delle caratteristiche d'uso di un prodotto, all'ottimizzazione dei suoi processi di produzione, dalla gestione e fruizione di tipologie edilizie sempre più complesse (grandi stazioni, aeroporti, porti, ospedali, etc.) al miglioramento delle condizioni ambientali legate al riscaldamento globale, fino ad arrivare alle implicazioni biologiche e sanitarie.

La differenza più importante tra la simulazione tradizionale e i DTs è che questi intervengono nella simulazione di un intero ciclo di vita, dalla progettazione alla realizzazione alla fruizione fino alla dismissione: mentre una simulazione tradizionale può indicare quel che può accadere con buona approssimazione, un DT è in grado di dire cosa sta accadendo in tempo reale, senza la necessità che l'evento si verifichi realmente.

Nel settore della gestione del patrimonio architettonico è possibile collegare il DT con una serie di dati legati all'edificio, come ad esempio i parametri energetici, in modo da monitorarne i consumi, i relativi costi e definire le misure relative alla loro ottimizzazione. Tali possibilità di monitoraggio possono trovare applicazione nella gestione delle tipologie edilizie complesse o delle infrastrutture e, su scala più ampia, di intere urbanizzazioni.

Il *trait d'union* tra Architettura e DTing è certamente il BIM. il modello BIM rappresenta la base di dati necessaria allo sviluppo di un DT, il quale poi è in grado di svolgere specifiche funzioni grazie all'integrazione con altre tecnologie che ne consentono la connessione e il dialogo con l'opera. Grazie al BIM è possibile strutturare i dati in modo da creare facilmente una replica virtuale dell'edificio, e collegarla alla realtà mediante l'uso di sensori.

Un'opportunità, questa, che al momento non rientra ancora nei processi di progettazione tradizionale e/o parametrica, che spesso tendono a produrre dati incompleti o comunque non strutturati con la necessaria coerenza. La diffusione dei DT richiede quindi anche un cambiamento nell'approccio alla gestione dei progetti e alla loro realizzazione.

Riferimenti Bibliografici

- Amorosino S. (2019). "Una rilettura costituzionale della proprietà a rilevanza urbanistica", *Rivista Giuridica dell'Edilizia*, 1, p. 3.
- Bellomia S. (2003). "Evoluzione e tendenze della normativa statale e regionale in materia di pianificazione urbanistica", *Rivista Giuridica dell'Edilizia*, 4, p. 125.
- Ferrara R. (2014). "Precauzione e prevenzione nella pianificazione urbanistica del territorio. La precauzione inutile", in Stella Richter P. (a cura di) *La sicurezza del territorio. Pianificazione e depianificazione. Atti del 15° e del 16° Convegno nazionale dell'Associazione italiana di diritto urbanistico*. Milano: Giuffè, pp. 121-139.
- Finlay, P. N. [1994]. *Introducing Decision Support Systems*, Cambridge: Blackwell.
- Fracchia F., Pantalone P. (2015). "Smart City: condividere per innovare (e con il rischio di escludere?)". *Federalismi.it*, 22, p. 2.
- Graziosi B. (2018). "Il problema degli standard urbanistici differenziati e gli interventi di rigenerazione urbana nel territorio urbanizzato", *Rivista Giuridica dell'Edilizia*, 6, p. 529.
- Lombardi P. (2016). "Il permesso di costruire in deroga tra interessi, uso e riuso del territorio", *Rivista Giuridica dell'Edilizia*, 3, p. 249.

- Magarò, A. [2020]. "Involucri abitabili adattivi. Metodologia sistemica di rigenerazione urbana", Tesi di Dottorato, Dipartimento di Architettura, Università degli Studi Roma Tre, Roma.
- Midiri M. (2018). "Nuove tecnologie e regolazione: il caso Uber", *Rivista Trimestrale di Diritto Pubblico*, 3, p.1017.
- Power, D. J. [1997]. "What is a DSS?", *The on-line executive Journal for Data-Intensive decision support*, 3, pp. 35-48.
- Simonati A. (2019). "Rigenerazione urbana, politiche di sicurezza e governo del territorio: quale ruolo per la cittadinanza?", *Rivista Giuridica dell'Edilizia*, 1, p. 31.
- Turban, E. [1995]. *Decision Support and expert systems: management support systems*, Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

Roma, 14.02.2024

L'assegnista
arch. Ph.D. Antonio Magarò

Responsabile Scientifico
prof. Fabrizio Finucci